



Krzysztof Piasecki
Wydział Fizyki
Uniwersytet Warszawski
E-mail: krzysztof.piasecki@fuw.edu.pl

Warszawa, 9.05.2026

Rada Dyscypliny Nauki Fizyczne
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym dr Petra Bäka

Pan dr Petr Bäck przedstawił do oceny autoreferat „*Badanie strat energii partonów w plazmie kwarkowo-gluonowej*”, omawiający zestaw publikacji oraz dorobek naukowy i dydaktyczny, wraz z zestawem dodatkowych dokumentów.

1. Wstępne oszacowanie, czy publikacje spełniają wymóg art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dn. 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”, czyli „posiada w dorobku osiągnięcia naukowe (...) stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dziedziny (...) (b) 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych (...)” .

Przedstawiony dokument „Wykaz osiągnięć naukowych” zawiera listę publikacji przed oraz po otrzymaniu stopnia doktora, którą na użytek niniejszej recenzji opatrzę symbolami: PX.Y, gdzie X = { 1 = przed stopniem dr, 2 = po dr } oraz Y = l.p. publikacji, którą zwięźle podsumuję w poniższej tabeli:

Tabela I. Zwięźle podsumowanie publikacji przedstawionych jako cykl w sensie art. 219 ust. 1 p. 2b Ustawy.

L.p.	Typ Pracy	Rok	Układ, Energia [(A) TeV]	Wiodące zmienne	Charakter wiodącego wkładu
P1.1	konfer.	2013	Pb+Pb 2.76	$dN/dp_T, R_{CP} = f(p_T)$	główny autor analiz i wstępnych wyników
P1.2	konfer.	2014	p+Pb 5.02, pp 2.76 i 7	$R_{pPb} = f(p_T)$	odpowiedzialny za pp: pomiary i analizy
P1.3	finalna	2015	Pb+Pb 2.76	$dN/dp_T d\eta, R_{AA}$	główny analityk
P2.1	konfer.	2016	Pb+Pb 2.76	$dN/dp_T d\eta, R_{AA}$	j.w. (dot. P1)
P2.2	konfer.	2017	p+Pb, pp 5.0	$dN/dp_T d\eta, R_{pPb}$	odpowiedzialny za pp: pomiary i analizy
P2.3	finalna	2018	Pb+Pb 5.0, pp 5.0	jet $D(z), D(p_T)$ oraz R_D	przewodzenie komitetowi redakcyjnemu
P2.4	konfer.	2019	Xe+Xe 5.44, pp 5.0, Pb+Pb 5.0	$R_{AA} = f(p_T, N_{part})$	główny autor analiz i wstępnych wyników
P2.5	konfer.	2018	Xe+Xe 5.44, pp 5.0, Pb+Pb 5.0	$R_{AA} = f(p_T, N_{part})$	główny autor analiz i wstępnych wyników
P2.6	finalna	2023	pp, pPb, PbPb, XeXe, 5	$dN/dp_T d\eta, R_{pPb}, R_{AA}$	główny analityk
P2.7	finalna	2023	Pb+Pb 5.0	jet $R_{AA} = f(v_{d12}, \Delta R_{12})$	przewodzenie komitetowi redakcyjnemu
P2.8	finalna	2025	Pb+Pb i pp, 5.0	jet $R_{AA} = f(v_{d12}, \Delta R_{12})$	przewodzenie komitetowi redakcyjnemu
P2.9	finalna	2025	-(Hough Transform)	$Z_{vertex} = f(system.)$	główny autor kodu

Z tego zestawienia widać, że po odjęciu niektórych publikacji mających spore przekrycie z innymi w liście (P1.1 vs P1.3, P2.4 vs P2.5, P2.1 w por. do P1), habilitant był wiodącym autorem w całości lub znacznej części pięciu publikacji ukazujących analizy fizyczne w jednym ciągu tematycznym. Ponadto, publikacja P2.9 – choć nie jest poświęcona wynikom fizycznym, to dotyczy usprawnienia algorytmu znajdowania wierzchołków, który jest warunkiem koniecznym do tych wyników, a więc może zostać traktowana jako część techniki analitycznej przy ich otrzymywaniu – i w szerszym sensie zaliczona do cyklu tematycznego. Choć art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy traktuje łącznie publikacje z finalnymi wynikami oraz te konferencyjne, to warto dostrzec, że spośród 6 w.w. publikacji z silnym dorobkiem habilitanta, trzy są finalnymi publikacjami grupy badawczej. Ten zasób stanowi ścisły rdzeń dorobku i już na jego podstawie mogą stwierdzić, że mamy przed sobą „cykl powiązanych tematycznie artykułów”. Do tego należy dodać trzy artykuły, w których dr Balek przewodził Komitetowi redakcyjnemu, czyli należy się spodziewać, że choć nie analizował danych bezpośrednio, to miał na te analizy silny merytoryczny wpływ.

2. Sylwetka naukowa Habilitanta

Pan dr Petr Balek prowadzi badania z zakresu ultrarelatywistycznych zderzeń jądrowych w ramach grupy ATLAS przy akceleratorze LHC w CERN'ie od roku 2009. W latach 2010-2016 był doktorantem Uniwersytetu Karola w Pradze. Od początku tych studiów do r. 2022 był kierownikiem ds. danych ciężkojonowych w grupie ATLAS. W styczniu 2016 obronił on dysertację "Study of proton-proton and heavy-ion collisions at ATLAS experiment at LHC", uzyskując tytuł doktora. Swą dalszą ścieżkę badawczą związał z grupą ATLAS i w latach 2016-21 odbył 5-letni staż podoktorski w Instytucie Naukowym Weizmanna w Izraelu. Ukończył tu on osiągnięcie przedstawione w Autoreferacie jako A1 i opracował gros osiągnięcia A2 oraz A3 (pola te będą opisane poniżej w niniejszej recenzji). Następnie przez półtora roku prowadził działania na stanowisku fizyka na Uniwersytecie Karola w Pradze, równoległe odbywając staż w CERN'ie. Od 11.2022 prowadzi czynną działalność w grupie ATLAS na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Na obu tych uczelniach opracował osiągnięcia A4 i A5 oraz, niedawno, A6. Od 2016 r. uczestniczył w 7 komitetach redakcyjnych publikacji, przy czym przewodniczył pięciu z nich oraz w dalszych 5 komitetach redakcyjnych dot. wyników wstępnych - i tu przewodniczył dwóm. Przewodniczył on też podgrupom ds. korelacji i analizy globalnej oraz koordynował działania dotyczące kilku trygerów przy zbieraniu danych. Objętość zadań koordynacyjnych na polu analiz fizycznych należy zatem uznać za znaczną.

Po uzyskaniu stopnia doktora habilitant wygłosił w sumie 17 referatów i przedstawił 3 plakaty. W kategorii konferencji o zasięgu międzynarodowym dorobek ten obejmuje: 2 referaty zapraszone, 2 na sesjach plenarnych i 5 na sesjach równoległych oraz 2 plakaty. Na workshopach grupy ATLAS p. dr Balek przedstawił 3 referaty i 1 plakat. Dodatkowo, 5 referatów zostało wygłoszonych na innych seminariach. To zestawienie dowodzi wyraźnej aktywności w rozpowszechnianiu wyników naukowych własnych i grupy badawczej.

Jeszcze na studiach doktoranckich p. Balek był współwykonawcą 5 grantów badawczych. Po uzyskaniu stopnia doktora był współwykonawcą 4 ukończonych grantów (w tym głównym wykonawcą grantu IDUB na uczestnictwo w eksperymentach ATLAS), a obecnie współdziała w 3 grantach bieżących. Wyniki te wspierają obraz istotności naukowej działalności habilitanta.

3. Działalność dydaktyczna

Klasyczna działalność dydaktyczna pozostawia pewien niedosyt. Wnioskodawca prowadził ćwiczenia z "Fizyki jądrowej i subjądrowej" na etapie studiów doktoranckich i podjął zajęcia dydaktyczne w 2024 roku, aczkolwiek od tego czasu pensum jest dosyć spore. Nie widzę w materiałach informacji o ukończonych pracach dyplomowych pod skrzydłem habilitanta, natomiast recenzował on dwie prace dyplomowe i był mentorem studentów podczas letnich praktyk podczas pobytu w Instytucie Weizmanna. Ponadto, recenzował on i korygował podręcznik z zadaniami z zakresu fizyki subatomowej oraz współorganizował "kursy mistrzowskie" na AGH, zapoznające uczniów szkół średnich z fizyką w CERN'ie. Należy tu mieć nadzieję, że tak znaczny ładunek ekspercki w analizie danych ultrarelatywistycznych będzie od bliskiej przyszłości wytyczał drogę nowym dyplomantom i doktorantom idącym w te ślady.

4. Autoreferat

Przedstawiony do recenzji autoreferat spinający osiągnięcie naukowe p.t. "*Badanie strat energii partonów w plazmie kwarkowo-gluonowej*" obejmuje łącznie 12 publikacji w czasopismach recenzowanych, ujętych w 6 osiągnięć, które zostały połączone w 4 obszary:

- [A1 i A2] Rozkłady współczynnika R w funkcji p_T osłabienia hadronów w ośrodku dla hadronów ze zderzeń pp, pPb, PbPb i XeXe przy energiach dostępnych ($\sqrt{s_{NN}}$) 2.76, 5.02 i 5.44 TeV
- [A3] Fragmentacja dżetów w zderzeniach PbPb przy $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV
- [A4 i A5] Badanie zależności straty energii dżetu od kąta rozwarcia dla zderzeń Pb+Pb przy $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV
- [A6] Zastosowanie Transformaty Hough'a jako szybszego algorytmu lokalizacji wierzchołka zderzenia.

4.1 Osiągnięcia A1 i A2 (rozkłady współczynnika R)

Rozkład współczynnika R w funkcji p_T budują bezpośrednio rozkłady tego pędu dla zderzeń jądro-jądro (AA) i zderzeń pp. Chcąc zarejestrować takie rozkłady, autor zmierzył się z faktem ich wykładniczego zaniku z wartością p_T . Aby zachować istotność statystyczną rozkładów o wyższych p_T , opracował on ciekawą metodę utworzenia sekwencji trygerów wychwytyjących kolejne przedziały p_T , o szerokości 10..15 GeV, a następnie dostroił czynniki skalujące. Dzięki temu, niepewności statystyczne na rozkładach na rys. 7 przy wyższych p_T narastają znacznie słabiej, niż by to wynikało z wykładniczego opadu statystyki.

Dalszym dobrym działaniem analitycznym było ważenie próbek MC przy obliczeniach wydajnościowych. Celami tych ważeń było m.in. dążenie do otrzymania równomiernej istotności statystycznej wzdłuż wartości p_T , ale również korekcja niewłaściwego odtwarzania przez symulator rozkładu energii zdeponowanej w kalorymetrze FCal, czy sprawienie, aby proporcje krotności różnych hadronów były takie, jak w eksperymencie.

Następnie autor wykonał szereg korekt rozkładów: na fałszywe i wtórne tory, poprawka dekonwolująca rozdzielczość p_T i η (*pseudopospieszności*) za pomocą macierzy odwikłania bayesowskiego oraz korekta wydajnościowa. Przy tej drugiej korekcie, autor zmierzył się deficytami statystyki, które uwzględnił, wprowadzając własną metodę wykorzystującą całkowanie rozkładu odpowiedzi r . Ponadto, aby móc użyć rozkłady hadronów emitowanych ze zderzeń pp jako referencję do rozkładów Xe+Xe przy

$\sqrt{s_{NN}} = 5.44$ TeV, autor dokonał interpolacji tych pierwszych widm z danych przy wyższej oraz niższej energii. W dalszym kroku, autor wykonał analizę niepewności systematycznych, na które składał się szereg czynników. Ponieważ zmienną docelową był stosunek rozkładu p_T z ciężkich jonów do rozkładu dla protonów, to dr Balek wyszczególnił zmienne, które wpływają na oba rozkłady w ten sam sposób i aplikował ich warianty do samego stosunku. Jak pisze autor, całość tej uważniejszej analizy błędów systematycznych pozwoliła zmniejszyć ich skalę dla wydajności rozdzielczości p_T z 20% do 3%, a dla wydajności rekonstrukcji torów z 5% do 2%. To niewątpliwie znaczące polepszenie.

Tak zrekonstruowane rozkłady stosunku R_{AA} Autor przedstawił na rys. 8, a porównanie ze wynikami otrzymanymi wcześniej na układach CBM i ALICE ukazuje rys. 9. Za wyjątkiem małego ułamka punktów przy wysokim p_T , dane są wzajemnie zgodne, natomiast w szeregu miejsc dane ATLAS zrekonstruowane przez Autora mają mniejsze niepewności systematyczne. Otrzymane przez p. Balka rozkłady ukazują niemonotoniczne zmiany profilu rozkładu R_{AA} z pędem. Dla przypadków AA zniżenie obserwowane przy p_T około 5..10 GeV wyraźnie pogłębia się z centralnością zderzenia. Jednak dla zderzeń p+Pb profil jako funkcja p_T oraz centralności zachowuje się odmiennie.

Analizy pana Balka doprowadziły do otrzymania niezależnych rozkładów R , w których dzięki skrupulatnej optymalizacji, w szeregu miejsc niepewności systematyczne zostały zawężone. Należy więc uznać, że rozważane tu osiągnięcie stanowi znaczny wkład w rozwój dziedziny.

4.2 Osiągnięcia A3 (fragmentacja dżetów) i A4 + A5 (zależności straty energii dżetu od kąta rozwarcia)

Przy tych osiągnięciach Autor występował w roli przewodniczącego komitetów redakcyjnych publikacji. Jak objaśnił w dokumencie "List of Achievements", funkcja ta nie zawężyła się do przewodzenia zebraniom, ale składało się na nią weryfikowanie kolejnych kroków analiz i przestrzegania procedur. Rola ta, choć mniejsza od realnej analizy danych, nie powinna być uznana za pomijalną: oko krytyczne jest częścią korpusu analitycznego, którego drugą częścią jest osoba operująca na danych.

Autor opisuje drogę wyznaczenia funkcji $D(z)$ dla pp i PbPb przy $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV. Rozpoczyna on od omówienia użytych trygerów. Następnie przechodzi przez obliczenia wydajnościowe, warunki selekcji dla dżetu oraz procedurę odjęcia fałszywych śladów, która kilkakrotnie zmniejszyła zmierzone rozkłady. Podaje następnie procedurę korekty energii dżetu, opartą o symulacje. Na koniec, rozważona 6 źródeł niepewności systematycznych. W efekcie rekonstrukcji, otrzymano funkcje fragmentacji $D(z)$ w 5 różnych przedziałach p_T dżetu, tak dla pp, jak i Pb+Pb, które Autor ukazał na rys. 10, oraz stosunek funkcji dla PbPb do funkcji dla pp (Rys. 11), do którego porównano wyniki przewidywań w ramach modelu hybrydowego oraz SCET. Pomiaru te umożliwiają konfrontację ze stanem obecnym modeli tłumienia dżetów w QGP.

Z kolei w pracach poświęconych badaniom podstruktury dżetów o dużym promieniu w zderzeniach Pb+Pb przy $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV, dżety zostały rozróżnione w funkcji odległości kątowej ΔR_{12} oraz tzw. "skali rozszczepienia", $\sqrt{d_{12}}$. Parametry te różnicowały strumienie partonów pod małym i dużym kątem otwarcia, i w tej funkcji badano współczynnik osłabienia R_{AA} . Wyniki przedstawione na rys. 12 i 13 ukazują, że osłabienie jest silniejsze dla dżetów pod szerszym kątem otwarcia. Wynik ten został znów otrzymany po wyżej wymienionych korektach i z wyznaczeniem niepewności systematycznych. Rezultat ten wspiera hipotezę, że skolimowane dżety emitowane są koherentnie i ośrodkowi QGP trudno jest osłabić ich energię.

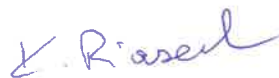
4.3 Osiągnięcie A6 (użycie transformaty Hough'a do szacowania wierzchołka zderzenia)

Do środowiska rekonstrukcji danych ATLAS, na etapie znajdowania werteksu zderzenia, autor dodał użycie Transformaty Hough'a (HT). Celem było wykorzystanie niskiej złożoności obliczeniowej HT do minimalizacji czasu rekonstrukcji na tym etapie. Referat zawiera opis tej metody oraz skuteczną demonstrację jej działania na danych symulowanych. Autor opisuje też sposób dostrajania hiperparametrów tej metody. Szczególnie podejście łącznego zawężanie zakresu η z pogrubianiem szerokości przedziału histogramu $\cot \theta$, przy ustalonej ziarnistości na jednostkę $\cot \theta$ - wyraźnie wyłania pozycję wierzchołka. Autor szacuje, że w zderzeniach z kilkoma tysiącami punktów pomiarowych korzyść czasowa z zastosowanego algorytmu może wynosić ok. 25%. Algorytm został opisany w dedykowanej publikacji.

Należy zaznaczyć, że według deklaracji pozostałych autorów powyższej publikacji, dr Balek był jedynym programistą kodu implementującego HT w środowisku analizy ATLAS, jak również zbadań osiągi tej implementacji. Jest też autorem zamieszczonych wykresów i współedytorem treści artykułu. Wkład ten należy również uznać za znaczący. Ten jeden przyczynik optymalizuje czas analizy środowiska do analizy danych, których objętości są rzędu petabajtowe.

5. Konkluzja

Pan dr Petr Balek przedstawił cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, które opublikował w czasopismach naukowych i recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych. Cykl ten spiął autoreferatem i załączył dodatkowe, istotne dokumenty. Po zbadaniu materiałów stwierdzam, że dorobek naukowy faktycznie stanowi znaczny wkład w rozwój dziedziny, a zatem spełnia wymóg art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dn. 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”. Na tej podstawie wnoszę o dopuszczenie Habilitanta do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.



Krzysztof Piasecki

