

Misura della sezione d'urto differenziale del bosone di Higgs nel canale
 $H \rightarrow WW \rightarrow 2l + 2\nu$ in collisioni pp a $\sqrt{s} = 8$ TeV con il rivelatore CMS

Candidato: Laura Redapi

Relatore: Dott. Piergiulio Lenzi

Correlatore: Prof. Vitaliano Ciulli

Il Modello Standard è la teoria che ad oggi meglio descrive la fisica delle particelle elementari conosciute. A partire dalla sua prima formulazione negli anni '70 le sue predizioni sono state verificate da numerosi esperimenti con elevata precisione. Una delle sue componenti teoriche fondamentali, il meccanismo che permette a quark, leptoni ed ai bosoni W e Z di acquisire massa, è connessa all'esistenza del bosone di Higgs: una particella di massa circa 125 GeV con caratteristiche compatibili con quelle del bosone di Higgs è stata osservata nel luglio 2012 dagli esperimenti ATLAS e CMS presso l'acceleratore LHC al CERN di Ginevra.

In questo lavoro di tesi abbiamo studiato la sezione d'urto differenziale di produzione del bosone di Higgs in funzione dell'impulso trasverso della particella, nel canale di decadimento $H \rightarrow WW \rightarrow 2l + 2\nu$. Abbiamo utilizzato i dati raccolti dall'esperimento CMS per collisioni protone-protone ad una energia nel centro di massa di 8 TeV per una luminosità integrata di 19.7 fb^{-1} . L'analisi verrà pubblicata come articolo di CMS e, per questo motivo, come tutte le analisi di CMS, ci siamo attenuti ad una procedura di *blinding*, che richiede che l'analisi sia messa a punto ed approvata dalla collaborazione prima di poter guardare i dati nelle regioni in cui ci si aspetta il segnale cercato. Per questo motivo la tesi contiene i dati solo in regioni di controllo.

Questo studio ci permette di investigare gli aspetti di radiazione di QCD che accompagnano la produzione di un bosone di Higgs e che ne influenzano l'impulso trasverso. Inoltre questa variabile risulta dipendere da effetti come l'accurata simulazione del loop di quark pesanti che domina il meccanismo di produzione di fusione di gluoni. Infine l'impulso trasverso risulta sensibile ai meccanismi di produzione del bosone di Higgs perchè i due principali meccanismi, fusione di gluoni e fusione di bosoni vettori, predicono spettri in impulso trasverso diversi per la particella prodotta.

Per l'analisi è stato necessario mettere a punto una strategia per la sottrazione dei fondi, in modo da poter misurare correttamente la sezione d'urto del segnale desiderato. Per fare questo abbiamo eseguito un fit ai dati usando come variabile la massa invariante dei due leptoni che è scorrelata da P_t^{Higgs} ed ha una distribuzione sufficientemente discriminante tra segnale e fondo. I fondi principali dovuti ai processi $t\bar{t}$ e WW non risonante sono stati stimati direttamente dai dati mentre per gli altri fondi si sono usate le simulazioni Monte Carlo. Per facilitare il confronto della misura con le predizioni teoriche abbiamo messo a punto una procedura che permette di deconvolvere dalla distribuzione misurata gli effetti di risoluzione finita ed efficienza del nostro rivelatore e della selezione. La procedura prevede la costruzione di una matrice di risposta che metta in relazione la distribuzione misurata con quella vera utilizzando la simulazione Monte Carlo. Invertendo questa matrice con particolari metodi ed applicandola direttamente alla distribuzione misurata dai dati si riesce infine ad ottenere la distribuzione vera.

Questa analisi rappresenta un'importante novità nel panorama della misura delle proprietà del bosone di Higgs. CMS sta preparando, ed ATLAS ha recentemente pubblicato, analisi analoghe per i canali di decadimento in ZZ e $\gamma\gamma$. Questo canale di decadimento non è ancora mai stato studiato, ma tuttavia questa misura, nonostante le maggiori difficoltà dovute alla presenza di neutrini nello stato finale, risulta competitiva rispetto a questi altri canali, già per i dati raccolti ad 8 TeV. La procedura di analisi costruita, anche se ancora non sono stati osservati i dati nella regione di segnale, risulta completa e potrà essere applicata ai dati che verranno raccolti a partire da questa estate quando LHC riprenderà a lavorare all'energia nel centro di massa di 13 TeV. Con l'ulteriore vantaggio che a questa energia ci si aspetta un aumento della statistica del processo cercato e quindi una riduzione notevole dell'errore statistico e di alcune sistematiche dipendenti dalla statistica del campione.

Measurement of the Higgs boson differential cross section in the $H \rightarrow WW \rightarrow 2l + 2\nu$ decay channel in pp collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV with the CMS detector

Candidato: Laura Redapi

Relatore: Dott. Piergiulio Lenzi

Correlatore: Prof. Vitaliano Ciulli

The Standard Model is the theory that currently gives the best description of the physics of elementary particles known to date. Since its first formulation in the '70s its predictions have been verified by numerous experiments with high accuracy. At its very heart is the mechanism of the electrowak symmetry breaking, which gives mass to quarks, leptons and the W and Z bosons through the interaction with the Higgs boson field. A particle with mass of about 125 GeV and with characteristics compatible with those of the Higgs boson was indeed observed on July 2012 by the CMS and Atlas experiments in proton-proton collisions at the LHC accelerator at CERN in Geneva.

In this thesis we studied the differential cross section for the production of the Higgs boson as a function of the its transverse momentum, in the decay channel $H \rightarrow WW \rightarrow 2l + 2\nu$. We analysed data collected by the CMS experiment in proton-proton collisions at 8 TeV center of mass energy, for an integrated luminosity of 19.7 fb^{-1} . Since we are planning to publish this analysis we are bound to follow a blinding policy, which requires that the data in the signal region are not unveiled until the analysis is fully checked and approved by the CMS collaboration. For this reason, while the review activity is ongoing in CMS, in this thesis we only show data in control regions, and we show the analysis strategy in the signal region using only Monte Carlo simulations.

The study of the Higgs transverse momentum allows the investigation of the QCD radiation pattern in association with a Higgs boson. Moreover, the prediction of the expected distribution of this variable in perturbative QCD is particularly complex, due to the top quark loop that dominates the main production mechanism, namely the fusion of two gluons. Finally, the transverse momentum is a good probe for the relative fraction of the two main Higgs production mechanisms, gluon fusion and vector boson fusion, since the two predict very different transverse momentum spectra.

In this thesis we have developed a strategy for background rejection, as well as a methodology to extract the cross section of the desired signal. The idea is to perform a fit to the data, using the invariant mass of the two leptons as the discriminating variable between signal and backgrounds. This variable has been chosen because it is independent to P_t^{Higgs} and provides sufficient power to distinguish the signal and the backgrounds. The fit is performed in each of the chosen bins for the transverse momentum, and the signal yield is thus extracted in each bin. The main backgrounds are t *bart* and not resonant WW . We have developed techniques to estimate the contribution of these two processes directly from data, while for other smaller backgrounds we have used Monte Carlo simulations. In order to allow for an easy comparison of the measured spectrum to theoretical predictions we have developed an unfolding procedure that corrects the finite resolution and efficiency effects of the detector and the selection efficiency. The procedure is based on the construction of a response matrix using signal Monte Carlo simulations, which relates the measured distribution with the true one. The response matrix is then inverted, taking care of statistical fluctuation issues, and applied to the measured spectrum in data to obtain, within uncertainties, the true distribution in data.

The analysis presented in this thesis is an interesting new measurement of the Higgs boson properties. Similar analysis have been performed by CMS (publication in preparation) and by ATLAS in the much cleaner ZZ and $\gamma\gamma$ final states. Although the analysis in the WW channel is much mre challenging due to the presence of neutrinos in the final state, this analysis has proven competitive compared to these other channels, already for the data at 8 TeV. The analysis procedure that we have set-up is complete and can be applied directly to the data when LHC will start taking data at the center of mass energy of 13 TeV in Run 2. With the larger sample that we expect to collect in Run 2 the statistical power of the analysis will increase, and also some of the systematics, which are statistical in nature, will improve.