

# Measurement of $W$ boson production in $pp$ collisions at 5.02 TeV and optimisation of electron identification in Pb+Pb collisions with the ATLAS detector

Precyzyjne pomiary produkcji bozonów elektroślabych w zderzeniach hadronów pozwalają sprawdzić precyzyjnie przewidywania Modelu Standardowego oparte zarówno o chromodynamikę kwantową, jak i o teorię oddziaływań elektroślabych. Ze względu na silną korelację pomiędzy *rapidity* bozonu a ułamkiem pędu hadronu niesionego przez partony w stanie początkowym, tego rodzaju pomiary mogą być wykorzystane do wyznaczenia rozkładów partonów w protonie.

W niniejszej rozprawie przedstawiony jest pomiar produkcji bozonów  $W$  w zderzeniach proton-proton przy energii w układzie środka masy  $\sqrt{s} = 5.02$  TeV z wykorzystaniem danych zebranych przez eksperyment ATLAS. Jest to pierwszy pomiar przekrojów czynnych na produkcję bozonów  $W$  przy tej energii. Rozprawa przedstawia również optymalizację algorytmu służącego do identyfikacji elektronów w eksperymencie ATLAS w danych ze zderzeń ołów-ołów. Oba wyniki stanowią istotny wkład do pomiarów produkcji bozonów  $W$  w zderzeniach ciężkich jonów przy energii  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV na parę nukleonów w układzie środka masy.

Przekroje czynne dla procesów  $W^\pm \rightarrow \ell^\pm \nu$  mierzone są w elektronowych i mionowych kanałach rozpadu. Aby osiągnąć zadowalającą precyzję pomiarów przekrojów czynnych, konieczna jest dobra znajomość wydajności rekonstrukcji, identyfikacji i izolacji leptonów oraz parametrów trygerów leptonowych, a także dokładna kalibracja energii i pędów leptonów. Rozprawa przedstawia w szczególności pomiary dotyczące mionów rekonstruowanych w eksperymencie ATLAS. Kolejną ważną część pomiaru dotyczy oszacowania wkładu od procesów tła do próbki danych wybranych do analizy. Wkład pochodzący z produkcji bozonów elektroślabych i kwarków  $t$  jest szacowany na podstawie symulacji Monte Carlo, natomiast wkład od leptonów produkowanych w dżetach hadronowych jest wyznaczany przy pomocy metody opartej o dane. Po odjęciu tła i zastosowaniu poprawek na efekty detektorowe, przekroje czynne zmierzone w elektronowych i mionowych kanałach rozpadu są ze sobą zgodne w granicach niepewności, co pozwala je skombinować z uwzględnieniem korelacji pomiędzy niepewnościami.

Przekroje czynne przedstawione w rozprawie zmierzone są w przestrzeni fazowej ograniczonej wymaganiami dotyczącymi pędu poprzecznego leptonu,  $p_T^\ell > 25$  GeV, wartości bezwzględnej *pseudorapidity* leptonu,  $|\eta_\ell| < 2.5$ , pędu poprzecznego neutrina,  $p_T^\nu > 25$  GeV, oraz masy poprzecznej,  $m_T > 40$  GeV. Wymagania te wynikają przede wszystkim z akceptancji detektora. Przekroje czynne zmierzone w tej ograniczonej przestrzeni fazowej wynoszą:

$$\sigma_{W^+ \rightarrow \ell^+ \nu} = 2266 \pm 9 \text{ (stat)} \pm 29 \text{ (syst)} \pm 43 \text{ (lumi)} \text{ pb}$$

$$\sigma_{W^- \rightarrow \ell^- \nu} = 1401 \pm 7 \text{ (stat)} \pm 18 \text{ (syst)} \pm 27 \text{ (lumi)} \text{ pb}$$

Oznacza to całkowitą precyzję pomiaru na poziomie 1,3–1,4%, nie uwzględniając niepewności na świećtność. Różniczkowe przekroje czynne dla procesów  $W^\pm \rightarrow \ell^\pm \nu$  zmierzone są w funkcji  $|\eta_\ell|$  z precyzją pomiędzy 2,2% a 3,6%, zaś asymetria ładunkowa zmierzona jest z niepewnością bezwzględną rzędu  $1 \cdot 10^{-3}$ . Porównując precyzję powyższych pomiarów z wcześniejszymi wynikami pomiarów produkcji bozonów elektroślabych na LHC przy wyższych energiach zderzenia, należy pamiętać, iż zbiór danych użyty w powyższych pomiarach jest znacznie mniejszy niż te wykorzystane we wcześniejszych analizach. Z tego względu wyniki zaprezentowane w tej rozprawie można uznać za zadowalające.

Zderzenia ciężkich jonów na LHC charakteryzują się występowaniem dużego tła hadronowego. W najbardziej centralnych zderzeniach produkowane są tysiące cząstek, co powoduje znaczne zwiększenie

zajętości detektorów w porównaniu ze zderzeniami proton-proton. Ze względu na dużą ilość tła, algorytmy służące do rekonstrukcji i identyfikacji różnego rodzaju cząstek tracą na wydajności. Dotyczy to również algorytmu służącego do identyfikacji elektronów w eksperymencie ATLAS, który traci wydajność przede wszystkim z uwagi na rozmycie rozkładów zmiennych opisujących kaskadę wytworzoną przez elektron w kalorymetrze. Dlatego niezbędna jest specjalna optymalizacja tego algorytmu dla zderzeń ołów-ołów.

Optymalizacja wykonana jest dla algorytmu opartego na funkcji wiarygodności. W ramach tego algorytmu wyznaczana jest dyskryminanta wysokiego poziomu, która wyliczana jest w oparciu o zmienne dotyczące depozytu energii w kalorymetrze i śladu, które tworzą zrekonstruowany elektron, oraz z użyciem zmiennych opisujących ich wzajemne dopasowanie. Rozkłady zmiennych używanych do identyfikacji elektronów wyznaczone są w funkcji centralności zderzeń ołów-ołów w przedziałach  $|\eta_e|$  i  $p_T^e$ . Na podstawie tych rozkładów definiowana jest zmodyfikowana dyskryminanta, a także nowe kryteria identyfikacji elektronów, które zależą od centralności. Zoptymalizowane kryteria identyfikacji zweryfikowane zostały w danych w celu potwierdzenia wysokiej wydajności algorytmu w najbardziej centralnych zderzeniach. Nowe kryteria zostały użyte w oprogramowaniu eksperymentu ATLAS służącym do rekonstrukcji danych ołów-ołów. Wysoka wydajność zoptymalizowanej identyfikacji elektronów, która praktycznie nie zależy od centralności, potwierdzona jest w pomiarach produkcji bozonów  $W$  i  $Z$  w zderzeniach ołów-ołów przy energii  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV.

Kraków, 01.07.2019