

Relatore:
Dott. Piergiulio Lenzi
email: piergiulio.lenzi@cern.ch

Candidato:
Mattia Lizzo

Studio del meccanismo di fusione di bosoni vettori nella produzione del bosone di Higgs nel canale di decadimento $H \rightarrow WW \rightarrow 2\ell 2\nu$ in collisioni protone-protone a 13 TeV con il rivelatore CMS.

Nel 2012, le collaborazioni ATLAS e CMS, presso il Large Hadron Collider, hanno osservato una particella compatibile con il bosone di Higgs predetto dal Modello Standard. Questa scoperta è stata una straordinaria conferma sperimentale per il modello e misure successive hanno determinato con sempre maggiore precisione le proprietà della nuova particella. In questo contesto, la ricerca di processi rari in cui è coinvolto il bosone di Higgs è fondamentale dal momento che essi sono molto sensibili a fisica oltre il Modello Standard. In particolare, il meccanismo di fusione di bosoni vettori (VBF) nella produzione del bosone di Higgs è uno dei più stimolanti, data la sua difficile ricostruzione sperimentale. Inoltre, le caratteristiche di questo fenomeno lo rendono adatto per mettere dei limiti stringenti sull'accoppiamento del bosone di Higgs con i bosoni vettori. Finora il meccanismo VBF è stato osservato da CMS combinando tutti i decadimenti del bosone di Higgs in analisi “cut-based” non particolarmente dedicate alla cinematica di questo processo.

Lo scopo del presente lavoro di tesi è dunque condurre uno studio sul meccanismo VBF nel canale di decadimento $H \rightarrow WW \rightarrow 2\ell 2\nu$. Questo canale è adatto a tale proposito, in quanto ha un rapporto di decadimento elevato e presenta uno stato finale con un fondo relativamente basso. L'analisi è stata svolta utilizzando dati acquisiti nel 2016 da CMS in collisioni protone-protone a un'energia del centro di massa $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$, corrispondenti ad una luminosità integrata di 35.9 fb^{-1} . Al fine di non essere influenzato dai risultati ottenuti sui dati, ho progettato l'analisi basandomi solo sulle simulazioni Monte Carlo dei processi di segnale e di fondo. Successivamente, ne ho verificato la compatibilità con i dati in regioni dello spazio delle fasi dove il segnale atteso è trascurabile rispetto ai fondi. Le regioni di segnale verranno analizzate una volta che l'analisi sarà approvata dalla collaborazione. Al momento della stesura della tesi, questa revisione è ancora in corso.

Nel mio lavoro propongo l'utilizzo di tecniche di analisi multivariate per ottimizzare la ricerca del meccanismo di produzione VBF in un singolo canale. Ho impiegato l'algoritmo “Gradient Boosted Decision Trees” per costruire dei classificatori che fossero in grado di fornire una misura del grado di compatibilità di ogni singolo evento con il segnale o con i fondi principali. La procedura di “training” dell'algoritmo è avvenuta su un campione Monte Carlo indipendente da quello utilizzato per l'analisi, scegliendo opportuni parametri di configurazione.

Studiando la cinematica del processo di segnale e dei fondi principali che lo simulano, ho utilizzato un set di variabili di input che permettesse di distinguere al meglio questi processi. Successivamente, ho definito le categorie cinematiche con cui gli eventi sono stati selezionati e la procedura di estrazione del segnale. Quest'ultima è stata eseguita con un “maximum likelihood template fit”, in cui ho tenuto conto anche delle sistematiche teoriche e sperimentali. La mia analisi predice una significanza statistica attesa di 2.2σ rispetto all'ipotesi di solo fondo, circa 3 volte più grande di quella ottenuta precedentemente da CMS. Inoltre, gli errori relativi attesi sulla sezione d'urto diminuiscono dal 150% a circa il 60%. Dato che questa analisi verrà combinata con i dati presi nel 2017 e nel 2018 da CMS, ho stimato la significanza attesa sull'intero campione e ho ottenuto circa 3.5σ . Se confermato nei dati, questo rappresenterebbe la prima evidenza sperimentale del meccanismo di produzione VBF nel canale di decadimento $H \rightarrow WW \rightarrow 2\ell 2\nu$.