

Bírálat

Veres Gábor: Az erős kölcsönhatás kísérleti vizsgálata elemi részecskék és nehéz atommagok ütközéseinek összehasonlításával

című, az MTA Doktora cím elnyerésére benyújtott értekezéséről

Veres Gábor 2011 szeptemberében nyújtotta be értekezését az MTA Doktori cím elnyerésére. Az értekezés 180 oldal terjedelmű, szép kiállítású munka, mely a jelölt 2000 óta végzett kísérleti fizikai kutatásait foglalja össze, kezdve a BNL RHIC gyorsító PHOBOS kísérletében végzett kutatásaival, és zárva a CERN LHC gyorsítójának CMS kísérletében elért első eredményeivel, melyeket az alábbi 8 fejezetben tekint át.

Az első fejezetben, a bevezetésben a jelölt számot ad az erős kölcsönhatás kísérleti vizsgálatának motivációjáról, alapos elméleti háttér-tudásról adva számot. Bevezeti a nehézionfizika értekezésében tárgyalt alapfogalmait, ismerteti a PHOBOS és a CMS kísérlet felépítését, majd bemutatja a kísérleti részecskefizikai és magfizikai kutatása során bejárt szakmai lépcsőfokokat, állomásokat.

A második fejezetben a jelölt a PHOBOS és a CMS kísérletben általa kifejlesztett eseményválogató, úgynevezett trigger rendszerek tervezésének, megépítésének és működtetésének alapjait foglalja össze.

A harmadik fejezetben a jelölt ismerteti a PHOBOS és a CMS kísérlet néhány olyan mérési eredményét, melyekhez jelentős közvetlen és személyes hozzájárulása volt: nevezetesen a töltött részecskék átlagos számainak és számarányainak meghatározását, az angolul jet-eknek, magyarul részecske-sugaraknak nevezhető, nagy lendületű, közel egy irányba mozgó részecskék tulajdonságainak megváltozását a RHIC PHOBOS kísérlet d+Au és Au+Au ütközéseiben, végül ezen részecske-sugarak energiavesztésének és a részecske-sugár-párok aszimmetriájának a vizsgálatát az LHC CMS kísérletének Pb+Pb ütközéseiben. Első lényeges kritikai megjegyzéseim ehhez a fejezethez kapcsolódnak majd, előljáróban is jelzem, hogy a szép eredmények hangsúlyozása mellett is úgy érzem, kár volt ennek a résznek a „QCD fázisátalakulás kísérleti igazolása” címet adni, és a tézispontokat úgy megfogalmazni, mintha ezen fejezet eredményei megfelelnének a választott címnek.

A negyedik fejezet véleményem szerint a dolgozat egyik legértékesebb része, amely a töltött részecskék számeloszlásait, szög és impulzuseloszlásait, elliptikus folyását vizsgálja proton-proton, d+Au, p+Pb és Pb+Pb ütközésekben a PHOBOS és a CMS kísérlet kereteiben, és megvizsgálja ezeknek az adatoknak néhány olyan tulajdonságát, amelyek egyfajta univerzalitást, vagy más néven adatagybeesést, szakszóval skálaviselkedést mutatnak. Ezeknek a szabályosságoknak a feltárásával a jelölt lényegesen járult hozzá a szakterület továbbfejlődéséhez.

Az ötödik fejezetben a jelölt főleg a PHOBOS kísérlet keretein belül végzett kutatásairól ír, ahol az Au+Au és a Cu+Cu ütközések összehasonlításakor lényeges szerep jut a kisebb Cu+Cu ütközésekben az ütközési zóna alakjának, nevezetesen az excentricitás paraméternek az eseményenkénti váltakozásának. Az úgynevezett participáns excentricitás fogalmának bevezetésével a jelölt lényegesen járult hozzá az elliptikus folyás skálaviselkedésének kísérleti vizsgálatához, és az úgynevezett participáns-számtól való függés vizsgálatában egy hibaterjedési vizsgálatra emlékeztető, elméleti jellegű kontribúciót is tett, mellyel egy, az irodalomban terjedni kezdő, módszertani jellegű hibát is kijavított.

A hatodik fejezetben a jelölt kétrészecske-korrelációs kutatási eredményeiről ad számot a RHIC és az LHC p+p és nehézion-ütközéseiben. Ezek az eredmények jelentős nemzetközi figyelmet kaptak, és értelmezésük, további részletes vizsgálatuk jelenleg is lényeges, lezáratlan kutatási terület.

A hetedik fejezet a dolgozat összefoglalása, a tézispontok megfogalmazása, melyet a nyolcadik fejezetben a jelölt köszönetnyilvánítása zár.

A dolgozatot egy 372 hivatkozást felsoroló bibliográfia teszi teljessé.

A dolgozat áttekintése jelentős munkát és időbefektetést igényelt, különösen azért, mert a szépnek tűnő felépítés és a tetszetős külső, szerény véleményem szerint, néhány esetben túlzottan tűnő konklúziókat, és néhány felépítésbeli ellentmondást, hiányosságokat is takart. Emiatt a dolgozat átolvasása során bírálói jegyzetfüzetem 49 oldala telt meg. Mivel ez önmagában is megfelel egy kisebb tudományos értekezés terjedelmének, jelen bírálatomban csak a legfontosabb, lényegretörő, és a tézispontokhoz is kapcsolódó kritikai megjegyzéseimet foglalom össze, a nyelvtani illetve nyelvi jellegű megjegyzéseimet pedig csak a bírálat végén, a leglényegesebb esetekben jelzem.

A részletes kritikai megjegyzések felsorolása előtt azonban előre szeretném bocsájtani azt, hogy a dolgozat elfogadását és az MTA Doktori cím odaítélését javaslom, mivel dolgozatból egyértelműen kiderül, hogy a jelölt PhD fokozatának megszerzése óta számos jelentős és egyéni hozzájáruláson alapuló, nemzetközileg elismert eredménnyel járult hozzá a kísérleti nehézion-fizika és a részecskefizika tudományának fejlődéséhez.

Kritikai illetve elismerő megjegyzéseim a dolgozat megfogalmazásához, és felépítéséhez, a fejezetek sorrendjét követve, a következőkben foglalhatóak össze:

Szépnek találtam a dolgozat motivációját, bevezetőjét megfogalmazó első fejezetet, amelyben a jelölt számot ad részletes elméleti ismereteiről, az erős kölcsönhatás kísérleti motivációit taglaló 1.1 alfejezetben. Azonban az 1. oldal alján ismertetett várakozás, mely szerint a QCD aszimptotikus szabadsága miatt a vákuum nagy hőmérsékleten ideális gázhoz hasonlóan viselkedik, valójában a kvark-gluon plazma halmazállapotára vonatkozó várakozás. Ez sajnálatos módon keveredik a kvark-gluon plazma megjelenésére, azaz a kvarkbezárás megszűnésére, angol szakszóval a deconfinement-re vonatkozó várakozással. A kvarkbezárás megjelenése illetve megszűnése a QCD úgynevezett nem-perturbatív, lágy, kis impulzusátadású folyamatokkal kapcsolatos tulajdonságaihoz kapcsolódik, elméletileg leginkább a nemperturbatív rácsQCD technikáival vizsgálható. Az aszimptotikus szabadság megjelenése pedig a nagy impulzusátadású, perturbatív QCD segítségével számolható, kemény szórási folyamatok vizsgálhatóságával kapcsolatos. Sajnos a második tézispontba is beszivárgott ez a félreértés, amely szerint a hadronok alkotórészeinek kiszabadulását az erős kölcsönhatás ún. aszimptotikus szabadsága teszi lehetővé. Emiatt a hiba miatt a második tézispontot csak rövidített formában tudom elfogadni.

Bosszantó volt ez a hiba: hogyan lehetséges egy ilyen szép elméleti bevezetés után ilyen durva hibát véteni a következtetések levonásánál? Ennek vizsgálatára utána néztem a PHOBOS Au +Au és d+Au eredményeit összefoglaló ún. „White Paper” állításainak. 2005-ben ugyanis mind a 4 RHIC kollaboráció összefoglalta kutatásainak első eredményeit, és ezeket az összefoglaló cikkeket a Nuclear Physics A speciális különdíjában, egymás mellett közzétették. A cikkek legfontosabb, tömör összefoglalása az, hogy az Au+Au és a d+Au ütközések eredményeinek összevetése alapján a RHIC Au+Au ütközéseiben megjelenik egy új, alacsonyabb energiákon nem tapasztalt jelenség, amelyet egy új anyag megjelenése okoz. Az elliptikus folyási adatok, valamint az egyrészecske impulzuseloszlások és a kétrészecske-korrelációk alapján a tapasztalat szerint ez az anyag nem tömegnélküli részecskék nagy szabad úthosszal rendelkező, aszimptotikusan szabad ideális gázaként, hanem erősen kölcsönható részecskék kis szabad úthosszal jellemezhető folyadékaként viselkedik. Ezek az eredmények az American Institute of Physics értékelése szerint 2005 legfontosabb eredményei voltak az egész fizika területén. Valóban, a **PHOBOS White Paper** (továbbiakban PHOBOS összefoglaló cikk, arXiv:nucl-ex/0410022v2, B.B. Back, ... G. I. Veres et al, Nucl. Phys. A757(2005) 28-101 megvizsgálása érdekes meglepetésekkel szolgált. A cikk nucl-ex verziójából kiderül az, hogy az 1.1 bevezetés ennek a cikknek az 1. szekciójának a rövidített és átdolgozott, hivatkozásokkal lényegesen kibővített változata. Sajnos a rövidítés és a fordítás során érdemi információk vesztek el. A PHOBOS összefoglaló cikk az 5. oldalon egyértelműen fogalmaz: „One of the most important discoveries at RHIC is the evidence that, in central Au+Au collisions at ultra-relativistic energies, an extremely high energy density system is created, whose description in terms of simple hadronic degrees of freedom is inappropriate. Furthermore, the constituents of this system experience a significant level

of interaction with each other inside the medium. These conclusions are based on very general and, to a large extent, model independent arguments. It is not claimed that the observed phenomena are unique to RHIC energies. *Nor it is claimed that there is direct evidence in the data analysed so far for color deconfinement or chiral symmetry restoration.*” Az utolsó mondat a fordításból sajnos kimaradt, pedig a jelentése lényeges: „Nem állítjuk azt, hogy az idáig elemzett adatok alapján a szín szabadsági fokok megjelenése (deconfinement, a kvarkok és gluonok hadronokból való kiszabadulása – a ford. megj.) vagy a királis szimmetria helyreállása direkt módon bizonyítható volna.”

Mint a későbbiek során jelezni fogom, a PHOBOS eredményeinek ismertetésekor Veres Gábor elsősorban a fenti PHOBOS összefoglaló cikkben is szereplő ábráira, fejezeteinek magyar fordítására illetve összefoglalására támaszkodik, annál is inkább, mert a PHOBOS és a BRAHMS a RHIC összefoglaló cikkek 2005-ös publikálása után írása után adatgyűjtési periódusát lényegében befejezte. A fenti érvek és forráselemzés alapján úgy vélem, hogy a 2. tézispont végén Veres Gábor megalapozatlanul és a PHOBOS kísérlet 2005-ig elért eredményeivel alá nem támasztott módon állítja a következőt: „Az 1. tézisponttal együtt ez az eredmény igazolja, hogy ... fázisátalakulásnak kellett történnie, amely során a hadronok alkotórészei kiszabadulnak, amit az erőskölcsönhatás ún. aszimptotikus szabadsága tesz lehetővé.”

A forráselemzést is érdemes kicsit tovább folytatni, a teljesség igénye nélkül. Az alábbi összefoglaló táblázat jelzi Veres Gábor MTA doktori disszertációjában található PHOBOS-os ábráknak, és a PHOBOS fenti összefoglaló cikkének kapcsolatát.

Veres Gábor MTA Doktori disszertáció	PHOBOS nucl-ex/0410022v2
2. ábra	p.64, Fig. B. 1
3. ábra	p. 65, Fig. B.2
4. ábra	p. 78, Fig. C.5 (alsó két plot)
5. ábra	p. 59, Fig. A. 1
6. ábra	p. 60, Fig. A. 2
7. ábra	CMS
8. ábra	CMS
9. ábra	PHOBOS Spec. Trigger
10. ábra	PHOBOS felülnézetben
11. ábra	PHOBOS Spec. Trigger elemei
12. ábra	PHOBOS Spec. Trigger fal
13. ábra	PHOBOS Spec. Trigger adatgyűjtése
14. ábra	CMS
15. ábra	CMS
16. ábra	CMS BSC trigger kapcs rajza
17. ábra	p. 9, Fig. 2
18. ábra	p. 12, Fig. 4
19. ábra	p. 14, Fig. 5
20. ábra	p. 37, Fig. 20
21. ábra	PHOBOS spectra + yield/Npart/2/ppbar

22. ábra	PHOBOS spectra + yield/Npart/2/periph.
23. ábra	Centrality dependence of PHOBOS spectra
24. ábra	p. 20, Fig. 9
25. ábra	PHOBOS RdAu (η , pt)
26. ábra	p. 21, Fig. 10
27. ábra	PHOBOS TOF
28. ábra	PHOBOS TOF PID plot
29. ábra	PHOBOS TOF PID spectra
30. ábra	PHOBOS dE/dx és TOF PID plot
31. ábra	PHOBOS DCO plot
32. ábra	PHOBOS Au+Au pid spectra (62.4 GeV)
33. ábra	PHOBOS Au+Au pid mt spectra (62.4 GeV)
34. ábra	PHOBOS proton/pion arány
35. ábra	net proton vs Npart
36. ábra	CMS jet jóslat
37. ábra	CMS jet trigger
38. ábra	RAA becslés CMS részére
39. ábra	RAA eredmények SPS, RHIC, CMS
40. ábra	CMS izolált foton + parton ET
41. ábra	CMS preliminary jet fragment. függv.
42. ábra	CMS aszimmetrikus jet-pár
43. ábra	CMS centralitás osztályok
44. ábra	CMS jet leading particle pt eloszlás
45. ábra	CMS $\Delta\phi_{12}$ eloszlás
46. ábra	CMS RB
47. ábra	CMS jet aszimmetria
48. ábra	CMS RB ($A_j < 0.15$)
49. ábra	CMS Sum(pt) vs Delta R
50. ábra	CMS átlag (p-parallel)
51. ábra	p. 25, Fig. 11
52. ábra	p. 29, Fig. 12
53. ábra	p. 30, Fig. 13
54. ábra	p. 51, Fig. 29 és p. 52, Fig. 30
55. ábra	p. 54, Fig. 31
56. ábra	p. 55, Fig. 32
57. ábra	PHOBOS RAA vs Npart
58. ábra	p. 8, Fig. 1
59. ábra	p. 31, Fig. 14
60. ábra	(a) p. 32, Fig 15 ; (b) p. 33, Fig. 16
61. ábra	p. 41, Fig. 21
62. ábra	p. 42, Fig. 22
63. ábra	p. 44, Fig. 23
64. ábra	p. 45, Fig. 24
65. ábra	RHIC + LHC CMS dn/deta
66. ábra	CMS dn/deta efficiency + pixel cut
67. ábra	CMS dn/deta 0.9 2.36 TeV
68. ábra	CMS dn/deta 0.9, 2.36 and 7 TeV
69. ábra	CMS centralitás osztályok + pixel vágások

70. ábra	CMS 236 TeV Pb+Pb, centralitás osztályok
71. ábra	CMS $dn/d\eta/N_{part}/2$ vs NPART
72. ábra	p. 46, Fig. 25
73. ábra	p. 47, Fig. 26
74. ábra	Ref. [314] Fig. 1
75. ábra	PHOBOS v_2 , v_2/e , $v_2/e(part)$ vs Npart
76. ábra	PHOBOS v_2 and $\sigma(dyn)$ vs Npart
77. ábra	PHOBOS rel fluct vs Npart
78. ábra	Ref. [314] Fig. 6
79. ábra	Ref.[314] Fig. 9 Note: eq(13) of Ref. [314]
80. ábra	Ref. [351] Fig. 1
81. ábra	Ref. [351] Fig. 2 a,b
82. ábra	Ref. [351] Fig. 2 c, Fig 4
83. ábra	Ref. [352] Fig 1
84. ábra	Ref. [352] Fig 2
85. ábra	Ref. [352] Fig 4
86. ábra	Ref. [360] Fig 6
87. ábra	Ref. [360] Fig 8
88. ábra	Ref. [360] Fig 9

A hivatkozási jegyzéket átnézve jól látszik, hogy a dolgozat önálló munka eredménye. A PHOBOS összefoglaló cikk hivatkozási listájához hasonlóan indul ugyan, de ez kb az első 20 hivatkozás után a dolgozat citációs listája a PHOBOS összefoglaló cikkhez képest lényegesen kibővül. Ez alapján úgy tűnik, hogy a munka felépítése jórészt a PHOBOS összefoglaló cikken, valamint a [314,351,352] és a [360]-as publikációkon, és azon átdolgozásán alapul.

Etikáltannak érzem, hogy ezt a szerkezetet az az ezen cikkekre történő hivatkozások nem jelzik pontosan: tehát a bíráló figyelmét nem hívja fel a szerző, hogy ebben a következő fejezetben pl a [112] PHOBOS összefoglaló cikk gondolatmenetét és paragrafusait, ábráit követjük. A dolgozatot átnézve a [112]-re három hivatkozást találtam: a nagy impulzusú részecskék kiválogatásának tárgyalásakor a 16. oldal tetején, az impuzuselozslás centralitásfüggésének energiafüggetlenségét kimondásakor 90. oldalon, és az összefoglalóban a longitudinális skálaviselkedés tárgyalásakor a 149. oldalon. A dolgozat és a [112] hivatkozás közötti korrelációk, mint az az ábrák közötti összehasonlító táblázatból is jól látszik, ettől lényegesen erősebbek. Nem találok etikátlannak ezen eredmények figyelembe vételét és a dolgozatban való szerepeltetésüket sem, hiszen Veres Gábor az idézett munkák társszerzője, a PHOBOS esetén egyedüli magyar kutatóként vett részt ezekben a mérésekben. Szakmai kérdésnek tartom és helytelenítem viszont azt, hogy az idézett cikkből a szerző lényeges gondolatokat kihagy (pl az elliptikus folyásból következő folyadék halmazállapot megjelenésének tárgyalását) viszont a téziseiben az idézett művektől erősebb, azoktól lényegesen eltérő konklúziókat von le (pl 2. tézispont végén „a hadronok alkotórészeinek kiszabadulása, amelyet az erős kölcsönhatás aszimptotikus szabadsága tesz lehetővé” szemben áll a PHOBOS cikk [112] 5. oldal 3. paragrafus kijelentésével:

„nor it is claimed that there is a direct evidence in the data analyzed so far for color deconfinement...”,). Úgy érzem, hogy ezek a manipulációk méltatlanok egy olyan kiváló eredményeket elért kísérleti fizikushoz, mint Veres Gábor.

A jelen esetben a tézises védést szerencsésebbnek éreztem volna, mint a magyar nyelvű MTA Doktori disszertáció elkészítését, mely során az ollózás, a fordítás, a fordítási hibák és a tudományos következtetések módosítása felé megnyílt az út, és amelyeknek, véleményem szerint, mind az elkövetése, mind a feltárása sok időt és sok erőfeszítést igényelt.

Tartalmi megjegyzéseim:

Első észrevételem a 11. oldalon található 4. ábrával kapcsolatos, ami a PHOBOS kísérletben használt centralitás osztályok definícióját adja meg. Látható, hogy a periferiális ütközésekben, az $N_{part} \leq 100$ tartományban a centralitás osztályok torlódni kezdenek. A periferiális események centralitásosztályainak torlódása a CMS hasonló plotján, a 115. oldalon található 69. ábrán is jól megfigyelhető.

A periferiális ütközések centralitás-osztályainak pontosabb szétválasztására jól használható a nulla foki irányban előremenő, semleges részecskék, neutronok által hordozott energiát mérő nullafoki kaloriméter, ZDC, amely az 5. ábra szerint a PHOBOS kísérletnek, a 20. oldal alján megadott ismertetés szerint a CMS kísérletnek is része volt. (Utalok itt a PHENIX kísérletben standardként használt ún. óra-plotokra, amely a PHENIX BBC és ZDC jelek korrelációin alapulva definiálta a centralitásosztályokat, elkerülve ezzel a periferiális centralitásosztályok egymásra torlódásának jelenségét.)

Érdekességgént vettem észre a 18. oldal 7. ábráján, hogy a HF detektor platformján és a CMS közepe táján elhelyezett, méretarányokat jelző emberi alakok mintha különböző arányokat jeleznének, a baloldalon álló óriás mellett két gyermek alakja is megfigyelhető, a középen rajzolt emberi alak arányosnak tűnik. Ez arra utalhat, hogy az ábrát két különböző célra készült plotból vágták össze. A 7. ábra az értekezés címlapjára is felkerült. Ezért kérem a jelöltet, jelölje meg a 7. ábra forrását, vagy forrásait.

A 20. oldalon a jelölt ismerteti a CMS főbb aldetektor rendszereit, kitérve arra, hogy a CMS majdnem a teljes térszöget lefedő detektorrendszer: nevezetesen a nyomkövető Si detektorok lefedik a $0 < |\eta| < 2.5$ tartományt (18.o), a HF detektor a $3 < |\eta| < 5$ tartományt, a CASTOR az $5.3 < -\eta < 6.6$, míg a ZDC kaloriméter a $8.3 < |\eta|$ tartományt.

Azonban a CMS által mért pszeudorapiditás eloszlásokat csak a midrapiditás tartománynak és a Si nyomkövető detektoroknak megfelelő, $0 < |\eta| < 2.0$ tartományban ismerteti a jelölt a 11. oldal 67. ábráján és a 116. oldal 70. ábráján. Kérem, válaszában a jelölt térjen ki arra, hogy milyen lehetőségeket lát a 67. és a 70. ábra adatainak kiterjesztésére a nagyobb pszeudorapiditás-tartományokat lefedő CMS aldetektorok adatainak segítségével.

A 20. oldal alján furcsállom a szerző megjegyzését: a TOTEM kísérlet által épített két további nyomkövető rendszerről: „jelenleg ezek a TOTEM detektorok nincsenek a CMS adatkiolvasó rendszerébe integrálva, hanem külön kísérletet képeznek”. Valójában a TOTEM és a CMS szervezetenként független kísérletek, melyek ugyanazon ütközési pont, az IP5 körül mérnek. A TOTEMhez a jelölt által említett T1 és T2 inelasztikus teleszkópokon kívül az LHC nyalábhoz közel, az LHC alagútban az IP5-től 147 m és 220 m-re elhelyezett ún. Roman Pot detektorok is tartoznak. Együttműködésük kölcsönösen előnyös lehet, pl. a CMS kaloriméterek előtt található TOTEM nyomkövető detektorok miatt. Azonban az ilyen jellegű megjegyzések, melyek szerint *jelenleg* a TOTEM detektorok külön kísérletet képeznek, nem segítik elő a TOTEM és a CMS partneri alapon történő együttműködését - jelenleg a CMS aldetektorok is külön kísérletet „képeznek”. Kérem a jelöltet, válaszában térjen ki arra, miként látja jelenleg a CMS és a TOTEM kísérletek partneri alapon történő együttműködésének lehetőségeit.

Fontosnak tartom kiemelni, és pozitívan értékelem a dolgozat első fejezetének végéről, a 22. oldal elejéről azt a részt, amelyben a jelölt a detektorépítésben való részvétel fontosságát, az analízisek konszenzusra, továbbá a különböző alrendszeren és más analíziseken dolgozó kísérleti kollégák meggyőzésére törekvő, a sokszoros és a kísérlet többszintű belső hierarchiájának megfelelő ellenőrzéseinek áteső folyamatát írja le, hangsúlyozva ezzel a kísérleti munka csoportos, a tudományos szakértők konszenzusára építő jellegét. Ez a rész világossá teszi azt is, hogy micsoda óriási munkát, belső dokumentációt, előadássorozatot, erőfeszítést kell kifejtene annak, aki egy nagy kísérleti kollaboráció hibás eredmények távoltartására kidolgozott belső szűrőrendszerén túl kíván jutni adatelemzésének eredményeivel, és azt is, hogy az ilyen módon előállított tudományos közlemények nem elsősorban nem egyéni munkának, hanem kollektív eredménynek számítanak, azzal együtt is, hogy minden analízisnek van egy vezető szerzője, van egy szűkebb csoport, aki szorosan együttműködik a vezető szerzővel, és van egy másik csoport, amely megvan bízva az eredmények ellenőrzésével, az adatok hitelességének igazolásával.

Éppen a fentiek *miatt nem tudom elfogadni a dolgozat 5. tézispontjának azt az állítását, mely szerint „koordinálhattam és megírhattam a CMS kísérlet első két publikációját”*, elismerve azt, hogy az adatkiértékelés csoportosan történt. Hiányolom itt annak megjelölését, hogy a CMS kísérlet felépítése is óriási, csoportos erőfeszítés, és a cikk írása során a CMS különböző belső szűrőin áthaladva a kollégák megjegyzéseit, javaslatait, reakcióit is figyelembe vevő, sokszerzős kísérleti munka. ***Elismerem azt, hogy a cikk előkészítésében a szerző bizonyára vezető szerepet játszott, amit az is jelez, hogy az eredményeket ő mutathatta be először, a CMS kollaboráció nevében, nemzetközi konferencián.*** Azonban, ha teljesen egymaga írta volna meg a CMS kísérlet első két publikációját, akkor bizonyára nem tüntette volna fel azt a többi közel 3000 társszerzőt, aki a cikken mégis valamilyen ok folytán megjelent, jelezve, hogy az eredmény eléréséhez valamilyen szinten hozzájárulást adott. Lehetséges, hogy a jelölt szóhasználata félreértésen alapul. Mindenesetre elképzelhetetlennek tartom azt, hogy valaki teljesen egyedül elkészítsen egy tudományos közleményt, majd a végén 3000

társszerzővel közösen publikálja annak eredményét, anélkül, hogy a kollégáknak a cikkhez érdemi hozzájárulása lenne. Gondoljunk csak arra, micsoda óriási munka volt a például a CMS detektor megtervezése és felépítése, valamint üzemeltetése. Tehát bizonyára nem csupán az adatok kiértékelésében játszott szerepet az a közel 3000 fő, aki a cikkben társszerzőként van megjelölve.

További fontos problémát jelez a 3. fejezet rövid ismertetése 22. oldal alján, mely szerint a szerző **„a dolgozat egyik fő témája a QCD fázisátalakulás kísérleti bizonyítékainak bemutatása a 3. fejezetben”**. Nem derül ki ugyanis, hogy a Bjorken – féle energiasűrűség becslés értéke miért nem kompatibilis a hadronanyag jelenlétével. A szerző erősen kölcsönható nagy energiájú partonokról is ír, amely „igazolja” a hadronokból kiszabadult kvark-gluon anyag jelenlétét, anélkül, hogy kvantifikálná, mennyire erős a szóban forgó kölcsönhatás. **El tudom fogadni azt, hogy a szerző a 3. fejezetben megadott kísérleti eredmények eléréséhez lényeges hozzájárulást adott, és azt is el tudom fogadni, hogy az itt megadott eredmények lényegesen járultak hozzá az erősen kölcsönható kvark-gluon plazma, pontosabb nevén a szinte tökéletes kvarkfolyadék tulajdonságainak feltárásához.** Azonban a PHOBOS **hivatkozott eredményei** a többi RHIC kísérlet, azaz a BRAHMS, a STAR, és a PHENIX eredményei nélkül, a dolgozat állításával szemben, **nem bizonyítják a QCD fázisátalakulás kísérleti megjelenését.** Valójában egy új jelenség létezésének megerősítését, a nagy impulzusú részecskék számának PHENIX kísérlet által felfedezett csökkenésének igazolását, valamint annak a bizonyítását olvashatjuk ebben a fejezetben, hogy az új jelenséget egy új anyagforma létrejöttének köszönhetjük. Azonban még az sem derül ki, hogy az új anyag milyen halmazállapotú, a halmazállapot-változás milyen típusú (elsőrendű, másodrendű, folytonos de termodinamikai egyensúlyokon keresztül megvalósuló átmenet, vagy esetleg nem is halmazállapot-változás, hanem egy nemegyensúlyi folyamat), mi a hangsebesség és a kinematikai viszkozitás értéke stb stb. Ezeket a dolgozatban kvantitatíven nem tárgyalt kérdéseket a többi RHIC kísérlet, különösen a STAR és a PHENIX kísérlet mérési adatai alapján ma már kis mérési hibával, számszerűen is meg tudjuk válaszolni. Az új anyag halmazállapotának tulajdonságait feltáró STAR és PHENIX eredmények azonban nem a szerző által a 3. fejezetben összefoglalt PHOBOS eredményekből következnek. Ez nem a PHOBOS kontribúciók hozzájárulásának fontosságát csökkenti, hanem óvatosságra és nagyobb konzervativizmusra int a kísérleti eredmények interpretációjának, értelmezésének területén, és a 2. tézispont utolsó mondatának visszautasításához vezet.

Ez a visszautasítás barátságos, de egyben nagyon határozott is. Indoklásául a dolgozat keretein belül a 39. ábrára hivatkozom, mely jelzi, hogy a nagy impulzusú részecskék számarányának csökkenése a CERN SPS 17.3 GeV-es tömegközépponti energiájú Pb+Pb ütközéseiben még nem történik meg, a STAR és a PHENIX 200 GeV-es Au+Au ütközéseiben a RHIC gyorsítónál ez a jelenség határozottan észlelhető, és fennmarad a CMS és az ALICE 2.76 TeV-es Pb+Pb ütközéseiben. A jelölt a téziszülete 2. oldalán azt írja, hogy három másik megfigyelhető mennyiség alapján a CERN SPS energiákon is valószínűsíthető a fázisátalakulás. Ezzel azt is elismeri, hogy a nukleáris modifikációs

faktor értéke önmagában nem jelent direkt bizonyítékot egy új, nem hadronikus szabadsági fokokon alapuló halmazállapot előállítására. Nem jelöli meg a jelölt a dolgozatában annak kísérleti bizonyítékait sem, hogy az új anyag folyadék halmazállapotú, pedig a részecskespektrumok radiális folyás miatti tömegszámfüggése, a HBT sugarak transzverz tömeg szerinti skálaviselkedése, és legelfogadottabb jelként az elliptikus folyás hidrodinamikai skálázása ennek a halmazállapotnak a folyadékdinamikai tulajdonságait egyértelműen és egymással is konzisztensen jelzik. Hiányolom a hangsebesség valamint a kinematikai viszkozitás mérési eredményeinek összefoglalását, értékelését is, vagy a legalább a témakör kísérleti eredményeire való utalást is. Ugyanis azon túl, hogy állítja a jelölt a kvarkanyag folyadék természetét, a folyadék halmazállapot tulajdonságainak részletes jellemzése is szükséges a tudományos értelemben vett bizonyítás meggyőző voltához. Például a gázok és a folyadékok is ugyanolyan, hidrodinamikai jellegű egyenleteknek tesznek eleget a lokális termikus egyensúly fennállása esetén. A relativisztikus ideális gáz azonban speciális hangsebesség értékkel rendelkezik, $c_s = 1/\sqrt{3} \sim 0.58$, ami lényegesen eltér a PHENIX által mért és publikált $c_s = 0.35 \pm 0.05$ értéktől. Az elliptikus folyás hidrodinamikai skálázása mellett tehát a megmért hangsebesség az a kísérleti eredmény, ami jelzi, hogy nem az aszimptotikus szabadság által jósolt ideális gáz, hanem egy váratlan tulajdonságú folyadék a RHIC gyorsítóban kísérletileg előállított új anyag halmazállapota. A kvark szabadsági fokok megjelenésére pedig a RHIC gyorsító energiáin a legegységesebb, perdöntő és direkt kísérleti bizonyítékot a dolgozatban nem említett tudományos közlemények: az azonosított részecskék elliptikus folyásának kvark-szám skálázása, és a PHENIX direkt foton spektrum mérésének kezdeti hőmérsékletre vonatkozó eredménye szolgáltatja, amely lényegesen a hadronok létezésének felső határhőmérséklete, a Hagedorn hőmérséklet feletti érték (Hivatkozások: <http://arxiv.org/abs/nuclex/0608033>, Phys.Rev.Lett. 98:162301 (2007) és <http://arxiv.org/abs/arXiv:0804.4168>, Phys.Rev.Lett.104:132301 (2010).)

Megjegyzés: a 33. oldalon a BSC detektor triggereinek tárgyalásakor bizonyos külső „evezők” jeleiről ír, azonban a 15. ábrán a BSC detektor felépítésének bemutatásakor ezt a detektor elemet nem nevezi meg, explicite nem mutatja be, bár a komponensek alakjából sejthető, hogy az ábra jobb oldalán bemutatott detektor-komponensről lehet szó.

Szépnek találtam a 2.3 alfejezet leírását, a CMS kísérlet BSC aldetektorának alkalmazását a 34.-36. oldalon.

A 35. oldal alján a BSC *kísérlet* legnagyobb hatásfokú, legérzékenyebb minimum bias triggeréről ír. Értelemszerűen úgy tűnik, hogy a *CMS kísérlet BSC aldetektorának* a triggerét jellemzi ilyen módon. Ha a BSC mégis önálló kísérletnek számítana, kérem előadása során erre pár szóval térjen ki.

A 36. oldalon a 2.3 záró paragrafusában fontos eredményeket foglal össze, a disszertáció olvasásakor tézispontnyi jelentőségét éreztem. **Örömmel üdvözöltem ezeket az állításokat az 5. tézispont első bekezdésében, melyeket teljes mértékben el is fogadok fontos és lényeges, új tudományos eredménynek.**

Az 5. tézispont második felében azonban a „koordinálhattam és megírhattam” helyett a „vezető szerepet játszottam a ... koordinálásában és publikálásában” kifejezéseket tudom dolgozatban megadott eredmények és információk alapján elfogadni -- emiatt a jelenlegi formájában az 5. tézispont 2. paragrafusát nem tudom elfogadni.

A 2.3 alfejezet végén a jelölt a trigger hatásfokát a nem egyszeresen diffraktív eseményekre is megadja. Hiányzik azonban ezen eseményosztály definíciója, tehát a trigger hatásfokának elemzése előtt célszerű lett volna definiálni a diffraktív, egyszeresen és kétszeresen diffraktív, inelasztikus, rugalmas és nem-e egyszeresen diffraktív események CMS kísérletben elfogadott definícióját. Például szó szerinti értelemben a rugalmas ütközések nem egyszeresen diffraktív (NSD) ütközések, de nem világos, benne vannak-e a CMS definíció szerint az NSD eseményosztályban, tekintve, hogy detektálásukra ismereteim szerint a CMS-nek nincsen megfelelő kísérleti lehetősége.

A 37. oldalon újra szó van a Glauber modellről a résztvevő nukleonok átlagos számának becslése kapcsán. Ezek említése először a 10. oldal környékén lelhető fel, hivatkozva Bialas és kollégái sérült nukleon modelljét, ref. [106]. Úgy gondolom, hogy a Glauber modellnek kiemelt fontossága van ebben a Disszertációban, különös tekintettel a közepes és kis magoknál fontos excentricitás fluktuációk kérdésére a disszertáció 5. fejezetében. Jót tett volna a dolgozat felépítésének, és alapvető volta miatt is indokolt lett volna az eredeti Glauber cikkeket a dolgozat végén megadott 372 referencia mellett meghivatkozni, és a modellt a bevezető alapfogalmak tárgyalásakor az 1. fejezetben vagy egy Appendixben röviden ismertetni.

A 37. oldal első bekezdésében a jelölt éppen a periferiális ütközések pontos szétválogatását, a hozzájuk tartozó participáns szám pontos meghatározásának fontosságát taglalja. Azonban nem említi a ZDC és a BSC detektorok korrelációjával előállítható, már említett, a RHIC gyorsítóban standardként használt „óra-plotok” bevezetésének lehetőségét. Kéréssem az, hogy erre a lehetőségre a trigger diszkusszió kereteiben is térjen vissza, utalva a PHOBOS összefoglaló cikk C. 5 (a) ábrájára.

A harmadik fejezet címe „A QCD fázisátalakulás kísérleti igazolása”. A cím választása feltételezi, hogy létezik QCD fázisátalakulás, és ebből csak egyféle van, amely elméletileg pontosan megértett jelenség, a kísérleti kutatók feladata leszűrhető az elméleti eredmények kísérleti igazolására. Ismereteim szerint a RHIC kísérletek mandátuma ettől jóval óvatosabban fogalmazott, a kísérletek mandátuma a QCD fázisdiagramjának kísérleti vizsgálatára szólt, azzal a küldetéssel, hogy perdöntő bizonyítékokat szolgáltatassanak a kvark-gluon plazma fázis létezésére, feltárva annak tulajdonságait, ha ez a halmazállapot létezik. Ha ilyen új halmazállapot

nem jön létre, akkor pedig kísérletileg cáfolják meg a QGP előállításának elméletileg javasolt lehetőségeit. A címválasztást azért sem értem, mert a jelölt az első fejezetben részletesen ismerteti az új fázis létrehozásának elvi lehetőségeit, megemlítve számos átmenet (folytonos átmenet, másodrendű fázisátalakulás, elsőrendű fázisátmenet) elvi lehetőségét, utalva azon rács-QCD számítások eredményeire is, amely szerint a kis bariokémiai potenciál esetében nem beszélhetünk valódi fázisátalakulásról, csupán egyfajta gyors változsról, folytonos átmenetről, és megemlítve a királisan szimmetrikus fázisok létrejöttének és kísérleti vizsgálatának elvi lehetőségét is. Szerencsésebbnek éreztem volna egy óvatosabb címválasztást, mint például: „Hozzájárulásaim az erősen köcsönható anyag új formájának felfedezéséhez” ami már címében is jelzi a témakör leszűkítését az egyéni kontribúciókra, és azt is előre bocsájtja, hogy a tárgyalt alapvető kutatások során számos új, korábban elméletileg váratlan szempont, tulajdonságra derült fény, tehát koránt sincs szó egy elméletileg jól ismert konstrukció kísérleti igazolásáról, sokkal inkább egy, az elméleti várakozásoktól jelentősen eltérő anyagforma kísérleti felfedezéséről és tulajdonságainak feltárásáról van szó.

A 42. oldalon, a 3.1.1 alfejezetben a jelölt ismerteti a PHOBOS kísérlet azon eredményeit, amely szerint a RHIC gyorsító 200 GeV-es tömegközépponti energiáin a Bjorken becslés konzervatív alkalmazása segítségével mintegy $3\text{--}5 \text{ GeV/fm}^3$ kezdeti energiasűrűség érhető el (amely érték megegyezik a többi RHIC kísérlet, a BRAHMS, a STAR és a PHENIX által becsült értékekkel). Megállapítja, hogy ez a konzervatívan becsült energiasűrűség mintegy hatszor nagyobb a nukleonok, illetve mintegy hússzor nagyobb az atommagok energiasűrűségénél, ami korrekt észrevétel. Azonban a következő mondta, mely szerint „Ezért a létrejött anyag nem írható le többé hadronikus szabadsági fokokkal,” következtetésként véleményem szerint nem állja meg a helyét, noha jelzem azt is, hogy ez a mondat viszont a PHOBOS már idézett, [112] összefoglaló cikkében is szerepel, kicsit részletesebb indoklás után.

Úgy tűnik, hogy a 3.1.1 alfejezet a PHOBOS kísérlet idézett összefoglaló cikkének [nucl-ex/0410022v1] a 2. fejezetének a fordítása, néhány apró, az LHC beindulására vonatkozó beszúrással kiegészítve, és a PHOBOS cikk első ábrájának későbbi diszkutálásával.

A PHOBOS idézett összefoglaló cikke azonban a dologzatnál valamivel pontosabban fogalmaz, azt jelzi, hogy az elért energiasűrűségek esetén a rendszer hadronikus szabadsági fokokkal történő leírása nem megfelelő, „inappropriate”. Ezt állítást a továbbiakban megemlített (de sajnos a hivatkozási listából kimaradt) elliptikus folyás kvarkszám skálázása (azaz a PHENIX és a STAR eredményei) valamint a kezdeti hőmérséklet direkt fotonokon alapuló mérése, amely a PHENIX kísérlet eredménye, valóban bizonyítják. Tudjuk azt ugyanis, hogy a részecskefizikai adattáblázatban szereplő hadronok száma exponenciálisan nő a hadronok tömegével, melyet meredekséggént az ún Hagedorn hőmérséklet jellemez, melynek a részecskefizikai adattáblázatokból leolvasható értéke $T_H = 170\text{--}180 \text{ MeV}$. Emiatt a jól ismert hadronok segítségével nem írható fel konvergens statisztikus fizikai kifejezés akkor, ha a rendszer

hőmérséklete meghaladja ezt a Hagedorn-féle értéket, tehát T_H a jól ismert hadronok létezésének felső határhőmérsékleteként szerepel. A PHENIX direkt foton mérése azt mutatta ki, hogy a 200 GeV-es Au+Au ütközésekben a kezdeti hőmérséklet legalább 300 MeV, ami szignifikánsan a kritikus, $T_H = 170-180$ MeV fölötti érték. Tehát ma már azt is tudjuk, a kezdeti energiasűrűség legalább a Hagedorn-hőmérsékletnek megfelelő, kritikus ~ 1 GeV/fm³ értéknek a $(T_i/T_H)^4$ -szerese, azaz legalább $\sim 7-10$ GeV/fm³. **Mint Veres Gábor dolgozatának 42. oldalán a 3.1.1. utolsó mondatában megjegyzi: már az elsőnek mért és legegyszerűbb mennyiség, a keletkezett részecskék száma is az új halmazállapot megjelenéséről árulkodik, ami véleményem szerint is korrekt állítás. De a sejtés és a tudományos bizonyítás között nagyon fontos, lényeges különbség van mind minőségi értelemben, mind munka és időbeli ráfordítási igény tekintetében.**

A 3.1.2 fejezet a PHOBOS már idézett összefoglaló cikkének a hasonló című, 2.2.fejezetének a fordítása, beleértve a 2.2.1 alfejezetet is, melyet a 45. oldal utolsó bekezdése foglal össze tömörített formában, a dolgozat 17., 18. és 19. ábrája megfelel a PHOBOS összefoglaló cikk 2, 4. és 5. ábrájának, viszont a dolgozat 20. ábrája a PHOBOS összefoglaló cikk 37. oldaláról származik, a PHOBOS cikk 20. ábrájával vág egybe.

Sajnálom, hogy a jelölt nem fordította le a PHOBOS összefoglaló cikkből az elliptikus folyási paraméter (v_2) hidrodinamikai skálázását mutató 3. fejezet első három oldalát, azaz kimaradt a 15-17. oldal és az ide tartozó 6. és a 7. ábra. Ezek az adatok hidrodinamikai viselkedést jeleznek, és ez határozza meg az új anyag halmazállapotát, folyadék természetét. Ez pedig, ahogyan a PHOBOS összefoglaló cikk is helyesen hangsúlyozza, azt jelenti, hogy a nehézion-ütközés kezdeti szakaszában keletkezett részecskék erősen hatnak kölcsön egymással (mivel a nullához tartó szabad úthossz divergáló hatáskeresztmetszeteket, azaz erős csatolási határesetet jelöl), ami a sokkal szorosabban felel meg a folyadékok viselkedésének, mint a nagy szabad úthosszal rendelkező gázok viselkedésének. Ezután a PHOBOS cikk – véleményem szerint helyesen – az Au+Au ütközésekben tapasztalható nukleáris módosulási faktort elemzi majd a d+Au kontroll ütközések segítségével kimutatja, hogy ez szintén egy erősen kölcsönható anyag jelenlétének köszönhető. Veres Gábor dolgozata azonban a 3.2.1 fejezettől egyéni felépítést követ, véleményem szerint ezen a ponton nem igazán szerencsésen. Ugyanis a nagy p_t -s részecskekeltés Au+Au ütközésekben a PHOBOS által megfigyelt, közelítő N_{part} skálázásának lehetőségét hangsúlyozza ebben a részben, amelyből a kezdeti részecskeprodukciónak módosulásának lehetőségére utal (felszíni részecskekeltés, vagy gluon szaturáció, 49. oldal, ref.[168,169]). Hangsúlyozza a téma jelentőségét, a fenti cikkekre kapott több mint 100 hivatkozást. Nem említi viszont meg, hogy ez lényegében a PHENIX direkt foton nukleáris módosulási faktor mérés publikálása után lezárt területnek, **zsákutcának** bizonyult. Ugyanis a forró és sűrű, erősen kölcsönható anyagon a fényszecskék, a fotonok gyakorlatilag akadálytalanul hatolhatnak át. A fényszecskék nukleáris modifikációs faktora pedig a néhány GeV-ig terjedő p_t tartományban mérési hibán belül 1, ami azt jelzi, hogy a Glauber – modell és a bináris ütközések szerinti skálázás, valamint a perturbatív QCD folyamatok figyelembe a

midrapiditásnál jól írja le az Au+Au ütközések természetét, ellentétben a participánsok száma szerinti skálázással. (Hivatkozás: <http://arxiv.org/abs/nucl-ex/0503003> , Phys.Rev.Lett.94:232301,2005) A 77. oldalon ezt a jelölt maga is elismeri, közvetett formában, a CMS Pb+Pb reakcióiban keletkező $Z^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$ bomlás elemzésekor: „... igazolva, hogy az N_{coll} mennyiséggel valóban arányos a ritka folyamatok valószínűsége, és a Z^0 bozont nem befolyásolja a kvark-gluon anyag jelenléte...”.

Ennek a résznek a legszebb eredményeként a d+Au ütközések nukleáris módosulási faktorának a pszeudorapiditás függésének a kimutatását érzem, amit a 25. és a 26. ábra jelez. Sajnálom, hogy ez a nagy rapiditásoknál várhatóan megjelenő, gluon-kondenzációra utaló eredmény nem szerepel a tézispontok között.

Hasonlóan értékesnek tartom a részecske-azonosítást repülési idő mérő spektrométer, TOF fal segítségével megvalósító fejlesztést, amelyről a 3.3 fejezet ad számot. Az ezzel kapcsolatos 4. tézispontot teljes mértékben elfogadom, a kapcsolatos kérdésemre adott választól függetlenül.

A 84. oldalon, a 48. ábra alatt a jelölt a centrális Pb+Pb ütközésekben létrejövő sűrű közegen áthaladó partonok energiaveszteségéről ír. Ezzel kapcsolatosan helyénvalónak érzem megjegyezni, hogy az energiaveszteség a közegbeli ütközések számától függ, ami pedig a közeg sűrűsége mellett annak térfogatának is függvénye. Tehát érdemes kitérni annak a lehetőségére, hogy a közeg d+Au és p+p ütközésekben is megjelenhet, de jóval kisebb térfogatokban, mint az Au+Au ütközésekben. Emiatt is fontos lenne az egységnyi megtett úton történő intenzitáscsökkenés, vagy az optikai opacitás fogalmának bevezetése, ami valóban a közegre lokálisan jellemző mennyiség, míg a kísérleti standard nukleáris módosulási faktor a közeg teljes térfogatán történő intenzitáscsökkenésnek a mértéke, ezért nem lokálisan, hanem globálisan jellemzi a részecskesugarak intenzitásának csökkenését. Tehát a közeg sűrűségének, pontosabban nagy opacitásának hangsúlyozása mellett a nagy térfogatot is célszerű említeni, nem csak a 84. oldalon, hanem a konklúziók levonásakor, a 88. oldalon is.

Szépnek és korrektnek találtam a 88. oldal tetején Siklér Ferenc kontribúcióinak említését.

A 89. oldalon a RHIC gyorsító energia tartományának alsó és felső korlátja, 19.6 – 200 GeV helyett a mérési tartomány pontosabban jelenleg 5.5 – 500 GeV, ahol 500 GeV a polarizált proton-proton ütközésekben elért tömegközépponti energia.

A 90. oldalon, az 51. ábra alatt hivatkozik a PHOBOS összefoglaló cikkre [112], abban a kontextusban, hogy a pszeudorapiditás és a p_t eloszlás centralitásfüggése energiafüggetlennek látszik egy széles, akár egy nagyságrendnyi tömegközépponti energia tartományban. Mivel erre a [112] cikkre a 4. fejezet több alfejezete közvetlenül épít, megegyező ábrák szerepelnek szinte teljesen hasonló sorrendben, egymásnak megfeleltethetőek a paragrafusok, illetl volna alaposabban felhívni a figyelmet arra, hogy a 4. fejezet során alapvetően a [112] cikkben összefoglalt eredmények fordításával

találkozhatunk. Mivel a Disszertáció szerzője a [112] cikknek is társszerzője, saját eredmények fordításáról van szó, ami rendben volna, ha a forrást a jelölt rendben megjelölte volna. Maga a 4. fejezet a dolgozat egyik legszebb része, és a rá épülő 3. tézispontot is nagymértékben elfogadom (kivéve az első paragrafus utolsó mondatát, amely az elliptikus folyás kvantitatív tulajdonságait nem veszi figyelembe).

A 92. oldalon a jelölt hangsúlyozza, hogy milyen nehéz megmérni a keletkező részecskék pszeudorapiditás eloszlását ütközőnyalábos kísérletekben, említve annak a lehetőségét, hogy a CERN SPS NA49 és a RHIC PHOBOS kísérlete lehetett az utolsó alkalom a teljes térszöget lefedő pszeudorapiditás eloszlás mérésére. A felsorolásban illett volna a RHIC BRAHMS detektorát is megemlíteni, amely nagy rapiditásoknál még részecskeazonosítással járó méréseket is publikált a RHIC nagy rapiditásainak megfelelő tartományban. A jelölt a dolgozatának 20. oldalán pedig kitért arra is, hogy a CMS majdnem a teljes térszöget lefedő detektorrendszer: nevezetesen a nyomkövető Si detektorok lefedik a $0 < |\eta| < 2.5$ tartományt (18.o), a HF detektor a $3 < |\eta| < 5$ tartományt, a CASTOR az $5.3 < -\eta < 6.6$, míg a ZDC kaloriméter a $8.3 < |\eta|$ tartományt. A HF és a CASTOR kaloriméterek előtt, de ahhoz hasonló pszeudorapiditás intervallumban találhatóak a CMS-től független TOTEM kísérlet nyomkövető detektorai, a TOTEM Roman Pot detektorok pedig az LHC nyalábjától néhány mm-re, az IP5 ütközési ponttól 147 és 220 m-re az LHC alagútjában találhatóak, lefedve ezzel a CMS pixel detektorok által le nem fedett pszeudorapiditás tartományt. Az LHCb detektor szintén alkalmas nagy pszeudorapiditás tartományban meghatározni a töltött részecskék szögeloszlását. A fentiek fényében indokolatlannak, és mára már publikált adatokkal is cáfoltnak látom az NA49-re és a PHOBOS-ra vonatkozó megjegyzést a dolgozat 92. oldalán, jelezve egyben a CMS és a TOTEM kísérletek közös adatfelvételének, adatanalízisbeli együttműködésének jelentős fizikai potenciálját.

A 94. oldalon az 54. ábra bal és jobb oldali plotján is feltűnik, hogy a telítődési (saturation) modell jóslata nincs megadva a p+p ütközésekre, és látszólag nem is extrapolál helyesen a görbe erre a tartományra. Tehát a két komponensű fitt tűnik a legsikeresebbnek, ellentétben a 95. oldal első bekezdésének értékelésével, amely a két komponensű fittet kritizálja, viszont meglehetősen sikeres telítődési modellekről ír.

A 4.2 fejezettel a már jelzett probléma, az Npart skálázás fizikailag zsákutcát jelentő vizsgálatán túl nincs más kritikai észrevételem – talán annyit jegyezne meg, hogy úgy látszik, érdemes óvakodni az olyan változók vizsgálatától, amiknek a felső indexében alsó indexes változó van, mint pl. az 55. és az 56. ábrán.

A 4.3.1 fejezet a PHOBOS összefoglaló cikk (arXiv:nucl-ex/0410022v2, ref. [112]) 4.2 fejezetének felépítését követi, az 59. és a 60. (bal, jobb) ábrák a PHOBOS cikkben a 14, 15. és 16. ábráknak felelnek meg, és a 4.3.1 a fenti PHOBOS cikk 4.3 alfejezetének fordításával kezdődik. Veres Gábor társszerző ebben a PHOBOS összefoglaló cikkben, de illett volna hivatkozni a paragrafusok forrására ezen a helyen is. Szép ez a fejezet, kár ilyen kihagyásokkal rontani az értékét. A dolgozat 62. ábrája a PHOBOS cikk 22.

ábrájának felel meg, a 103. oldal alja a PHOBOS cikk 4.5.2 alfejezetének fordítása. A 63. ábra a PHOBOS cikk 23. ábrája, a 64. a PHOBOS 24. ábrája, a 65. ábra ezt CMS adatokkal egészíti ki. A továbbiakban CMS eredmények tárgyalása következik, majd a 72. ábránál folytatódik a PHOBOS 25. ábrája, a 73. ábra a PHOBOS cikk 26. ábrájának felel meg. Ezeken a helyeken is hiányoltam a [112] publikációra történő részletesebb hivatkozást.

Szép a 110. oldaltól a CMS pszeudorapiditás eloszlás mérés bemutatása. Jó lett volna, ha ennek a munkának a részleteiről is olvashatna itt a bíráló. Pl. 110. oldalon „az eseménygenerátorok és szimulációk segítségével vizsgáltuk” kifejezés nem túl specifikus, nem teszi a leírás alapján a munkát reprodukálhatóvá. A vágások perturbálásával végrehajtott vizsgálatokról ír a 111. oldal tetején, amit jobb lett volna részletesebben megadni, a konkrét vágás módosításokat specifikálni.

A 117. oldal alján arról ír, hogy a gluon telítődéses modellek „jóslatokat már az ALICE kísérlet centrális Pb+Pb ütközésekre vonatkozó eredmények ismeretében publikáltak”, emiatt talán szerencsésebb lett volna a „jóslat” helyett a „számítások” kifejezés használata.

A 118. oldalon arról ír, hogy egy bizonyos, adatokra illesztett kitevő értéke a p+p esetben $n=0.1$, a Pb+Pb esetben pedig $n=0.13$, majd az oldal alján megjegyzi, hogy ez a két kitevő értéke különbözik. Fizikai mérések esetén a lényeges kérdés az, hogy két mért érték lényegesen, azaz a mérési hibától lényegesen nagyobb mértékben különbözik-e egymástól. A jelöltnek illett volna megadnia a kitevők hibáját, hogy a különбözőség mértékét érdemben kvantifikálni, érdemben vizsgálni lehessen, bár a 70. ábra jobb oldala alapján úgy tűnik, kvalitatíve az állítás rendben van.

A 4.3.4 fejezet szép, de hiányolom az egyes szám első személyben írt mondatokat, a saját kontribúció kiemelését.

A 121-123 oldal leírása szép, fontosnak tartom a gondos tisztázás igényének hangsúlyozását. A 123 oldalon arról ír, hogy a létrehozott folyadék igen kis viszkozitással rendelkezik. Itt érdemes lett volna megemlíteni, hogy a RHIC Au+Au ütközéseiben észlelt folyadék kinematikai viszkozitása hibán belül a KSS sejtés szerinti elméleti alsó korlát, $1/(4\pi)$ közeli érték, és hivatkozni az ezt publikáló kísérleti eredményeket, vagy összefoglalásukat.

A 126. oldalon a 77. ábrán a kezdeti feltétel Glauber modellje az adatokkal szisztematikus hibán belül egyezik. Látható egy CGC modell jóslat is, amely az adatokkal nem egyezik, de a CGC jóslat hibáját, a Glauber számítástól eltérően, az ábra nem tartalmazza. Jó lett volna a CGC hibáját is feltüntetni, hogy határozottabb következtetéseket lehessen levonni az eredményből.

A 130. oldalon a nehézion-reakciók kezdeti feltételeinek átlagát analitikus közelítéssel számolja, egy, az irodalomban megjelent téves jóslatot korrigálva. Megjegyzésem a 130. oldal alján említett ténnyel kapcsolatos: az analitikus számítás elvégzéséhez a kezdeti nukleonok közötti korrelációkat el kell hanyagolni. Azonban jól ismert, hogy a

nukleonok fermionok, és erős taszító törzssel rendelkeznek, tehát realisztikus számításokban a kezdeti helyzeteik közötti korrelációk nem hanyagolhatóak el. Jól mutatja ennek fontosságát a 79. ábrán az analitikus közelítések és a teljes, korrelációkat is figyelembe vevő Monte-Carlo számítás közötti lényeges, néha kettes faktorként jelentkező különbsége.

A 135. oldaltól a jelölt új típusú részecskekorrelációk megfigyeléséről ad számot. A bevezetésben újra azt hangsúlyozza, hogy a nagy transzverzális impulzusú részecskék elnyomása egy hadronanyagnál jóval erősebben kölcsönható közeg létrejöttét mutatja. Hiányolom itt a geometriai szemlélet megjelenését, tehát annak hangsúlyozását, hogy a közeg milyensége mellett annak térfogata, azaz a közegben megtett út hossza is számít az elnyomás mértékének kialakításában. Felhívnám a figyelmet a 2. tézisponttal való explicit ellentmondásra is, mely szerint „a hadronok alkotórészei kiszabadulnak, amit az erős kölcsönhatás ún. aszimptotikus szabadsága tesz lehetővé”. Ha a rendszer tulajdonságait az aszimptotikus szabadság dominálná, akkor ún. gyengén kölcsönható plazmával lenne dolgunk, melyen aszimptotikusan szabadon áthatolhatnának a nagy impulzusú részecskék, a nukleáris modifikációs faktor közelítene az 1-hez. Azonban a kísérleti adatok szerint a nukleáris modifikációs faktor közel 0.2, ami azt jelenti, hogy csak minden 5. nagy transzverz impulzusú részecske haladhat át a létrejött anyagon. Hasonló kisebb melléfogás a közeg geometriai (téridőbeli) viszonyairól információt szolgáltató Bose-Einstein *kondenzátumokról* írni – a pontos szakkifejezés ebben az esetben a Bose-Einstein korrelációkat, vagy a Hanbury Brown – Twiss effektust jelenti. Szép a 136. oldal bevezetése, de illett volna a félreérthető az „először és a mai napig legnagyobb szögtartományban nehézion-ütközésekben figyeltük meg ... (a PHOBOS, illetve a CMS kísérletekben)” kifejezés helyett elmondani, hogy a jelenséget először a STAR kísérlet észlelte a RHIC nehézion-ütközéseiben 2005-ben[341], majd ezt a mérést 2010-ben a PHOBOS a teljes pszeudorapiditás tartományra kiterjesztette [351]. A 6.1 alfejezetnek ez a [351] cikk az alapja.

A 139 oldalon arról ír, hogy az eredmény azokat az interpretációkat valószínűsíti inkább, melyek az ütközések globális jellemzőit helyezik előtérbe. Hiányolom a hivatkozások megadását, ezen sikeres(ebb) modellek specifikálását ezen a ponton.

A 140 oldalon a 6.1.2 fejezetben a CMS hasonló méréséről ír, a szögtartomány a pszeudorapiditáseloszlás méréséhez hasonló, ami a $|\eta| < 2$, és $|\Delta\eta| < 4$ tartománynak felel meg. Mivel a nagy $|\Delta\eta|$ értékek csak úgy érhetőek el, ha mindkét részecske az akceptancia tartomány szélén található, ezért indokolt lett volna az akceptancia korrekciók részletesebb taglalása ebben a fejezetben.

A 142. oldal alján jelzi, hogy ezek a korrelációk nincsenek jelen az átlagos p+p ütközésekben. Célszerű lett volna utalni itt a következő fejezet 86. ábrájára, amely a kijelentést igazolja.

A jelölt azt állítja, hogy a [360] publikációban új típusú kétrészecske-korrelációt találtak, ez volt az elemi hadronikus ütközésekben mutatkozó hosszútávú, azonos oldali korrelációk első

megfigyelése. Javasolom kutatási kérdésként a jelenség energiafüggésének megvizsgálását, azaz annak tisztázását, hogy ez a folyamat milyen ütközési energiák környékén jelenik meg először. Például jelen van-e a RHIC nagy multiplicitású p+p ütközéseiben?

Szép a 144. oldal, és bizalomkeltő annak leírása, ahogyan a CMS vezetése az eseményválogatáshoz szükséges belső erőforrásokat (a HLT farm kapacitásának kb 50%-át) a csoport rendelkezésére bocsátotta.

A 145. oldalon arról ír, hogy ezeket a fajta korrelációkat a nehézion-ütközésekben hidrodinamikai képben interpretálhatjuk. Nem említi viszont a p+p ütközések hidrodinamikai interpretációjának eredetileg Landau által felvetett lehetőségét, amit határozottan hiányolok. Különösen amiatt, mert a 141. oldalon említi azt, hogy az elliptikus folyás járulékának figyelembe vételét elhanyagolják a centrális Pb+Pb ütközésekben az LHC energiákon, majd ugyanezt az analízist ismétlik p+p ütközésekben. Nem említi viszont meg a nagy multiplicitású p+p ütközésekben az elliptikus folyás kialakulásának lehetőségét.

A 148. oldalon kezdődő összefoglalás szerkezete a tézispontokéra emlékeztet, kritikám is hasonló. A nagy impulzusú részecskék számának csökkenését a [166] PHOBOS publikáció valóban vizsgálta és az eredményeket publikálta is 2004 során, azonban illett volna megemlíteni, hogy a PHENIX kísérlet a [165] publikációban ezt a jelenséget már 2002-ben felfedezte és az eredményt publikálta a Phys. Rev. Lettersben. A [166] PHOBOS cikk 2004-ben, két évvel a PHENIX cikk után jelent meg a Phys. Lett. B-ben. Tehát egy korábban már felfedezett és publikált jelenséget megerősítő mérésről, nem pedig egy bizonytalan, ismeretlen helyzetet egyértelművé tevő igazolásról van szó valójában. Ráadásul a PHENIX, a BRAHMS és a STAR kísérlet a jet elnyomás jelenségét további cikkekben, már 2003 során megerősítette, és 2003 augusztusára tisztázódott az is, hogy a nagyimpulzusú részecskék számának csökkenése d+Au ütközésekben nem lép fel. A participánsok számával történt skálázás pedig, mint a jelölt maga is elismeri a CMS kísérlet kapcsán, és amit a RHIC Au+Au ütközéseiben a direkt fotonok spektrumának Ncoll skálázásának szintén PHENIX kísérlet által történt kimérése óta tudunk, valójában tudományos zsákutca, valószínűleg a mérési rapiditás tartomány és a nukleáris modifikációs faktorok rapiditásfüggésének együttes eredménye, tézispontba szerény véleményem szerint nem való. A releváns PHENIX cikk a következő:

S.S. Adler et al, PHENIX Collaboration, „Centrality dependence of direct photon production in $\sqrt{s(NN)} = 200$ GeV Au+Au collisions, Phys. Rev. Lett. 94, 232301 (2005), <http://arxiv.org/abs/nucl-ex/0503003> .

Különös figyelmet érdemel ennek a cikknek a 3. ábrája, amely azt jelzi, hogy a perturbatív QCD segítségével számolható folyamatok, pl a direkt foton spektrum független a participánsok számától, viszont a számuk pontosan a Glauber képnek megfelelően a bináris nukleon-nukleon ütközések számával arányos. Ezért ezzel arányos a nagy pt-s hadronok keletkezési valószínűsége is, és az ábra azt is jelzi, hogy a nagy pt-s semleges pionok

nukleáris módosulási faktora N_{part} növelésével csökken, tehát minél nagyobb térfogatú a kezdőállapot, annál kevesebb erősen kölcsönható semleges pion képes azon áthatolni.

Veres Gábor szerint a $d+Au$ kontroll kísérleteket az $Au+Au$ ütközésekben létrejött közeg, és az azon történő energiaveszteség magyarázatának **igazolására** kellett elvégezni. Helyesebb azonban arra is gondolni, hogy más, lényeges magyarázata is lehet az $Au+Au$ ütközésekben tapasztalt nagy transzverz impulzusú részecskék számának a megfigyelt csökkenésének: nevezetesen a szórócentrumok lecsökkenése, szakmai szóval a struktúrafüggvények módosulása, azaz az $Au+Au$ ütközések kezdeti állapotának a megváltozása. Tehát a $d+Au$ ütközések eredményei nem az egyetlen lehetséges, de bizonytalan státuszú magyarázatot „igazolták”, hanem egyértelműen választottak két lehetséges magyarázat-osztály között, és azt bizonyították, hogy az $Au+Au$ ütközésekben újfajta tulajdonságú, erősen kölcsönható új anyagforma jön létre, úgy, ahogyan azt Veres Gábor a 148. o. (Összefoglalás) 3. paragrafusának második mondatával írja: „Ezzel tehát bebizonyosodott, hogy a nagy p_T -vel rendelkező részecskék elnyomása valóban nem a kezdeti állapot módosulása miatt történik, hanem a kialakult ... erősen kölcsönható anyag miatt.” Sajnálatosnak és logikai szempontból teljesen hibásnak tartom viszont a következő mondatban megfogalmazott következtetést: „Ez az eredmény tehát azt igazolja, hogy a nehézion-ütközésekben keletkezett nagy energiasűrűségű anyag nem állhat az atommagokhoz hasonlóan hadronokból, hanem fázisátalakulásnak kellett történnie, amely során a hadronok alkotórészei kiszabadulnak, amit az erős kölcsönhatás ún. aszimptotikus szabadsága tesz lehetővé.”... Sok minden sajnálatosan keveredik ebben a mondatban. Az új tulajdonságokkal rendelkező anyagforma megjelenése bizonyított tehát, de új anyag létrejöhet nem-egyensúlyi módon is, nem csupán fázisátmenettel. Az $Au+Au$ és a $d+Au$ nukleáris módosulási faktorok értékéből még nem olvasható ki az új anyag halmazállapota, folyadék tulajdonságainak feltárásához azonosított részecskék elliptikus folyásának adataira, a v_2 tömegfüggésére volt szükség. A kvark szabadsági fokok megjelenését is a v_2 kvarkszám-skálázása igazolta először kísérletileg egyértelmű, direkt módon. Végül a nukleáris módosítási tényezők egynél kisebb értékei cáfolják az aszimptotikus szabadság szerepét az új halmazállapot létrehozásában: az aszimptotikus szabadság egy gyenge csatolási állandójú határesetnek, és nagy szabad úthosszaknak felelne meg, ami 1 közeli nukleáris módosítási faktornak felelne meg.

Hasonló logikai hiba a 149. oldal első sorában is fellelhető: a $Cu+Cu$ és $Au+Au$ ütközéseket azonos N_{part} értékeknél tekintve a spektrumok alakja hasonló ugyan, de az elliptikus folyás értéke különböző lesz az eltérő excentricitásaik miatt, ahogyan azt a 75.(a) ábra is szépen jelzi a dolgot 124. oldalon.

Ellentmondást látok a kis hatáskeresztmetszetű és nagy transzverz impulzusú részecskék spektrumainak fontosságát hangsúlyozó 3. paragrafus eleje és ugyanezen paragrafus vége között, mely a nagy hatáskeresztmetszetű, azaz a lágy folyamatok mérésének fontosságát hangsúlyozza. Tehát a CMS kísérletbe való bekapcsolódás motivációja és első eredményei nincsenek egymással összhangban.

A 150. oldalon jelzett elméleti számításokról jeleztem, hogy azok valóban előrelépést jelentenek a szakterületen, de a számítások nem realizisztikusak, mivel nem veszik figyelembe a kezdeti atommagok nukleonjai közötti korrelációkat és emiatt lényegesen gyengébb eredményeket szolgáltatnak a Monte Carlo Glauber szimulációktól, ahol ezt a jelenséget direktben figyelembe lehet venni.

A 152. oldalról különösen a Nagyapának szóló köszönetnyilvánítást szeretném kiemelni, szép záró elemként.

A hivatkozási lista bőséges. Hiányoltam azonban a kísérleti cikkek esetén a kollaborációk explicit megnevezését, és a magyarra fordított alfejezetek, részeredmények explicit megjelölését.

A dolgozat jó helyesírással íródott, ezzel kapcsolatos kisebb észrevételeimet a bíráló végén foglaltam össze.

A dolgozattal kapcsolatos kérdéseim a következők:

- 1. kérdés:** Tanulmányozták-e a PHOBOS-ban a 4. ábrán feltüntetett centralitás változók és a ZDC korrelációit? Hasonlóan a CMS-ben tanulmányozták-e a HF kaloriméter és a ZDC korrelációi segítségével meghatározható centralitás-osztályok és a csupán a HF összenergia mérésen alapuló centralitás osztályok kapcsolatát? Mennyire lehetne lecsökkenteni ilyen módon a periferiális ütközések centralitás-osztályainak átfedését?
- 2. kérdés:** A jelölt a 30. oldalon a CMS detektoron vízszintesen áthaladó részecskékről illetve ezek záporairól ír, azzal kapcsolatban, hogy ezek a nyomok szétválasztandók a gyorsító p+p ütközéseiből keletkezett részecskék nyomaival. Kérdésem, hogy mi a fizikai oka, a forrása ezen vízszintesen mozgó részecskéknek? Nyilván nem kozmikus eredetűek, talán a nyaláb-halo vagy a nyaláb-fal kölcsönhatásokban keletkező részecskékről lehet szó. Milyen típusú részecskék mozognak ilyen módon?
- 3. kérdés:** A 33. oldalon található 16. ábra a BSC trigger egy részének, a minimum bias triggernek a vázlatos kapcsolási rajzát mutatja, feltüntetve, hogy a szerzője Alan Bell és Veres Gábor. Alan Bell neve a köszönetnyilvánításban is szerepel. Mi volt a munkamegosztás, az ábra mennyiben Alan Bell, mennyiben a jelölt munkája?
- 4. kérdés:** A 64. oldalon a jelölt azt írja: „Amiatt, hogy a TOF falak helye rögzített, a különböző tömegű részecskék kissé eltérő átlagos impulzussal rendelkeznek, mely változik a transzverz impzus és a mágnes polaritásának függvényében. Ezért a számos, különböző detektorokkal, mágnes-polaritásokkal mért adatpontot interpolációval szintetizáltuk úgy, hogy mindegyik adatpont az $y = 0.8$ rapiditásnak feleljen meg.” Nem lett volna célszerűbb megadni az akceptancia (y, p_t) függését a különböző részecskékre, és az abban az akceptanciában mért spektrumot közölni? Szó van ugyanebben a paragrafusban egy Taylor sorfejtésről is. Nem lett volna célszerűbb egy ún. kumuláns sorfejtés alkalmazása, amikor tehát a spektrumot nem

egy nem pozitív definit Taylor sorral ($a + b p_t + c p_t^2 \dots$) hanem egy mindig pozitív definit ún kumuláns sorba ($p_t^\alpha \exp(a + b p_t + c p_t^2 \dots)$) fejtjük?

5. **kérdés:** Mi a PHOBOS Au+Au ütközéseiben mért azonosított részecske spektrum szisztematikus hibája? Vizsgálták-e a szisztematikus hibáinak három lehetséges csoportját (pontról pontra ingadozó, p_t függő korrelált és p_t független, de pontról – pontra korrelált hibák)? Mit jelent az, hogy az Au+Au ütközésekben az azonosított részecskék spektrumának centralitás függése nem túl jelentős? Értelmezze ezt a kérdést a nukleáris módosulási faktor, az R_{AA} jól ismert centralitásfüggése kontextusában.
6. **kérdés:** Az úgynevezett „barion-anomália” tárgyalásakor említi a jet-fragmentációs és a kvark-rekombinációkon alapuló értelmezést, de nem említi a legkézenfekvőbb, hidrodinamikai alapú magyarázatot, amely ezt a jelenséget a radiális hidrodinamikai folyással, és az effektív hőmérséklet radiális folyás miatt fellépő tömegfüggésével. Kérem, adja meg az m_T -m spektrum effektív hőmérsékletének tömegfüggését a 33. ábra alapján, 62.4 GeV-es PHOBOS Au+Au ütközésekre. Értelmezhető-e, hogy a 67. oldal alján említett, d+Au és Au+Au spektrumok közötti minőségi különbség a radiális folyások nagysága közötti különbségeként? Használható-e a jet-fragmentációs interpretáció a 34. ábra jobb oldalának megfelelő, $p_t \sim 2$ GeV impulzustartományban fellépő jelenség értelmezésére?
7. **kérdés:** A 69. oldalon írja: „az LHC még messze nem érte el tervezett luminozitását és tömegközépponti energiáját a Pb+Pb ütközésekben”. Mekkora volt az LHC integrált luminozitása és maximális tömegközépponti energiája a p+p és a Pb+Pb ütközésekben a dolgozat kéziratának lezárásakor, és hogyan változtak ezek az adatok meg a védés időpontjára?
8. **kérdés:** A 84. oldal elején a centrális Pb+Pb ütközésekben a jet-párok aszimmetriáját a forró és sűrű közegen való áthaladással értelmezi. Hogyan függ ennek az effektusnak a nagysága a közeg méreteitől? Elképzelhető-e, hogy pl p+Pb ütközésekben is hasonlóan forró és sűrű közeg keletkezik, mint a Pb+Pb ütközésekben, csak jóval kisebb térfogatban, és ezért a jet-aszimmetria is kisebb lehet ezekben az ütközésekben?
9. **kérdés:** Milyen fizikai oka lehet a jelölt szerint annak, hogy adott tömegközépponti energián az e+e- ütközésekben keletkező részecskék átlagos száma közelítőleg megegyezik a kétszer akkora tömegközépponti energiájú p+p ütközésekben keletkező részecskék átlagos számával? (Megj: $N_{part}/2$ nem egyenlő a résztvevő nukleonpárok számával, a 89. oldal szövegével ellentétben (pl a párok száma csak egész, az $N_{part}/2$ fél vagy egész szám lehet).) Mi lehet az oka annak, hogy a nehézion-ütközésekben a keletkezett résztvevők száma a participáns nukleonok számával arányos? (Megj: Ha ez igaz, akkor persze résztvevő nukleonok számának felére is fennáll az arányosság.)
10. **kérdés:** A 110. oldalon arról ír, hogy a korrekciókban modellfüggés jelenik meg az eseményválogatás miatt, amit a 112. oldalon 3.5%-ra becsül. A pixel klaszter számlálás szisztematikus hibáját 5.7 %-ra értékeli. Más kisebb szisztematikus hibát is megad. Kérem értelmezze, hogy akkor hogyan lehet a végeredmény $5.78 \pm$

0.01(stat) +- 0.23(sziszt), amely 3.9 %-os relatív szisztematikus hibának felel meg, amely kisebb, mint a pixel kaszter számlálásból fakadó szisztematikus hiba. Lehet, hogy a %-ban megadott hibák nem relatív, hanem abszolút hibaként értelmezendők?

11.kérdés: A 138. oldalon arról ír, hogy a „hegygerinc” típusú korrelációk p+p ütközésekben RHIC energiákon történő kísérleti vizsgálatához a PHOBOS kísérlet sajnos nem rendelkezik elég adattal. A RHIC gyorsító 2005-ig, a PHOBOS kísérlet adatgyűjtésének leállításáig mintegy 43 inverz pb mennyiségű polarizált proton-proton ütközési adatot szolgáltatott. Kérem, ezért az adathiány kérdését fejtsse ki bővebben.

A Tézisfüzet „Új tudományos eredmények” c. fejezetéről, a tézispontokról.

Általános megjegyzések: A dolgozat részletes bírálatából már kitűnik, hogy Veres Gábor MTA Doktori disszertációjában igen szép eredményekről ad számot, amelyeket a PhD fokozatának megszerzése óta a BNL RHIC gyorsítójánál a PHOBOS kísérletben és a CERN LHC gyorsító CMS kísérletében végzett kiemelkedő és sokoldalú kísérleti fizikusi munkája során ért el. A sok szép eredmény közül kevesebb is elegendő lenne az MTA Doktori cím megszerzéséhez, és a magyar nyelvű, szép kiállítású dolgozat összeállítása rengeteg munka befektetését, a jelölt komoly erőfeszítését tükrözi. Sajnálatosnak tartom, hogy a dolgozata felépítésekor nem jelöli meg részletesen például a bevezetésben, vagy pl a PHOBOS kísérletben talált skálaviselkedések részletes elemzésekor, az egyes (al)fejezetek forrását, esetenként a társszerzőként jegyzett angol nyelvű cikkek részleteinek fordítással történő hasznosítását, de ez még tudományos szempontból véleményem szerint nem jelent problémát, inkább etikai kérdéskörbe tartozik. Azonban az már tudományos kérdés, hogy a jelölt a dolgozat összeállításkor ezekben a fejezetekben a szakirodalomban megjelent egyes jól ismert és konszenzusként elfogadott, fontos következtetésektől eltér, vagy túlságosan messzire vezető következtetéseket von le (pl Npart skálázás esetén, a d+Au adatok értelmezése esetén, illetve keveri a közel tökéletes folyadék a halmazállapot felfedezését a szabadsági fokok megállapításával, a felfedezett erősen kölcsönható anyag tulajdonságait helytelenül az aszimptotikus szabadsággal magyarázza). Ezek is jelzik, hogy az igen szép részeredményekből kiindulva, szép külalakkal, tartalmilag viszont ellentmondásosan és tudományos szempontból több esetben is elfogadhatatlan módon következtet, magyarázza a felfedezések során feltáruló képet – mentségére legyen mondván, hogy ez nem vele esett meg először: Kolumbusz is élete végéig meg volt győződve arról, hogy tenger felől felfedezte Indiát, és mások vették észre, hogy a részletek egy, a várakozásoktól eltérő, új kontinens, Amerika képét rajzolják ki. Kérem, hogy ennek szellemében olvassák a tézispontok alábbi kritikáját.

1. tézispont: Kis változtatással elfogadhatónak tartom a tézispont első mondatának az [1] hivatkozásig tartó részét, és a változtatás nélkül elfogadom a tézispont harmadik mondatát. A többi részt tudományos szempontból nem tartom elfogadhatónak. A tézispont szövegén áthúzással jelölve, az elfogadásra javasolt megváltoztatott tézispont így hangzik: „A brookhaveni RHIC gyorsítónál működő PHOBOS kísérletben 200 GeV energiájú Au+Au ütközésekben kísérletileg megmutattuk, hogy a nagy (néhány GeV/c) transzverzális impulzusú részecskék ~~keletkezési~~ detektált hatáskeresztmetszete csak töredéke annak, amit proton-proton ütközések eredményei alapján várnánk, figyelembe véve a nukleonok páronkénti ütközéseinek számát (N_{coll}) az Au+Au ütközésekben [1].~~—, igazolva ezzel a jet-quenching jelenségét. A fenti hatáskeresztmetszetet tehát nem az N_{coll} mennyiséggel, hanem közelítőleg az ütközésekben résztvevő nukleonok N_{part} számával találtuk arányosnak.~~ Ehhez a munkához az adatok felvételével és a *(nyers adatok)* detektor felbontását kompenzáló korrigálásával járultam hozzá.

Indoklás: A szakirodalomban jól ismert, hogy a jet quenching, azaz a nagy impulzusú részecskesugarak számának csökkenése egy 2002-ben publikált PHENIX felfedezés, a dolgozatban [165] számon hivatkozott eredmény, amely a Phys. Rev. Lettersben a címlapon jelent meg. Ezzel szemben a PHOBOS cikk, amely tézisfüzetben [1], a dolgozatban [166]-tal hivatkozott, és a tézispont alapja, 2004-ben publikált eredmény. A PHENIX kísérlet felfedezését már 2003-ban mind a PHENIX, valamint a három további RHIC kísérlet, a BRAHMS, a STAR és a PHOBOS is megerősítette, és a Physical Review Letters 2003 augusztus 15-i számának címlapján közölte mind a 4 RHIC kísérlet eredményét. A címlapfotón és a PRL 91 kötet 7. számában közölt BRAHMS, PHOBOS és STAR cikkek alapvetően a d+Au ütközéseket vizsgálják, de egyben összehasonlításul az Au+Au ütközésekben mért jet-elnyomást is közlik. Tehát egy korábban már felfedezett és publikált jelenséget megerősítő mérésről, nem pedig egy bizonytalan, ismeretlen helyzetet egyértelművé tevő igazolásról van szó valójában. Mint a bírálóiban részletesen kifejtettem, és a szerző a dolgozat CMS-sel kapcsolatos részében maga is leírja, a perturbatív, kis hatáskeresztmetszetű folyamatok keltésének skálatulajdonságai ma már jól ismertek, tehát a nagy transzverz impulzusú részecskék, vagy a direkt fotonok, vagy pl a CMS Pb+Pb ütközéseiben a Z^0 bozonok keltési hatáskeresztmetszete a bináris ütközések számával skálázik. Utaltam a PHENIX kísérlet direkt foton spektrumot taglaló cikkére, ahol a fotonok nukleáris módosulási faktorát N_{part} függetlennek, a semleges pionok nukleáris módosulási faktorát pedig növekvő N_{part} mellett egyre csökkenő [<http://arxiv.org/abs/nucl-ex/0503003> , Phys.Rev.Lett.94:232301,2005]. Tehát a pionkeltés N_{coll} helyett N_{part} -tal történő skálázása tudományos szempontból zsákutca irány, tézispontba véleményem szerint nem való.

2. tézispont:

Változtatás nélkül elfogadom a tézispont első két mondatát, és a tézispont második bekezdésének első mondatát. Az első bekezdés harmadik mondata jelenlegi formájában nem tézispontba való, mert nem egyéni hozzájárulást mutat, ráadásul nem is igaz, mert a fizikailag fontos jelenségeknek csak egy része játszódik le a nagy transzverz impulzusú tartományban, de például a 4. tézispont által taglalt longitudinális skálázási tulajdonságok a kis transzverz impulzusú és nagy rapiditású tartományban zajlanak, míg a tökéletes folyadék halmazállapotról és a kvarkok szabadsági fokokként történő megjelenéséről az azonosított részecskék kis (néhány GeV/c alatti) impulzus tartományban mért elliptikus folyása ad számot, melyet a PHOBOS kísérlet sajnos, ismereteim és a Disszertáció szerint, nem vizsgált. A 2. tézispont második bekezdésének második mondatát módosítva, a magas hőmérsékletre való utalás nélkül tudom csak elfogadni, mivel a nukleáris módosulási faktor értékéből való hőmérséklet mérésről nincs tudomásom és ilyen eredményről a dolgozat sem ad számot. A tézispont utolsó mondatát, melyben a hadronok alkotórészeinek kiszabadulásáról ír, amit az aszimptotikus szabadsággal indokol, pedig nem csak hogy nem tudom elfogadni, hanem vissza is utasítom, mert szöges ellentétben áll a szakterületen elfogadott konszenzussal, ezen belül a PHOBOS kísérletnek a jelölt által gyakran használt (de kevésbé idézett) összefoglaló cikkének kijelentéseivel, megállapításaival is. A tézisfüzetben [6], a dolgozatban pedig [112] számú PHOBOS összefoglaló cikk, <http://arxiv.org/abs/nucl-ex/0410022> pedig azt írja az 57 oldalon: „Unlike the weakly interacting QGP expected by a large part of the community before RHIC turn-on, the constituents of this produced medium were found to experience a significant level of interactions”. Ezt a mondatot kicsit részletesebben a 17. oldalon értelmezi a PHOBOS: „Thus, the presence of a large flow signal carries several important implications ... one can conclude that at these early times the initially produced particles must already be interacting significantly, corresponding more closely to conditions in a fluid rather than a gas.” Az elliptikus folyási adatokon is alapuló, közel tökéletes folyadék halmazállapot felfedezése mind a négy RHIC kísérlet összefoglaló cikkével egybevág, és 2005 során az American Institute of Physics ezt az eredményt választotta a legfontosabbnak a fizika egész területén. Ezzel, és az adatokkal is ellentétes Veres Gábor aszimptotikus szabadságot hangsúlyozó konklúziója: ha a nagy impulzusú részecskék aszimptotikusan szabadon, és az ennek megfelelő nagy szabad úthosszal mozognának a keletkezett anyagban, akkor érthetetlen lenne, hogy miért csak kb minden ötödik ilyen részecske tud áthaladni a közegen, azaz a nukleáris módosítási faktor értéke miért közelítőleg 0.2.

3. tézispont:

Jelezni szeretnék egy formai hibát, a tézispont szövegében az utolsó mondatot kivéve többes szám első személyben megfogalmazott mondatok szerepelnek, sorolom az állítmányokat: „megmutattuk”, „megmutattuk”,

„tekintjük”, „megfigyeltük”, néhány semlegesebb kifejezéssel: „függnek”, „igaznak bizonyult”. A tézispontokban kiemelendő egyéni hozzájárulást az utolsó mondat taglalja, de nem túl specifikus módon: „... vizsgálatában vettem részt”. Kérem a jelöltet, hogy specifikálja, mi is volt konkrétan az az egyéni tudományos eredménye, amin a tézispont alapul. Szakmai szempontból a tézispont szép tudományos kutatási munka eredményéről ad számot, és állításait egy módosítással szakmai szempontból elfogadom. Nem tudom elfogadni az első paragrafus utolsó mondatának következtetését: „Megmutattuk továbbá, hogy a $\text{Cu}+\text{Cu}$ és az $\text{Au}+\text{Au}$ ütközésekben mért p_T spektrumok hasonlóak, ha azonos N_{part} mellett tekintjük őket, —~~tehát a részecske-keltés kvalitatív tulajdonságai csak az ütköző rendszer méretétől függenek~~ [5]. Ellenvetésem oka a 75. ábra (a) plotja, amely az $\text{Au}+\text{Au}$ és a $\text{Cu}+\text{Cu}$ ütközésekben tapasztalható elliptikus folyási paraméter, azaz a v_2 N_{part} függését mutatja, és mivel azonos N_{part} -hoz szinte centrális $\text{Cu}+\text{Cu}$ ütközések mellett periferiális vagy mid-centrális $\text{Au}+\text{Au}$ ütközések felelnek meg, az kezdeti excentricitás különbözősége miatt természetesen az elliptikus folyás nem csak az N_{part} -tól, hanem az ütközési zóna alakjától is függ. Kár az ilyen túlzó konklúziókkal csökkenteni a tézispontok értékét és növelni a bíráló feladatait.

4. **A 4. tézispont kijelentéseit és állításait teljes mértékben és változtatás nélkül fogadom el önálló, a szakterületet lényegesen előre vivő tudományos eredménynek.**
5. **Az 5. tézispont első bekezdését teljes mértékben és változtatás nélkül fogadom el önálló, a szakterületet lényegesen előre vivő tudományos eredménynek.** Szakmai szempontból nem tartom elfogadhatónak azt a kijelentést, mely szerint „... koordinálhattam és megírhattam az LHC beindulása után a CMS kísérlet első két publikációját”, megemlítve azt, hogy „melyek adatkiértékelése csoportosan történt.” Ugyanis a cikkben közel 3000 fő szerepel társszerzőként, és nyilvánvaló, hogy a csoportos adatkiértékelés előfeltétele volt a kísérlet megtervezése, megépítése, a detektor üzemeltetése, az adatgyűjtés. Továbbá a cikk előkészítése után a CMS kollaboráció belső szűrőin kellett átmenjen, viszont az állítás azt jelenti, hogy a CMS mintegy biankó csekket nyújtott a szerző részére a cikke megírásához, mely mentes volt a kollaboráció többi tagjának kontribúciójától. Ez már csak a detektor tervezésébe, fejlesztésébe és üzemeltetésébe fektetett óriási munka miatt sem lehetséges. El tudom fogadni az állítások tompított formáját, mely szerint Veres Gábor vezető szerepet játszott ezen cikkek publikálásának előkészítésében, a cikkek előkészítő munkacsoportjainak tudományos koordinálásában, de kizártnak tartom, hogy az első két CMS cikk megírása egyéni tudományos teljesítményként lenne értékelhető. Erre utalnak a tézispont második bekezdésének további állításai is: „dolgoztuk ki”, „azt találtuk”, „elsőként publikáltuk”, majd az utolsó mondatban „sikeresen alkalmaztuk”, melyek viszont, mivel többes szám első személyben megfogalmazott állítások, tézispontba nem illenek. A paragrafus egyetlen egyes szám első személyben megfogalmazott állítása az utolsó előtti mondat, mely

szerint a szerző számolatott be elsőként nemzetközi konferencián ezekről az eredményekről. Impresszív állítás – gratulálok - de egyben megjegyzem azt is, hogy ez az állítás sem tézispontba illik: itt az egyénileg elért, új tudományos eredményeket kellene felsorolni.

6. A tézispont szövegét a második mondat kihagyásával tudom elfogadni. A törlendő második mondat nem ad számot egyéni tudományos hozzájárulásról: „Megvizsgáltuk a jet-triggerek alkalmazásának előnyeit a nukleáris módosulási faktorok mérésében[16], melyet 2011ben adatokon is megvalósított a CMS nehézion-csoportja”.
7. A 7. tézispont első paragrafusát változtatás nélkül elfogadom új tudományos eredménynek, azzal a megjegyzéssel, hogy az analitikus számolás eredményének fontosságát csökkenti, hogy az elhanyagolja a nukleonok kezdeti korrelációit, ezért a pontos számítások elvégzéséhez mindenképpen Monte Carlo típusú számítások szükségesek. Változtatás nélkül elfogadom a 7. tézispont 2. bekezdésének első három mondatát is. Sajnálattal jelzem, hogy a 7. tézispont utolsó két mondatának megfogalmazása nem tézispont szerű: „találtunk hasonló jelenséget” ... „új megfigyelése volt”, ...” sikerült megfigyelni”.

Összefoglalásul javaslom a 4. tézispont változatlan formában történő elfogadását, és a többi tézispont fent megjelölt változtatások melletti, korrigált változatának elfogadását. Jelezni szeretném, hogy a bírált MTA doktori disszertáció lényegesen színvonalasabbnak, alaposabban és nagyobb körültekintéssel megírtnak tűnik, mint annak tézisei, melyet az is jelez, hogy a megadott 7 tézispontból csak egy volt olyan gondosan megfogalmazva, hogy annak változatlan formában történő elfogadását javasolni tudjam.

Végül jelezni szeretném, hogy dolgozatának kiérleletlenségéből fakadó hiányosságai, a téziszüzet pontjainak összecsapottsága nem könnyítette meg bírálója munkáját, a felvetődő etikai kérdéseken túl azt is jelezni szeretném, hogy a magyar tudományos közélet számára készült, **magyar nyelvű MTA Doktori Disszertációban sem illik a szakterület nemzetközi publikációkon és konszenzusán alapuló következtetéseit egyéni elképzelések szerint, lényegesen módosítani.**

Az általam igen értékesnek tartott tudományos eredményei alapján Veres Gábor számára az MTA Doktori Cím odaítélését feltételek nélkül javaslom.

Kelt a Brookhaveni Nemzeti Laboratóriumban, 2013. március 6-án.

Csörgő Tamás
az MTA Doktora

/ a PHENIX és a TOTEM magyar csoportok tudományos témavezetője/

Néhány nyelvtani, nyelvhasználati megjegyzés (amit a védésen nem kívánok szóban ismertetni):

27. oldal: a SpecTrig detektor szélessége ... 4.4 cm-re *apad*

→ talán inkább: ... 4.4 cm-re *csökken* (apadni folyadékhoz hasonló dolog szokott)

28. oldal: így bármelyik ... jel képes volt aktiválni a diszkriminátort

→ talán inkább: ... jel képes volt a diszkriminátor aktiválására.

36. oldal, 2.3 utolsó előtti paragrafus záró sora:

„Mindezek az értékek 900 GeV ütközési energiára vonatkoznak, hiszen ez valósult meg először az LHC beindulásakor.”

➔ ... hiszen ezen a tömegközépponti energián kezdődtek meg az LHC-ben a p+p ütközések.

71. oldal: havi 13.5 millió MB esemény ... után a triggererek ... és 3.9 milliárd eseményt lesznek képesek mintavételezni.

→ Megj: valószínűleg mintavételezni *havonta*.

73. o: A CMS kísérlet ... kaloriméterei és ... triggererek lehetővé teszik, hogy ... is vizsgálja.

→ Megj: Alany-állítmány nincs összehangolva. Javaslat pl:

A CMS kísérlet ... kaloriméterei és ... triggererei lehetővé teszik, hogy ... is megvizsgáljuk.

CMS Nehézion csoport

→ CMS nehézion csoport

74. o: Mindez segíthet jobban megérteni a ... mechanizmusát.

→ Mindez segítséget nyújthat ahhoz, hogy jobban megérthessük a ... mechanizmusát.

75. oldal: jel-zaj arány

→ jel/zaj arány

76. oldal:

nem publikált, nem végleges adatokról nem illik disszertációban írni.

az várakozás

→ a várakozás

83. oldal, a 47. ábrák felirata: ... illetve a PYTHIA eseményeket Pb+Pb adatokba ágyazva (b)-(f) a hisztogramok jelképezik.

→ ... illetve a Pb+Pb adatokba ágyazott PYTHIA eseményeket (b)-(f) a hisztogrammok jelképezik.

84. o.

... ezek fejezik csak ki igazán...

→ ezek fejezik ki igazán...

106.oldal 1 par:

Jól láthaó

→ Jól látható

151. oldal:

Abby A. Bickley majd Abby Bickley

Mark D. Baker majd Mark Baker szerepel.

152. oldal

... tanszékvezetőnek de ... Intézetigazgatónak (vagy nagy vagy kisbetű mindkettő)