

Autoreferat
dr inż. Iwona Grabowska-Bołd

Katedra Oddziaływań i Detekcji Cząstek
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Kraków 2014

1 Dane personalne:

Imię i Nazwisko: **Iwona Grabowska-Bołd**
Miejsce pracy: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Katedra Oddziaływań i Detekcji Cząstek
30-059 Kraków
Stanowisko: adiunkt

2 Posiadane dyplomy, stopnie naukowe:

Magister fizyki: rok 2000 – Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej
Doktor nauk fizycznych: rok 2004 – Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej
rozprawa pt. *Measurement of Deeply Virtual Compton Scattering
Using the ZEUS Detector at HERA* (praca wyróżniona)
promotor: prof. dr hab. Leszek Turczynowicz-Suszycki

3 Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

2004-2005 Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej
Zakład Cząstek Elementarnych i Detektorów
asystent

2005-2007 CERN, Genewa, Szwajcaria
PH-ATLAS
research fellow

2008 Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Katedra Oddziaływań i Detekcji Cząstek
adiunkt

2008-2011 University of California, Irvine
Department of Physics and Astronomy
assistant project scientist

2011-obecnie Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Katedra Oddziaływań i Detekcji Cząstek
adiunkt

- 4 Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

4.1 Wprowadzenie

Jako osiągnięcie naukowe zgłaszam monografię pt.:

Measurements of electroweak bosons in lead-lead collisions at $\sqrt{s_{NN}}=2.76$ TeV using the ATLAS detector at the LHC

autor: Iwona Grabowska-Bołd

wydaną nakładem Wydawnictwa Expol ISBN 978-83-63041-07-6

Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

4.2 Cel naukowy

W monografii omówione są najaktualniejsze wyniki na temat produkcji bozonów elektroślabych ($V = \gamma, Z$ i W^\pm) inkluzywnie oraz w produkcji par V -dżet w zderzeniach ołów-ołów (Pb+Pb) przy energii w centrum masy na parę nukleonów $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV w eksperymencie ATLAS na Wielkim Zderzaczu Hadronów (z ang. Large Hadron Collider, LHC). W przypadku bozonów ślabych LHC jest pierwszym zderzaczem ciężkich jonów, gdzie ich pomiar staje się możliwy ze względu na wysoką świetlność i wyższy przekrój czynny na produkcję tych cząstek przy dostępnej energii. Tym samym bozony te mierzone są w zderzeniach ciężkich jonów po raz pierwszy. Pomiar bozonów Z i W^\pm jest możliwy dzięki detekcji produktów ich rozpadu jakimi są pary elektronów i mionów w przypadku bozonu Z oraz pojedyncze elektrony i miony z towarzyszącą im sygnaturą brakującą pędu poprzecznego (p_T^{miss}), który reprezentuje neutrino w stanie końcowym z rozpadu bozonu W^\pm .

W relatywistycznych zderzeniach ciężkich jonów, kiedy temperatura i gęstość energii osiągają ekstremalne wartości w laboratorium, tworzony jest stan materii zwany plazmą kwarkowo-gluonową (z ang. Quark-Gluon Plasma, QGP). QGP jest układem swobodnych kwarków i gluonów, które oddziałują z obiektami niosącymi ładunek kolorowy. Eksperymenty ciężkich jonów na akceleratorze RHIC w USA ogłosiły eksperymentalną ewidencję dla produkcji QGP w zderzeniach jąder złota przy energii $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV. Natomiast eksperymenty ATLAS i CMS na LHC po raz pierwszy zmierzły asymetrię w energii poprzecznej dla przypadków, gdzie wyprodukowana została para dżetów o wysokim pędzie poprzecznym, p_T . Wynik ten stał się bezpośrednią ewidencją zjawiska tłumienia produkcji dżetów (z ang. jet quenching). Niestety pomiar asymetrii dla przypadków dwu-dżetowych jest pomiarem względnym w stosunku do p_T wiodącego dżetu, który też mógł ulec tłumieniu w wyniku oddziaływania z QGP.

W celu wykonania bezwzględnego pomiaru energii poprzecznej dżetów produkowanych w zderzeniach ciężkich jonów zaproponowano użycie procesu, w którym produkowane są pary V -dżet. Bozony elektroślabe nie oddziałują silnie, a więc dla nich QGP jest ośrodkiem przezroczystym. Dzięki tej własności wydają się one być idealnymi obiektami, które mogą służyć do kalibracji energii dżetów. Niestety bozony słabe Z i W^\pm żyją bardzo krótko i nie mogą być zmierzone bezpośrednio, ale jedynie przez ich produkty rozpadu. Między innymi oba bozony rozpadają się w kanałach leptonowych, a więc w stanie końcowym spodziewamy się cząstek, takich jak miony i elektrony, które również nie oddziałują silnie z QGP. Tak więc zarówno produkcja bozonów V , jak i pomiar jej leptonowych produktów rozpadu, nie powinny być zaburzone przez istnienie stanu QGP.

Dodatkowo pomiar produkcji bozonów V jest ważnym testem dla przewidywań chromodynamiki kwantowej (z ang. Quantum Chromodynamics, QCD). Rachunki teoretyczne dla tych procesów rozciągają się do poprawek pierwszego i drugiego rzędu w rachunku zaburzeń. Ważnym elementem składowym tych rachunków jest znajomość funkcji rozkładu partonów dla zderzających się nukleonów (z ang. Parton Distribution Functions, PDF). W zderzeniach ciężkich jonów dodatkowo nukleony związane są w jądrze atomowym, a więc badane procesy produkcji powinny dostarczyć

informacji o modyfikacjach jądrowych do PDF.

W monografii dyskutowane są wyniki na temat produkcji bozonów elektroślabych w zderzeniach Pb+Pb przy energii $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV w funkcji centralności zderzenia, p_T bozonu oraz pseudorapidity, η uzyskane przez eksperyment ATLAS na LHC. Badane jest liniowe skalowanie produkcji bozonów V z centralnością zderzenia, które jeśli zachodzi, może być dowodem na brak oddziaływania bozonów V i ich produktów rozpadu z ośrodkiem, jakim jest QGP. Dodatkowo mierzone są obserwabla czule na efekty jądrowe mogące wnieść wkład do PDF, takie jak asymetria ładunkowa oraz różniczkowa produkcja bozonu W^\pm w $|\eta|$ oraz stosunek produkcji w obszarze centralnym i obszarze do przodu dla fotonów o wysokim p_T . Dodatkowo ważnym elementem monografii jest dyskusja pomiaru produkcji par foton-dżet oraz Z -dżet. W przypadkach tych dzięki niezaburzonej energii bozonu V po przejściu przez QGP możliwe jest kalibrowanie energii dżetu. Pierwsze wyniki dotyczące takiej kalibracji również omówione są w niniejszej pracy. Wszystkie prezentowane wyniki oparte są o całą próbkę danych ze zderzeń Pb+Pb zebranych przez eksperyment ATLAS jesienią 2011 roku. Próbką ta stanowi znakomitą większość dostępnej statystyki dla danych ze zderzeń ciężkich jonów zebranych w pierwszym okresie funkcjonowania LHC, który przypadł na lata 2009–2013.

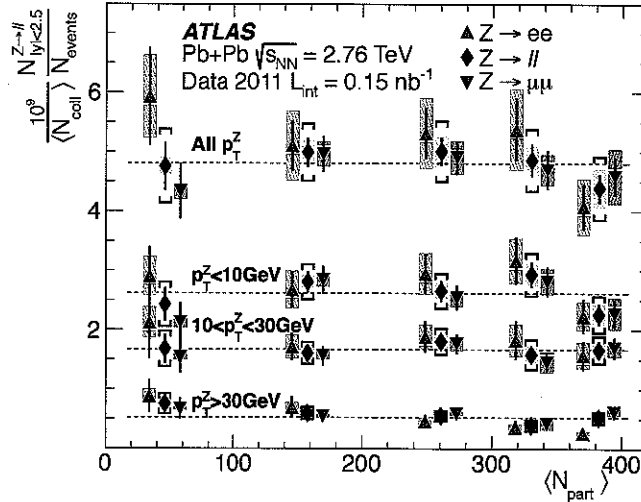
4.3 Osiągnięte wyniki

Jednym z wyników dyskutowanych w monografii jest pomiar produkcji bozonu Z z rozpadem w kanałach dwu-elektronowym ($Z \rightarrow e^+e^-$) i dwu-mionowym ($Z \rightarrow \mu^+\mu^-$) w próbce danych ze zderzeń Pb+Pb odpowiadających scałkowanej świetlności ~ 0.15 nb $^{-1}$. Wyniki z obu kanałów rozpadu są konsystentne i jako takie mogą być skombinowane. W oknie masy niezmienniczej układu dwóch leptonów $66 < m_{\ell\ell} < 102$ GeV znaleziono 772 pary elektronów oraz 1223 pary mionów o przeciwnym ładunku. Tło kombinatoryczne, które oszacowano z użyciem par leptonów o jednakowym ładunku elektrycznym, jest na poziomie poniżej 3%.

Rysunek 1 pokazuje liczbę przypadków z produkcją bozonu Z na przypadek minimum bias podzieloną przez średnią liczbę zderzeń binarnych, $\langle N_{coll} \rangle$, dla kilku przedziałów pędu poprzecznego bozonu Z , p_T^Z , w funkcji centralności reprezentowanej przez średnią liczbę nukleonów biorących udział w zderzeniu, $\langle N_{part} \rangle$. Niezależne wyniki z obu kanałów rozpadu potwierdzają ich zgodność dla wszystkich zakresów p_T^Z . Dodatkowo brak zależności tej obserwabli od centralności w ramach dostępnej precyzji pomiarowej potwierdza hipotezę liniowego skalowania produkcji bozonu Z z centralnością zderzenia. To pierwszy wynik o takiej precyzji dla produkcji bozonu Z dostępny ze zderzeń Pb+Pb z eksperymentów na LHC. Zarazem stanowi on pierwszą próbę pomiaru stanów końcowych z elektronami o wysokim p_T w zderzeniach ciężkich jonów na LHC. Potwierdza on założenie braku oddziaływania bozonów Z , jak również leptonów pochodzących z ich rozpadów, z QGP. Tym samym ustanawia podwaliny pod pomiary par Z -dżet, w których bozon Z służył będzie jako standardowa świeca do kalibracji energii i całkowitej produkcji dżetów. Tego typu proces również został zmierzony w eksperymencie ATLAS, a jego wyniki opisane w niniejszej monografii. Niestety niska liczba rekonstruowanych par Z -dżet w dostępnej próbce danych pozwala tylko na jakościową interpretację wyników. Niemniej jednak efekt tłumienia produkcji dżetów, jak również asymetrii w pędzie poprzecznym jest widoczny przy jednoczesnym utrzymaniu zbalansowania obu cząstek w kącie azymutalnym.

W monografii opisany jest też pomiar produkcji bozonu W^\pm w zderzeniach Pb+Pb przy energii $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV w próbce ~ 0.15 nb $^{-1}$ danych zebranych przez eksperyment ATLAS. W pomiarze użyte są rozpady leptonowe bozonu W^\pm z elektronem i mionem w stanie końcowym oraz sygnaturą brakującego pędu poprzecznego. Pomiar zrobiony jest dla następujących warunków kinematycznych: pęd poprzeczny naładowanego leptonu, $p_T^\ell > 25$ GeV, brakujący pęd poprzeczny, $p_T^{miss} > 25$ GeV, masa poprzeczna układu lepton- p_T^{miss} , $m_T > 40$ GeV oraz pseudorapidity leptonu, $|\eta| < 2.5$. Całkowita liczba przypadków z produkcją bozonu W^\pm po odjęciu tła oraz poprawkach na efekty detektorowe w interesującym nas zakresie kinematycznym wynosi 5900 ± 100 (stat.) ± 86 (syst.) dla $W^+ \rightarrow \mu^+\nu_\mu$ oraz 5700 ± 100 (stat.) ± 83 (syst.) dla $W^- \rightarrow \mu^-\bar{\nu}_\mu$, a stosunek liczby bozonów W^+/W^- wynosi 1.03 ± 0.03 (stat.) ± 0.02 (syst.) dla kanału mionowego. Natomiast dla kanału elektronowego odpowiednie liczby wynoszą 5800 ± 150 (stat.) ± 91 (syst.) dla $W^+ \rightarrow e^+\nu_e$ oraz 5700 ± 150 (stat.) ± 110 (syst.) dla $W^- \rightarrow e^-\bar{\nu}_e$, dając stosunek liczby bozonów W^+/W^- równy 1.02 ± 0.04 (stat.) ± 0.01 (syst.). Wyniki z obu kanałów rozpadu są zgodne, co pozwala na ich kombinację.

Rysunek 2 przedstawia liczbę przypadków z produkcją bozonu W^+ oraz W^- na przypadek minimum bias i na bin w $|\eta|$ podzieloną przez $\langle N_{coll} \rangle$ i scałkowaną po wszystkich centralnościach

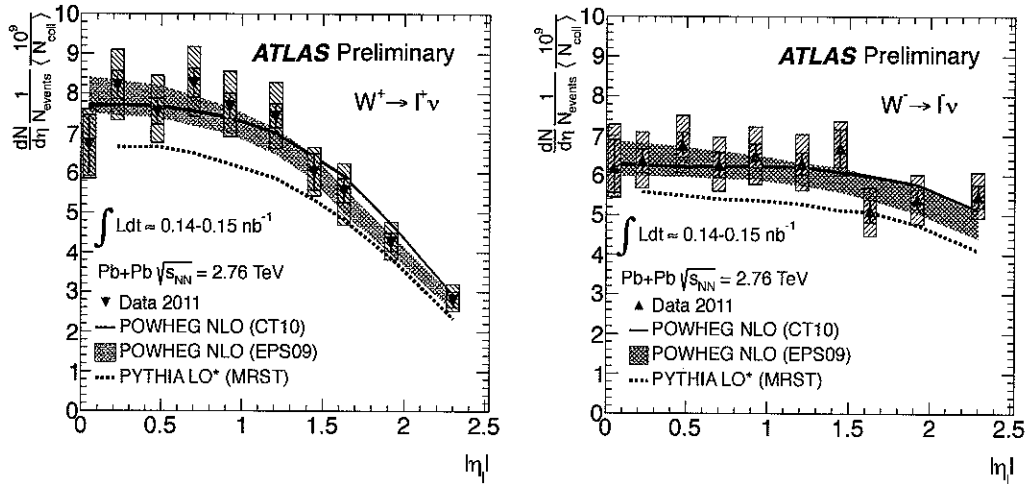


Rysunek 1: Liczba przypadków z produkcją bozonu Z na przypadek minimum bias podzielona przez $\langle N_{\text{coll}} \rangle$ w funkcji centralności zderzenia reprezentowanej przez $\langle N_{\text{part}} \rangle$. W celu ułatwienia prezentacji wyników punkty dla $Z \rightarrow e^+e^-$ (trójkąty) oraz $Z \rightarrow \mu^+\mu^-$ (odwrócone trójkąty) są przesunięte w stosunku do punktów nominalnych reprezentujących kombinację wyników z obu kanałów rozpadu. Przerywana linia reprezentuje dopasowaną do skombinowanych punktów pomiarowych funkcję stałą. Słupki błędów oraz prostokąty wokół punktów pomiarowych oznaczają odpowiednio niepewności statystyczne i systematyczne. W przypadku punktów pomiarowych dla kombinacji nawiasy wokół punktów pomiarowych oznaczają całkowitą niepewność włączając niepewność na $\langle N_{\text{coll}} \rangle$.

w funkcji $|\eta|$. Na wykresie pokazane jest też porównanie z obliczeniami teoretycznymi w oparciu o wiodący rząd (LO*) oraz z poprawkami pierwszego rzędu (NLO) do rachunku zaburzeń. Ten ostatni przedstawiony jest w dwóch wariantach bez (CT10) i z (EPS09) modyfikacjami jądrowymi do PDF. Jak widać obliczenia LO* niedoszacowują liczby produkowanych przypadków z bozonami W . Natomiast obliczenia NLO są w zgodzie z danymi zarówno pod względem całkowitej normalizacji, jak i kształtu. Precyzja obecnego pomiaru nie pozwala na stwierdzenie jego czułości na efekt modyfikacji jądrowych do PDF. Oba modele CT10 oraz EPS09 dobrze opisują dane.

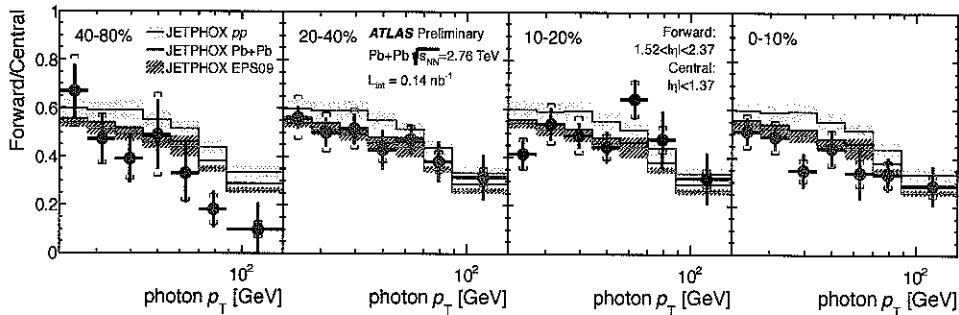
Różnica między krzywymi opisującymi różniczkową produkcję bozonów W^+ i W^- w funkcji $|\eta|$ wynika z ich mechanizmu produkcji. Ponieważ bozony W^\pm głównie produkowane są z lewo-skrętnego kwarku walencyjnego oraz prawo-skrętnego antykwarku morza, więc bozony W^\pm są głównie lewo-skrętne i emitowane w kierunku kwarku walencyjnego, a więc dla niezerowych wartości $|\eta|$. Bozon W^+ rozpada się na lewo-skrętne neutrino i prawo-skrętny lepton naładowany, z których ten ostatni propagowany jest w stronę małych wartości $|\eta|$. Natomiast bozon W^- rozpada się na lewo-skrętny lepton naładowany, który emitowany jest w stronę wyższych wartości $|\eta|$. Ta zasada prowadzi do różnicy w mierzonej różniczkowej produkcji bozonów W^+ oraz W^- w funkcji $|\eta|$, która widoczna jest na Rys. 2.

W monografii opisano też pomiar produkcji bezpośrednich fotonów w próbce ze zderzeń Pb+Pb przy energii $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$ TeV dla całkowitej świetlności odpowiadającej 0.13 nb^{-1} . Do identyfikacji fotonów użyto informacji z kalorymetru elektromagnetycznego eksperymentu ATLAS. Kalorymetr hadronowy służył do nałożenia kryterium izolacyjnego fotonu, który to warunek umożliwił obniżenie tła pochodzącego z procesów z produkcją przypadków wielo-dżetowych. Pomiaru produkcji bezpośrednich fotonów dokonano dla wartości pędów poprzecznych $22 < p_T < 280$ GeV oraz dla dwóch zakresów pseudorapidity: centralnego ($|\eta| < 1.37$) oraz w obszarze do przodu ($1.52 < |\eta| < 2.37$). Rysunek 3 przedstawia stosunek liczby przypadków z produkcją bezpośrednich fotonów w obszarze centralnym do liczby przypadków produkowanych w obszarze do przodu w funkcji p_T fotonu. Tak zdefiniowana obserwabla pozwala na redukcję wielu niepewności systematycznych. Na wykresie pokazane jest też porównanie punktów pomiarowych do obliczeń teoretycznych opartych o model JETPHOX dla trzech jego różnych konfiguracji: dla zderzeń pp , dla zderzeń Pb+Pb bez poprawek na modyfikacje jądrowe do PDF oraz dla zderzeń Pb+Pb z włączonymi poprawkami jądrowymi do PDF z użyciem modelu EPS09. O ile precyzja tego wyniku nie pozwala na wykluczenie



Rysunek 2: Liczba przypadków z produkcją bozonu W^+ (na lewo) oraz W^- (na prawo) na przypadek minimum bias i na bin w $|\eta|$ podzielona przez $\langle N_{coll} \rangle$ i scałkowana po wszystkich centralnościach w funkcji $|\eta|$. Na wykresie pokazane jest też porównanie z obliczeniami teoretycznymi w oparciu o wiodący (LO*) oraz pierwszy rząd (NLO) rachunku zaburzeń. Selekcja bozonów W^\pm obejmuje następujący zakres kinematyczny $p_T^\ell > 25$ GeV, $p_T^{miss} > 25$ GeV oraz $m_T > 40$ GeV.

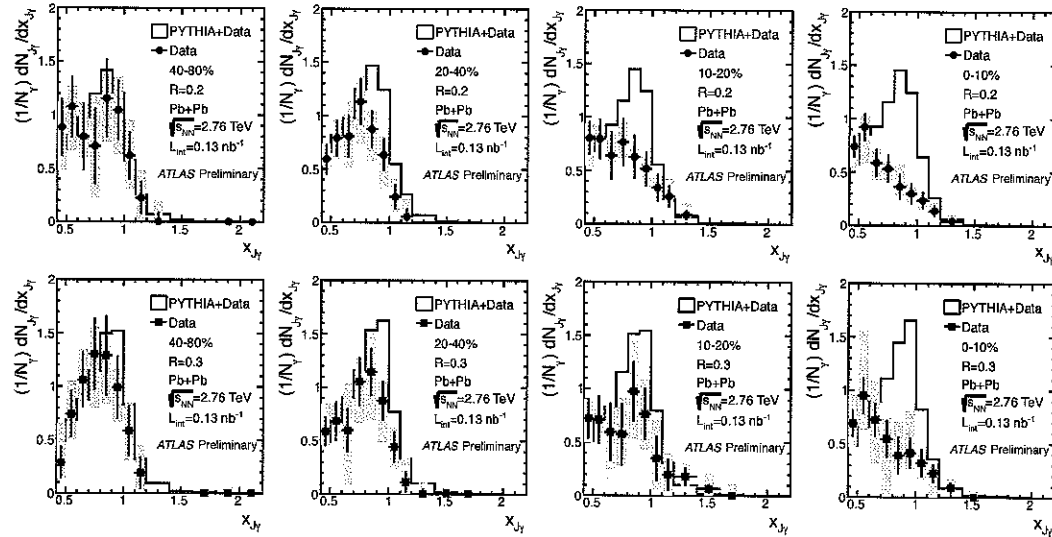
żadnego z obliczeń, o tyle dane, które pokazują zubożenie produkcji fotonów w obszarze do przodu w porównaniu z obszarem centralnym, wydają się preferować obliczenia dedykowane dla układu Pb+Pb sugerując tym samym, że efekt izospinowy odgrywa rolę w procesie produkcji fotonów.



Rysunek 3: Liczba przypadków z produkcją bezpośrednich fotonów w funkcji p_T dla zakresu pseudorapidności $1.52 < |\eta| < 2.37$ podzielona przez liczbę przypadków w przedziale do przodu $|\eta| < 1.37$. Stosunek liczby fotonów porównany jest do przewidywań teoretycznych z JETPHOX dla trzech różnych konfiguracji: dla zderzeń pp (żółty obszar), dla zderzeń Pb+Pb bez poprawek na modyfikacje jądrowe do PDF (czarna linia) oraz dla zderzeń Pb+Pb z włączonymi poprawkami jądrowymi w modelu EPS09 (niebieski obszar).

W monografii omówione są też najaktualniejsze wyniki eksperymentu ATLAS z produkcją par foton-dżet w zderzeniach Pb+Pb w oparciu o próbkę danych odpowiadających scałkowanej świetlności ~ 0.13 nb $^{-1}$. Fotony bezpośrednie mierzone są w obszarze centralnym ($|\eta^\gamma| < 1.3$) z pędem poprzecznym spełniającym warunek $60 < p_T^\gamma < 90$ GeV. Natomiast dżety rekonstruowane są z użyciem algorytmu anti- k_T dla dwóch wartości promienia dżetu ($R = 0.2$ oraz $R = 0.3$) i w zakresie kinematycznym zdefiniowanym przez $p_T^{jet} > 25$ GeV oraz $|\eta^{jet}| < 2.1$. Jedną z mierzonych obserwabli jest wielkość $x_{J\gamma}$, która zdefiniowana jest jako stosunek $x_{J\gamma} = p_T^{jet}/p_T^\gamma$. Rozkład $x_{J\gamma}$ znormalizowany do całkowitej liczby wyprodukowanych fotonów dla różnych wartości centralności oraz obu wartości R pokazany jest na Rys. 4. Każda kolumna odpowiada różnemu zakresowi centralności od najbardziej peryferycznych (40–80%) na lewo do najbardziej centralnych (0–10%)

na prawo. Kształt rozkładów $x_{J\gamma}$ jest podobny dla obu wartości promienia dżetu. Dla przypadków peryferycznych mierzone rozkłady opisywane są przez model reprezentowany przez generator PYTHIA co do kształtu i całkowitej normalizacji. Dla przypadków o wyższej centralności mierzony rozkład $x_{J\gamma}$ przesuwa się w stronę mniejszych wartości z jednoczesną redukcją w wartości całkowitej normalizacji sugerując, że coraz większa część rozkładu pędu dżetu nie spełnia warunku na minimalną wartość $x_{J\gamma}$. Przy czym rozkład $x_{J\gamma}$ z generatora PYTHIA nie pokazuje zależności od centralności ponad widoczne statystyczne fluktuacje. Trzeba dodać, że PYTHIA nie ma wbudowanego mechanizmu tłumienia dżetów przy ich przejściu przez ośrodek, jakim jest QGP.



Rysunek 4: Rozkład $x_{J\gamma}$ mierzony w danych ze zderzeń Pb+Pb (punkty) porównany z modelem PYTHIA, z którego wyliczona jest prawdziwa wartość stosunku $x_{J\gamma}$ dla przypadków symulowanych z użyciem nominalnej selekcji par foton-dżet. W dwóch rzędach pokazane są rozkłady dla różnych wartości promienia dżetu ($R = 0.2$ oraz $R = 0.3$). Kolumny reprezentują różne wartości centralności, od lewej do prawej: 40-80%, 20-40%, 10-20% oraz 0-10%. Zakres kinetyczny pomiaru zdefiniowany jest przez $60 < p_T^\gamma < 90$ GeV, $|\eta^\gamma| < 1.3$, $p_T^{\text{jet}} > 25$ GeV, $|\eta^{\text{jet}}| < 2.1$ i $|\Delta\phi_{J\gamma}| > 7\pi/8$.

4.4 Wnioski i perspektywy

Analiza danych ze zderzeń ciężkich jonów przy energii w centrum masy $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV na parę nukleonów zebranych przez eksperymenty na LHC w okresie 2009–2013 znacznie rozszerzyła możliwości eksperymentalnego pomiaru właściwości plazmy kwarkowo-gluonowej, która produkowana jest w takich zderzeniach. Dzięki wyższej energii dostępnej w zderzeniu oraz wysokiej świetlności w zderzeniach produkowane są cząstki o bardzo wysokim pędzie poprzecznym. Dodatkowo pewne stany końcowe produkowane są po raz pierwszy, gdyż przekroje czynne na ich produkcję są zaniedbywalne w poprzedniej generacji eksperymentach istniejących na akceleratorze RHIC, gdzie zderzenia ciężkich jonów mają miejsce przy energii $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV w centrum masy na parę nukleonów. Do takich procesów należy m.in. produkcja bozonów Z i W^\pm , których pomiar staje się możliwy dopiero na LHC.

W omawianej monografii prezentowane są najaktualniejsze wyniki eksperymentu ATLAS z danych ze zderzeń Pb+Pb zebranych w roku 2011, w których produkowane są bozony elektrosłabe Z, W^\pm oraz γ . Pomiary zostały zrobione inkluzywnie, jak również dla przypadków z produkcją par bozon-dżet. Ten ostatni proces jest bardzo interesujący, jako że pozwala na kalibrację energii dżetu w stosunku do energii niezaburzonego obiektu jakim jest bozon elektrosłaby.

Wyniki inkluzywnej produkcji bozonów Z, W^\pm oraz γ potwierdzają tezę zaniedbywalności oddziaływania samych bozonów, czy też leptonów będących produktami rozpadu bozonów słabych, podczas przejścia przez ośrodek jakim jest QGP. W granicach precyzji pomiarowej produkcja bozonów Z, W^\pm oraz γ skaluje się liniowo z liczbą zderzeń binarnych wraz ze wzrostem centralności. Jest ona w zgodzie z teoretycznymi przewidywaniami opartymi o NLO QCD. Wniosek ten jest też słuszny dla różniczkowej produkcji bozonów elektrosłabych w funkcji pędu poprzecznego oraz

[7]. Ten ostatni pomiar w przypadku bozonów W^\pm teoretycznie jest czuły na modyfikacje jądrowe do PDF. Niestety obecna precyzja pomiarowa nie pozwala na stwierdzenie odstępstw od PDF dla przypadku partonów niezwiązanych w jądrze atomowym. Natomiast w przypadku produkcji fotonów bezpośrednich stosunek liczby przypadków w obszarach centralnym i do przodu sugeruje, że efekt izospinowy jest niezaniechanym w tym procesie.

Wnioski płynące z inkluzywnej produkcji bozonów elektrosłabych pozwalają na ich zastosowanie do kalibracji energii dżetu w przypadkach z produkcją par bozon-dżet. Pomiar takie zostały wykonane dla par γ -dżet oraz Z -dżet. Niestety liczba kandydatów dla drugiego procesu jest niewielka w całym zbiorze danych z roku 2011. Niemniej jednak w obu przypadkach widoczne jest wyraźna modyfikacja rozkładu $p_T^{\text{jet}}/p_T^{\text{boson}}$ w porównaniu z przewidywaniem, które nie uwzględnia oddziaływania dżetu podczas przejścia przez QGP. Wartość średnia $p_T^{\text{jet}}/p_T^{\text{boson}}$ oraz całkowita liczba mierzonych dżetów ulegają zmniejszeniu wraz z rosnącą centralnością zderzenia. Natomiast rozkład różnicy w kącie azymutalnym pomiędzy bozonem i dżetem jest dobrze opisany przez model niewiączający oddziaływania dżetu z QGP.

Niniejsza monografia zawiera pomiary, które wykonane zostały z najlepszą precyzją dostępną w danych zebranych dotychczas na LHC. Niestety jest ona niewystarczająca do zaobserwowania efektu modyfikacji jądrowych do PDF. Dlatego też pomiary produkcji bozonów elektrosłabych będą kontynuowane przy wyższych energiach zderzenia i wyższych świetlnościach po przerwie technicznej, która zakończy się w roku 2015. Wzrost tych dwóch wielkości pozwoli na zwiększenie ilości próbkowanych zderzeń Pb+Pb o czynnik 8, co powinno dostarczyć pożądaną precyzji pomiarowej.

Dodatkowo ważnym elementem badania układu Pb+Pb jest odseparowanie procesów stanu początkowego od końcowego, czyli wyjściowego stanu układu opisywanego przez PDF i efektu przejścia produktów zderzenia przez ośrodek, jakim jest QGP. Wyeliminowanie tego ostatniego czynnika można osiągnąć poprzez badanie układu produkowanego w zderzeniach p +Pb, w których nie spodziewamy się osiągnąć warunków pozwalających na wytworzenie QGP. Stąd też ważnym elementem jest rozszerzenie obecnych pomiarów produkcji bozonów elektrosłabych dla zderzeń Pb+Pb na układ p +Pb. Eksperyment ATLAS zebrał dużą próbkę takich danych w styczniu 2013 roku, a ich analiza będzie stanowiła kontynuację badań omawianych w tej monografii.

5 Przebieg pracy naukowej

5.1 Okres przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

W roku 2000, po obronie pracy magisterskiej, zostałam przyjęta na studia doktoranckie na Wydziale Fizyki i Techniki Jądrowej (WFiTJ) AGH w Krakowie w zespole kierowanym przez prof. dr. hab. Danutę Kisielewską. W roku akademickim 2001–2002 odbyłam roczny staż w niemieckim laboratorium DESY, gdzie pracowałam nad głęboko nieelastycznym rozpraszaniem Comptona w zderzeniach elektron-proton w eksperymencie ZEUS na akceleratorze HERA. Równolegle rozwijałam oprogramowanie służące do zapisu struktury danych powstałych na etapie rekonstrukcji i identyfikacji cząstek w eksperymencie ZEUS, a wykorzystywane do analizy danych przez wszystkich członków współpracy. Pracę doktorską, pod kierunkiem prof. dr hab. Leszka Turczynowicza-Suszyckiego, pt. *Measurement of Deeply Virtual Compton Scattering Using the ZEUS Detector at HERA* złożyłam i obroniłam w czerwcu 2004 roku. Praca dostała wyróżnienie, a następnie była zgłaszana i nagradzana w licznych konkursach. Również trzeba wspomnieć, że została ona opublikowana w Eur. Phys. Jour. C. Natomiast publikacja, która powstała na temat pomiaru omawianego szczegółowo w doktoracie jest w chwili obecnej jedną z najwyżej cytowanych publikacji eksperymentu ZEUS.

5.2 Okres po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

W roku akademickim 2004–2005 zostałam przyjęta na stanowisko asystenta w Zakładzie Fizyki Cząstek Elementarnych i Detektorów na WFiTJ AGH. W tym czasie rozpoczęłam proces wdrażania do eksperymentu ATLAS na LHC pracując nad rekonstrukcją przypadków ze zderzeń pp z inkluzywną produkcją bozonów Z . Równolegle prowadziłam zajęcia dydaktyczne z matematycznych metod fizyki i statystyki dla studentów WFiTJ.

W międzyczasie złożyłam wymagane dokumenty o przyjęcie na pozycję Research Fellow w dwóch laboratoriach w CERNie w Genewie oraz DESY w Hamburgu, z których obie zostały rozpatrzone pozytywnie. W związku z tym od sierpnia 2005 roku rozpoczęłam dwuletni kontrakt Research Fellow w CERNie, w ramach którego pracowałam w grupie systemu wyzwalań¹ i za-

¹W skrócie to tryger eksperymentu ATLAS.

pisu przypadków eksperymentu ATLAS. Byłam odpowiedzialna za opracowanie algorytmów rekonstrukcji śladów z detektora wewnętrznego na trzecim poziomie trygera eksperymentu (z ang. Event Filter, EF). Software, którego jestem autorem, służył do selekcji danych w całym pierwszym okresie funkcjonowania LHC, który przypadł na lata 2009–2013. Wykonuje on rekonstrukcję śladów w częściach detektora, gdzie zaobserwowano aktywność tzw. rejon zainteresowania (z ang. Region-of-Interest, RoI) bądź w całości detektora w tzw. pełnym skanie. Ten ostatni wykorzystywany był bardzo intensywnie do selekcji przypadków minimum bias, kiedy eksperyment zbierał dane przy niskiej świetlności. Natomiast mod RoI jest podstawą bardziej złożonej rekonstrukcji i identyfikacji przypadków, gdzie wyprodukowane zostały elektrony, miony, taony, kwarki b , itd. Dodatkowo jestem autorem dwóch sekwencji do rekonstrukcji śladów tzw. Inside-Out oraz Outside-In działających na poziomie EF. Pierwsza pracuje w oparciu o depozyty w wewnętrznych detektorach Pixel oraz SCT. Tylko wówczas, gdy ślad jest tam zrekonstruowany przedłuża go do najbardziej zewnętrznego detektora TRT. Podczas gdy sekwencja Outside-In rozpoczyna rekonstrukcję w oparciu o depozyty z detektora TRT i tylko wtedy, gdy te pozwalają na rekonstrukcję śladu brana jest pod uwagę informacja z detektorów położonych bliżej punktu oddziaływania. Sekwencja Outside-In wykorzystywana jest m.in. w rekonstrukcji przypadków, w których nastąpiła konwersja fotonu na parę elektron-pozyton w materiale nieaktywnym detektora. Ponadto jestem autorem algorytmu rekonstruującego wierzchołki, w których taka konwersja nastąpiła. Równoległe do pracy nad trygerem śladów zajmowałam się optymalizacją trygera elektronów o wysokim p_T oraz wpływem efektu Bremsstrahlungu na wydajność i czystość takiego trygera.

W okresie 07.2007–02.2008 przebywałam na urlopie macierzyńskim, a później wychowawczym po urodzeniu mojego drugiego dziecka. W semestrze letnim roku akademickiego 2007–2008 rozpoczęłam pracę na stanowisku adiunkta na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej (WFiIS) AGH. W tym okresie wdrażałam się do pracy w projekcie dotyczącym menu trygera² eksperymentu ATLAS oraz prowadziłam ćwiczenia audytoryjne z fizyki dla studentów WFiIS oraz wydziałów zewnętrznych.

Od września 2008 roku rozpoczęłam pracę na stanowisku Assistant Project Scientist na Uniwersytecie Kalifornijskim, Irvine z oddelegowaniem do ośrodka CERN. W tym okresie pracowałam nad konfiguracją i optymalizacją menu trygera dla przypadków ze zderzeń proton-proton o zadanej charakterystyce. W latach 2008–2011 przebywałam w CERN, gdzie aktywnie uczestniczyłam w zbieraniu danych najpierw z promieniowania kosmicznego, a potem ze zderzeń proton-proton przy energii 900 GeV oraz 7 TeV. W tym okresie wielokrotnie pełniłam rolę eksperta od trygera śladów oraz od menu trygera. Dodatkowo monitorowałam jakość zbieranych danych.

Od września 2011 do chwili obecnej pracuję na stanowisku adiunkta w Katedrze Oddziaływań i Detekcji Cząstek WFiIS AGH. Oprócz pracy dydaktycznej kontynuuję pracę naukową w ramach eksperymentu ATLAS.

Aktywną pracę w Grupie Ciężkich Jonów eksperymentu ATLAS rozpoczęłam w roku 2010. Koordynowałam prace związane z przygotowaniem i optymalizacją całego menu trygera dla zderzeń Pb+Pb zebranych w latach 2010 i 2011. Od 2012 roku praca nad trygerem dla ciężkich jonów jest realizowana w ramach grupy Heavy Ion Trigger Menu Forum (HITMF), którego jestem koordynatorem do dnia dzisiejszego. Grupa HITMF przygotowała menu trygera dla danych proton-ołów ($p+Pb$) zebranych w roku 2012 i 2013 oraz pp przy energii $\sqrt{s} = 2.76$ TeV zebranych w roku 2013. Od roku 2012 uczestniczyłam w pomiarach produkcji bozonów elektrosłabych w danych Pb+Pb przy energii $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV. Najpierw pracowałam nad produkcją bozonu Z z rozpadami w kanale dwu-mionowym i dwu-elektronowym. Jestem współautorem zarówno wewnętrznej dokumentacji dotyczącej tego pomiaru, jak i noty konferencyjnej oraz wreszcie publikacji w Phys. Rev. Lett. Następnie uczestniczyłam w pomiarze bozonu W w kanałach mionowym i elektronowym. Jestem też autorem dokumentacji wewnętrznej, noty konferencyjnej i wreszcie docelowej publikacji w Eur. Phys. Jour. C, która została wysłana do publikacji w sierpniu 2014 roku. Nie uczestniczyłam bezpośrednio w pomiarach z fotonami, ale brałam udział w dyskusjach nad wynikami w ramach co tygodniowych spotkań grupy Heavy Ion egamma oraz poprzez recenzję dokumentacji wewnętrznej, not konferencyjnych oraz przygotowywanej publikacji. Dodatkowo od roku 2014 jestem w czteroosobowym panelu wydawniczym, który pracuje nad przygotowaniem kolejnej publikacji na temat produkcji fotonów o wysokim p_T w zderzeniach $p+Pb$ przy energii $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV. Ponadto na WFiIS poprzez udział w roboczych dyskusjach uczestniczę w analizie pomiaru produkcji bozonu W^\pm w danych $p+Pb$ z rozpadem w kanale elektronowym. Dodatkowo wiele razy miałam zaszczyt reprezentować eksperyment ATLAS na międzynarodowych konferen-

²Menu trygera jest zbiorem około 500 łańcuchów definiujących selekcje wykonywane w czasie rzeczywistym w celu wyboru interesujących przypadków do zapisu i późniejszej analizy.

cjach, gdzie prezentowałam wyniki na temat produkcji bozonów elektrosłabych. Jestem autorem wielu raportów pokonferencyjnych.

Od roku 2011 jestem aktywnym członkiem grupy Minimum Bias and Forward Detector Triggers (MBFD), która m.in. badała wydajności i czystości trygerów zbierających dane minimum bias w zderzeniach Pb+Pb oraz $p+Pb$. Byłam zarówno zaangażowana w te pomiary, jak również jestem autorem dwóch not konferencyjnych, które podsumowują otrzymane wyniki. Od roku 2014 jestem współkoordynatorem grupy MBFD. W ramach aktywności grupy utrzymujemy i rozwijamy software oraz konfigurację dla trygerów działających w oparciu o detektory minimum bias: MBTS, detektor wewnętrzny, LUCID, ZDC, BCM. Dodatkowo grupa odpowiedzialna jest za monitorowanie pracy trygerów minimum bias w czasie rzeczywistym, jak i podczas późniejszej rekonstrukcji.

Ponadto od roku 2011 zajmuję się badaniem korelacji długozasięgowych w danych minimum bias ze zderzeń Pb+Pb oraz pp . Temat ten był przedmiotem kilku prac dyplomowych przygotowywanych pod moją opieką. Uczestniczyłam w dwóch panelach wydawniczych eksperymentu ATLAS, które pracowały nad notami konferencyjnymi na temat wydajności rekonstrukcji i identyfikacji kwarków b oraz wyznaczenia w oparciu o dane prawdopodobieństwa jego złego oznakowania.

W latach 2013–2015 jestem członkiem panelu doradczego Speakers Committee Advisory Board, który zajmuje się opracowaniem i wdrożeniem kryteriów dla członków eksperymentu przy doborze autorów referatów na międzynarodowe konferencje. W latach 2014–2015 jestem członkiem grupy doradczej szefa Panelu Koordynującego eksperymentu ATLAS.

Od roku 2014 recenzuję artykuły w *Advances in High Energy Physics, impact factor 2.624* (szczegóły na <http://www.hindawi.com/journals/ahep/reviewers/4/>).

5.3 Plany na przyszłość

Poprzez swoje zaangażowanie w grupach MBFD oraz HITMF będę kontynuować koordynowanie prac przygotowawczych do zbierania danych po przerwie technicznej na LHC, a przewidziane na lata 2015–2018 w eksperymencie ATLAS. Działalność ta obejmuje zarówno zderzenia pp , $p+Pb$, jak i Pb+Pb. W szczególności będę kontynuować kierowanie pracami mającymi za zadanie skonfigurowanie i optymalizację trygerów o wysokim p_T dla zderzeń Pb+Pb, które będą odgrywały zasadniczą rolę podczas zbierania danych o wysokiej świetlności.

Obecnie koordynuję trzy projekty kwalifikacyjne³ w ramach eksperymentu ATLAS. Jeden dotyczy optymalizacji trygerów na przypadki o wysokich krotnościach cząstek naładowanych produkowanych w zderzeniach pp oraz $p+Pb$. Drugi ma za zadanie optymalizację trygerów dla danych z elektronami i mionami o niskim p_T produkowanych w zderzeniach Pb+Pb. Trzeci dotyczy adaptacji symulacji MC do nowej geometrii detektora MBTS, który odgrywa kluczową rolę przy trygerowaniu przypadków minimum bias przy niskich świetlnościach. Ponadto jestem opiekunem projektu dyplomowego mającego na celu rozwój oprogramowania do monitorowania wydajności i czystości dla trygerów minimum bias. Wszystkie te projekty muszą być zrealizowane jeszcze przed rozpoczęciem zbierania danych w marcu 2015 roku dla danych pp oraz w listopadzie tego samego roku dla danych Pb+Pb.

W niedalekiej przyszłości planuję rozpocząć analizę danych $p+Pb$ pod kątem przypadków z produkcją bozonu W z rozpadem w kanale elektronowym. Tego typu analiza jest naturalnym uzupełnieniem właśnie zakończonego pomiaru produkcji bozonu W w zderzeniach Pb+Pb. Natomiast w ciągu najbliższego roku planuję sfinalizować pomiar korelacji przód–tył w zderzeniach minimum bias dla zderzeń Pb+Pb z referencją z danych pp przy energii $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV i przygotować publikację na temat tego wyniku.

Od października b.r. obejmę funkcję tzw. *release coordinator*, która polega na zarządzaniu oprogramowaniem w ramach projektu trygera eksperymentu ATLAS.

³Każda osoba starająca się o członkostwo w eksperymencie ATLAS musi zrealizować roczny projekt kwalifikacyjny. Polega on na wykonaniu ściśle zdefiniowanego zadania, którego celem jest znaczący wkład w obsługę eksperymentu.

79B

6 Szczegółowa lista osiągnięć naukowo-badawczych i dydaktycznych

6.1 Publikacje

Szczegółowa lista publikacji znajduje się w załączniku nr 6.

Całkowita liczba publikacji:	434
Liczba cytowań:	10273
Liczba cytowań bez samocytowań:	9046
Indeks Hirscha:	45
Summary Impact Factor:	1453

Podane informacje pochodzą z bazy ISI Web of Science z dnia 04/09/2014.

Publikacje związane bezpośrednio z tematyką monografii – publikacje w czasopismach ujętych w bazie JCR, publiczne noty kolaboracji ATLAS (podlegające wielopoziomowej recenzji) oraz materiały pokonferencyjne:

1. *Measurement of Z boson Production in Pb+Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}}=2.76$ TeV with the ATLAS Detector*, ATLAS Collaboration (I. Grabowska-Bołd), Phys. Rev. Lett 110, 022301 (2013)
(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu studiów wydajności trygera i kalibracji przypadków minimum bias dla całej próbki. Byłam także edytorem powyższej publikacji. Dodatkowo jestem autorem trygera, który służył do zebrania przypadków do tej analizy. Mój udział procentowy szacuję na 50%.)
2. *Measurement of the production and lepton charge asymmetry of W bosons in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=2.76$ TeV with the ATLAS detector*, ATLAS Collaboration (I. Grabowska-Bołd), arXiv:1408.4674 [hep-ex], wysłany do publikacji Eur. Phys. J. C
(Mój wkład w powstanie tej publikacji polegał na przeprowadzeniu kompletnej analizy produkcji bozonu W z rozpadem w kanale elektronowym. Jestem też autorem samej publikacji. Mój udział procentowy dla części dotyczącej $W \rightarrow e\nu$ szacuję na 100%.)
3. *Measurement of the Z boson Production in Lead-Lead Collisions at $\sqrt{s_{NN}}=2.76$ TeV with the ATLAS Detector*, ATLAS Collaboration (I. Grabowska-Bołd), ATLAS-CONF-2012-052
(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu studiów wydajności trygera i kalibracji przypadków minimum bias dla całej próbki. Ponadto jestem autorem trygera, który służył do zebrania przypadków do tej analizy. Dodatkowo uczestniczyłam w procesie wydawniczym tej publikacji. Mój udział procentowy szacuję na 50%.)
4. *Measurement of momentum imbalance in $Z \rightarrow ll + jet$ events in Lead-Lead collisions at $\sqrt{s_{NN}}=2.76$ TeV with the ATLAS detector*, ATLAS Collaboration (I. Grabowska-Bołd), ATLAS-CONF-2012-119
(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu studiów wydajności trygera i kalibracji przypadków minimum bias dla całej próbki. Ponadto jestem autorem trygera, który służył do zebrania przypadków do tej analizy. Dodatkowo uczestniczyłam w procesie wydawniczym tej publikacji. Mój udział procentowy szacuję na 10%.)
5. *Measurement of W boson production and the lepton charge asymmetry in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV with the ATLAS detector*, ATLAS Collaboration (I. Grabowska-Bołd), ATLAS-CONF-2014-023
(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu kompletnej analizy przypadków produkcji $W \rightarrow e\nu_e$. Ponadto jestem autorem trygera, który służył do zebrania przypadków do tej analizy. Dodatkowo jestem jednym z edytorów tej noty. Mój udział procentowy szacuję na 100% dla kanału elektronowego.)
6. *Measurement of high- p_T isolated prompt photons in lead-lead collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV with the ATLAS detector at the LHC*, ATLAS Collaboration (I. Grabowska-Bołd), ATLAS-CONF-2012-051
(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu studiów wydajności trygera i kalibracji przypadków minimum bias dla całej próbki. Dodatkowo jestem autorem trygera,

który służył do zebrania przypadków do tej analizy. Ponadto uczestniczyłam w procesie wydawniczym tej publikacji. Mój udział procentowy szacuję na 30%.)

7. *Measurement of isolated direct photons in lead-lead collisions at 2.76 TeV with the ATLAS detector*, I. Grabowska-Bołd, Nucl. Phys. A904 (2013) 577–580
(Jestem autorem trygerów służących do zbierania danych do tej analizy. Brałam udział w dyskusjach nad tą analizą i w procesie zatwierdzania jej wyników. Jestem autorem manuskryptu. Mój udział procentowy szacuję na 50%.)
8. *Measurement of the correlation of jets with high p_T isolated prompt photons in lead-lead collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV with the ATLAS detector at the LHC*, ATLAS Collaboration (I. Grabowska-Bołd), ATLAS-CONF-2012-121
(Jestem autorem trygera, który służył do zebrania przypadków do tej analizy. Ponadto uczestniczyłam w procesie wydawniczym tej publikacji. Mój udział procentowy szacuję na 10%.)
9. *Hard Probes in Pb-Pb Collisions at ATLAS*, I. Grabowska-Bołd, materiały pokonferencyjne z Moriond 2012, Włochy
(Jestem autorem trygerów służących do zbierania danych do analiz prezentowanych w tej publikacji. Brałam udział w analizach i w procesie zatwierdzania ich wyników. Jestem autorem manuskryptu. Mój udział procentowy szacuję na 50%.)
10. *Hard Probes at ATLAS*, I. Grabowska-Bołd, materiały pokonferencyjne z Moriond 2013, Włochy
(Jestem autorem trygerów służących do zbierania danych do analiz prezentowanych w tej publikacji. Brałam udział w analizach i w procesie zatwierdzania ich wyników. Jestem autorem manuskryptu. Mój udział procentowy szacuję na 50%.)
11. *Measurements of Vector Boson Production in lead-lead and proton-lead Collisions with the ATLAS Detector*, I. Grabowska-Bołd, materiały pokonferencyjne z Quark Matter 2014, Darmstadt, Germany, ATLAS-CONF-2014-081. Zaakceptowane do publikacji w Nucl. Phys. A.
(Jestem autorem trygerów służących do zbierania danych do analiz prezentowanych w tej publikacji. Brałam udział w analizach (np. $W \rightarrow e\nu_e$) i w procesie zatwierdzania ich wyników. Jestem autorem manuskryptu. Mój udział procentowy szacuję na 70%.)
12. *Expected Performance of the ATLAS Experiment – Detector, Trigger and Physics*, ATLAS Collaboration (I. Grabowska-Bołd), arXiv:0901.0512 [hep-ex]
(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na kontrybucji do rozdziału na temat trygera śladów w oparciu o informację z Detektora Wewnętrzznego. Jestem autorem oprogramowania obsługującego ten tryger. Ponadto koordynowałam prace związane z powstaniem tego rozdziału. Mój udział procentowy szacuję na 70%.)
13. *The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider*, ATLAS Collaboration (I. Grabowska-Bołd), JINST 3 (2008) S08003
(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu algorytmów do rekonstrukcji śladów z Detektora Wewnętrzznego na trzecim poziomie trygera, optymalizacji tych algorytmów oraz konfiguracji trygerów zbierających dane w latach 2009–2013. Mój udział procentowy szacuję na 70%.)
14. *Performance of the ATLAS Trigger System in 2010*, ATLAS Collaboration (I. Grabowska-Bołd), Eur.Phys.J.C 72 (2012) 1849
(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na pracy nad menu trygera w latach 2008–2011. Praca ta obejmowała oprogramowanie, konfigurację oraz badanie wykonania trygerów dla danych pp oraz Pb+Pb. Ponadto jestem autorem rozdziału dotyczącego ewolucji menu trygera w latach 2009–2010. Mój udział procentowy szacuję na 70%.)
15. *Heavy ion physics with the ATLAS Detector*, I. Grabowska-Bołd, Acta Phys. Polon. B42 (2011) 1393-1400
(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu oraz optymalizacji trygerów do zbierania danych Pb+Pb używanych do analiz. Jestem autorem tego manuskryptu. Mój udział procentowy szacuję na 70%.)
16. *Performance of the ATLAS Minimum Bias and Forward Detector Triggers in 2011 Heavy Ion Run*, ATLAS Collaboration (I. Grabowska-Bołd), ATLAS-CONF-2012-122

(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu studiów wydajności trygera minimum bias dla całej próbki danych zebranych w roku 2011. Wcześniej koordynowałam prace związane z przygotowaniem menu trygera do zbierania danych opisanych w tej pracy. Dodatkowo jako jeden z edytorów uczestniczyłam w procesie wydawniczym tej noty konferencyjnej. Mój udział procentowy szacuję na 70%.)

Inne publikacje niezwiązane bezpośrednio z tematyką monografii lub wewnętrzne noty kolaboracji ATLAS (podlegające wielopoziomowej recenzji) oraz materiały pokonferencyjne:

1. *W boson production in the electron channel and lepton charge asymmetry in Pb+Pb collisions in ATLAS - Supporting Note*, I. Grabowska-Bold, ATL-COM-PHYS-2013-1381
(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zrobieniu kompletnego pomiaru produkcji bozonu W w kanale elektronowym wraz z kombinacją wyników z kanału mionowego i elektronowego. Jestem jedynym autorem tej noty wewnętrznej. Mój udział procentowy szacuję na 100%.)
2. *Supporting note for $Z \rightarrow e^+e^-$ and $Z \rightarrow \mu^+\mu^-$ analyses using 2011 Pb+Pb data at $\sqrt{s_{NN}}=2.76$ TeV*, I. Grabowska-Bold et al., ATL-COM-PHYS-2012-366
(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zrobieniu pomiaru produkcji bozonu Z w kanale elektronowym. W szczególności odpowiedzialna byłam za studia wydajności trygera oraz kalibrację przypadków minimum bias w tym pomiarze. Ponadto pracowałam nad edycją tej noty wewnętrznej. Mój udział procentowy szacuję na 70%.)
3. *Performance of the ATLAS Minimum Bias and Forward Detector Triggers in pPb collisions*, ATLAS Collaboration (I. Grabowska-Bold), ATLAS-CONF-2013-104
(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu studiów wydajności trygera minimum bias dla całej próbki danych zebranych w roku 2013. Dodatkowo jako jeden z edytorów uczestniczyłam w procesie wydawniczym tej noty konferencyjnej. Mój udział procentowy szacuję na 50%.)
4. *Commissioning of the ATLAS Trigger with Proton Collisions at the LHC*, I. Grabowska-Bold, materiały konferencyjne z PLHC 2010, Hamburg, Niemcy
(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na kontrybucji do rozwoju menu trygera w latach 2008–2011. Praca ta obejmowała oprogramowanie, konfigurację oraz badanie wykonania trygerów dla danych pp oraz $Pb+Pb$. Jestem autorem tego manuskryptu. Mój udział procentowy szacuję na 70%.)
5. *Charged particle correlations in pseudorapidity bins in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=2.76$ TeV: Supporting Note*, M. Dyndal, I. Grabowska-Bold, M. Przybycien, ATL-COM-PHYS-2012-1779, publikacja w przygotowaniu
(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu konfiguracji i optymalizacji trygera do zbierania danych. Ponadto jest to pomiar wykonywany w ramach pracy magisterskiej będącej pod moją opieką. Ponadto jestem jednym z edytorów tej noty. Mój udział procentowy szacuję na 40%.)
6. *Performance of the ATLAS Minimum Bias and Forward Detector Triggers in 2011 Heavy Ion Runs - Supporting Note*, I. Grabowska-Bold, T. Martin, E. Sarkisyan-Grinbaum, A. Sidoti, P. Steinberg, K. Wozniak, ATL-COM-DAQ-2012-153
(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu konfiguracji i optymalizacji trygera do zbierania danych, analizie danych i uczestnictwie w dyskusjach nad pomiarem. Ponadto jestem jednym z edytorów tej noty. Mój udział procentowy szacuję na 70%.)
7. *Measurement of the heavy-ion collision event characteristics with the ATLAS experiment at the LHC*, K. Burka, T. Bold, I. Grabowska-Bold, ATL-COM-PHYS-2014-305, wysłane do Computer Science Journal
(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu konfiguracji i optymalizacji trygera do zbierania danych do analizy i uczestnictwie w dyskusjach nad pomiarem. Ponadto jestem jednym z edytorów tego manuskryptu. Mój udział procentowy szacuję na 20%.)
8. *Measuring the b-tag efficiency in a sample of jets containing muons with 5 fb^{-1} of data from the ATLAS detector*, ATLAS Collaboration (I. Grabowska-Bold), ATLAS-CONF-2012-043

(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na byciu członkiem panelu wydawniczego, który zajmował się recenzowaniem i przygotowaniem noty do publikacji. Mój udział procentowy szacuję na 20%.)

9. *Measuring the mistag rate with 5 fb^{-1} of data from the ATLAS detector*, ATLAS Collaboration (I. Grabowska-Bold), ATLAS-CONF-2012-040

(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na byciu członkiem panelu wydawniczego, który zajmował się recenzowaniem i przygotowaniem noty do publikacji. Mój udział procentowy szacuję na 20%.)

W eksperymencie ATLAS warunkiem koniecznym do rozpoczęcia procesu przygotowania wyników do publikacji jest przedstawienie wyczerpującej dokumentacji wykonanego pomiaru w postaci noty wewnętrznej. Wnikliwa i wieloetapowa recenzja not wewnętrznych przez czteroosobowy panel wydawniczy jest warunkiem koniecznym przed zatwierdzeniem wyników do publikacji i rozpoczęciem procesu zatwierdzania tekstu publikacji.

6.2 Staże i wyjazdy zagraniczne

2008-2011	eksperyment ATLAS, CERN, Genewa, Szwajcaria (3 lata)
2005-2007	eksperyment ATLAS, CERN, Genewa, Szwajcaria (2 lata)
2001-2002	eksperyment ZEUS, DESY, Hamburg, Niemcy (1 rok)
1999	praktyka dyplomowa w DESY, Hamburg, Niemcy (4 tygodnie)
1998	Summer Student Programme w DESY, Hamburg (8 tygodni)

6.3 Konferencje i spotkania naukowe

Ważniejsze referaty na konferencjach krajowych i międzynarodowych

- 05.2014 *Measurements of vector boson production in lead-lead and proton-lead collisions with the ATLAS detector*, Quark Matter 2014, Darmstadt, Niemcy
- 03.2013 *Hard Probes at ATLAS*, Moriond QCD 2013, La Thuile, Włochy
- 11.2012 *High p_T Phenomena in Pb-Pb Collisions with the ATLAS Detector*, IX Polish Workshop on Relativistic Heavy Ion Collisions, Kraków, Polska
- 08.2012 *Measurement of Isolated Direct Photons in Lead-Lead Collisions at 2.76TeV with the ATLAS Detector*, Quark Matter 2012, Waszyngton DC, USA
- 03.2012 *Hard Probes in Pb-Pb Collisions at ATLAS*, Moriond QCD 2012, La Thuile, Włochy
- 12.2011 *Measurement of Quarkonia and Vector Bosons in Pb-Pb Collisions in ATLAS*, VIII Polish Workshop on Relativistic Heavy Ion Collisions, Hucisko, Polska
- 10.2011 *Heavy Quarkonium Production in Pb-Pb Collisions at ATLAS*, HQ2011, GSI, Darmstadt, Niemcy
- 01.2011 *Heavy Ion Physics with the ATLAS Detector*, Epiphany Conference, Kraków, Polska
- 06.2010 *Commissioning of the ATLAS Trigger with Proton Collisions at the LHC*, Physics at the LHC, Hamburg, Niemcy
- 05.2009 *The ATLAS experiment at the Large Hadron Collider*, Frontiers in Modern Physics and its Applications, Kraków, Polska
- 05.2007 *Full scan mode in the EF ID*, TDAQ Week, CERN, Genewa, Szwajcaria
- 04.2007 *EF tracking DQM*, ATLAS Data Quality Workshop, CERN, Genewa, Szwajcaria
- 03.2007 *Performance of updated electron optimization*, ATLAS Trigger and Physics Week, CERN, Genewa, Szwajcaria
- 01.2007 *Status of LVL2 and EF InDet monitoring*, ATLAS Inner Detector Trigger and Offline Software Workshop, CERN, Genewa, Szwajcaria
- 06.2005 *Measurement of Deeply Virtual Compton Scattering Using the ZEUS Detector at HERA*, Prezentacja z okazji wręczenia nagrody *Ph.D. Award of the Association of the Friends and Sponsors of DESY*, Hamburg, Niemcy
- 10.2004 *Measurement of the t slope in Deeply Virtual Compton Scattering*, ZEUS Collaboration Meeting, Padwa, Włochy
- 09.2004 *Measurement of Deeply Virtual Compton Scattering Using the ZEUS Detector at HERA*, International School of Subnuclear Physics, Erice, Włochy
- 10.2002 *Deeply Virtual Compton Scattering*, ZEUS Collaboration Meeting, Hamburg, Niemcy
- 06.2002 *Deeply Virtual Compton Scattering*, ZEUS Collaboration Meeting, Londyn, Wielka Brytania
- 03.2002 XXXVIIIth Rencontres de Moriond sesja poświęcona QCD i Hadronowe Oddziaływania Wysokiej Energii, prezentacja w imieniu współpracy ZEUS i H1 *Progress in single-photon final states: prompt photons and DVCS*
- 02.2002 *Deeply Virtual Compton Scattering*, ZEUS Collaboration Meeting, Hamburg, Niemcy
- 10.2001 *Deeply Virtual Compton Scattering*, ZEUS Collaboration Meeting, Hamburg, Niemcy

Ponadto wielokrotnie prezentowałam t.j. około 300 razy wyniki swojej pracy, lub wyniki pracy grupy, którą kierowałam, na różnych spotkaniach kolaboracji ZEUS i ATLAS (ATLAS workshops, ZEUS/ATLAS Weeks, ATLAS weekly meetings, Physics and Performance Weeks, Heavy Ion Working Group meetings, MBFD trigger meetings, HITMF meetings, etc). Należy podkreślić, że liczba osób uczestniczących w takich spotkaniach często przewyższa liczbę uczestników mniejszych konferencji międzynarodowych.

Dodatkowo jako koordynator grup HITMF oraz MBFD prowadziłam spotkania robocze z grupą

kilkunastu osób.

6.4 Udział w projektach badawczych

1. 2 P03B 122 25 (2003-2005), grant promotorski, **kierownik**, *Badanie głęboko-wirtualnego rozpraszania Comptona w eksperymencie ZEUS*, miejsce realizacji: AGH Kraków
2. 112/E-356/SPB/DESY/P-03/DZ 116/2003-05 (2003-2005), eksperyment ZEUS, **wykonawca**, *Badanie oddziaływań elektronów z protonami w eksperymencie ZEUS na akceleratorze HERA*, miejsce realizacji: AGH Kraków
3. SPB/CERN/P-03/DZ 108/2003-05 (2003-2005), eksperyment ATLAS, **wykonawca**, *Budowa aparatury detekcyjnej i przygotowanie programu fizycznego eksperymentu ATLAS przy LHC*, miejsce realizacji: AGH Kraków
4. SPB nr DESY/252/2006 (2006-2008), eksperyment ZEUS, **wykonawca**, *Badanie oddziaływań elektronów z protonami w eksperymencie ZEUS na akceleratorze HERA*, miejsce realizacji: AGH Kraków
5. SPB nr CERN/85/2006 (2006-2008), eksperyment ATLAS, **wykonawca**, *Budowa aparatury detekcyjnej i przygotowanie programu fizycznego eksperymentu ATLAS przy LHC*, miejsce realizacji: AGH Kraków
6. 665/N-CERN-ATLAS/2010/0 (2010-2013), eksperyment ATLAS, **wykonawca**, *Eksperyment ATLAS: rejestracja i analiza danych oraz utrzymanie i rozwój detektorów*, miejsce realizacji: AGH Kraków
7. DEC-2011/03/B/ST/02631 (2012-2015), eksperyment ATLAS, **wykonawca**, *Badanie zderzeń ciężkich jonów przy najwyższych energiach akceleratorowych*, miejsce realizacji: IFJ PAN Kraków
8. DEC-2013/08/M/ST2/00320 (2013-2015), eksperyment ATLAS, **wykonawca**, *Eksperyment ATLAS – doświadczalna weryfikacja Modelu Standardowego i poszukiwania Sygnałów Nowej Fizyki przy energiach LHC*, miejsce realizacji: AGH Kraków

6.5 Członkostwo w organizacjach międzynarodowych

1998-2006	członek kolaboracji ZEUS, DESY, Niemcy
2005-2006	okres kwalifikacyjny na członka kolaboracji ATLAS, CERN, Szwajcaria
2006-obecnie	członek kolaboracji ATLAS, CERN, Szwajcaria
2005-2007	członek grupy trygera elektronowo-fotonowego eksperymentu ATLAS
2005-2007	członek grupy trygera detektora wewnętrznego eksperymentu ATLAS
2008-2010	członek grupy menu trygera eksperymentu ATLAS
2010-obecnie	członek grupy Fizyki Ciężkich Jonów eksperymentu ATLAS
2012-obecnie	edytor papierów konferencyjnych i członek paneli wydawniczych eksperymentu ATLAS
2012-obecnie	koordynator grupy Heavy Ion Trigger Menu Forum eksperymentu ATLAS
2013-2015	członek grupy doradczej komitetu konferencyjnego SCAB eksperymentu ATLAS
2014-2015	członek grupy doradczej szefa panelu koordynującego eksperymentu ATLAS
2014-2015	współkoordynator grupy trygera minimum-bias i detektorów do przodu eksperymentu ATLAS
2014-2015	członek panelu koordynującego sygnaturami trygera eksperymentu ATLAS
2014-2015	członek panelu koordynującego menu trygera eksperymentu ATLAS

6.6 Działalność dydaktyczna

Działalność dydaktyczną rozpoczęłam już na piątym roku studiów podczas stażu asystenckiego na WFiTJ AGH. Prowadziłam wówczas zajęcia laboratoryjne w ramach *Pracowni Fizycznej I*. Podczas studiów doktoranckich w latach 2000–2004 prowadziłam *ćwiczenia audytoryjne z fizyki I i II* oraz *Pracownię Fizyczną I i II* dla wydziałów zewnętrznych AGH. W latach 2004–2005 prowadziłam *ćwiczenia audytoryjne z matematycznych metod fizyki, statystyki i opracowania danych* dla studentów WFiS. W roku 2008 i 2011–obecnie prowadzę *ćwiczenia audytoryjne z fizyki I i II* dla studentów WFiS oraz wydziałów zewnętrznych.

Podczas pobytu w CERN w latach 2005–2007 oraz 2008–2011 nie prowadziłam zajęć dydaktycznych ze względu na charakter czysto badawczy zatrudniającej mnie instytucji. Natomiast w latach 2006, 2009 i 2010 byłam opiekunem projektów studenckich realizowanych w ramach programu *CERN Summer Student Programme*. Projekty obejmowały następującą tematykę:

- *Badanie wydajności rekonstrukcji śladów na etapie trzeciego poziomu trygera eksperymentu ATLAS (2006)*
- *Optymalizacja trygera elektronowego dla przypadków z konwersją fotonu na parę e^+e^- w eksperymencie ATLAS (2009)*
- *Optymalizacja rekonstrukcji śladów i wierzchołków oddziaływania w przygotowaniu do zderzeń ołów-ołów w eksperymencie ATLAS (2010)*

Po powrocie do Krakowa w roku 2011 w ramach wykonywania obowiązków adiunkta odbywam rocznie 240 godzin dydaktycznych. Dodatkowo w latach 2013–2014 prowadziłam zajęcia seminaryjne dla studentów wykonujących projekty w ramach eksperymentu ATLAS.

W roku 2014 byłam członkiem *komisji obron prac dyplomowych po I stopniu studiów dla kierunku Fizyka Techniczna WFiIS AGH*.

W lipcu-sierpniu 2014 roku opiekowałam się studentem stażystą, który odbywał staż zawodowy w ośrodku CERN w ramach projektu *Fizyka – Twój Wybór, Twoja Przyszłość*. Tematem jego projektu było *Opracowanie systemu monitorującego dla trygerów minimum bias w zderzeniach proton-proton i jądro-jądro w latach 2015–2018 w eksperymencie ATLAS*.

Od roku 2011 byłam opiekunem następujących prac inżynierskich lub magisterskich:

- *Optymalizacja rekonstrukcji śladów w zderzeniach ciężkich jonów w eksperymencie ATLAS, praca inżynierska, zrealizowana (2011)*
- *Badanie długo-zasięgowych korelacji w zderzeniach proton-proton przy energii 8TeV w eksperymencie ATLAS, praca inżynierska, zrealizowana (2014)*
- *Badanie korelacji w zderzeniach ciężkich jonów w eksperymencie ATLAS, praca magisterska, zrealizowana (2012)*
- *Pomiar produkcji bozonu W w kanale elektronowym w zderzeniach jąder ołowiu w eksperymencie ATLAS, praca magisterska, zrealizowana (2014)*
- *Pomiar korelacji przód-tył w zderzeniach proton-proton przy energii 2.76TeV w eksperymencie ATLAS, praca magisterska, w trakcie realizacji*

Dodatkowo w tym okresie recenzowałam pięć prac dyplomowych.

6.7 Nagrody i wyróżnienia

2013	<i>Nagroda Rektora AGH zespołowa I stopnia; za osiągnięcia naukowe</i>
2012	<i>Nagroda Rektora AGH zespołowa I stopnia; za osiągnięcia naukowe</i>
2006	<i>Wyróżnienie w konkursie im. Grzegorza Białkowskiego; nagroda za pracę doktorską</i>
2005	<i>Nagroda im. prof. Zbigniewa Engela; za najlepszą pracę z zakresu badań podstawowych</i>
2005	<i>Ph.D. Award of the Association of the Friends and Sponsors of DESY; nagroda za najlepszą pracę doktorską napisaną w roku 2004 i opartą na danych zebranych w DESY</i>
2004	<i>Dyplom im. Roberta Hofstadtera dla najlepszych studentów International School of Subnuclear Physics</i>
2004	<i>Rozprawa doktorska z wyróżnieniem</i>
2000	<i>Praca magisterska z wyróżnieniem</i>
1999-2000	<i>Stypendium Ministra Edukacji Narodowej</i>
2000	<i>Złoty Medal im. St. Staszica AGH</i>
1999	<i>Srebrny Medal im. St. Staszica AGH</i>
1998	<i>Braźowy Medal im. St. Staszica AGH</i>
1997	<i>Dyplom Rektora AGH za bardzo dobre wyniki podczas pierwszego roku studiów</i>

6.8 Pozostała działalność organizacyjna

- Organizacja spotkań promujących fizykę dla uczniów szkół podstawowych i przedszkoli (2012-obecnie)
- Udział w filmie promującym osiągnięcia Katedry Oddziaływań i Detekcji Cząstek (2012)
- Organizacja transmisji seminarium z ogłoszenia odkrycia bozonu Higgsa w CERNie na WFiIS AGH (2012)
- Organizacja transmisji z konferencji TEDEx@CERN na WFiIS AGH (2013)
- Opieka nad częścią publikacyjną bazy danych Katedry Oddziaływań i Detekcji Cząstek WFiIS AGH (2012-obecnie)

7 Podziękowania

Chciałabym podziękować tym wszystkim, z którymi miałam okazję pracować w eksperymentach ZEUS i ATLAS. Bez Waszego poświęcenia ogromny sukces obu eksperymentów nie byłby możliwy.

Szczególne podziękowania składam *prof. dr hab. Danucie Kisielewskiej*, która wprowadziła mnie w zagadnienia fizyki cząstek elementarnych. Dziękuję za wsparcie okazane mi przez te wszystkie lata oraz zachętę do podejmowania ciągle nowych wyzwań. *prof. dr hab. Barbarze Wosiek* dziękuję za wprowadzenie mnie do Grupy Fizyki Ciężkich Jonów eksperymentu ATLAS i za ogromną pomoc przy korekcie monografii.

Szczególne podziękowania składam kierownictwu Katedry Oddziaływań i Detekcji Cząstek WFiIS AGH, *prof. dr hab. Danucie Kisielewskiej* i *prof. dr hab. Władysławowi Dąbrowskiemu*, za wsparcie i pomoc w realizacji programu naukowego. Szczególne wyrazy wdzięczności kieruję do Dziekanów Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH, *prof. dr hab. Janusza Wolnego* i *prof. dr hab. inż. Bartłomieja Szafrana* za okazywane wsparcie dla badań z dziedziny fizyki wysokich energii oraz za ogromną pomoc związaną z wydaniem monografii.

Wreszcie ogromnie podziękowania należą się wszystkim członkom eksperymentu ATLAS za stworzenie wspianiałej atmosfery do prowadzenia badań naukowych w ramach międzynarodowej współpracy. Szczególnie wyrazy wdzięczności kieruję do osób obsługujących zderzacz LHC, bez których ciężkiej pracy nie byłoby możliwym przedstawienie wyników prezentowanych w monografii.

Anna Grabowska-Bokel