

***Identified Hadron Spectra  
with TOF:  
Correction Framework  
and Systematics***

***B. Guerzoni INFN sezione di Bologna***

---

---

# Sommario

Principio di funzionamento dell'algoritmo di PID del TOF

Prestazioni di PID in configurazione standard:

- Efficienze e contaminazioni
- Efficienze per accettazione
- Spettri in pt

Prestazioni di PID con le concentrazioni relative delle particelle che variano in funzione di pt

- Efficienze e contaminazioni
- Efficienze per accettazione
- Spettri in pt

Principio di funzionamento e prestazioni dell'algoritmo per il calcolo del  $(t_0)_{TOF}$

---

---

# *PID: step 1*

## *Associazione tra le tracce ricostruite ed i segnali sul TOF*

La PID tramite la tecnica del tempo di volo è applicata a tutte quelle tracce che sono state associate ad un segnale sul TOF

### MATCHING:

- L'insieme delle tracce per le quali si cerca di effettuare il matching è definito da tutte quelle ricostruite nella TPC che possono essere estrapolate sul TOF
  - Una volta estrapolate, le tracce vengono selezionate in ordine di impulso decrescente
  - Per ogni traccia viene definita una finestra sul TOF  $[d\phi, dz]$  e al suo interno vengono cercate le pad che hanno dato segnale (candidate all'associazione)
  - le tracce vengono propagate sul TOF fino a che non incontrano una delle pad candidate (purchè la distanza traccia-segnale non sia  $< 9$  cm)
- 
-

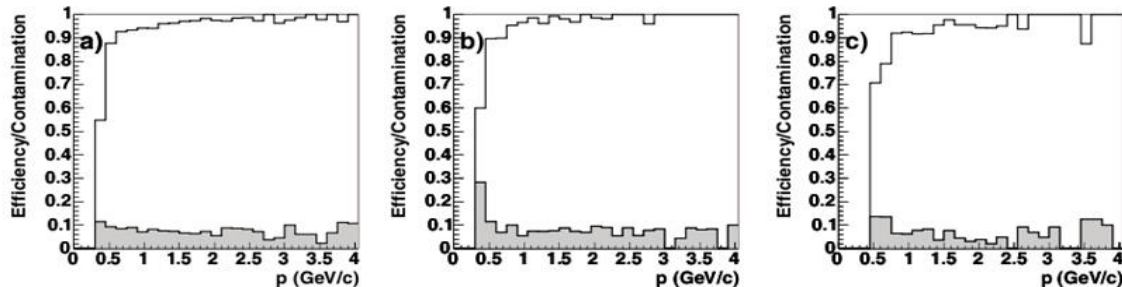
# Prestazioni dell' algoritmo di matching

$$\varepsilon^m = \frac{N_{m,t}}{N_{reco,TOF}}, \quad C^m = \frac{N_{m,f}}{N_{m,t} + N_{m,f}}$$

$N_{reco,TOF}$  = tracce ricostruite nella TPC che lasciano un segnale sul TOF

$N_{m,t}$  = tracce associate al corretto segnale sul TOF

$N_{m,f}$  = tracce associate ad un segnale prodotto da un'altra particella



**Figure 5.106.** The momentum dependence of the efficiency (empty histograms) and the contamination (shaded histograms) of the TOF matching procedure for primary particles of different species in pp minimum-bias collisions ((a): pions, (b): kaons, (c): protons).

## PID: step 2

# Definizione delle funzioni di risposta del rivelatore

Definizione delle funzioni di risposta del rivelatore  $g_i(t^{TOF})$  per diverse ipotesi di massa  $m_i$

$$g_i(t^{TOF}) \sim \frac{1}{\sigma} \exp\left\{-\frac{(t^{TOF} - t_i^{exp})^2}{2\sigma^2}\right\}.$$

$t^{TOF}$ =tempo di volo misurato dal rivelatore TOF

$t_i^{exp}$ =tempo di volo atteso per l'ipotesi di massa  $i$

$\sigma$ =risoluzione

$$\Delta t_k = \frac{\sqrt{p_k^2 + m_i^2}}{p_k} \Delta l_k$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{\Delta p \cdot t_i^{exp}}{1 + \frac{p^2}{(m_i)^2}}\right)^2 + (\sigma T)^2$$

$$(\sigma T)^2 = \sigma_{TOF}^2 + \sigma_{T_0}^2$$

## *PID: step 3*

### *Calcolo delle probabilità condizionate*

Calcolo delle probabilità condizionate  $P_i(t^{TOF})$  che la traccia sia dovuta ad una particella di tipo  $i$ .

$C_i$  sono le probabilità a priori

$$P_i(t^{TOF}) = \frac{C_i g_i(t^{TOF})}{C_p g_p(t^{TOF}) + C_\pi g_\pi(t^{TOF}) + C_k g_k(t^{TOF})}$$

L'identità dalle particelle è definita in base a quale probabilità assume il valore maggiore

---

---

# PID

## Efficienza e Contaminazione

Le prestazioni dell'algorithmo di PID possono essere definite in base ad efficienza e contaminazione

$$\varepsilon^{PID}(i) = \frac{N_{id}^t(i)}{N(i)}, \quad C^{PID}(i) = \frac{N_{id}^w(i)}{N_{id}^t(i) + N_{id}^w(i)}$$

$N_{id}^t(i)$ =numero di particelle della specie  $i$  correttamente identificate

$N(i)$ =numero di particelle di tipo  $i$  associate con un segnale sul TOF

$N_{id}^w$ =numero di particelle identificate come di tipo  $i$  ma che non lo sono

# *Prestazioni di PID in configurazione standard*

Configurazione standard:

- 3.5 milioni di eventi PP minimum bias a 10 TeV, produzione LHC09a4
- risoluzione temporale totale = 80ps. Di questi, 50ps sono dovuti alla risoluzione sul  $t_0$  definito dal rivelatore T0
- concentrazioni di particelle fisse nel calcolo delle probabilità condizionate:

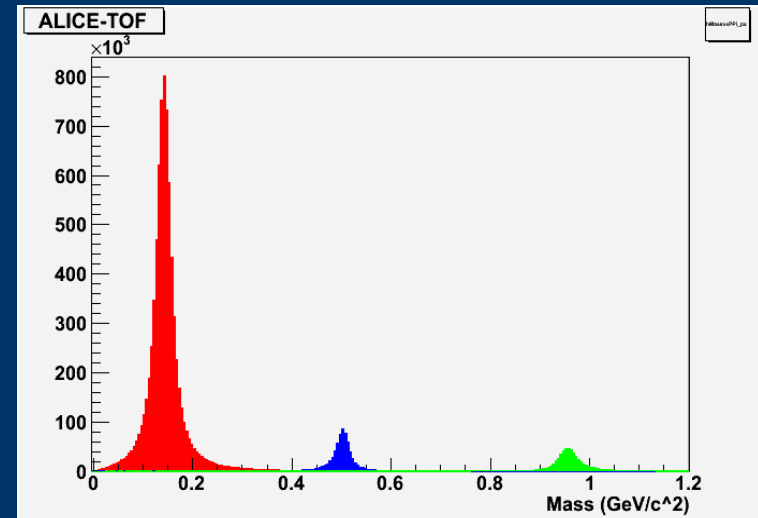
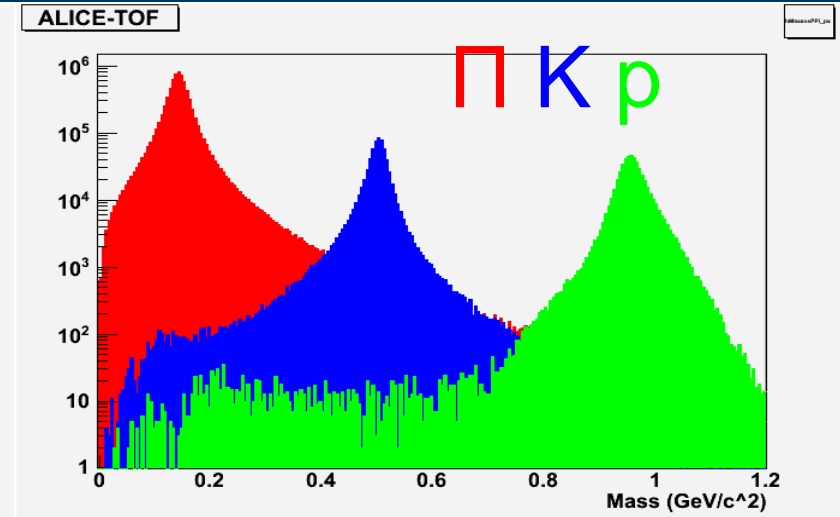
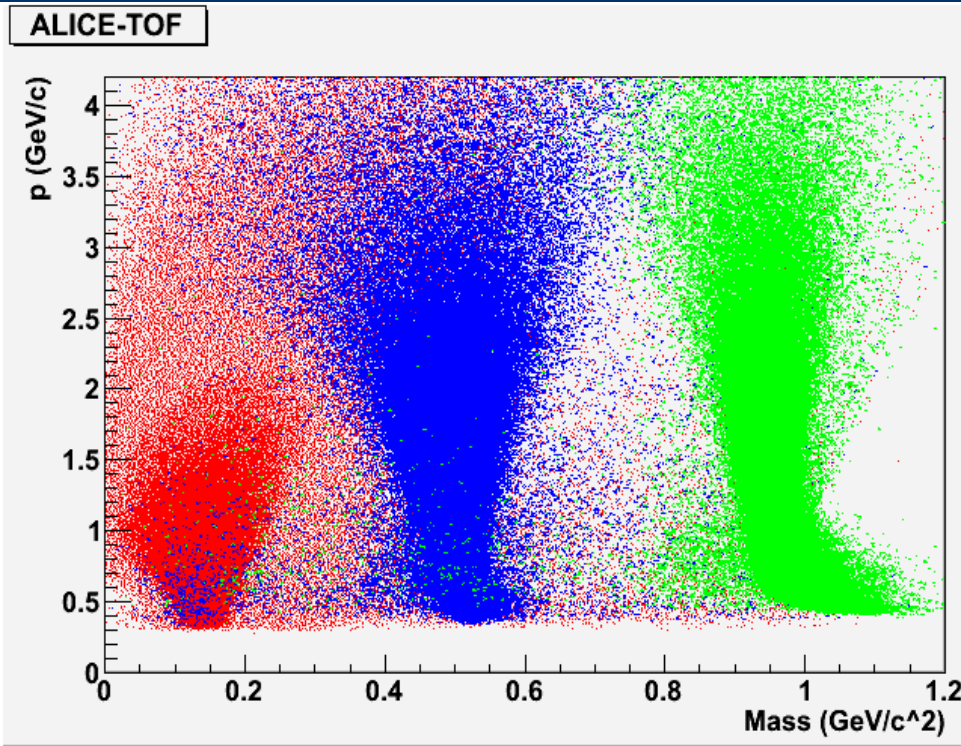
$C_{\text{pioni}}=0.85$ ;  $C_{\text{kaoni}}=0.1$ ;  $C_{\text{protoni}}=0.05$ ;

Tracce selezionate per la PID:

- tagli standard (AliESDtrackCuts)
- particelle primarie
- kTOFout, kTOFpid, kTIME (tracce che raggiungono il TOF e alle quali è stato associato un tempo di volo)



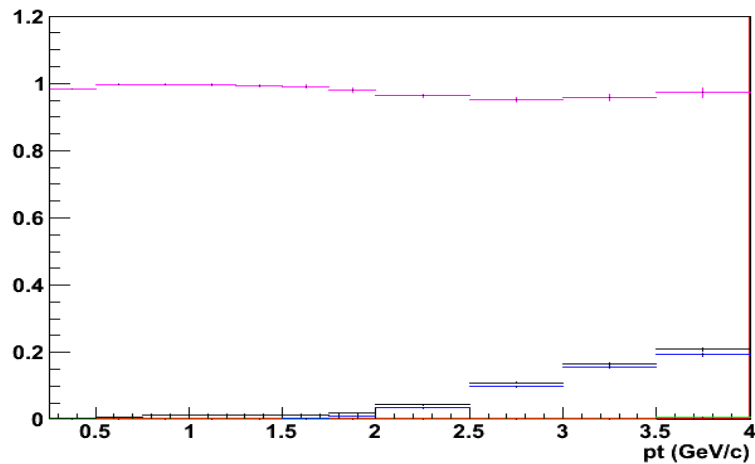
# Scatter plot configurazione standard



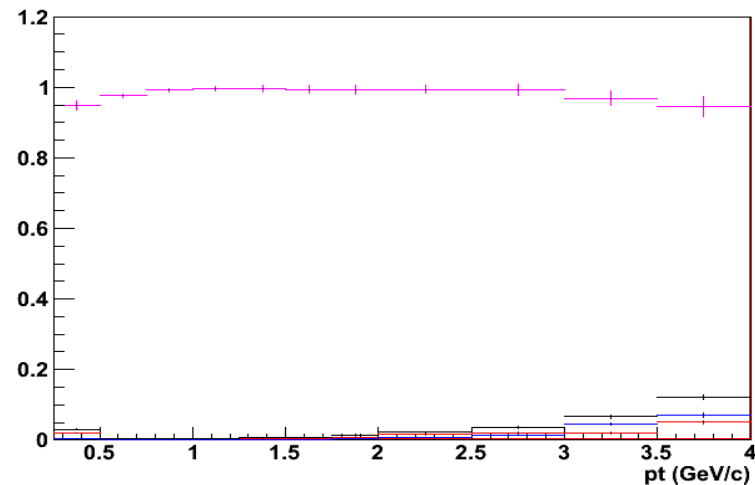
$$M = \frac{p}{\beta\gamma} = p\sqrt{\frac{(ct^{TOF})^2}{l^2} - 1}.$$

# PID Efficienza-Contaminazione configurazione standard

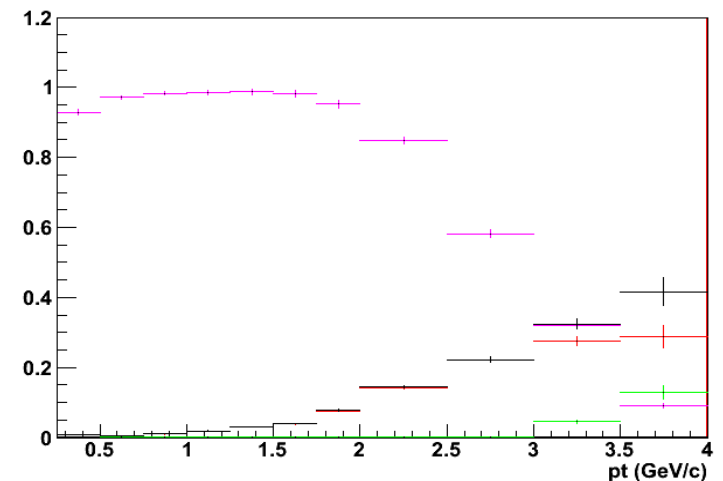
Efficiency-Contamination for pions



Efficiency-Contamination for protons

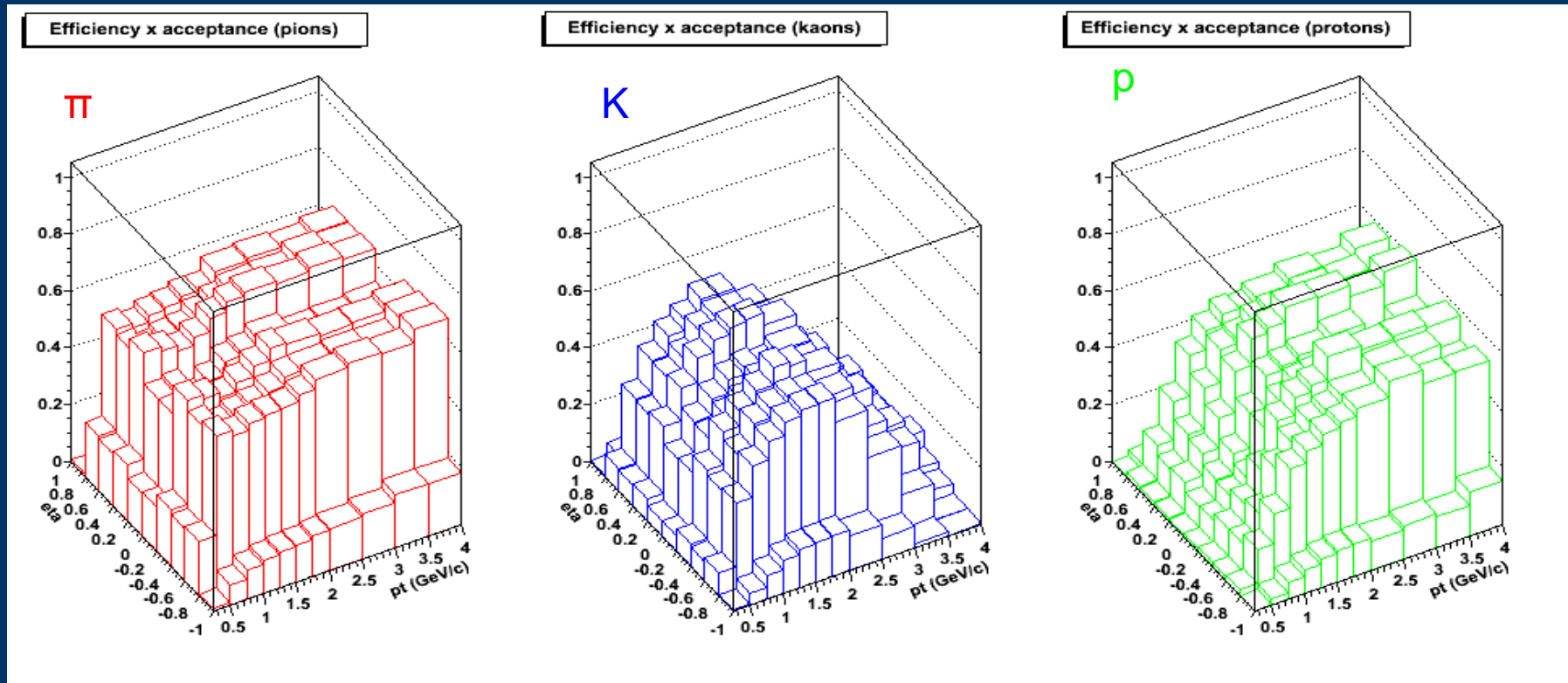


Efficiency-Contamination for kaons



- Contaminazione totale
- Contaminazione dovuta ai pioni
- Contaminazione dovuta ai protoni
- Contaminazione dovuta ai kaoni

# Efficienza x accettazione configurazione standard

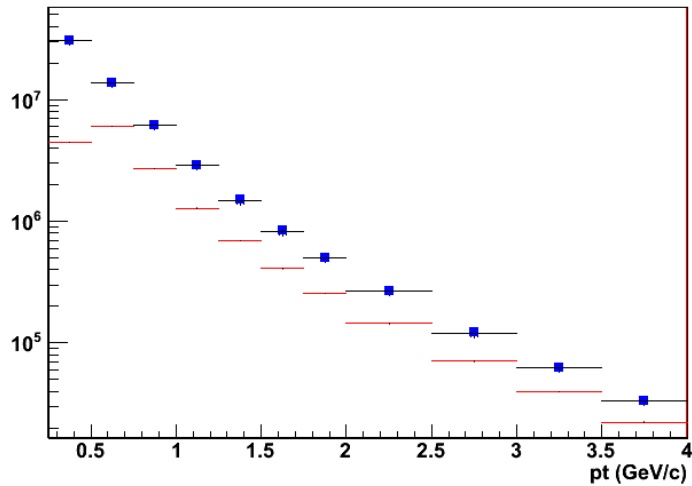


Efficienza per accettazione = numero di particelle correttamente identificate/numero di particelle primarie generate dal MC.

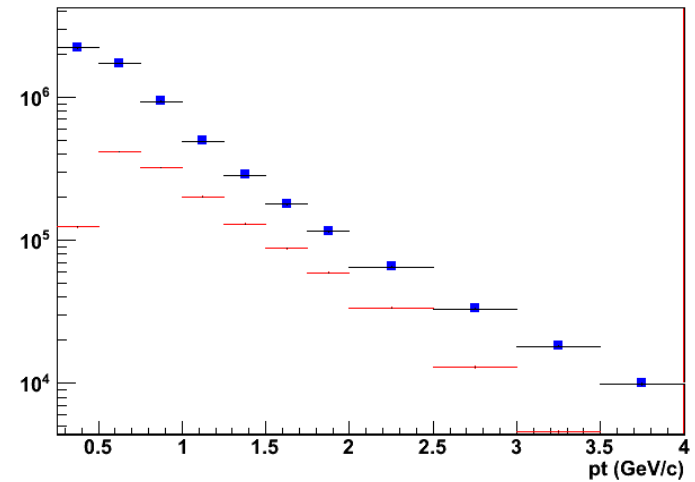
E' limitata da: efficienza di PID, efficienza di ricostruzione delle tracce, zone morte del TOF, decadimento e interazione delle particelle, efficienza di matching

# Spettri in $pt$ configurazione standard

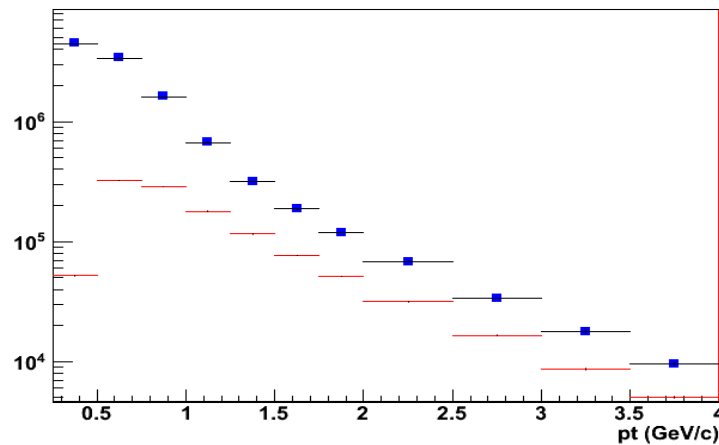
pt pion spectra



pt kaon spectra



pt proton spectra



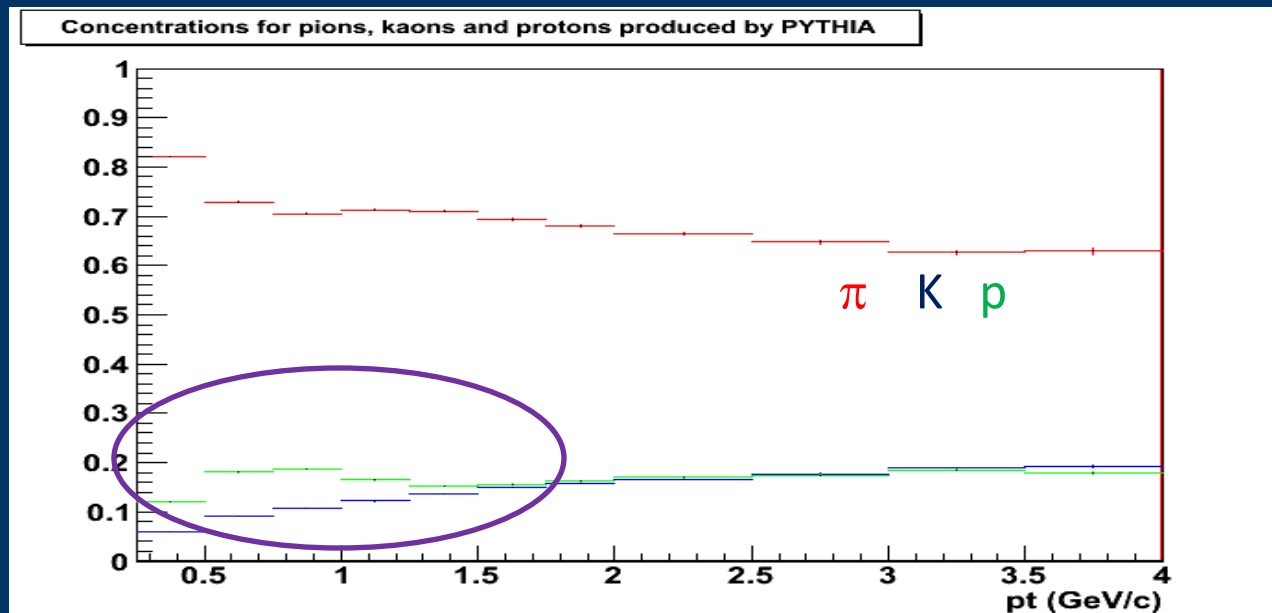
— Spettro MC

- - - Spettro misurato

■ Spettro ricostruito

# Concentrazioni di pioni kaoni e protoni generati

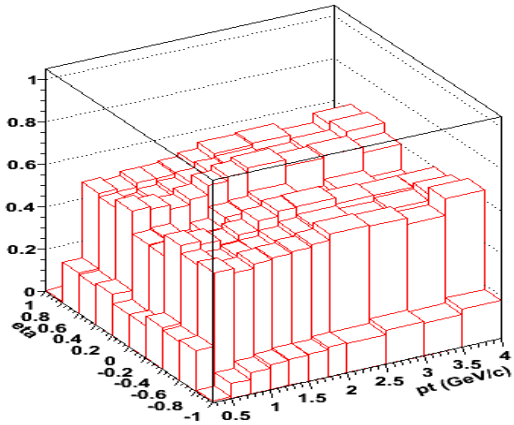
Fino ad ora abbiamo calcolato la PID moltiplicando le funzioni di risposta del rivelatore per delle concentrazioni costanti:  $C_{\text{pioni}}=0.85$ ,  $C_{\text{kaoni}}=0.1$ ,  $C_{\text{protoni}}=0.05$  MA...



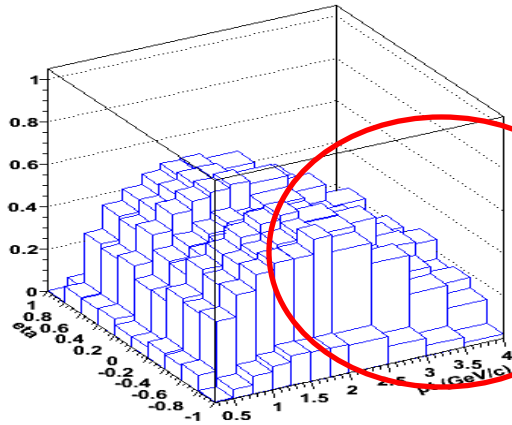
	Pt<1 GeV/c	(1<Pt<1.5) GeV/c	(1.5<pt<2.0) GeV/c	Pt>2 GeV/c
$C_{\pi}$	0.79	0.72	0.69	0.65
$C_K$	0.09	0.12	0.15	0.17
$C_p$	0.12	0.16	0.16	0.18

# Efficienzax accettanza (concentrazioni variabili)

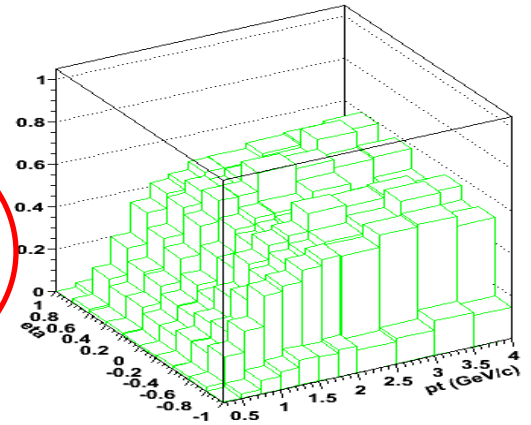
Efficiency x acceptance (pions)



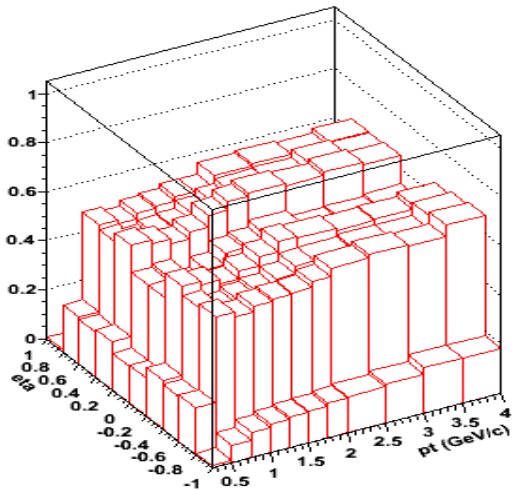
Efficiency x acceptance (kaons)



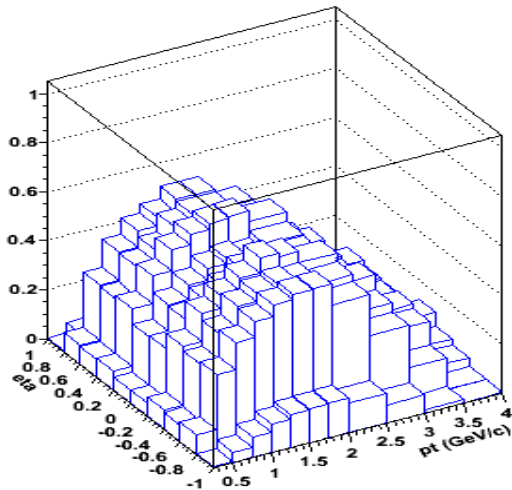
Efficiency x acceptance (protons)



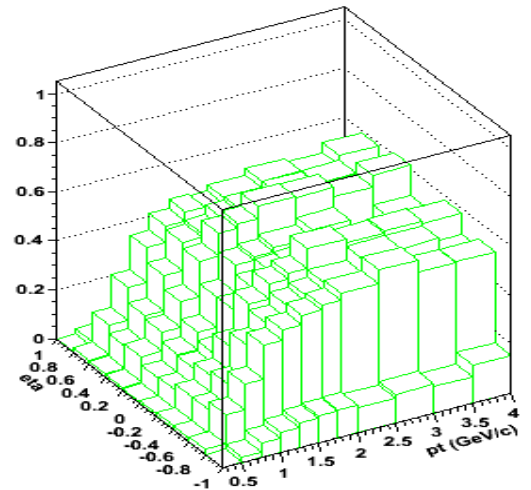
Efficiency x acceptance (pions)



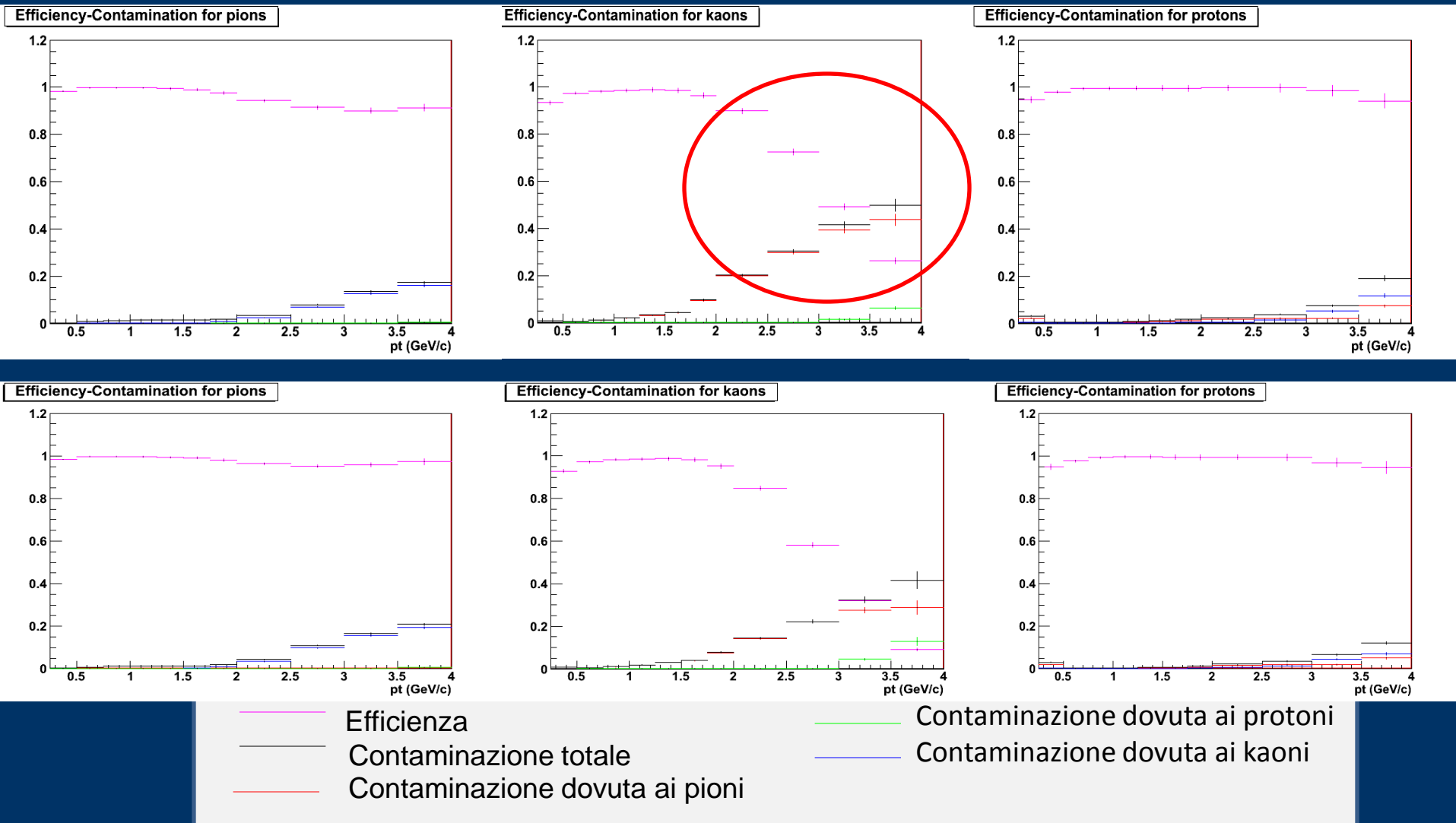
Efficiency x acceptance (kaons)



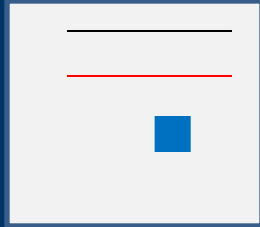
Efficiency x acceptance (protons)



# Efficienza-Contaminazione (concentrazioni variabili)



# Spettri in $pt$ (concentrazioni variabili)

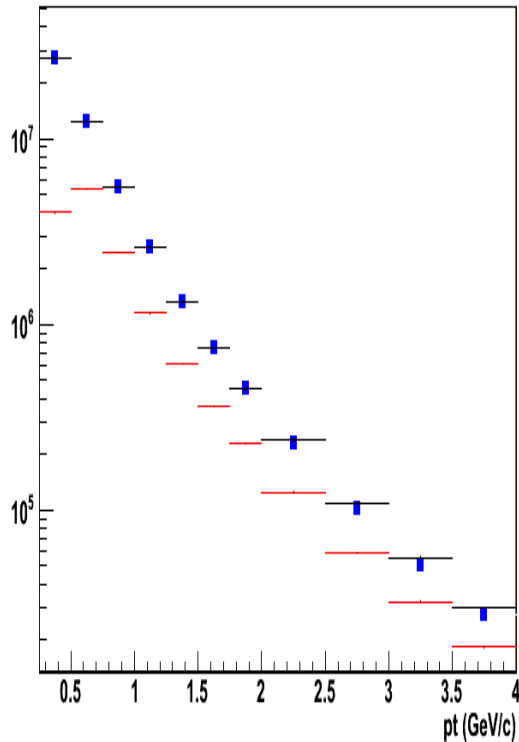


Spettri MC

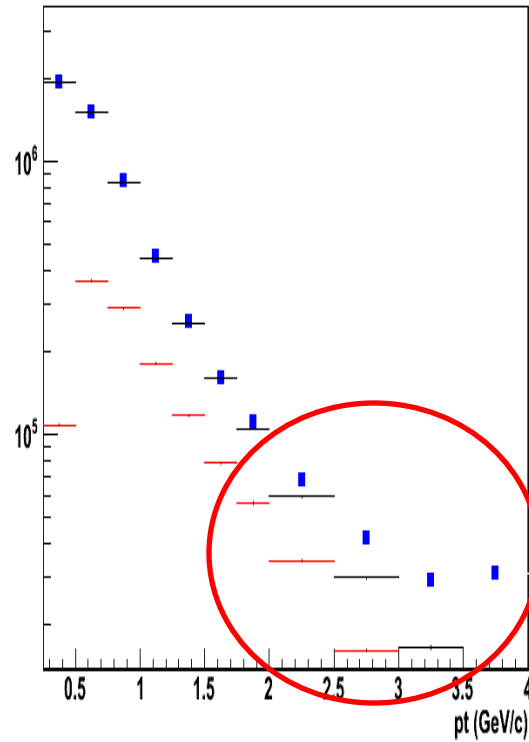
Spettri misurati considerando concentrazioni variabili

Spettri ricostruiti corretti per efficienze e concentrazioni calcolati nella configurazione standard

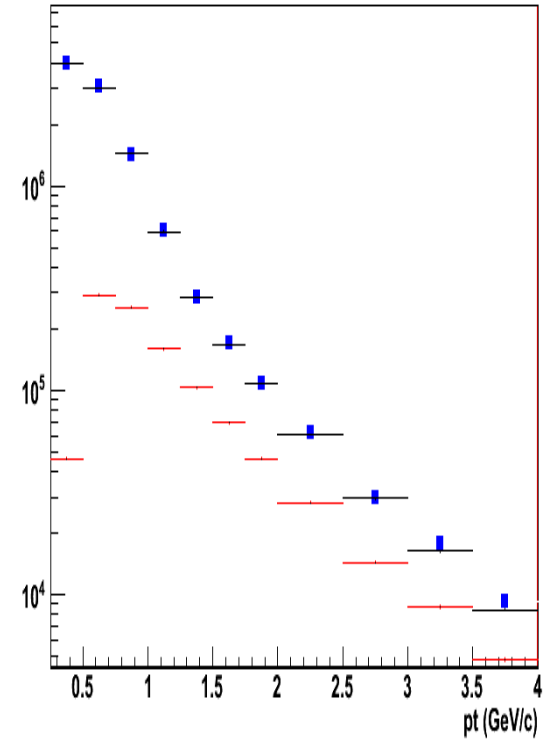
pt pion spectra



pt kaon spectra



pt proton spectra





# *(t0)\_TOF*

## *t0 calcolato utilizzando i soli dati del TOF*

Il  $t_0$  è fornito dal rivelatore T0 in più del 50% degli eventi con una risoluzione attesa di 50 ps

E' stato sviluppato un algoritmo che, utilizzando  $t_{TOF}$ ,  $t_{exp}$ ,  $p$ ,  $l$  calcola  $(t_0)_{TOF}$  e l'errore associato.

Tracce selezionate:

- $kTOF_{out}$ ,  $kTIME$ ,  $kTOF_{pid}$
- $(0.4 < p < 3.5)$  GeV/c
- tagli standard (AliESDtrackCuts)

$(t_0)_{TOF}$  è calcolabile solo se nell'evento ci sono almeno 2 tracce che rispettano i criteri di selezione

In un evento pp MB a 10 TeV si hanno in media 18 tracce ESD di cui 11 soddisfano i tagli standard e solo 2,6 possono essere utilizzate per il calcolo del  $(t_0)_{TOF}$

---

---

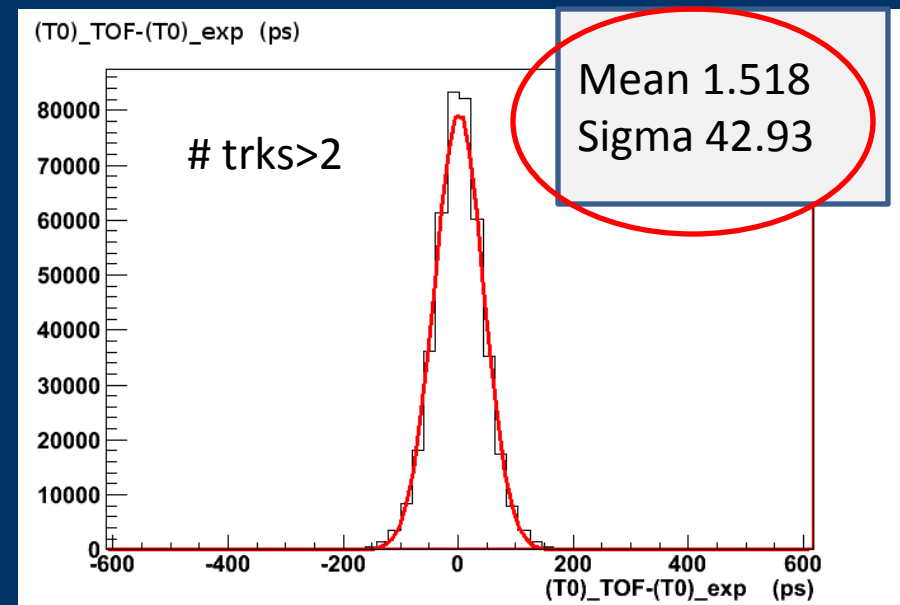
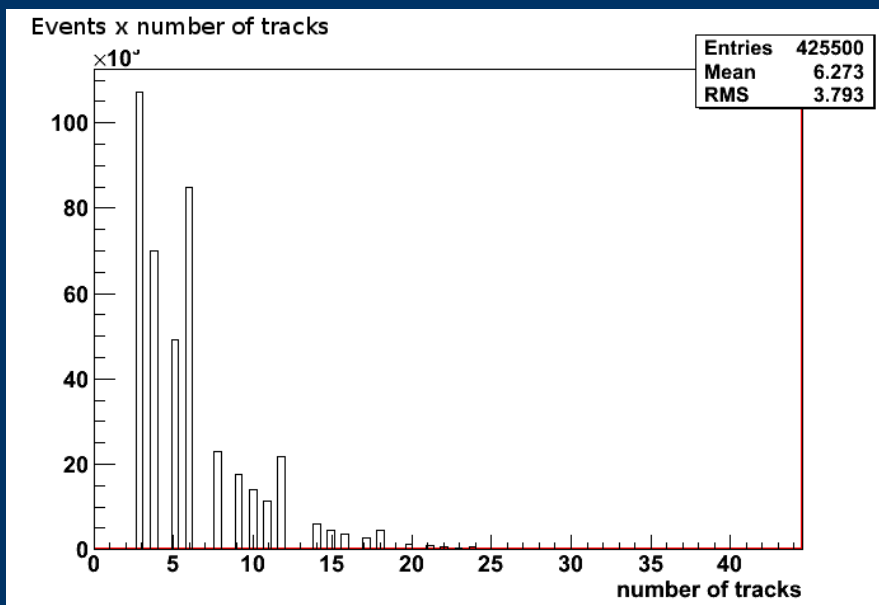
# $(t_0)_{TOF}$

## $t_0$ calcolato utilizzando i soli dati del TOF

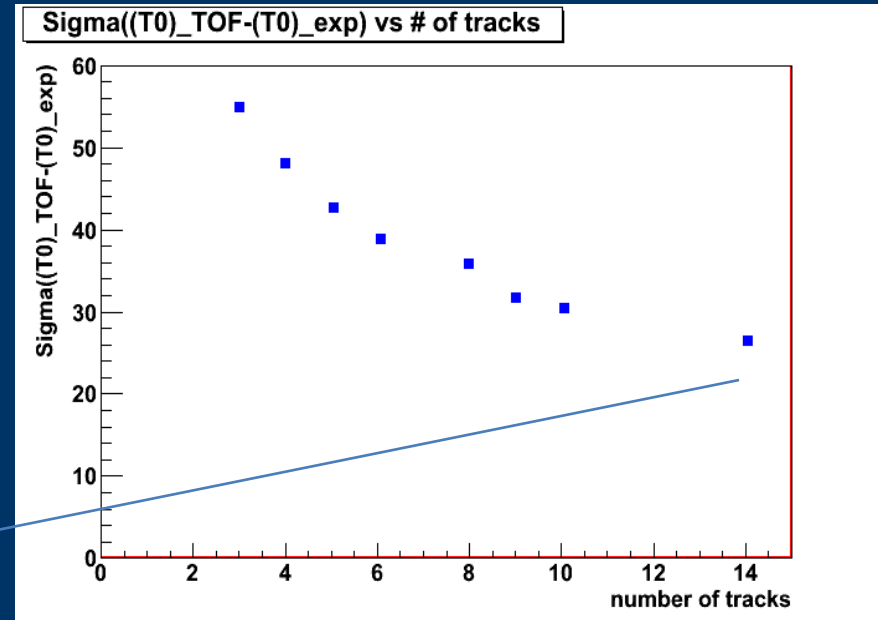
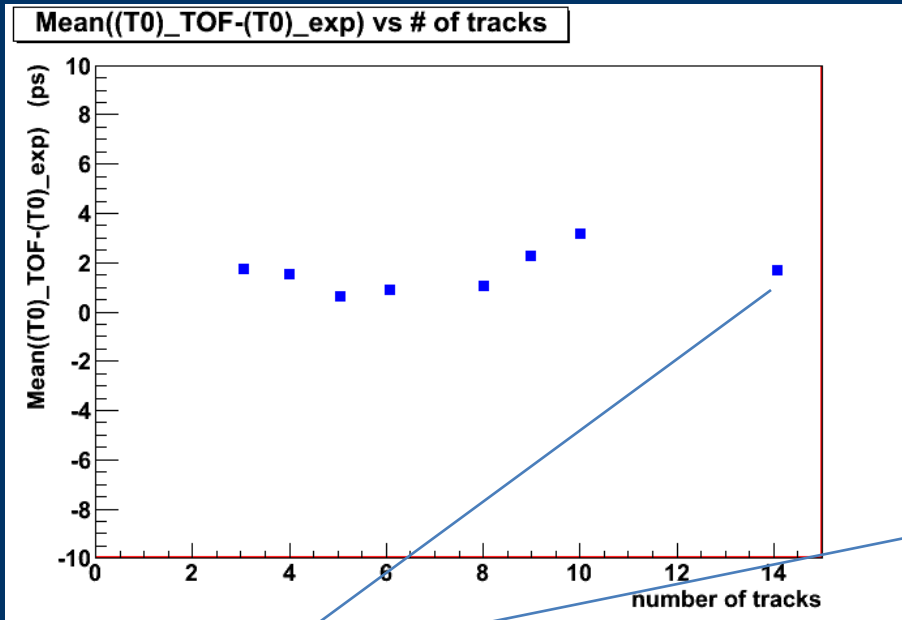
Campione di 1.5 milioni di eventi pp MB a 10 TeV con una risoluzione temporale di 80 ps (LHC09a4)

Nel 37% degli eventi il TOF è in grado di fornire una misura di  $(t_0)_{TOF}$  MA... i valori di  $(t_0)_{TOF}$  che più si discostano da quelli attesi sono legati ad eventi per i quali si hanno solo 2 tracce utili per l'algoritmo.

Nel 26% degli eventi si può calcolare  $(t_0)_{TOF}$  con almeno 3 tracce



# $(t_0)_{TOF}$ e $\sigma(t_0)_{TOF}$ vs numero di tracce utilizzate nell'algoritmo



I punti in corrispondenza a 14 tracce in realtà sono stati definiti con tutti gli eventi con più di 10 tracce utili

La risoluzione mostra un andamento compatibile con  $1/\sqrt{(\#trk-1)}$

Nel 26% degli eventi il TOF è in grado di definire  $(t_0)_{TOF}$  con una risoluzione migliore di 60 ps!!!

# *Conclusioni*

1-Algoritmi di PID che considerano concentrazioni di particelle costanti portano a spettri ricostruiti non fedeli rispetto alla fisica.

E' necessario quindi definire un algoritmo ricorsivo che renda indipendenti dai parametri iniziali.

2-Nel 26% degli eventi p-p il TOF è in grado di calcolare il valore di  $t_0$  con una risoluzione migliore di 50 ps!!

