

Hledání Higgsova bosonu na urychlovači LHC

H. Lindauer¹, D. Rod², R. Vašut³

¹PČGKV, Karlovy Vary, lindauer56@gmail.com

²Gymnázium Litoměřická, Praha 9, daniel.rod@seznam.cz

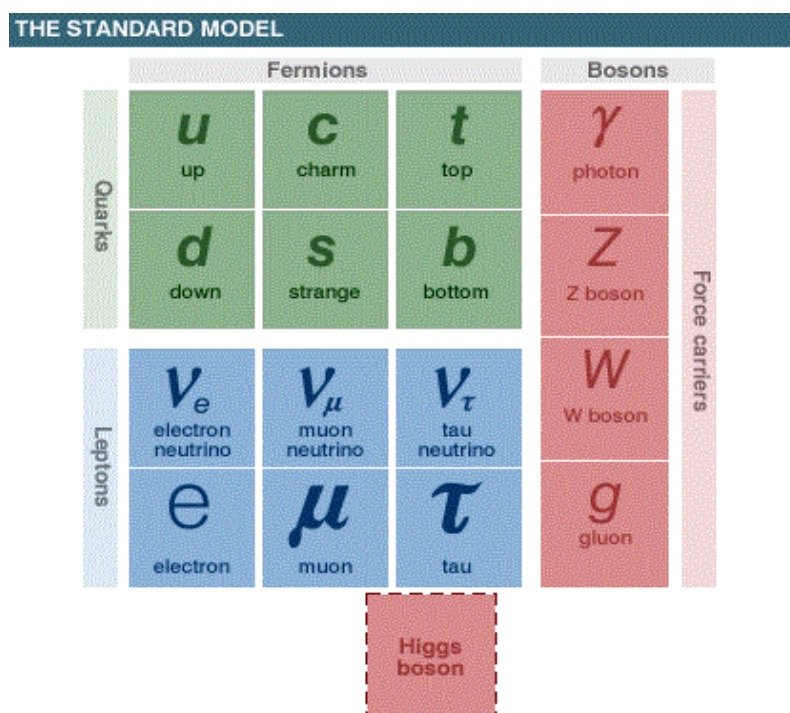
³Masarykovo gymnázium, Příbor, roman.vasut@gypri.cz

Abstrakt:

V naší práci jsme se zaměřili na popis Higgsova bosonu a jeho hledání v datech z detektoru ATLAS, který je součástí velkého hadronového urychlovače LHC. V analyzačním programu jsme našli několik kandidátů na Higgsov boson a Z boson.

1 Úvod

Higgsov boson doplňuje teorii standardního modelu částic, jenž popisuje tři interakce a chování elementárních částic. Ty rozdělujeme do dvou hlavních kategorií podle spinového čísla, a to na fermiony (poločíslný spin) a bosony (celočíslný spin). Fermiony se dále dělí na leptony (elektrony, miony, tau a jejich neutrina) a kvarky (šest typů ve třech generacích). Bosony fungují jako zprostředkovatelé sil.



Obrázek 1. Přehled základních částic standardního modelu. [1]

Bosony

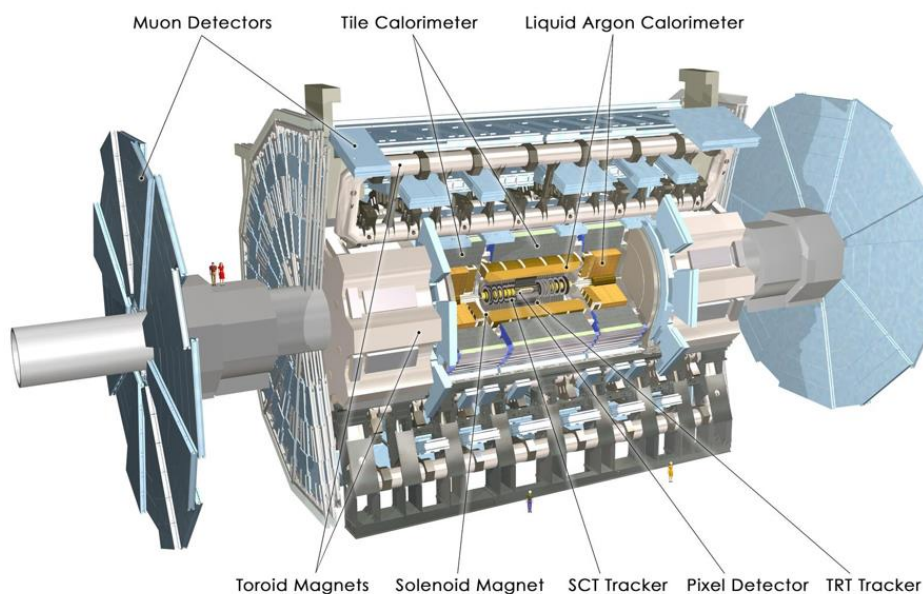
Standardní model popisuje tři základní interakce, které jsou zprostředkovány příslušnými bosony. Silné interakci přísluší gluon, u elektromagnetické síly se jedná o foton, a slabou sílu zajišťují bosony W^+ , W^- a Z^0 . Při snaze o sjednocení elektromagnetické a slabé síly nastala potřeba mechanismu, který zprostředkovává bosonům W^+ , W^- a Z^0 hmotnost v rámci zachování symetrie. Tento mechanismus je zapříčiněn Higgsovým polem, jehož mediátorem je právě Higgsov boson.^[2] Teoreticky byl mechanismus předpovězen v roce 1964. Experimentální potvrzení existence Higgsova pole bylo provedeno až v roce 2012, prostřednictvím detekce Higgsova bosonu.

Cílem našeho bádání bylo nalézt možné kandidáty na Higgsov boson v datech z detektoru ATLAS.

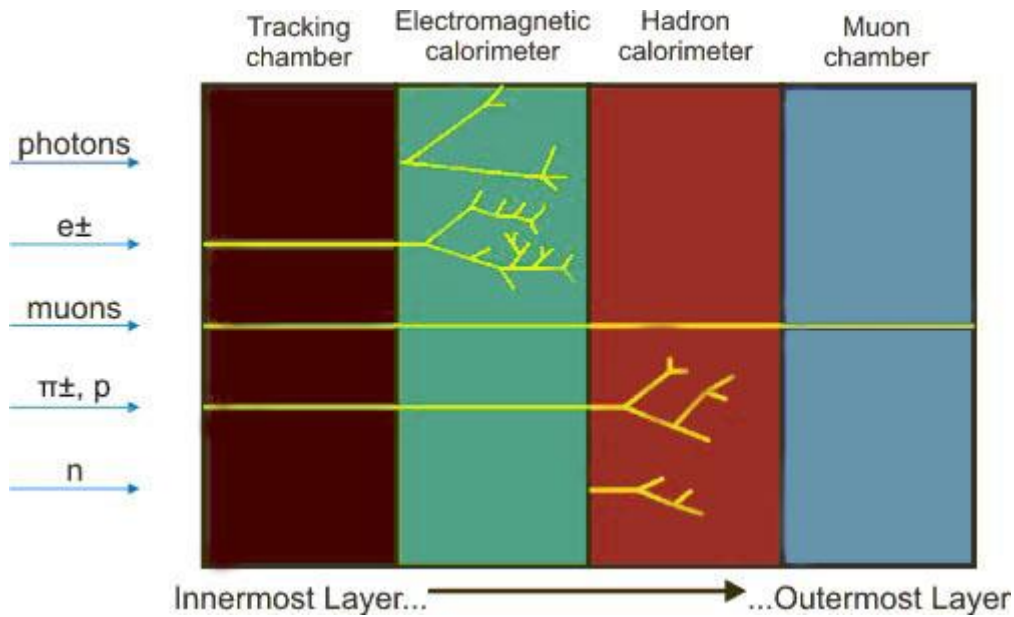
2 Data a metody analýzy

Události jsou zaznamenány detektorem ATLAS pomocí:

1. Dráhových detektorů, které zaznamenávají dráhu elektricky nabitých částic vycházejících z interakčního bodu.
2. Elektromagnetického kalorimetru, v němž se pohltí velké množství energie elektricky nabitých částic.
3. Hadronového kalorimetru, zaznamenávající hadrony.
4. Mionových komor, složených z trubic naplněných plynem, který se při průletu mionů ionizuje. Dle náboje a množství ionizovaného plynu se určuje náboj a energie mionu. Jde o jediný způsob jak zaznamenat miony, jelikož neinteragují v kalorimetrech.
5. Toroidálních magnetů, které zakřívují dráhy nabitých částic pro následný výpočet jejich náboje, hybnosti a energie.^[2]

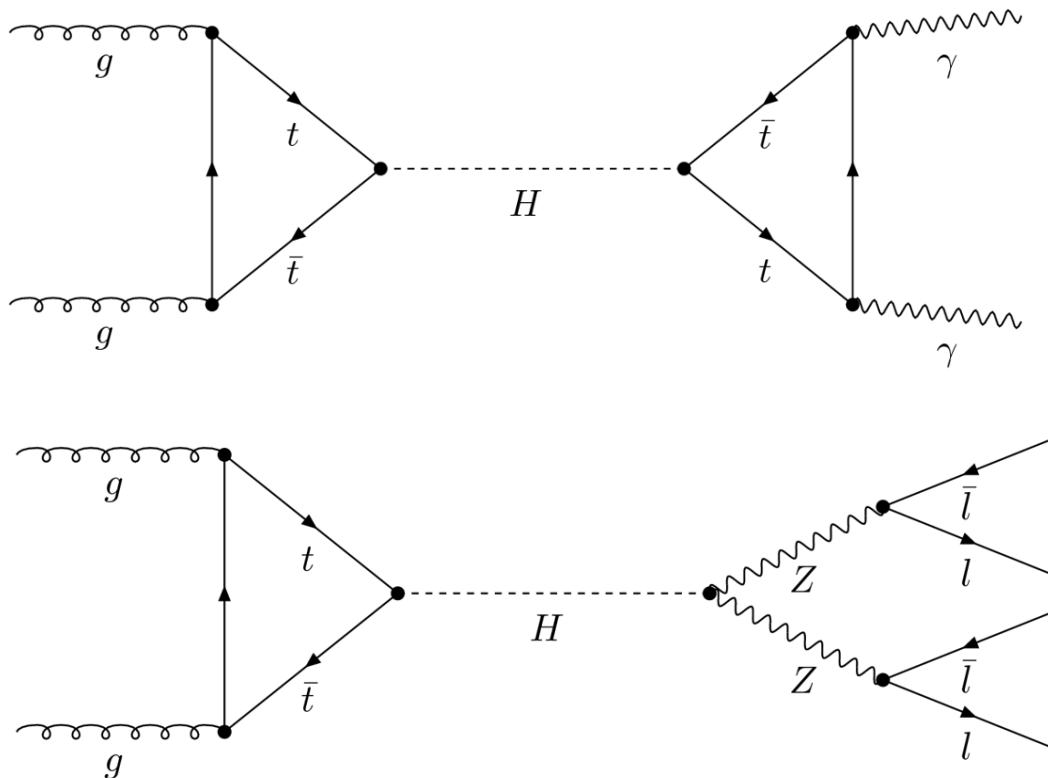


Obrázek 2. Stavba detektoru ATLAS.



Obrázek 3. Znárodnění detekce různých částic v jednotlivých vrstvách detektoru.

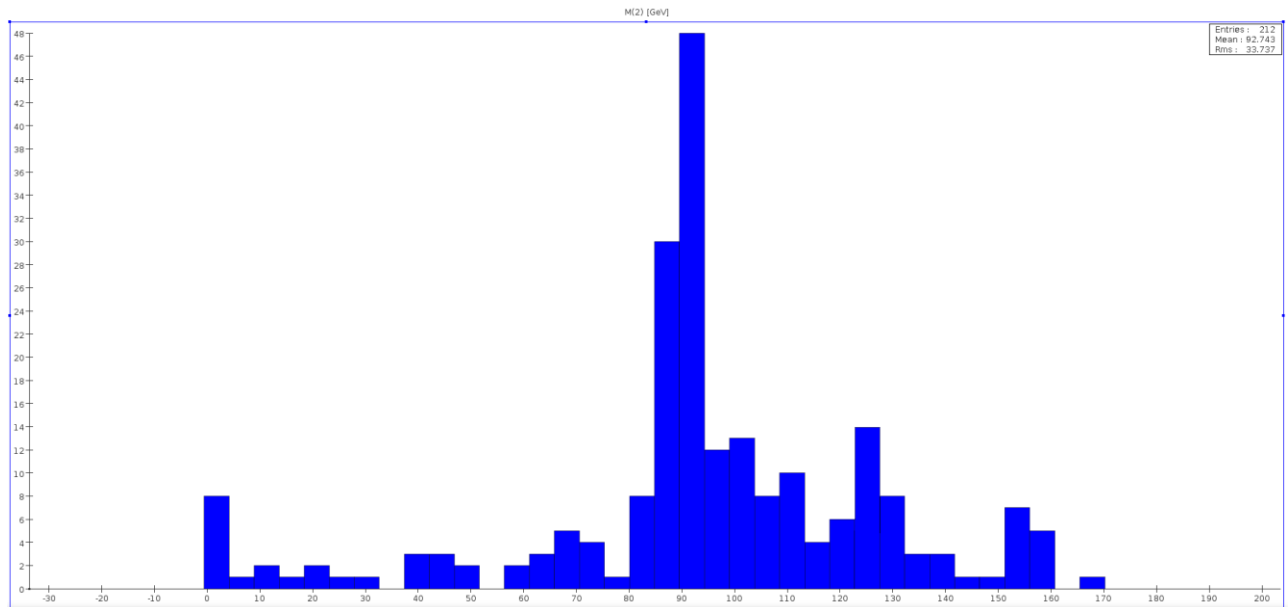
Při určování kandidáta na Higgsův boson v programu HYPATIA jsme se řídili rozpadovými Feynmanovými diagramy. Tento program slouží k demonstraci a analýze dat, poskytl nám několik náhledů na trajektorie částic a velké množství údajů, díky kterým jsme mohli určovat původní částice včetně jejich invariantních hmotností a energií. Součet invariantních hmotností částic vzniklých rozpadem potencionálního Higgsova bosonu (v našem případě 4 leptony nebo 2 fotony) musí být přibližně 125 GeV, což je jeho klidová hmotnost.



Obrázek 4. Feynmanovy diagramy znázorňující rozpad Higgsova bosonu.

3 Výsledky

Po rozboru dat v programu HYPATIA jsme našli velké množství částic, jejichž součet invariantních hmotností odpovídal Higgsově a Z bosonu. Rozložení invariantní hmoty můžeme vidět na Obrázku 5.



Obrázek 5. Graf závislosti počtu částic na invariantní hmotnosti v našem datasetu.

4 Shrnutí

Z grafu je možné vidět velké množství rozpadlých částic o hmotnosti okolo 91 GeV – možných Z bosonů a menší množství částic o hmotnosti 125 GeV – Higgsův boson. Zároveň se zde však vyskytuje i mnoho případů s jinými invariantními hmotnostmi, což mohou být vedlejší produkty srážky, které jsou pro nás nepodstatné, jelikož by ve větším počtu měření byly statisticky eliminovány, nebo se může jednat o naši chybu při hledání Higgsova a Z bosonu. Dokázali jsme tedy existenci Higgsova bosonu v poskytnutých datech z detektoru ATLAS.

Poděkování

Naše díky patří supervizorce Dáši Bendové za skvělý náhled do částicové fyziky a celému organizačnímu týmu Týdne vědy na FJFI za možnost zde být.

Reference:

- [1] http://www.daviddarling.info/images/Standard_Model.gif (21. 6. 2016)
- [2] JENDE, K. A KOLEKTIV: *International Masterclasses – Hands on Particle Physics, Varianta Z*, <http://atlas.physicsmasterclasses.org/cz/zpath.htm> (21. 6. 2016)