

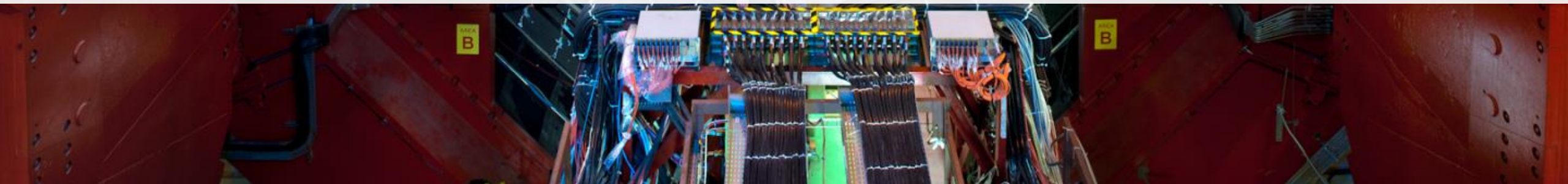
Kis ütköző rendszerek eseményaktivitás- függő vizsgálata b-kvarkok segítségével



Sándor Szende

ELTE és Wigner FK

Témavezető: Vértesi Róbert

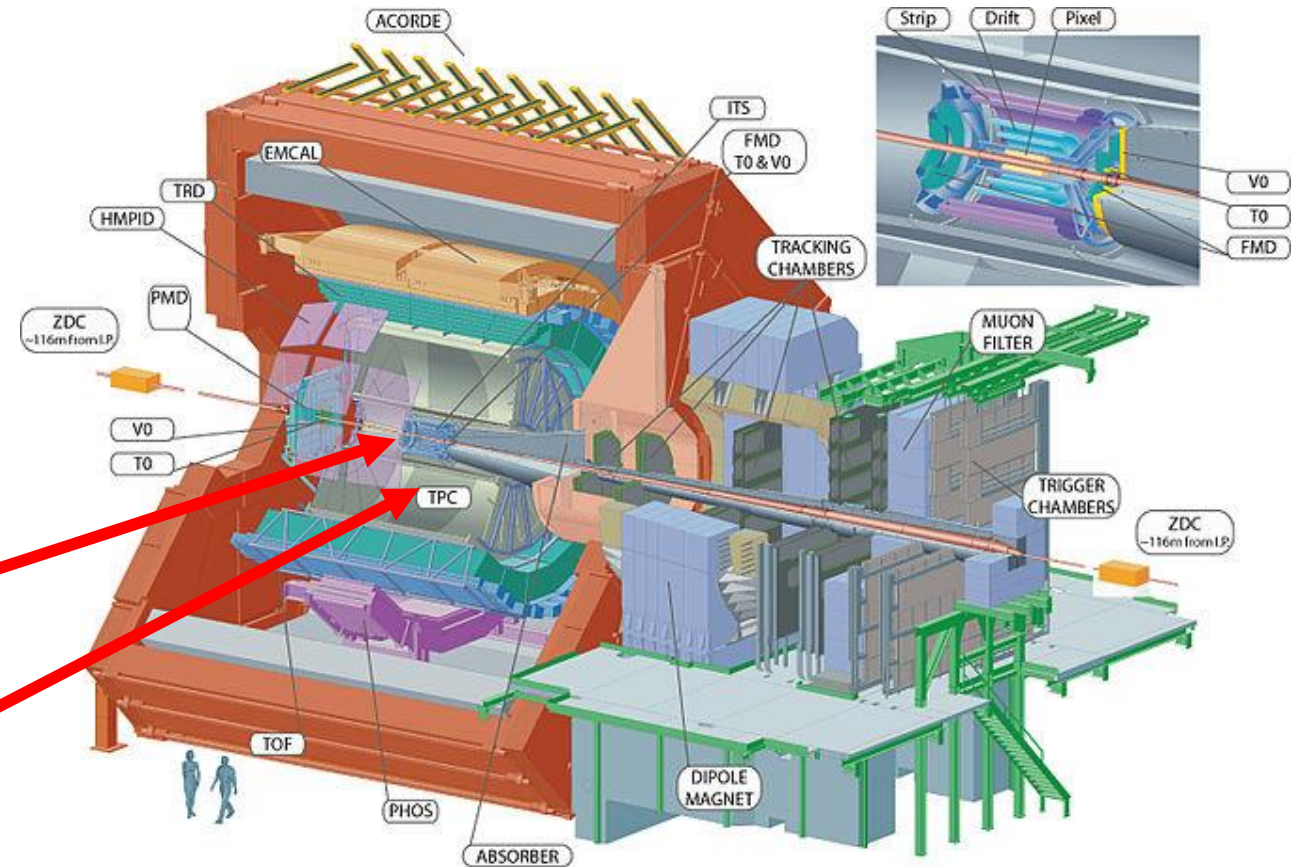


ALICE kísérlet

- Egyike az LHC fő detektorainak, nehézion (Pb-Pb) ütközésekre van optimalizálva, de kis rendszereket is vizsgál (pp, p-Pb)
- **Célja:** az Univerzum korai állapotának vizsgálata, kvark-gluon plazma (QGP) tanulmányozása

ALICE fő detektorai:

- **ITS:** nagy pontosságú szilícium alapú félvezető detektor, gyenge bomlások helyének azonosítása
- **TPC:** gáztöltésű detektor, töltött részecskék impulzusának mérése



Az ALICE a nagy multiplicitású eseményekben a részecskék azonosítását teszi lehetővé széles impulzustartományban.

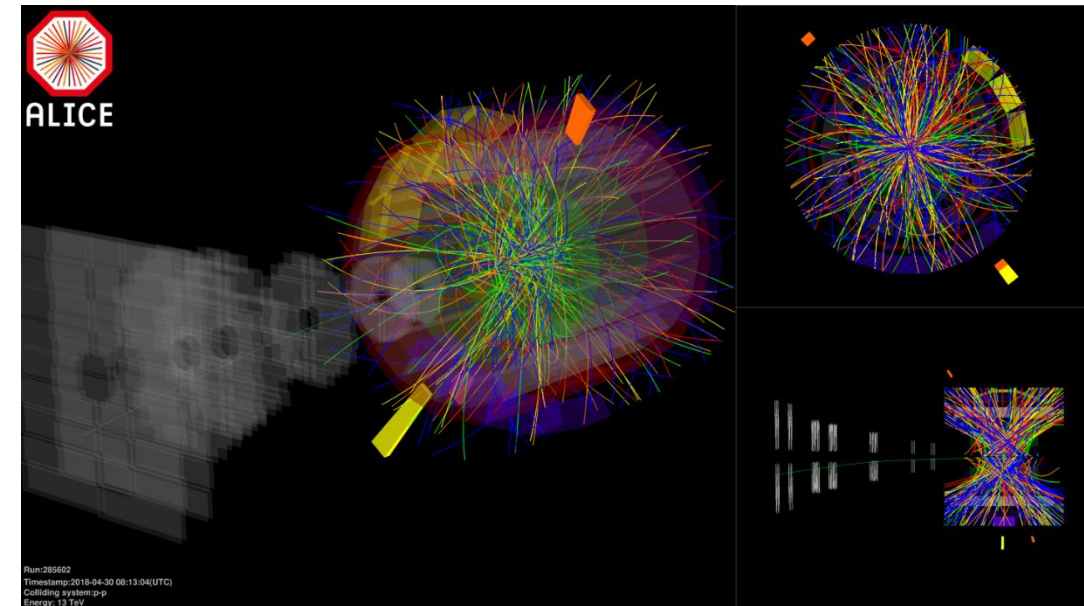
Motiváció

QGP tulajdonságai:

- Hőmérséklet: 250 ezerszer forróbb, mint a Nap
- Jetelnyomás: az ütközés során az eltérő irányba repülő jetek közül az egyiket elnyeli a QGP
- Kollektivitás: erősen csatolt közeg, a lágy részecskék kollektíven mozognak

Kis rendszerek közötti ütközések:

- Vizsgálata a nehézionfizikában használt módszereken alapul
- Kemény folyamat: nagy impulzuscserés a parton-parton ütközés
- Lágy folyamat: kis impulzusú részecskék keletkezése és kölcsönhatásaik



Rekonstruált pp ütközés az ALICE kísérletben

A kis rendszerek is nagy hasonlóságot mutatnak a nehézion ütközésekkel, így hasonló módszerekkel tanulmányozhatók.

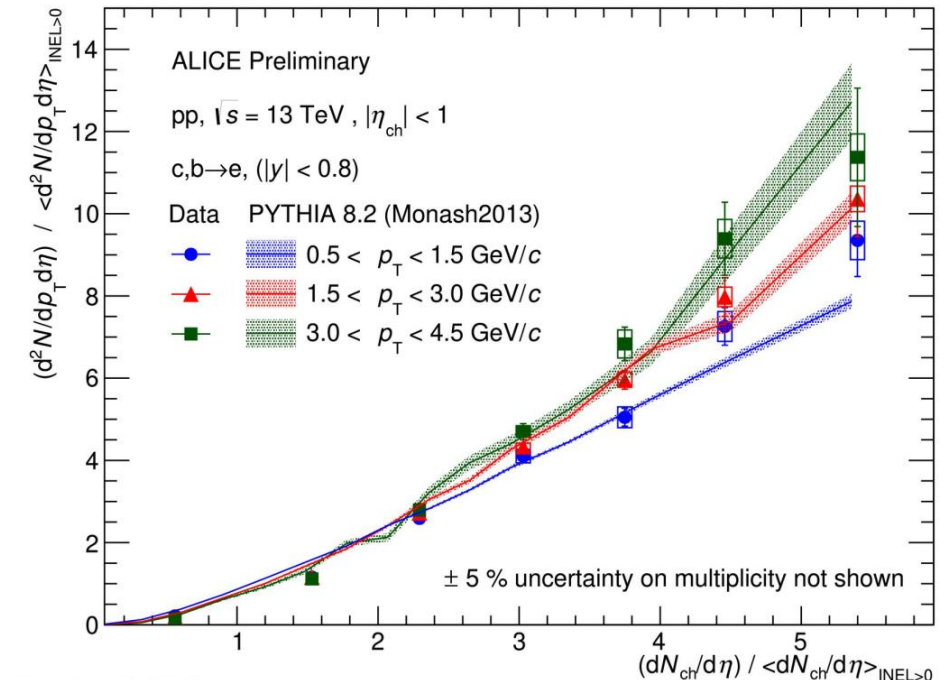
Nagy multiplicitású kis rendszerek (pp ütközések)

- A részecskék kollektív mozgása figyelhető meg
- Melynek valószínű oka a sokparton-kölcsönhatás (MPI)

Nehéz kvarkok:

- A kezdeti kemény folyamatban keletkeznek
- Hosszú az élettartamuk: a gyenge kölcsönhatáson keresztül bomlanak nehéz hadronokká ($c\tau \sim 100\text{-}400 \mu\text{m}$)
- A hozamuk nagymértékben növekszik a multiplicitással: a MPI-nek köszönhetően

Nehéz folyamatokban keletkező elektronok hozama



ALI-PREL-147550

Source: arXiv:2011.12686

A nehéz kvarkok segítségével tanulmányozhatjuk a kemény folyamatok és a háttéreseemény kapcsolatát nagy multiplicitású pp ütközésekben.

Definíciók

Sokparton-kölcsönhatás (MPI)

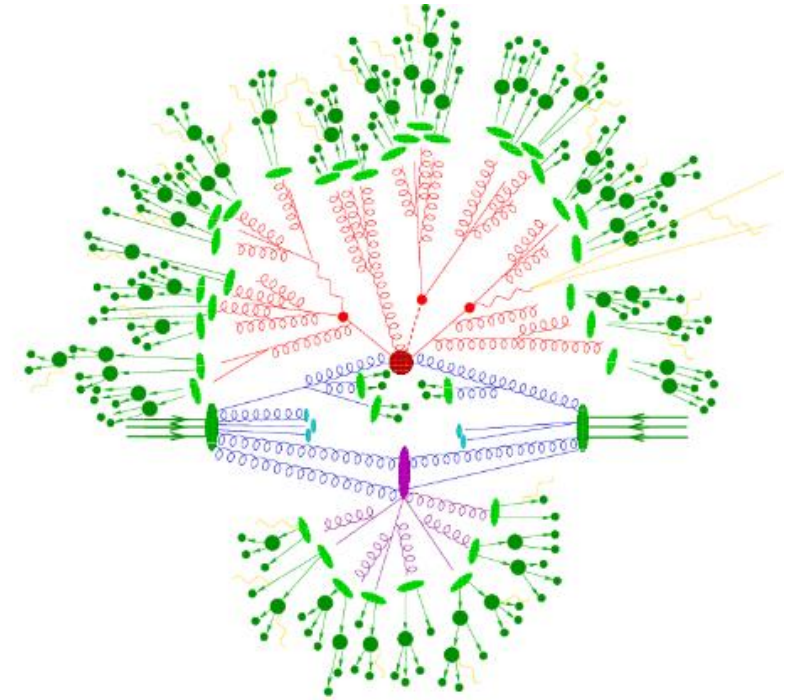
- Többlépcsős, félig lágy QCD folyamat, melyben sok parton vesz részt
- Növekszik az eseményaktivitással

Vezető folyamat

- A reakció azon része, ahol legnagyobb impulzuscsere van a partonok között

Háttéreseemény (UE)

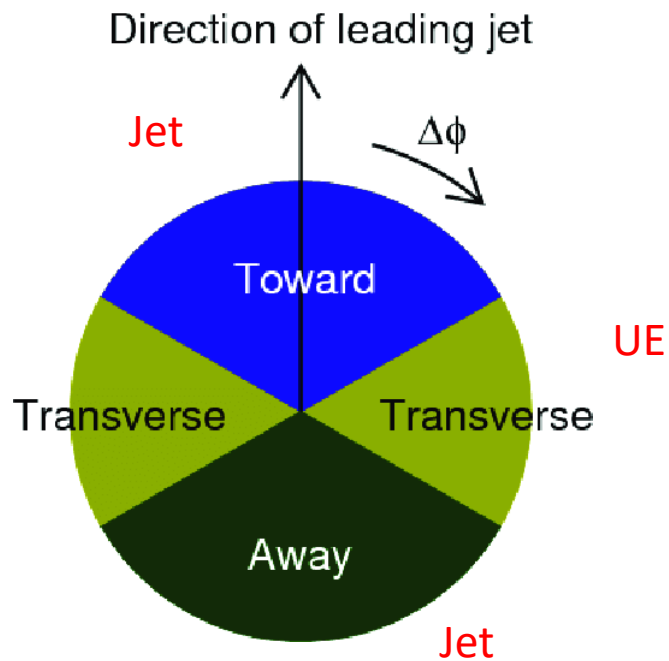
- Minden más: másodlagos kemény folyamatok, nyalábmaradványok, lágy részecskék az MPI-ből
- Általában függetlennek vélik a vezető folyamattól



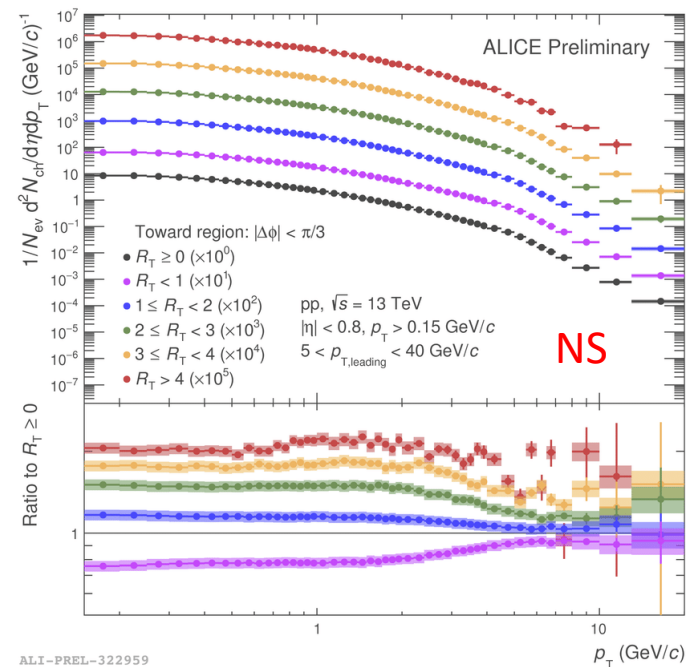
Nagy multiplicitású pp ütközés közben lejátszódó folyamatok.

Valóban független a háttéreseemény a vezető folyamattól? Lehet köztük kapcsolat a sokparton-kölcsönhatáson keresztül?

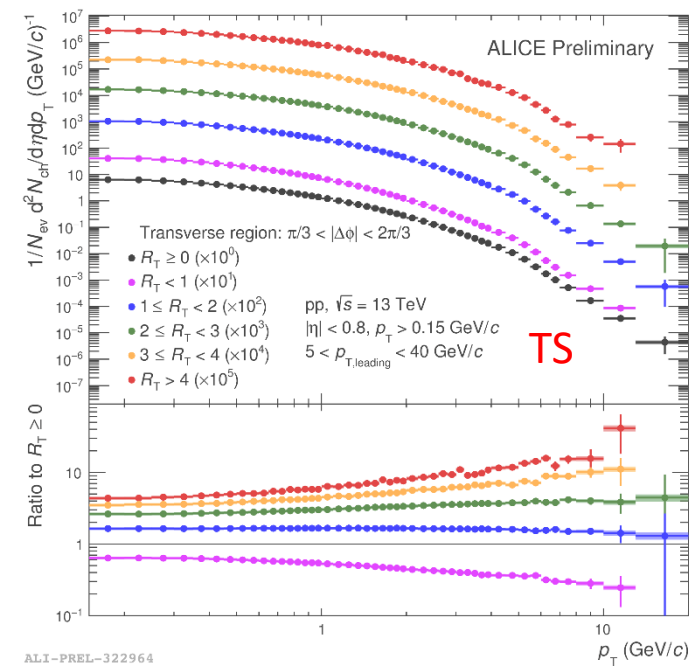
ALICE: töltött részecskék hozama pp ütközésekben



Kategorizálhatók az események az UE aktivitása alapján $\sim \text{MPI} : R_T = N_{\text{trans}} / \langle N_{\text{trans}} \rangle$



ALI-PREL-322959



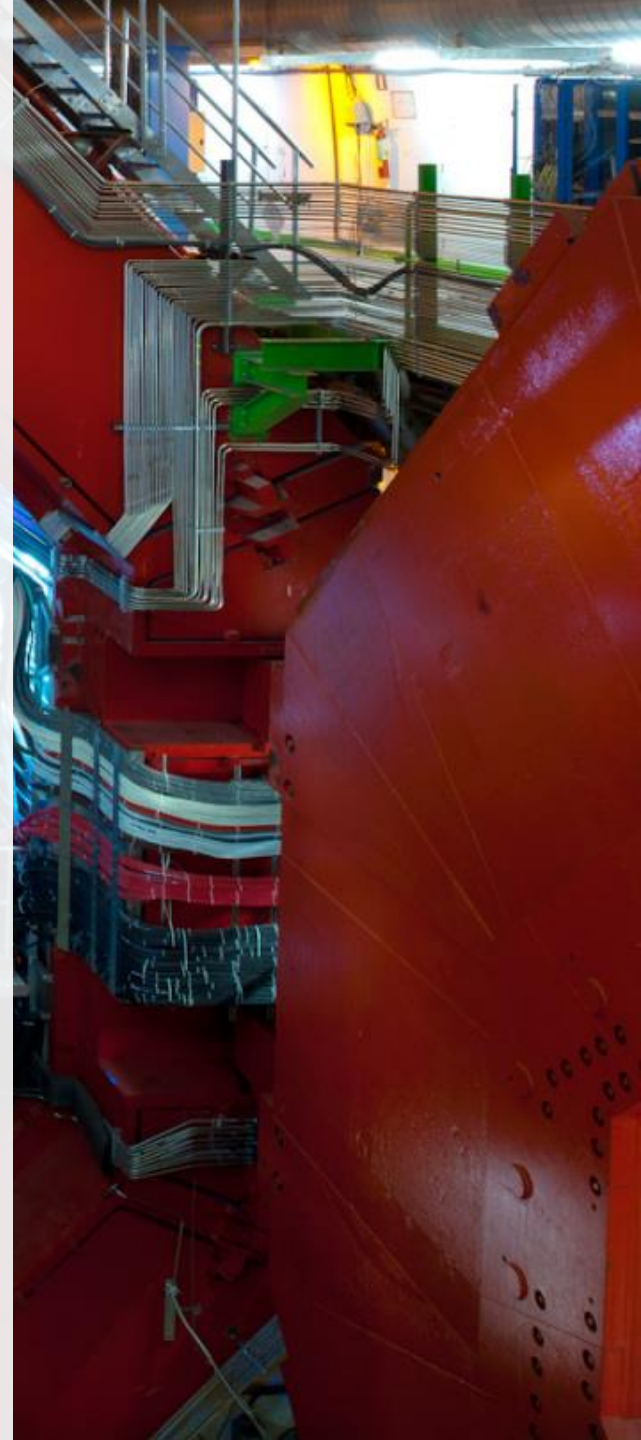
ALI-PREL-322964

Source: arXiv:1910.04457

A töltött részecskék hozama **nagyban függ a multiplicitástól**: kis p_T esetén az azonos oldalon (NS), nagy p_T esetén a transzverzális oldalon (TS).

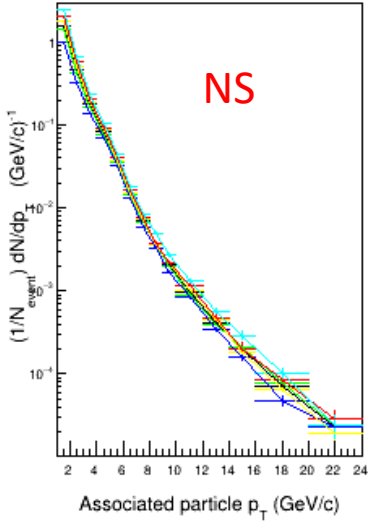
Az azonos oldalon a multiplicitás függés nagy p_T -n mutatja a kapcsolatot a vezető kemény folyamat és a háttéresemény között.

Saját eredmények

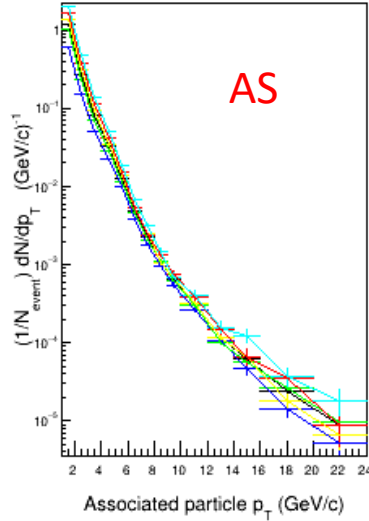


Töltött pionok hozama (hadron trigger)

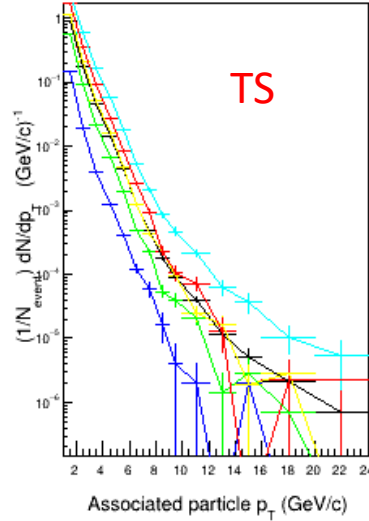
π^\pm yield NS (hadron trigger)



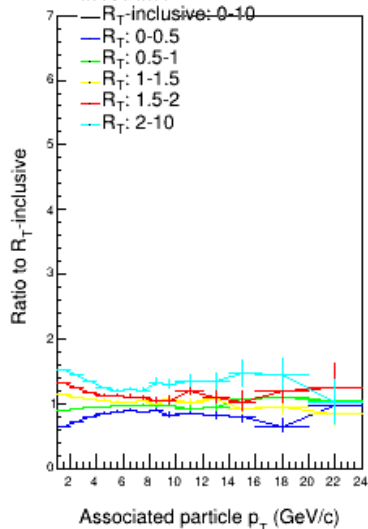
π^\pm yield AS (hadron trigger)



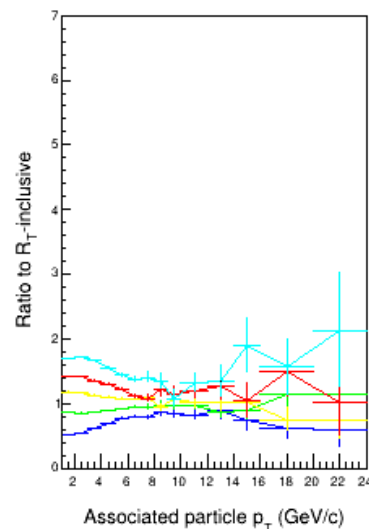
π^\pm yield TS (hadron trigger)



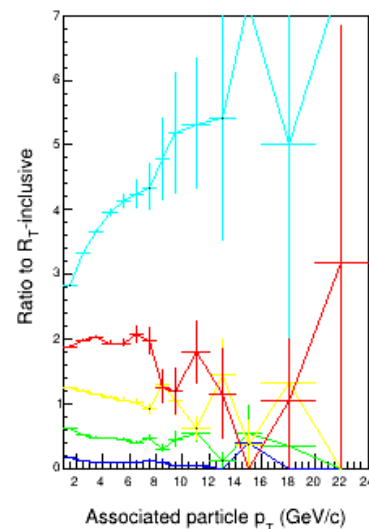
π^\pm yield NS, Ratio to R_T -inclusive associated π^\pm



π^\pm yield AS, Ratio to R_T -inclusive associated π^\pm



π^\pm yield TS, Ratio to R_T -inclusive associated π^\pm



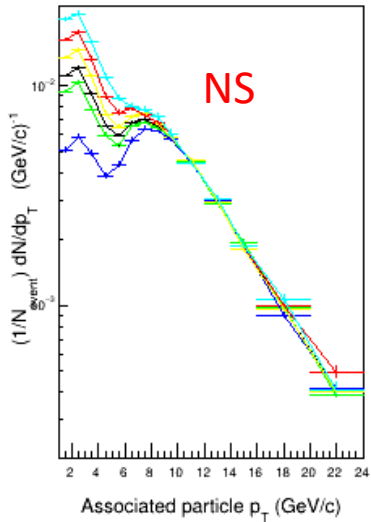
Szimulációs beállítások:

- Pythia 8 SoftQCD (Minimum Bias)
- pp ütközések $\sqrt{s} = 13$ TeV energiával,
- 100 millió esemény szimulációnként
- **Trigger részecske:** $\pi^{+-}, K^{+-}, p/pbar$,
 $|\eta| < 0.5, p_{T,trigger} > 5$ GeV/c
- **Asszociált részecskék:** $|\eta| > 0.8, p_T > 0.5$ GeV/c

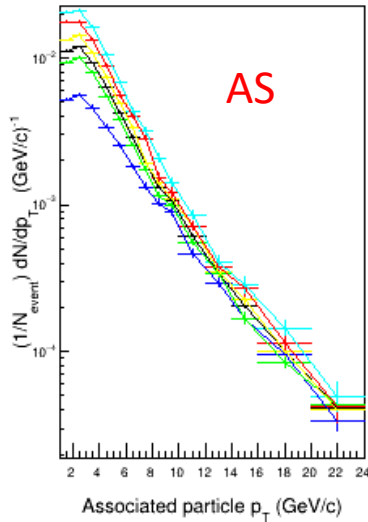
Az ALICE eredményeit kvalitatívan reprodukáltam.

D-mezonok hozama (hadron trigger)

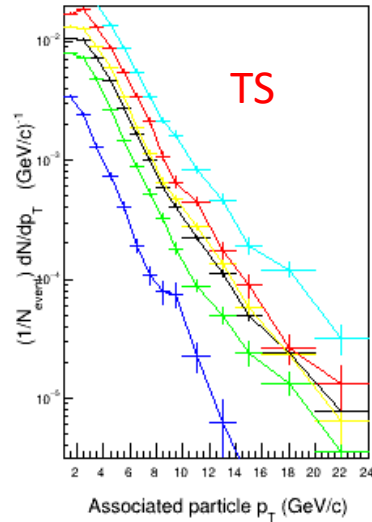
D yield NS (hadron trigger)



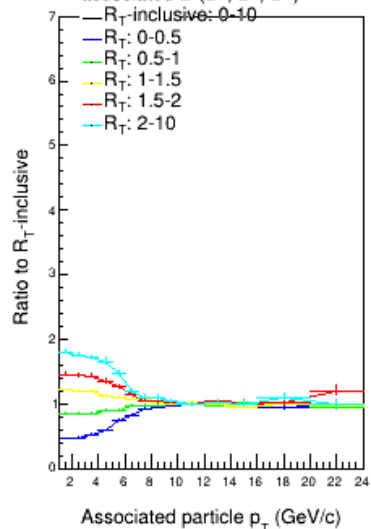
D yield AS (hadron trigger)



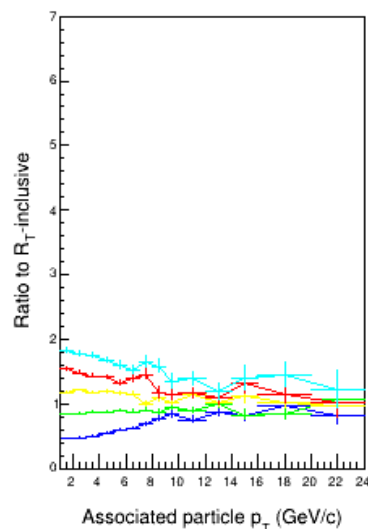
D yield TS (hadron trigger)



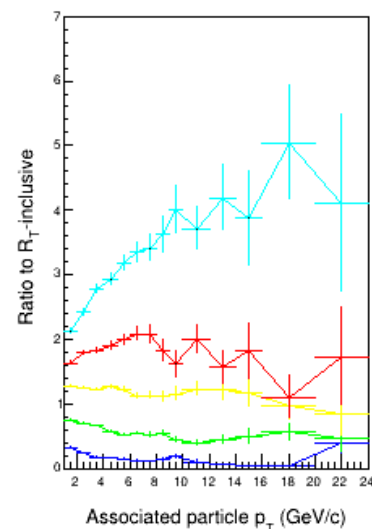
D yield NS, Ratio to R_T -inclusive associated D (D^+ , D^0 , D^+)
 R_T -inclusive: 0-10
 R_T : 0-0.5
 R_T : 0.5-1
 R_T : 1-1.5
 R_T : 1.5-2
 R_T : 2-10



D yield AS, Ratio to R_T -inclusive



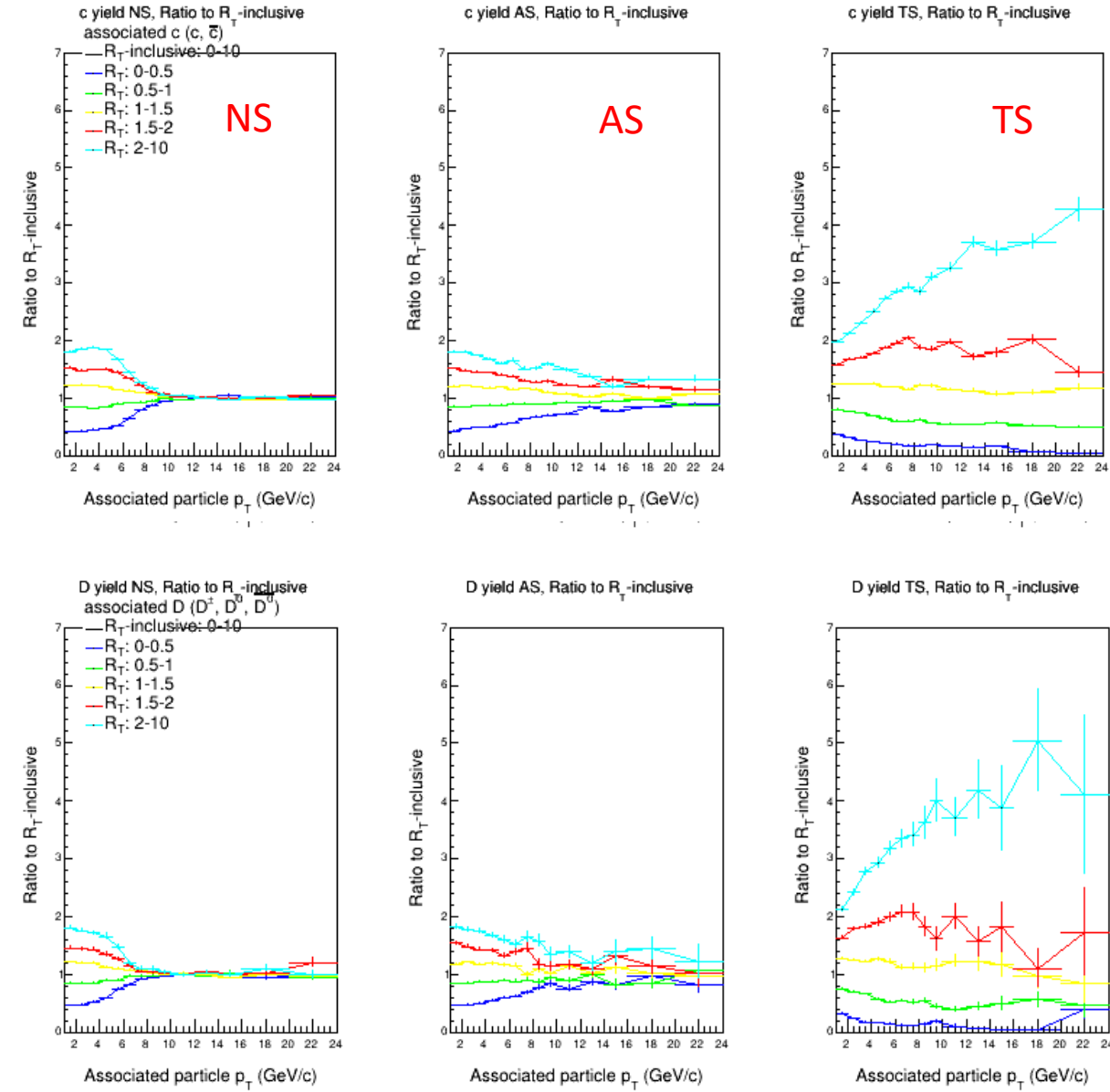
D yield TS, Ratio to R_T -inclusive



- A c hadronizációja során D^{+-}, D^0, D^{0bar} keletkezik
- A D-mezonok hozama nagy p_T esetén **független az eseményaktivitástól**
- Az alacsony p_T tartományban a D-mezonok a háttéreseeményből származnak, mert megköveteltem, hogy a $p_{T,trigger} > 5 \text{ GeV/c}$

A D-mezonok keletkezése a vezető folyamatban független a háttéreseemény aktivitástól nagy p_T -n.

Charm részecskék hozama (hadron-trigger)

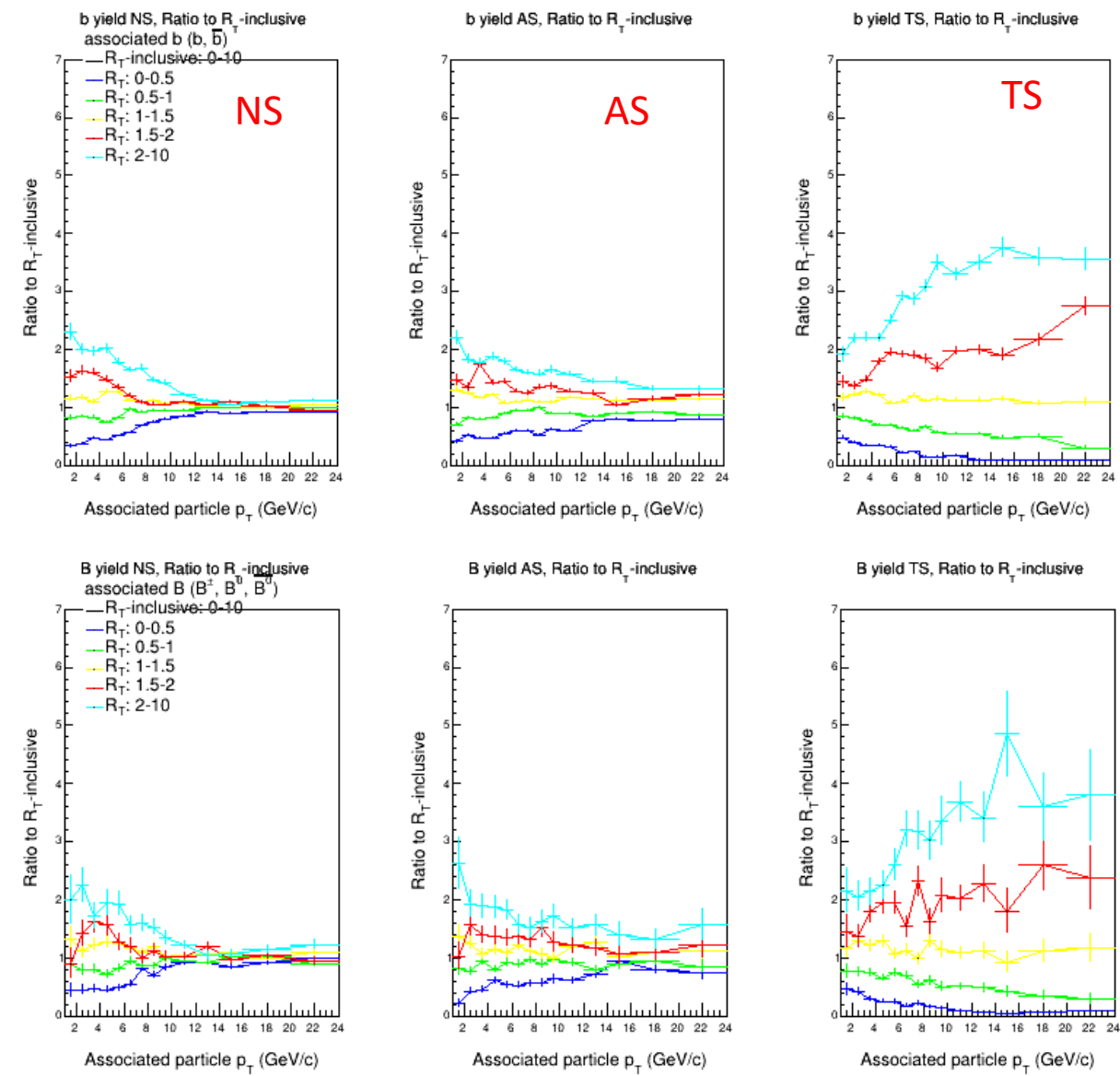


	Átlag (NS)	Szórás (NS)
c-kvark	9.086	5.94
D-mezon	7.173	4.485

- A c kvarkok hadronizációja során főként D-mezonok keletkeznek
- A c kvark és D-mezon eloszlása közötti különbség 20-25%

A számolásaim alapján ha a charm részecskék hozamát vizsgáljuk, akkor nem hanyagolhatjuk el a köztük lévő különbséget.

Beauty részecskék hozama (hadron-trigger)



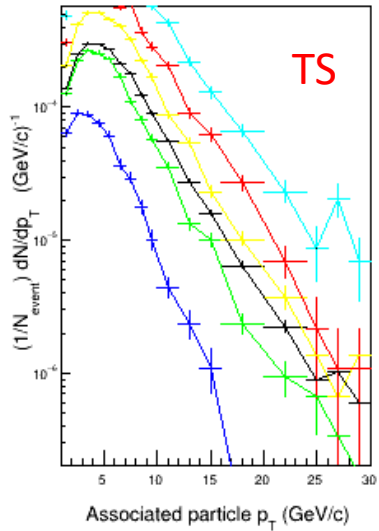
	Átlag (NS)	Szórás (NS)
b-kvark	13.00	5.457
B-mezon	12.55	5.318

- A b kvarkok hadronizációja során főként B-mezonok keletkeznek
- Az eloszlásuk közötti különbség 2-4%

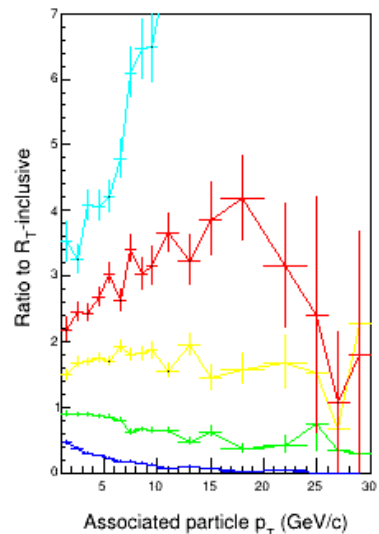
A beauty részecskék közötti különbség elhanyagolható, így a B-mezonok jól reprezentálják a b kvarkokat.

Beauty kvarkok hozama (inkluzív trigger)

b yield TS (parton trigger)



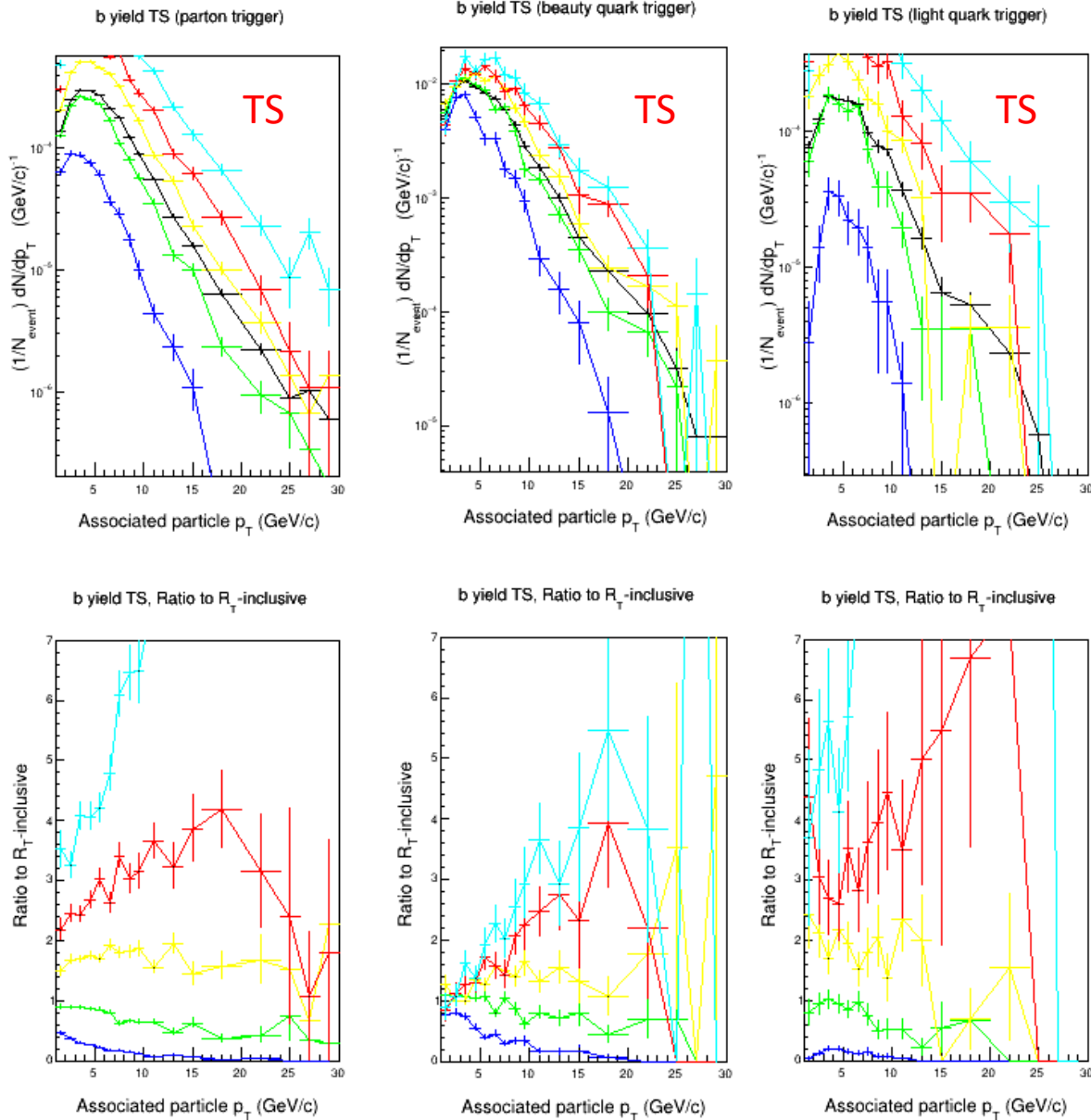
b yield TS, Ratio to R_T -inclusive



- **Jet-rekonstrukciót** alkalmazva: pontosabb szög és impulzus mérés lehetséges a vezető hadronoknál
- Megkülönböztethetők a különböző jet-típusok
- A transzverzális oldalon (TS) a nehéz kvarkok keletkezése mutatja a kapcsolatot a különböző kemény folyamatok között.

A jet-trigger módszer alkalmas a másodlagos kemény folyamatok tanulmányozására, mint pl. a gluon-splitting.

Beauty kvarkok hozama (p,q trigger vs b trigger vs u,d,s trigger)



A beauty jet-triggerrel tanulmányozhatók a másodlagos kemény folyamatból származó b kvarkok a TS-on:

- Ha az egy független, lágyabb $b\bar{b}$ pár
- Ha része egy vezető $b\bar{b}$ folyamatnak egy magasabb rendű 3-jet eseményben

A könnyűkvark jet segítségével tanulmányozhatók a magasabb rendű $b\bar{b}$ folyamatok, mint pl. a gluon-splitting.

Az azonosított teljes-jet triggerekkel izolálhatjuk a lágy $b\bar{b}$ folyamatokat (pl. Gluon-splitting)

Összefoglaló és kitekintés

- A nehéz kvarkok hozama független a háttéreseeménytől nagy p_T esetén
- A rekonstruált B-mezonok tanulmányozásával a b kvarkokról is jó becsléseket tehetünk
- Az azonosított kvark-jet triggererek segítségével a magasabb rendű nehéz folyamatok vizsgálhatók az MPI-n keresztül.

További tervek:

- Az ALICE Run-3 periódusában keletkező adatok elemzése, melyekben már elegendő b kvark keletkezik a pontos vizsgálatokhoz.



Köszönöm a figyelmet!

A kutatást a NKFIH/OTKA FK131979 és K135515 támogatta.

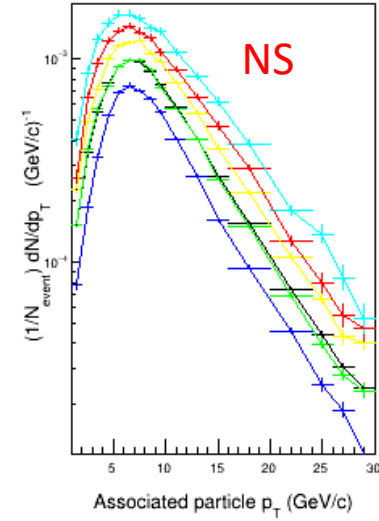


Backup

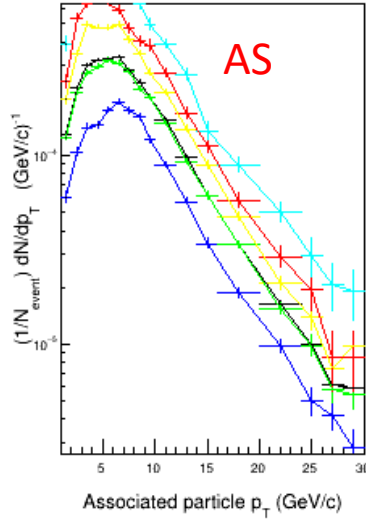


Inclusive trigger

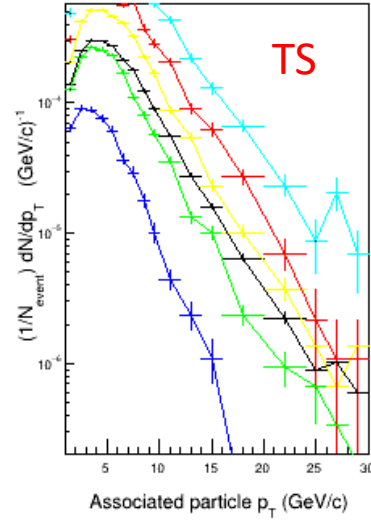
b yield NS (parton trigger)



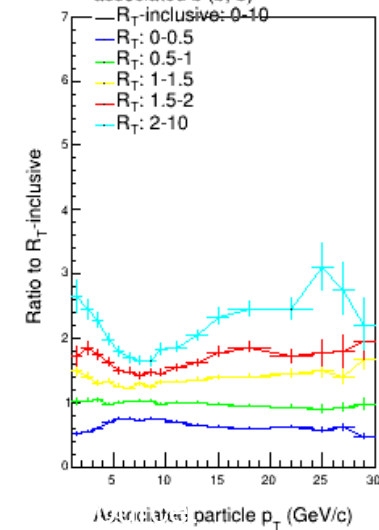
b yield AS (parton trigger)



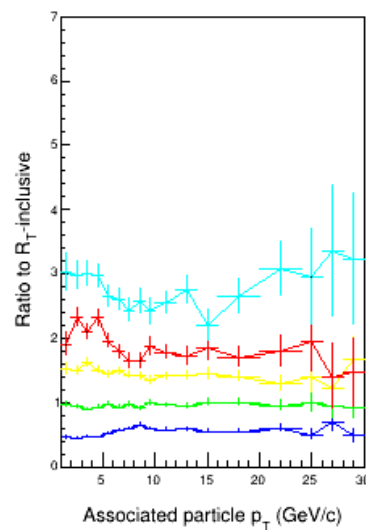
b yield TS (parton trigger)



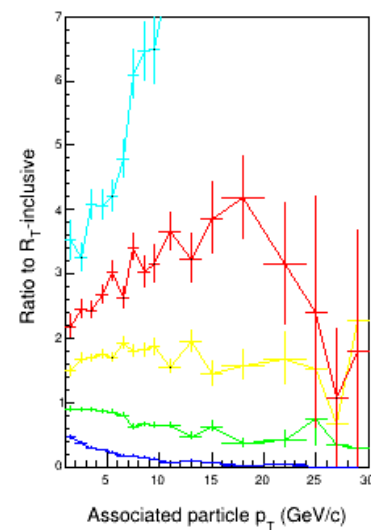
b yield NS, Ratio to R_T -inclusive associated b (\bar{b})



b yield AS, Ratio to R_T -inclusive

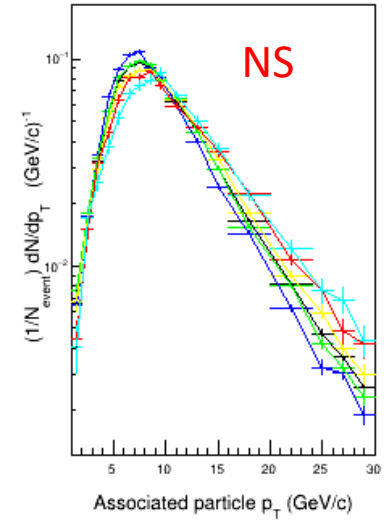


b yield TS, Ratio to R_T -inclusive

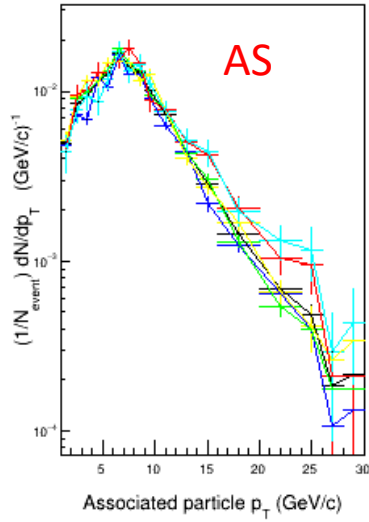


Beauty-quark trigger

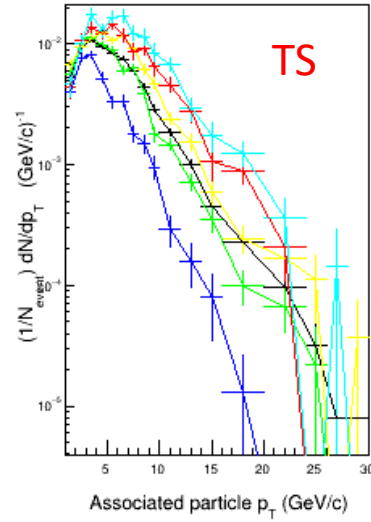
b yield NS (beauty quark trigger)



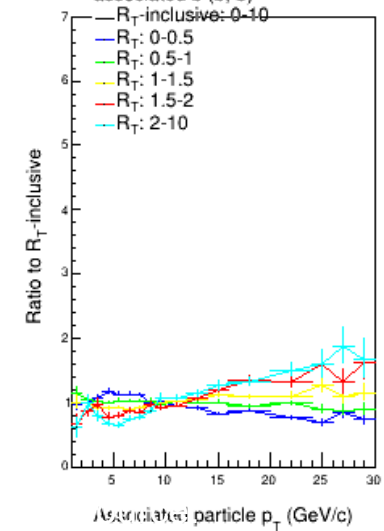
b yield AS (beauty quark trigger)



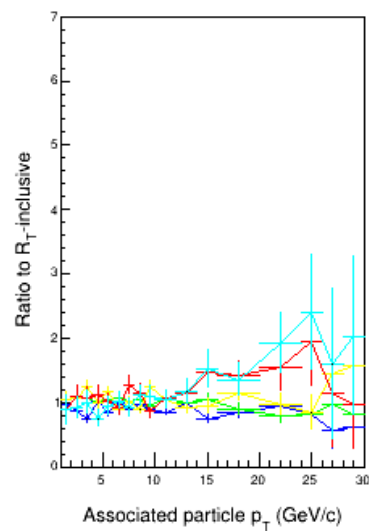
b yield TS (beauty quark trigger)



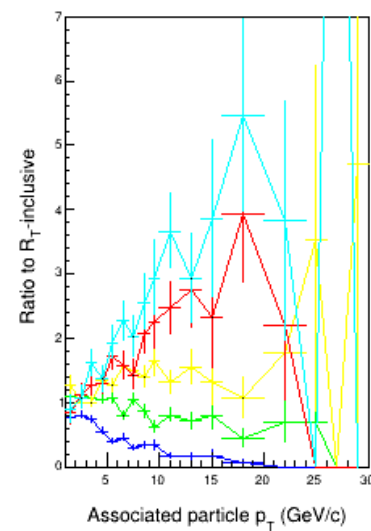
b yield NS, Ratio to R_T -inclusive associated b (\bar{b})



b yield AS, Ratio to R_T -inclusive

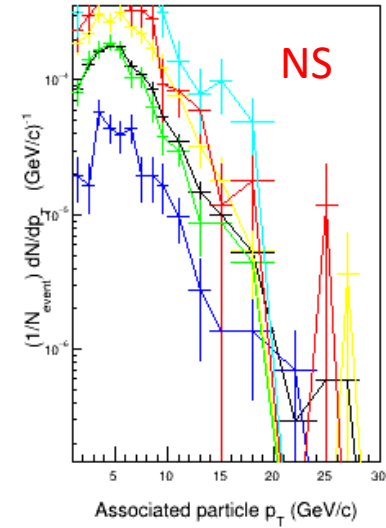


b yield TS, Ratio to R_T -inclusive

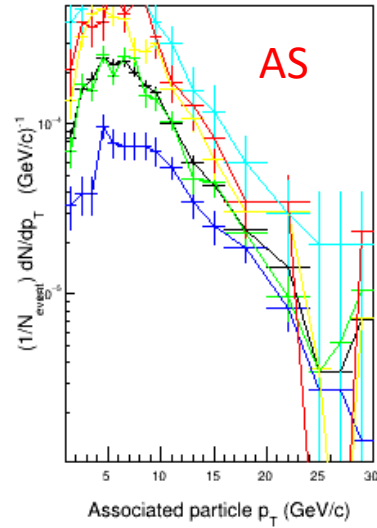


Lightquark trigger

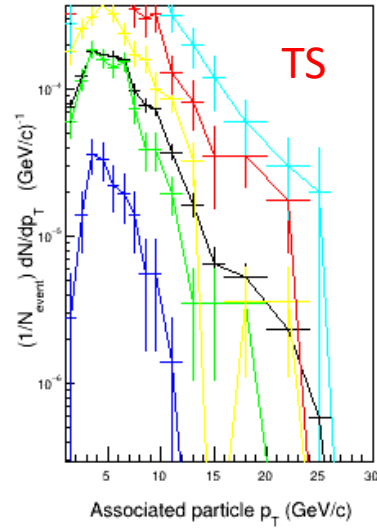
b yield NS (light quark trigger)



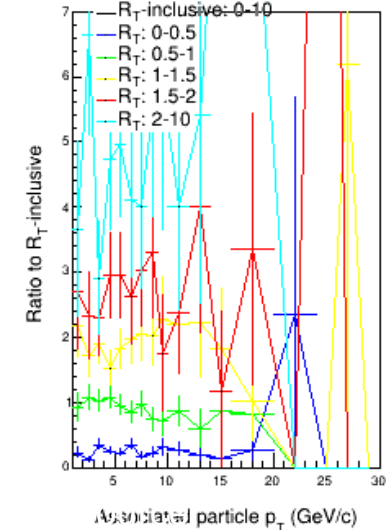
b yield AS (light quark trigger)



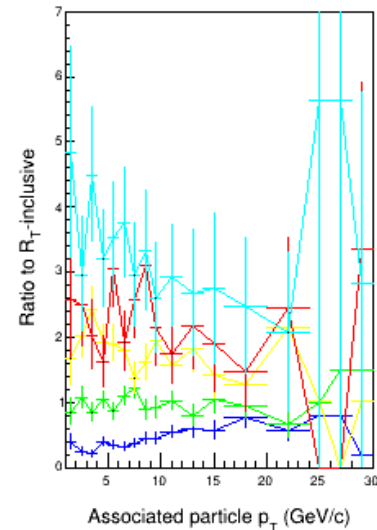
b yield TS (light quark trigger)



b yield NS, Ratio to R_T -inclusive associated b (b, \bar{b})



b yield AS, Ratio to R_T -inclusive associated b (b, \bar{b})



b yield TS, Ratio to R_T -inclusive associated b (b, \bar{b})

