

# Abstrakt

Presné merania účinných prierezov zriedkavých procesov s finálnymi stavmi pozostávajúcimi z top kvarkov a bozónov sú dôležité, lebo vďaka citlivosti na elektroslabú väzbu medzi top kvarkom a bozónmi testujú predpovede Štandardného modelu. Navyše, takéto merania uľahčujú odhad pozadia v niektorých analýzach hľadajúcich fyziku za Štandardným modelom. Táto dizertačná práca prezentuje vylepšené meranie účinného prierezu asociovanaj produkcie top-kvarkového páru a  $Z$  bozónu ( $t\bar{t}Z$ ) vykonané ATLAS kolaboráciou. Toto meranie vylepšuje predošlé ATLAS  $t\bar{t}Z$  meranie, ktoré bolo taktiež založené na celom datasete zaznamenanom detektorom ATLAS počas protón-protónových zrážok pri  $\sqrt{s} = 13$  TeV na Velkom hadrónovom urýchľovači v rokoch 2015 až 2018. Vylepšené meranie je možné vďaka zahrnutiu hadrónového rozpadového kanálu  $t\bar{t}$  páru, prepracovanej metodológii a najnovším ATLAS odporúčaniam. Práca je zameraná na meranie inkluzívneho účinného prierezu v štvorleptónovom kanáli a na regularizované merania diferenciálneho účinného prierezu v kombinácii trojleptónového a štvorleptónového kanálu. Štvorleptónový kanál je charakterizovaný leptónovými rozpadmi  $t\bar{t}$  páru ako aj  $Z$  bozónu, kým v trojleptónovom kanáli je len jeden nabitý leptón z rozpadu  $t\bar{t}$  páru. Kľúčovým vylepšením v štvorleptónovom kanáli je použitie neurónových sietí na separáciu signálu od pozadia. Efektívne potlačenie pozadia neurónovými sieťami umožňuje uvoľniť selekčné kritéria a tým zvýšiť akceptanciu pre signál. Účinný prierez je získaný pomocou profilovej vierohodnosti. Nameraná hodnota celkového účinného v štvorleptónovom kanáli  $\sigma_{t\bar{t}Z}^{4\ell} = 0.97 \pm 0.11$  (stat.)  $\pm 0.05$  (syst.) pb je v súlade s teoretickou predpoveďou. Tento výsledok je zhodnotený v kontexte finálneho celkového účinného prierezu získaného vo vylepšenej  $t\bar{t}Z$  analýze pomocou simultánneho fitu vo všetkých kanáloch. Finálny celkový účinný prierez je zmeraný s relatívnou presnosťou 6.5%, čo predstavuje 35% zlepšenie voči predošlému ATLAS meraniu a prekonáva 10% relatívnu presnosť teoretickej predpovede. Diferenciálne účinné prierezy sú vo vylepšenej  $t\bar{t}Z$  analýze zmerané pomocou novej metódy založenej na profilovej vierohodnosti. Táto metóda uľahčuje korektné uváženie systematických neistôt a umožňuje zahrnutie viacerých regiónov na detektorovej úrovni ako aj špeciálnych kontrolných regiónov využívaných na určenie normalizačných faktorov pre pozadové procesy. Regularizácia sa využíva pri šiestich premenných vyžadujúcich rekonštrukciu top kvarku, ktorý sa rozpadá hadrónovo. Regularizácia potláča veľké fluktuácie, ktoré by bez nej boli prítomné kvôli nediagonálnym migračným maticiam pre tieto premenné. Regularizované merania skúmajú kinematiku  $t\bar{t}Z$  systému a sú taktiež citlivé voči operátorom parametrizujúcich Štandardný model ako efektívnu teóriu. Absolútne aj normalizované diferenciálne účinné prierezy zmerané na časticovej aj partónovej úrovni pre všetky regularizované premenné sú štatisticky limitované.

**Kľúčové slová:**  $t\bar{t}Z$  asociovaná produkcia, top kvark,  $Z$  bozón, ATLAS, LHC, časticová fyzika