

RELAZIONE III ANNO DI DOTTORATO:  
HEAVY FLAVOUR ANGULAR CORRELATIONS  
MEASUREMENTS WITH ALICE AT LHC

Dottoranda: Marianna Mazzilli,  
Tutor: Prof. Domenico Di Bari  
Dipartimento Interateneo di fisica e INFN di Bari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>email: [marianna.mazzilli@ba.infn.it](mailto:marianna.mazzilli@ba.infn.it)

## 0.1 Introduzione

Nel corso dell'anno accademico 2017/2018 ho svolto continuativamente l'attività di dottorato in fisica presso il dipartimento Interateneo di Fisica di Bari sotto la supervisione del tutore incaricato prof. Domenico DI BARI, secondo i tempi e le prescrizioni del relativo bando (D.R. n.2858 del 28.08.2015) con impegno esclusivo e a tempo pieno. L'attività è stata svolta in associazione con la sezione di Bari dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN). A partire da Gennaio 2018 sono risultata vincitrice della posizione di associate al CERN, pertanto ho svolto l'ultimo anno di dottorato prevalentemente presso l'Organizzazione Europea per la Ricerca Nucleare (CERN) a Ginevra. All'attività di analisi ho pertanto coniugato una corposa attività sul detector. Tutti i risultati finali del lavoro di analisi svolto durante questo anno accademico sono stati approvati come risultati preliminari dalla collaborazione ALICE.

Di seguito un breve report dell'attività di ricerca svolta e i principali risultati ottenuti.

## 0.2 Attività di ricerca

In linea con il progetto di ricerca presentato alla giunta di dottorato, l'attività di ricerca condotta durante il secondo anno di dottorato si è focalizzata sui temi di ricerca riguardanti gli "heavy-flavour". In particolare il mio lavoro di analisi si è incentrato sullo studio delle correlazioni angolari tra mesoni D e particelle cariche. L'analisi è stata condotta nell'ambito dell'Heavy Flavour Physics Working Group di ALICE, partecipando attivamente ai meeting, discutendo di volta in volta i risultati relativi alla mia analisi e contribuendo alle discussioni su altre attività di ricerca. L'analisi, già eseguita a centralità integrata in collisioni p-Pb a  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV con l'esperimento ALICE, è stata svolta in funzione della centralità nel medesimo sistema di collisione e in collisioni pp (con i dati raccolti a Novembre 2017) alla medesima energia nel sistema del centro di massa.

Prima di addentrarmi nei temi propri dell'analisi svolta, si vuole ricordare che obiettivo principale di ALICE (attualmente l'unico, tra i quattro maggiori esperimenti attualmente attivi a LHC presso il CERN di Ginevra, completamente dedicato allo studio della fisica degli ioni pesanti) è lo studio e la caratterizzazione dello stato di materia fortemente interagente prodotta in condizione estreme di densità di energia e temperatura, quali quelle raggiunte nelle collisioni di ioni pesanti ad energie ultra-relativistiche al Large Hadron Collider (LHC) di Ginevra. Tale stato di materia è noto come Quark-Gluon-Plasma (QGP).

I quark pesanti (charm e beauty) sono prodotti negli istanti immediatamente successivi all'urto ad alto momento trasferito di partoni in collisioni adroniche ad alta energia. Lo studio della produzione di quark pesanti in collisioni pp alle energie ultrarelativistiche di LHC rappresenta, da un lato, un potente strumento di indagine per testare le predizioni di QCD in regime perturbativo e, dall'altro, fornisce una misura di riferimento per lo studio e la caratterizzazione del Quark Gluon Plasma (QGP) nelle collisioni Pb-Pb. Al contempo, misure in collisioni p-Pb consentono di indagare gli effetti dovuti alla presenza di materia nucleare fredda in tale sistema di collisioni e, pertanto, consentono di identificare gli effetti derivanti alla presenza del QGP nelle collisioni tra ioni pesanti.

### 0.2.1 Motivazioni fisiche

Nelle collisioni pp, i cui processi sono ben descritti dalla teoria pQCD (perturbative QCD), ci si attende che, per la conservazione del *flavour*, i quark charm siano prodotti in coppie  $c\bar{c}$ . Lo studio delle correlazioni angolari tra i mesoni D (particelle trigger, contenenti un quark charm) con altre particelle cariche (associate) nello stesso evento consente di studiare il meccanismo di produzione del charm. In particolare, al primo ordine (Leading Order, LO) della QCD perturbativa, la coppia  $c\bar{c}$  è prodotta back-to-back in direzione azimutale. Ad un ordine successivo (Next to Leading Order, NLO), la produzione di coppie di heavy-quark può avvenire a partire dalla conversione di un gluone. Questi processi avvengono generalmente con piccoli angoli  $\Delta\phi$  di apertura. Un terzo processo di produzione, noto come “eccitazione del *flavour*”, si osserva in topologie di hard-scattering in cui un quark subisce un’interazione forte a partire dalla conversione iniziale  $g \rightarrow c\bar{c}$ . Ciò generalmente comporta un’ampia separazione in rapidità degli adroni generati dal quark (antiquark) rispetto alla particella trigger (mesone D) ed una separazione angolare pressochè casuale. In sistemi di interazione più complessi, lo studio delle correlazioni angolari è di fondamentale importanza per evidenziare eventuali modifiche nella frammentazione dei jet da charm dovute all’interazione con il mezzo (in collisioni Pb–Pb) o causate dalla presenza di possibili effetti della materia nucleare fredda (in collisioni p-Pb), analogamente a quanto osservato nella correlazioni di-adroniche nel settore dei light-flavour. Inoltre, la recente osservazione di correlazioni a lungo raggio per adroni con light-flavour e per elettroni derivanti dal decadimento di adroni heavy-flavour, in collisioni p-Pb, indirizza verso la presenza di effetti collettivi o effetti originati dalla saturazione gluonica dello stato iniziale. L’eventuale osservazione degli stessi effetti per i mesoni D, nell’analisi in p-Pb in funzione della molteplicità, consentirebbe di approfondire questo interessante aspetto.

### 0.2.2 Strategia di analisi

La strategia di analisi impiegata per lo studio delle correlazioni angolari tra i mesoni D e adroni carichi prende avvio dalla ricostruzione e selezione dei mesoni D (particelle trigger) nei seguenti intervalli di  $p_T$ :  $3 < p_T^{\text{trig}} < 5$ ,  $5 < p_T^{\text{trig}} < 8$ ,  $8 < p_T^{\text{trig}} < 16$ ,  $16 < p_T^{\text{trig}} < 24$  GeV/ $c$  e degli adroni carichi nelle seguenti regioni:  $p_T^{\text{assoc}} > 0.3$ ,  $0.3 < p_T^{\text{assoc}} < 1$ ,  $1 < p_T^{\text{assoc}} < 2$ ,  $2 < p_T^{\text{assoc}} < 3$  e  $p_T^{\text{assoc}} > 1$  GeV/ $c$ .

Nell’analisi, il trigger è fornito dall’identificazione stessa dei mesoni D nei loro canali di decadimento adronici. Per particella carica associata si intende una qualunque particella carica proveniente dal vertice primario di interazione, includendo anche particelle derivanti dal decadimento forte o elettromagnetico di stati instabili, così come particelle che derivano dal decadimento di adroni contenenti quark charm o beauty. In tale definizione, pertanto, sono incluse tutte le particelle cariche tranne quelle derivanti da decadimenti deboli di particelle strane e dall’interazione con il materiale.

La strategia di analisi adottata è già stata presentata con maggior dettaglio nella relazione di fine II anno di dottorato. Pertanto, di seguito darò una breve

descrizione dei principali step dell'analisi, ponendo maggiore enfasi sulle novità relative alle due analisi svolte durante questo anno accademico.

- **Selezione dei mesoni D ed estrazione del segnale.** Per ogni evento, si identificano le particelle “trigger” (candidati mesoni D:  $D^0$ ,  $D^+$  e  $D^{*+}$ ), in un definito intervallo di  $p_T^{\text{trig}}$ . La strategia di selezione dei mesoni D a rapidità centrale è basata sulla ricostruzione dei vertici secondari di decadimento distanti poche centinaia di  $\mu\text{m}$  dal vertice di interazione primario e sull'identificazione dei prodotti di decadimento (pioni e kaoni) del mesone D. L'identificazione di pioni e kaoni tramite TPC e TOF consente di ridurre il fondo combinatorio e di migliorare il rapporto S/B a basso  $p_T$ . Il numero di candidate D di segnale è estratto nell'intervallo di  $\pm 2\sigma$  nelle distribuzioni di massa invariante (ulteriori dettagli sulla procedura di estrapolazione del segnale possono essere trovati in [1]). In figura1 sono riportati alcuni esempi di ricostruzione dei mesoni D in vari intervalli di  $p_T$  in collisioni p-Pb e pp. Per l'analisi in funzione della centralità, la ricostruzione è stata eseguita nelle seguenti classi: 0-20%, 20-60%, 60-100%. In ciascuna classe, i tagli topologici sono stati ottimizzati in funzione della molteplicità in modo da garantire una buona performance nella ricostruzione. Un'ottimizzazione dei tagli è stata eseguita anche per l'analisi in collisioni protone-protone. Qui, la gran quantità di dati raccolti (996 M di eventi), ha consentito di applicare tagli più stretti rispetto ai tagli standard in pp e, in tal modo, di ottenere valori elevati di S/B. Data la gran quantità di dati, ho tentato di estendere l'intervallo di  $p_T$  di ricostruzione dei mesoni D (aggiungendo i bin:  $2 < p_T < 3$  e  $24 < p_T < 36$ ). Nonostante la buona performance di ricostruzione dei mesoni D, le correlazioni in questi bin di  $p_T$  mostravano alte fluttuazioni statistiche. Pertanto l'analisi finale delle correlazioni non è stata estesa a tali intervalli.

- **Correlazioni della candidate D con le tracce associate.**

Ciascuna particella trigger (mesone D) viene quindi combinata con le altre particelle cariche primarie che hanno superato la selezione (escludendo solo le particelle cariche che derivano dal decadimento della medesima candidata D di trigger) in un definito intervallo di  $p_T^{\text{assoc}}$  (che può anche sovrapporsi con l'intervallo di impulso della particella trigger  $p_T^{\text{trig}}$ ) e in un intervallo di pseudo-rapidità  $|\eta| < 0.8$ . In particolare, per la  $D^{*+}$  si rimuovono dalle tracce secondarie anche i pioni soffici derivanti dal decadimento delle  $D^0$  tramite un taglio di  $3\sigma$  sulla differenza di massa invariante  $M(K\pi\pi) - M(K\pi)$ . Per ciascuna coppia D-adrone carico, si valuta la differenza in angolo azimuthale  $\phi^{\text{assoc}} - \phi^{\text{trigg}} \equiv \Delta\phi$  e in pseudo-rapidità  $\eta^{\text{assoc}} - \eta^{\text{trig}} \equiv \Delta\eta$  e si creano delle distribuzioni di correlazioni bidimensionali.

- **Correzioni con l'Event Mixing**

Le distribuzioni di correlazioni così ottenute vanno corrette per la limitata accettazione del detector e la disomogeneità angolare dell'efficienza di ricostruzione di trigger e di tracciamento in funzione di  $\Delta\phi$  e  $\Delta\eta$ . Effetti di questo genere vengono rimossi impiegando la tecnica dell'Event Mixing. La tecnica, già impiegata nell'analisi a centralità integrata, è stata specializzata per la misura in funzione della centralità in modo da tener conto

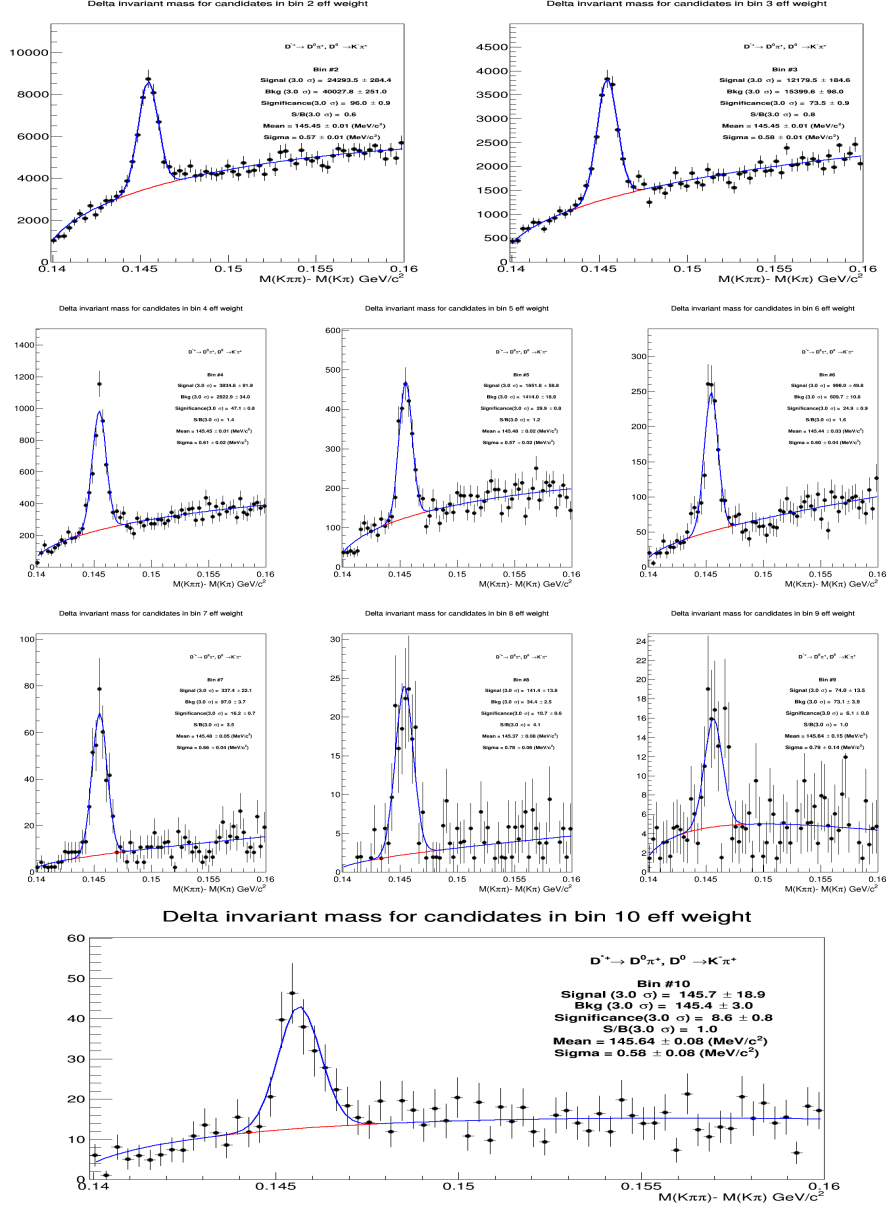


Figura 1: Distribuzioni della differenza di massa invariante  $M(K\pi\pi) - M(K\pi)$  in diverse regioni di  $p_T$  della  $D^{*+}$ . In alto:  $3 < p_T^D < 4 \text{ GeV}/c$  (sinistra),  $4 < p_T^D < 5 \text{ GeV}/c$  (destra) in 0-20%, Mid1:  $5 < p_T^D < 6 \text{ GeV}/c$  (sinistra),  $6 < p_T^D < 7 \text{ GeV}/c$  (centro),  $7 < p_T^D < 8 \text{ GeV}/c$  (destra) in 20-60%; Mid2:  $8 < p_T^D < 10 \text{ GeV}/c$  (sinistra),  $10 < p_T^D < 12 \text{ GeV}/c$  (centro),  $12 < p_T^D < 16 \text{ GeV}/c$  (destra) in 60-100% e in basso:  $16 < p_T^D < 24 \text{ GeV}/c$  in collisioni pp.

della diversa distribuzione di molteplicità delle tracce. A tal fine sono stati modificati i range di molteplicità dei “pool” per l’event mixing in modo tale da avere un buon equilibrio tra questi.

Analogamente, per l’analisi in collisioni protone-protone, la scelta dei “pool” per l’event mixing è stata dettata dalla distribuzione di molteplicità in tali pool e dalla posizione del vertice di interazione primaria lungo l’asse di collisione del fascio (non più shiftato come nelle collisioni p-Pb).

Lo yield differenziale delle coppie di particelle D-adrone normalizzato al numero di particelle trigger è dato da:

$$\frac{1}{N_{\text{trig}}} \frac{d^2 N^{\text{pair}}}{d\Delta\eta d\Delta\phi} = B_{ME}(0,0) \times \frac{S(\Delta\eta, \Delta\phi)}{B_{ME}(\Delta\eta, \Delta\phi)}, \quad (1)$$

dove  $N^{\text{pair}}$  è il numero totale di coppie D-adrone correlate.  $S(\Delta\eta, \Delta\phi)$  e  $B_{ME}(\Delta\eta, \Delta\phi)$  sono, rispettivamente, le distribuzioni del segnale e del fondo combinatorio. La seconda, in particolare, è normalizzata al suo valore in  $(\Delta\eta, \Delta\phi) = (0,0)$ , i.e.  $(B(0,0))$ .

- **Sottrazione delle correlazioni di fondo combinatorio dalla distribuzione di segnale.**

La regione di segnale delle distribuzioni di massa invariante include anche candidate D di fondo combinatorio. Al fine di correggere le distribuzioni di correlazioni per tale contributo di fondo combinatorio, si estraggono le distribuzioni di correlazioni angolari per le candidate nella regione di fondo combinatorio (regioni *sidebands*, a destra e a sinistra della regione di segnale) e si normalizzano rispetto al numero di candidate D di fondo (valutato dal fit di massa) nella regione di massa invariante. Il fattore di normalizzazione è pertanto dato dal rapporto tra il numero di candidate del fondo combinatorio nella regione di picco del segnale e il numero di candidate di fondo estratto dalle *sidebands*. Le distribuzioni di correlazione normalizzate al fondo combinatorio vengono quindi sottratte dalle distribuzioni di segnale “raw” al fine di ottenere la distribuzione di correlazioni esclusivamente per il segnale.

- **Correzione per l’efficienza dei mesoni D e per l’efficienza di tracciamento**

Una volta ottenute le distribuzioni di correlazioni sottratte del fondo combinatorio, è necessario considerare anche le correzioni per l’efficienza di trigger e di tracciamento in modo da tener conto della presenza di tracce o, analogamente di mesoni D, non ricostruiti dal detector o che non hanno superato i tagli di selezione di qualità nella fase di ricostruzione. Pertanto, ogni coppia è pesata per l’inverso del prodotto delle efficienze di ricostruzione delle tracce e dei mesoni D,  $\epsilon_{trk}$  e  $\epsilon_{trig}$ . Nell’analisi in funzione della molteplicità, studi condotti sulla dipendenza dell’efficienza di tracciamento dalla molteplicità dell’evento hanno rivelato una dipendenza trascurabile (dell’ordine di pochi per mille). Pertanto, sono state utilizzate le medesime mappe di efficienza per le tracce di particelle cariche. Al contrario, l’efficienza di ricostruzione dei mesoni D ha una dipendenza più significativa dalla molteplicità dell’evento (in particolare dalla minore

efficienza con la quale si ricostruisce il vertice primario in eventi a bassa molteplicità). Pertanto, si sono estratte mappe di efficienza per le particelle trigger per ciascuna classe di centralità, ripesando il campione Monte Carlo arricchito di quark charm e beauty per la molteplicità degli eventi.

- **Correzione per la contaminazione da particelle secondarie**

La selezione delle particelle primarie avviene essenzialmente con un taglio di selezione sulla DCA (Distance of Closest Approach) dal vertice primario di interazione che serve a rimuovere le particelle secondarie <sup>1</sup> dal campione delle associate. Tuttavia, ci si attende una contaminazione residua da tracce secondarie nelle distribuzioni di correlazione. Tale contaminazione, diversamente da quanto fatto per l'analisi a centralità integrata, è stata stimata bin-per-bin nelle distribuzioni azimuthali delle correlazioni in modo da tener conto di strutture presenti lungo l'asse azimuthale (in particolare, nella regione attorno a  $\Delta\phi=0$ ).

- **Correzione per i mesoni D derivanti dal decadimento di adroni beauty**

La strategia di selezione impiegata per i mesoni D favorisce la frazione di D proveniente dal decadimento di adroni beauty. Generalmente, la frazione di D da adroni beauty è dell'ordine del 10% o leggermente inferiore. Le distribuzioni di correlazioni di questi mesoni D “secondari” sono sensibili alle proprietà dei jet da beauty così come al decadimento degli adroni beauty, che in generale sono diversi dai jet e adroni contenenti charm. È pertanto necessario sottrarne il contributo dalle distribuzioni stesse.

- **Correzione per bias topologico di  $B \rightarrow D$**  Da test su un campione MonteCarlo, ho verificato che la selezione topologica applicata sui mesoni D, nel caso questi provengano dal decadimento di adroni beauty, tende a favorire casi con piccole separazioni angolari tra i prodotti di decadimento del beauty, rispetto a casi meno collineari. Questo produce delle strutture in corrispondenza di  $\Delta\phi \sim 0$  soprattutto a basso  $p_T$ , dove i tagli topologici sono più stringenti. La correzione applicata sui dati è la seguente:

$$C(\Delta\phi)_{\text{corr}} = C(\Delta\phi)_{\text{raw}} \cdot \left[ \frac{c \rightarrow D|_{\text{amplit}}}{(B+c) \rightarrow D|_{\text{amplit}}} \cdot f_{\text{prompt}} + \frac{B \rightarrow D|_{\text{amplit}}}{(B+c) \rightarrow D|_{\text{amplit}}} \cdot (1-f_{\text{prompt}}) \cdot \frac{1}{\text{modul}} \right] \quad (2)$$

dove  $(B+c) \rightarrow D|_{\text{amplit}} = c \rightarrow D|_{\text{amplit}} \cdot f_{\text{prompt}} + B \rightarrow D|_{\text{amplit}} \cdot (1-f_{\text{prompt}})$  e le due ampiezze sono valutate da simulazioni MonteCarlo a livello ricostruito.

- **Estrapolazione dei risultati.**

La compatibilità delle distribuzioni di correlazioni angolari ottenute per i tre mesoni D ( $D^0$ ,  $D^+$  e  $D^{*+}$ ) e con i modelli, ha consentito di estrarne la media pesata in modo da ridurre l'incertezza complessiva. Nonostante alcune correlazioni tra i mesoni (circa il 30% delle  $D^0$  e parte delle  $D^+$  derivano dai decadimenti della  $D^{*+}$ ), i tre campioni selezionati possono essere

---

<sup>1</sup>derivanti dal decadimento di particelle strane o dall'interazione con il materiale del detector

trattati come non correlati. Il peso di ciascun mesone è dato dall'inverso della somma in quadratura dell'incertezza statistica e dell'incertezza sull'estrazione di S e B:

$$\left\langle \frac{1}{N_D} \frac{dN^{\text{assoc}}}{dp_T} \right\rangle_{D\text{mesons}} = \frac{\sum_{i=\text{meson}} w_i \frac{1}{N_D} \frac{dN_i^{\text{assoc}}}{d\Delta\phi}}{\sum_{i=\text{meson}} w_i}, \quad w_i = \frac{1}{\sigma_{i,\text{stat}}^2 + \sigma_{i,\text{uncorr.syst.}}^2} \quad (3)$$

Le distribuzioni così ottenute vengono fittate con due Gaussiani, in corrispondenza dei picchi a  $\Delta\phi=0$  e  $\Delta\phi=\pi$  e una funzione costante per descrivere la baseline. Dai fit si ricavano le osservabili fisiche (yield e ampiezza dei picchi) e le si confrontano con i modelli. La funzione di fit utilizzata è la seguente:

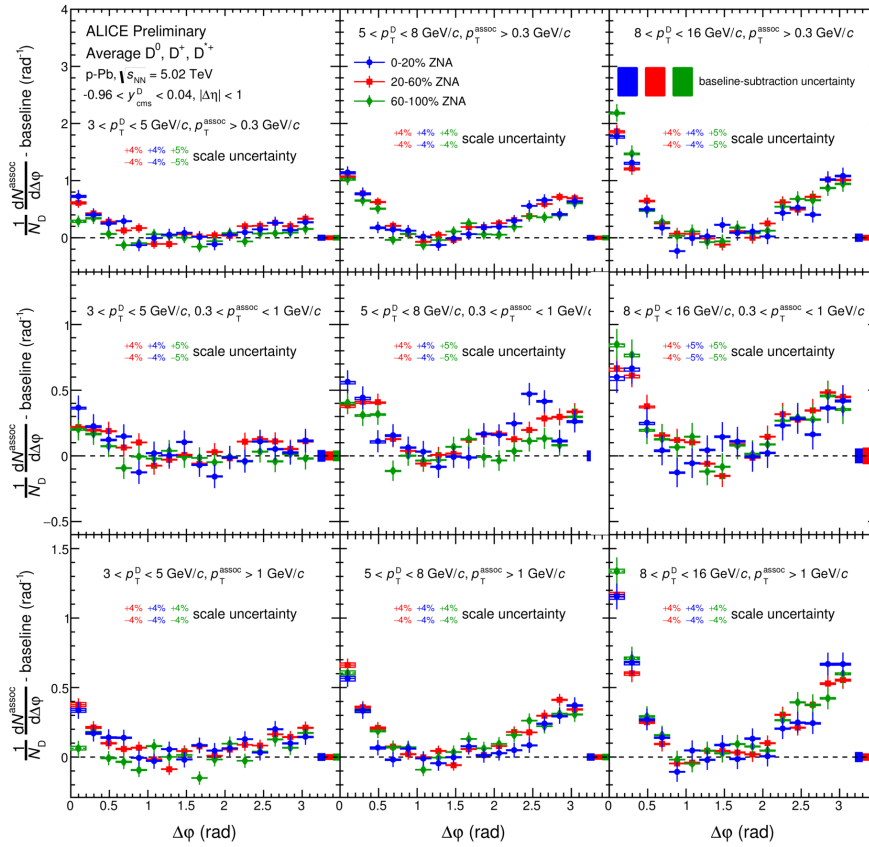
$$f(\Delta\varphi) = c + \frac{Y_{NS}}{\sqrt{2\pi}\sigma_{NS}} e^{-\frac{(\Delta\varphi - \mu_{NS})^2}{2\sigma_{NS}^2}} + \frac{Y_{AS}}{\sqrt{2\pi}\sigma_{AS}} e^{-\frac{(\Delta\varphi - \mu_{AS})^2}{2\sigma_{AS}^2}} \quad (4)$$

Le osservabili fisiche estratte dal fit sono gli yield e le larghezze angolari di near- ed away-side. Di seguito, riporto i risultati finali delle due analisi approvati come risultati preliminari della collaborazione ALICE.

Partendo dall'analisi in p-Pb in funzione della centralità: in figura 2 sono riportate le distribuzioni angolari delle correlazioni nelle tre classi di centralità e in figura 3 gli yield e la larghezza angolare relativi al *near - side* ( $\Delta\phi=0$ ) in tutti gli intervalli di  $p_T^{a.s.s}$  analizzati. Data l'elevata incertezza sulle "away-side" nell'analisi in funzione della molteplicità, solo le osservabili relative al near-side sono state pubblicate come risultati finali dell'analisi. La compatibilità generale del trend delle correlazioni in tutti gli intervalli di  $p_T^{trig}$  analizzati e delle osservabili fisiche estratte, non consente di investigare la possibile presenza di effetti collettivi ( $v_2 \neq 0$ ) che coinvolgono i mesoni D e gli adroni carichi.

Per quanto riguarda l'analisi in collisioni protone-protone, in figura 4 e 5 sono riportate le distribuzioni delle correlazioni in tutti gli intervalli cinematici analizzati confrontate con i modelli PYTHIA6, PYTHIA8 (con diversi Perugia Tunes) e POWHEG. In particolare, in figura 4 sono mostrate le distribuzioni per valori più bassi del  $p_T^{a.s.s}$ , mentre in figura 5 per alti  $p_T^{a.s.s}$ . Grazie all'elevata statistica di dati protone-protone raccolti nel 2017, l'analisi è stata estesa a valori più alti del  $p_T^{a.s.s}$  ed è stato possibile estrarre le osservabili fisiche anche nella regione dell'away-side. In figura 6 è mostrato il confronto con i risultati p-Pb (dell'analisi a centralità integrata approvata durante lo scorso anno). In figura 7 e 8 sono riportate rispettivamente gli yield e le larghezza angolare del near- e dell'away-side confrontate con i risultati ottenuti nell'analisi in p-Pb a centralità integrata alla medesima energia nel sistema del centro di massa. Per la prima volta, si è introdotto un nuovo modo di studiare le osservabili fisiche estratte dalle correlazioni D-adrone, ovvero in funzione del  $p_T$  delle particelle cariche associate piuttosto che del  $p_T$  della particella trigger. In figura 9 e 10 sono riportati degli esempi di tale studio.





ALI-PREL-149582

Figura 2: Distribuzioni medie delle correlazioni D-h dai dati p-Pb 2016 in tre classi di centralita (0-20%, 20-60%, 60-100%), per tutti gli intervalli cinematici studiati.

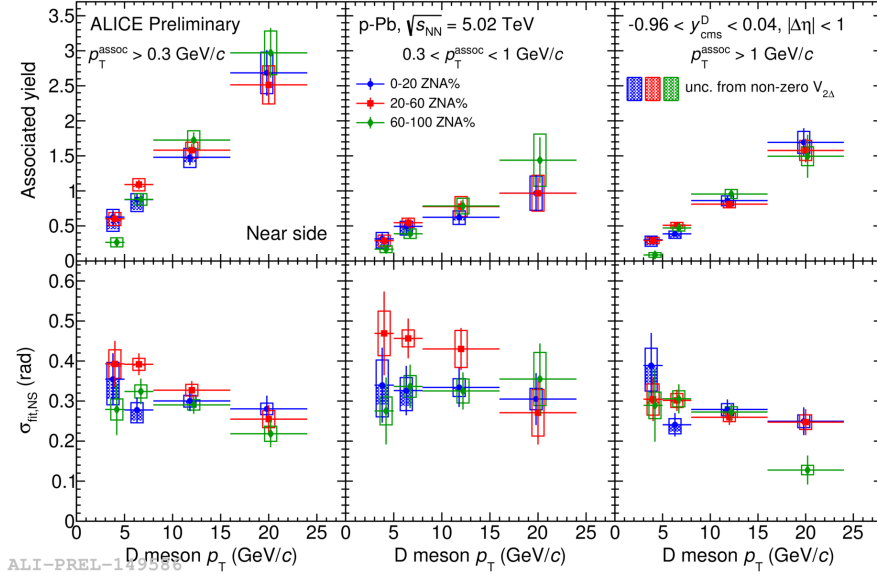


Figura 3: Yield e ampiezze angolari estratte nella regione di near-side ( $\Delta\phi \sim 0$ ) nelle tre classi di centralità.

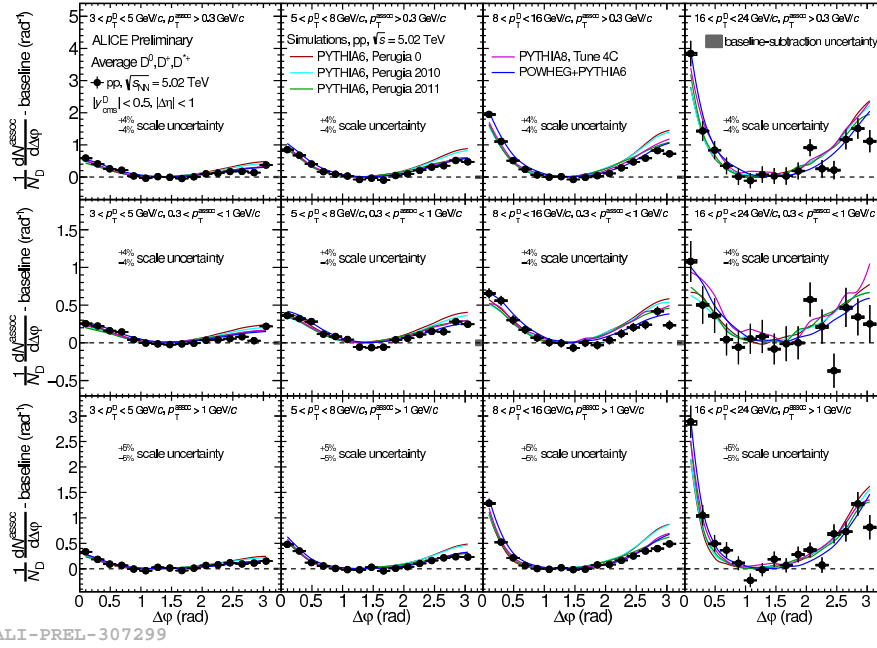
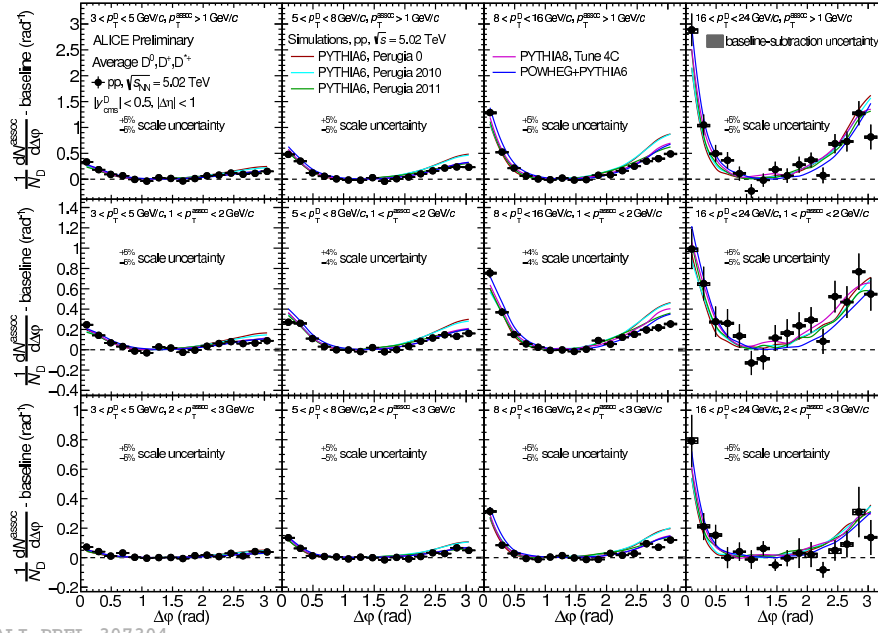
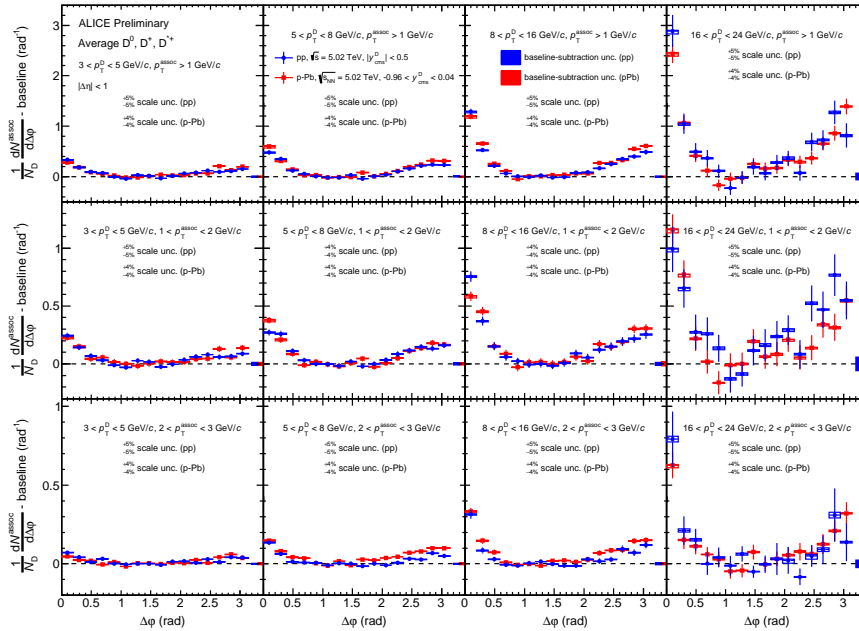


Figura 4: Distribuzioni delle correlazioni D-h in collisioni pp a  $\sqrt{s}=5.02$  TeV confrontate con i modelli PYTHIA6, PYTHIA8 (con diversi Perugia Tunes) e POWHEG per bassi  $p_T$  delle particelle cariche associate.



ALI-PREL-307304

Figura 5: Distribuzioni delle correlazioni D-h in collisioni pp a  $\sqrt{s}=5.02$  TeV confrontate con i modelli PYTHIA6, PYTHIA8 (con diversi Perugia Tunes) e POWHEG per alti  $p_T$  delle particelle cariche associate.



ALI-PREL-307314

Figura 6: Confronto delle distribuzioni delle correlazioni D-h in funzione della separazione angolare  $\Delta\phi$  in collisioni pp e p-Pb a 5 TeV.

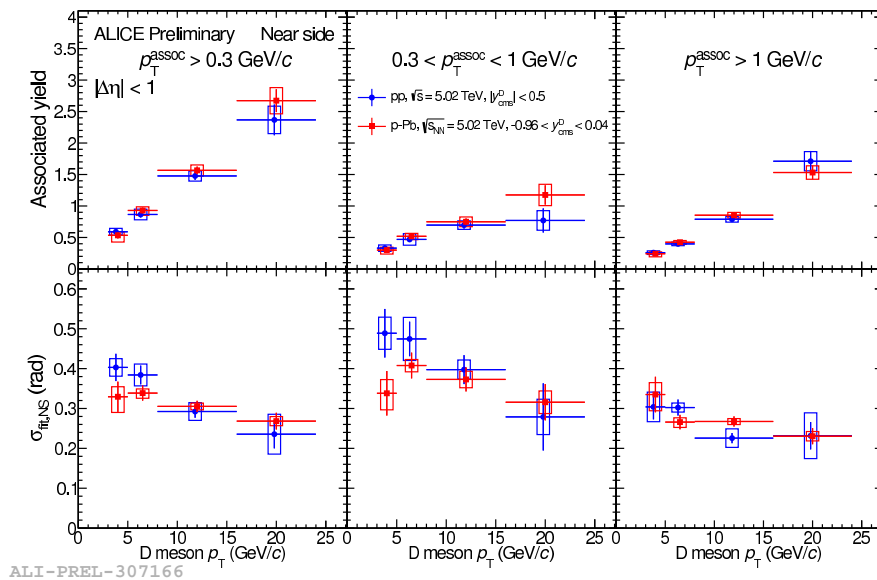


Figura 7: Estrazione delle osservabili fisiche (yield e larghezza angolare) nella regione “near-side” ( $\Delta\phi \sim 0$ ) in collisioni pp e p-Pb.

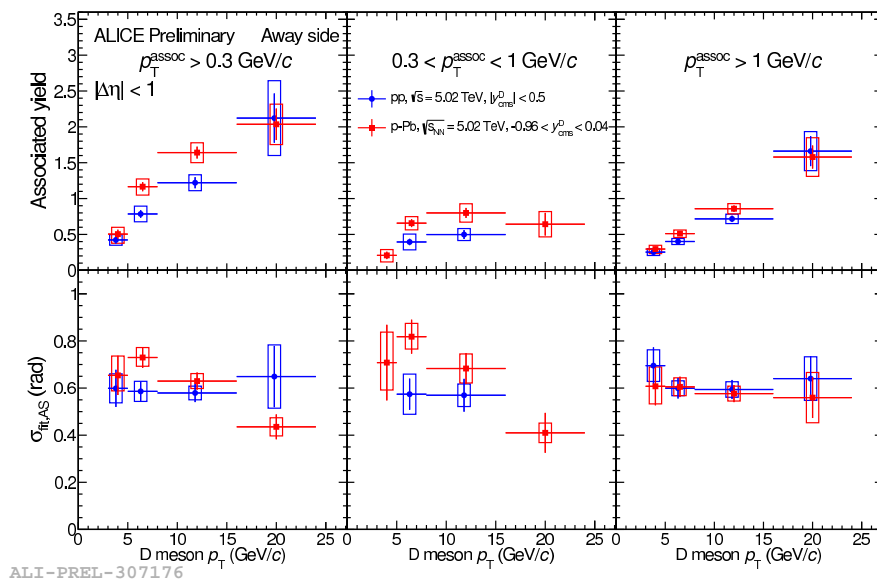


Figura 8: Estrazione delle osservabili fisiche (yield e larghezza angolare) nella regione “away-side” ( $\Delta\phi \sim \pi$ ) in collisioni pp e p-Pb.

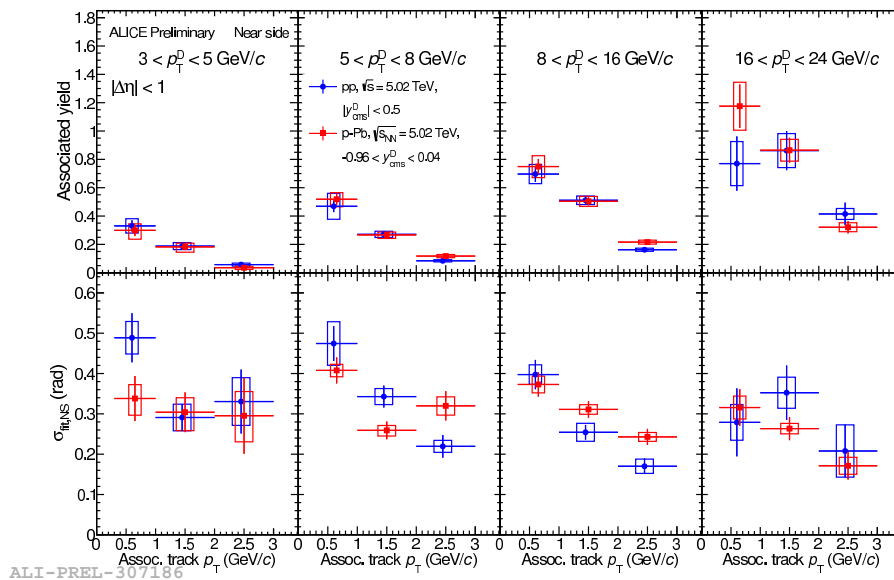


Figura 9: Osservabili fisiche (yield e larghezza angolare) nella regione “near-side” ( $\Delta\phi \sim 0$ ) in funzione del  $p_T$  delle particelle associate in collisioni pp e p-Pb.

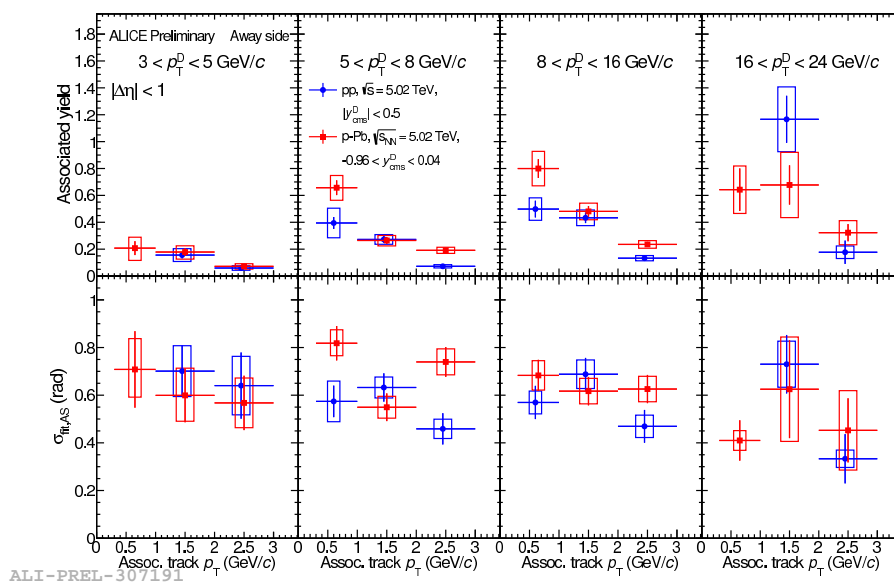


Figura 10: Osservabili fisiche (yield e larghezza angolare) nella regione “away-side” ( $\Delta\phi \sim \pi$ ) in funzione del  $p_T$  delle particelle associate in collisioni pp e p-Pb.

### 0.3 Attività sul detector

Parallelamente all'attività di ricerca strettamente connessa al mio progetto di dottorato, ho avuto un ruolo di responsabilità nel gruppo di Quality Assurance per il Silicon Pixel Detector (SPD) dell'Inner Tracking System di ALICE, per il quale mi sono occupata del monitoraggio dei dati offline durante il periodo di presa dati già a partire dal 2016 (Run 2). L'SPD riveste un ruolo cruciale per la collaborazione sia per la ricostruzione dei dati che per la sua funzione di trigger, in quanto è il rivelatore responsabile della ricostruzione del vertice primario di interazione essendo il più vicino al punto di collisione dei fasci. La mia presenza continuativa al CERN durante questo anno ha fatto sì che sia stata il principale esperto di riferimento per il monitoraggio dell'attività online del detector, per il quale l'INFN di Bari è la sezione maggiormente responsabile. Oltre agli shift come esperto del detector, ho presentato ai meeting ITS tutte le attività riguardanti il detector e ho gestito diverse situazioni di criticità del detector, riuscendo comunque a garantire un'alta efficienza dell'SPD nella presa dati.

### 0.4 Contributi a conferenza e workshop

Congiuntamente allo svolgimento della mia attività di ricerca, ho avuto modo di presentare i risultati di ALICE relativi alle analisi condotte nel campo degli adroni "heavy-flavoured" e, in particolare nell'analisi delle correlazioni angolari dei mesoni D con adroni carichi. In tali occasioni si è colta l'opportunità di presentare i futuri sviluppi nel campo degli heavy flavour connessi al mio lavoro di ricerca.

Di seguito un elenco delle conferenze e workshop alle quali ho partecipato ed il contributo che ho dato:

- talk alla ALICE PHYSICS WEEK (4-8 Dicembre 2018, Amsterdam-NL)
- poster al 133mo meeting LHCC (28 Febbraio 2018)
- poster alla conferenza "Quark Matter" (12-19 Maggio 2018, Venezia-IT)
- talk su invito al workshop "Hard and soft correlations" (23-25 Luglio 2018, Clermont-Ferrand-FR)
- talk su invito alla conferenza "Hot Quarks 2018" (7-14 Settembre 2018, Texel-NL)

### 0.5 Pubblicazioni scientifiche

- M. Mazzilli for the ALICE Collaboration, *Heavy-flavour angular correlations in pp and p-Pb collisions with ALICE*, being published on Nuovo Cimento
- M. Mazzilli for the ALICE Collaboration, *Non prompt D-meson measurements with ALICE at the LHC*, EPJ Web Conf. 129 (2016) 00033
- ALICE Collaboration, *Azimuthal anisotropy of heavy-flavour decay electrons in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV*, arXiv:1805.04367

- ALICE Collaboration, *Anisotropic flow in Xe-Xe collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.44$  TeV*, Phys. Lett. B 784 (2018) 82-95
- ALICE Collaboration, *Inclusive  $J/\psi$  production at forward and backward rapidity in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 8.16$  TeV*, JHEP 07 (2018) 160
- ALICE Collaboration, *Prompt and non-prompt  $J/\psi$  production and nuclear modification at mid-rapidity in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$  TeV*, Eur. Phys. J. C 78 (2018) 466
- ALICE Collaboration,  *$\Lambda_c^+$  production in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV and in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$  TeV*, JHEP 04 (2018) 108
- ALICE Collaboration, *First measurement of  $\Xi_c^0$  production in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV*, Phys. Lett. B 781 (2018) 8-19
- ALICE Collaboration, *Measurement of  $Z^0$ -boson production at large rapidities in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$  TeV*, Phys. Lett. B 780 (2018) 372?383
- ALICE Collaboration, *D-meson azimuthal anisotropy in mid-central Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$  TeV*, Phys. Rev. Lett. 120 (2018) 102301
- ALICE Collaboration, *Search for collectivity with azimuthal  $J/\psi$ -hadron correlations in high multiplicity p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$  and 8.16 TeV*, Phys. Lett. B 780 (2018) 7-20
- ALICE Collaboration, *Systematic studies of correlations between different order flow harmonics in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$  TeV*, Phys. Rev. C 97 (2018) 024906
- ALICE Collaboration, *Kaon femtoscopy in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$  TeV*, Phys. Rev. C96 (2017) 064613
- ALICE Collaboration, *Constraining the magnitude of the Chiral Magnetic Effect with Event Shape Engineering in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$  TeV*, Phys. Lett. B 777 (2018) 151-162
- ALICE Collaboration,  *$J/\psi$  elliptic flow in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$  TeV*, Phys. Rev. Lett. 119 (2017) 242301
- ALICE Collaboration, *Charged-particle multiplicity distributions over a wide pseudorapidity range in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 0.9, 7$  and 8 TeV*, Eur. Phys. J. C 77 (2017) 852
- ALICE Collaboration, *First measurement of jet mass in Pb-Pb and p-Pb collisions at the LHC*, Phys. Lett. B 776 (2018) 249
- ALICE Collaboration,  *$J/\psi$  production as a function of charged-particle pseudorapidity density in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$  TeV*, Phys. Lett. B 776 (2018) 91
- ALICE Collaboration, *Energy dependence and fluctuations of anisotropic flow in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$  TeV and 2.76 TeV*, JHEP 07 (2018) 103

- ALICE Collaboration, *Measurement of deuteron spectra and elliptic flow in Pb–Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$  TeV at the LHC*, Eur.Phys.J. C77 (2017) no.10, 658
- ALICE Collaboration, *Searches for transverse momentum dependent flow vector fluctuations in Pb–Pb and p–Pb collisions at the LHC*, JHEP 1709 (2017) 032
- ALICE Collaboration, *Measuring  $K_S^0 K^\pm$  interactions using Pb–Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$  TeV*, Phys.Lett. B774 (2017) 64-77
- ALICE Collaboration, *Linear and non-linear flow modes in Pb–Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$  TeV*, Phys.Lett. B773 (2017) 68-80
- ALICE Collaboration, *Flow dominance and factorization of transverse momentum correlations in Pb–Pb collisions at the LHC*, Phys.Rev.Lett. 118 (2017) no.16, 162302
- ALICE Collaboration, *Azimuthally differential pion femtoscopy in Pb–Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$  TeV*, Phys.Rev.Lett. 118 (2017) no.22, 222301
- ALICE Collaboration, *Production of muons from heavy-flavour hadron decays in p–Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$  TeV*, Phys.Lett. B770 (2017) 459-472
- ALICE Collaboration, *Production of  $\pi^0$  and  $\eta$  mesons up to high transverse momentum in pp collisions at 2.76 TeV*, Eur.Phys.J. C77 (2017) no.5, 339, Erratum: Eur.Phys.J. C77 (2017) no.9, 586
- ALICE Collaboration, *Energy dependence of forward-rapidity  $J/\psi$  and  $\Psi(2S)$  production in pp collisions at the LHC*, Eur.Phys.J. C77 (2017) no.6, 392
- ALICE Collaboration,  *$K^*(892)^0$  and  $\phi(1020)$  meson production at high transverse momentum in pp and Pb–Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$  TeV*, Phys.Rev. C95 (2017) no.6, 064606
- ALICE Collaboration, *Production of  $\Sigma(1385)^\pm$  and  $\Xi(1530)^0$  in p–Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$  TeV*, Eur.Phys.J. C77 (2017) no.6, 389
- ALICE Collaboration, *Insight into particle production mechanisms via angular correlations of identified particles in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV*, Eur.Phys.J. C77 (2017) no.8, 569
- ALICE Collaboration, *Measurement of D-meson production at mid-rapidity in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV*, Eur.Phys.J. C77 (2017) no.8, 550
- ALICE Collaboration, *Centrality dependence of the pseudorapidity density distribution for charged particles in Pb–Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$  TeV*, Phys.Lett. B772 (2017) 567-577
- ALICE Collaboration, *W and Z boson production in p–Pb collisions at  $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$  TeV*, JHEP 1702 (2017) 077



- ALICE Collaboration, *Determination of the event collision time with the ALICE detector at the LHC*, Eur.Phys.J.Plus 132 (2017) no.2, 99
- ALICE Collaboration, *Measurement of the production of high- $p_T$  electrons from heavy-flavour hadron decays in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV*, Phys.Lett. B771 (2017) 467-481
- ALICE Collaboration, *Evolution of the longitudinal and azimuthal structure of the near-side jet peak in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV*, Phys.Rev. C96 (2017) no.3, 034904
- ALICE Collaboration, *Anomalous evolution of the near-side jet peak shape in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV*, Phys.Rev.Lett. 119 (2017) no.10, 102301
- ALICE Collaboration, *Measurement of electrons from beauty-hadron decays in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV and Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV*, JHEP 1707 (2017) 052
- ALICE Collaboration, *Jet-like correlations with neutral pion triggers in pp and central Pb-Pb collisions at 2.76 TeV*, Phys.Lett. B763 (2016) 238-250
- ALICE Collaboration,  *$J/\psi$  suppression at forward rapidity in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV*, Phys.Lett. B766 (2017) 212-224
- ALICE Collaboration, *Enhanced production of multi-strange hadrons in high-multiplicity proton-proton collisions*, Nature Phys. 13 (2017) 535-539
- ALICE Collaboration, *Higher-harmonic flow coefficients of identified hadrons in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV*, JHEP 1609 (2016) 164

# Bibliografia

- [1] B. Abelev et al. [ALICE Collaboration], *JHEP* **01** (2012) 128
- [2] B. Abelev et al. [ALICE Collaboration], *Eur. Phys. J. C* (2017) 77:245
- [3] B. Abelev et al. [ALICE Collaboration], *Phys.Lett.* B719 (2013) 29-41
- [4] B. Abelev et al. [ALICE Collaboration], *Phys.Lett.* B726 (2013) 164-177
- [5] ALICE Collaboration, arXiv:1609.06643 [nucl-ex]
- [6] <https://aliceinfo.cern.ch/Notes/node/300>
- [7] <https://aliceinfo.cern.ch/Notes/node/238>
- [8] <https://aliceinfo.cern.ch/Notes/node/201>