

# Ricerca del bosone di Higgs del MS al Lep II

di Cristiana Reggente

Prof. Carlo Dionisi

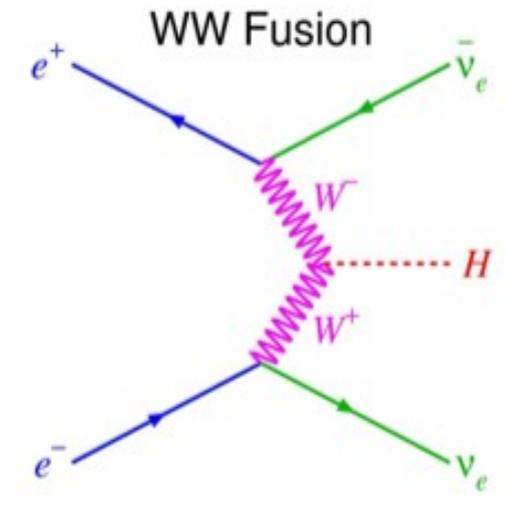
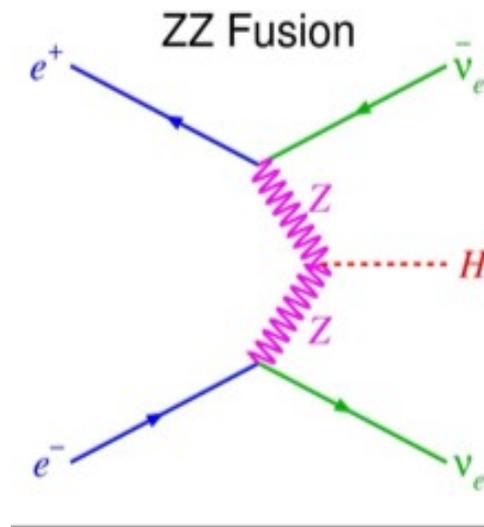
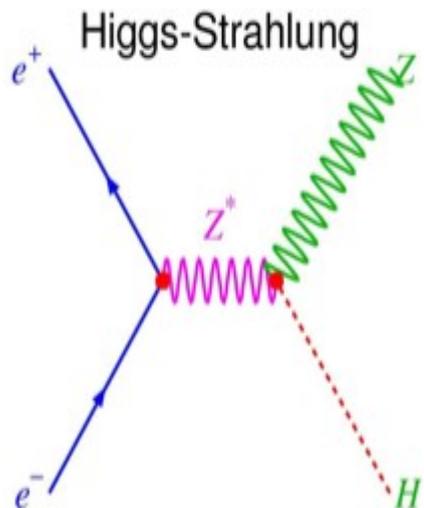
# Ricerca del bosone di Higgs

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

# Processi di produzione

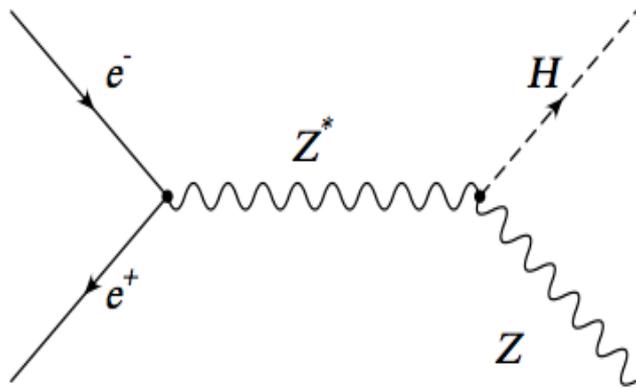
Il modello standard nel settore di Higgs è molto predittivo, tutti gli accoppiamenti, le larghezze di decadimento, le sezioni d'urto sono predette in termini della massa sconosciuta del bosone di Higgs.

- Higgs strahlung
- WW fusion
- ZZ fusion

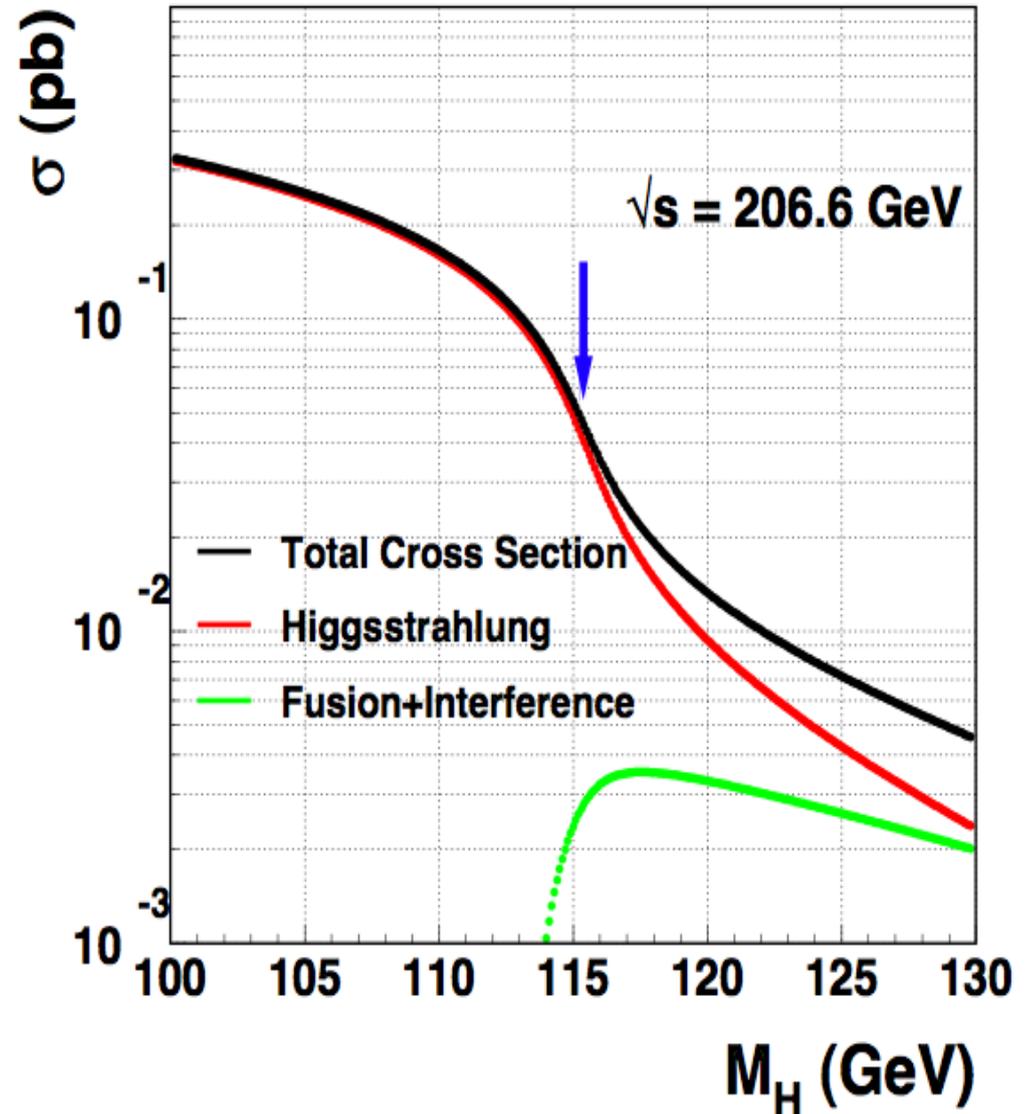
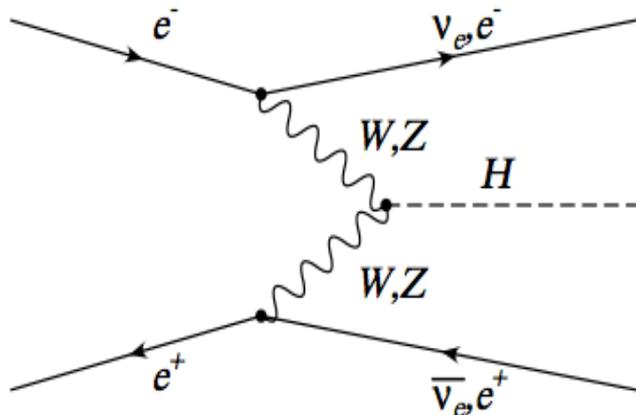


# Sezioni d'urto dei processi di produzione a Lep II

Higgsstrahlung Diagram



Fusion Diagram



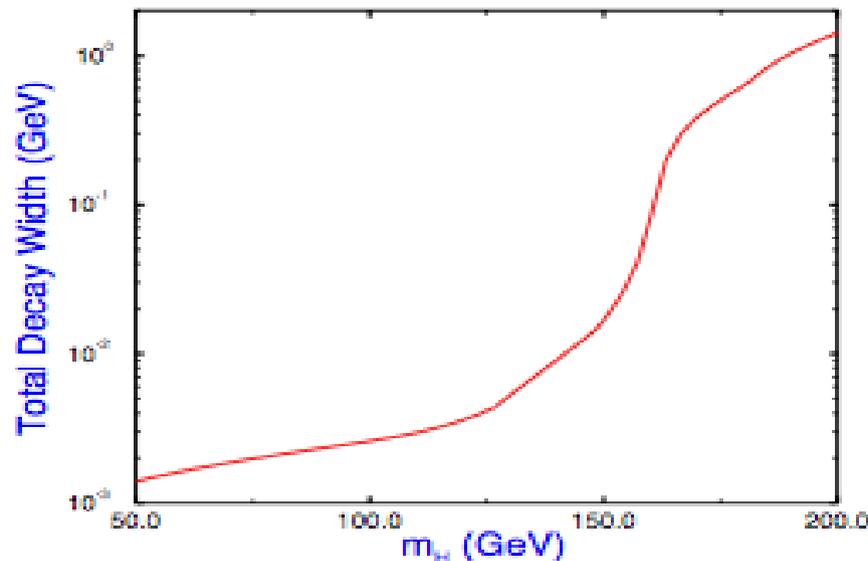
# Larghezza di decadimento

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

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

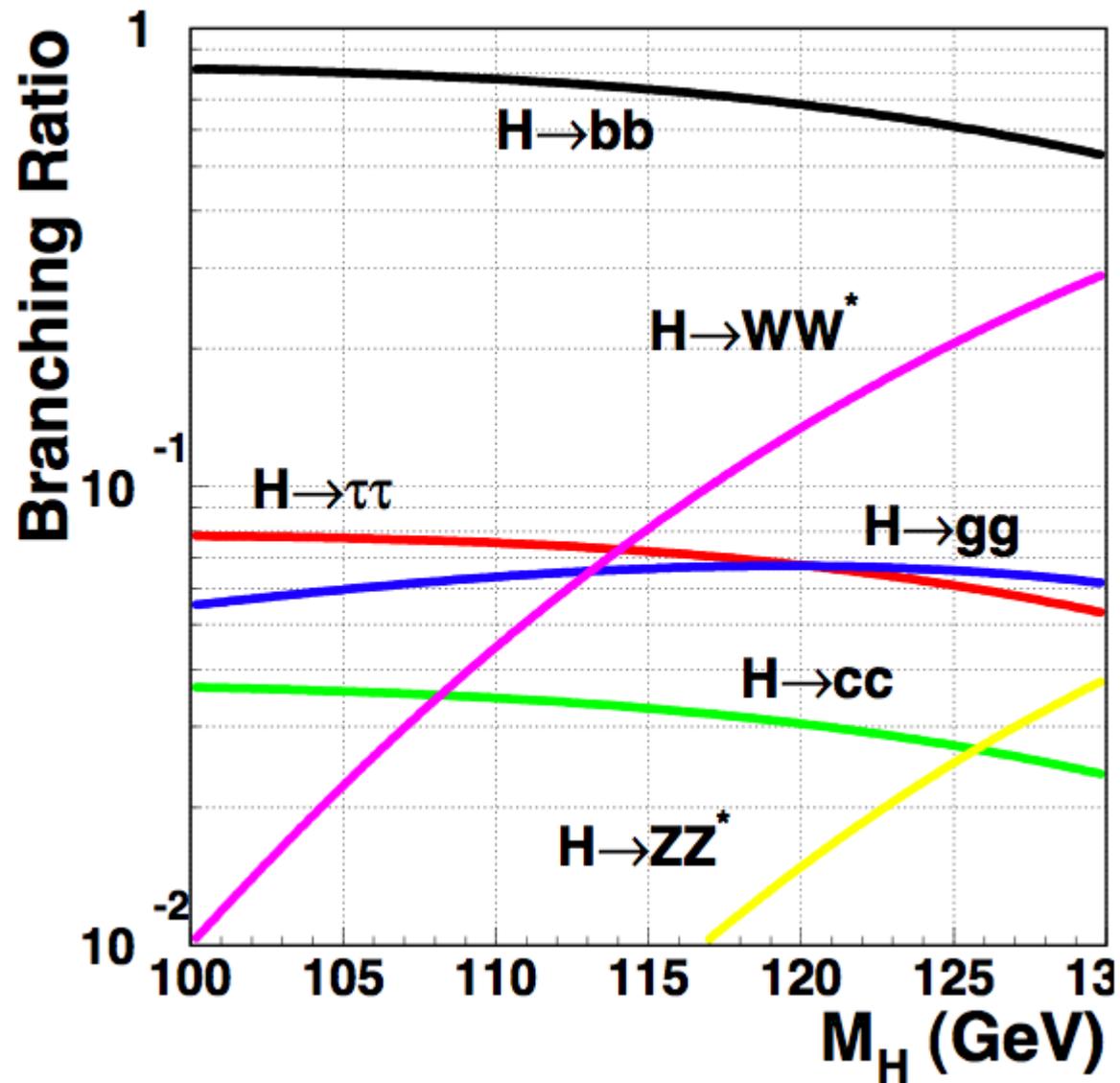
è proporzionale alla massa del bosone di Higgs, come le altre larghezze di decadimento parziali.

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



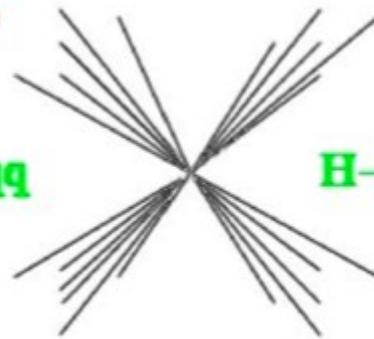
# Topologie

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

4-Jet

70%

$Z \rightarrow qq$

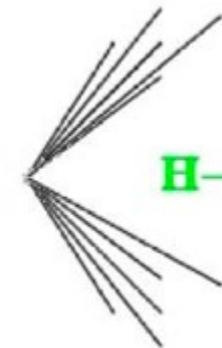


$H \rightarrow bb$

Missing Energy

20%

$Z \rightarrow \nu\nu$

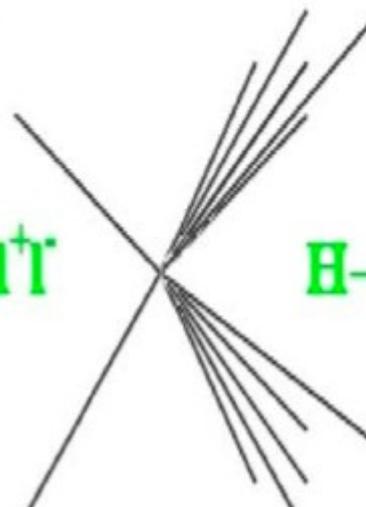


$H \rightarrow bb$

Leptons(e+μ)

7%

$Z \rightarrow l^+l^-$

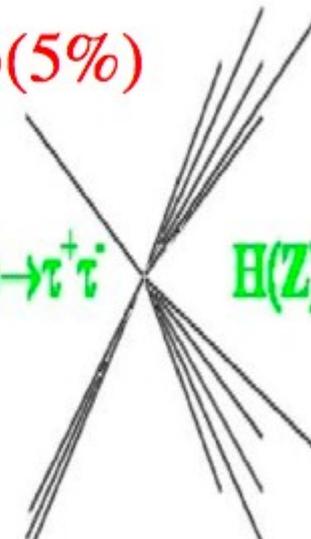


$H \rightarrow bb$

Taus

3% (5%)

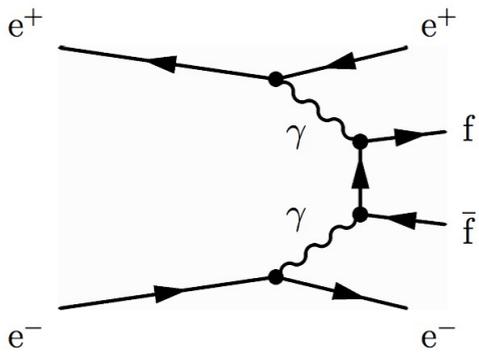
$Z(H) \rightarrow \tau^+\tau^-$



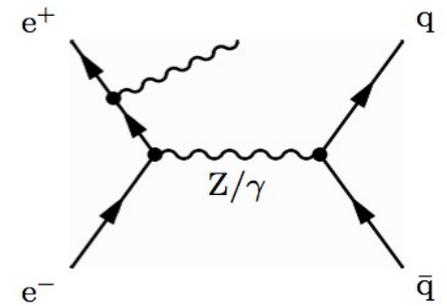
$H(Z) \rightarrow bb(qq)$

# Processi di fondo

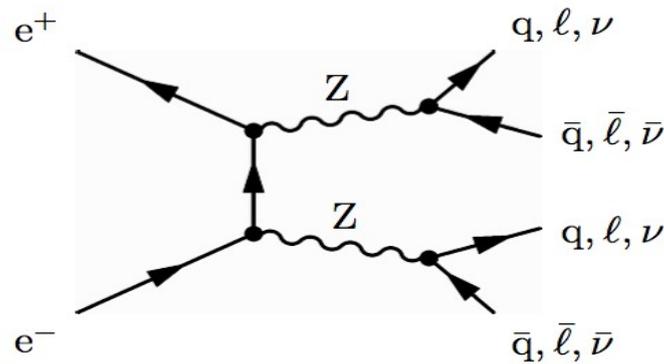
Stati finali a due fotoni



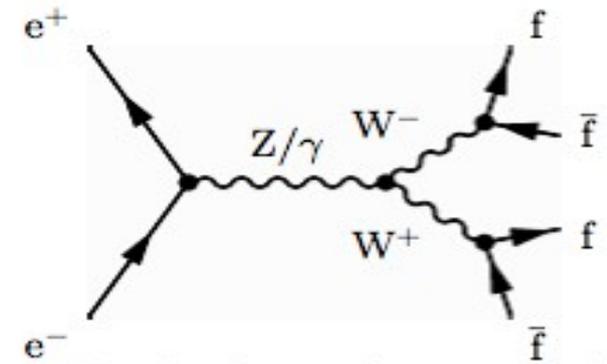
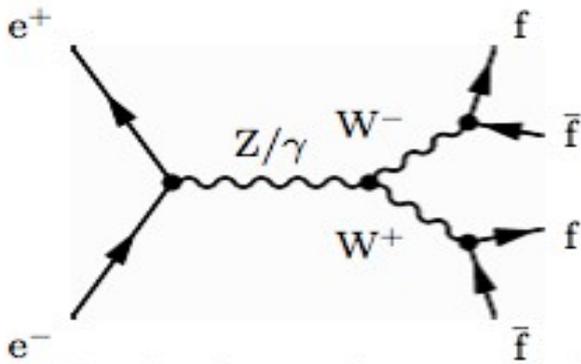
Stati finali a due fermioni



Reazioni di corrente neutra in quattro fermioni



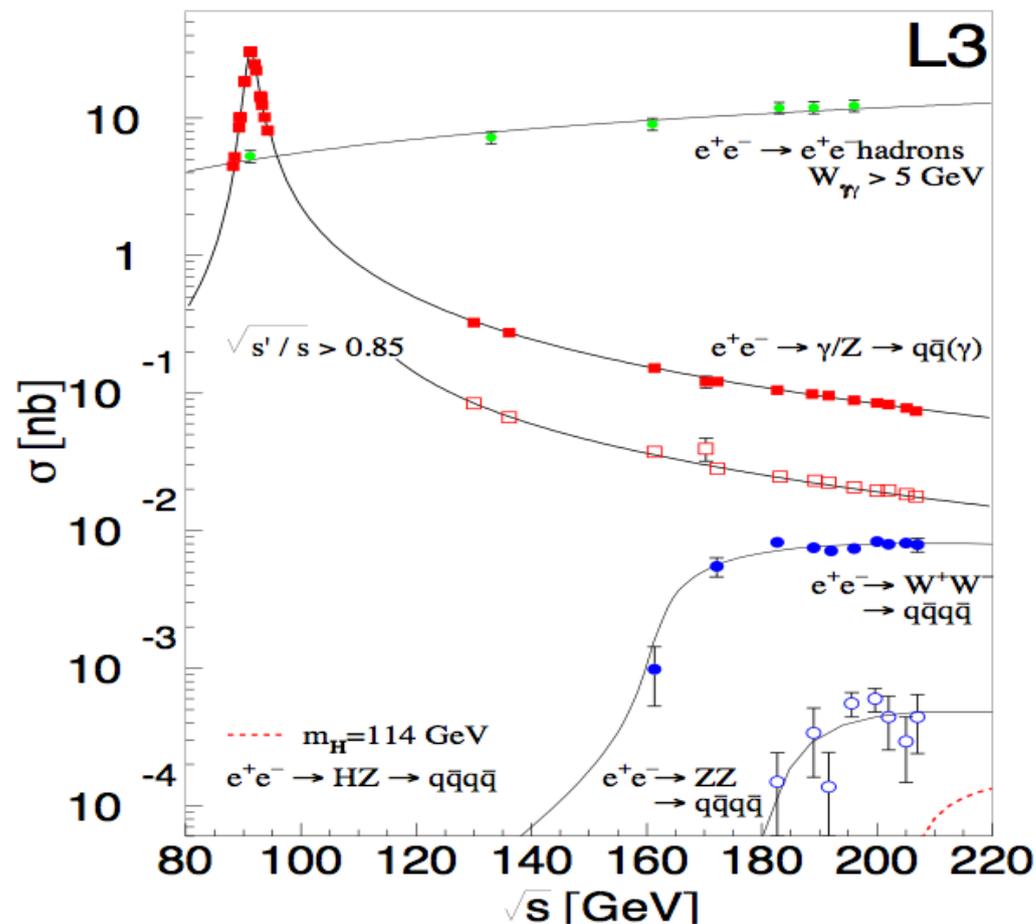
Produzioni di coppie di W



# 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:

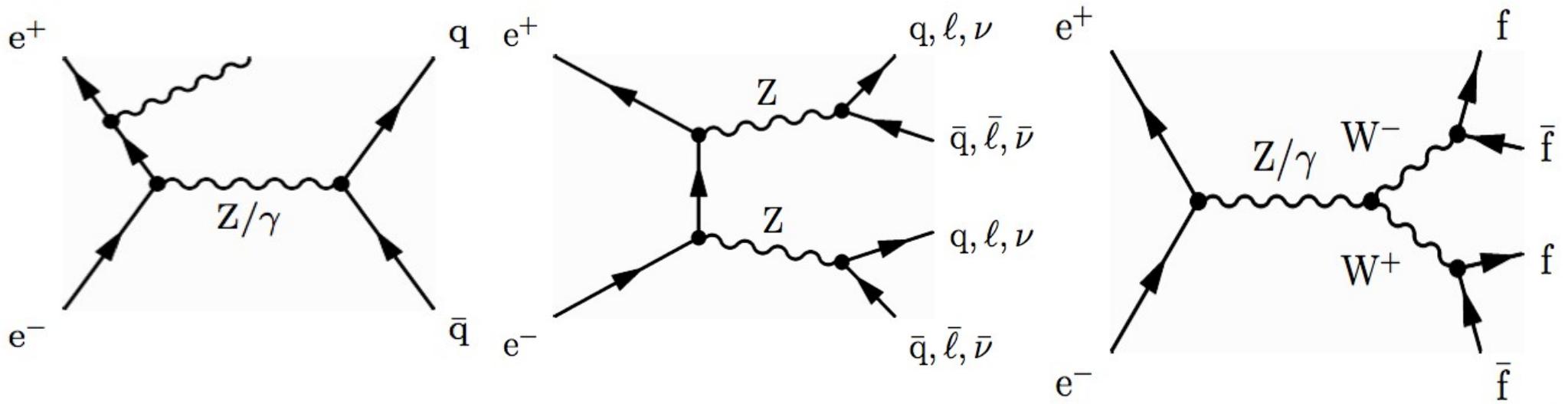
1.  $q \bar{q} q \bar{q}$  , Leptonici: analisi basata su tagli (variabili generalmente diverse da quelle di preselezione)
2.  $q \bar{q} \nu \bar{\nu}$  : analisi basata su reti neurali e sui tagli

## 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:

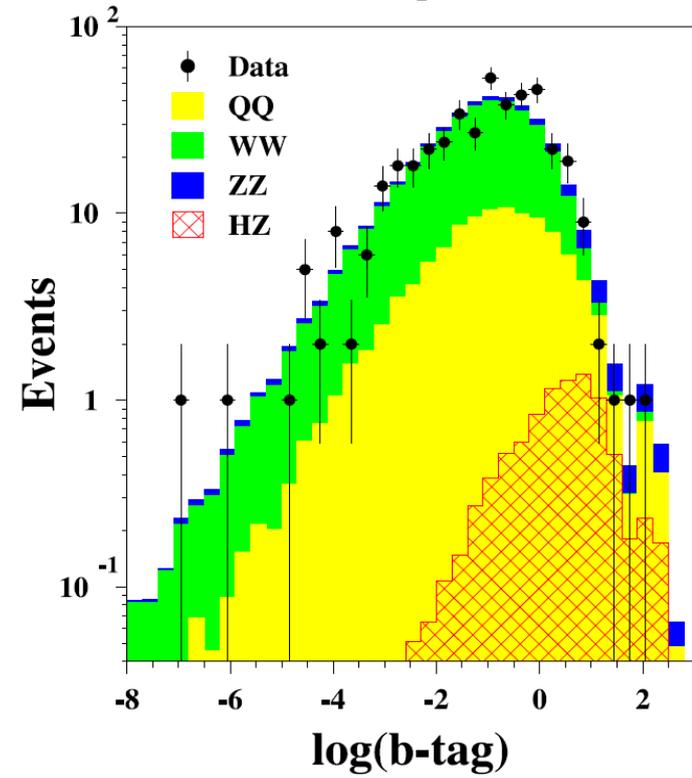
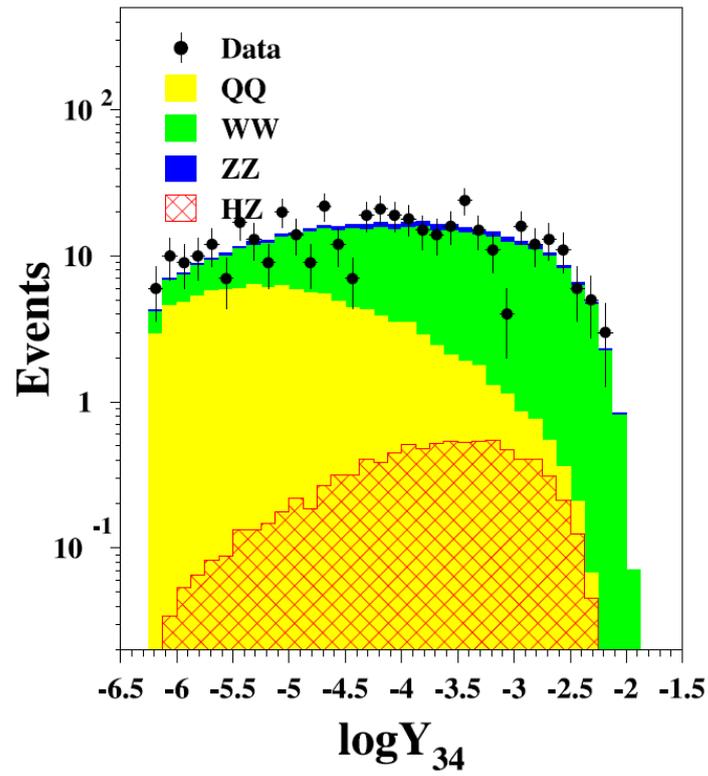
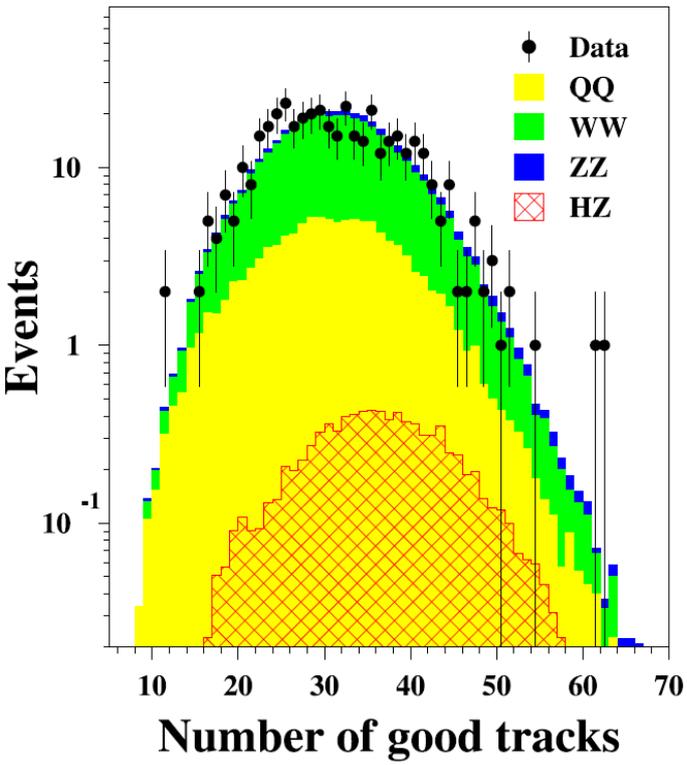


$$HZ \rightarrow b \bar{b} q \bar{q}$$

## 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.

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

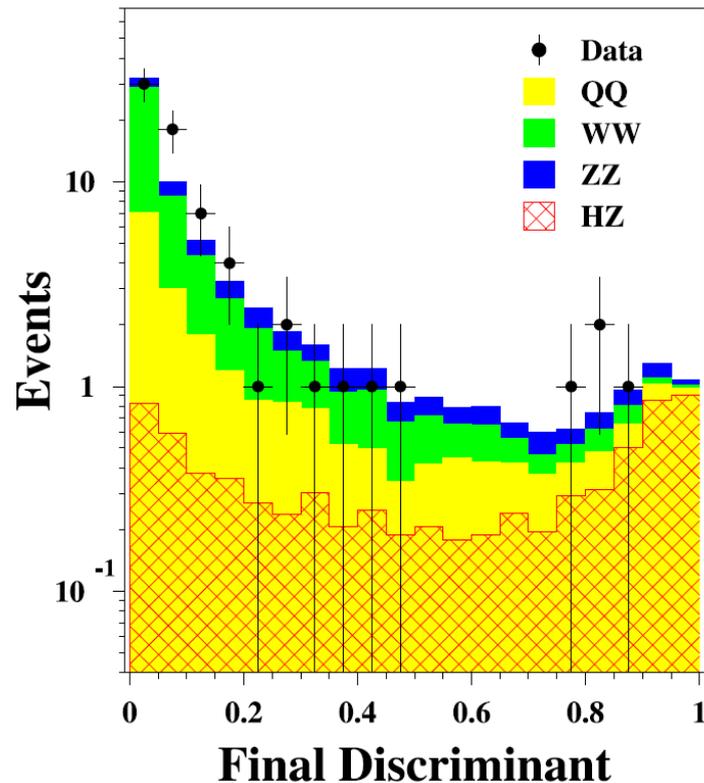


$$HZ \rightarrow b \bar{b} q \bar{q}$$

## 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.

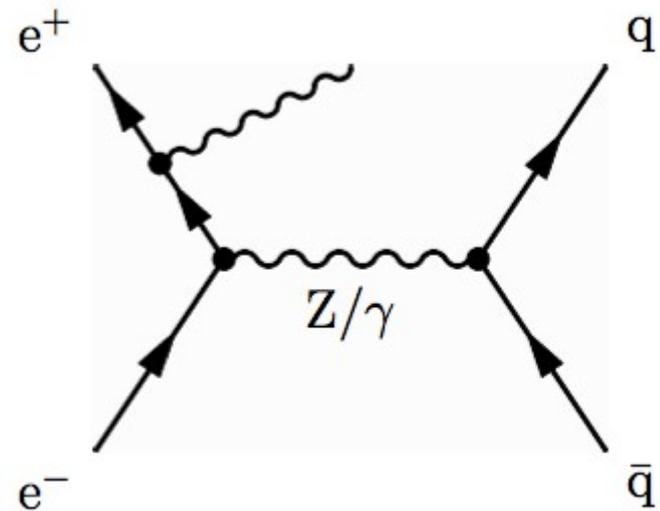
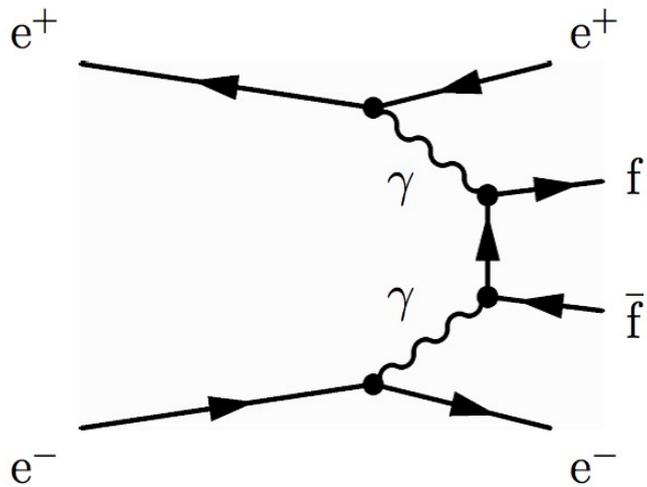
Ipotesi di massa di 110 Gev



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

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

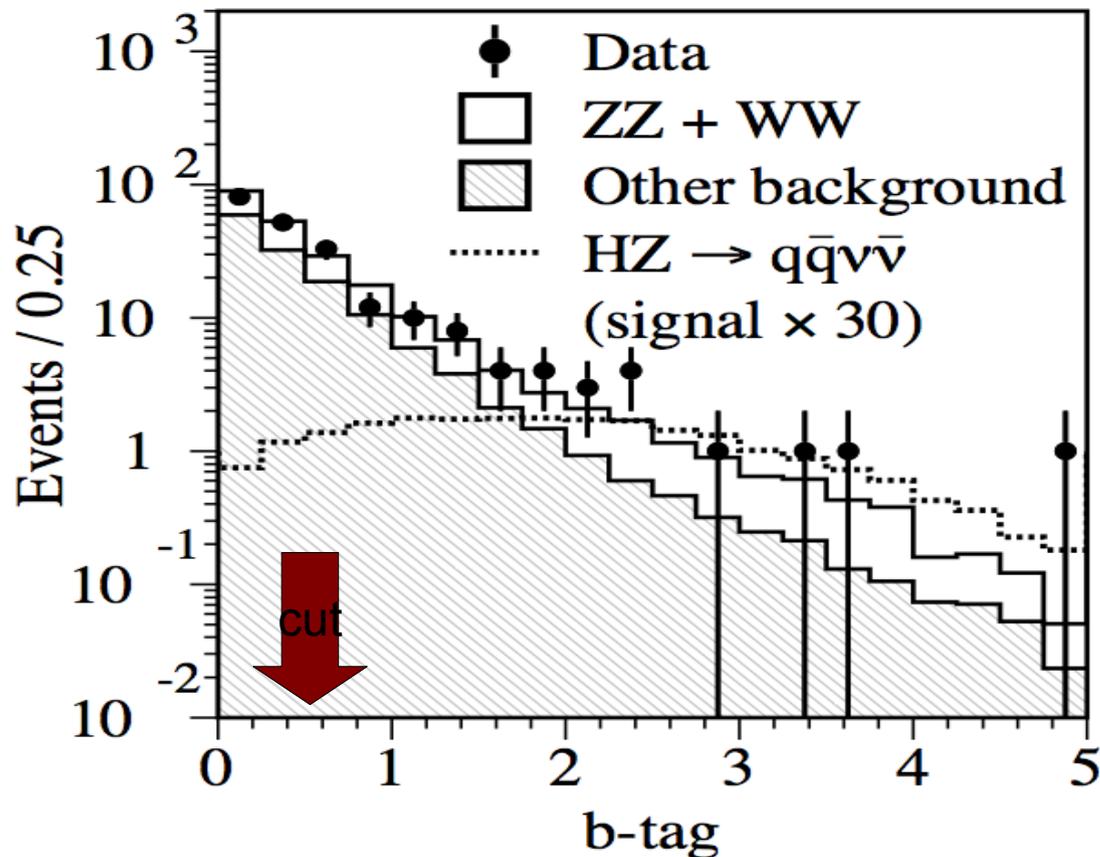


$$HZ \rightarrow b \bar{b} \nu \bar{\nu}$$

## Selezione

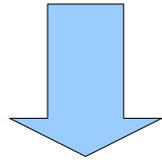
Eventi da  $e^+ e^- \rightarrow q \bar{q} (\gamma)$  sono soppressi richiedendo che l'energia persa longitudinale sia inferiore a  $0.6\sqrt{s}$  e che il vettore momento mancante sia almeno  $16^\circ$  lontano dall'asse del fascio.

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

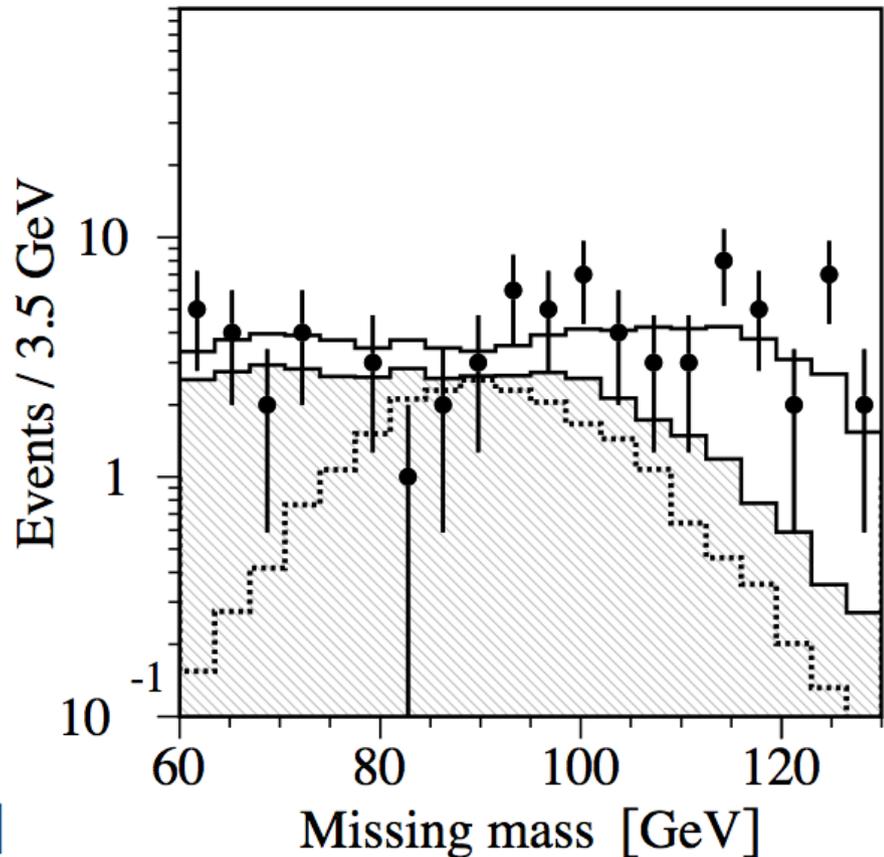
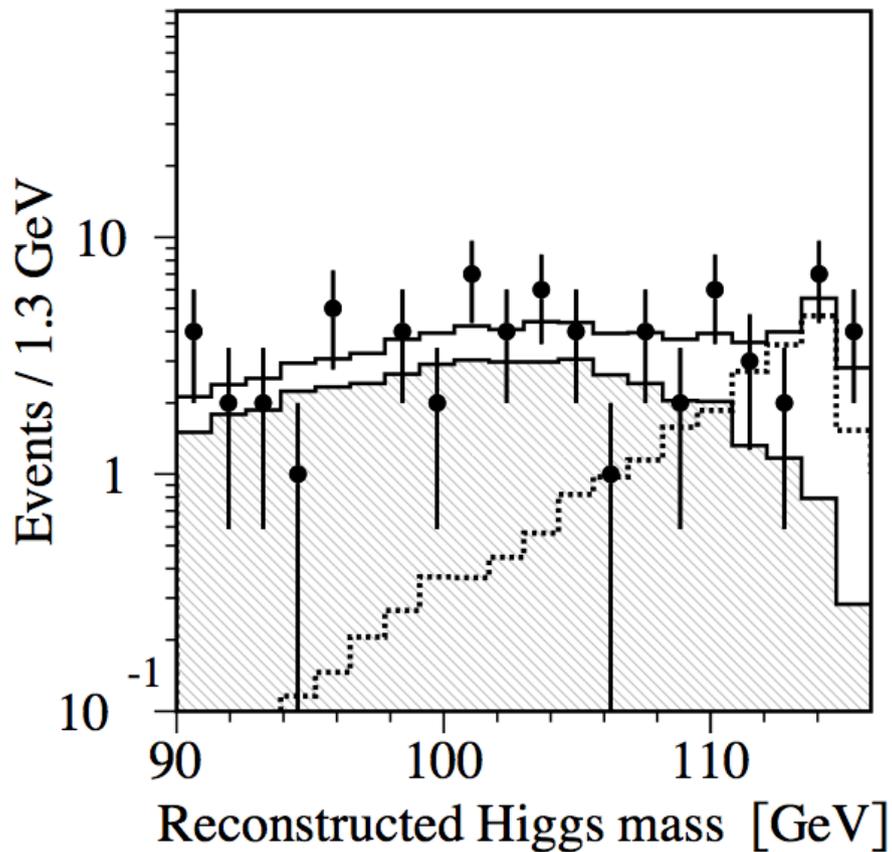


$$HZ \rightarrow b \bar{b} \nu \bar{\nu}$$

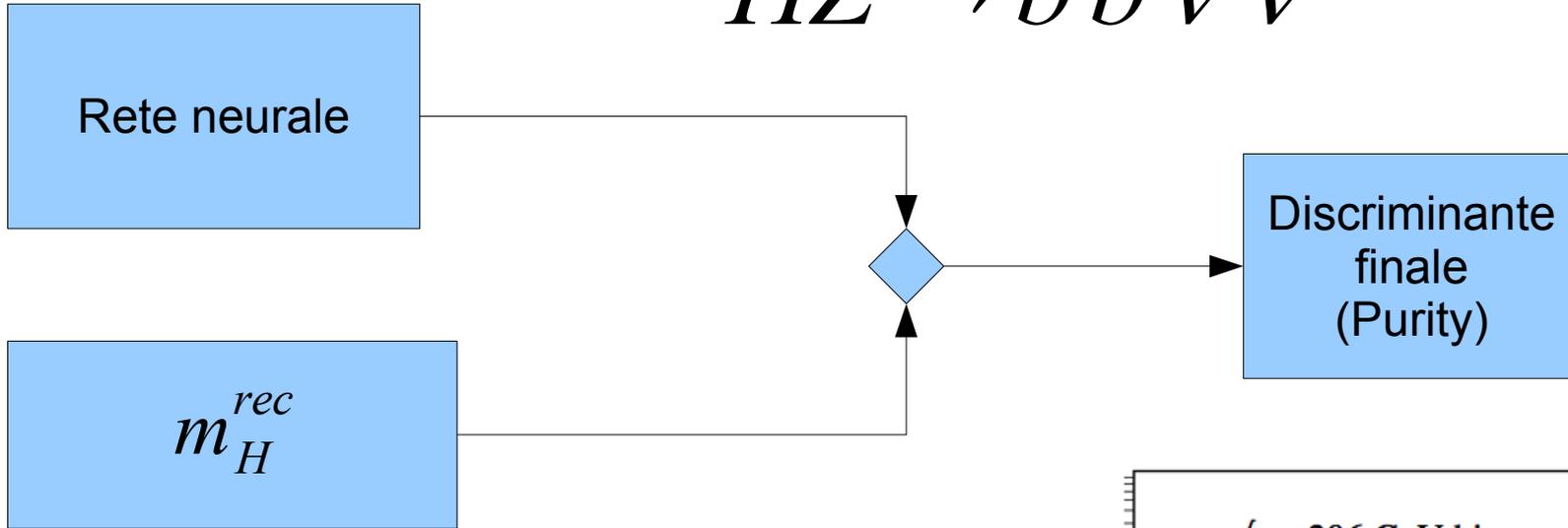
Sui due jet si impone un fit cinematico che impone la conservazione del quadrimomento e che richiede la consistenza della massa mancante con  $M_Z$



Calcolo della massa ricostruita del bosone di Higgs dai due jet



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



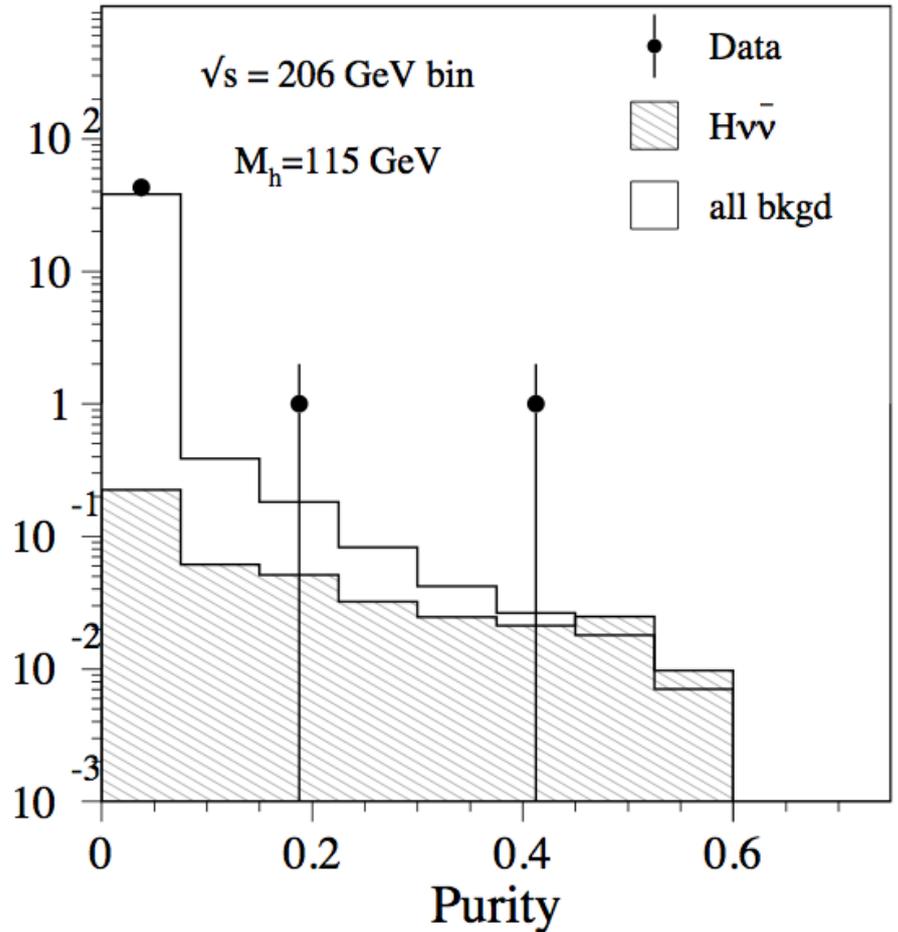
## Discriminante finale

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

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

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

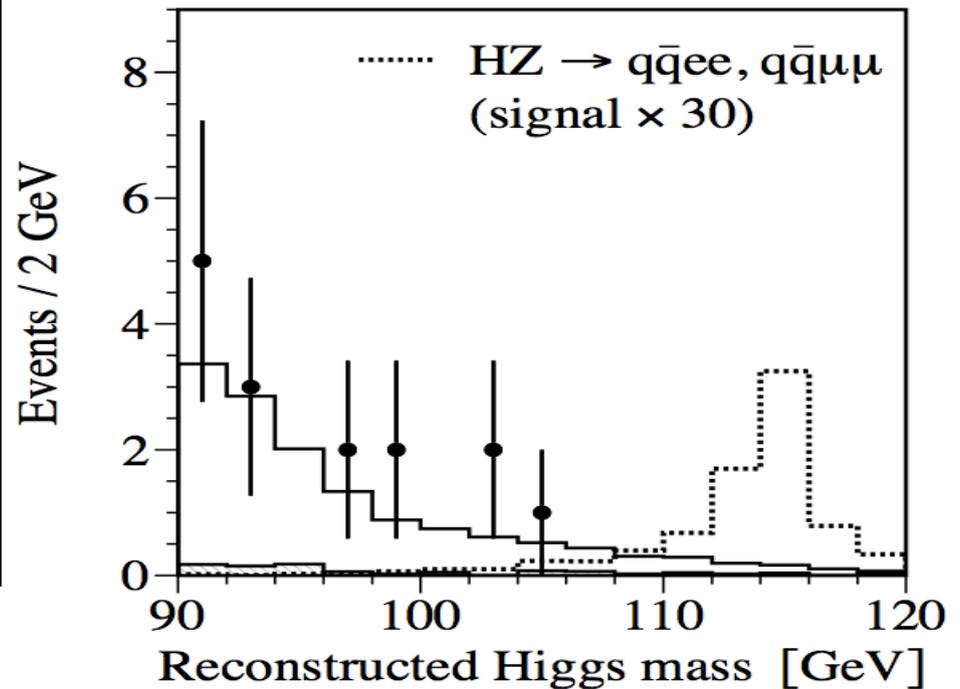
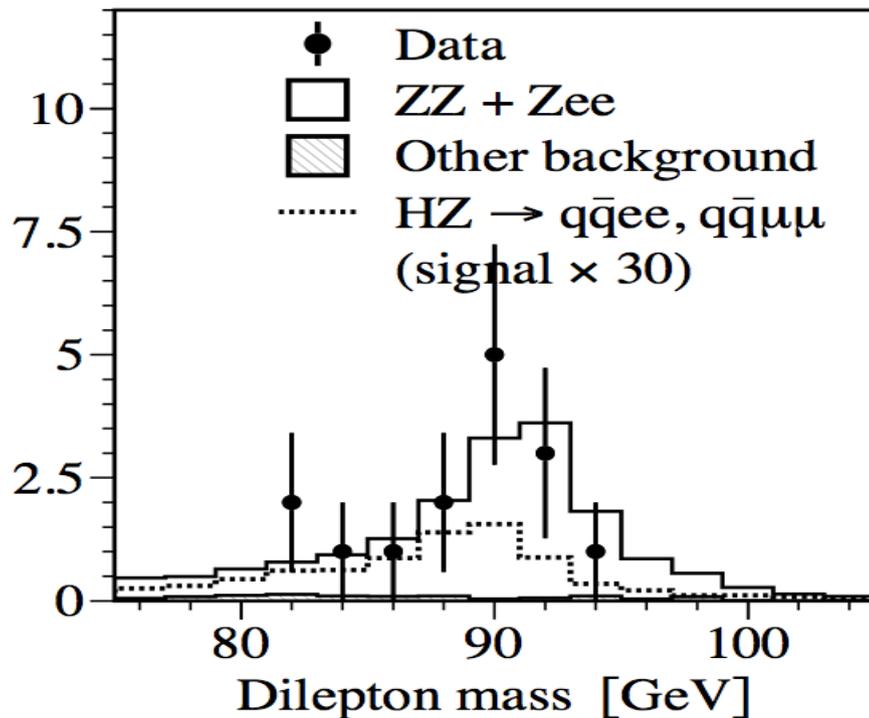
$$P_{b_i} = P_{q\bar{q}_i} + P_{WW_i} + P_{ZZ_i} + etc.$$



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

## 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.

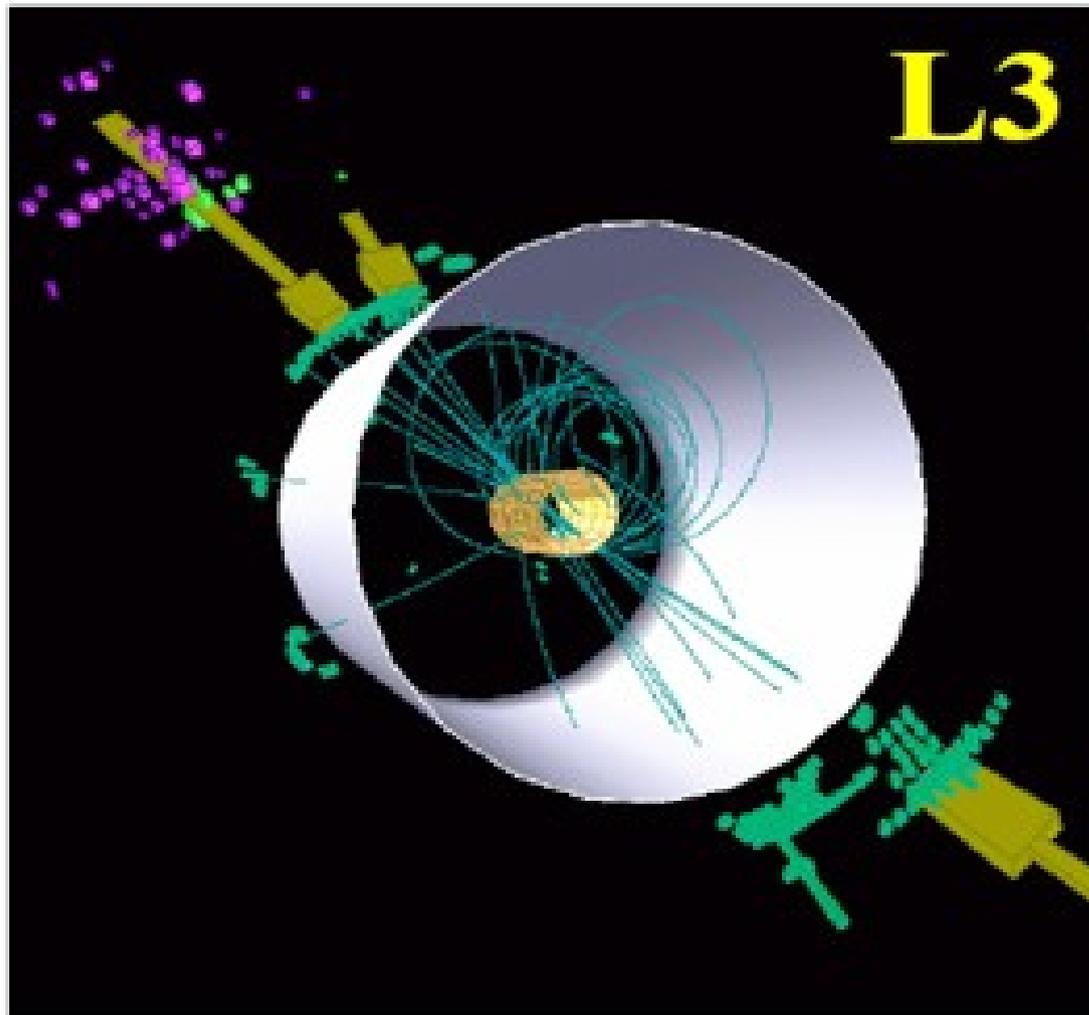


## Discriminante finale

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

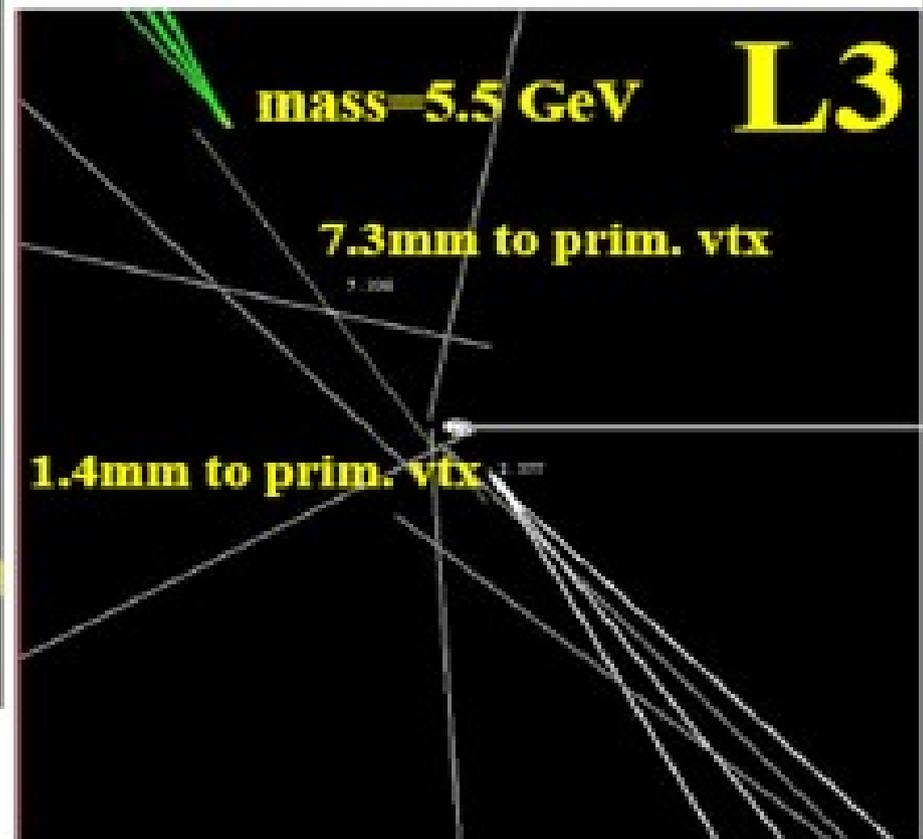
# Candidato più significativo

most significant  $H\nu\nu$  candidate



measured  $H$  mass = 114 GeV  
 $H$  mass resolution  $\sim 3$  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

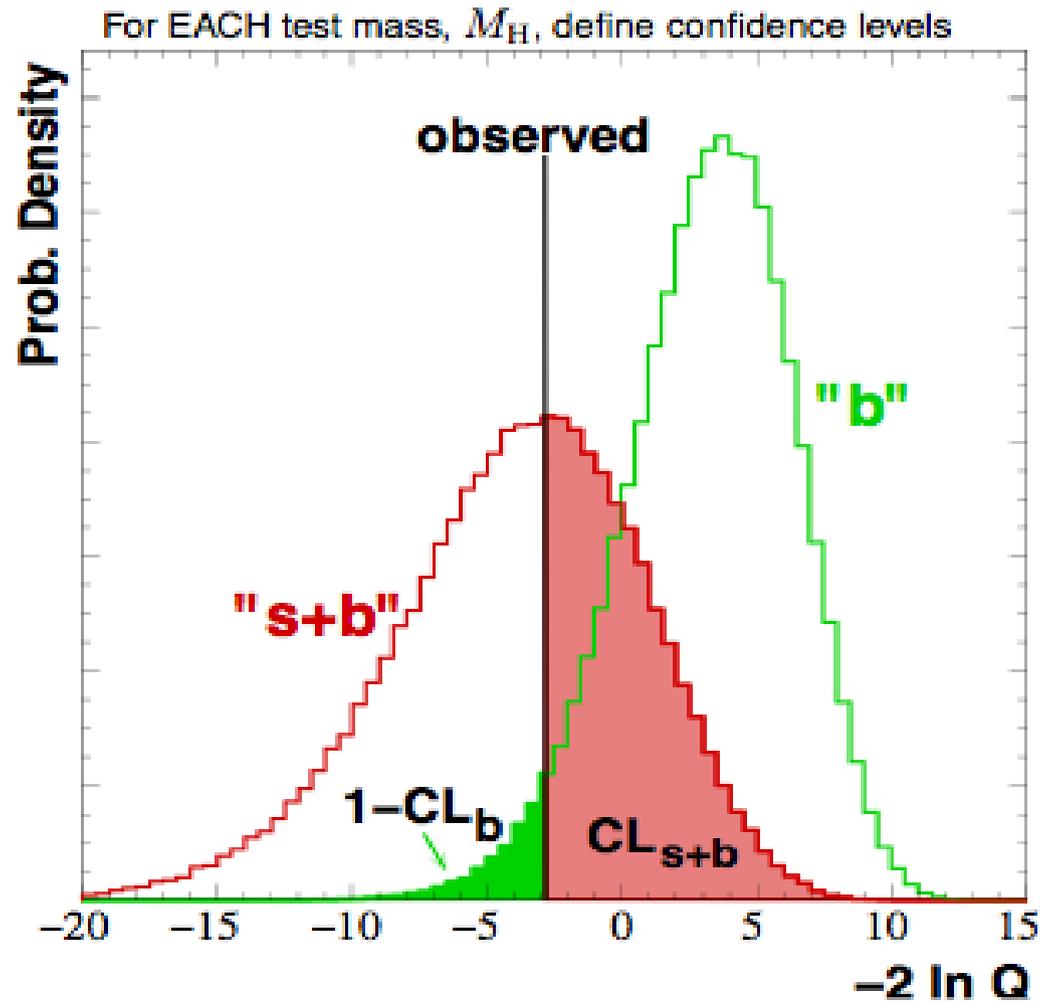
$$-2 \ln Q = 2 \left( S - \sum_{i=1}^N n_i \ln \left( 1 + \frac{S_i}{b_i} \right) \right)$$

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

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

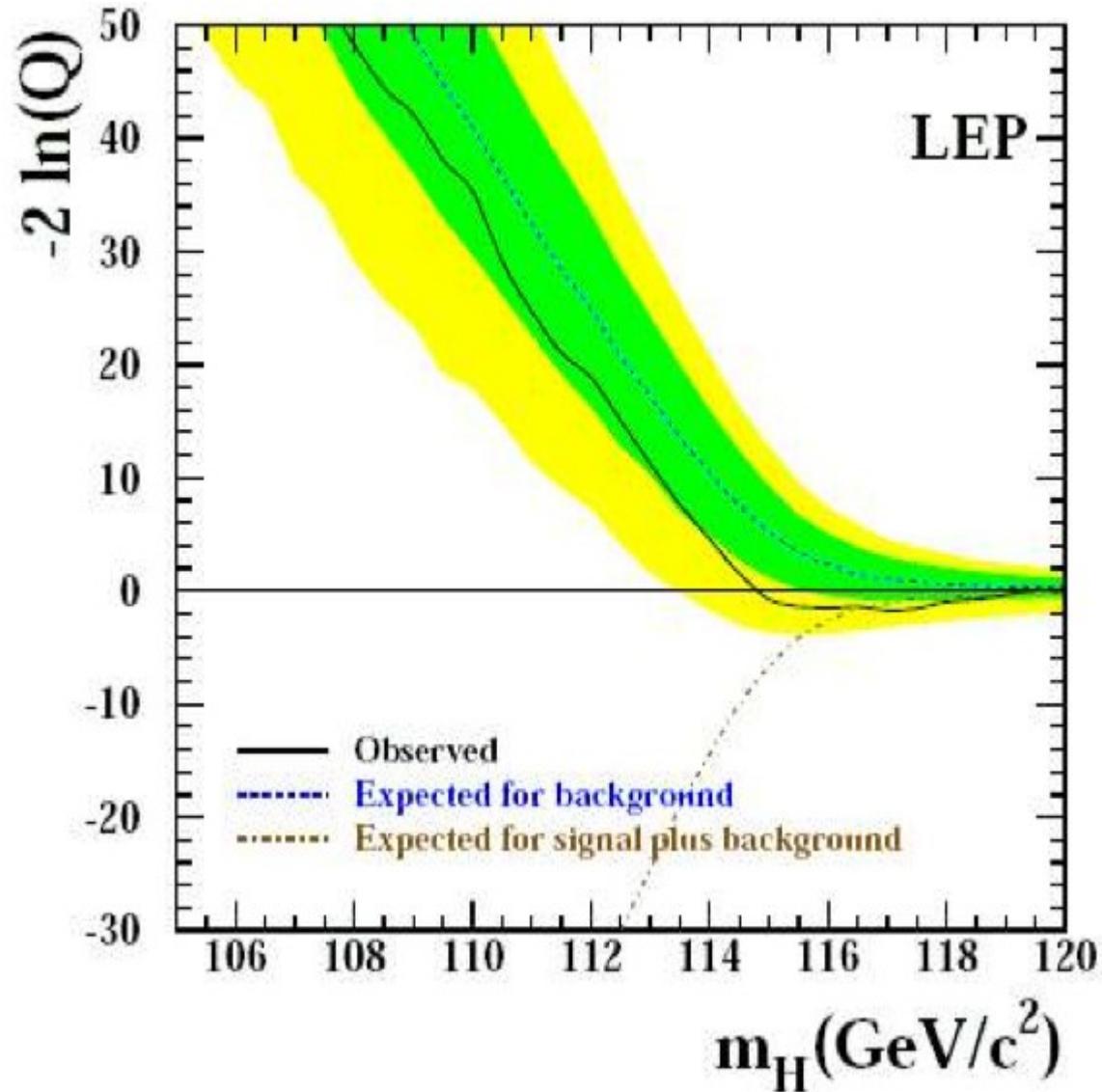
# Analisi Statistica

## Livelli di confidenza

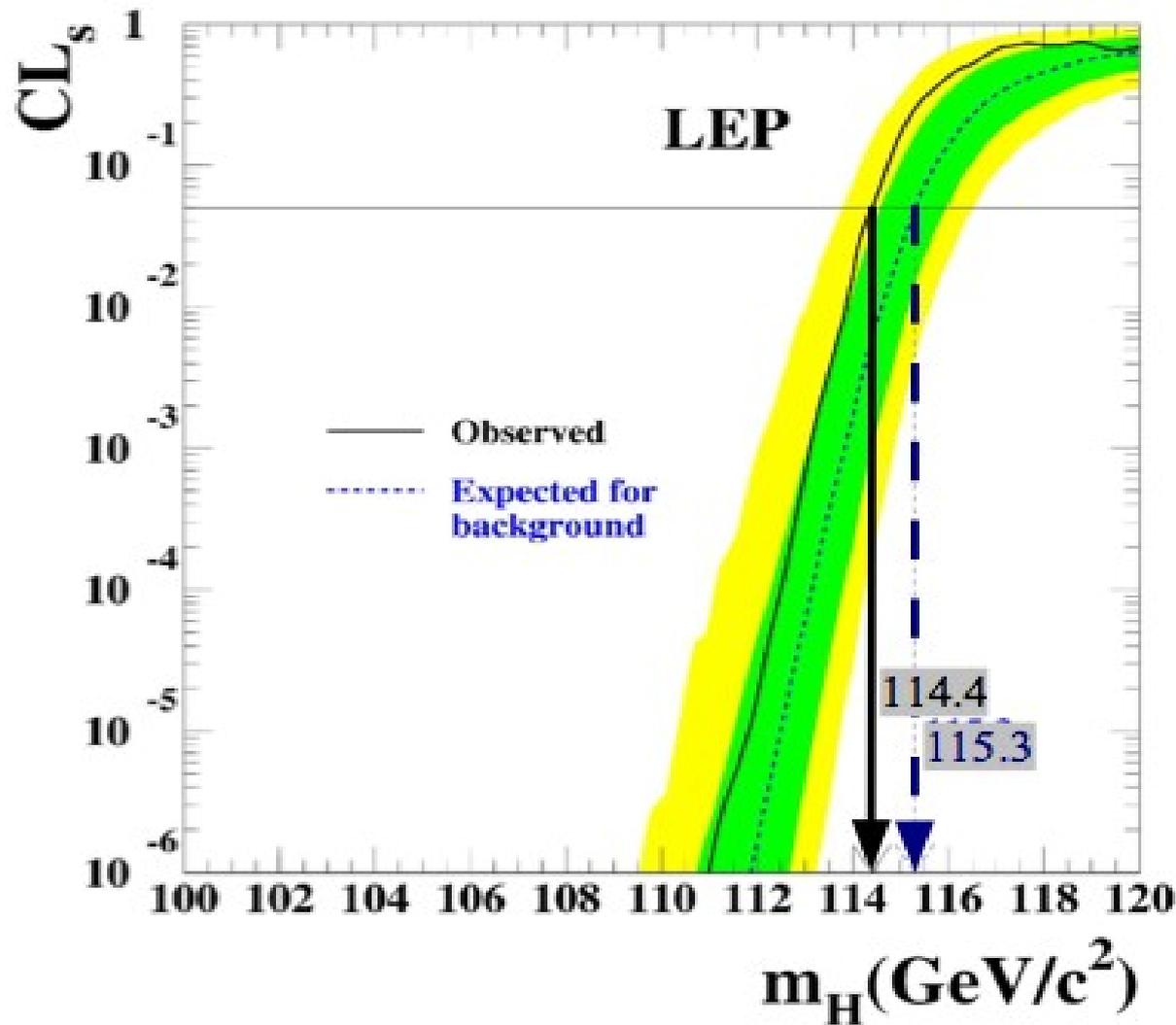


# Analisi Statistica

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  $202 \text{ GeV}$ .  
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