

Misura dei contributi primario e secondario nella produzione di mesoni D⁺ con l'esperimento ALICE a LHC

Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Fisica



Candidato: Fabrizio Grosa

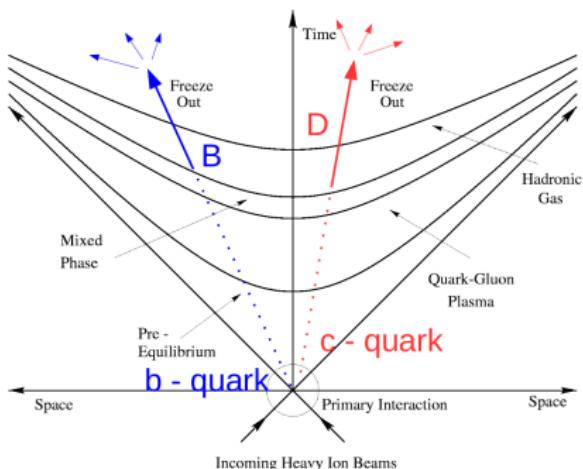
Relatore: Prof. Stefania Beolè

Primo correlatore: Dott. Francesco Prino

Secondo correlatore: Prof. Silvia Masciocchi

Controrelatore: Prof. Ernesto Migliore

Produzione di *heavy flavours* in collisioni di ioni pesanti

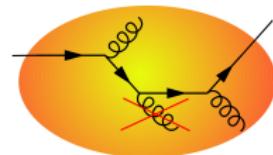


Gli *heavy flavours* (quark *c* e *b*) a causa dell'elevata massa

$$m_c \simeq 1.5 \text{ GeV/c}^2, m_b \simeq 4.5 \text{ GeV/c}^2$$

vengono prodotti nella fase iniziale della collisione (*fase di pre-equilibrio*)

$$\tau_{prod} \sim \frac{\hbar}{m_{b,c}} \sim 0.05 - 0.1 \text{ fm/c}$$



Se nella collisione si crea un mezzo deconfinato (*Quark-Gluon Plasma*), gli *heavy flavours* interagiscono con esso perdendo energia a causa di scattering elastici con i partoni del mezzo stesso e per radiazione di gluoni (*gluonsstrahlung*)

$$\langle \Delta E \rangle \propto \alpha_s C_R \hat{q} L^2$$

$$\theta < \frac{M_q}{E_g} \quad \text{DEAD CONE EFFECT}$$

La radiazione di gluoni dipende dalla massa del quark, in particolare risulta soppressa per

Open heavy flavours in collisioni p-Pb

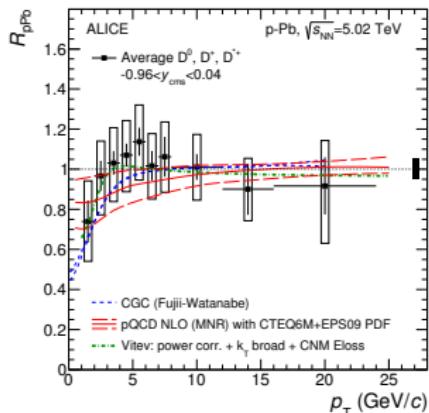
Nelle collisioni p-Pb non si raggiungono le condizioni per la formazione di un QGP esteso \Rightarrow ci permettono di studiare i *Cold Nuclear Matter Effects*

• Cronin Enhancement

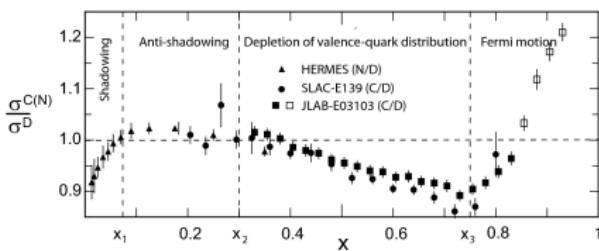
Le collisioni multiple dei partoni del proiettile con i nucleoni del nucleo determinano uno *shift* dello spettro a più alti valori di momento trasverso

Nuclear modification factor

$$R_{pPb}(p_T) = \frac{1}{\langle N_{coll} \rangle} \frac{dN_{pPb}/dp_T}{dN_{pp}/dp_T}$$



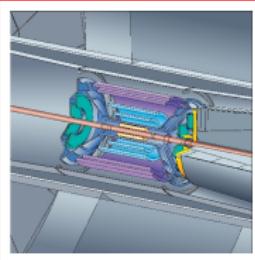
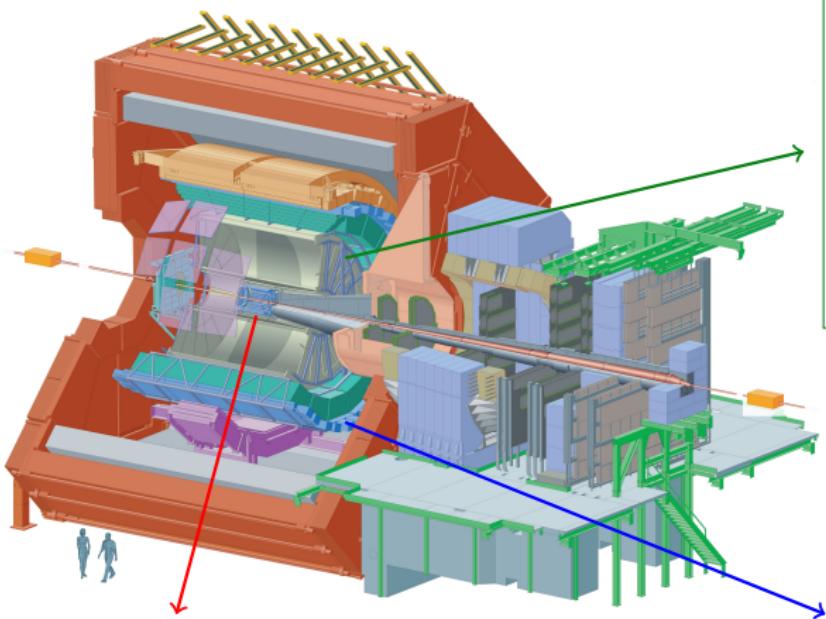
• Modifica delle PDF in presenza di materia nucleare



Si possono distinguere quattro regioni:

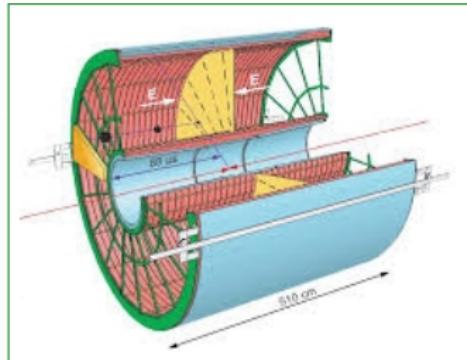
- $x \lesssim 0.1 \rightarrow$ shadowing region
- $0.1 \lesssim x \lesssim 0.2 \rightarrow$ anti-shadowing region
- $0.2 \lesssim x \lesssim 0.8 \rightarrow$ EMC effect
- $x \gtrsim 0.8 \rightarrow$ moto di Fermi

A Large Ion Collider Experiment

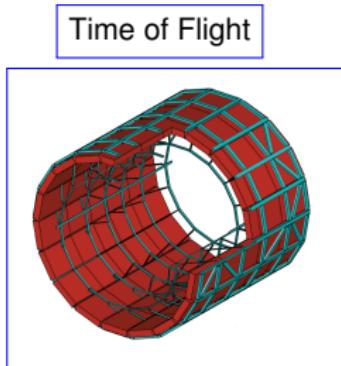


Inner Tracking System

- 2 layer Silicon Pixel Detector
- 2 layer Silicon Drift Detector
- 2 layer Silicon Strip Detector



Time Projection Chamber



Time of Flight

Campione di dati

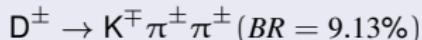
L'analisi è stata svolta su un campione di dati acquisiti in collisioni p-Pb a $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV dalla Collaborazione ALICE
⇒ ~ 100 milioni di eventi *Minimum Bias*

Outline:

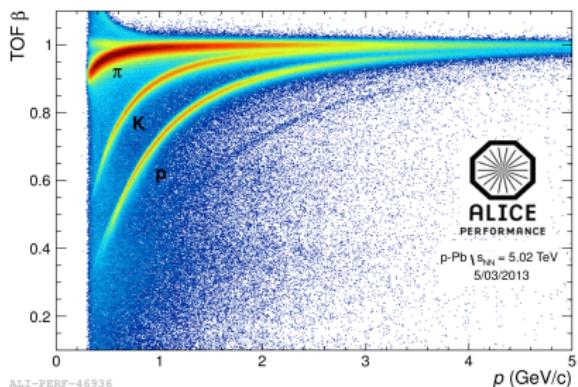
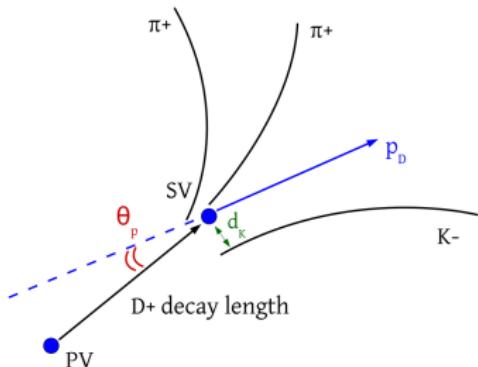
- ① Strategia per la ricostruzione dei mesoni D⁺
- ② Metodo del fit del parametro di impatto
- ③ Metodo della variazione dei tagli
- ④ Misura della produzione dei mesoni D⁺ con pacchetto di ricostruzione di vertici di decadimento basato sul filtro di Kalman

Ricostruzione e selezione di mesoni D⁺ in ALICE

Meson D⁺ ($c\tau = 312 \mu\text{m}$) e coniugati di carica sono ricostruiti nel canale di decadimento adronico



- Il segnale è estratto con un'analisi di massa invariante
- Vengono applicate selezioni sulla qualità delle tracce ricostruite di K^\pm e π^\pm e su quantità legate alla topologia del decadimento per ridurre il fondo combinatoriale



- Per ridurre ulteriormente del fondo viene applicata la *Particle Identification* (PID) nella selezione delle tracce nello stato finale

Mesoni D⁺ primari e secondari

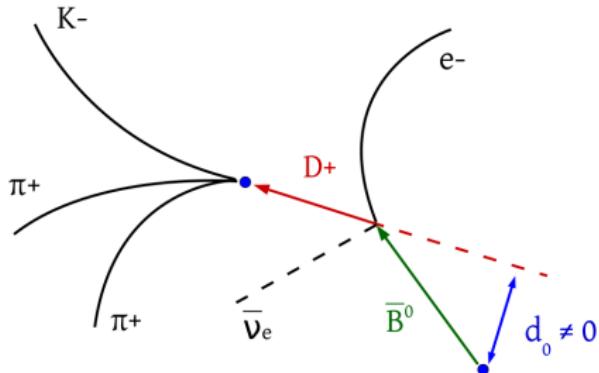
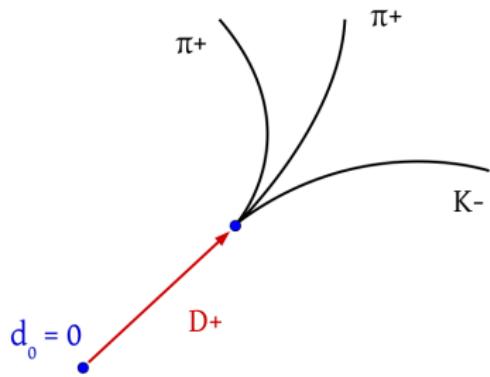
Per la misura dei mesoni D⁺ che sono originati da un quark *charm* prodotto nella collisione è necessario separare il contributo di D⁺ prompt dal segnale totale

D⁺ primari (*prompt*)

Derivano direttamente
dall'adronizzazione di un quark *c*
 $c \rightarrow D^+$

D⁺ secondari (*feed-down*)

Derivano dal decadimento di un
mesone B
 $b \rightarrow B \rightarrow D^+ + X$



Metodi *theory-driven* per la misura della frazione di mesoni D⁺ prompt

La frazione di D⁺ prompt può essere ottenuta utilizzando metodi *theory-driven*

- Metodo N_b

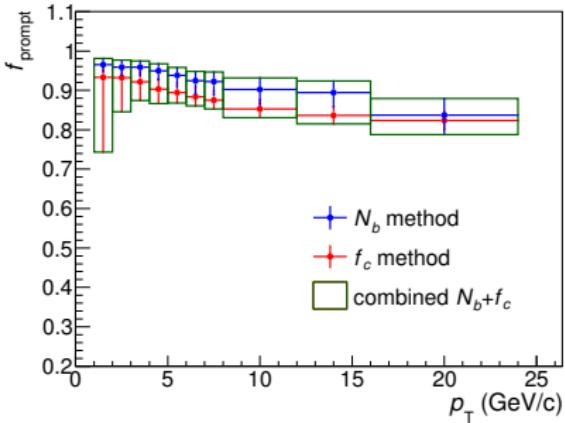
$$f_{prompt} = 1 - A \cdot \left(\frac{d^2 \sigma}{dp_T dy} \right)_{FONLL}^{feed-down} R_{pPb}^{feed-down}(p_T) \frac{(Acc \times \epsilon)_{feed-down} \cdot \Delta y \Delta p_T \cdot BR \cdot L_{int}}{N_{raw}^{D^\pm}/2}$$

- Metodo f_c

$$f_{prompt} = \left(1 + \frac{\frac{d^2 \sigma}{dp_T dy}^{feed-down}_{FONLL} \cdot (Acc \times \epsilon)_{feed-down} \cdot R_{pPb}^{feed-down}(p_T)}{\frac{d^2 \sigma}{dp_T dy}^{prompt}_{FONLL} \cdot (Acc \times \epsilon)_{prompt} \cdot R_{pPb}^{prompt}(p_T)} \right)^{-1}$$

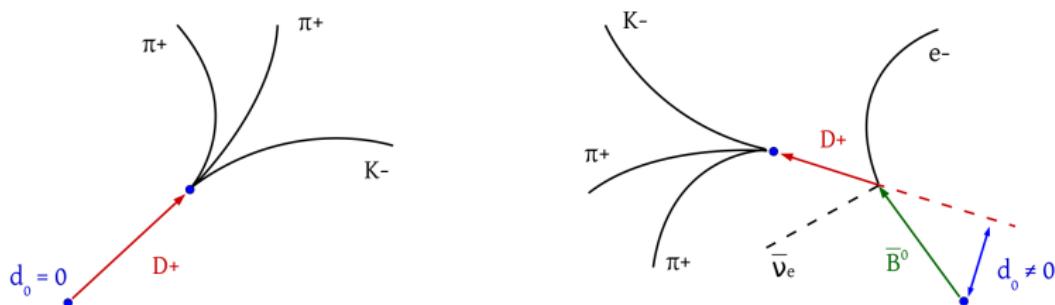
Principali sorgenti di errore sistematico:

- Calcolo perturbativo di $\left(\frac{d^2 \sigma}{dp_T dy} \right)_{FONLL}$
- $R_{pPb}^{feed-down}(p_T)$ mai misurato
⇒ necessità di un'assunzione



Metodo di fit del parametro di impatto

Si basa sulla differenza tra le distribuzioni del parametro di impatto (d_0) di mesoni D^+ prompt e feed-down:



1 Determinazione dei *template* (fase di *prefit*)

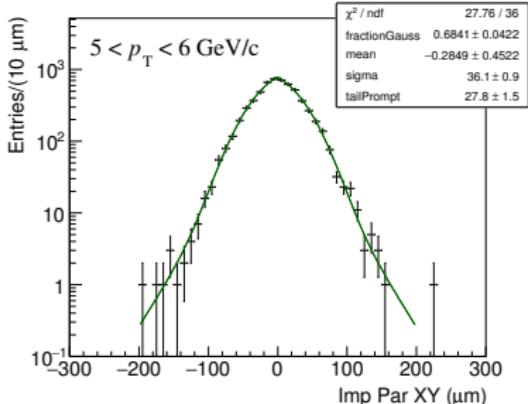
- Fit delle distribuzioni simulate di mesoni D^+ prompt
- Fit delle distribuzioni simulate di mesoni D^+ feed-down
- Fit delle distribuzioni del fondo combinatoriale ottenute dai dati nelle regioni di massa invariante a lato del picco (*side-bands*)

Nella fase di prefit si ottengono i parametri che vengono successivamente fissati nel fit finale dei dati per estrarre la frazione di mesoni D^+ prompt

2 Fit unbinned dei dati

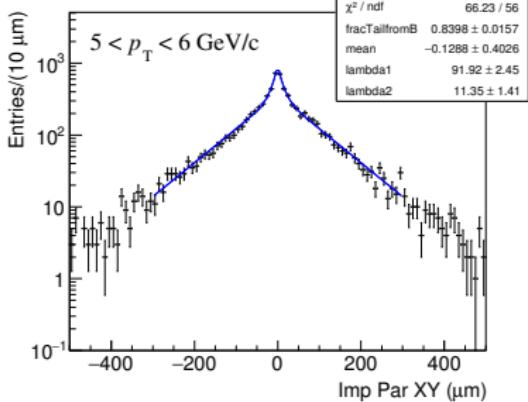
La funzione di fit finale è somma dei singoli contributi

Fit delle distribuzioni simulate di D^+ prompt e feed-down



D^+ prompt: fit della distribuzione del parametro di impatto *simulato*

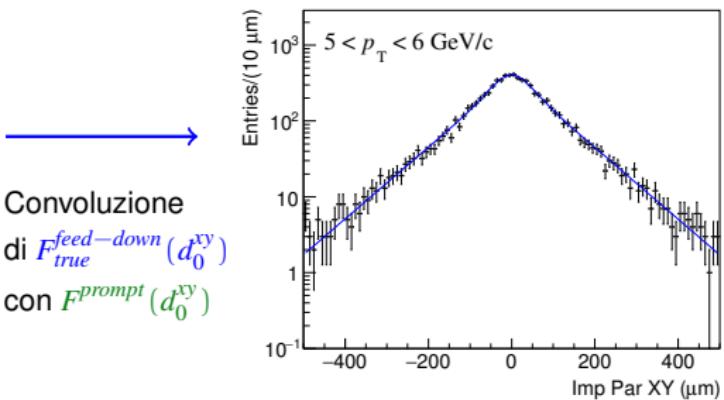
→ somma di una Gaussiana e una funzione esponenziale simmetrica rispetto al valor medio



D^+ feed-down: fit della distribuzione del parametro di impatto *vero*

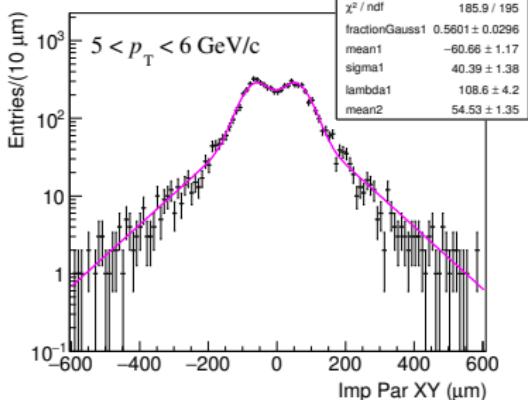
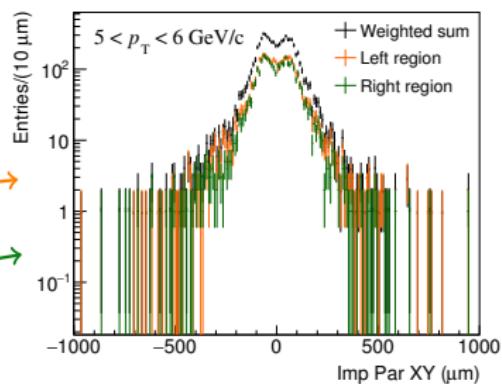
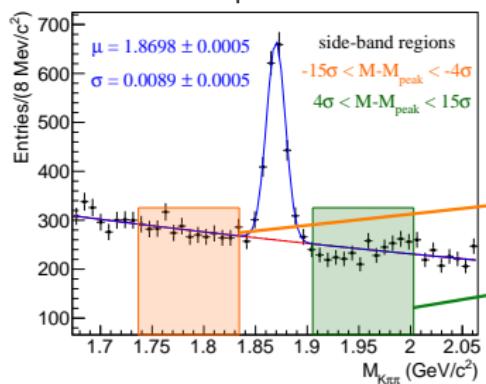
→ somma di due funzioni esponenziali simmetriche rispetto al valor medio

→
Convoluzione
di $F_{true}^{feed-down}(d_0^{xy})$
con $F^{prompt}(d_0^{xy})$



Fit delle distribuzioni del fondo combinatoriale

$5 < p_T < 6 \text{ GeV}/c$



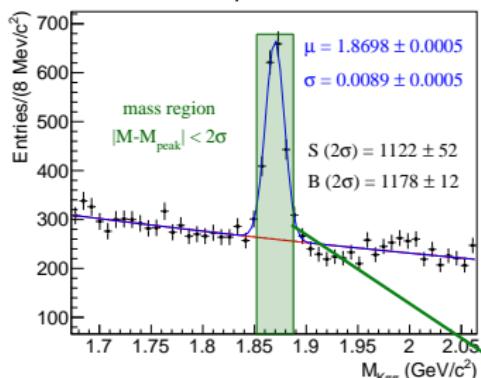
Fondo combinatoriale: fit della distribuzione del parametro di impatto ottenuta dalle regioni di massa invariante a lato del picco (*side-bands*)

$$4\sigma < |M - M_{\text{peak}}| < 15\sigma$$

→ somma di due Gaussiane con code esponenziali, con i parametri uguali a meno dei valori medi

Fit unbinned dei dati

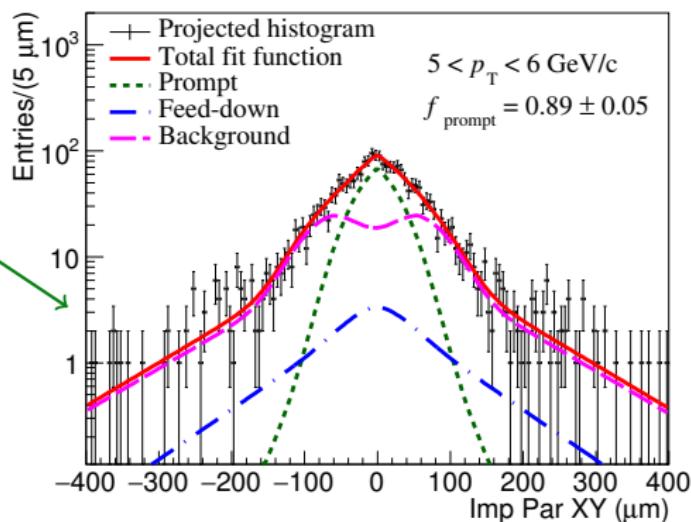
$5 < p_T < 6 \text{ GeV}/c$



- Parametri liberi: f_{prompt} , σ_{prompt}
- S è fissato al valore del segnale ottenuto dal fit della massa invariante (*raw yield*)
- N è fissato al numero di conteggi

Intervallo di massa invariante considerato

$$|M - M_{peak}| < 2\sigma$$



$$F(d_0^{xy}) = N \cdot \left\{ \frac{S}{N} \left[f_{prompt} F^{prompt}(d_0^{xy}) + (1 - f_{prompt}) F^{feed-down}(d_0^{xy}) \right] + \frac{N - S}{N} F^{bkg}(d_0^{xy}) \right\}$$

Valutazione degli errori sistematici

Sorgenti di errore sistematico:

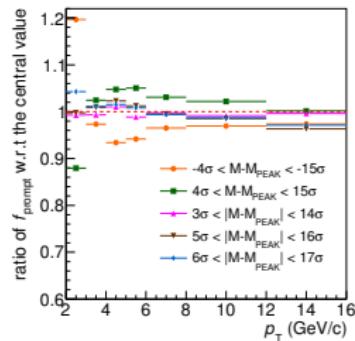
1 Imperfetta descrizione delle distribuzioni

- Forma delle distribuzioni del parametro di impatto di D^+ prompt e feed-down nella simulazione Monte Carlo e del fondo combinatoriale nelle side-bands
- Forma delle distribuzioni di p_T di mesoni D^+ e B generati nella simulazione Monte Carlo

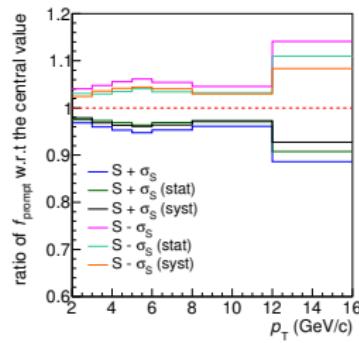
2 Incertezza sulla valore del segnale S

3 Consistenza e stabilità del procedimento

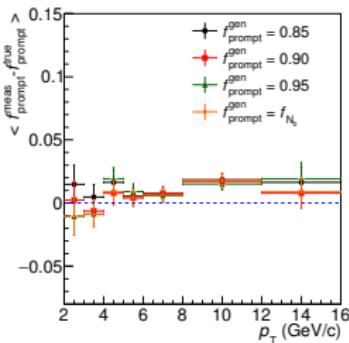
1 Variazione del range di massa invariante per la parametrizzazione del fondo



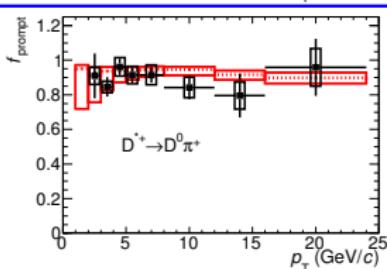
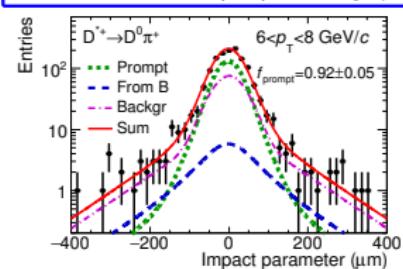
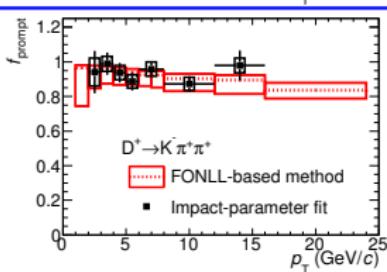
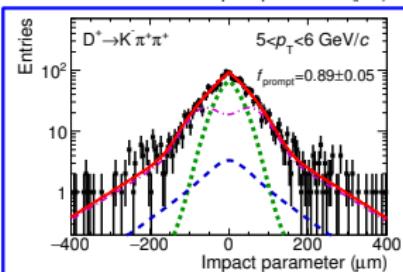
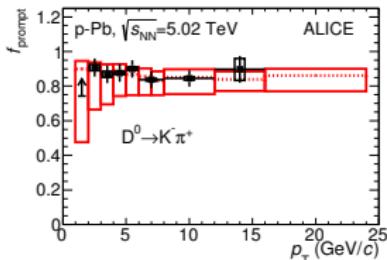
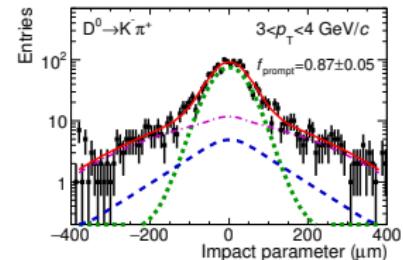
2 Variazione della quantità di segnale S nel fit tra $S - \sigma_S$ e $S + \sigma_S$



3 Test Monte Carlo per valutare la bontà del procedimento



Fit del parametro di impatto - Risultato



- La frazione di D^+ prompt misurata con il metodo del fit del parametro di impatto è compatibile con i metodi *theory-driven*
- L'incertezza totale è compatibile con i metodi *theory-driven* a p_T intermedio e maggiore ad alto e basso p_T
- Risultato inserito come cross-check nell'articolo *D-meson production in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02 \text{ TeV}$ and in pp collisions at $\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$* pubblicato dalla Collaborazione ALICE

Metodo della variazione dei tagli

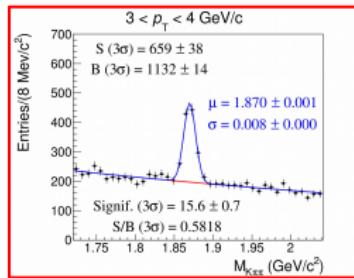
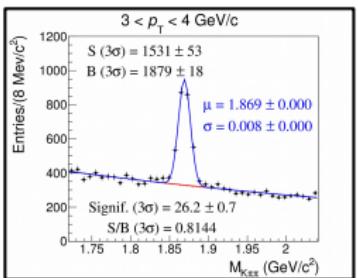
I candidati mesoni D^+ includono D^+ prompt, D^+ feed-down e il fondo combinatoriale

Applicando selezioni su quantità topologiche per ottenere un buon rapporto segnale su fondo e una buona significatività statistica

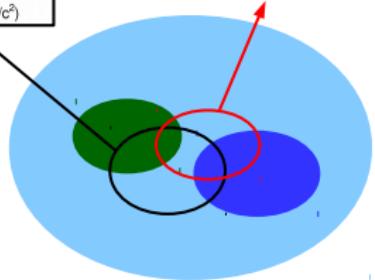
$$\text{signif.} = \frac{S}{\sqrt{S+B}},$$

se ne seleziona soltanto una parte

$$\begin{cases} \epsilon_1^{prompt} \cdot N_{prompt} + \epsilon_1^{feed-down} \cdot N_{feed-down} = Y_1 \\ .. \\ .. \\ \epsilon_n^{prompt} \cdot N_{prompt} + \epsilon_n^{feed-down} \cdot N_{feed-down} = Y_n \end{cases}$$



- Background
- Prompt D^+
- Feed-down D^+



Per ogni set di tagli definito si ottiene un'equazione che ha come incognite il numero corretto di mesoni D^+ prompt e feed-down (N_{prompt} e $N_{feed-down}$)
 \Rightarrow per n set di tagli si ottiene un sistema sovradeterminato

Metodi di minimizzazione

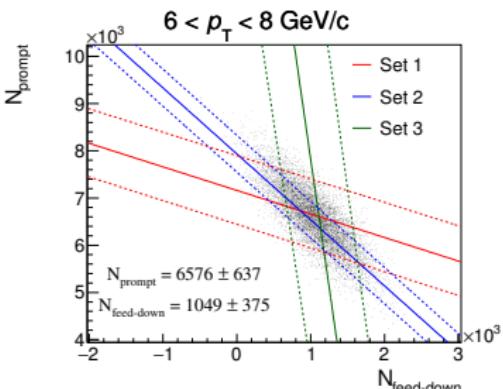
- Minimizzazione analitica

$$\begin{pmatrix} \epsilon_1^{prompt} & \epsilon_1^{feed-down} \\ \epsilon_2^{prompt} & \epsilon_2^{feed-down} \\ .. & .. \\ \epsilon_n^{prompt} & \epsilon_n^{feed-down} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} N_{prompt} \\ N_{feed-down} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ .. \\ Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ .. \\ \delta_n \end{pmatrix}$$

Il vettore nullo è sostituito dal vettore dei residui δ

Il numero corretto di mesoni D^+ prompt e feed-down e la matrice delle covarianze associata sono ottenuti dalla minimizzazione del $\chi^2 = \boldsymbol{\delta}^T \mathbf{C}^{-1} \boldsymbol{\delta}$

- Determinazione dell'incentro



$$\mathbf{C} = \begin{pmatrix} \sigma_{\delta_1}^2 & & & \\ & \sigma_{\delta_2}^2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & \sigma_{\delta_n}^2 \end{pmatrix}$$

Ogni equazione corrispondente ad un set di tagli descrive una retta nel piano $(N_{prompt}, N_{feed-down})$
⇒ le intersezioni di tre rette definiscono un triangolo
⇒ N_{prompt} e $N_{feed-down}$ sono determinati dalle coordinate dell'incentro del triangolo

L'errore statistico è valutato con una simulazione Monte Carlo, estraendo i parametri delle rette da delle distribuzioni Gaussiane

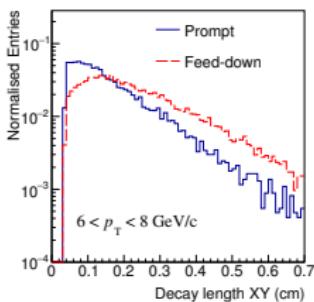
Strategia per la scelta dei set di tagli

Sono stati utilizzati tre set di tagli il più possibile **scorrelati**:

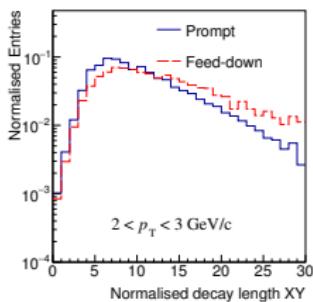
- 1^o set: aumento dell'efficienza di selezione dei mesoni D⁺ prompt
- 2^o set: intermedio (buon estrazione del segnale)
- 3^o set: aumento dell'efficienza di selezione dei mesoni D⁺ feed-down

Variabili topologiche usate per definire i set di tagli:

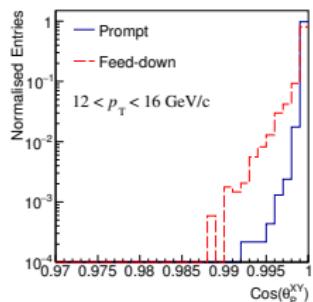
- Lunghezza di decadimento nel piano trasverso



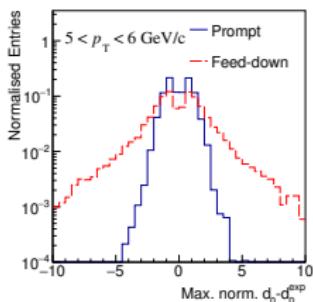
- Lunghezza di decadimento nel piano trasverso normalizzata al proprio errore



- Coseno dell'angolo di pointing nel piano trasverso



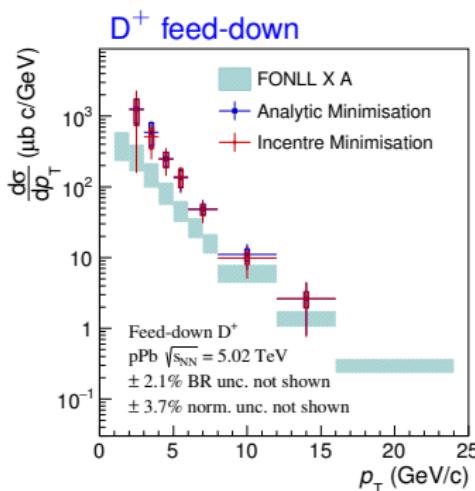
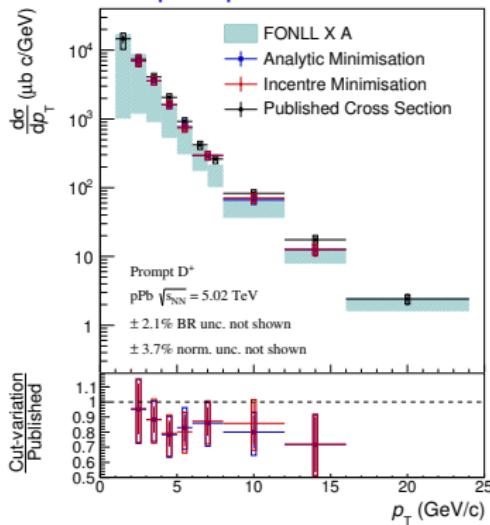
- Massima differenza normalizzata tra il parametro di impatto atteso e misurato delle tracce figlie



Metodo della variazione dei tagli

Risultato

D^+ prompt



Sorgenti di errore sistematico:

- Estrazione del segnale
- Efficienza di selezione dei tagli topologici
- Imperfetta descrizione delle distribuzioni di p_T di mesoni D^+ e B generati nella simulazione Monte Carlo

- Sezione d'urto differenziale in p_T di produzione dei mesoni D^+ prompt \Rightarrow compatibile con il risultato pubblicato e la predizione di FONLL
- Sezione d'urto differenziale in p_T di produzione dei mesoni D^+ feed-down \Rightarrow sistematicamente maggiore rispetto alla predizione di FONLL

Ricostruzione dei mesoni D⁺ con il filtro di Kalman

Filtro di Kalman

Algoritmo che permette di stimare un vettore di stato \mathbf{r} e la sua matrice delle covarianze \mathbf{C} a partire da n misure \mathbf{m}_k ($k = 1, \dots, n$) contenenti rumore statistico



KFParticle package

Pacchetto per la ricostruzione di vertici di decadimento sviluppato per l'esperimento CBM basato sul filtro di Kalman



vettore di stato:

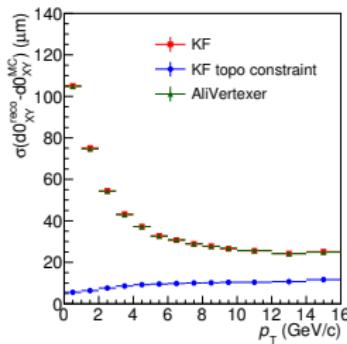
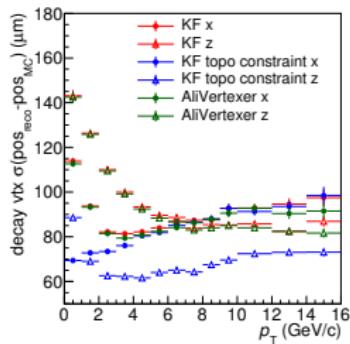
$$\mathbf{r} = (x, y, z, p_x, p_y, p_z, E, s)$$

Vantaggi del KFParticle package:

- Valutazione del vettore di stato e della matrice di covarianza lungo la traiettoria della particella valutata con il filtro di Kalman
- Possibilità di fissare dei vincoli \Rightarrow mass constraint, topological constraint

Test delle performance eseguito sulla simulazione Monte Carlo selezionando i mesoni D⁺ prompt
 \Rightarrow risoluzione della variabile X:

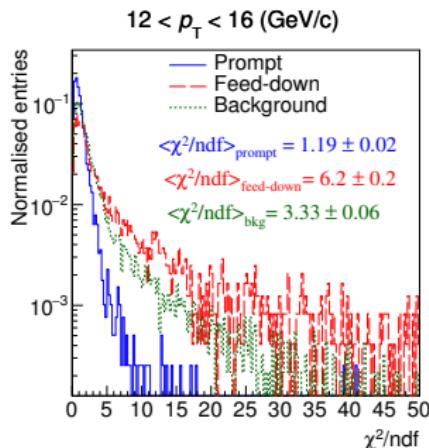
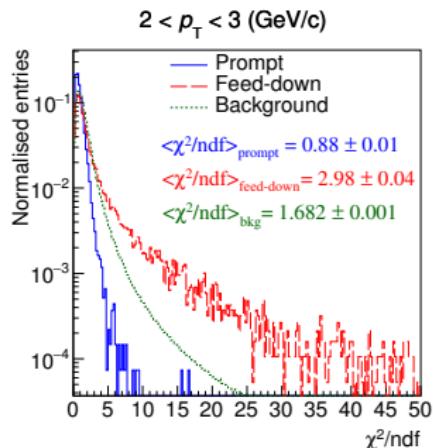
$$Res(p_T) = \sigma(X_{reco} - X_{MC})(p_T)$$



Distribuzioni di χ^2/ndf dopo l'applicazione del *topological constraint*

I mesoni D⁺ feed-down **non** derivano dal vertice primario di interazione dei fasci

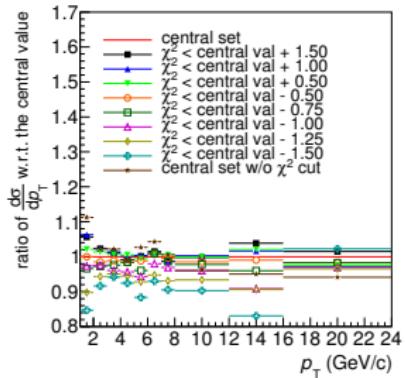
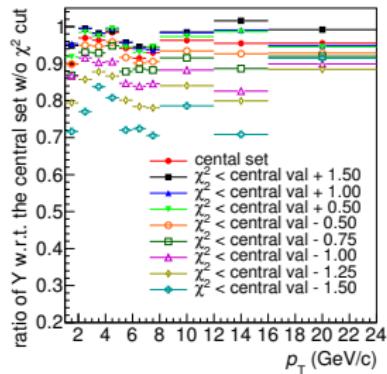
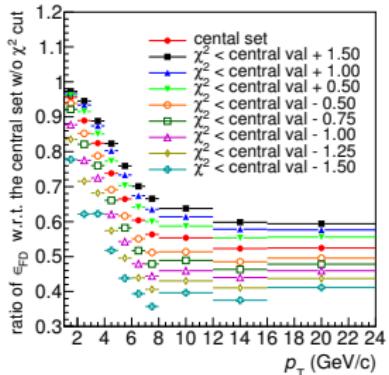
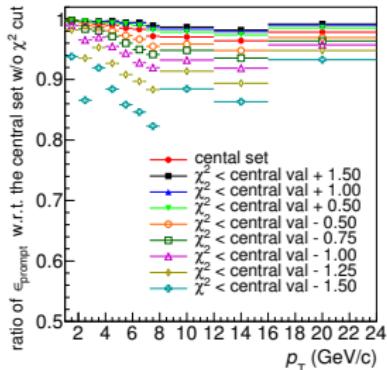
⇒ L'applicazione del **topological constraint** al vertice primario permette di ridurre il contributo di mesoni D⁺ da B, valutando il χ^2 della particella ricostruita



⇒ selezione su χ^2/ndf delle candidate, oltre alle selezioni sulle quantità topologiche usate nell'analisi standard

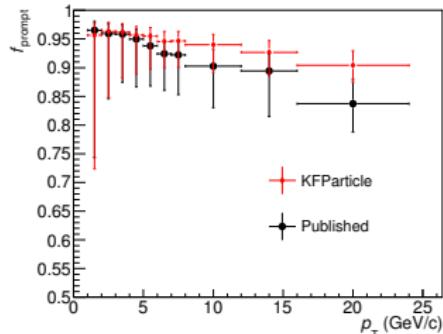
$p_T \text{ (GeV/c)}$	[1, 2]	[2, 8]	[8, 16]	[16, 24]
χ^2/ndf	< 2.5	< 3.0	< 3.5	< 4.0

Studio della variazione della selezione su χ^2/ndf



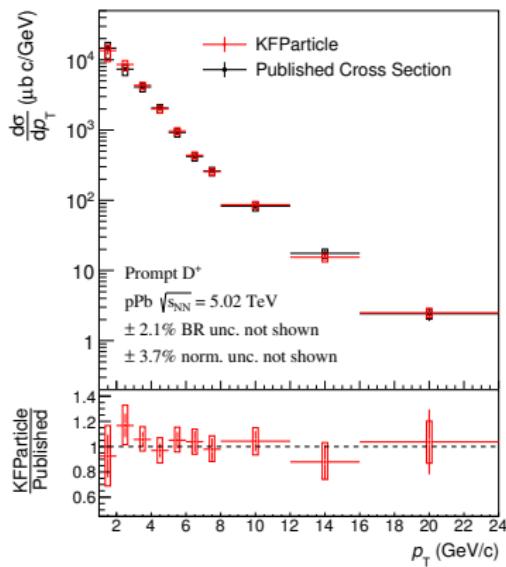
- La riduzione dell'efficienza ottenuta applicando una selezione su χ^2/ndf raggiunge il 20% per i mesoni D^+ **prompt** e il 60% per i mesoni D^+ **feed-down**
- La perdita di segnale non supera il 30%
- Applicando una selezione molto "stretta" su χ^2/ndf si osserva una riduzione sistematica della sezione d'urto differenziale

Ricostruzione dei mesoni D⁺ con il filtro di Kalman - Risultato

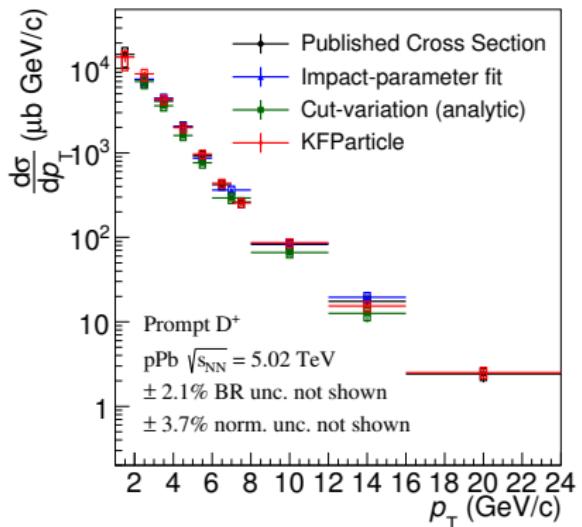


- La frazione di D⁺ prompt è maggiore rispetto a quella ottenuta applicando le selezioni nell'analisi standard
⇒ riduzione dell'errore sistematico
- Sorgenti di errore sistematico valutate:
 - Estrazione del segnale
 - Efficienza di selezione dei tagli topologici
 - Efficienza di selezione della PID
 - Imperfetta descrizione delle distribuzioni di p_T di mesoni D⁺ e B generati nella simulazione MC
 - Determinazione della frazione di D⁺ prompt con i metodi *theory-driven*
- Sezione d'urto differenziale in p_T di produzione dei mesoni D⁺ prompt ottenuta compatibile con il risultato pubblicato

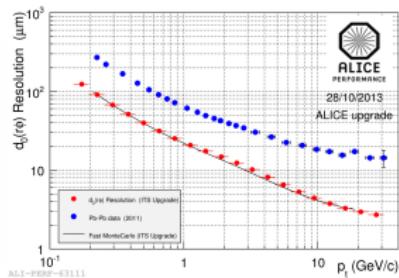
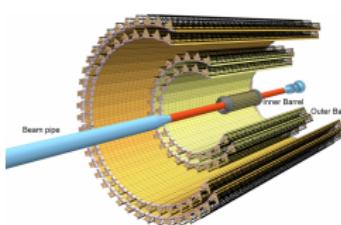
$$\left. \frac{d\sigma_{prompt}^{D^+}}{dp_T} \right|_{|y| < 0.5} = \frac{1}{2} \cdot \frac{f_{prompt} \cdot N_{raw}^{D^\pm} |_{|y| < y_{fid}}}{\Delta p_T \Delta y \cdot (Acc \times \epsilon)_{prompt}} \cdot \frac{L_{int}}{BR}$$



Conclusioni e confronto

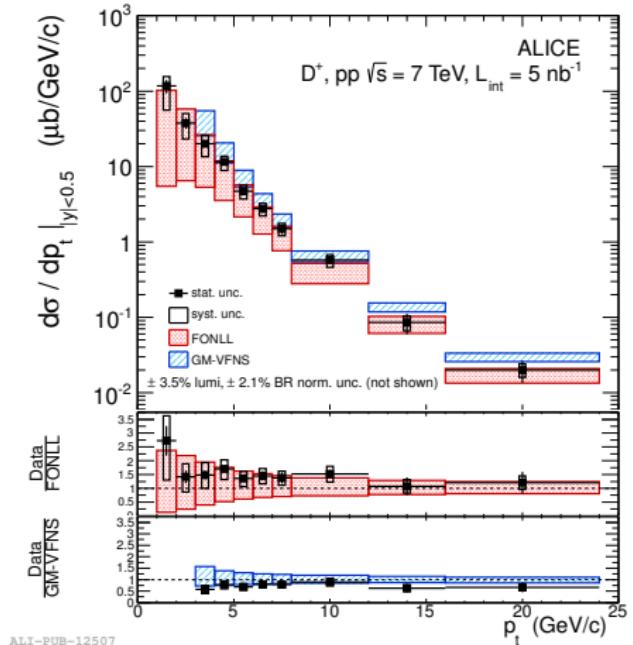


- Tutti i risultati ottenuti sono compatibili con la sezione d'urto differenziale in p_T di produzione dei mesoni D^+ prompt all'interno dell'incertezza sperimentale
 - I metodi del fit del parametro di impatto e della variazione dei tagli permettono di effettuare la misura della produzione di mesoni D^+ prompt senza l'utilizzo di calcoli di QCD perturbativa
- al momento limitati dalla statistica disponibile
- miglioramento previsto a partire dal Run II e soprattutto per il Run III ⇒ Upgrade di ALICE

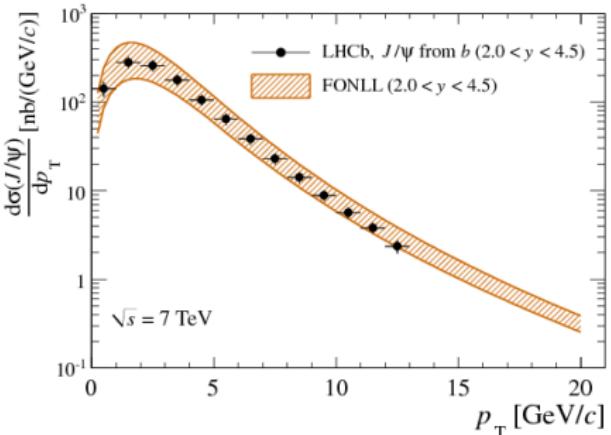


BACKUP

Confronto dei dati con la predizione di FONLL in collisioni pp



ALI-PUB-12507



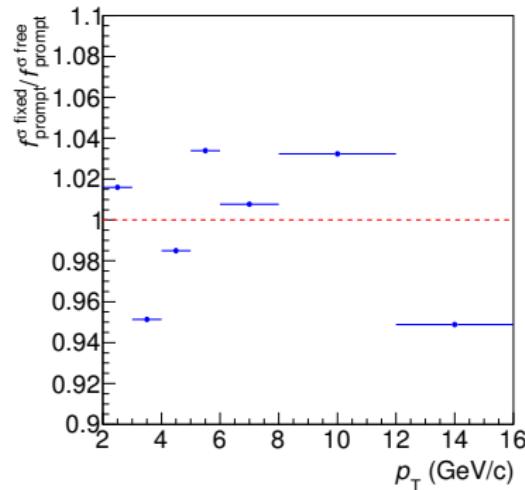
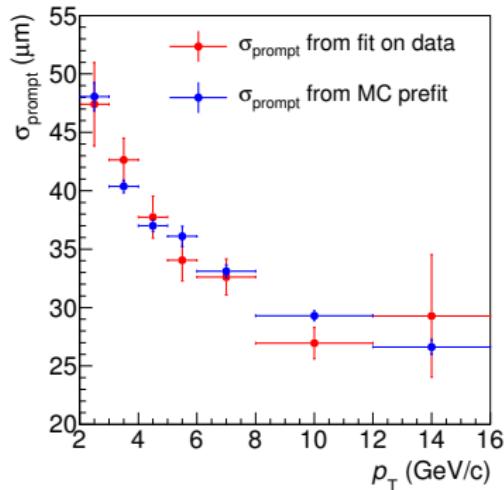
Le sezioni d'urto per adroni contenenti *charm* e *beauty* misurate in collisioni pp sono in accordo con la predizione di FONLL
⇒ nei metodi *theory-driven* la sezione d'urto è calcolata utilizzando FONLL

Set di tagli nell'analisi standard

Fit unbinned

Fit del parametro di impatto - Errori sistematici

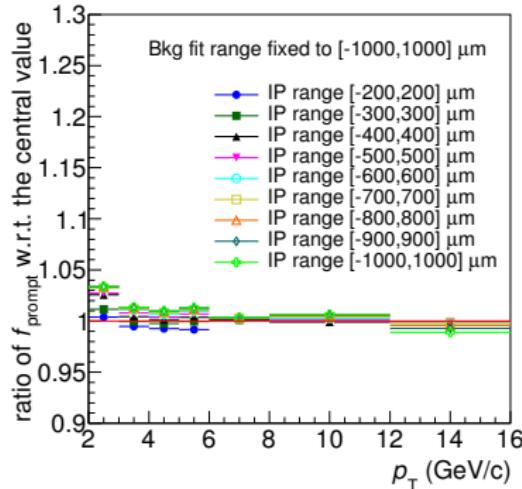
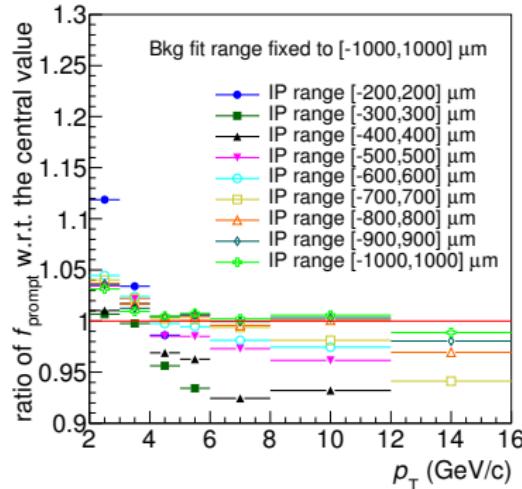
Parametro di risoluzione σ_{prompt} fissato



p_T (GeV/c)	[2, 3]	[3, 4]	[4, 5]	[5, 6]	[6, 8]	[8, 12]	[12, 16]
σ_{prompt}	negl.	negl.	negl.	negl.	negl.	negl.	negl.

Fit del parametro di impatto - Errori sistematici

Variazione del range dei fit

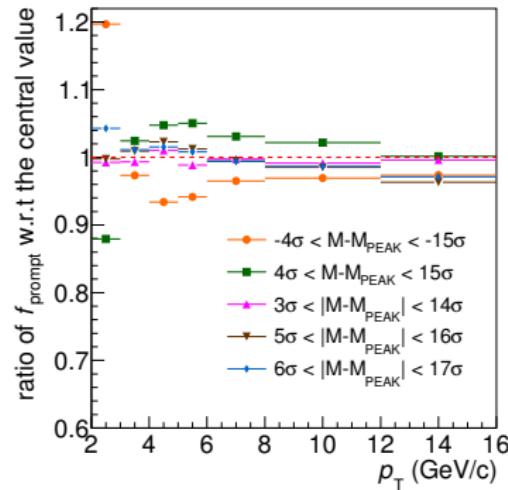
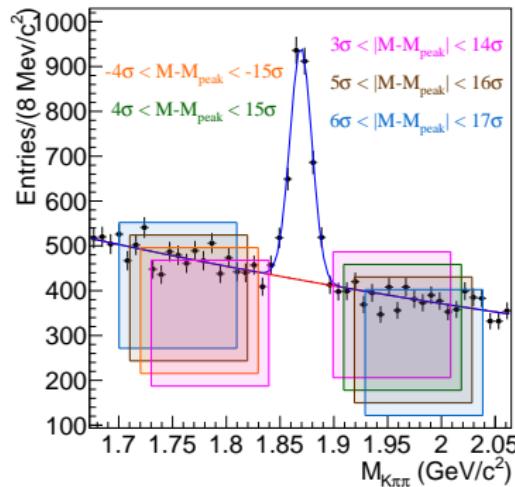


p_T (GeV/c)	[2, 3]	[3, 4]	[4, 5]	[5, 6]	[6, 8]	[8, 12]	[12, 16]
fit range	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%

Fit del parametro di impatto - Errori sistematici

Variazione della regione di massa invariante delle side-bands

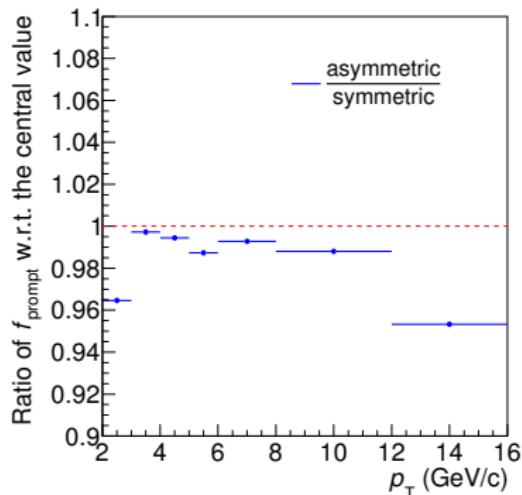
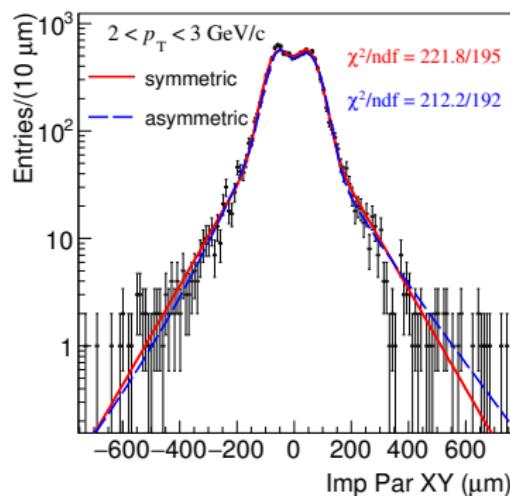
$4 < p_T < 5 \text{ GeV}/c$



$p_T \text{ (GeV}/c)$	[2, 3]	[3, 4]	[4, 5]	[5, 6]	[6, 8]	[8, 12]	[12, 16]
side-bands	6%	3%	3%	3%	3%	3%	3%

Fit del parametro di impatto - Errori sistematici

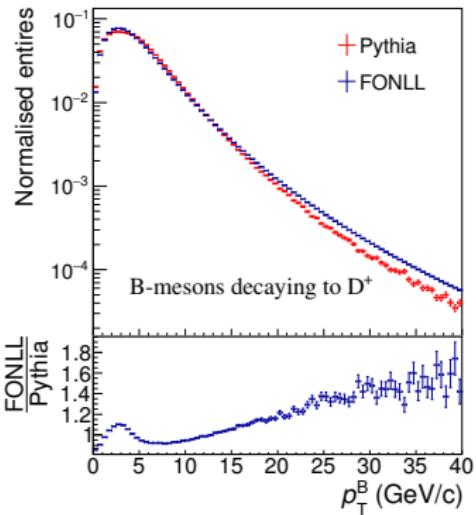
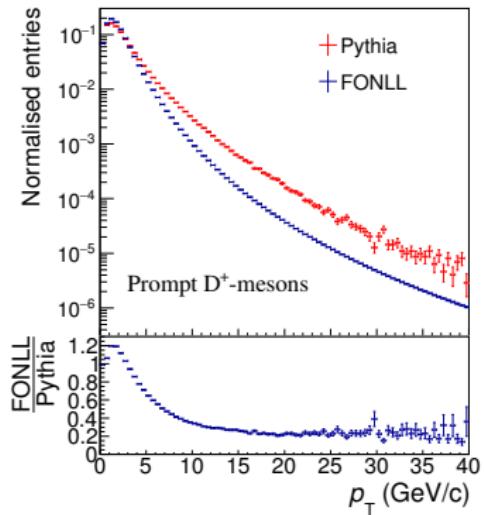
Variazione della funzione di fit per il fondo



p_{T} (GeV/c)	[2, 3]	[3, 4]	[4, 5]	[5, 6]	[6, 8]	[8, 12]	[12, 16]
funzione fit fondo	4%	1%	1%	1%	1%	1%	1%

Fit del parametro di impatto - Errori sistematici

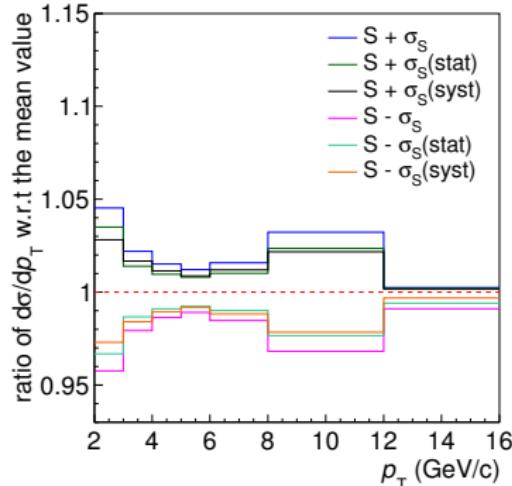
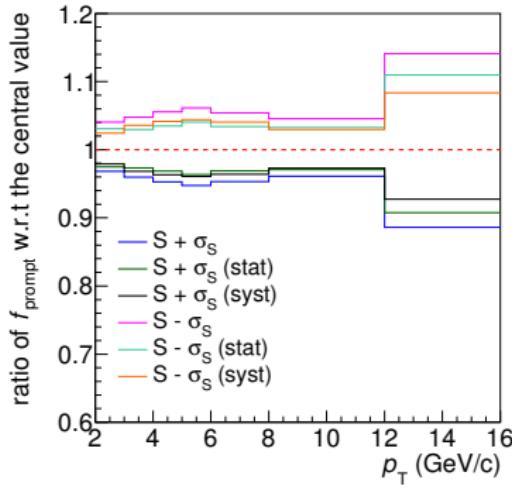
Forma degli spettri in p_T di mesoni D⁺ e B generati



p_T (GeV/c)	[2, 3]	[3, 4]	[4, 5]	[5, 6]	[6, 8]	[8, 12]	[12, 16]
distribuzioni p_T	negl.	negl.	negl.	negl.	negl.	negl.	negl.

Fit del parametro di impatto - Errori sistematici

Variazione della quantità di segnale S nel fit

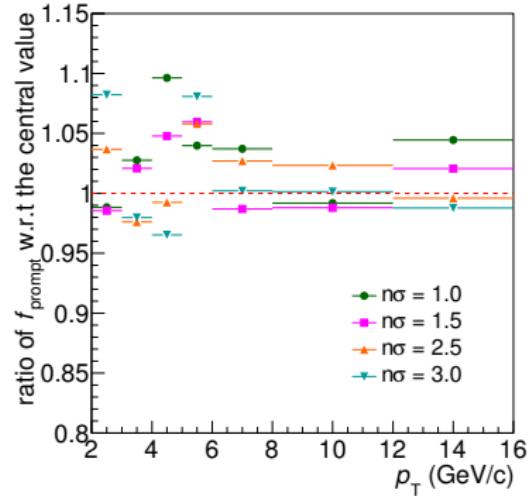
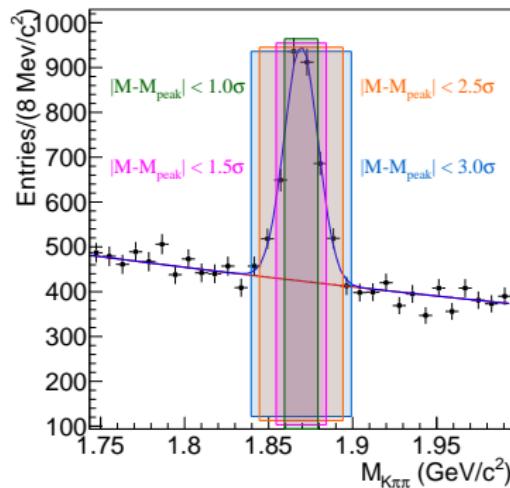


p_T (GeV/c)	[2, 3]	[3, 4]	[4, 5]	[5, 6]	[6, 8]	[8, 12]	[12, 16]
parametro S	4%	2%	2%	2%	2%	2%	2%

Fit del parametro di impatto - Errori sistematici

Variazione della finestra di massa invariante

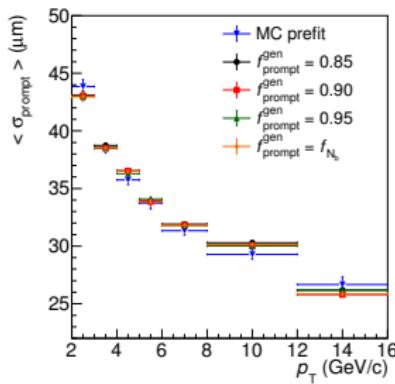
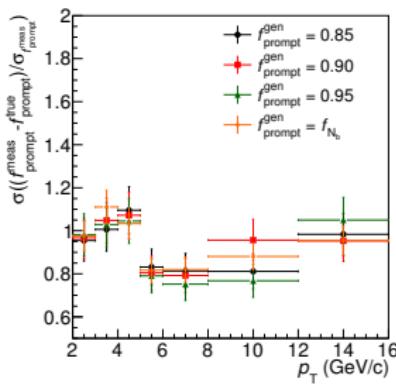
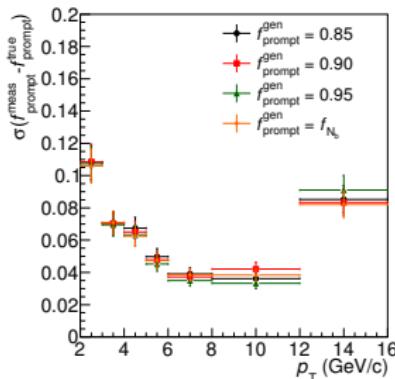
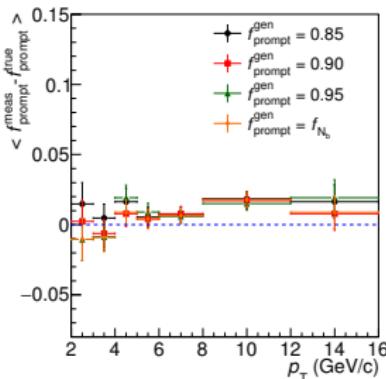
$4 < p_T < 5 \text{ GeV}/c$



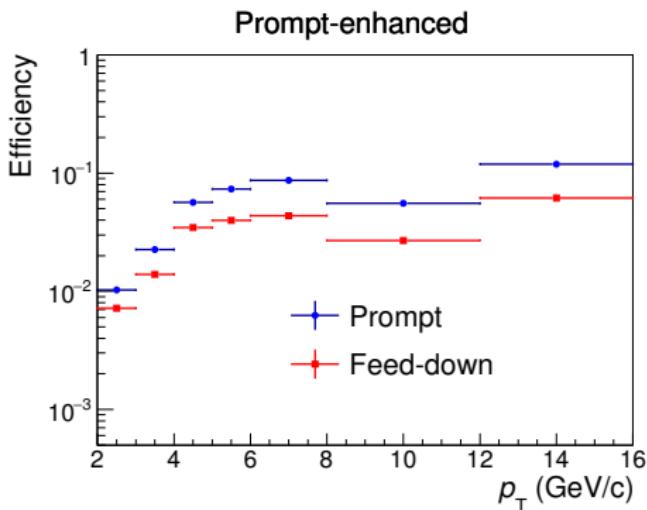
p_T (GeV/c)	[2, 3]	[3, 4]	[4, 5]	[5, 6]	[6, 8]	[8, 12]	[12, 16]
range di massa	negl.	negl.	negl.	negl.	negl.	negl.	negl.

Fit del parametro di impatto - Errori sistematici

Monte Carlo closure test

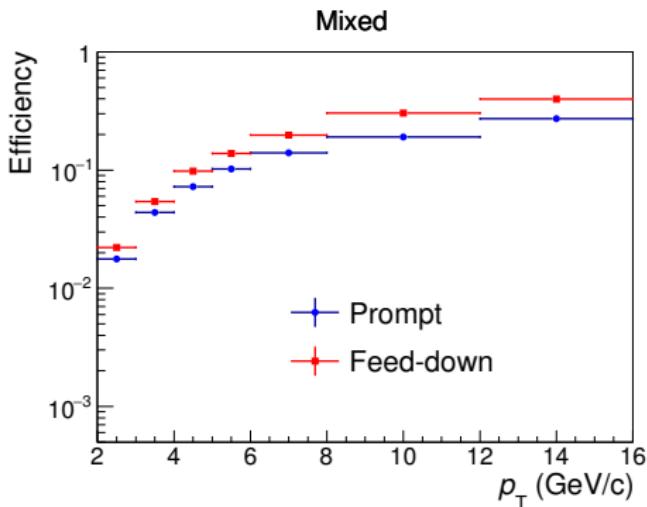


Metodo della variazione dei tagli - Efficienze set 1



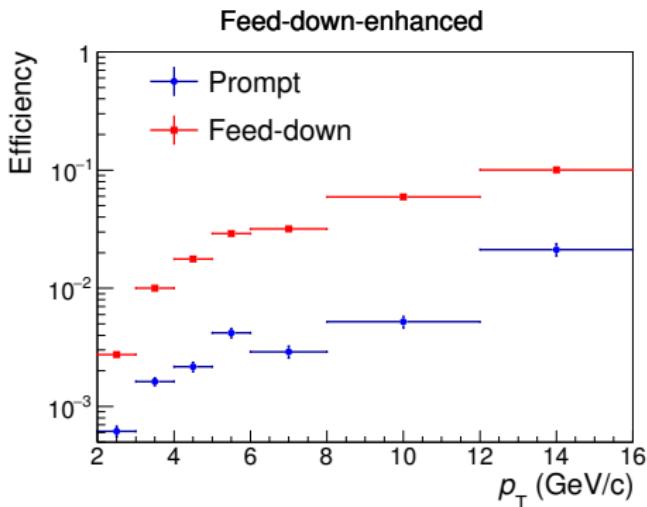
p_T (GeV/c)	[2,4]	[4,6]	[6,8]	[8,12]	[12,16]
L_{xy} (cm)	[0.02, 0.14]	[0.02, 0.15]	[0.02, 0.15]	[0.04, 0.15]	[0.04, 0.25]
Norm. L_{xy}	[7, 14]	[4, 16]	[4, 16]	[4, 16]	[4, 22]
$Cos(\theta_P^{xy})$	>0.998	>0.998	>0.998	>0.998	>0.998
$max n\sigma_{res}$	[-1.5, 1.5]	[-1.5, 1.5]	[-1.5, 1.5]	[-1.5, 1.5]	[-2.0, 2.0]

Metodo della variazione dei tagli - Efficienze set 2



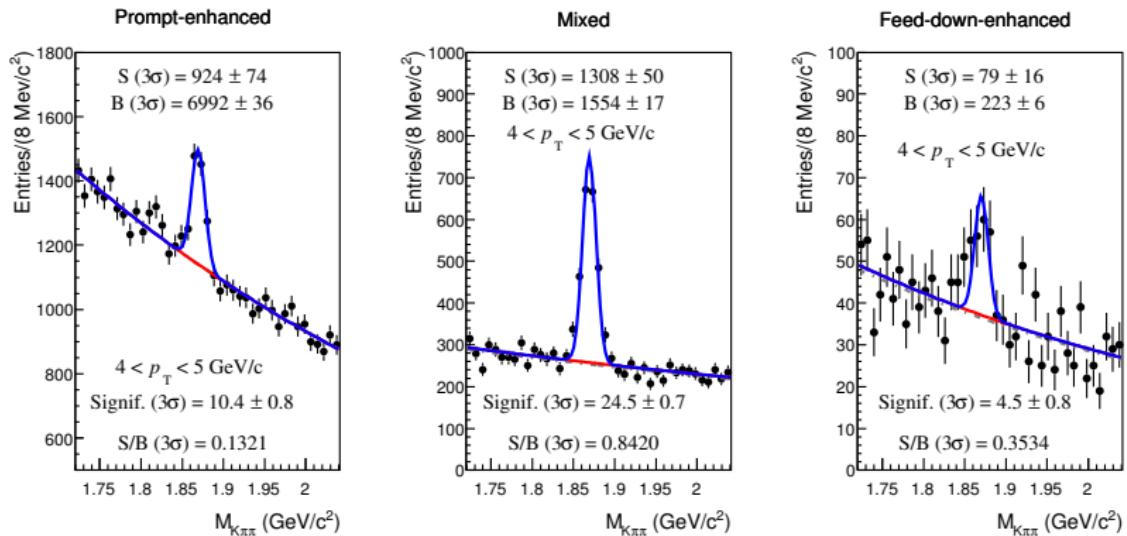
p_T (GeV/c)	[2,4]	[4,6]	[6,8]	[8,12]	[12,16]
L_{xy} (cm)	>0.05	>0.05	>0.05	>0.10	>0.10
Norm. L_{XY}	>9	>9	>9	>6	>6
$\cos(\theta_P^{xy})$	>0.990	>0.990	>0.990	>0.990	>0.990

Metodo della variazione dei tagli - Efficienze set 3



p_T (GeV/c)	[2,4]	[4,6]	[6,8]	[8,12]	[12,16]
L_{xy} (cm)	>0.08	>0.12	>0.20	>0.20	>0.20
Norm. L_{xy}	>9	>12	>20	>20	>20
$Cos(\theta_P^{xy})$	>0.990	>0.990	>0.990	>0.990	>0.990
$max n\sigma_{res}$	<-1.5	<-1.5	<-1.5	<-1.5	<-1.0

Metodo della variazione dei tagli - Estrazione del segnale



Metodo della variazione dei tagli - Errori sistematici

Estrazione del segnale

Metodo della variazione dei tagli - Errori sistematici

Variazione dei tagli

Metodo della variazione dei tagli - Errori sistematici

Forma degli spettri in p_T di mesoni D^+ e B generati

Ricostruzione dei mesoni D^+ con il pacchetto KFParticle e topological constraint

Ricostruzione dei mesoni D^+ con il pacchetto KFParticle - Risoluzione e pulls

Ricostruzione dei mesoni D^+ con il pacchetto KFParticle - Vertice di decadimento

Ricostruzione dei mesoni D^+ con il pacchetto KFParticle - Vertice di produzione

Ricostruzione dei mesoni D^+ con il pacchetto KFParticle - Parametro di impatto

Ricostruzione dei mesoni D^+ con il pacchetto KFParticle - Lunghezza di decadimento

Ricostruzione dei mesoni D^+ con il pacchetto KFParticle - Vertice primario

Ricostruzione dei mesoni D^+ con il pacchetto KFParticle - Set di tagli

Ricostruzione dei mesoni D^+ con il pacchetto KFParticle - Estrazione del segnale

Ricostruzione dei mesoni D^+ con il pacchetto KFParticle - Errori sistematici

Estrazione del segnale

Ricostruzione dei mesoni D^+ con il pacchetto KFParticle - Errori sistematici

Variazione dei tagli

Ricostruzione dei mesoni D⁺ con il pacchetto KFParticle - Errori sistematici

Forma degli spettri in p_T di mesoni D⁺ e B generati

Ricostruzione dei mesoni D^+ con il pacchetto KFParticle - Errori sistematici

Efficienza di selezione della PID