Studium proton-protonových srážek na RHIC

…referát o diplomové práci

Jan Kapitán
vedoucí diplomové práce: Michal Šumbera, CSc.

Ústav částicové a jaderné fyziky
MFF UK, Praha

26.4.2006 / MFF

Obsah

Popis experimentu

Motivace

Selekce dat

Simulace a efektivita TPC

Geometrie PP srážek

Závěr

Obsah

Popis experimentu

Motivace

Selekce dat

Simulace a efektivita TPC

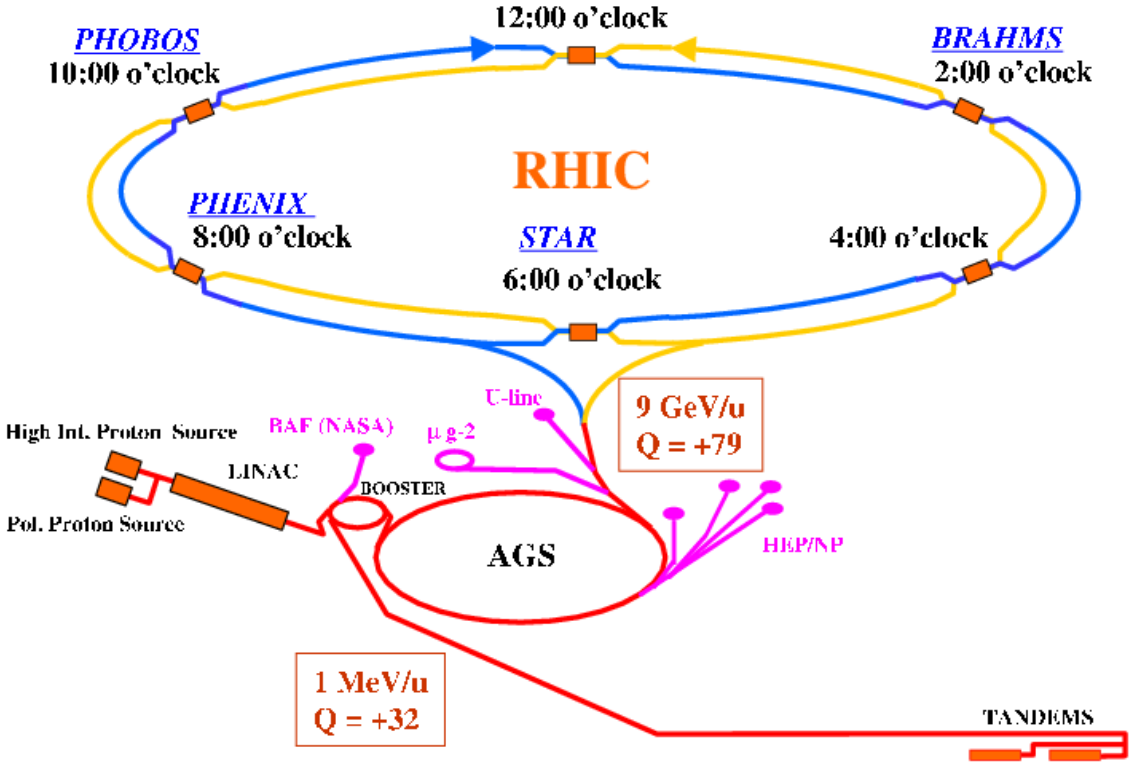
Geometrie PP srážek

Závěr

The collider/accelerator

Relativistic Heavy Ion Collider

- BNL, NY, USA
- obvod 3.8 km, maximální energie svazku
  100 GeV na nukleon - těž.ionty,
  250 GeV - protony
- experimenty: STAR, PHENIX, PHOBOS, BRAHMS
- spuštěn v roce 2000



RHIC complex, BNL

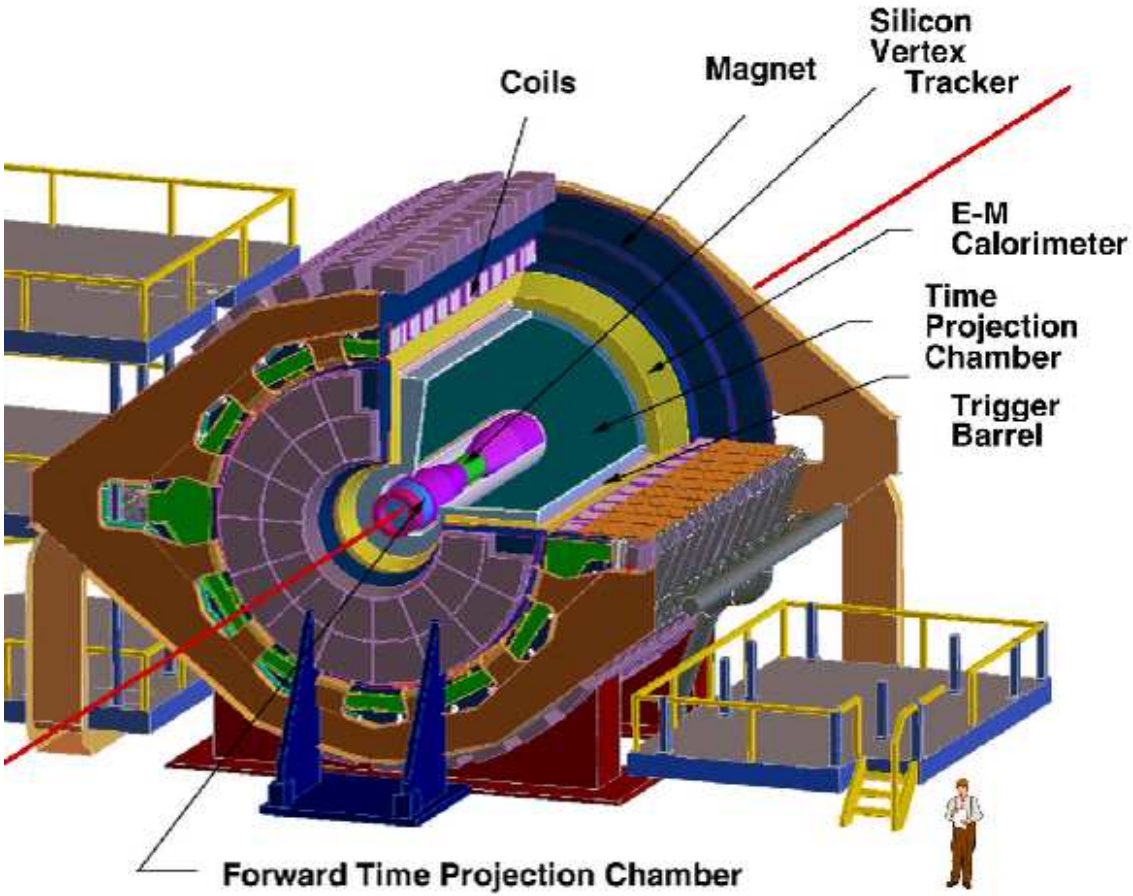
Fyzika na RHIC

- srážky těžkých iontů (AuAu, CuCu, dAu)
- srážky proton-proton na stejných energiích, pro porovnání s těžkými ionty
- srážky polarizovných protonů pro spinovou fyziku
- právě běží run 7, nabíráme polarizované protony (transverzální polarizace 60%) při $\sqrt{s} = 200\ \mathrm{GeV}$

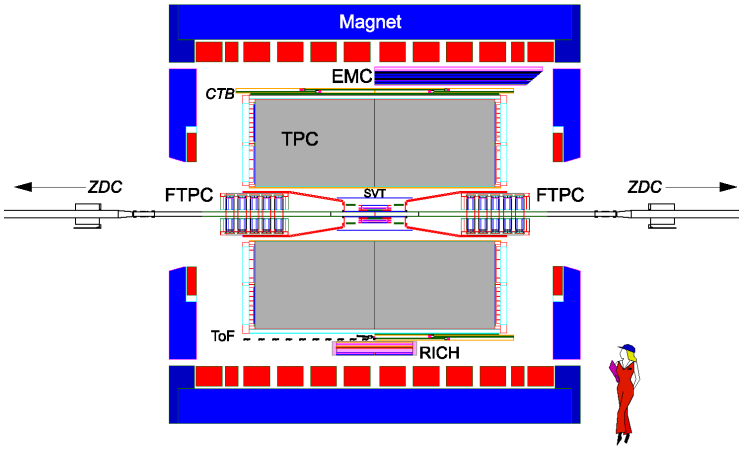
STAR detector

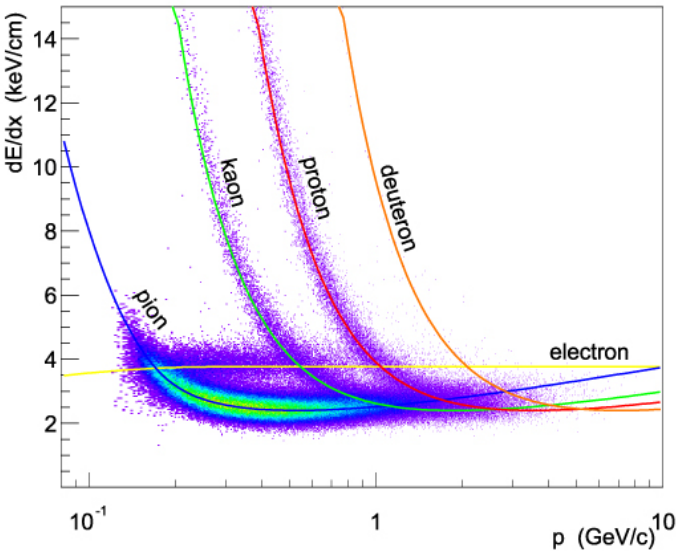
Solenoidal Tracker At Rhic

- dráhové detektory:
  TPC, FTPC, SVT, SSD
- elmg. kalorimetry:
  BEMC,EEMC,FPD
- další trigger detektory:
  ZDC,CTB,BBC
- magnetické pole:
  0.5 T, solenoid



Time Projection Chamber - hlavní dráhový detektor





- délka 4 m, průměr 4 m
  měříme nabité částice v akceptanci
  $|\eta| < 1.4$
  azimutálně 2 π
- ideální detektor pro studium mnohočásticových korelací
- longitudinální drift - doba 40 $\mu\mathrm{s}$
  rozlišení polohy hitu: $\sigma = 0.5 - 3\ \mathrm{mm}$
- identifikace částic na základě dE/dx

Obsah

Popis experimentu

Motivace

Selekce dat

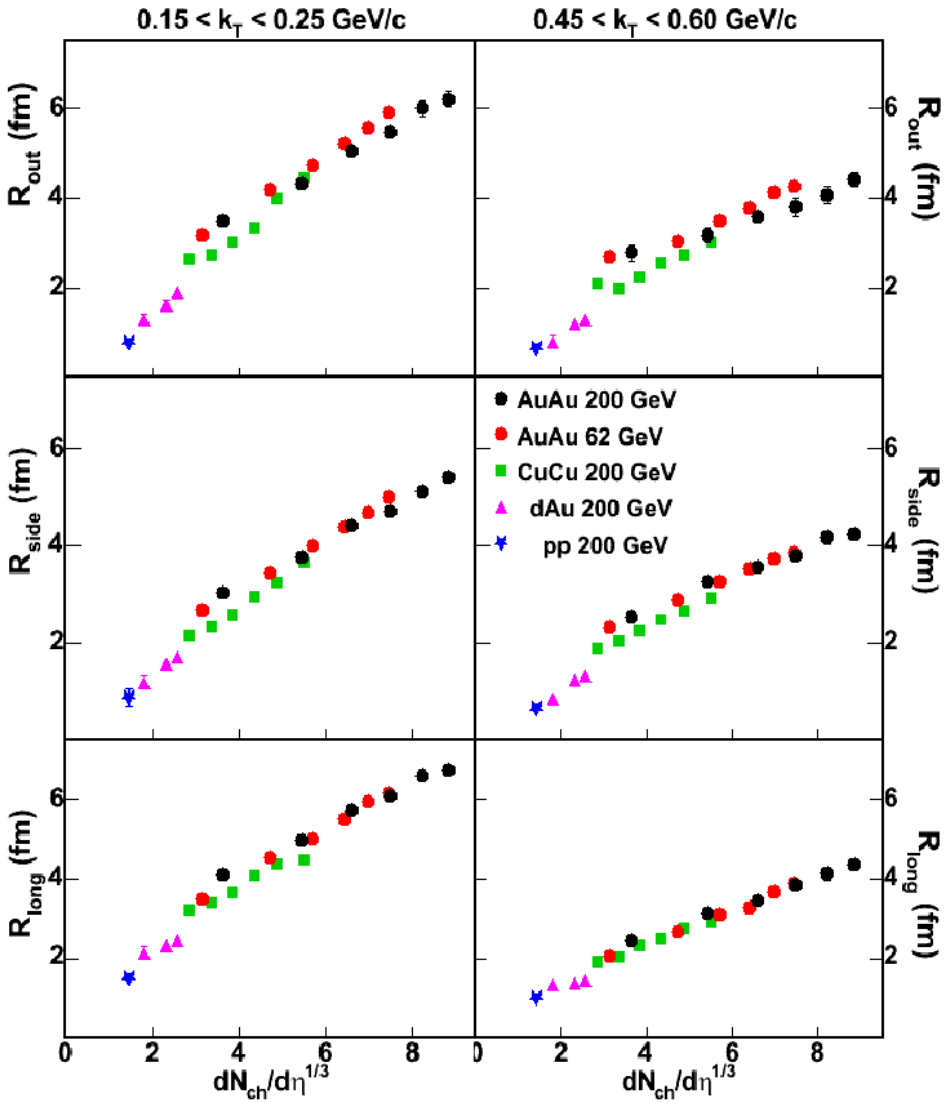
Simulace a efektivita TPC

Geometrie PP srážek

Závěr

Měření velikosti těžkoiontových srážek

- pomocí korelační analýzy (HBT) umíme měřit velikost emisní oblasti ve srážkách těžkých iontů (např. AuAu, CuCu, PbPb)
- můžeme studovat závislost na energii, impact parametru, typu projektilu, atd. ale existuje “universal scaling”(?): **velikosti závisí na multiplicitě emitovaných nabitých částic ($dN_{ch}/d\eta$)**



...a pp srážek

- **bude v pp závislost na multiplicitě stejná jako u těžkých iontů?**
- budu tedy studovat geometrii pp srážek pomocí korelací
  existují “centrální” pp srážky?
  byly by to soft eventy s velkou multiplicitou

Obsah

Popis experimentu

Motivace

Selekce dat

Simulace a efektivita TPC

Geometrie PP srážek

Závěr

Použitá data

- proton-proton při $\sqrt{s} = 200\ \mathrm{GeV}$
- data z runu 2 (rok 2001-2002)
- **16 milionu eventů**
- minimum bias trigger

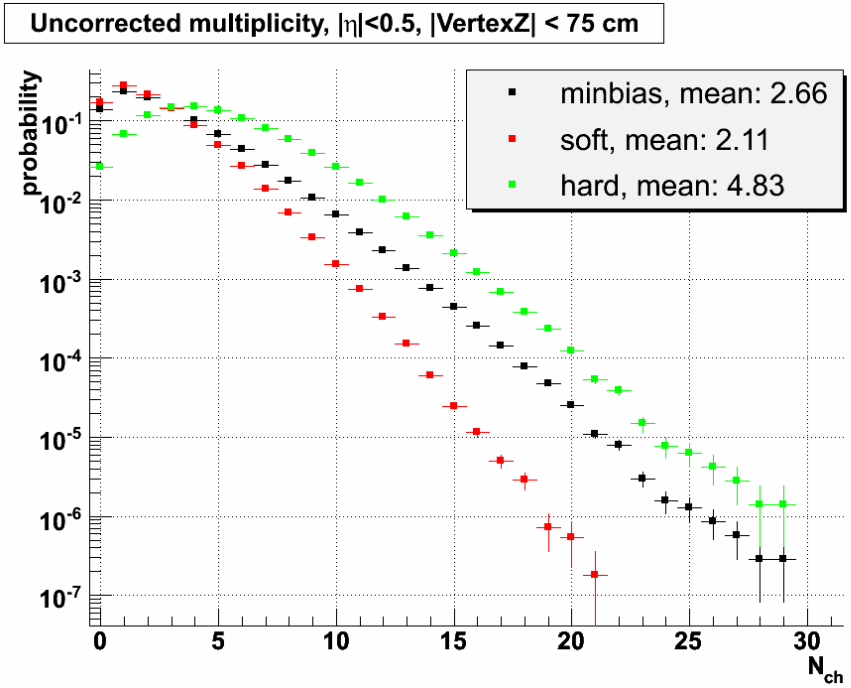
Hard & soft events

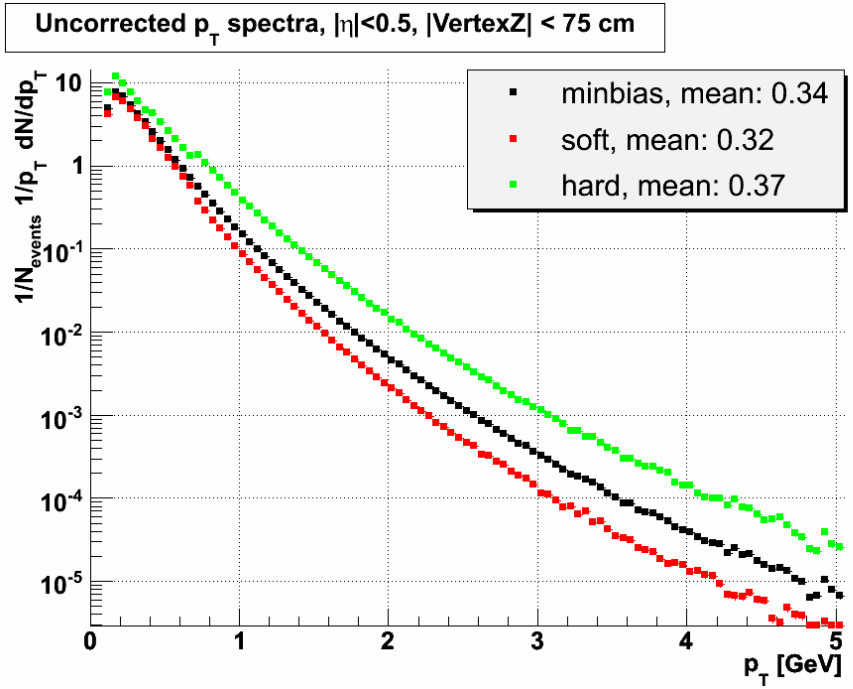
- v hard eventu došlo k hard QCD procesu, jehož výsledkem jsou jety - shluky sekundárních částic s vysokou E_{T}
- na hledání "jetů" používám kónový algoritmus:
  hledám clustery tracků s vysokým p_{T}[1]:
  1 track s $p_{\mathrm{T}} > 0.7\ \mathrm{GeV}$ a další track s $p_{\mathrm{T}} > 0.4\ \mathrm{GeV}$ v kuželu o poloměru $(\Delta\eta^2 + \Delta\phi^2)^{1/2} < 0.7$
- hard event obsahuje alespoň 1 cluster ("jet") ($E_{\mathrm{T}} > 1.1\ \mathrm{GeV}$)
  hard eventů je v minbias vzorku 20%

[1] CDF collaboration: Soft and hard interactions in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1800$ and 630 GeV, Physical Review D **65**, 07 (2005)

Spektra

Porovnání multiplicitních a p_T spekter, bez oprav na detektorové efekty:





Obsah

Popis experimentu

Motivace

Selekce dat

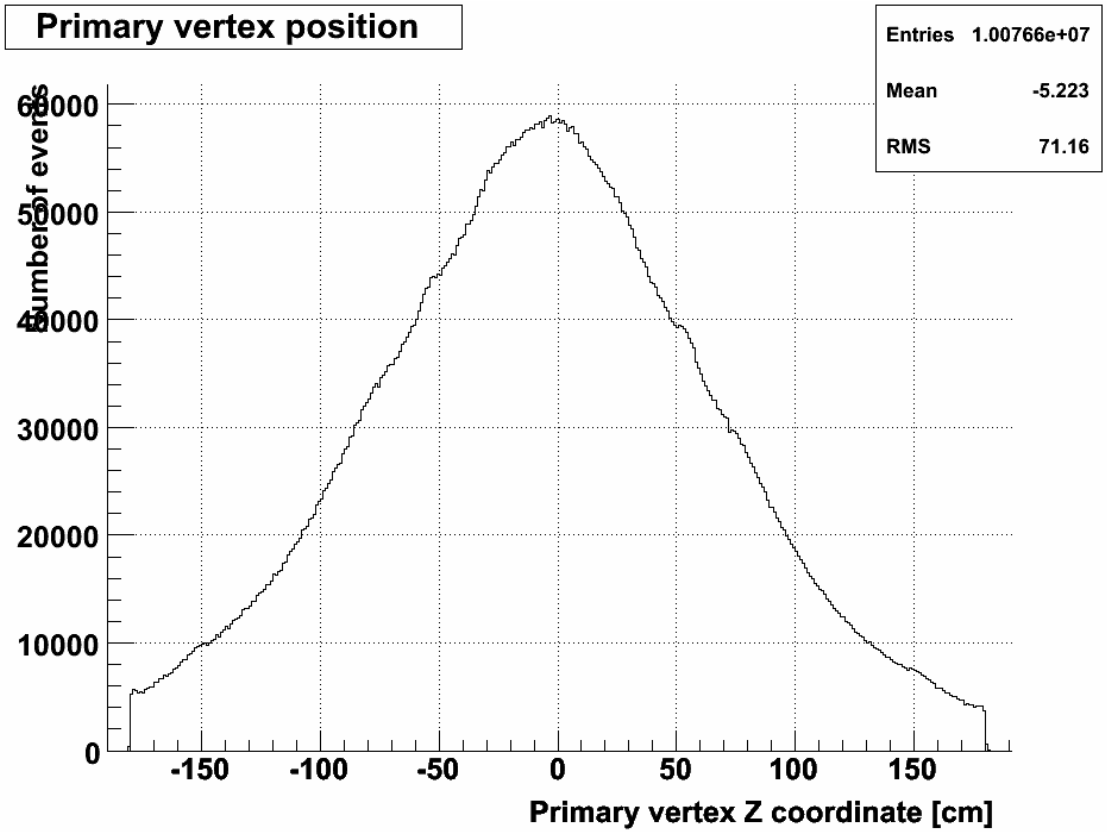
Simulace a efektivita TPC

Geometrie PP srážek

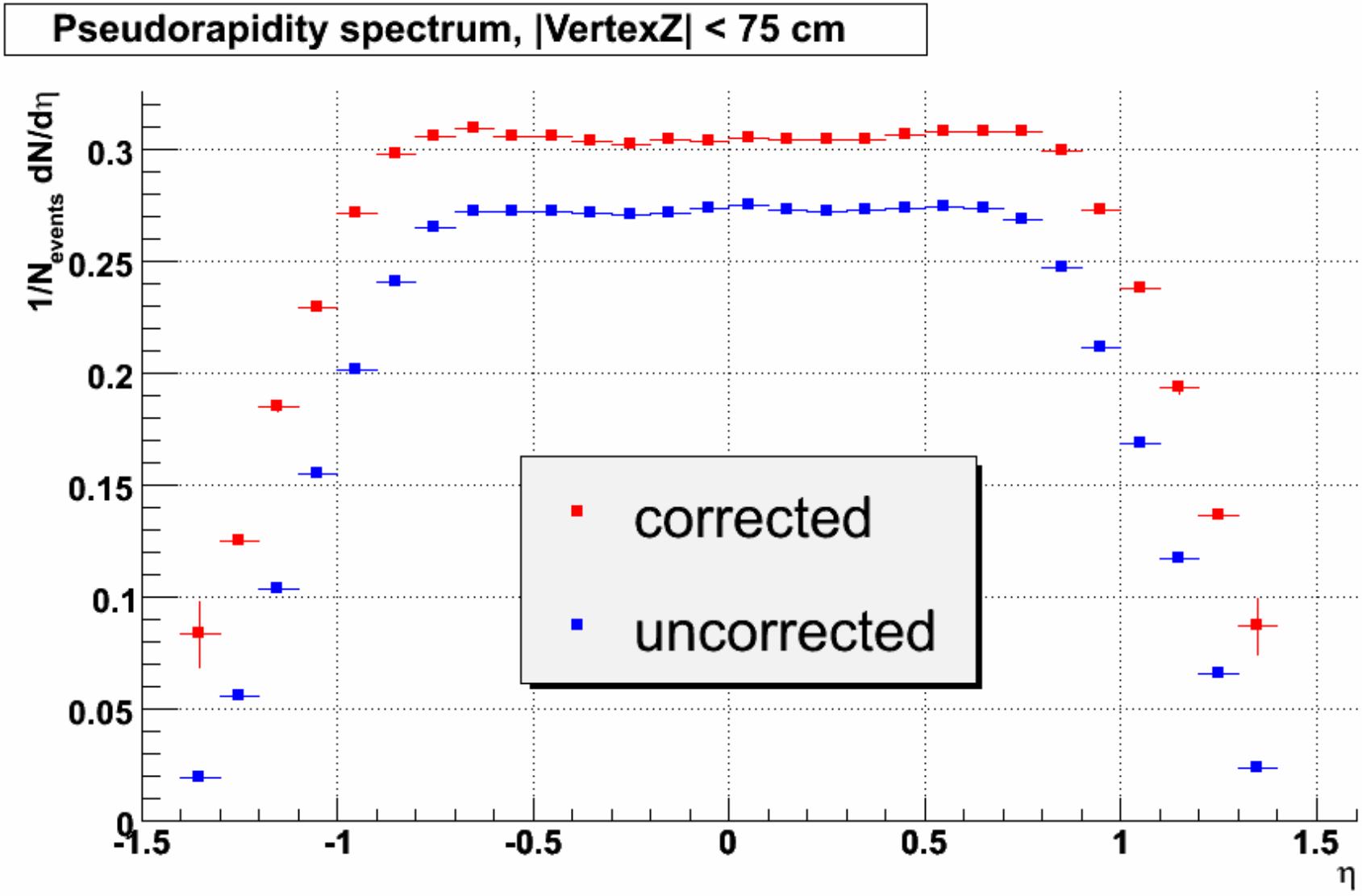
Závěr

HIJING simulation

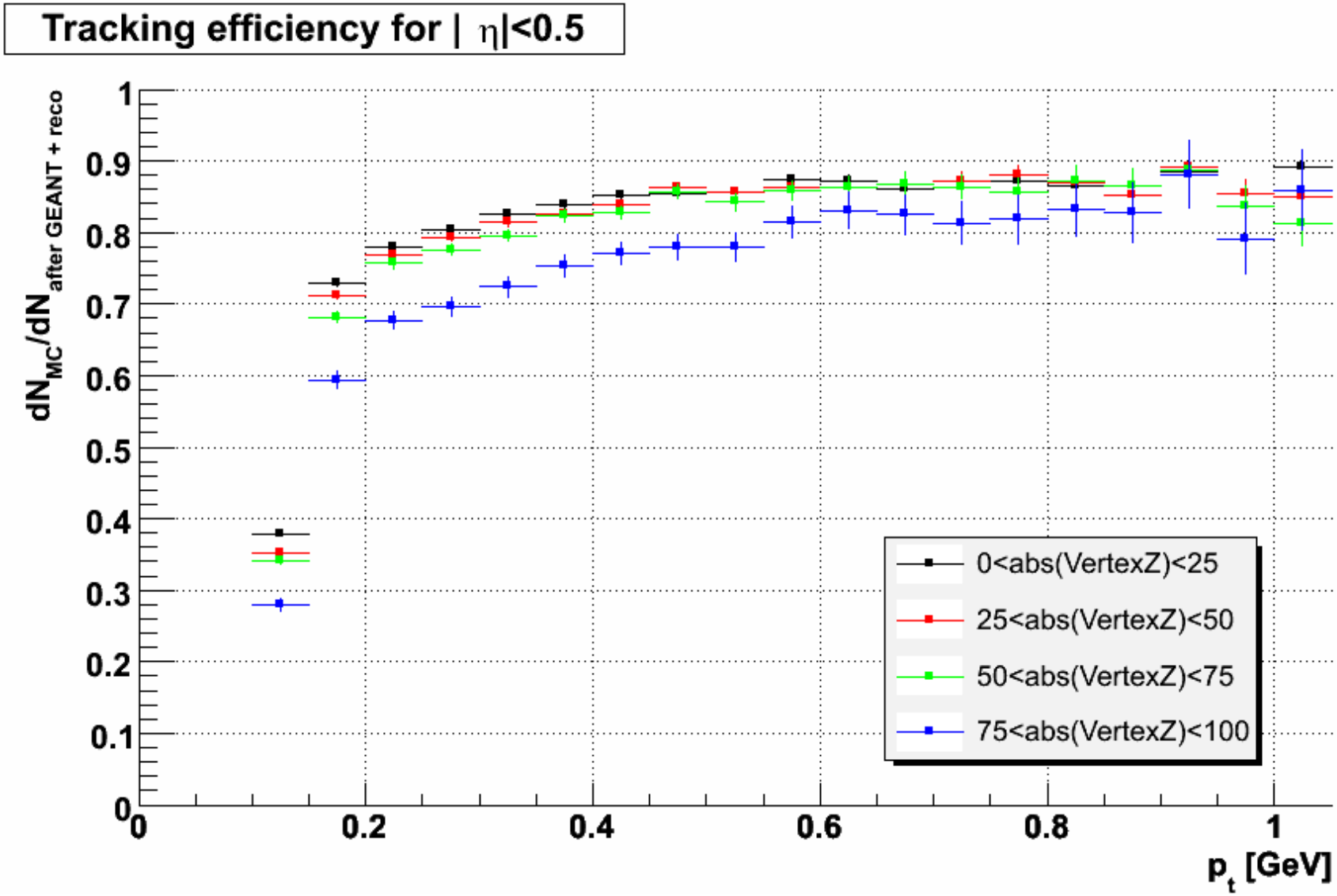
- použil jsem HIJING embedding, zerobias eventy z runu 2
- jednočásticová efektivita závisí na p_{T} a na poloze primárního vertexu & pseudorapiditě



pseudorapiditní spektra



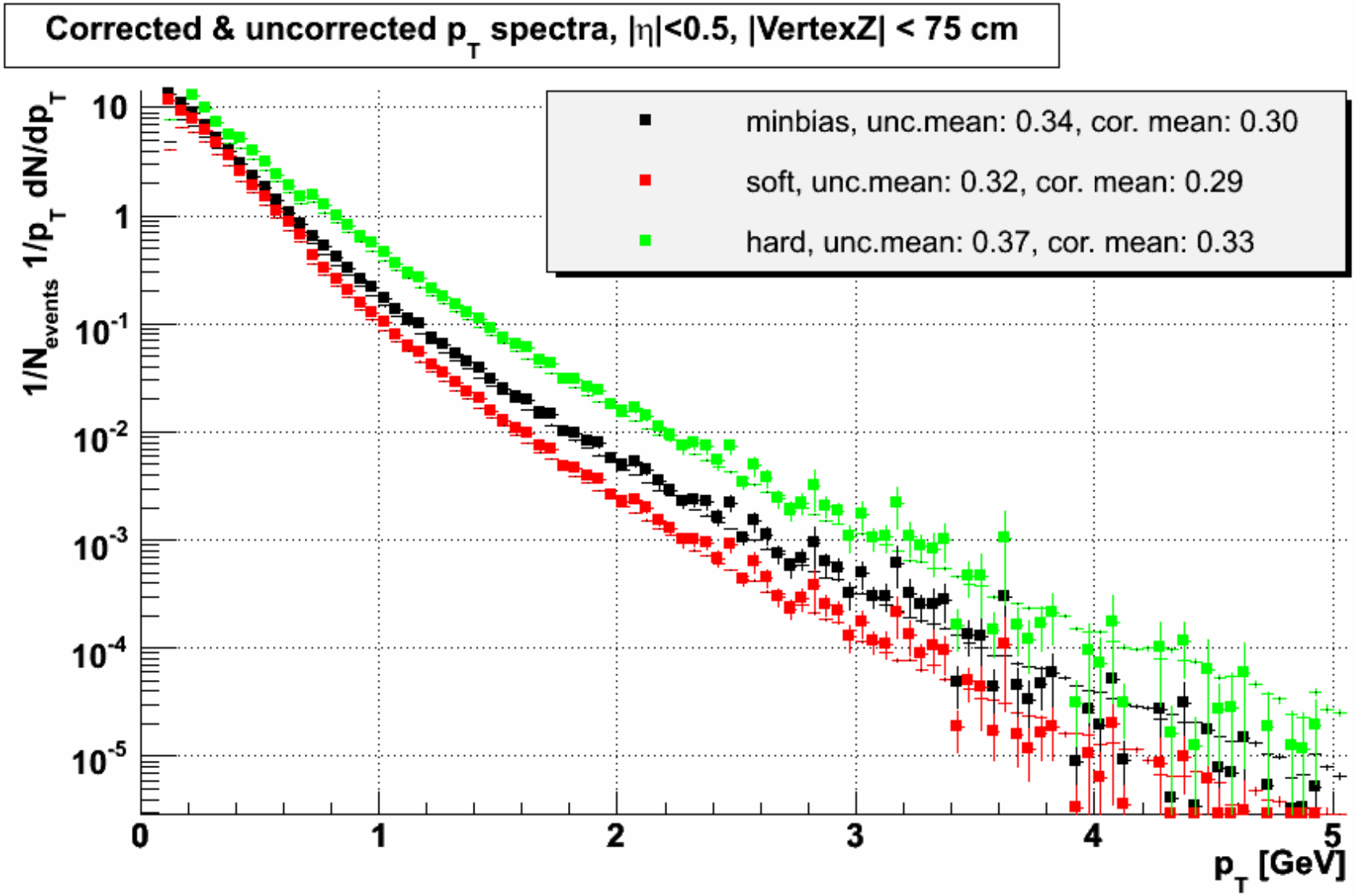
korekce pro p_T



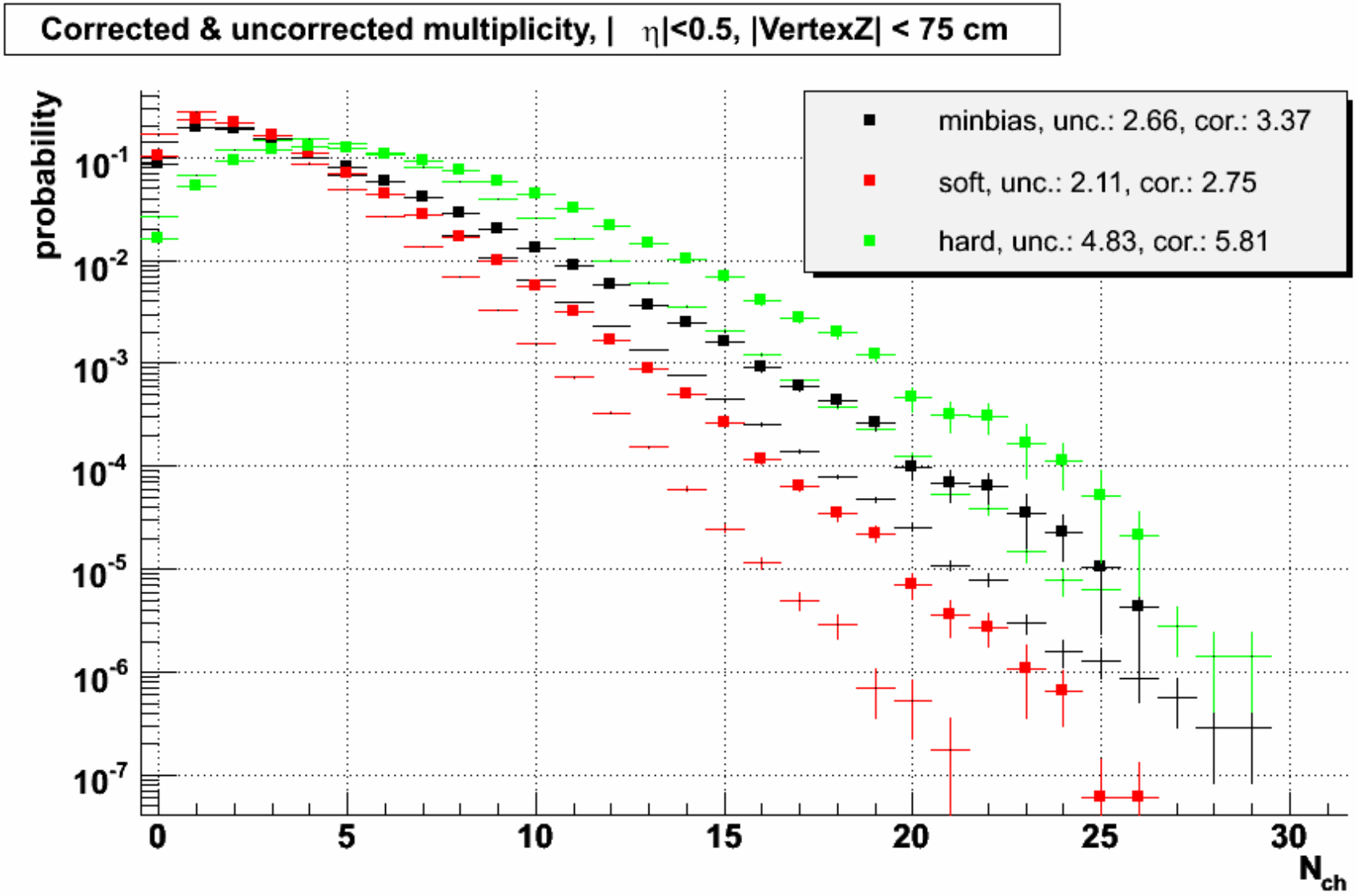
závislost korekce na poloze vertexu

- nekorigovaná spektra zvlášť pro $|VertexZ|$ $0-25,\ 25-50,\ 50-75\ \mathrm{cm}$
- provedení korekcí a sečtení výsledků
- korekce pro multiplicitu:
  - z MC zjišťuji multiplicitu pro $|\eta| < 0.5$ před a po průchodu detektorem
  - $P(det, n)$ - pravděpodobnost, že z n původních částic jich bylo det detekováno
  - na základě těchto pravděpodobností opravím rozdělení multiplicit z reálných dat

p_T spektrum po korekci



Rozdělení multiplicit po korekci



Shrnutí korekcí

- Provedl jsem korekce na efektivitu detektoru.
- Soft a hard eventy se výrazně liší, před korekcemi i po nich.

Obsah

Popis experimentu

Motivace

Selekce dat

Simulace a efektivita TPC

Geometrie PP srážek

Závěr

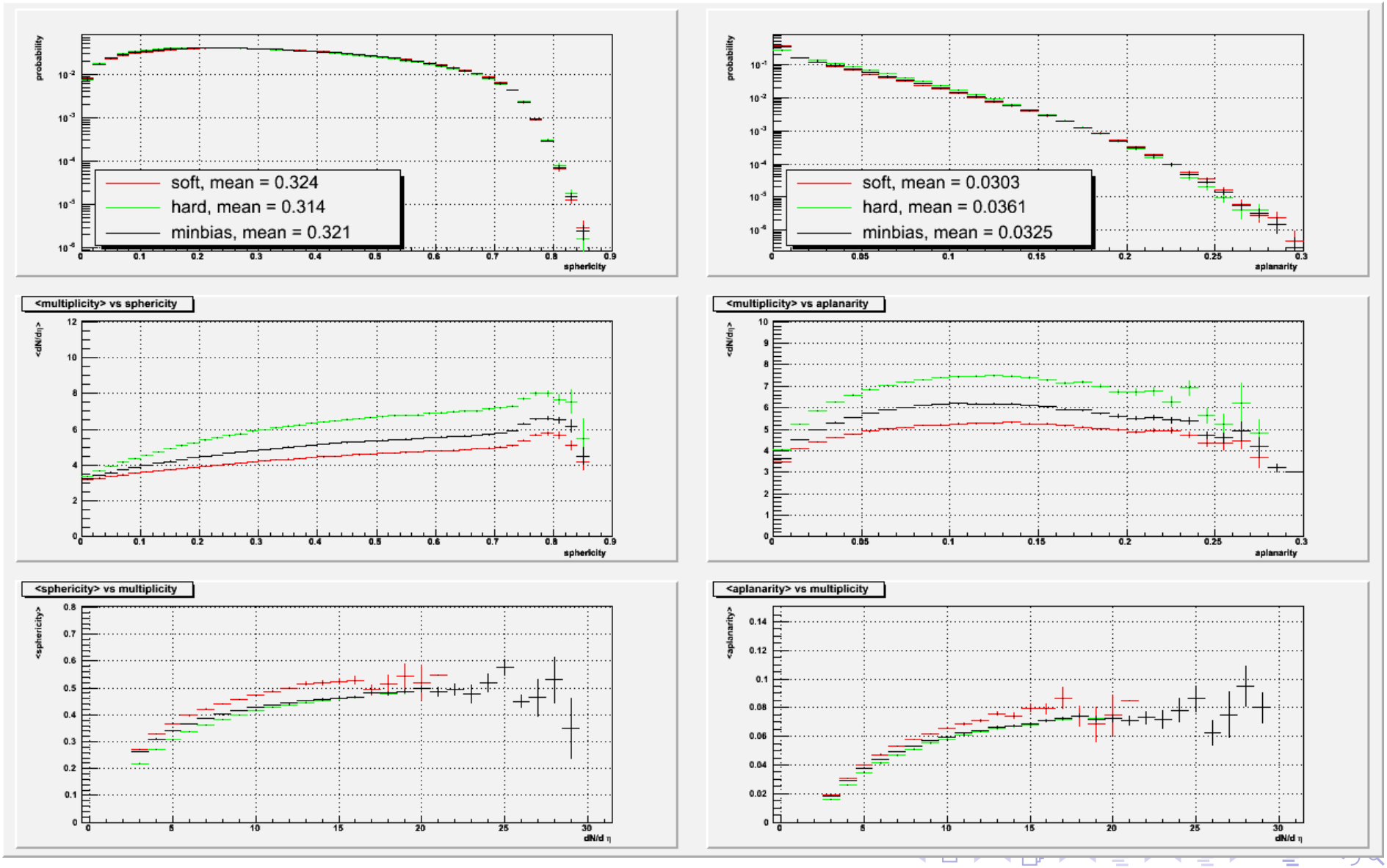
“Tvar” eventu - sféricita a aplanarita

- z naměřených hybností částic sestavíme matici:

$$A_{ij} = \frac{\sum p_i p_j}{\sum p^2}$$

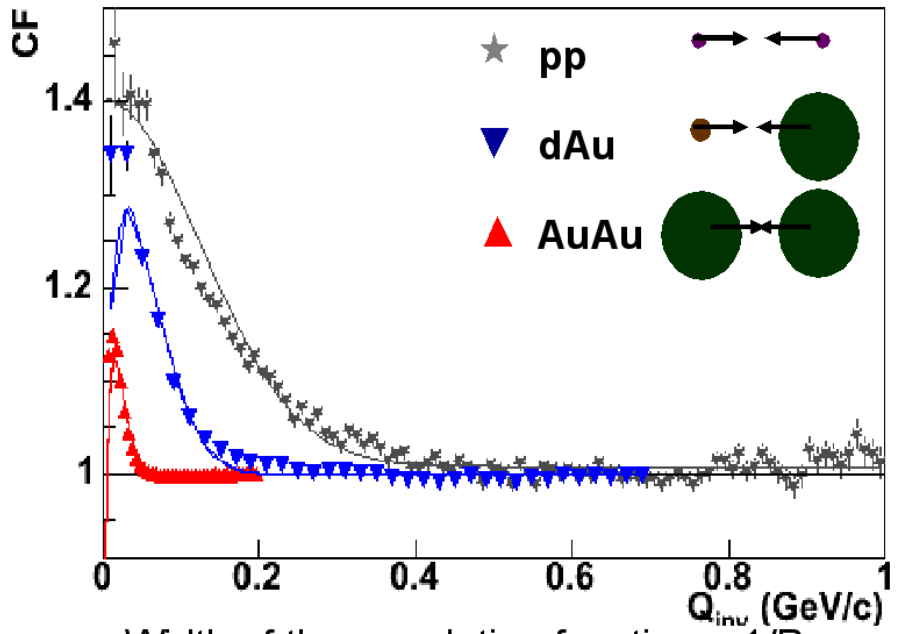
- zjistíme vlastní čísla matice: $A_1 >= A_2 >= A_3$
  a označíme: *sphericity* $= \frac{3}{2}(A_2 + A_3)$, *aplanarity* $= \frac{3}{2}(A_3)$
- pro “sférický” event mají maximální hodnoty: 1.0 resp. 0.5
  ale $\eta = 0.5$ odpovídá $\theta = 62^\circ$, nevidím tedy zdaleka celý prostorový úhel
- pro vyloučení triviálních výsledků počítám jen pro eventy s multiplicitou větší než 2
- studované efekty detektoru jsou malé

“Tvar” eventu - sféricita a aplanarita



HBT - úvod

na základě šířky korelační funkce $C_2(\vec{q})$ určujeme velikost oblasti emise částic



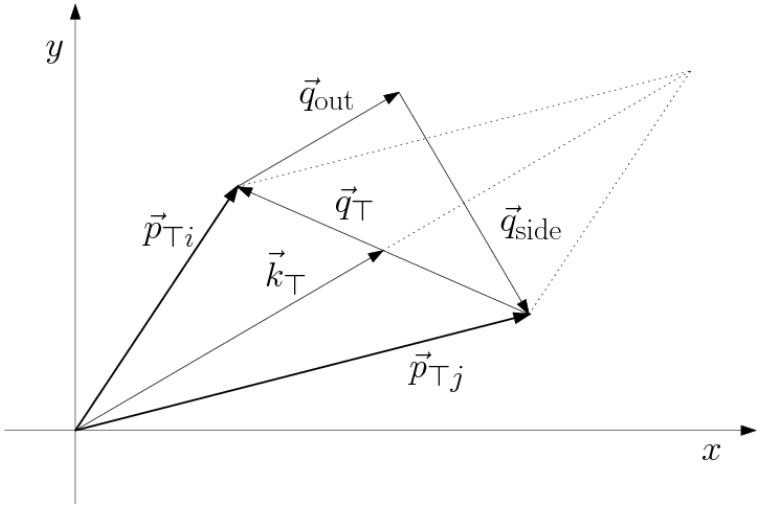
Width of the correlation function ~ 1/R

$R_{AuAu} >> R_{dAu} > R_{pp}$

- Bose-Einstein korelace (BEC) intenzitní interferometrie
- HBT - v astronomii GGLP - 1960, použití v částicové fyzice femtoskopie, HBT,. . .

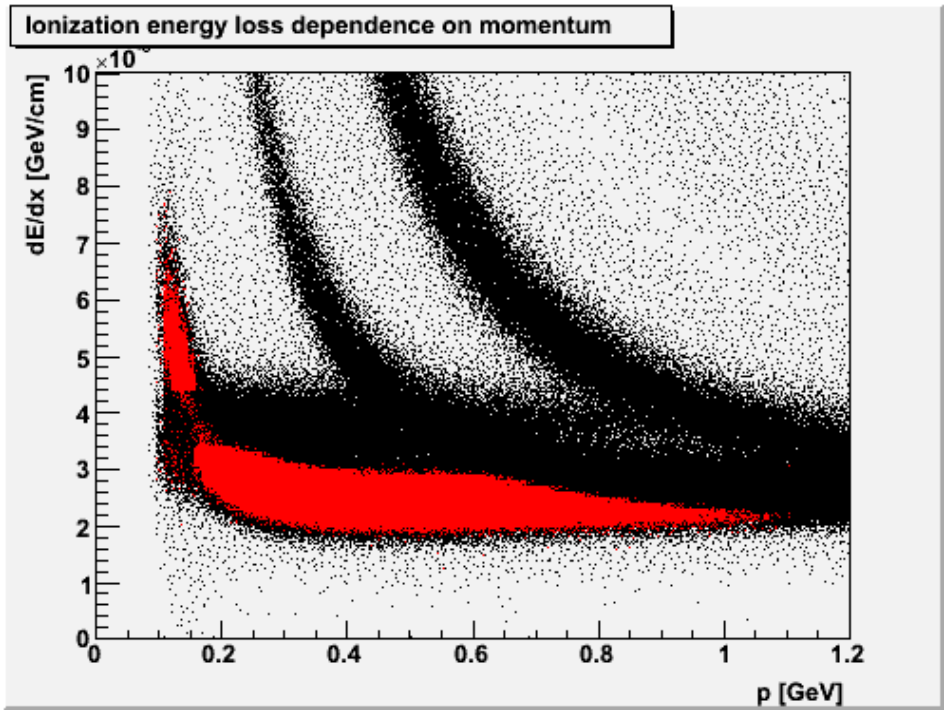
Dvojčásticová korelační funkce

- $C_2(\vec{p_1}, \vec{p_2}) = \frac{P_2(\vec{p_1},\vec{p_2})}{P_1(\vec{p_1})\cdot P_1(\vec{p_2})}$
- plním do histogramů rozdíl hybností $\vec{q} = \vec{p_1} - \vec{p_2}$
- jmenovatel získám pomocí event-mixing techniky - pár z různých eventů nemá HBT
- 3D korelační funkce - Bertsch-Pratt projekce: out,side,long



Cuty

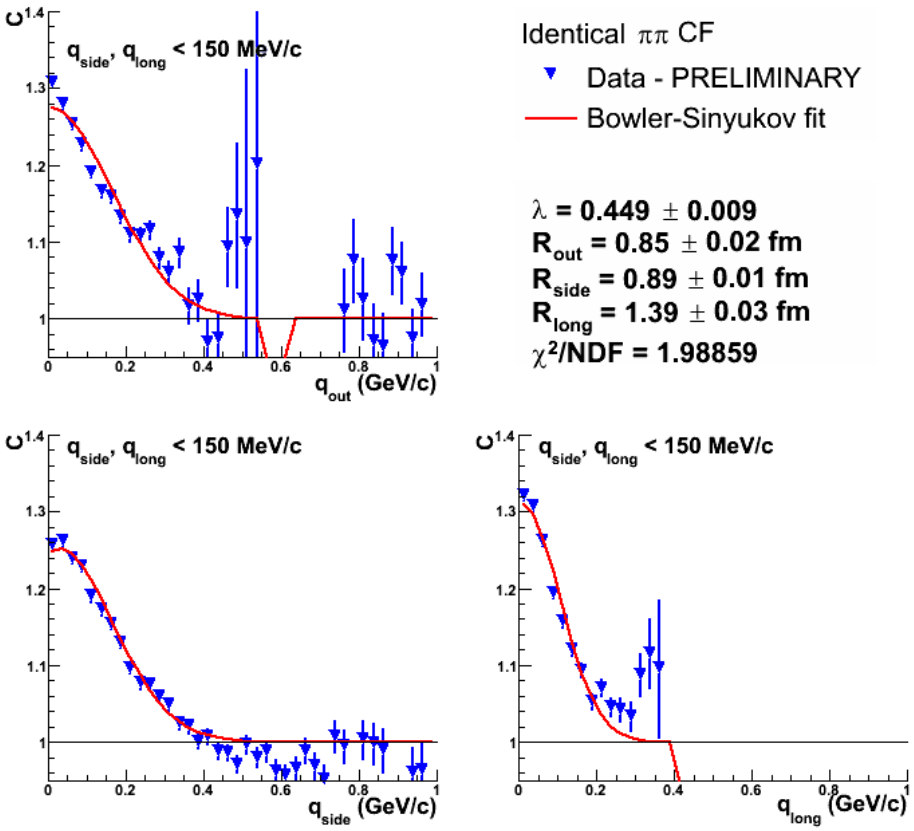
- efekty akceptance detektoru se díky mixingu omezí,
  proto $|VertexZ| < 150\ \mathrm{cm}$ pro statistiku
- Track cuts:
  $|y| < 0.5$ (rapidity)
  number of hits>15
  PID: π^+ or π^-
- Pair cuts:
  $k_\mathrm{T}/\mathrm{GeV}$ (0.25,0.35) (0.35,0.45) (0.45,0.6)
  antimerging cut
  antisplitting cut
- Po cutech zbylo 4 miliony reálných $\pi^+\pi^+$ + $\pi^-\pi^-$ párů



PID cuts:

- select pion band - within two sigmas
- reject electrons, kaons, protons at two sigmas
- acts as an effective p, therefore also p_T cut

Příklad 3D korelační funkce



3D CF for lowest k_T bin

"q_{out} hole:"

- korelace okolo $\vec{q} = 0$, proto přibližně $q_{out} = p_{T1} - p_{T2}$
  nechť $p_{T1} > p_{T2}$, potom
  $\frac{q_{out}}{2} = k_T - p_{T2}$
  cuty: $\frac{q_{out}}{2} < k_{T,max} - p_{T,min}$
  $\frac{q_{out}}{2} > k_{T,min} + p_{T,min}$
- pro k_T/GeV in (0.25,0.35) vznikne díra v q_{out}
  $0.5 - 0.7\ \mathrm{GeV}$
  protože ostatní projekce nejsou přesně nula, jsou okraje neostré, s velkými chybami

HBT-závěr

Výsledky fitů pro k_{T} biny:

$k_{\mathrm{T}}/\mathrm{GeV}$	0.25-0.35	0.35-0.45	0.45-0.6
R_{out}/fm	0.85±0.02	0.78±0.02	0.70±0.02
R_{side}/fm	0.89±0.01	0.85±0.02	0.72±0.02
R_{long}/fm	1.39±0.03	1.30±0.03	1.12±0.03
λ	0.449±0.009	0.492±0.012	0.546±0.015

- hodnoty poloměrů a λ souhlasí s dříve publikovanými daty
- zbývá provést HBT na jednotlivých třídách eventů (soft-hard-minbias) a studovat závislost na multiplicitě

Obsah

Popis experimentu

Motivace

Selekce dat

Simulace a efektivita TPC

Geometrie PP srážek

Závěr

Bylo provedeno

- účast na runu 7 (spouštění runů, kontrola gas systému, data quality kontrola)
- analýza PP dat z detektoru STAR: root4star, farmy RCF, PDSF, golias
- rozdělení eventů na soft a hard
- opravy na efektivitu detektoru
- using StHbtMaker - HBT analysis framework within root4star
- HBT analýza pro minbias data

Výhled

- provedení HBT analýzy na soft, hard eventech
- studium dalších závislostí:
  - závislost HBT parametrů na multiplicitě
  - závislost HBT parametrů na sféricitě, aplanaritě
  - závislost aplanarity a sféricity na detektor efektech
  - závislost p_{T} spekter na multiplicitě pro soft,hard eventy
  - vliv pileupu v eventech s velkou multiplicitou

pileup

- Beam Beam Counter detektor
  - minimum bias trigger pro PP
  - 4.5 m od středu detektoru, 3.4 $< |\eta| <$ 5.0
  - koincidence = NSD interakce uvnitř detektoru, $\sigma_{NSD} =$ 30 mb při $\sqrt{s} =$ 200 GeV
  - časové rozlišení neumožňuje určit polohu vertexu s přesností větší než 60 cm
- TPC rate: 25 kHz, NSD cross section: 30 mb
  beam crossing rate: 10 MHz, number of bunches: 120

$\mathrm{Lum}/10^{31}\ \mathrm{cm}^{-2}\ \mathrm{s}^{-1}$	BBC Coinc. $/\mathrm{kHz}$	pileup prob. in beam cros.	Number of events in TPC	note
0.02	6	0.06%	0.24	průměr - run 2
0.06	18	0.18%	0.72	maximum - run 2
0.13	40	0.4%	1.6	průměr - run 6
1.6	480	4.8%	19.2	?maximum - run 7

pileup

- Pokud dojde během jednoho beam crossing ke dvěma interakcím, budou v eventu dva primární vertexy. V runu 2 byla tato pravděpodobnost malá.
- Často jsou během TPC drift time (triggerovaného eventu) v TPC komoře přítomny “tracky” z interakce, která se stala před/po. Z topologie rekonstruovaných tracků nelze pileup jednoznačně poznat a dobře určit primární vertex.
- Proto se pro hledání vertexu používá CTB (Central Trigger Barrel), který se vyčítá při každém beam croosing. $R_{CTB} = 213\ \mathrm{cm}$ a jeho akceptance je $|\eta| < 1.0$
- CTB má 240 segmentů, ke stanovení primárního vertexu se použijí tracky z TPC, které mají hit v CTB. Ostatní tracky s $DCA < 3\ \mathrm{cm}$ jsou považovány za primární a jsou znovu nafitovány tak, aby procházely primárním vertexem.