

## **Raport stiintific**

*privind implementarea proiectului PN II, IDEI 56/07.10.2011 cu titlul „Studies of flavor production mechanisms in the pp interaction”, in perioada ianuarie – decembrie 2012*

Proiectul “Studies of flavour production mechanisms in pp interactions” isi propune masuratori ale observabilelor care pot fi folosite pentru intelegerea mecanismelor de productie a “flavour-ului” in interactia proton-proton (*pp*). Elementul de noutate este in acest caz abordarea analizei productiei corelate de particule care contin cuarci de acelasi tip, strainii sau „beauty”, oferind informatie aditionala fata de cea provenind din analiza productiei individuale de particule care contin un anumit tip de cuarc. Analizele aflate in desfasurare in cadrul acestui proiect folosesc date inregistrate de catre experimentul LHCb [1], unul dintre cele patru mari experimente instalate la acceleratorul LHC (Marele Collider de Hadroni) in laboratorul international de la CERN, Geneva, Elvetia. La momentul la care proiectul a fost trimis spre evaluare, energia maxima prevazuta pentru a fi atinsa in interactia *pp* in etapa de fata a experimentului era 7 TeV. Intre timp acceleratorul LHC a depasit aceste asteptari, date experimentale fiind inregistrate si la energia de 8 TeV. Pentru a indeplini obiectivele proiectului de fata care isi propune testarea modelelor de hadronizare la cele mai mari energii accesibile la experimentele care folosesc acceleratoare, intr-un domeniu cinematic unic, accesibil numai experimentului LHCb, ne dorim in masura in care timpul ne-o va permite, sa exploatam nu numai datele inregistrate la 7 TeV, dar si cele inregistrate la 8 TeV. Aceasta va face realizarea acestui proiect mai dificila, avand in vedere ca fiecare metoda care va fi proiectata pentru masurarea unei observabile va trebui sa fie optimizata pentru a fi folosita in analiza datelor inregistrate la ambele energii, dar va creste in mod semnificativ valoarea rezultatelor publicate.

Prima etapa a proiectului, desfasurata in anul 2012, a fost dedicata constituirii echipei de cercetare si a demararii proiectului. La nucleul initial compus din cei patru cercetatori mentionati in propunerea de proiect: Raluca Muresan, Alexandru Grecu, Eliza Teodorescu, Bogdan Popovici, s-au adaugat o persoana care ne ofera suport tehnic (software si retea) necesar pentru a ne desfasura activitatile in conditii optime, Teodor Ivanoaica, un postdoc, Florin Maciuc, cu o experienta anterioara solida in experimentul LHCb, in cadrul caruia si-a pregatit teza de doctorat si si-a desfasurat prima pozitie postdoctorala in Universitatea Heidelberg Germania si Institutul Max Planck pentru Fizica Nucleara, un student masterand care a fost admis intre timp ca doctorand al Universitatii Bucuresti, Elena Lavinia Giubega si un student masterand Catalin Hanga. In prezent suntem in procesul de recrutare a inca unui student care s-a prezentat la interviu pe data de 26.11.2012. Recrutarea de personal s-a dovedit anevoioasa si consumatoare de timp atat din motive tehnico-administrative cat si din considerente legate de profilul candidatilor invitati la interviu. Pentru studentii masteranzi/doctoranzi care s-au prezentat la interviu au fost pregatite teste de competenta verificand abilitatea de a prelucra si a intelege literatura stiintifica si cunostiintele de programare. Interviuul persoanelor care isi obtinusera deja doctoratul si cel al persoanelor care au candidat pentru postul de suport software a luat forma unei discutii. Cunostintele de engleza au fost testate in ambele cazuri. In urma anunturilor publicate au fost invitati la interviu douasprezece candidati. Doi dintre cei care au fost declarati admisi in urma concursului au refuzat posturile. Alti doi si-au retras aplicatiile inainte de finalizarea procesului de recrutare primind oferte pe care le-au considerat mai avantajoase. Celor doi tineri colaboratori recrutati li s-a stabilit un program de instruire in vederea insusirii programelor de software folosite in cadrul colaborarii. O scurta vizita la CERN de o saptamana in timpul uneia din intalnirile periodice a colaborarii a fost efectuata in vederea inregistrarii lor ca useri in baza de date a experimentului, vizitarea camerei de control a experimentului cat si pentru familiarizarea cu subiectele de lucru abordate si stabilirea primelor contacte cu colaboratorii din celelalte institute implicate in colaborarea LHCb.

Activitatea noastra s-a concentrat in anul acesta pe studii de productie ale particulelor strainii. Rezultatele acestor studii sunt destinate unei mai bune intelegeri a mecanismelor de productie ale hadronilor strainii ca si a modelelor care le descriu, cu scopul declarat de a contribui cu informatie care va permite optimizarea parametrilor care caracterizeaza modelele deja existente si/sau crearea de noi modele. Pentru a indeplini acest deziderat, o mare parte a timpului petrecut in timpul vizitelor de lucru la CERN a fost dedicata discutiilor cu teoreticienii implicati in realizarea de modele de productie/hadronizare in vederea identificarii de variabile

cinematice care pot fi folosite pentru aceste studii. Informatiile obtinute au fost discutate cu alti membri ai colaborarii LHCb care fac parte din acelasi grup de lucru pentru a ne asigura de existenta unei sinergii intre masuratorile propuse si instrumentele software existente, ca si de faptul ca o cantitate suficienta de date va fi prezenta prin includerea liniilor de trigger si de preselectie necesare. Avand in vedere ca generatorul PYTHIA[2], bazat pe modelul fragmentarii stringurilor [2, 3] este cel mai folosit la ora actuala in fizica particulelor elementare, au avut loc cateva intalniri la CERN cu teoreticieni cu experienta in aceasta directie. In afara de studiile deja proiectate, masuratori asupra productiei diferentiale corelate de particule ca functie de rapiditate,  $y$ , pseudo-rapiditate,  $\eta$ , si impuls transversal,  $p_T$ , au fost propuse alte cateva studii si a fost investigata fezabilitatea lor in cadrul experimentului. Unul dintre acestea este masurarea functiei de corelatie a mezonilor si barionilor strainii  $K$  si  $\Lambda$ ,  $F(y, p_T)$ , producsi in acelasi jet hadronic [3,4]. In acest caz,  $y$  si  $p_T$  asociate particulelor studiate vor fi definite nu in sistemul centrului de masa al perechii  $pp$  ci in raport cu axa jetului din care cele doua particule fac parte. Aceasta sugestie vine la un moment oportun avand in vedere ca reconstructia de jet-uri in experimentul LHCb a atins maturitatea care ii permite realizarea de masuratori de precizie [5]. Alternativ, pentru a defini o axa de referinta, in loc de axa centrala a jet-ului se poate folosi directia particulei cu cel mai mare  $p_T$  masurat in eveniment. Acest tip de masuratoare prezinta dificultati in cazul particular al experimentului LHCb, construit ca un spectrometru pe directia inainte (forward), avand in vedere ca traiectoria cu cel mai mare  $p_T$  detectata in acceptanta experimentului va avea o probabilitate mai mica de a fi asociata particulei cu cel mai mare  $p_T$  care apare in interactia  $pp$ , in raport cu experimentele care folosesc detectoare care acopera (aproape) intregul unghi solid. Totusi dincolo de dilutia inerenta beneficiile vor fi importante. Un caz particular extrem de dezirabil il reprezinta situatia in care un hadron strainiu se va dovedi a fi particula de referinta. In acest caz acest hadron poate reprezenta „leading particle” [3,4] intr-un potential jet si in consecinta va contine partoni din capetele stringului original, partoni producsi direct in interactia  $pp$  inainte de inceperea procesului de fragmentare/hadronizare a stringului. O alta concluzie rezultata din aceste discutii este importanta studiului deja proiectat al corelatiilor dintre mezonii si barionii strainii, ca si a corelatiilor dintre doi barioni strainii. Studiul productiei corelate a  $(K^+ \Lambda)$ ,  $(K^- \bar{\Lambda})$  si  $(\Lambda \bar{\Lambda})$  sunt un mediu deosebit de potrivit pentru a testa corelatiile care implica crearea de di-cuarci, productia corelata de cuarci-dicuarci ca si cea dintre doi di-cuarci, care provin din acelasi string [3,4,6]. Corelatiile barionilor care contin mai mult de un cuarc strainiu, numiti in continuare barioni multistrange, cum sunt  $\Xi$  si  $\Omega$ , cu un alt barion strainiu sau cu un mezon pot fi de asemenea tratate in contextul corelatiilor dicuarc-cuarc sau dicuarc-anticuarc. In acest context, un alt model care poate fi testat in paralel este cel care implica un mecanism de decorelatie de tip „pop-corn”[2]. Studiul barionilor multistrange va permite testarea productiei de dicuarci alcatuiti din doi cuarci strainii. Se presupune ca productia acestor dicuarci este deosebit de scazuta in fragmentare si in consecinta presupune elaborarea de tehnici speciale pentru reconstructia si punerea ei in evidenta. Aceste discutii ne-au intarit convingerea ca masuratorile LHCb prevazute in cadrul acestui proiect vor testa fizica la scala dimensiunii unui dicuarc (nivel femtometric), direct prin masurarea corelatiilor intre mezoni-hadroni care contin un cuarc strainiu, mezoni-barioni si barioni-barioni. Alte discutii purtate cu teoreticieni cat si participarea la seminare de specialitate au condus la planificarea altor masuratori interesante cum ar fi explorarea productiei corelate de hadroni strainii ca functie de numarul de particule produse in evenimentul aflat in studiu si corelatiile unghiulare de producere intre doi hadroni strainii.

Progrese importante au fost inregistrate in cazul studiului corelatiei  $K^+K^-$ . Acesta analiza pare la prima vedere mai usor de efectuat decat cea a corelatiilor care implica barioni avand in vedere ca productia de mezoni strainii este mult mai abundenta decat cea de barioni. O dificultate aditionala este introdusa de necesitatea de a selecta pentru aceasta analiza un esantion de  $K^\pm$  cat mai pur din punct de vedere al compozitiei, esantion care sa contina pe cat posibil numai  $K^\pm$  prompti care provin fie direct din interactia  $pp$  fie din dezintegrarea rezonantelor cu timp de viata extrem de scurt. Discriminarea  $K^\pm$  fata de alte specii de particule este realizata in experimentul LHCb folosind informatia oferita de catre cele doua detectoare RICH (Ring Imaging Cherenkov) [7]. Selectia recomandata pentru  $K^\pm$  in cadrul experimentului a fost optimizata in vederea obtinerii puritatii inalte necesare. Aceasta optimizare a urmarit eliminarea din esantion a contaminarii cu alte specii de particule, a traiectoriilor „false” care provin din erori de detectie sau a  $K^\pm$  care provin din dezintegrarea particulelor cu timp de viata ceva mai mare. Datele folosite in studiul preliminar al productiei corelate de  $K^\pm$  au fost inregistrate la o energie de interactie de 7 TeV. Pentru a ne asigura ca perechea de  $K^\pm$  analizata provine din aceeasi interactie  $pp$ , au fost folosite esantioane inregistrate in prima

perioada de rulare a LHC-ului (2010), caracterizata de o rata de interactie redusa, astfel incat majoritatea evenimentelor sa nu includa particule ce provin de la mai mult decat o interactie  $pp$ .

Un punct important al analizei il reprezinta corectarea distributiilor obtinute folosind particulele detectate astfel incat sa fie luate in considerare eficienta de reconstructie, acceptanta si diferentele in eficienta de identificare a particulelor in esantionul de date reale si in esantionul de date simulate. Eficientele de reconstructie si acceptanta sunt determinate folosind datele simulate, presupunand ca interactia cu detectorul este corect reproducata in aceste date. Modelele de productie de particule sunt optimizate folosind datele obtinute in experimente anterioare, la energii mai mici si la (pseudo-)rapiditati centrale. Predictiile acestor modele extrapolate in energie si pseudo-rapiditati ( $\eta$ ) nu reproduc distributiile de  $\eta$ ,  $y$  si  $p_T$  obtinute cu datele experimentale. In LHCb acceptanta geometrica/cinematica este exprimata in mod frecvent in termeni de  $\eta$  si  $p_T$ . Pentru a lua in considerare aceste diferente sunt aplicate corectii.

Sunt interesante de efectuat doua tipuri de analize ale perechilor  $K^+ + K^-$ . Masuratoarea efectiva a sectiunii eficace de productie a unei perechi  $K^+ + K^-$  si studiul corelatiilor in producerea de  $K$  cu sarcini opuse (i.e. in care cuarcii straini pot proveni dintr-o pereche  $s \bar{s}$  care a aparut in procesul de fragmentare). Pentru a pune in evidenta corelatii, este nevoie de un esantion care sa contina perechi  $K^+ + K^-$  necorelate. Un astfel de esantion poate fi construit folosind  $K^\pm$  provenind din evenimente diferite. Perechile de candidati astfel formate primesc ponderi astfel incat distributiile cinematice uni-particula din esantioanele primare aflate in studiu si esantioanele "artificiale" necorelate sunt identice. Pentru a compara rezultatele obtinute cu cele doua esantioane de date trebuie sa se ia in considerare faptul ca pentru evenimente cu aceeasi multiplicitate, eficienta de reconstructie si de identificare a tipului de particula depinde de  $\eta$  si  $p_T$ . In acest scop, candidatilor kaonici din esantionul de date simulate le sunt atribuite ponderi aditionale astfel incat distributiile uniparticula in simulare sa devina asemanatoare celor din date.

Distributiile obtinute la nivel de detector trebuie corectate cu eficientele de reconstructie si identificare a speciilor de particule in detectorul LHCb. Este important de asemenea de discriminat intre corelatii de aroma/stranietate ale kaonilor proveniti din acelasi string (Modelul Lund al fragmentarilor hadronice [2-4]) si alte corelatii de timp cinematic sau dinamic, e.g.: conservare a impulsului, jeturi, etc.

Pentru obtinerea corectiilor de eficienta in identificarea kaonilor, este indicat de folosit metoda "Probe and Tag" in care kaoni proveniti din dezintegrarile mezonului  $\phi$  sunt folositi pentru calibrarea metodei de stabilire a identitatii unei particule. Metoda descrisa in [7] trebuie aplicata pentru determinarea acestei eficiente in cazul fiecarui esantion de date in parte, si a trebuit aplicata in mod specific in cazul de fata.  $K$  "tag" este  $K$  care a indeplinit conditiile de filtrare pe parametrii de reconstructie si identificare in detectorii LHCb-RICH, iar cei "probe" sunt acei  $K$  care nu au fost filtrati, dar care impreuna cu "tag" reconstruiesc o masa invarianta a perechii in apropierea valorii masei mezonului  $\phi$ . Spatiul fazelor pentru mezoni "probe", este impartit in celule ( $\eta$ ,  $p_T$ ) iar evenimentelor din esantioanele de calibrare cu mezoni  $\phi$  le este asociata o pondere astfel incat distributia numarului de "tracks" sau traiectorii reconstruite sa fie identica cu cea corespunzatoare evenimentelor din esantioanele aflate in studiu. Metoda folosita pentru a extrage eficientele este metoda "sWeights"[8] care trateaza fiturile distributiilor de masa ale mezonilor  $\phi$  ca asa-numite "sPlots" pentru fiecare celula elementara din planul ( $\eta$ ,  $p_T$ ). Din raporturile semnal/zgomot asociate fiturilor de masa se obtin astfel, pentru fiecare celula, eficientele RICH de identificare a kaonilor; filtrarea in RICH pentru "probe" este facuta identic cu cea a kaonilor folositi in studiul corelatiilor ce provin din celula respectiva. Evenimentele continand mezoni  $\phi$  folositi pentru calibrare sunt filtrate folosind o preselectie care se aplica in mod similar datelor reale si simulate. Analiza productiei corelate de mezoni straini va fi continuata prin efectuarea corectiilor asociate reconstructiei de traiectorii si evaluarea incertitudinilor sistematice introduse de metoda propusa.

Analizele de fizica particulelor elementare care folosesc date experimentale provenite de la astfel de experimente complexe, reprezinta o provocare si din punct de vedere al planificarii. Volumul mare de date provenind din coliziunile  $pp$  face imposibila inregistrarea nediscriminatorie a acestora, liniile de trigger permitand pastrarea doar a evenimentelor de interes. De asemenea procesarea tuturor datelor experimentale de fiecare utilizator participant la experiment in parte (colaborarea LHCb numara la momentul de fata 843 de membri din 60 institute situate in 16 tari de pe mapamond) ar reprezenta o risipa de timp, mana de lucru si mai ales de putere de calcul. Utilizatorii au acces numai la date care au fost acceptate de sistemul de

trigger, reconstruite si au trecut un proces de preselectie care a rezultat in esantioane imbogatite in particula si/sau evenimentele de interes. Campaniile de reprocesare a evenimentelor si de aplicare a preselectiilor sunt prevazute a avea loc cu o frecventa redusa (programate in medie de doua ori pe an). Dat fiind numarul mare de evenimente necesare pentru a fi produse esantioanele de date simulate, aceste evenimente sunt produse in campanii planificate in avans. Pentru aceasta modelele propuse spre a fi confruntate cu rezultatele obtinute trebuie sa fie implementate in software-ul de simulare folosit de colaborare (GAUSS). Prelucrarea datelor experimentale ca si producerea si prelucrarea datelor simulate nu poate fi facuta folosind resursele unui singur institut, calculatoare din institute si universitati din diverse colturi ale lumii incadrate intr-o super-retea numita GRID, fiind folosite pentru aceasta. Accesul la aceste resurse globale care permit prelucrarea in paralel a datelor este absolut esential.

In cazul corelatiilor dintre kaoni aceasta nu a reprezentat o problema avand in vedere ca mezoni stranii sunt produsi aproape in fiecare eveniment. O linie de trigger numita Minimum Bias permite inregistrarea de evenimente care contin cel putin o traectorie in acceptanta detectorului. Din aceste evenimente extrem de abundente numai un numar redus este pastrat, iar preselectia ulterioara, reduce in mod proportional acest numar. Pentru desfasurarea ulterioara a proiectului o astfel de abordare nu va fi posibila. In acest context eforturi au fost facute in vederea asigurarii existentei unor linii de preselectie (stripping) care produc esantioane de evenimente imbogatite in barioni stranii. Pentru barionii  $\Lambda$  doua posibilitati sunt luate in considerare: (i) folosirea esantioanelor selectate pentru calibrarea identificarii protonilor in detectorul RICH sau (ii) reactivarea liniei de preselectie folosite anterior pentru analizele uniparticula. In cazul barionilor multistrange  $\Xi$  si  $\Omega$ , s-a participat la testarea liniilor de stripping implementate in ultima campanie pentru a ne asigura ca eficienta acestora este inalta, conditie absolut esentiala pentru a face posibile studii de corelatii. In prezent, se afla in stare incipienta un studiu care urmareste estimarea (folosind datele simulate) a numarului de evenimente necesare pentru a obtine o anumita precizie in studiile de corelatie care implica barioni stranii. Acest tip de planificare este foarte importanta si pentru analizele la care se vor folosi hadroni cu cuarci de tip „beauty” avand in vedere ca acestia sunt produsi cu o probabilitate mult mai mica. Tinand cont ca experimentul LHCb este un experiment dedicat studiului acestui tip de particule, ne propunem sa folosim liniile de preselectie deja existente, provocarea constand in acest caz in alegerea de linii de preselectie care introduc conditionari cat mai reduse asupra spatiului fazelor (avand in vedere complexitatea acestor selectii, superioare celei aplicate pentru selectarea particulelor simplu stranii, implinirea acestui deziderat este esentiala), care pot fi utilizate si pentru studiul corelatiilor intre mezoni B de tip diferit. Prin urmare este imperioasa gasirea de selectii cat mai apropiate ca filozofie astfel incat esantioanele de mezoni/barioni sa fie cat mai similare ca proprietati cinematice si sa poata fi corectate cu metode cat mai asemanatoare facilitand astfel evaluarea incertitudinilor sistematice. Un studiu care urmareste identificarea posibilelor linii de preselectie a fost de asemenea initiat.

Dupa cum am mentionat deja scopul declarat al acestor masuratori este de a furniza material pentru optimizarea modelelor de hadronizare deja existente si implicit a generatorilor in care acestea sunt implementate si pentru crearea de modele si generatori noi. Un prim pas este confruntarea modelelor si optimizarilor existente cu masuratorile de productie uniparticula efectuate de experimentele LHC. S-a incercat identificarea unei optimizari de referinta, definita ca acea optimizare care descrie cel mai bine nu numai distributiile uniparticula de hadroni stranii masurate folosind datele LHCb, dar in acelasi timp si rezultatele celorlalte experimente de la LHC. Pentru inceput am folosit diferite optimizari ale parametrilor generatorului PYTHIA alese dupa consultarea literaturii de specialitate si discutii cu autorii acestui generator. Doua generatii diferite ale PYTHIA au fost folosite, varianta veche PYTHIA 6 scrisa in limbajul de programare FORTRAN si varianta noua aflata in stadiul de dezvoltare PYTHIA 8 scrisa in C++. O serie de optimizari ale generatorului PYTHIA 6 indicate de catre autori sau de catre persoane care lucreaza pentru diferite experimente au fost luate in considerare: Perugia 0 – optimizare de referinta folosind rezultatele experimentelor pre-LHC, AMBT1 – prima optimizare propusa de colaborarea ATLAS in 2010 care foloseste datele inregistrate la LHC la 7 TeV si LO PDF, CMS Z1 – o optimizare a AMBT1 propusa de membri ai experimentului CMS folosind PDF-uri (Parton Distribution Function) de tip CTEQ5L, Perugia 2011 – ultima optimizare de referinta a generatorului PYTHIA 6 propusa in anul 2011 ce imbunateste optimizarea Perugia 2010 bazata pe PDF-uri CTEQ5L[9] precum si optimizarea de referinta (pentru energiile de la LHC) a generatorului PYTHIA 8. Comparatia dintre rezultatele obtinute cu optimizarile

acestor generatori si masuratorile LHCb a fost raportata si la datele generate cu optimizarea propusa de experimentul LHCb[10]. Rezultate experimentale produse de LHCb[11], ALICE[12] si CMS[13] la diferite energii de interactie, implementate in subrutine RIVET, au fost confruntate cu distributiile obtinute folosind aceste optimizari. Din pacate nici una dintre optimizarile testate nu s-a dovedit a descrie in mod satisfacator toate distributiile experimentale propuse. In perioada imediat urmatoare ne propunem o analiza a distributiilor asociate diferitelor optimizari care va lua in considerare comparatia valorilor parametrilor folositi pentru a interpreta masuratorile deja efectuate si discrepantele dintre acestea. Acest studiu bazat pe rezultatele masuratorilor productiei de stranietate la nivel uniparticula va contribui la interpretarea rezultatelor masuratorilor de productie corelata a particulelor propuse in acest proiect odata ce sunt analizate. Un studiu al literaturii de specialitate in scopul identificarii modelelor de interes pentru studiul producerii corelate de hadroni care contin un cuarc b a fost de asemenea demarat, urmarind si posibilitatile de implementare ale acestora in software-ul de simulare folosit la LHCb.

In acelasi spirit, avand in vedere ca ne dorim ca rezultatele masuratorilor noastre sa poata fi interpretate si folosite cu usurinta de catre teoreticieni, pentru a tine legatura cu acestia si/sau pentru a stabili noi legaturi propunerea de proiect includea intentia de a organiza 2-3 workshop-uri in Bucuresti la care sa invitam si colaboratori din experimentul LHCb (sau alte experimente de la LHC si nu numai) care sunt interesati de implementarea si optimizarea generatorilor ca si de rezultatele ce pot fi folosite in acest scop. Primul asemenea workshop a fost organizat in Bucuresti la IFIN-HH intre 22-23 noiembrie 2012. Programul a fost organizat in cateva sesiuni care contineau prezentari cheie dedicate diferitelor modele/generatori ca si a software-ului folosit pentru optimizarea si validarea acestora, urmate de prezentari legate de felul in care acesti generatori sunt implementati/integrati in platforma software a experimentului si/sau sunt folositi de catre colaboratorii LHCb. O perioada generoasa de timp a fost destinata discutiilor. Discutiile au abordat modul in care simularile sunt folosite de analisti si cerintele acestora in aceasta directie, posibilitati de optimizare ale generatorilor folosind rezultatele obtinute din analiza datelor experimentale. Un castig important l-a reprezentat faptul ca membrii echipei proiectului la fel ca si ceilalti participanti implicati in partea experimentală au fost informati in privinta celor mai recente imbunatatiri dar si de planurile de viitor pentru principalii generatorii folositi la ora actuala in fizica particulelor elementare la experimentele instalate la acceleratori: PYTHIA[2], SHERPA[14], HERWIG[15], EVTGEN[16]. Au fost luate in considerare si aspecte legate de optimizarea si validarea generatorilor si de confruntarea masuratorilor efectuate cu predictiile modelelor. Cele doua zile de workshop s-au dovedit foarte intense si extrem de folositoare pentru toti participantii. A avut loc un schimb de informatii fructuos intre teoreticieni si experimentalisti.

In anul 2012 implementarea proiectului „Studies of flavor production mechanisms in the pp interaction” a fost demarata cu succes. Echipa proiectului a fost completata si echipata partial cu tehnica de calcul necesara. Analiza productiei corelate de mezoni stranii se afla in plina desfasurare, evoluand catre publicare. Au fost puse bazele studiilor care vor fi abordate ulterior: corelatii ale mezonilor si barionilor stranii ca si studiul productiei corelate a hadronilor care contin un cuarc beauty si interpretarea rezultatelor in lumina modelelor de hadronizare si a generatorilor in care sunt implementate. Un workshop a fost organizat la Bucuresti in noiembrie 2012. In concluzie obiectivele etapei au fost indeplinite.

Director proiect,  
Dr. Raluca Anca Muresan

---

Materialul din prezentul document corespunde situatiei curente a analizei aflate in desfasurare. Grafice, numere si alte rezultate concrete nu pot fi distribuite public la acest moment, acestea pot fi furnizate doar comisiei evaluatoare. Desi date si metode specifice analizelor LHCb au fost folosite, concluziile prezentate sunt pe moment sustinute numai de autorii studiului nu si de restul colaborarii.

## Anexa 1: Bibliografie

- [1] LHCb collab., A. A. Alves Jr. et al., *The LHCb detector*, JINST **3** (2008) S08005.
- [2] T. Sjostrand, S. Mrenna, and P. Skands, *PYTHIA 6.4 physics and manual*, JHEP **05442** (2006) 026, arXiv:hep-ph/0603175. T. Sjostrand, S. Mrenna, P. Z. Skands, *A brief introduction to PYTHIA 8.1*, Comput. Phys. Commun. **178** (2008) 852-867, [arXiv:0710.3820].
- [3] B. Andersson et al., *Parton Fragmentation and String Dynamics*, Phys. Rep. **97**(2-3) (1983) 31-145.
- [4] P. Skands, *Introduction to QCD*, CERN-PH-TH-2012-196, arXiv:1207.2389[hep-ph].
- [5] A. Bursche, *Jet reconstruction with LHCb*, "20th International Workshop on Deep-Inelastic Scattering and Related Subjects", Bonn, Germany, 26-30 Mar 2012, LHCb-TALK-2012-051, <http://cdsweb.cern.ch/record/1435149>.
- [6] D. B. Lichtenberg, W. Namgung, E. Predazzi, J. G. Will, *Baryon Masses In A Relativistic Quark-Diquark Model*. Phys. Rev. Lett. **48** (1982) 24.
- [7] M. Adinolfi et al., *Performance of the LHCb RICH detector at the LHC*, arXiv:1211.6759.
- [8] M. Pivk and F.R. Le Diberder, *sPlot: a statistical tool to unfold data distributions*, Nucl. Instrum. Meth. A **555** (2005) 356-369, arXiv:physics/0402083[physics.data-an].
- [9] P. Z. Skands, *Tuning Monte Carlo generators: The Perugia Tunes*, Phys. Rev. D **82** (2010) 074018, and updates in [arXiv:1005.3457]. [https://pythia6.hepforge.org/trac/browser/trunk/update\\_notes.txt](https://pythia6.hepforge.org/trac/browser/trunk/update_notes.txt).
- [10] I. Belyaev et al., *Handling of the generation of primary events in Gauss, the LHCb simulation framework*, Nuclear Science Symposium Conference Record (NSS/MIC) IEEE (2010) 1155.
- [11] LHCb collaboration, R.Aaij et al., *Prompt  $K_S^0$  production in pp collisions at  $\sqrt{s} = 0.9$  TeV*, Phys. Lett. B **693** (2010) 69, arXiv:1008.3105. LHCb collaboration, R. Aaij et al., *Measurement of  $V^0$  production ratios in pp collisions at  $\sqrt{s} = 0.9$  and 7 TeV*, JHEP **1108** (2011) 034, arXiv:1107.0882. LHCb collaboration, R.Aaij et al., *Measurement of the inclusive  $\phi$  cross-section in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV*, Phys. Lett. B **703** (2011) 267, arXiv:1107.3935.
- [12] *Strange particle production in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 0.9$  TeV with ALICE at the LHC*, Eur. Phys. J. C **71** (2011) 1594.
- [13] *Kshort, Lambda, and Cascade- transverse momentum and rapidity spectra from proton-proton collisions at 900 and 7000 GeV*, JHEP **1105** (2011) 064, doi:10.1007/JHEP05(2011)064, arXiv:1102.4282[hep-ex].
- [14] T. Gleisberg et. al Event generation with SHERPA 1.1. JHEP 0902 (2009) 007. <https://sherpa.hepforge.org/trac/wiki>
- [15] M. Bahr et al. Herwig++ Physics and Manual. Eur.Phys.J. C58 (2008) 639-707, e-Print: arXiv:0803.0883 [hep-ph]. <http://herwig.hepforge.org/>, arXiv:0803.0883.
- [16] D. J. Lange, The EvtGen particle decay simulation package, Nucl. Instrum. Meth. A 462 (2001) 152. <http://www.slac.stanford.edu/~lange/EvtGen/>; <http://lhcb-release-area.web.cern.ch/LHCb-release-area/DOC/gauss/generator/evtgen.php>.