

Ricerca del bosone di Higgs del MS al Lep II

di Cristiana Reggente

Prof. Carlo Dionisi

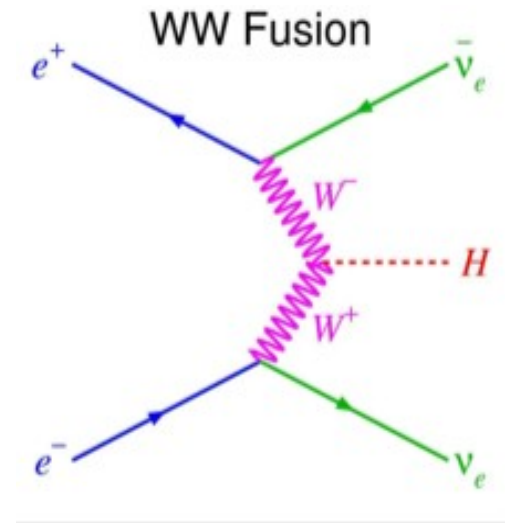
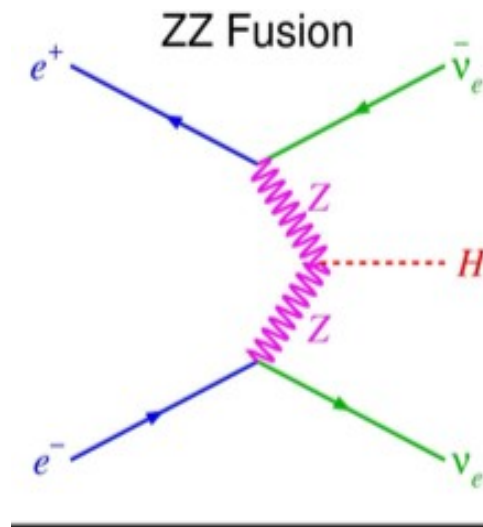
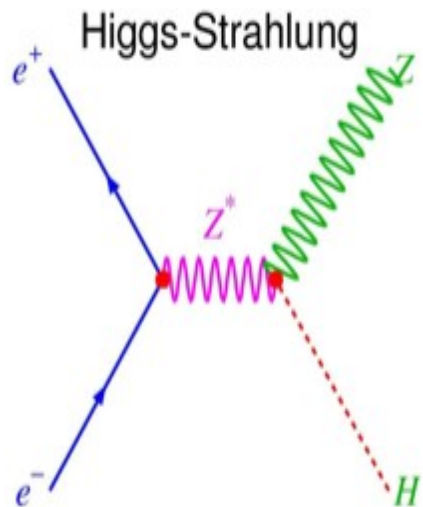
Ricerca del bosone di Higgs

- Processi di produzione
- Canali di decadimento
- Topologie
- Processi di fondo
- Soppressione del fondo
- Analisi statistica

Processi di produzione

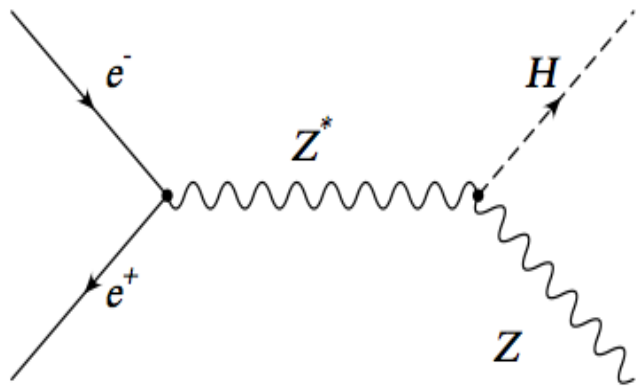
Il modello standard nel settore di Higgs è molto predittivo, tutti gli accoppiamenti, le larghezze di decadimento, le sezioni d'urto sono predette in termini della massa sconosciuta del bosone di Higgs.

- Higgs strahlung
- WW fusion
- ZZ fusion

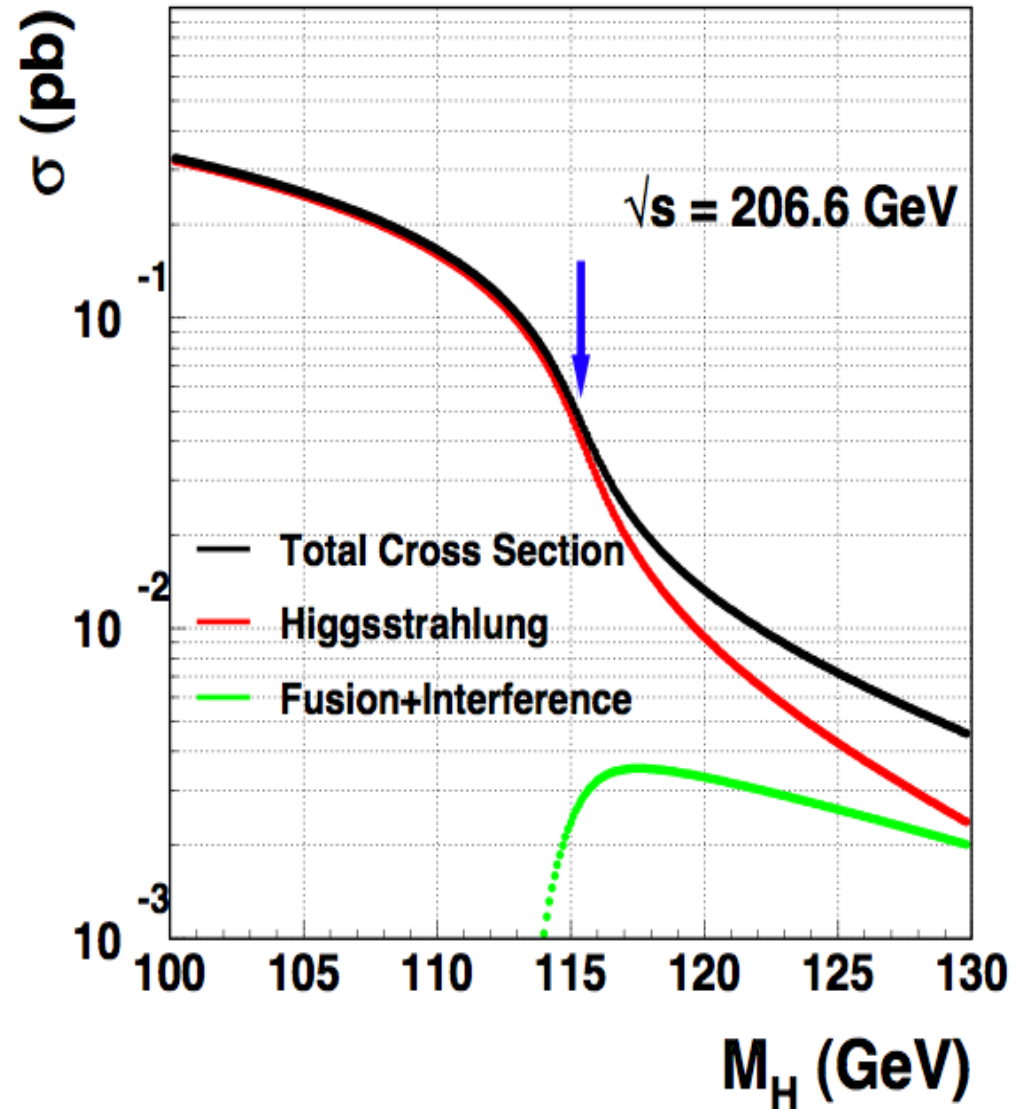
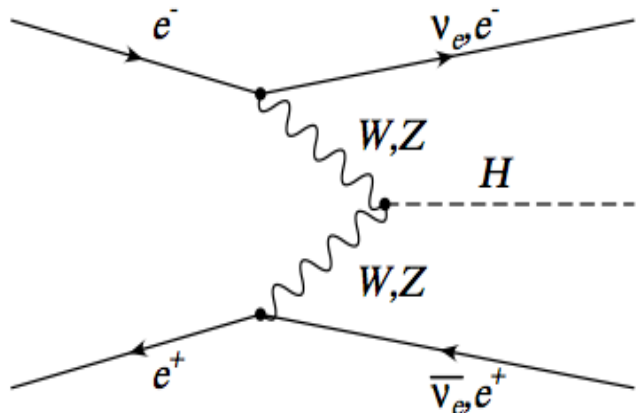


Sezioni d'urto dei processi di produzione a Lep II

Higgsstrahlung Diagram



Fusion Diagram



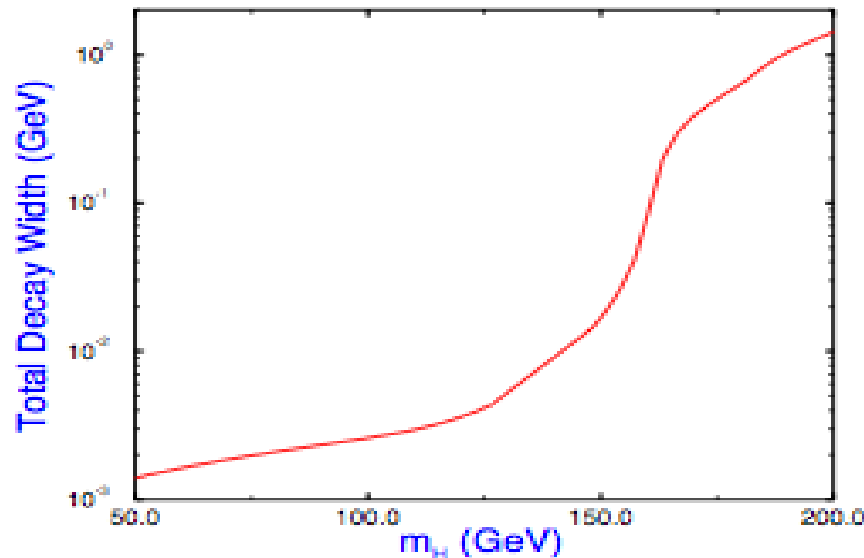
Larghezza di decadimento

Larghezza di decadimento parziale del canale $H \rightarrow q \bar{q}$:

$$\Gamma(H \rightarrow q \bar{q}) = 3G_F \frac{m_q^2}{4\sqrt{2}\pi} m_H \beta_q^3 \left(1 + \frac{4}{3} \frac{\alpha_S}{\pi} \Delta_H^{QCD}\right)$$

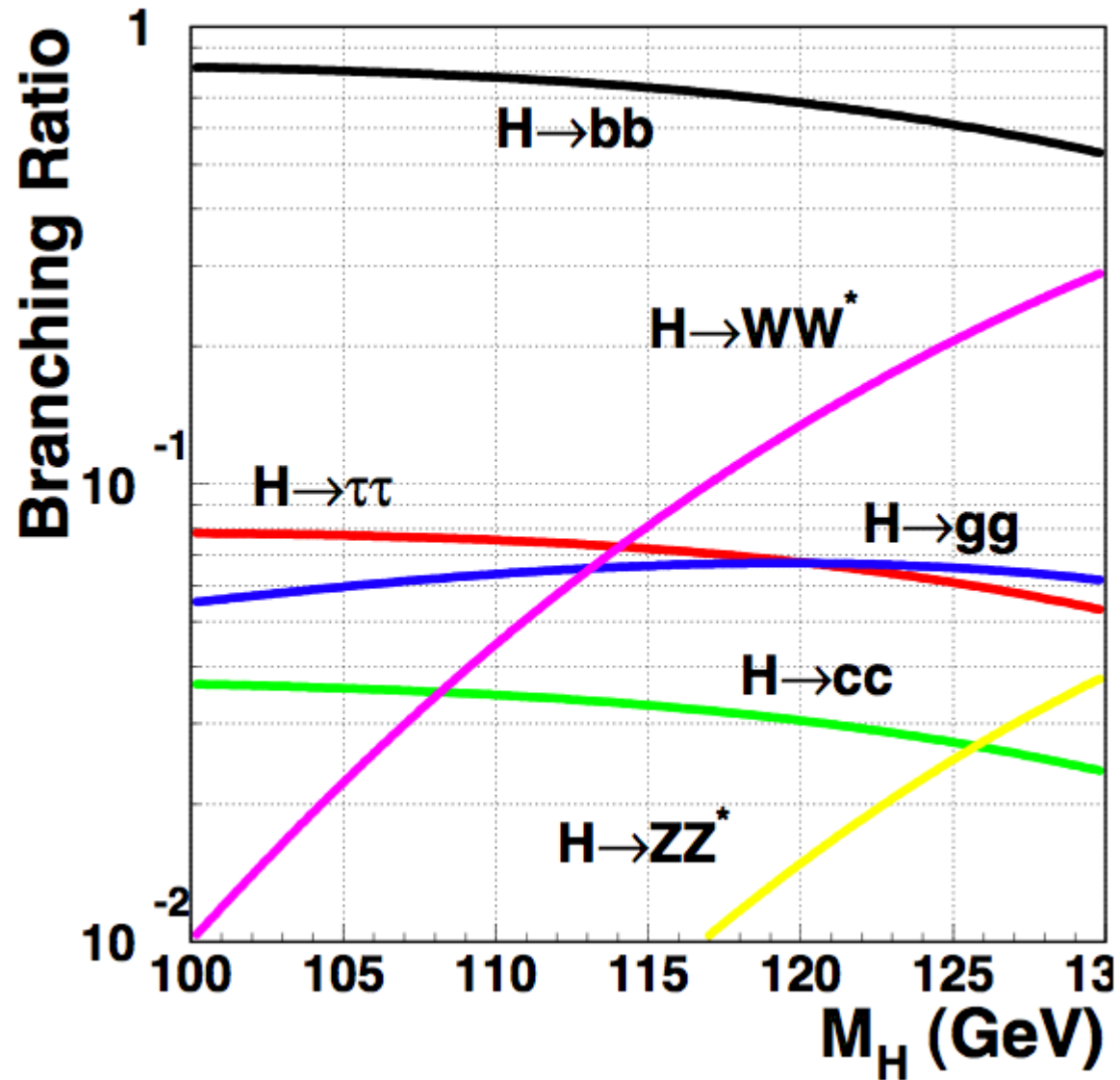
è proporzionale alla massa del bosone di Higgs, come le altre larghezze di decadimento parziali.

La larghezza totale di decadimento $\Gamma = \sum_i \Gamma_i$ aumenta con la massa.



Rapporti di diramazione

Per i valori di massa accessibili al Lep il bosone di Higgs decade prevalentemente in una coppia di quark b



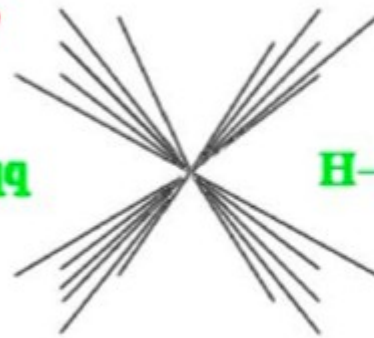
Topologie

La ricerca del bosone di Higgs è divisa in canali dalla topologia caratterizzata dal decadimento del bosone Z

4-Jet

70%

$Z \rightarrow qq$



$H \rightarrow bb$

Missing Energy

20%

$Z \rightarrow \nu\nu$

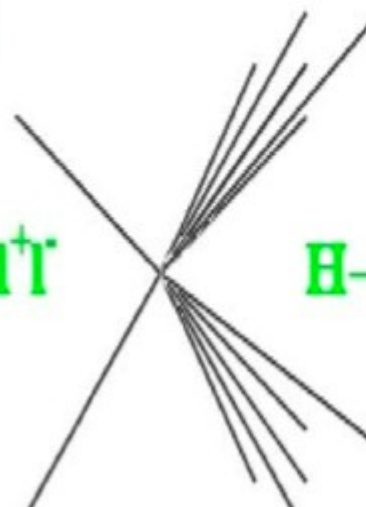


$H \rightarrow bb$

Leptons(e+μ)

7%

$Z \rightarrow l^+l^-$

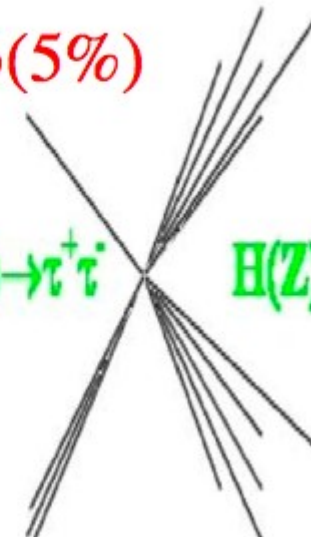


$H \rightarrow bb$

Taus

3% (5%)

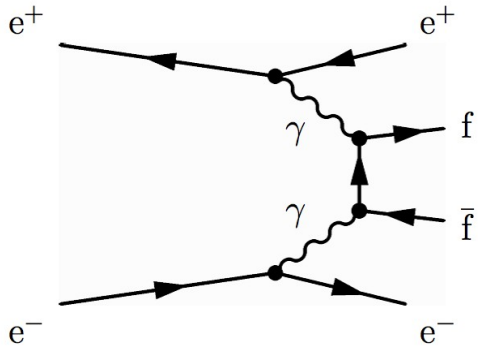
$Z(H) \rightarrow \tau^+\tau^-$



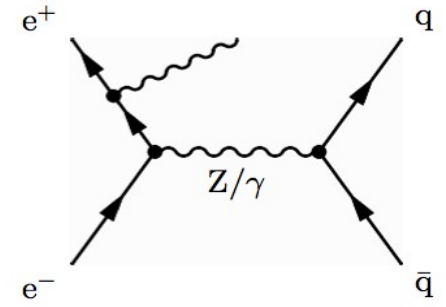
$H(Z) \rightarrow bb(qq)$

Processi di fondo

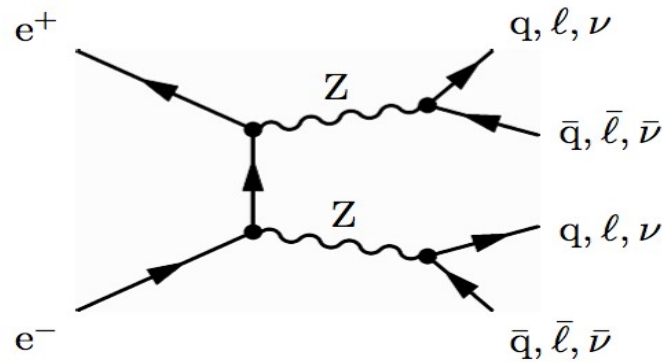
Stati finali a due fotoni



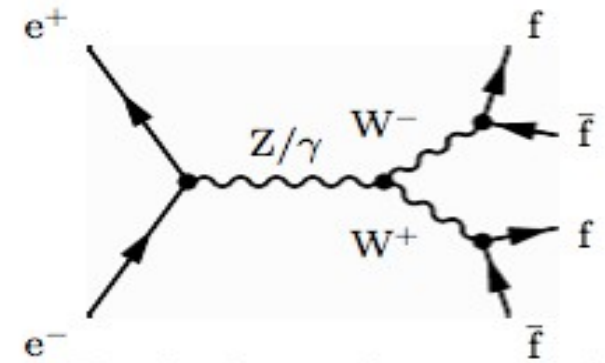
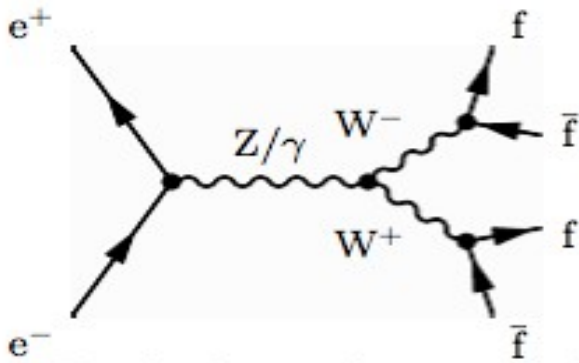
Stati finali a due fermioni



Reazioni di corrente neutra in quattro fermioni



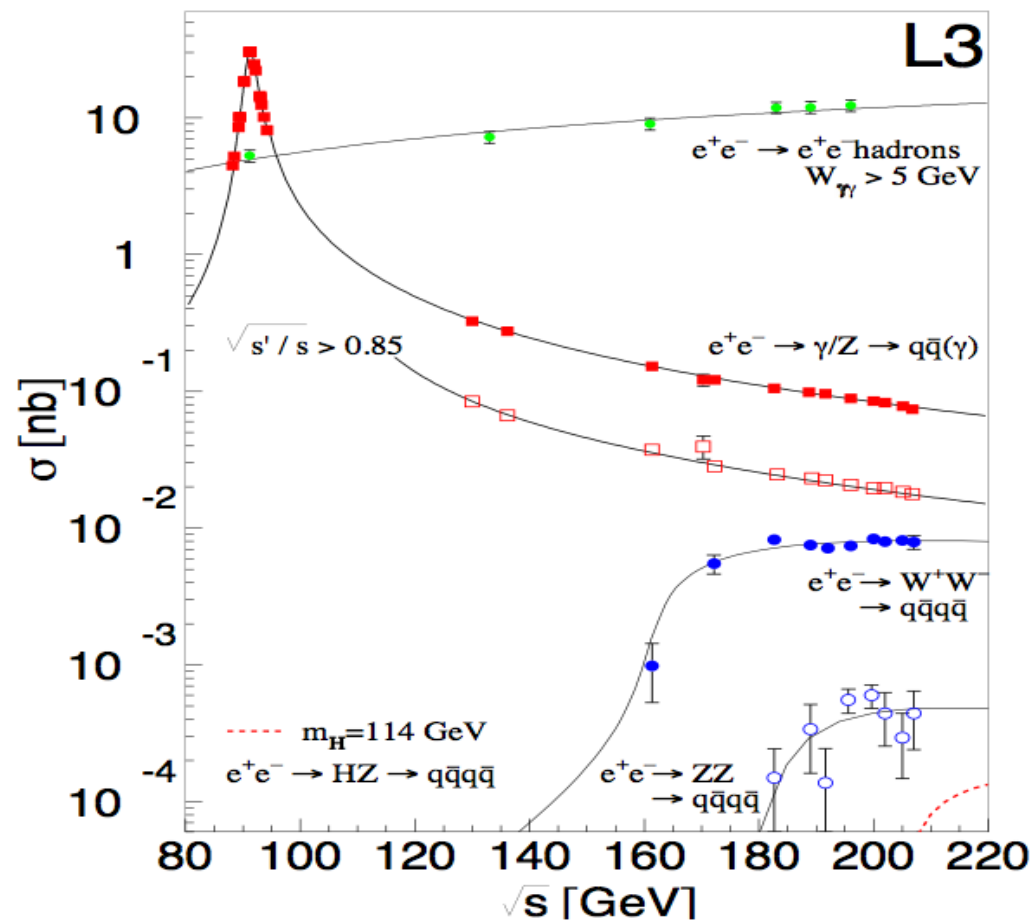
Produzioni di coppie di W



Sezioni d'urto dei processi di fondo

Sono necessarie:

- Una strategia accurata di soppressione degli eventi di fondo
- Un'analisi statistica che tenga conto del segnale di fondo che non è possibile eliminare



Soppressione degli eventi di fondo

Preselezione

Taglio sull'energia visibile (numero di tracce, numero di cluster del calorimetro).

Gli eventi di fondo che sono molto diversi dal segnale sono soppressi (processi a due fotoni).

La maggior parte del segnale di Higgs è preservato.

Selezione

2 casi:

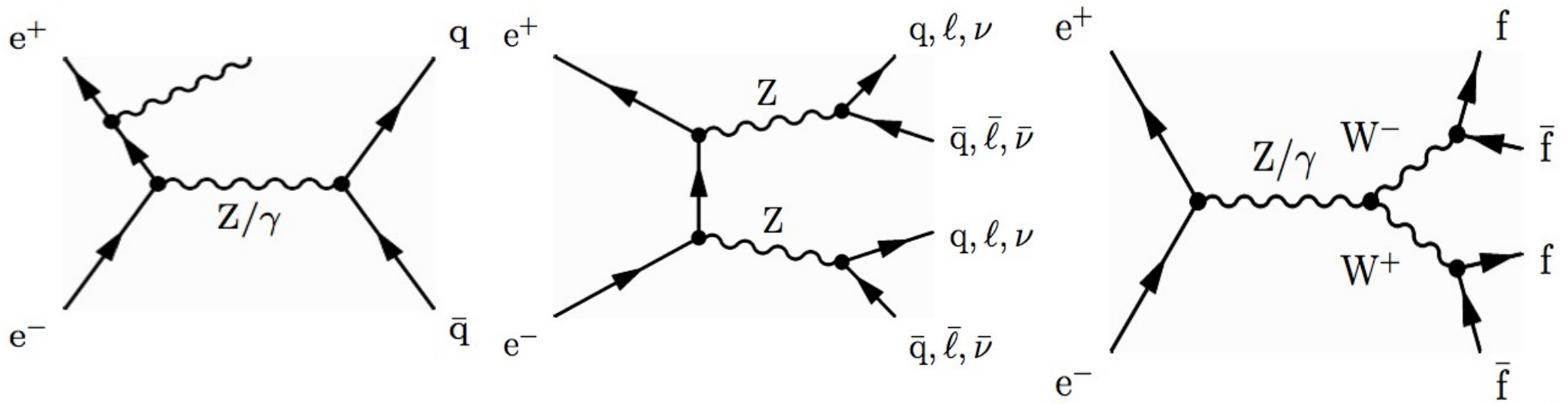
1. $q \bar{q} q \bar{q}$, Leptonici: analisi basata su tagli (variabili generalmente diverse da quelle di preselezione)
2. $q \bar{q} \nu \bar{\nu}$: analisi basata su reti neurali e sui tagli

Discriminante finale

1. $G = F(b\text{-tag}, m_H)$
2. $G = F(\text{Output}_{NN}, m_H)$

$$HZ \rightarrow b \bar{b} q \bar{q}$$

Processi di fondo più significativi:

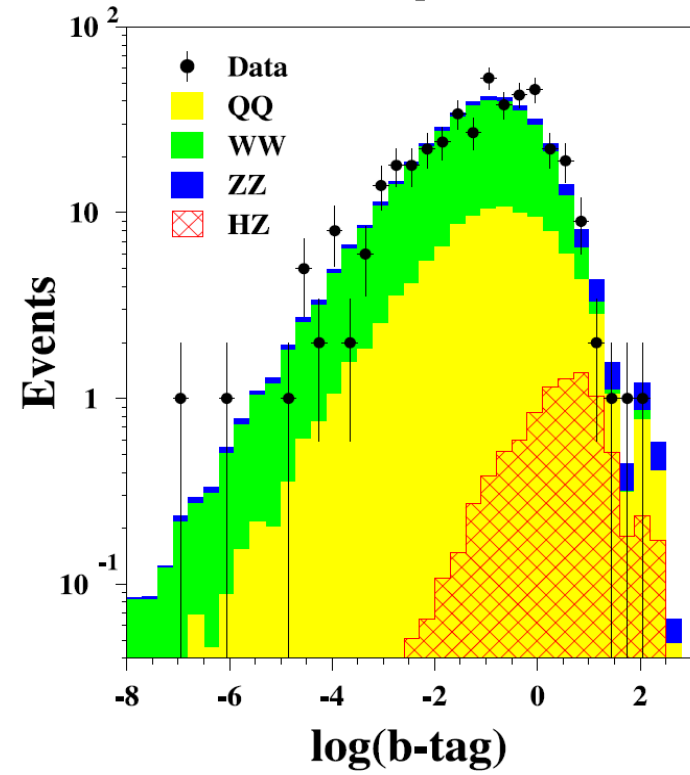
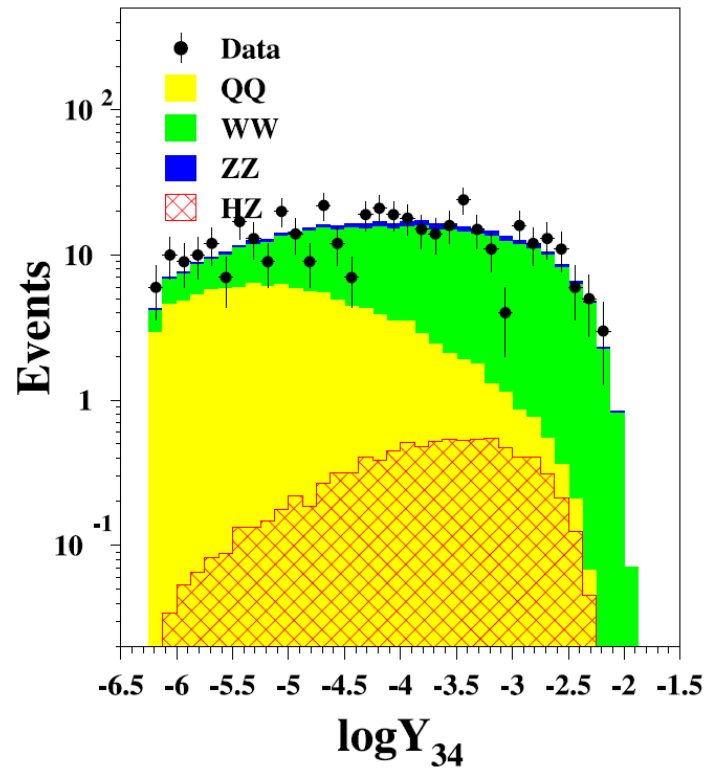
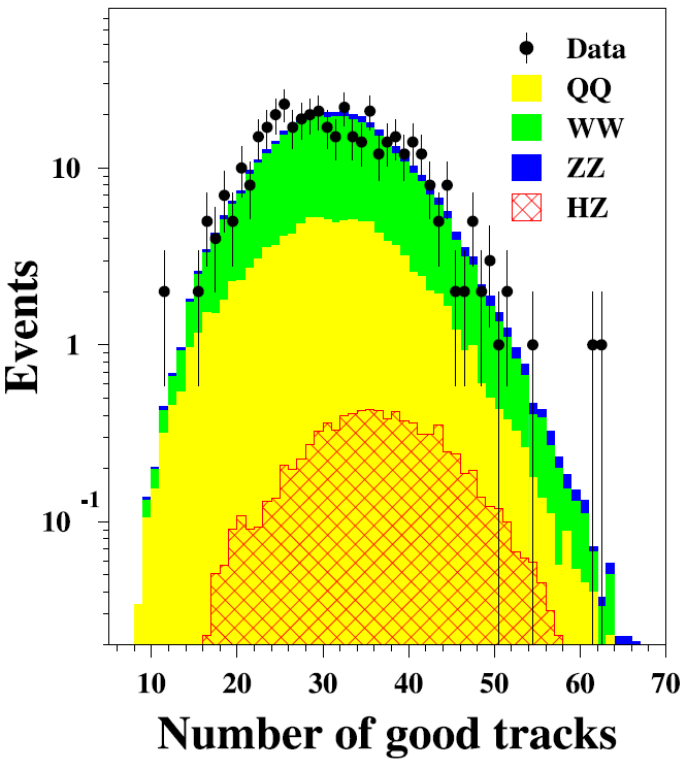


$$HZ \rightarrow b \bar{b} q \bar{q}$$

Selezione

- Numero di tracce cariche, una particella di massa maggiore di quella dei bosoni gauge ZZ oppure WW produce decadendo un numero maggiore di tracce cariche.
- Logaritmo del parametro Y_{34}^D di risoluzione dei jet, questo parametro forza i jet dell'evento ad essere 4.
- Il canale HZ è ricco di coppie $b\bar{b}$ per cui la variabile di b-tagging è maggiore per gli eventi di segnale rispetto al fondo.

$$HZ \rightarrow b \bar{b} q \bar{q}$$

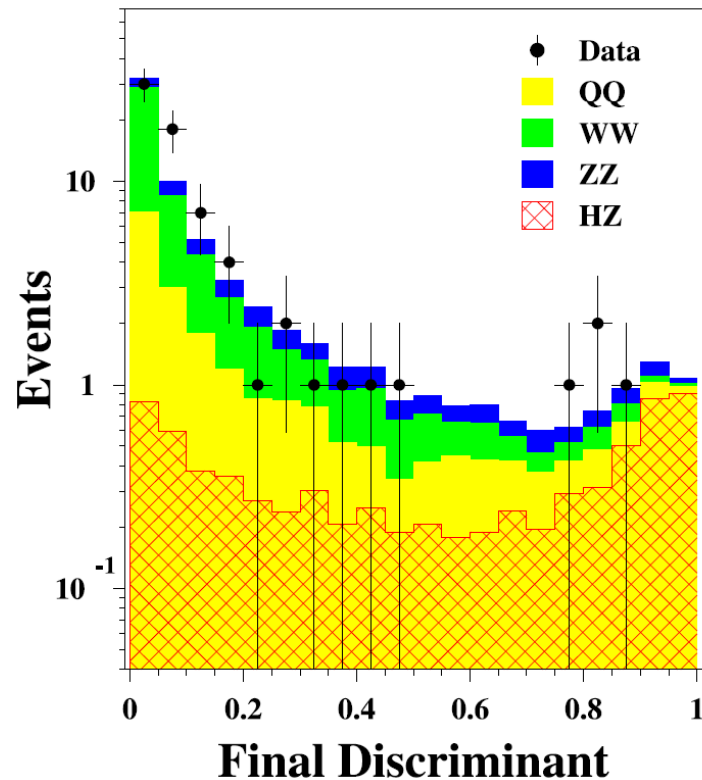


$$HZ \rightarrow b \bar{b} q \bar{q}$$

Discriminante finale

Dagli eventi che escono dalla selezione è costruita la discriminante finale che dipende dalla massa e deve essere ricalcolata per ogni ipotesi della massa del bosone di higgs.

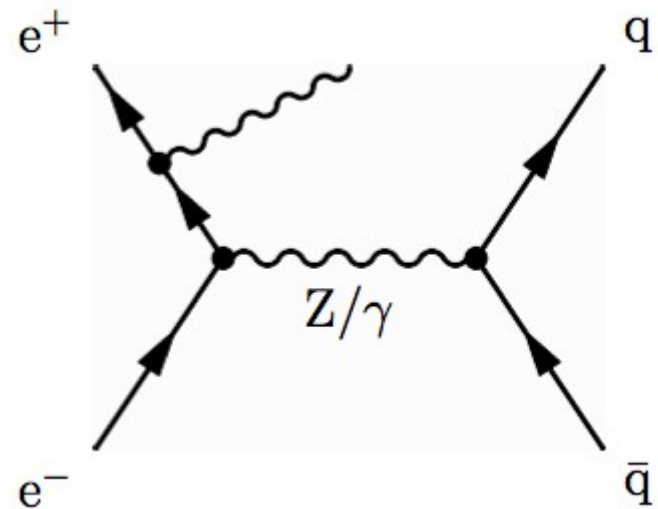
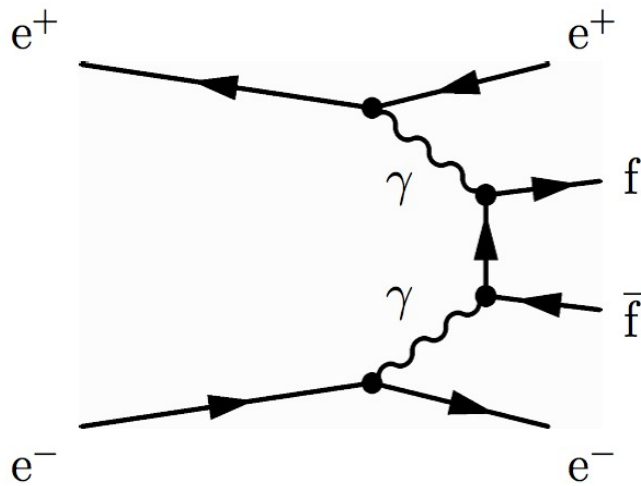
Ipotesi di massa di 110 Gev



$$HZ \rightarrow b \bar{b} \nu \bar{\nu}$$

Si cercano eventi con due jet contenenti adroni b ,con una grande missing energy e con una massa mancante consistente con M_Z .

Processi di fondo più significativi

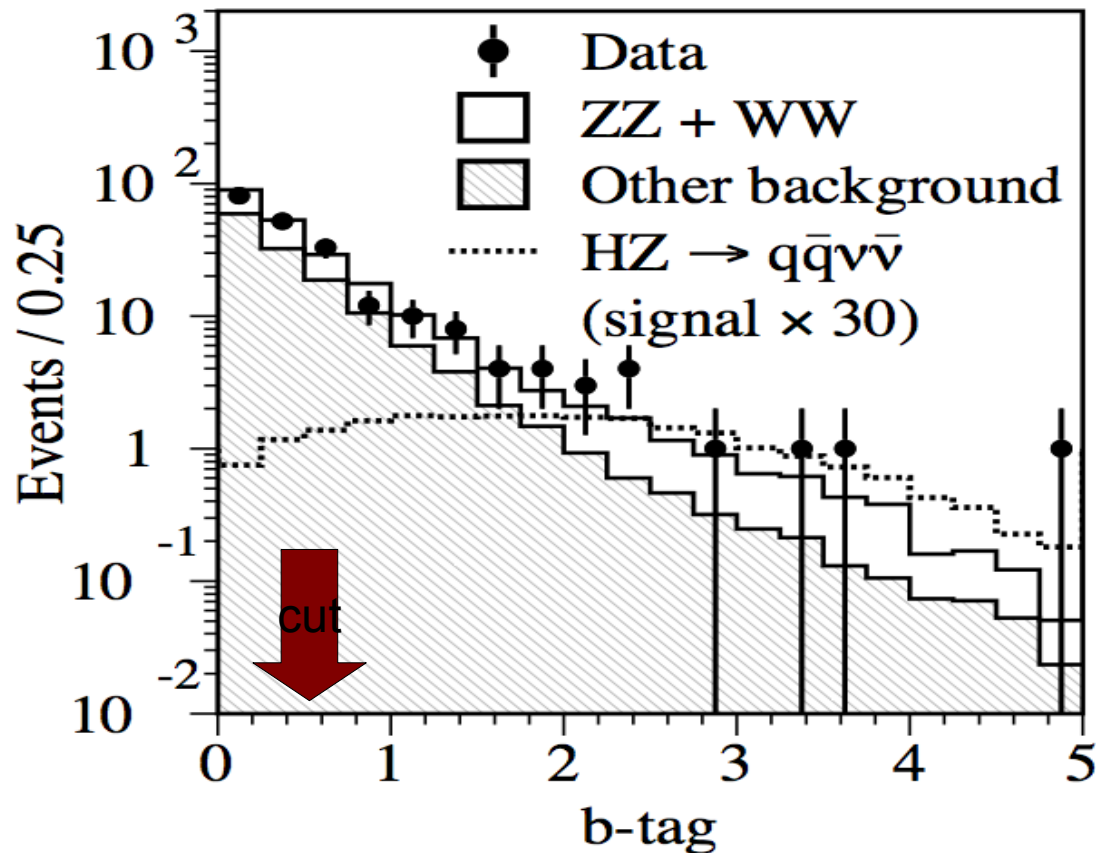


$$HZ \rightarrow b \bar{b} \nu \bar{\nu}$$

Selezione

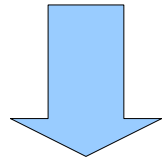
Eventi da $e^+ e^- \rightarrow q \bar{q} (\gamma)$ sono soppressi richiedendo che l'energia persa longitudinale sia inferiore a $0.6\sqrt{s}$ e che il vettore momento mancante sia almeno 16° lontano dall'asse del fascio.

La distribuzione degli eventi di b-tag dopo questi tagli è:

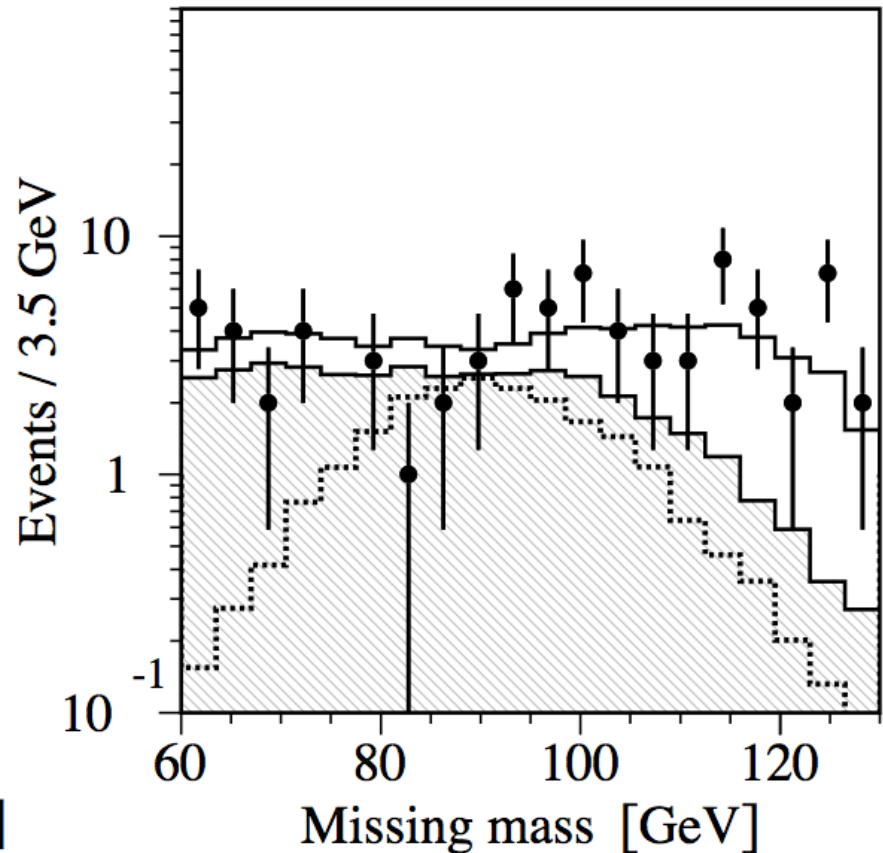
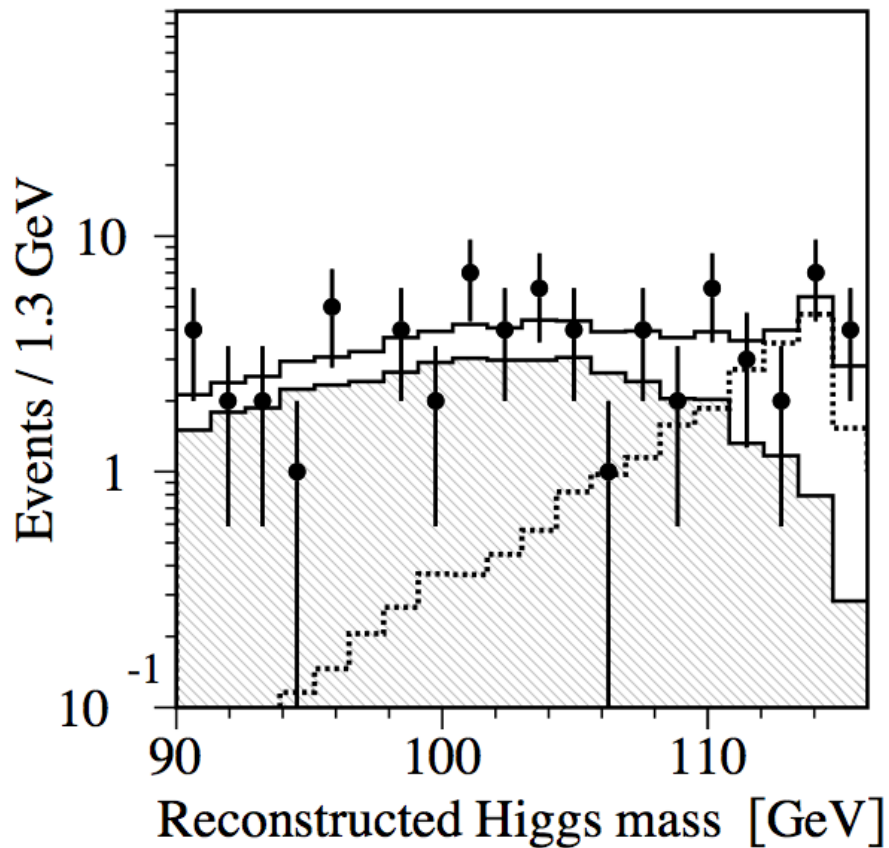


$$HZ \rightarrow b \bar{b} \nu \bar{\nu}$$

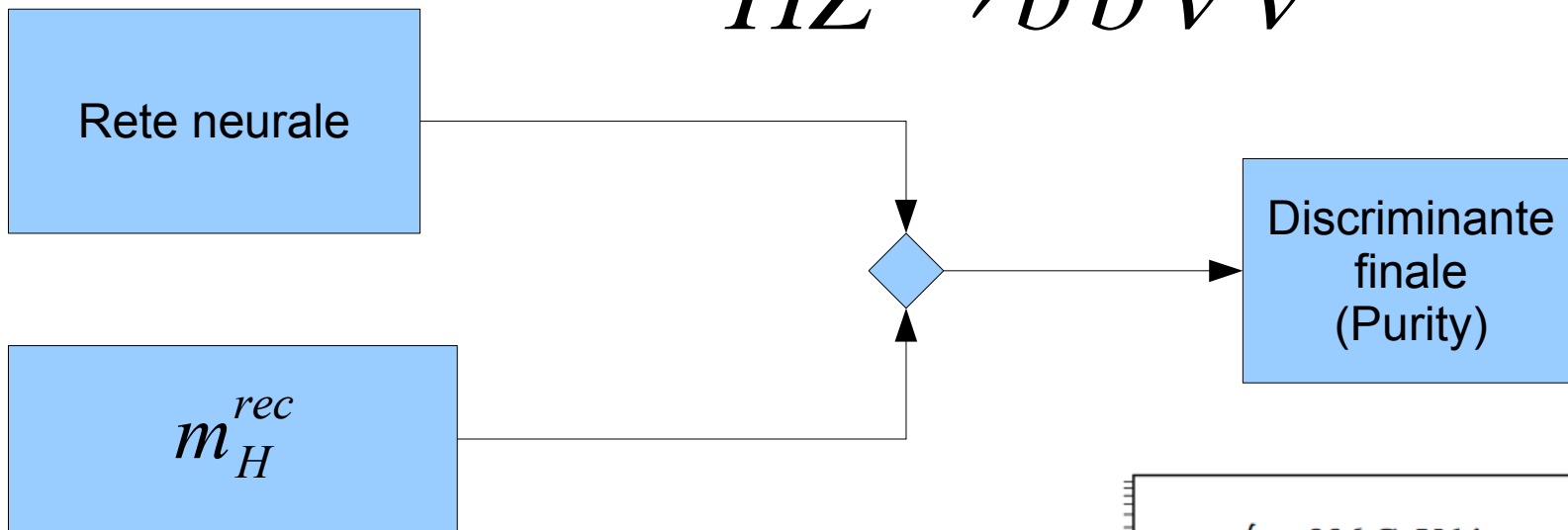
Sui due jet si impone un fit cinematico che impone la conservazione del quadrimomento e che richiede la consistenza della massa mancante con M_Z



Calcolo della massa ricostruita del bosone di Higgs dai due jet



$HZ \rightarrow b \bar{b} \nu \bar{\nu}$



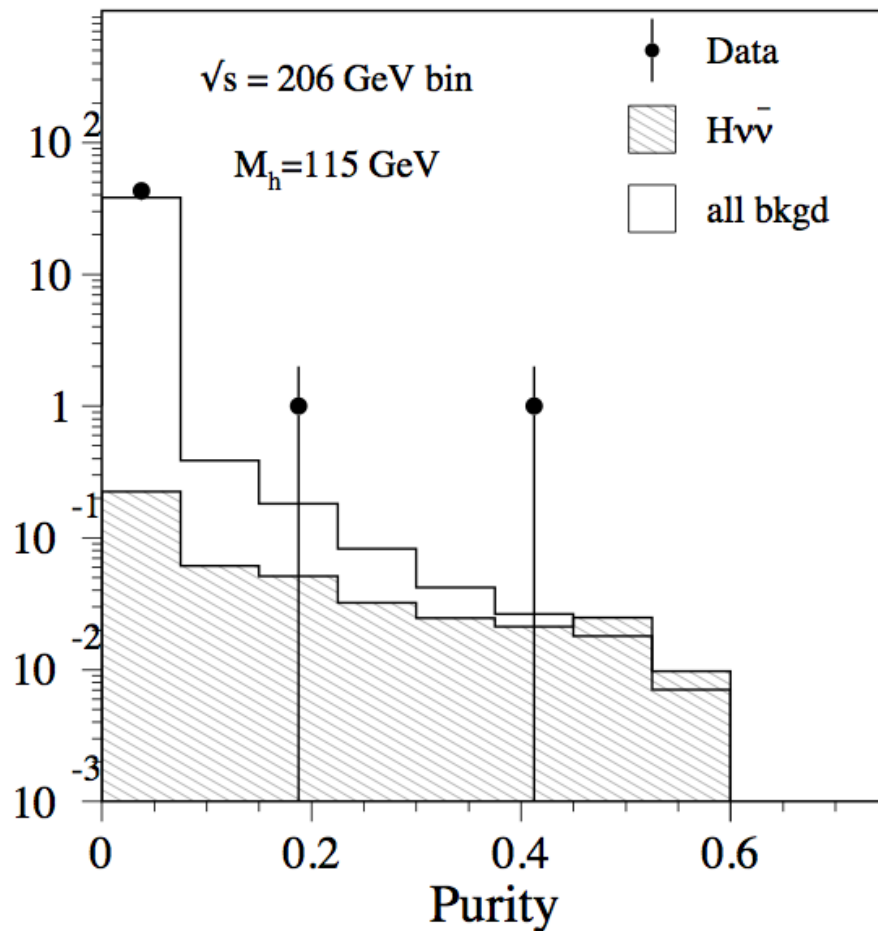
Discriminante finale

$$Purity = \frac{P_{S_{i,j}}}{P_{S_{i,j}} + P_{b_{i,j}}};$$

$$P_{S_{i,j}} = P_{S_i} \times P_{S_j} \times \sigma_s,$$

$$P_{b_{i,j}} = P_{b_i} \times P_{b_j} \times \sigma_b,$$

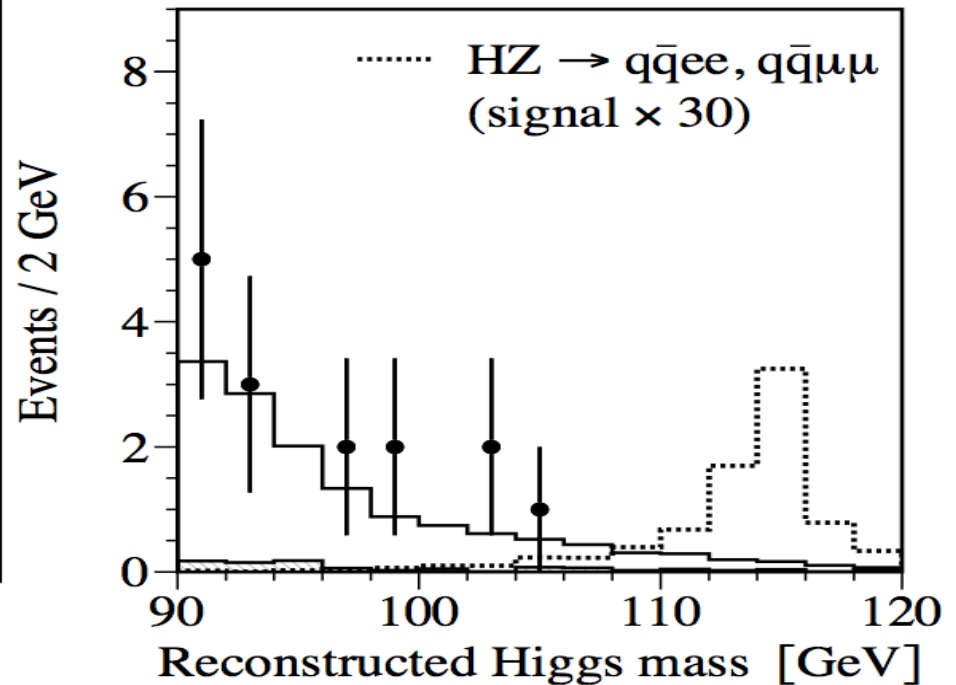
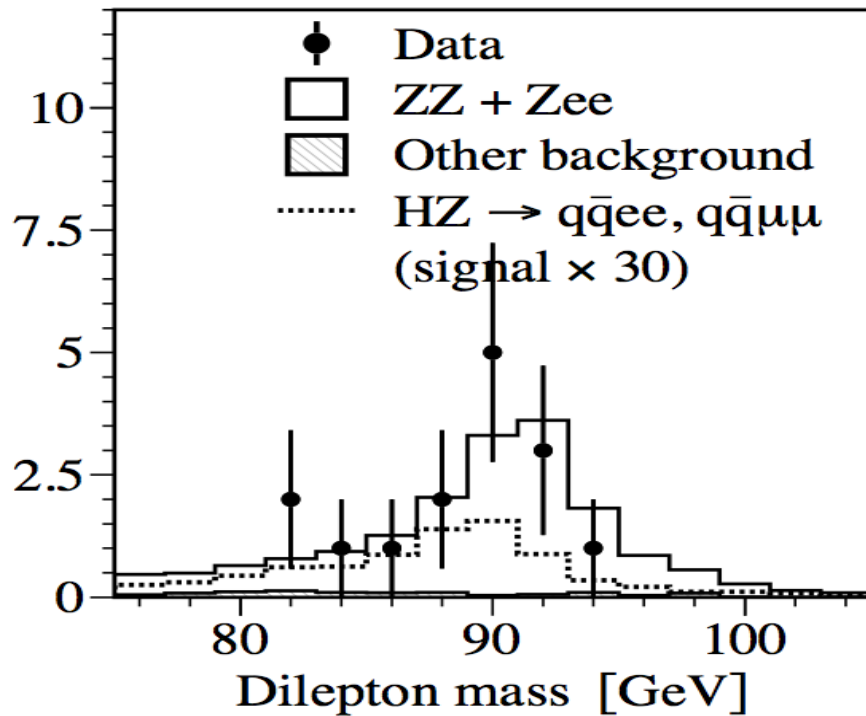
$$P_{b_i} = P_{q\bar{q}_i} + P_{WW_i} + P_{ZZ_i} + etc.$$



$$HZ \rightarrow b\bar{b}e^+e^- (b\bar{b}\mu^+\mu^-)$$

Selezione

La massa invariante dei leptoni dopo un fit cinematico che impone la conservazione del quadrimomento deve essere consistente con M_Z in un intervallo di masse che dipende dalla risoluzione della massa.

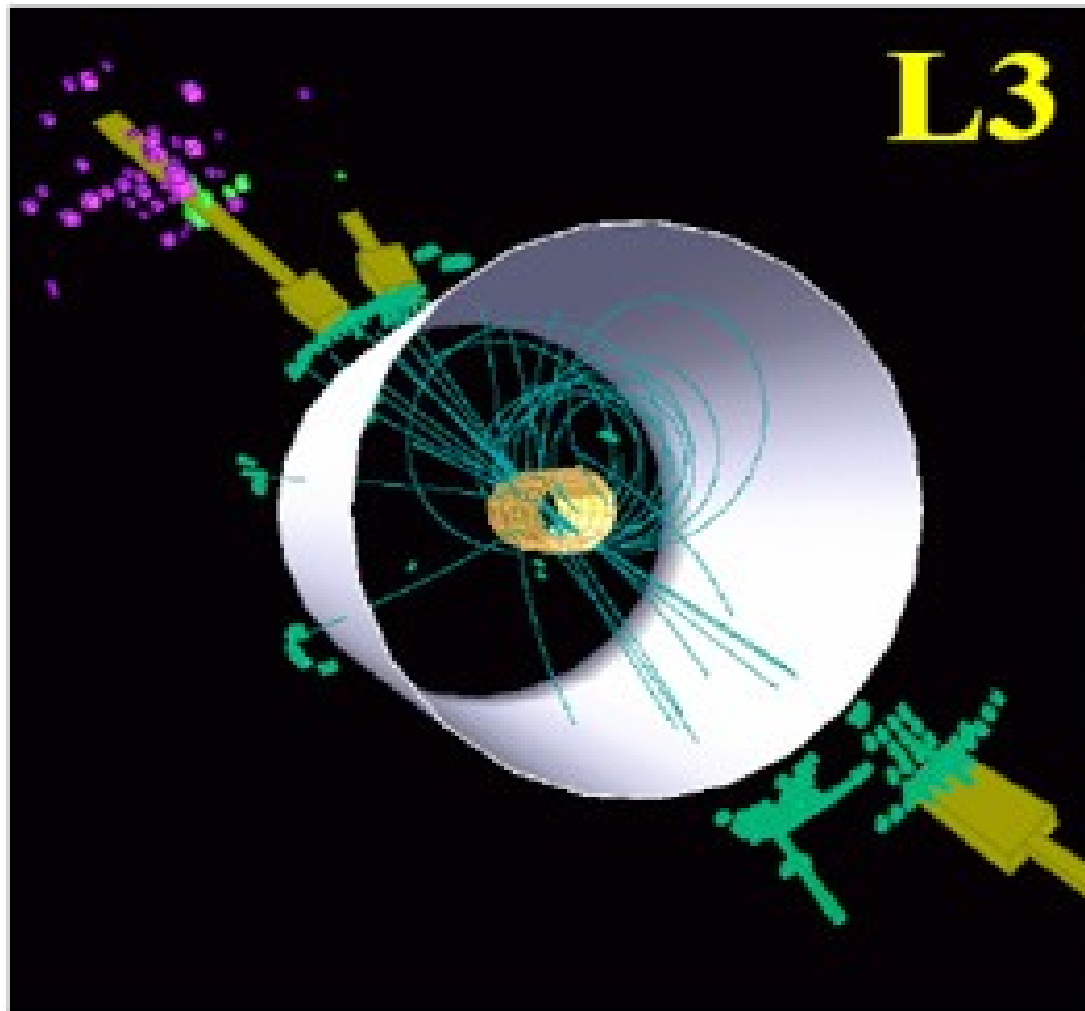


Discriminante finale

La discriminante finale si ricava dalla massa del di-jet dopo il fit cinematico combinata con i valori di b-tag dei due jet.

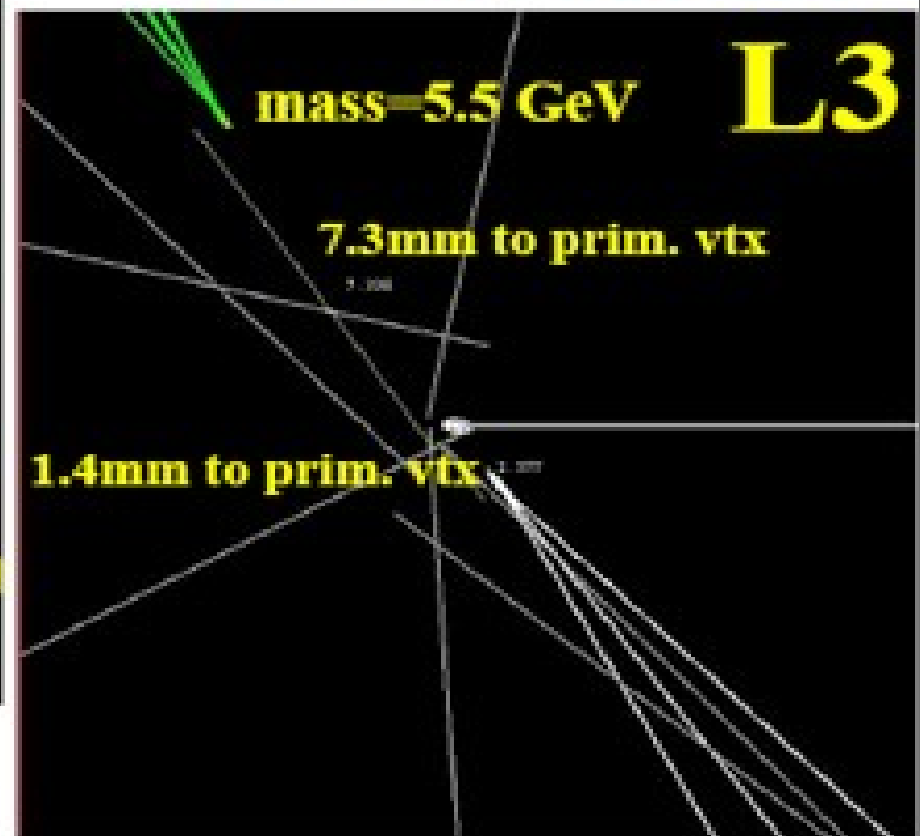
Candidato più significativo

most significant $H\nu\nu$ candidate



measured H mass = 114 GeV
 H mass resolution ~ 3 GeV

Secondary vtx's view



Analisi Statistica

Confronto di verosimiglianza (Likelihood) tra le due ipotesi:

Segnale e fondo: gli eventi rilevati sono dovuti al segnale ed al fondo.

fondo solamente: gli eventi rilevati sono dovuti esclusivamente al fondo.

Gli eventi sono separati in bin in base a:

- m_H^{rec} , la massa di H ricostruita
- G, il discriminante finale

Analisi Statistica

Confronto di verosimiglianza:

$$Q = \frac{L(s+b)}{L(b)}$$

$$L(s+b) = \prod_{k=1}^l \prod_{j=1}^{n_k} \prod_{i=1}^{m_{kj}} \frac{e^{-(s_{ijk}+b_{ijk})} (s_{ijk}+b_{ijk})^{N_{ijk}}}{N_{ijk}!}$$
$$L(b) = \prod_{k=1}^l \prod_{j=1}^{n_k} \prod_{i=1}^{m_{kj}} \frac{e^{-b_{ijk}} b_{ijk}^{N_{ijk}}}{N_{ijk}!}$$

Analisi Statistica

Parametri della distribuzione di Poisson:

- s_{ijk} , segnale atteso (MC)
- b_{ijk} , fondo atteso (MC)
- N_{ijk} , Numero di candidati osservati

Indici delle produttorie:

- k, indice per il valore di \sqrt{s}
- j, indice del canale
- i, indice di bin

Analisi Statistica

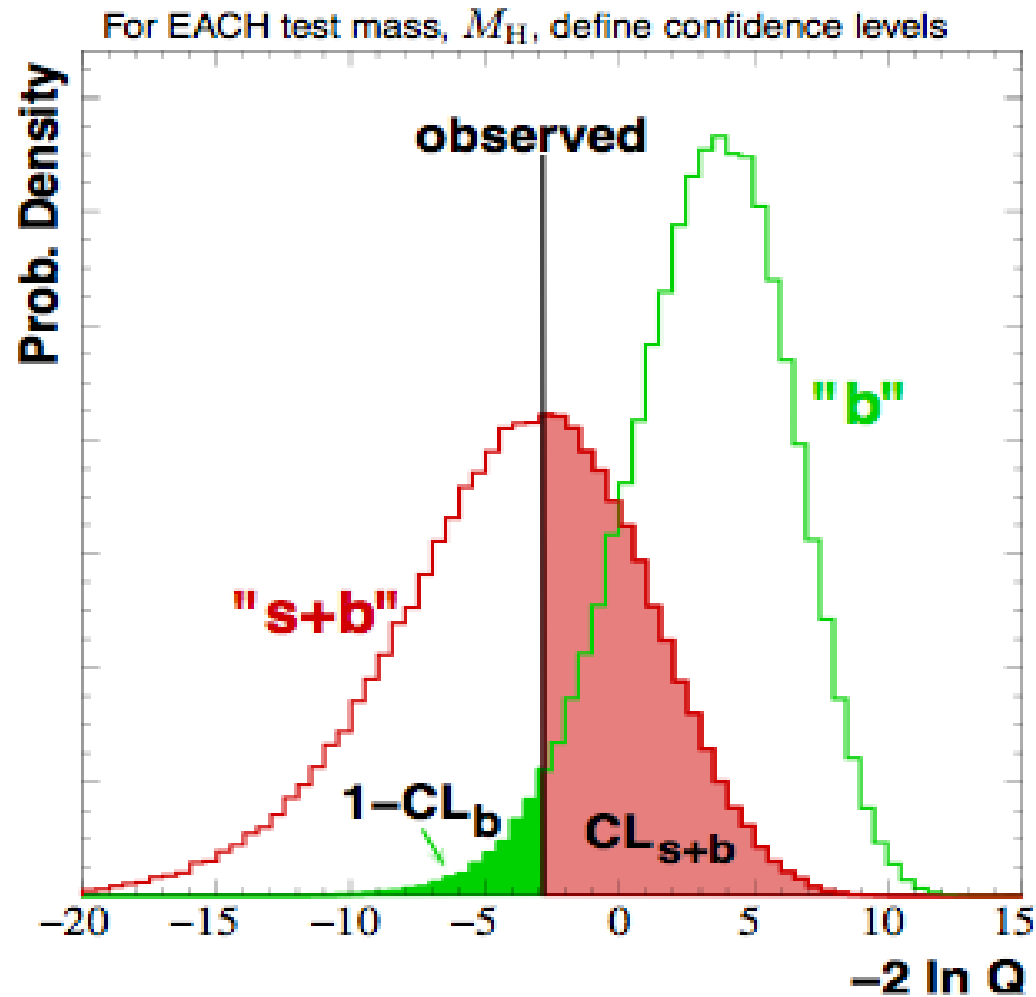
$$-2 \ln Q = 2 \left(S - \sum_{i=1}^N n_i \ln \left(1 + \frac{S_i}{b_i} \right) \right)$$

$$S = \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^{n_k} \sum_{i=1}^{m_{kj}} S_{ijk}$$

Valori positivi sono più compatibili con l'ipotesi solo fondo,
quelli negativi con l'ipotesi fondo + segnale

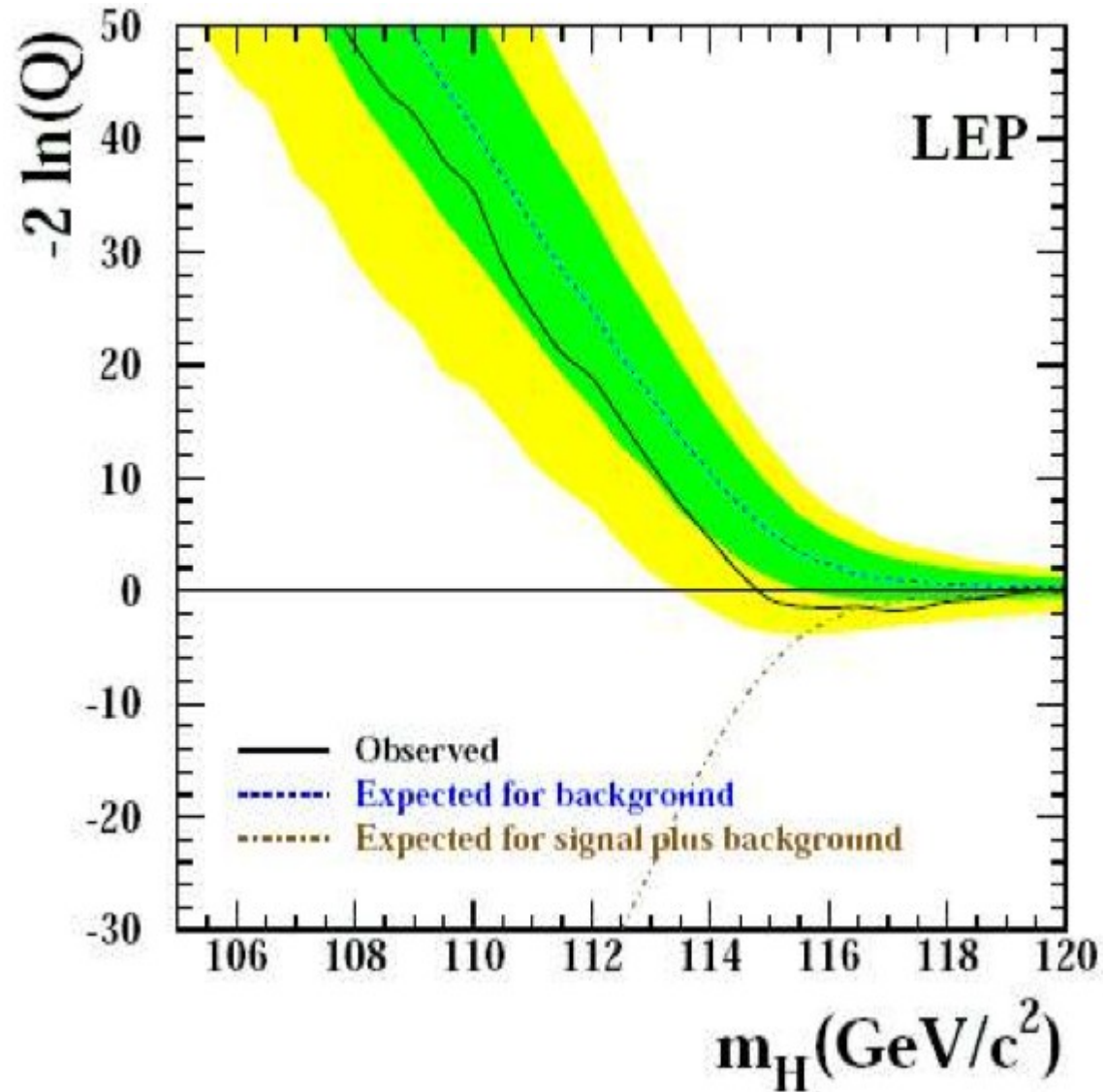
Analisi Statistica

Livelli di confidenza

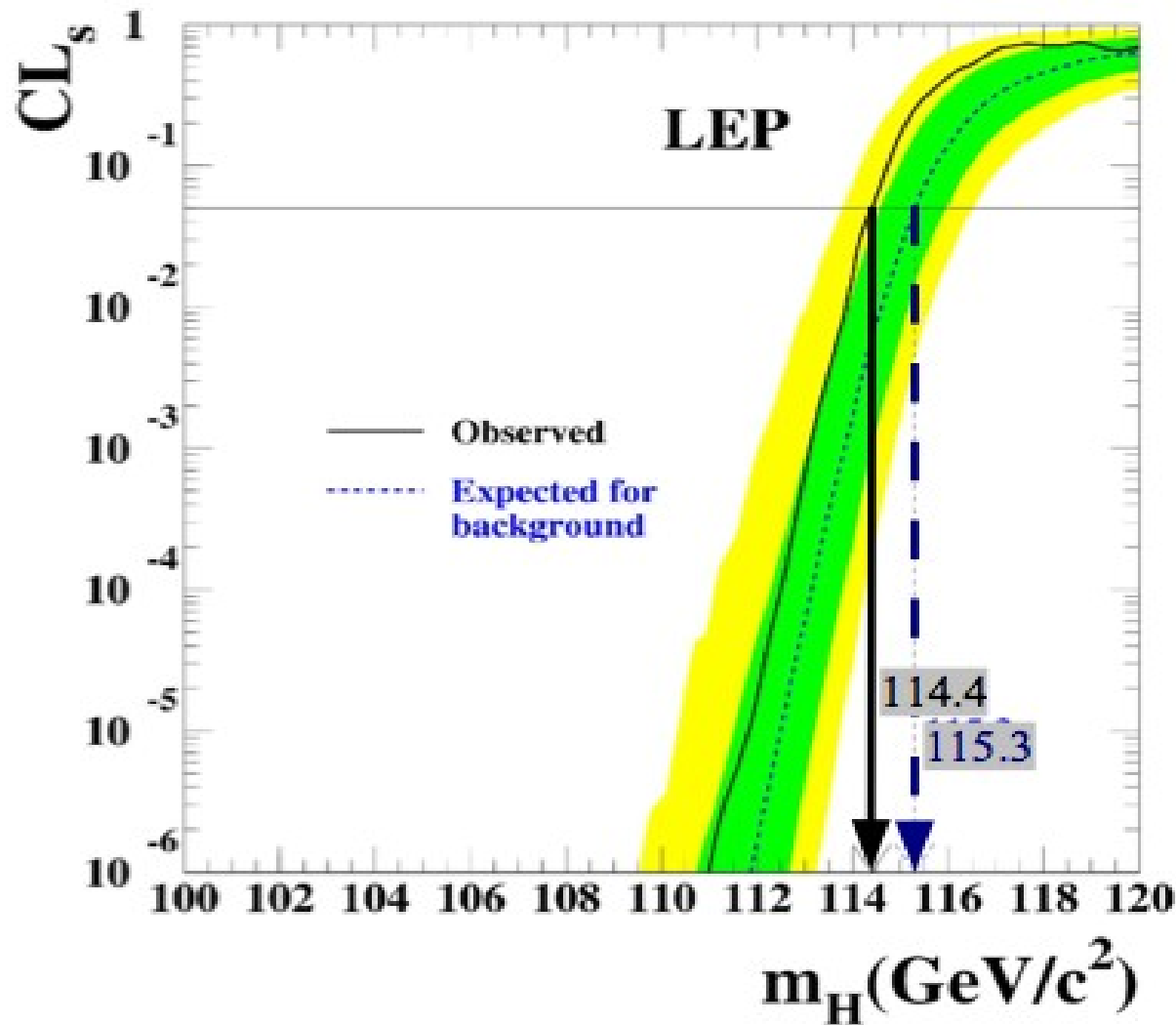


Analisi Statistica

Cosa si è visto



Analisi Statistica



C'è una probabilità su 20 di aver perso un segnale a 114 GeV
C'è una probabilità su 50000 di aver perso un segnale a 112 GeV

Livello di confidenza

$CL_b(m_H)$, probabilità che il risultato di un esperimento sia più favorevole all'ipotesi B rispetto al valore ottenuto dai dati sperimentali.

$CL_{s+b}(m_H)$, probabilità che il risultato di un esperimento sia meno favorevole all'ipotesi S+B rispetto al valore ottenuto dai dati sperimentali (probabilità di sbagliare dicendo b quando invece è s+b).

$CL_s(m_H) = \frac{CL_{s+b}(m_H)}{CL_b(m_H)}$, approssimazione del livello di confidenza del segnale in assenza di fondo. Porta ad un limite inferiore per la massa di H.

$1 - CL_b(m_H)$, è un indicatore della presenza di un segnale; il suo grafico in funzione di m deve presentare un minimo per $m_H \simeq \hat{m}_H$

Referenze

- Higgs candidates in e^+e^- interactions at $\sqrt{s} = 206.6 \text{ GeV}$.
The L3 Collaboration
CERN-EP/2000-140
- Search for the Standard Model Higgs boson in e^+e^- collisions at \sqrt{s} up to 202 GeV .
The L3 Collaboration
CERN-EP/2000-146
- Search for the Higgs Boson and a study of $e^+e^- \rightarrow ZZ$ using the L3 Detector at LEP.
Serge Likhoded
- Appunti del Professor Carlo Dionisi