

Raport stiintific

privind implementarea proiectului in perioada octombrie – decembrie 2011

1. Motivatie

Spectrele de impuls transversal ale particulelor incarcate identificate in ciocniri pp au fost studiate ca functie de energia incidenta sub 900 GeV la CERN SppS si pana la 1800 GeV la Tevatronul Fermilab. In timp ce colaborarea UA5 a raportat, incepand de la 200 GeV, o crestere a $\langle p_t \rangle$ al kaonilor in regiunea centrala mai mare decat cea bazata pe date ISR, Colaborarea E375 a evidentiat o panta dependenta de masa a $\langle p_t \rangle$ ca functie de energia in c.m. de la 300 la 1800 GeV.

Aceste tendinte care deviaza semnificativ de la asteptarile bazate pe extrapolarea de la energii mai joase masurate la ISR si nu pot fi explicate de modele bazate pe echilibru termic.

Colaborarea CDF a evidentiat ca ciocnirile partonice duble si triple incep sa fie semnificative si ca sectiunea lor pare sa creasca linara cu $\ln s$, unde s este energia in centru de masa al sistemului care se ciocneste. La aproape de patru ori energii incidente mai mari asa cum este energia de $\sqrt{s} = 8$ TeV in ciocniri pp, astfel de procese contribuie la un transfer mare de energie in volumul de ciocnire de marimea protonului. Aceasta piesa de materie, probabil deconfinata, poate exploda daca se produce suficienta energie in interiorul ei. Distributiile de impuls transversal in evenimente cu izotropie azimutala pot fi studiate pentru a pune in evidenta astfel de procese colective. Dar studiul lor este puternic conditionat de corectiile detaliate care trebuie facute pentru a obtine spectre complete (taiere cat mai mica la p_t mic, domeniu mare la p_t mare) de particule primare, adica spectre care sa nu fie impurificate prin prezenta particulelor provenite din alte procese, de exemplu, dezintegrarea slaba a particulelor cu stranie.

2. Detectorul ALICE

Detectorul ALICE consta dintr-un detector central ($|\eta| < 0.9$) care acopera intregul azimut, unde sunt masurati hadronii, electronii si fotonii si un brat muonic inainte ($2.4 < \eta < 4$). Se defineste sistemul de referinta ALICE global: axa z paralela cu directia fasciculului si cu varful spre bratul muonic, axele x si y in planul transversal la directia fasciculului. Detectorul central e montat intr-un magnet solenoidal mare cu un camp slab < 0.5 T, paralel cu z, si consta din sistemul interior de tracking (ITS) cu sase starturi de detectori de siliciu de mare rezolutie, camera cu proiectie de timp cilindrica (TPC), un detector de radiatie de tranzitie (TRD) pentru identificarea electronilor, un detector de timp de zbor (TOF), un detector Cherenkov cu imagine inel la distanta mare pentru identificarea particulelor cu impuls mare (HMPID) si un calorimetru electromagnetic cu un singur brat din cristale de densitate mare (PHOS). Aranjamentul este completat de un detector in fata de contorizat fotoni (PMD) si un detector de multiplicitate care acopera regiunea de rapiditate inainte si care impreuna cu ITS permite masurarea de multiplicitate de particule incarcate in domeniul $-3.4 < \eta < 5.1$. Un sistem de scintilatori (V0) si contori cu quart (T0) furnizeaza semnalele de trigerare rapide. Centralitatea ciocnirii se determina masurand energia (si astfel numarul) nucleonilor spectator, care apar in afara

regiunii de suprapunere a celor doua nuclee care se ciocnesc si continua sa se propage de-a lungul directiei fasciculului cu ajutorul detectorilor ZDC.

Desi este un detector dedicat experimentelor cu ioni grei, detectorul ALICE este folosit si pentru ciocniri pp, in scopul obtinerii unei referinte pentru datele de ioni grei, dar nu numai, deoarece se pot aborda si studii interesante prin originalitatea lor, asa cum este cel mentionat mai sus.

3. Vertex-ul primar, vertex secundar si selectia de urme a particulelor.

In cazul a doua bunch-uri de particule care se intersecteaza, particulele care le constituie vor fi distribuite dupa gaussiene in cele trei directii perpendiculare. Regiunea de interactie este definita ca fiind convolutia celor doua distributii de particule in cele doua bunch-uri care se intersecteaza: vertex-ul de interactie este intr-un diamant cu dimensiunile date de dispersiile bunch-urilor pe cele trei directii divizat la $\sqrt{2}$. Dispersiile sunt proportionale cu radicalul din produsul emitantei (un parametru de calitate a fasciculului) cu valoarea functiei de amplitudine la punctul de interactie care e determinata de configuratia magnetilor acceleratorului. Pe directia z a fasciculului dispersia este de 7.5 cm de unde marimea vertexului este de 5.3 cm. Din motive de limitare a evenimentelor de pile-up in TPC si SDD la Alice, luminozitatea trebuie redusa. Aceasta se poate face fie deplasand cele doua fascicule in planul transversal pentru a produce o ciocnire intre cozile distributiilor de particule, fie crescand valoarea amplitudinii de interactie. In cazul acestei ultime optiuni marimea vertex-ului pe directiile x si y poate ajunge la 150 μm . Pentru identificarea particulelor detectate este necesara in primul rand aflarea pozitiei vertex-ului primar in care a avut loc interactia proton-proton. Reconstructia in trei dimensiuni a pozitiei vertex-ului primar se face in doi pasi: se estimeaza initial pozitia sa folosind perechi de track-uri obtinute din primele doua statii ale ITS. Apoi track-urile reconstruite in ITS si TPC sunt propagate catre pozitia estimata initial si estimarea optima a pozitiei vertex-ului se obtine printr-un algoritm de fit. In acest pas se aplica o taiere asupra contributiei maxime la χ^2 total pentru a indeparta track-urile secundare din fit. Evenimentele sunt acceptate daca vertex-ul primar este la o anumita distanta de centrul geometric al aparatului, distanta conditionata de marimea diamantului de interactie al LHC.

Urmele sunt rejectate pe baza distantei de apropiere maxima (DCA) fata de vertex-ul reconstruit al evenimentului. Taierea este implementata ca functie de impulsul transversal pentru ca sa corespunda la aproximativ sapte (cinci) deviatii standard in coordonata transversala (longitudinala), luand in considerare dependenta de impulsul transversal a rezolutiei parametrului de impact. Aceste criterii de selectie sunt potrivite pentru a selecta particulele incarcate primare cu eficienta maxima in timp ce se minimizeaza contributiile de la dezintegrarile slabe, conversii si interactii hadronice secundare in materialul detectorului.

Vertex-urile secundare sunt semnatura dezintegrarilor (slabe) ale particulelor care contin stranietate, charm sau beauty. Constrangerea cea mai efectiva asupra acestor particule este prezenta uneia sau mai multor track-uri care sunt deplasate de la vertex-ul de interactie (primar). Cunoasterea pozitiei vertex-ului secundar permite reconstructia completa a momentului particulei care s-a dezintegrat. Pentru o pereche data de track-uri de semn opus vertex-ul secundar e reconstruit minimizand

distanța în spațiu între cele două arce care reprezintă track-urile. Odată ce „segmentul minim” între track-uri este găsit, poziția vertex-ului pe acest segment se definește ținând cont de preciziile în poziție diferite pentru cele două track-uri.

4. Estimarea ponderii particulelor secundare în spectrele de date experimentale

În studiile efectuate suntem interesați de particulele primare pioni, kaoni și protoni care apar ca urmare a proceselor fizice de interes. Deși în cadrul analizei, se elimină prin tăierea impusă asupra distanței de minimă apropiere a track-urilor, contribuțiile de la procese secundare care alimentează și impurifică spectrele particulelor studiate, totuși prezenta acestora nu poate fi complet înlăturată. Pentru particulele care provin din interacția cu materialul și particulele care se dezintegrează slab și au o lungime de dezintegrare de ordinul cm cum ar fi: K⁰S, L, X și O eliminarea contribuției lor se poate face experimental. Pentru dezintegrarea tare a rezonanțelor cu timp de viață mult mai mic, acest lucru nu se poate face decât pe baza unor ipoteze de model. Descriem pe scurt procedura în primul caz. Distanța de apropiere maximă a track-urilor pentru selecția de particule încărcate, respectiv pioni, kaoni, protoni identificați, se mărește pe direcția xy până la o distanță mai mare decât lungimea de dezintegrare proprie particulelor cu stăniătate care alimentează în principal pionii și protonii. Se obțin distribuțiile de particule pentru particulele primare, cele care provin din interacția cu materialul și cele care provin din dezintegrările slabe din datele simulate Monte Carlo cu modelul PYTHIA. Distribuțiile din acest model sunt corecte dar productivitatea nu este în acord cu datele experimentale. Aceste distribuții se potrivesc pe distribuțiile experimentale obținute în același mod, care conțin toate aceste componente, găsindu-se factorii de normare pentru fiecare distribuție în parte. Odată stabiliți factorii de normare se obține proporția din date pe care o reprezintă contribuția materialului și dezintegrărilor slabe (respectiv particulele primare) pentru cazul în care se reintroduce selecția după distanța de maximă apropiere a track-urilor folosită în analiza datelor experimentale:

În acest mod se obține dependența proporției material+dezintegrări slabe (respectiv particule primare) de impulsul transversal al particulei. Această distribuție se potrivește cu o funcție (în acest caz exponențială+polinom de gradul I) pentru a găsi niște valori care variază neted (Fig. 1).

Apoi corecția obținută se aplică spectrelor experimentale de particule pentru a obține spectrele de particule primare definite în analiza Alice. În cadrul acestei etape s-au obținut corecțiile de material și dezintegrări slabe pentru spectrele de particule încărcate, pioni, kaoni și protoni obținute pentru datele la „minimum bias”. Corecțiile scad cu creșterea impulsului transversal. La impulsuri transversale mici corecția este la nivel de ~6% pentru pioni, sub ~1% pentru kaoni și ajung și până la ~ 25 % pentru protoni. Pentru particule încărcate ele sunt ușor peste 6 % și sunt în concordanță ca formă și mărime cu acelea obținute pentru pioni, ceea ce este de așteptat având în vedere faptul că acesta reprezintă cam 85 % din ponderea particulelor încărcate. Procedura a fost dezvoltată sub mediul root.

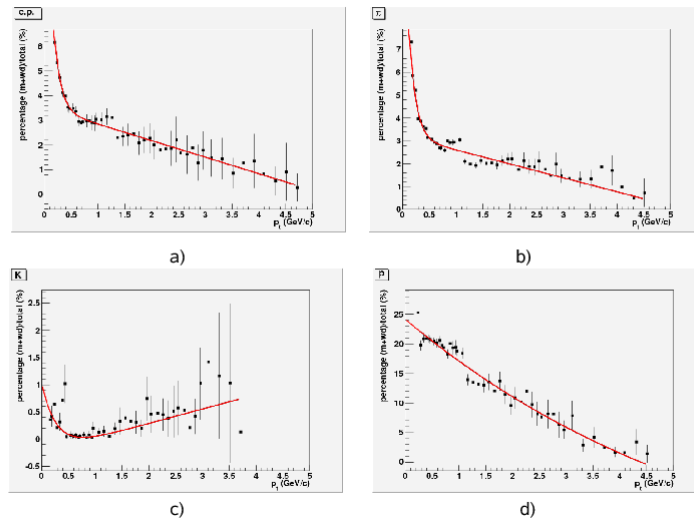


Fig. 1

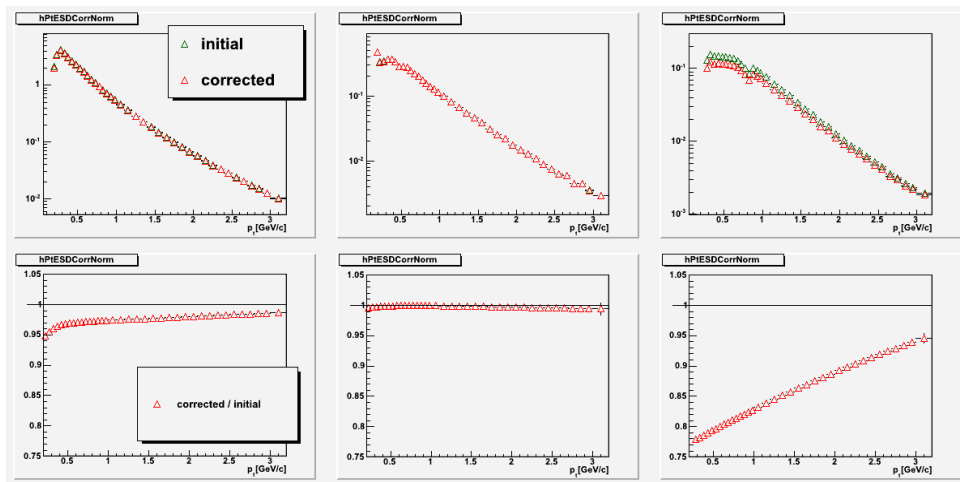


Fig. 2

1. 5. Rezultate si concluzii

In vederea obtinerii de distributii de impuls transversal primare pentru particule incarcate si pioni, kaoni, protoni, identificate in cadrul ciocnirilor proton proton la 7 TeV studiate in experimentul ALICE, s-a pus la punct o procedura de extragere a contributiilor secundare care provin din interactia cu materialul detectorului si din dezintegrarile slabe in datele experimentale. Ponderea acestei impurificari in distributiile experimentale este destul de importanta, mai ales in cazul protonilor. Aceste corectii sunt absolut necesare pentru obtinerea de date primare care provin din procesele fizice de interes pentru studiile din cadrul acestui proiect.

Lucrari publicate de catre Colaborarea Alice:

- Rapidity and transverse momentum dependence of inclusive J/psi production in pp collisions at $\sqrt{s}=7$ TeV, B704 (2011) 442-455. F=3.62428/2010
 - K0S and Λ production in Pb–Pb collisions with the ALICE experiment, Nuclear Physics J. Phys. G:Nucl.Part.Phys. 38 (2011), pag. 124078,
 - Measurement of π , K, p transverse momentum spectra with ALICE in proton–proton collisions at $\sqrt{s} = 0.9$ and 7 TeV, Nuclear Physics J. Phys. G:Nucl.Part.Phys. 38 (2011), pag. 124074,
 - Identified particles in pp and Pb–Pb collisions at LHC energies with the ALICE detector, Nuclear Physics J. Phys. G:Nucl.Part.Phys. 38 (2011), pag. 124025,
 - Particle identification in the ALICE experiment, Nuclear Physics J. Phys. G:Nucl.Part.Phys. 38 (2011), pag. 124073,
 - Charged particle production at large transverse momentum in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV measured with ALICE at the LHC, Nuclear Physics J. Phys. G:Nucl.Part.Phys. 38 (2011), pag. 124112,
 - Cross-section normalization in proton–proton collisions at $\sqrt{s} = 2.76$ and 7 TeV, with ALICE at the LHC, Nuclear Physics J. Phys. G:Nucl.Part.Phys. 38 (2011), pag. 124131,
 - Resonance measurements in pp collisions with the ALICE detector and prospects for Pb–Pb, Nuclear Physics J. Phys. G:Nucl.Part.Phys. 38 (2011), pag. 124077,
 - ALICE results from the first Pb–Pb run at the CERN LHC, Nuclear Physics J. Phys. G:Nucl.Part.Phys. 38 (2011), pag. 124003. F=1/2010
- Lista de autori de data la pag. 129801.

Director proiect,
Prof. Dr. Mihai Petrovici
