Branching Ratios e Fattori di Forma nei decadimenti $B_s^0 \to D_s^{(*)-}\mu^+\nu_\mu$

A. Di Canto[1], M. Dorigo[2], F. Ferrari[3], **D. Manuzzi[3]**, M. Pepe-Altarelli[1], M. Ravonel[1]

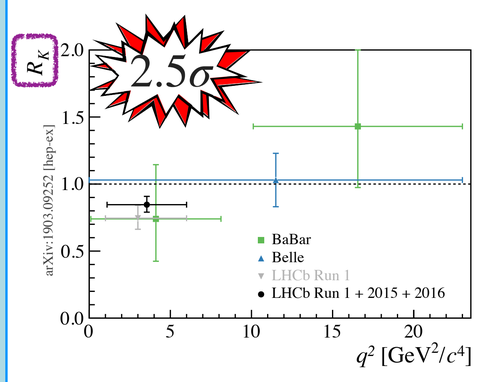
1. CERN, 2, INFN Trieste, 3. Università e INFN Bologna

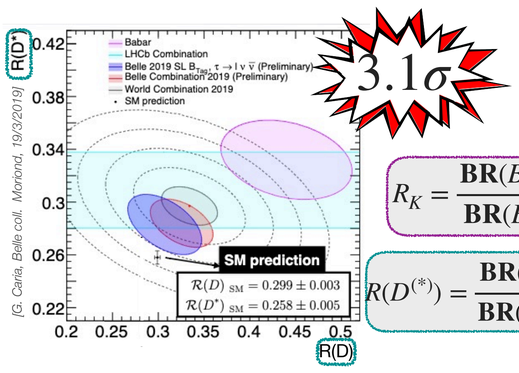
Incontri di Fisica delle Alte Energie, 8 – 10 Aprile 2019, Napoli

Motivazioni

Universalità leptonica: sempre valida?

- Il Modello Standard assume lo **stesso accoppiamento** tra ogni bosone mediatore dell'interazione elettro-debole e le **tre famiglie leptoniche**.
- Nei rapporti tra le frazioni di decadimento di canali che differiscono solo per la famiglia leptonica nello stato finale, il contributo della QCD si cancella: **precise previsioni teoriche** sono possibili.
- ***BaBar, Belle e LHCb*** hanno misurato alcuni di questi rapporti:



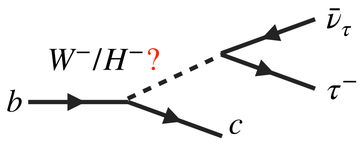


$$R_K = \frac{\mathbf{BR}(B^+ \to K^+\mu^+\mu^-)}{\mathbf{BR}(B^+ \to K^+e^+e^-)}$$

$$R(D^{(*)}) = \frac{\mathbf{BR}(B^0 \to D^{(*)-}\tau^+\nu_\tau)}{\mathbf{BR}(B^0 \to D^{(*)-}\mu^+\nu_\mu)}$$

- Nuova Fisica potrebbe giustificare le discrepanze osservate.

arXiv:1203.2654 [hep-ph]



- Ulteriori misure sono necessarie. Tra queste: $R(D_s^{(*)}) = \dfrac{\mathbf{BR}(B_s^0 \to D_s^{(*)-}\tau^+\nu_\tau)}{\mathbf{BR}(B_s^0 \to D_s^{(*)-}\mu^+\nu_\mu)}$

Stato dell'Arte & Obiettivi

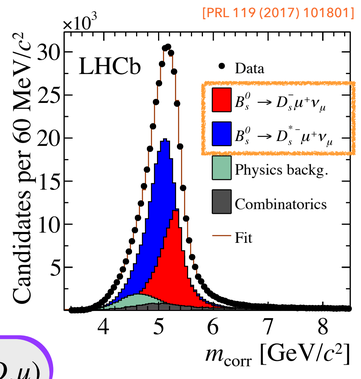
Decadimenti semileptonici del B_s^0 in generale meno conosciuti di quelli del B^0

Superare la mancanza di informazioni su BR e FF dei processi: $B_s^0 \to D_s^{(*)-}\mu^+\nu_\mu$

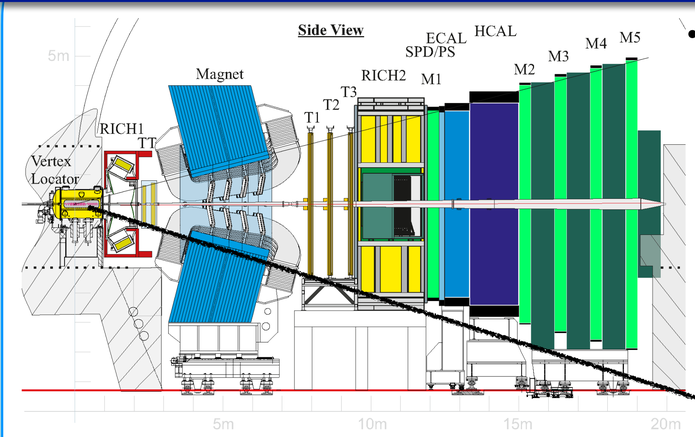
→ **SCOPO DI QUESTA ANALISI**

→ **PROPEDEUTICO VERSO** $R(D_s^{(*)})$

- Ad *LHCb* è già stato possibile distinguere gli stati finali $D_s^-\mu^+\nu_\mu$ e $D_s^{*-}\mu^+\nu_\mu$ tramite l'osservabile: $m_{corr} = \sqrt{m^2(D_s\mu) + p_\perp^2(D_s\mu)} + p_\perp(D_s\mu)$



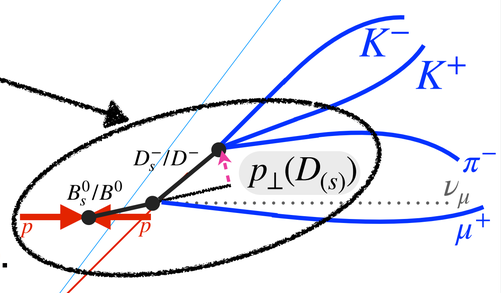
Composizione dei Dati



- Dati raccolti durante il **Run-1** da **LHCb**

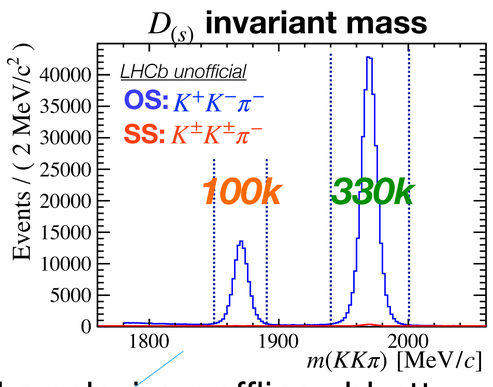
$\int \mathscr{L}dt = 3\ \text{fb}^{-1}$, $\sqrt{s} = 7 - 8$ TeV

cruciali le sue ottime performance di ricostruzione dei vertici secondari



- Per diminuire le incertezze sistematiche, sono stati analizzati canali con lo stesso stato finale: **segnale** e **normalizzazione**.

$B_s^0 \to D_s^{(*)-}\mu^+\nu_\mu$, $\hookrightarrow K^+K^-\pi^-$ $\qquad$ $B^0 \to D^{(*)-}\mu^+\nu_\mu$, $\hookrightarrow K^+K^-\pi^-$



il ν non è rilevabile

↓

la **simulazione** dettagliata di tutti i canali in gioco è **imprescindibile**

(generati ~10^8 eventi MC)

- La selezione offline abbatte il **fondo combinatorio**;
- **Fondo fisico** residuo: $B_{(s)} \to D_{(s)}^{(*,**)}\mu\nu X$, $B_s \to D_sK\mu X$, $\Lambda_b \to \Lambda_c D_s X$, $B_{(s)} \to D_{(s)}DX$.

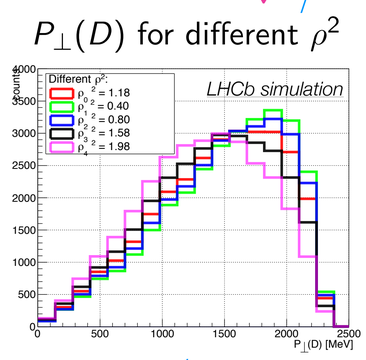
Strategia

FIT 2D → ***Forma dei templates*** → ***Fattori di Forma***

Normalizzazione → ***Branching Ratios***

- Con quali osservabili si possono discriminare le componenti di segnale e fondo, essendo sensibili ai FF? m_{corr} e $p_\perp(D_{(s)})$
- Il MC che supera i tagli di selezione è usato per costruire **templates 2D**; la loro forma può variare nel fit in funzione del valore dei parametri da cui dipendono i FF (ρ^2, etc).

[Usata la parametrizzazione CNL: arXiv:hep-ph/9712417]

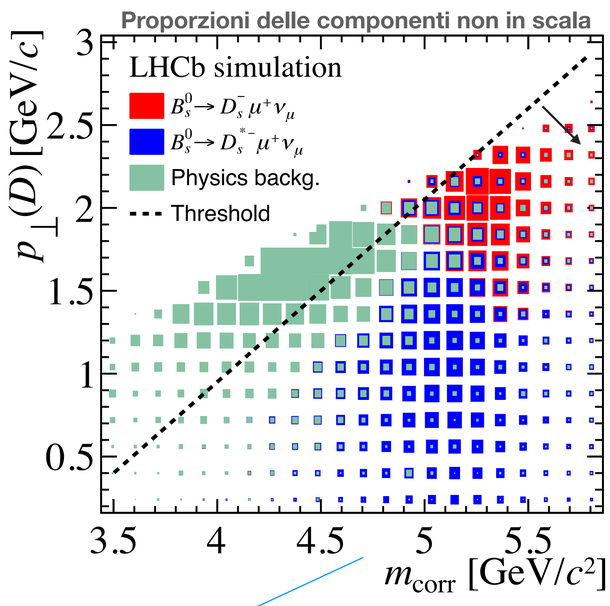


- Si minimizza il seguente χ^2 per estrarre ρ^2 e le frazioni di segnale (f_{sig}, f_{sig*}) e fondo (f_{bkg}):

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j \left\{ \frac{N_{dati}^{ij} - [f_{sig}N_{sig}^{ij}(\rho^2) + f_{sig*}N_{sig*}^{ij}(\rho^2) + f_{bkg}N_{bkg}^{ij}]}{\sqrt{(\sigma_{dati}^{ij})^2 + (\sigma_{predizione}^{ij})^2}} \right\}^2$$

$N_{obs}^{tot} \equiv \sum_{ij} N_{dati}^{ij}$

$N_{sig}^{tot} \equiv f_{sig} \cdot N_{dati}^{tot}$



- Le frazioni f possono essere riscritte per introdurre nel fit i rapporti tra BR:

$$\frac{\mathbf{BR}(B_s \to D_s\mu\nu)}{\mathbf{BR}(B^0 \to D\mu\nu)} = \frac{N_{sig}^{tot}}{N_{B^0}^{tot}} \frac{\epsilon_s}{\epsilon_d} \frac{f_s}{f_d} \frac{\mathbf{BR}(D_s \to KK\pi)}{\mathbf{BR}(D \to KK\pi)}$$

Numero di candidati nel canale di normalizzazione $B^0 \to D\mu\nu$; ricavato con fit analogo a questo.

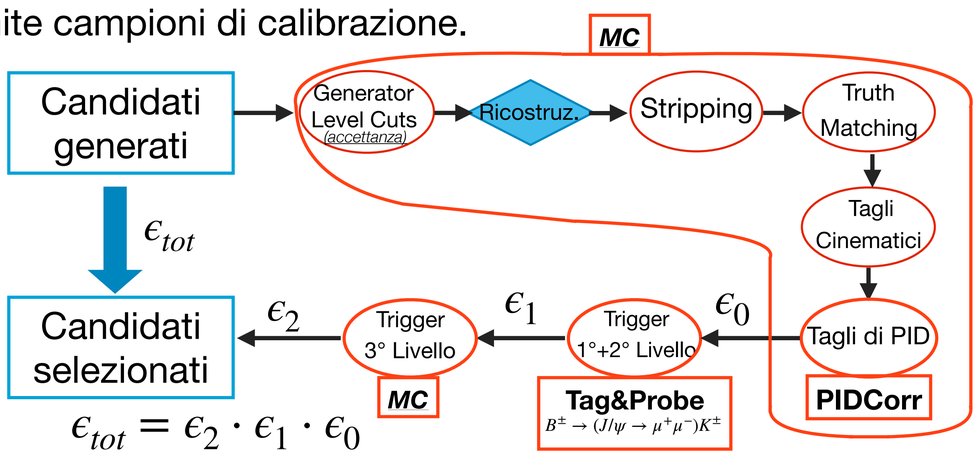
rapporto tra le probabilità di adronizzazione del quark b con i quark s e d a LHC.

- Fanno parte del gioco anche diversi parametri da stimare parallelamente e input esterni *(gaussian constraints)*
- Metodo validato usando il processo: $B^0 \to D^{(*)-}\mu^+\nu_\mu$, $\hookrightarrow K^+\pi^-\pi^-$ *(canale Cabibbo - favorito)*

Efficienze

Controllare e correggere il MC, un passo alla volta

- Il modello di fit necessita della stima delle efficienze di selezione per il canale di segnale ϵ_s e per quello di normalizzazione ϵ_d.
- La selezione è quindi divisa in passaggi successivi: in ciascuno l'accordo tra dati e MC è controllato e, se necessario, corretto tramite campioni di calibrazione.



$$\epsilon_{tot} = \epsilon_2 \cdot \epsilon_1 \cdot \epsilon_0$$

Prospettive

- **Analisi in stato avanzato**
  - ✦ strategia per le incertezze sistematiche già definita
- $B_s^0 \to D_s^-\mu^+\nu_\mu$ BR: ***prima misura*** *(~10%)*
  FF: ***prima misura*** *(~15%)*
- $B_s^0 \to D_s^{*-}\mu^+\nu_\mu$ BR: ***prima misura*** *(~10%)*
  FF: ***prima misura*** *(~5%)*

ordine di grandezza delle incertezze relative attese attese

★ Tali misure possono permettere la prima misura di $|V_{cb}|$ da decadimenti del B_s^0