

Oponentský posudek dizertační práce

Jana Nováková: Monte Carlo Simulations of the Tile Calorimeter and Measurement of the $Z \rightarrow \tau + \tau$ cross-section with the ATLAS detector

Dizertační práce se zabývá více aspekty autorčiny vědecké činnosti na experimentu ATLAS v CERN. V prvním uceleném tématu autorka simuluje odezvu kalorimetru TileCal zejména s ohledem na pozadí dané elektronickým šumem a mnohonásobnými interakcemi („pile-up“), ke kterým s různou četností dochází při provozu urychlovače LHC například v závislosti na frekvenci srážek svazků. V další části podrobně zkoumá efektivitu měření elektronů na experimentu ATLAS. Různými metodami z dat i Monte Carlo simulací určuje efektivitu identifikace, „triggeru“ a izolace elektronů. Získané poznatky, ke kterým dospěla při analýze elektronického šumu a vlivu mnohonásobných interakcí na signál z hadronového kalorimetru a také hodnoty efektivitu identifikace a separace elektronů, jsou následně použity v analýze určení účinného průřezu $Z \rightarrow \tau + \tau$. Jednotlivé části práce na sebe logicky navazují. Práce dokládá příspěvek autorky k řešení řady problémů spojených jak se samotným detektorem, identifikací částic, tak i ke konkrétní analýze vybraného fyzikálního procesu. Znalost účinného průřezu procesu $Z \rightarrow \tau + \tau$, jak i autorka sama uvádí, je důležitá především v tom, že tvoří dominantní pozadí pro hledání Higsova bosonu v rozpadu $H \rightarrow \tau + \tau$. Volba tématu je tak aktuální a získané výsledky potřebné a přínosné pro další části vědeckého programu experimentu ATLAS.

V samotném textu dizertace autorka po úvodu (kapitola 1), kde je vysvětlena struktura a přínos práce, nejprve krátce představuje experiment ATLAS po hardwarové stránce a dále jeho fyzikální program (kapitola 2).

Poté se již text zabývá popisem kalorimetru TileCal (kapitola 3), na kterém autorka pracovala a především se zde rozpracovávají Monte Carlo simulace elektronického šumu v „read-out“ systému jednotlivých cel kalorimetru. Doktorandka k tomu používá tzv. „pedestal data“ nabíraná bez srážek protonů v trubici svazků. Šum v jednotlivých celách parametrizuje součtem dvou gaussovských distribucí s různými šířkami a získané parametrizace poté aplikuje v Monte Carlo simulacích. Uvedeným postupem bylo dosaženo dobré shody distribucí energií v celách mezi Monte Carlo simulacemi a měřenými daty.

Další část kapitoly 3 již pojednává o vlivu mnohonásobných interakcí („pile-up“) na rekonstrukci energie cel v kalorimetru. Ze speciálně vytvořených simulací pro různé hodnoty středního počtu interakcí na jednu detekovanou událost a také pro různé časové vzdálenosti dvou po sobě následujících průletů shluků protonů („bunchů“) studuje odezvu detektoru na úrovni jednotlivých cel kalorimetru. Protože efekt mnohonásobných interakcí ovlivňuje velikost rekonstruované energie v celách kalorimetru a tím případně i formování klastrů energie, přidává tento efekt k elektronickému šumu kalorimetru a velikost příspěvku „pile-up“ efektu kvantifikuje v závislosti na pseudorapiditě opět pro různé hodnoty středního počtu srážek a různé časové vzdálenosti mezi nimi, tak jak to odpovídá různým situacím provozu LHC.

V kapitole 4 se Jana Nováková věnuje určení efektivitu (účinnosti) měření elektronů. K tomuto účelu používá tzv. „tag and probe“ metodu, ve které se vyberou události odpovídající procesu rozpadů bosonů W na elektron a neutrino popřípadě rozpadům bosonu Z na elektron a pozitron a zjišťuje se, v kolika případech se podařilo elektron identifikovat („ W tag and probe method“) či izolovat od

ostatních částic („Z tag and probe method“). Pro zjištění počtu daných událostí odpovídajících uvedeným procesům je klíčová minimalizace a znalost zbylého pozadí. Obojí je v práci srozumitelně a detailně vysvětleno. Efektivita identifikace či izolace elektronů jsou napočítané v závislosti na pseudorapiditě a transversální energii jak pro reálná data, tak i pro Monte Carlo simulace. Mezi napočítanými efektivitami v datech a simulacích jsou viditelné rozdíly, ze kterých autorka zjišťuje tzv. škálovací faktory.

V páté kapitole aplikuje autorka získané poznatky o efektivitě identifikace elektronů a simulace odezvy hadronového kalorimetru na proces $Z \rightarrow \tau + \tau$ s následným rozpadem jednoho z tau leptonů právě na elektron (a dvě neutrina) a s rozpadem druhého z tauonů na hadrony (a neutrino). Cílem je stanovit pro tento proces v datech LHC při těžiškové energii srážejících se protonů 7 TeV účinný průřez. Kromě tohoto kanálu rozpadu tau leptonů, autorka uvádí i výsledky $Z \rightarrow \tau + \tau$ s následným rozpadem jednoho tauonu na mion (a neutrino) a druhého tauonu na hadrony (a neutrino) a také výsledky pro leptonové rozpady obou tauonů (jeden rozpad tauonu na elektron a neutrino a druhý rozpad na mion a neutrino).

V práci jsou analyzována data z roku 2011 při jiných středních hodnotách počtu „pile-up“ srážek, než bylo předpokládáno v Monte Carlo simulacích. Proto se na simulované události aplikuje procedura převážení, aby si distribuce počtu srážek v datech a simulacích odpovídaly. Autorka podrobně popisuje způsob výběru dat, různé procesy tvořící pozadí (multijets, W+jets, Z+jets, ...) a u každého podrobně vysvětluje, jakým způsobem se podařilo pozadí minimalizovat a jak se podařilo zbývající pozadí určit. V případě pozadí daného událostmi typu W+jets a Z+jets využívá Monte Carlo simulací opravených o některé rozdíly pozorované mezi daty a Monte Carlo simulacemi. V případě událostí typu „multijets“, kdy některý z jetů byl chybně identifikován jako hadronový rozpad tau leptonu, autorka použila metodu určení pozadí s výhradním využitím dat. V práci jsou podrobně rozebrány a kvantifikovány různé zdroje systematických chyb a souhrnně jsou uvedeny získané účinné průřezy ve všech třech zmíněných kanálech rozpadů tauonů, celkový účinný průřez pro odpovídající tři druhy analýzy i kombinace jednotlivých výsledků tzv. metodou BLUE. Získané výsledky jsou v dobrém souhlasu s teoretickými předpověďmi.

V poslední šesté kapitole autorka shrnuje získané výsledky.

Předložená práce navazuje na publikaci v časopise Phys. Rev. D 84 (2011) 112006 analyzující data z roku 2010. Na této práci se autorka rovněž aktivně podílela. Analýza dat z roku 2011, která tvoří stěžejní část disertace, byla zveřejněna jako konferenční nota kolaborace ATLAS a Mgr. Jana Nováková je klíčovým autorem této publikace.

Autorka mě svou prací přesvědčila, že do velké hloubky pronikla do studované problematiky. Odvedla vynikající práci nejen při samotné analýze dat či Monte Carlo simulacích ale i při vysvětlení jednotlivých částí analýzy a diskusích uvedených postupů. Jako oponentovi bez detailní znalosti aparatury z ATLAS se mě jednotlivé argumenty zdály vždy opodstatněné, doložené, srozumitelné a přesvědčivé.

K práci nemám formální připomínky. K diskuzi při obhajobě navrhuji následující otázky:

Na str. 22 v poznámce pod čarou se hovoří o nových připravovaných nízkonapěťových zdrojích, které by mohly odstranit problém s nehomogenitou elektronického šumu podél souřadnice

pseudorapidity. Jaký je časový plán s tímto upgradem a nakolik by se mohl šum zmenšit v jednotkách MeV na celou?

Na straně 51 v obrázku 5.1 se porovnává průměrný počet „pile-up“ srážek v datech roku 2011 a v použitých Monte Carlo simulacích. Kromě průměrného počtu interakcí je relevantní i časová vzdálenost srážek po sobě jdoucích „bunchů“, která by měla definovat frakci „out of time“ interakcí. Je uvažovaná vzdálenost v simulacích stejná jako v datech roku 2011 (50 ns)? Pokud ne, je možné, že převážení simulací, tak aby si střední počet „pile-up“ událostí odpovídal, nevystihne kompletně rozdíl mezi reálnými podmínkami a použitými simulacemi?

Na stránce 75 na konci se udává kombinovaný účinný průřez zjištěný „převážením“ výsledků ze všech kanálů rozpadu tau leptonů pomocí tzv. metody BLUE. Existuje nějaký snadno vysvětlitelný důvod, proč má v kombinaci výsledků různých kanálů právě ten, který autorka nejvíce studovala (rozpad jednoho tauonu na elektron a druhého na hadrony), negativní váhu? Co negativní váha tohoto příspěvku do kombinovaného výsledku vlastně znamená?

Závěrem bych chtěl zdůraznit, že autorka zcela jednoznačně prokázala schopnost samostatně a tvořivě vědecky pracovat. Dosáhla původních a důležitých výsledků, které obhájila na úrovni kolaborace ATLAS a které byly nedávno za celou kolaboraci ATLAS zveřejněny. **Navrhuji proto, aby byl po úspěšné obhajobě udělen Mgr. Janě Novákové titul Ph.D.**

V Praze 29.6.2012

RNDr. Petr Trávníček, Ph.D. Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.