

Risultati recenti della fisica al LEP

Andrea Venturi
INFN Pisa

Introduzione

- Run di LEP finito da tre anni
 - Quasi tutti dei fisici che fanno analisi a LEP hanno un “doppio lavoro”
- “Nuovi” risultati di Fisica:
 - ~ 110 contributi LEP alle conferenze del 2003 e nuovi articoli
 - contributo italiano ben visibile
 - inclusi i "cervelli in fuga"
- Occorre organizzare la chiusura
 - Archiviazione dati e software
 - Utilizzo dati nel futuro

Non e` possibile
presentare
tutti i risultati !!

Analisi di Fisica a LEP

LEP 1 (se manodopera disponibile)

- nuove tecniche per "vecchie" misure
 - HF (EW)
 - τ
- nuove misure (per chi ha studenti)
- QCD non perturbativa
 - studio di modelli con alta statistica

Combinazioni: LEPWG

- EW
- QCD
- Higgs
- SUSY
- Exotica

- Discussioni comuni sui sistematici fra i "superstiti"
- Richiederanno ancora impegno

Tutta la statistica già analizzata !

LEP 2

SM

- produzione 2f e 4f
 - sezioni d'urto
 - massa W
 - accoppiamenti di gauge

Finire studio sistematici

Ricerca nuova fisica

- Higgs
- SUSY
- "Exotica"
- ...

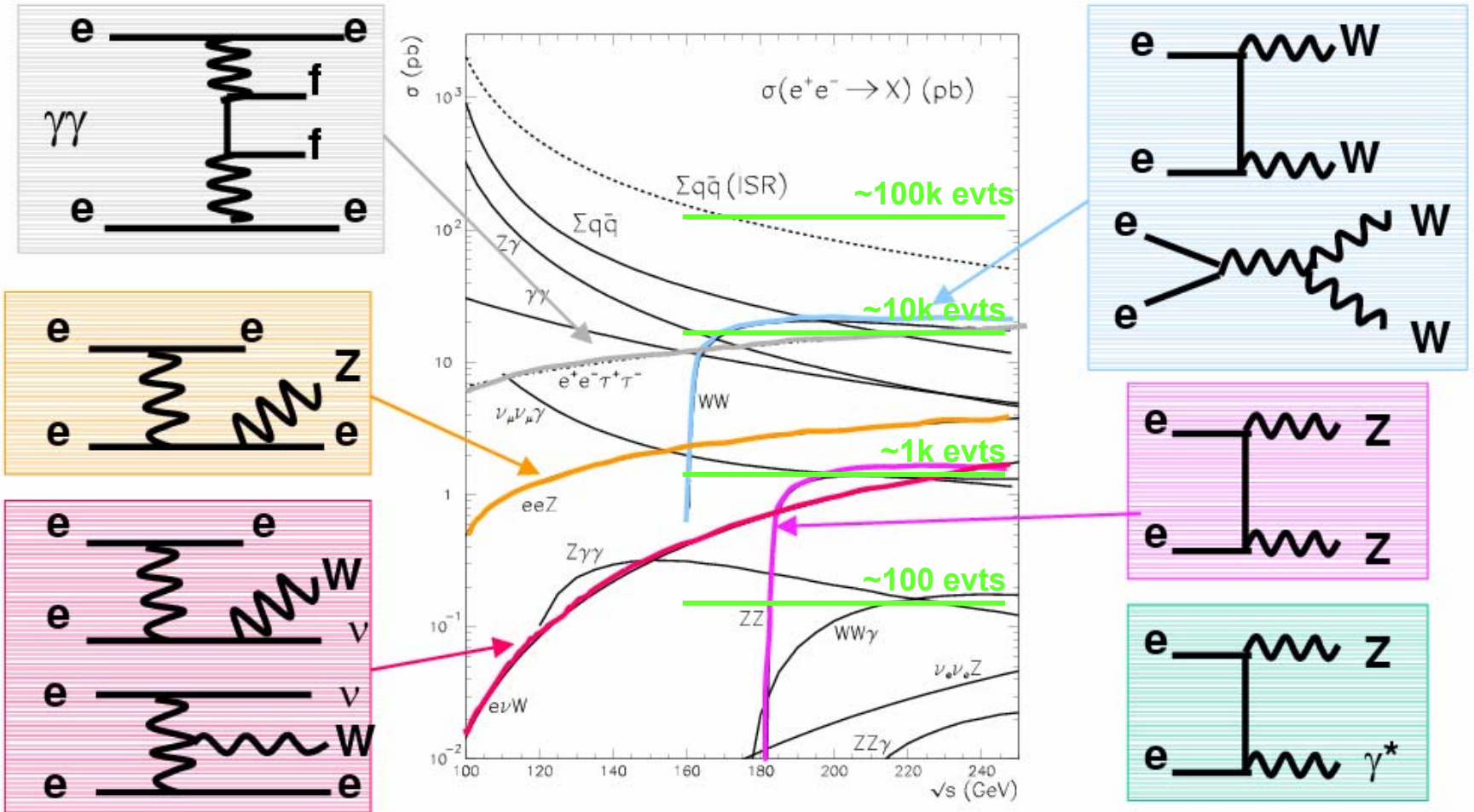
- Pubblicazione risultati
- Modelli estesi o nuovi
- Estensione validità analisi
 - manodopera

QCD

- α_s
- fenomeni non perturbativi
- **fisica due fotoni**

- manodopera
- interazione con teorici

Processi standard a LEP2: 2f e 4f



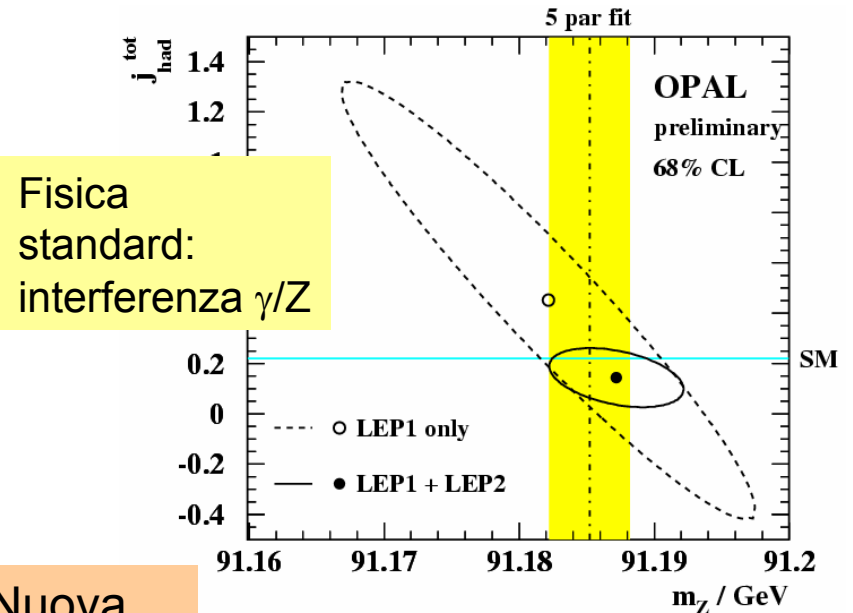
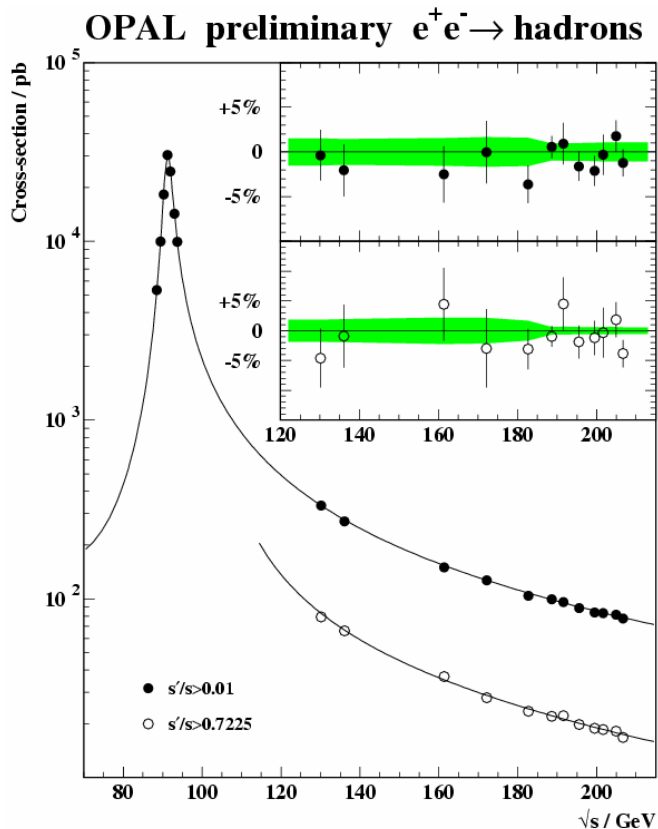
Arrivano i risultati finali:

- analisi ottimizzate
- sistematici rivisitati

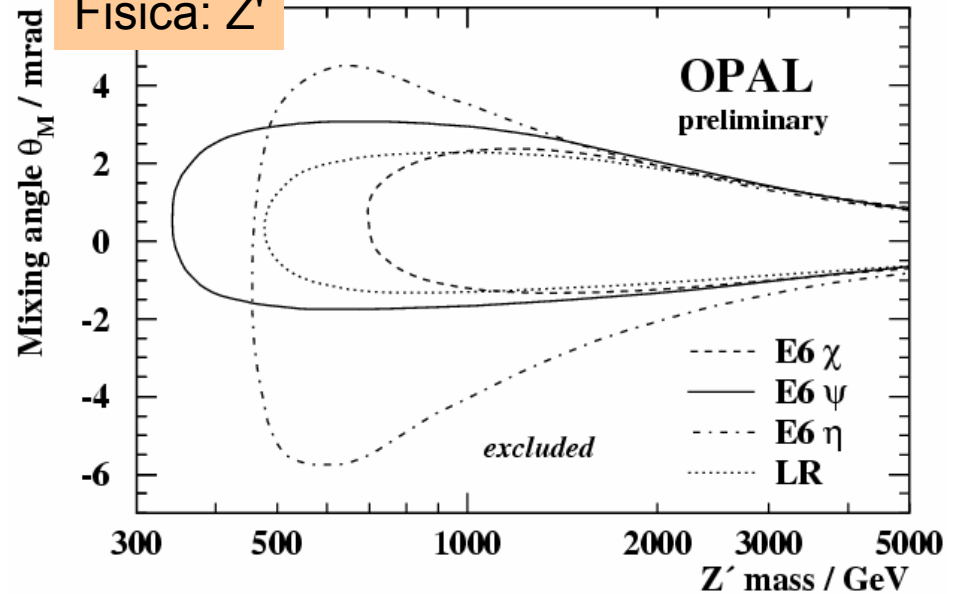
Tempi previsti dipendono da precisione:
 \Rightarrow da $\sim 5\%$ (sez d'urto) a $\sim 10^{-4}$ (massa W)

Produzione 2f

- Sezioni d'urto e asimmetrie
 - **nuovo risultato OPAL**
 - attesa altri risultati finali
 - prevista combinazione LEP
 - limiti su nuova fisica: Z' , contact terms,...



Nuova Fisica: Z'



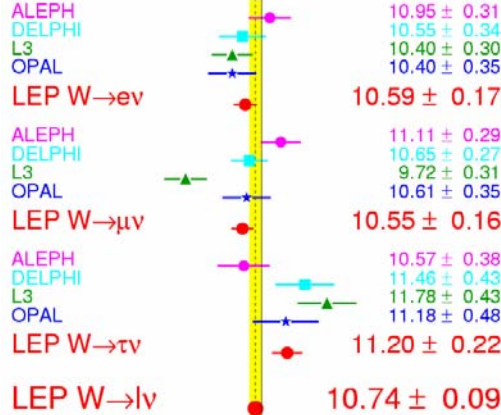
Produzione WW

11/07/2003

Summer 2003 - Preliminary - [161-207] GeV

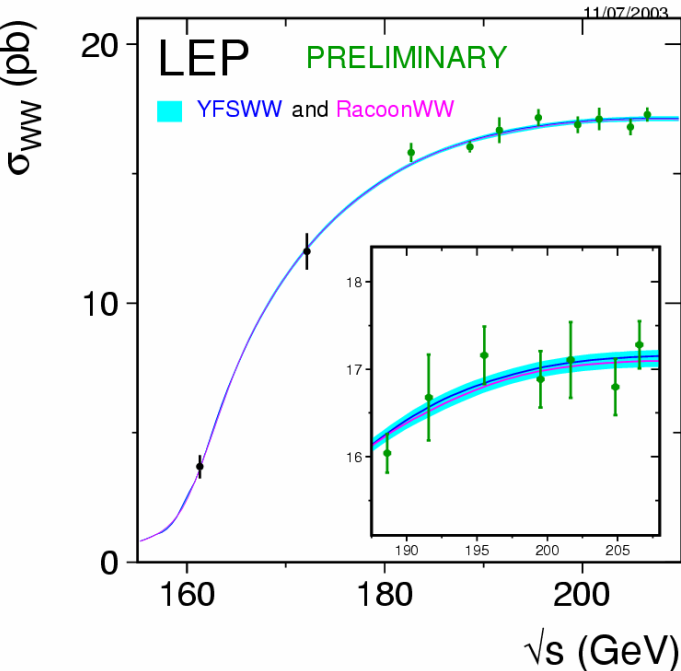
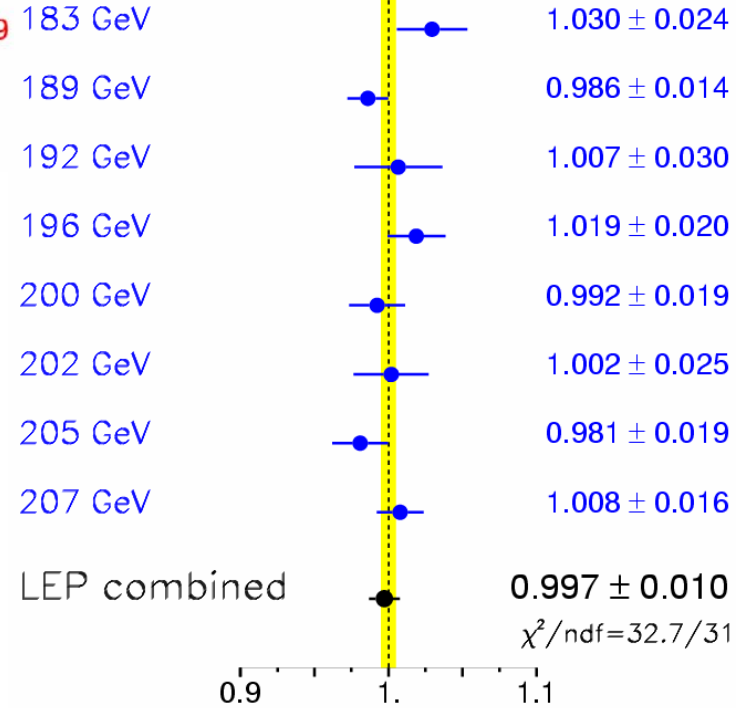
- Risultati ~finali:
 - DELPHI
 - ALEPH, L3 (non ancora combinati)

W Leptonic Branching Ratios



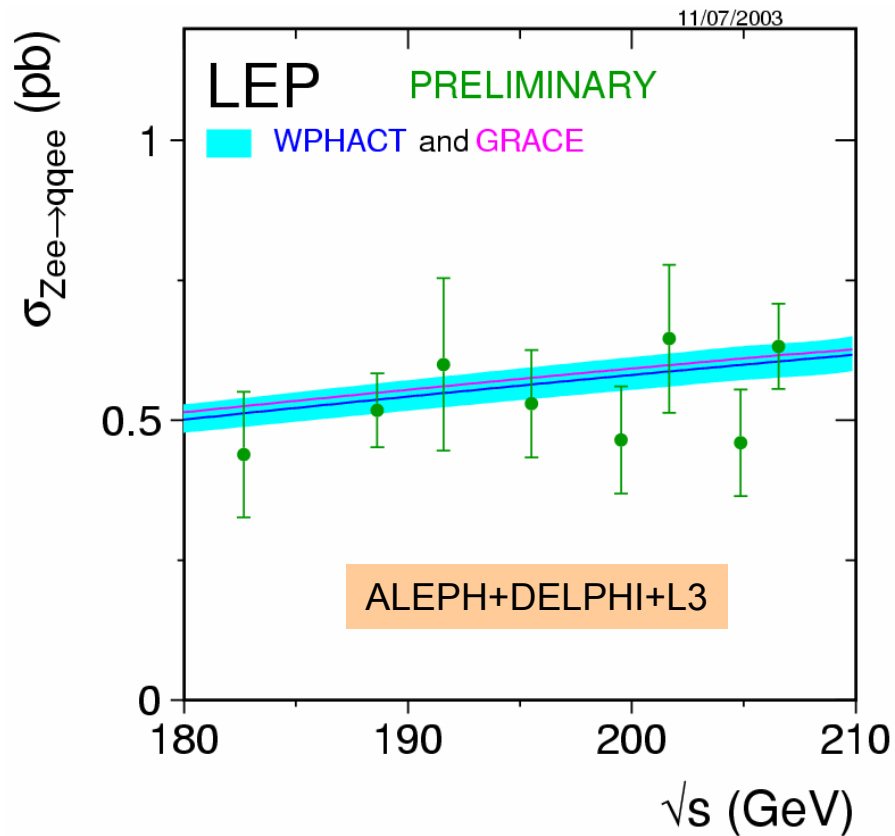
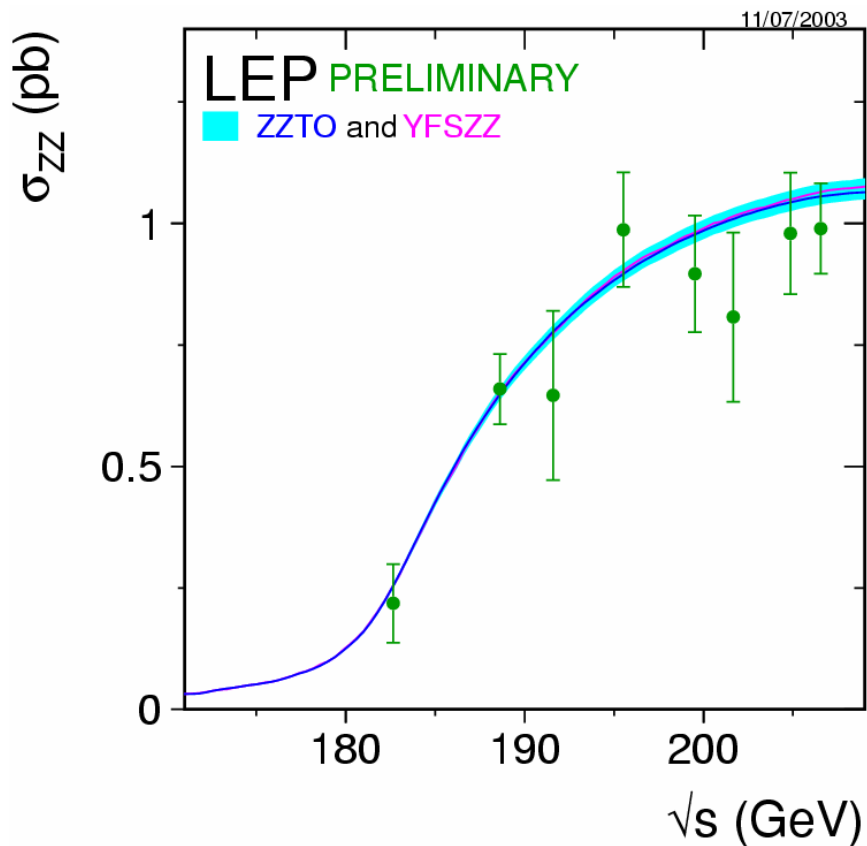
Measured σ^{WW} / Y_{FSWW}

PRELIMINARY
08/07/2003



Precisione: ~1%
Necessario calcolo $O(\alpha)$
(sez. d'urto ~2% piu' bassa)

Produzione ZZ e Zee



- Risultati **~finali**:
 - DELPHI, L3, OPAL
 - sensibilita` : ~5%

- **Nuovo risultato**:
 - ALEPH
 - sensibilita` : ~7%

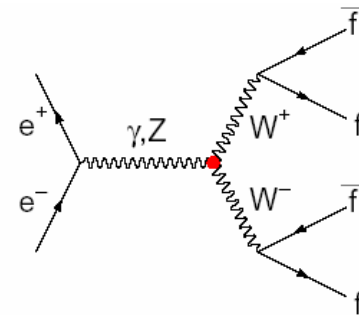
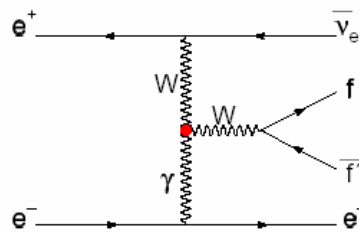
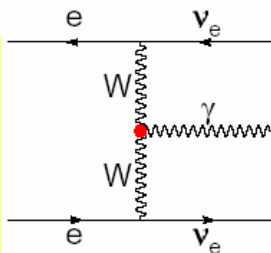
Accoppiamenti di gauge anomali

- TGC carichi: $WW\gamma$ WWZ

- eventi WW , $We\nu$, $\gamma\nu\nu$

- **risultati aggiornati:**

- **ALEPH, OPAL,**
- **L3 (nuovo 4q)**



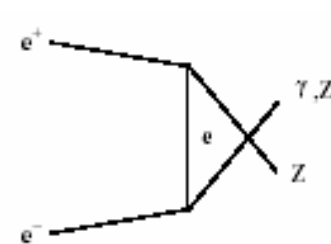
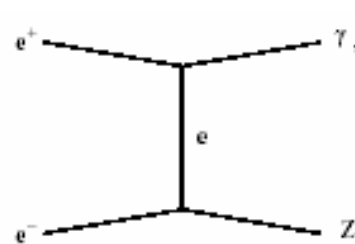
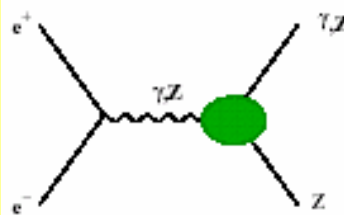
- TGC neutri: $ZZ\gamma$, ZZZ , $Z\gamma\gamma$

- no SM

- eventi ZZ e $Z\gamma$

- **risultati aggiornati (ZZ):**

- **L3, OPAL**



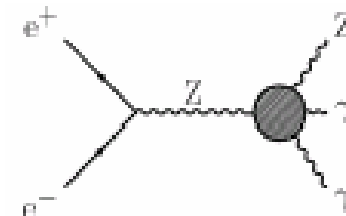
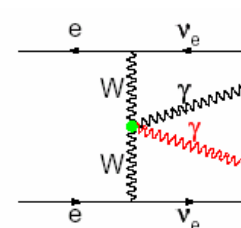
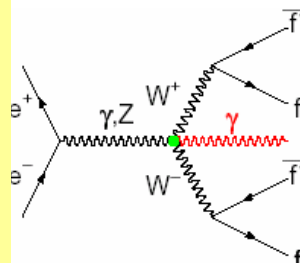
- QGC: $WW\gamma\gamma$, $WWZ\gamma$ $ZZ\gamma\gamma$

- neutri no SM

- eventi $WW\gamma$, $\gamma\nu\nu$, $Z\gamma\gamma$

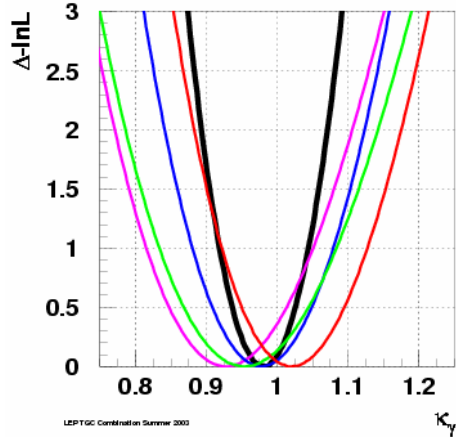
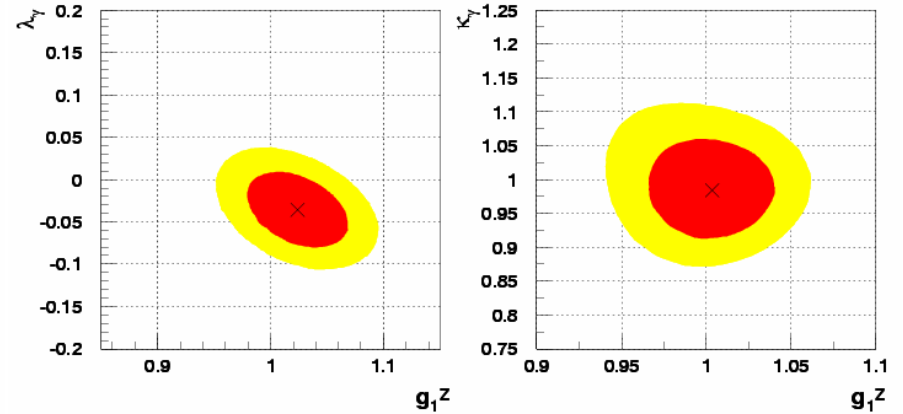
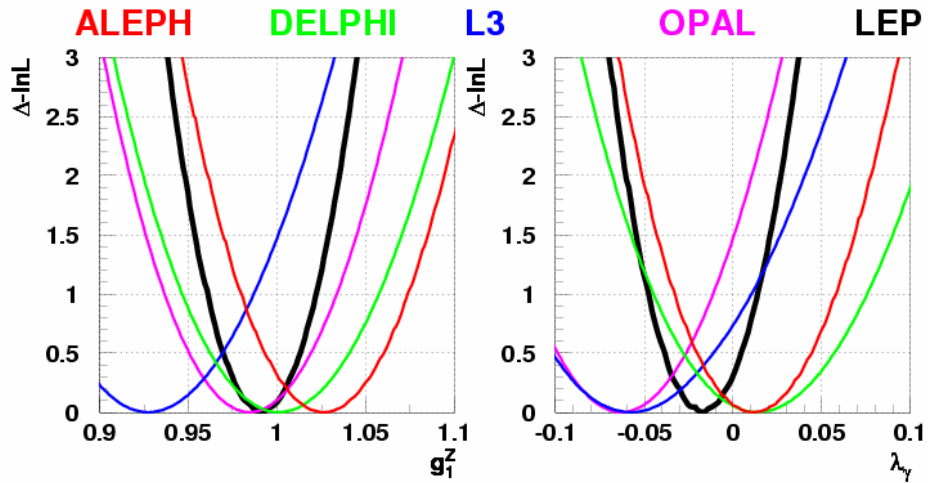
- **risultati aggiornati**

- **DELPHI, OPAL ($WW\gamma$)**
- **ALEPH ($\nu\nu\gamma\gamma$)**



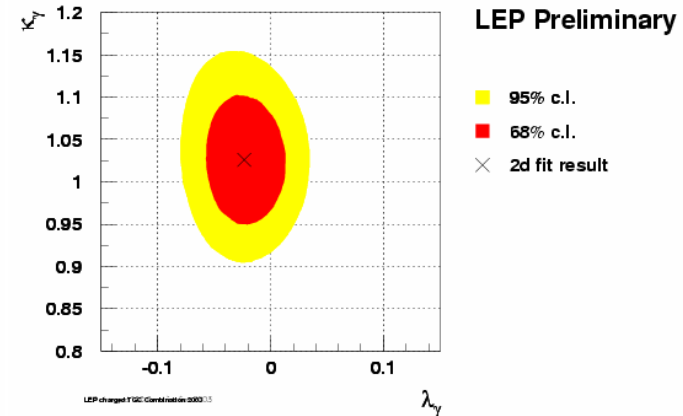
Sezioni d'urto e cinematica

Risultati cTGC



LEP preliminary

$$\begin{aligned} \kappa_\gamma &= 0.984^{+0.042}_{-0.047} \\ \lambda_\gamma &= -0.016^{+0.021}_{-0.023} \\ g_1^Z &= 0.991^{+0.022}_{-0.021} \end{aligned}$$



- sistematico correzione $O(\alpha)$: $\sim 1-2\%$

- C, P, SU(2)xU(1) : 3 accoppiamenti
- esistono analisi dei 14 accoppiamenti:
 - matrice di densita` di spin (D,L,O)
 - misura diretta (A)

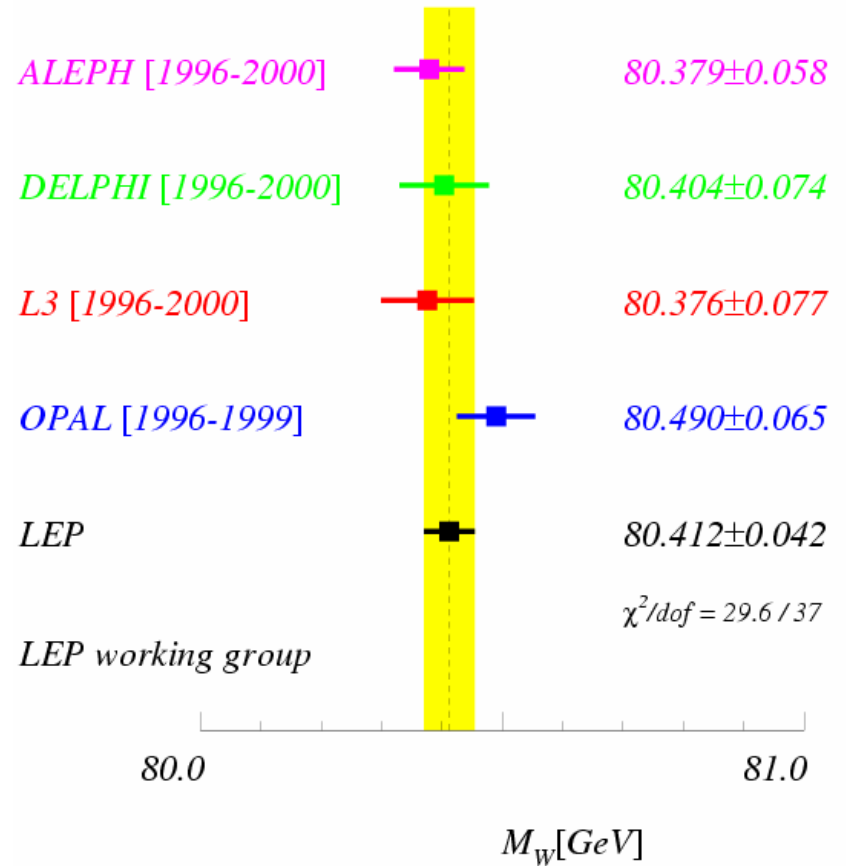
Massa Bosone W: lavori in corso

- Inverno 2003:
 - **Nuovo risultato preliminare di ALEPH**
 - cambio ricostruzione per instabilità e discrepanze simulazione calorimetri
 - Risultato LEP (no OPAL 2000)
- $M_W = 80.412 \pm 0.029(\text{stat}) \pm 0.031(\text{sist}) \text{ GeV}$
 $\Gamma_W = 2.150 \pm 0.068(\text{stat}) \pm 0.060(\text{sist}) \text{ GeV}$

- **Sistematiche principali**
 - Interazioni stato finale (FSI) canale adronico: $\sim 90(\text{CR}) + 35(\text{BE}) \text{ MeV}$
 - gli eventi 4q contribuiscono 9%
 - adronizzazione: 18 MeV
 - calibrazione energia LEP: 17 MeV

- **Argomenti caldi:**
 - sistematica interazioni stato finale (FSI): come ridurla
 - simulazione ricostruzione jets
 - misura massa Z in eventi radiativi

Winter 2003 - LEP Preliminary

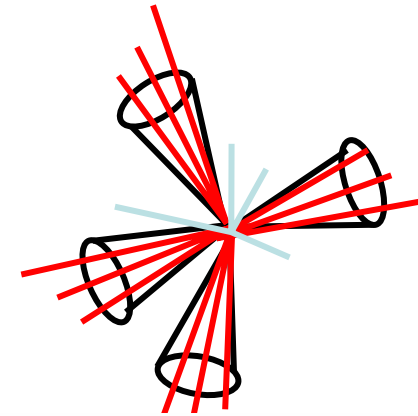


Interazioni stato finale (FSI) in eventi WW→4q

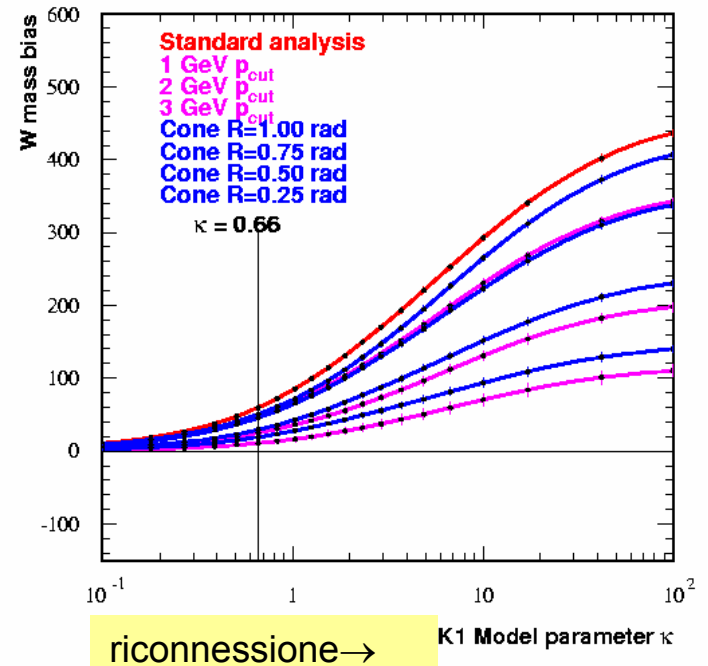
- Interazioni fra decadimenti adronici W:
 - Riconnessione di Colore fra i W
 - Correlazione di Bose-Einstein
- Non e` determinato il W di origine
 - distorsione distribuzione massa W
 - non inclusi nei MC utilizzati

- Stato attuale (stima con modelli) :
 - BE: ~35 MeV
 - CR: ~90 MeV
 - modelli non esclusi da misure di "particle flow" con eventi WW

- Prospettive:
 - massa W escludendo particelle di basso impulso e/o lontane dai jets
 - ⇒ Estimatore meno sensibile a FSI
 - ⇒ Una variazione della misura evidenzia fenomeni di FSI
 - Studio CR in eventi 3 jets alla Z

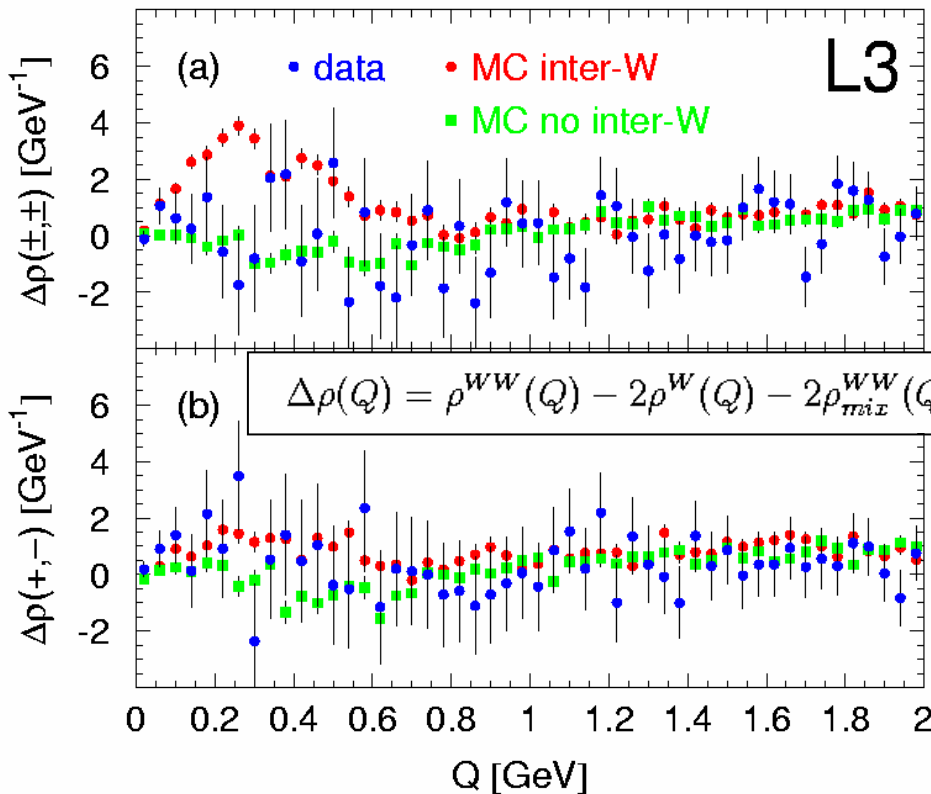
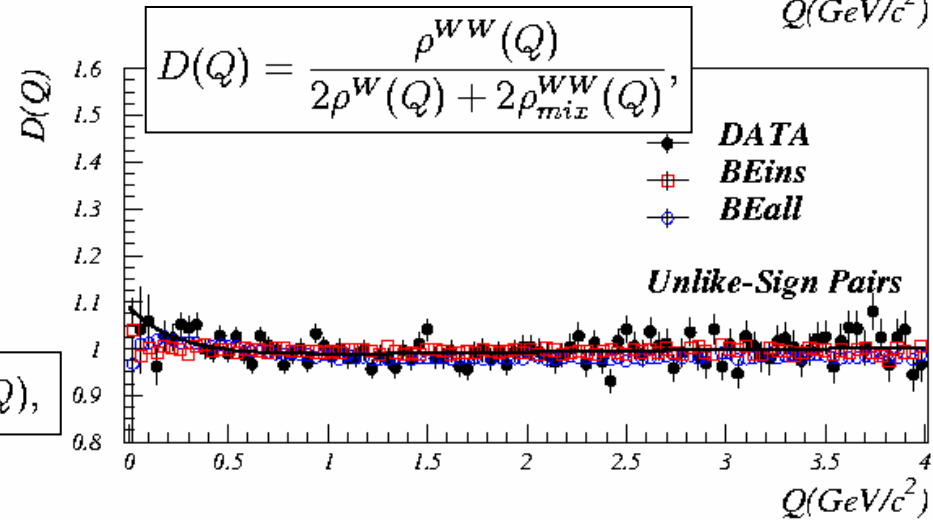
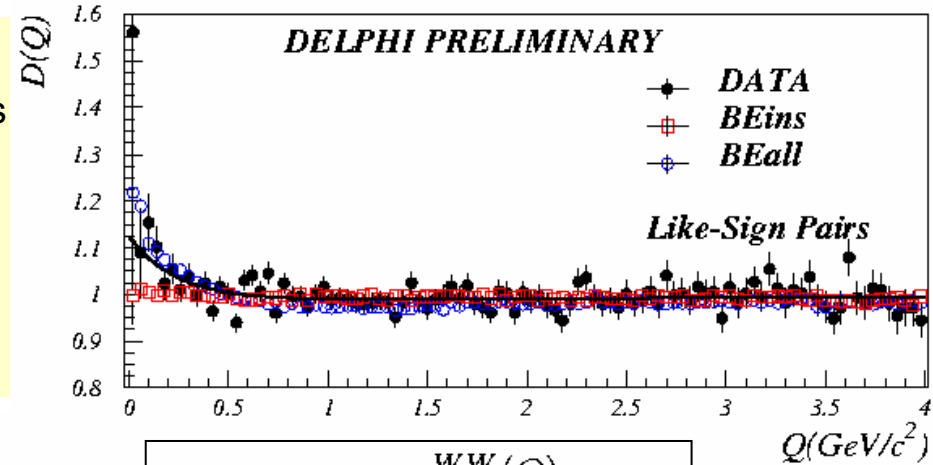


DELPHI preliminary SK1 curves



Correlazione BE in eventi WW

- Correlazione BE fra pioni di W differenti
 - correlazione di coppie di pioni in eventi 4q vs due eventi lvqq mescolati
 - L3, ALEPH e OPAL: nessuna evidenza
 - DELPHI ha evidenza di correlazione di BE
 - (in)compatibilita` sotto esame



Risultati ~finali da tutti gli esperimenti
 ⇒ confronto e combinazione in corso

HF/EW a LEP1: Nuove misure di $A_{FB}^{0,b\bar{b}}$

- DELPHI:** A_{FB}^b con lifetime tag e NN charge tag

- $A_{FB}^b = 0.0978 \pm 0.0030 \pm 0.0014$

- OPAL:** A_{FB}^b e A_{FB}^c con leptoni

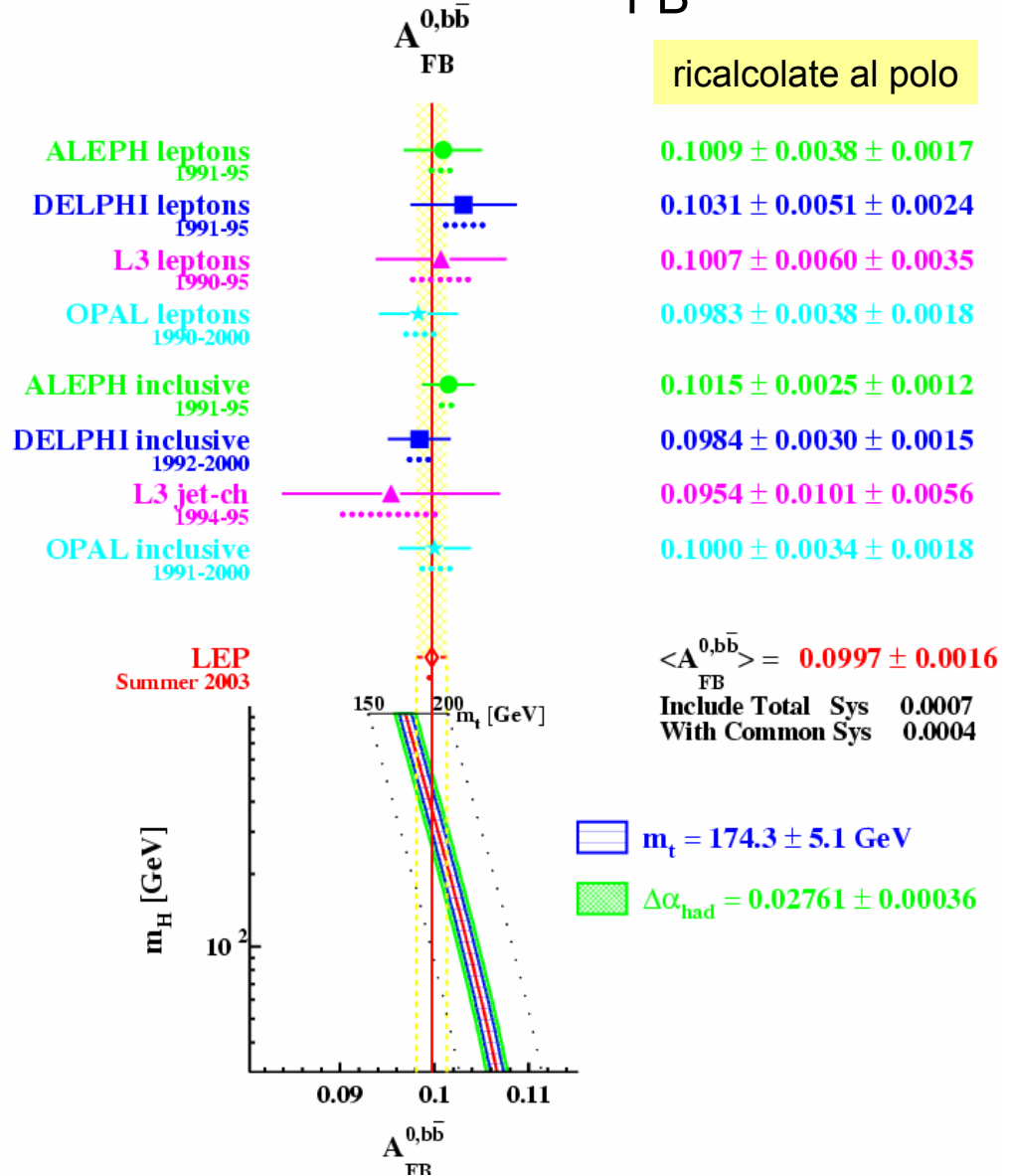
- $A_{FB}^b = 0.0981 \pm 0.0040 \pm 0.0015$

- $A_{FB}^c = 0.0629 \pm 0.0052 \pm 0.0038$

Input fit EW

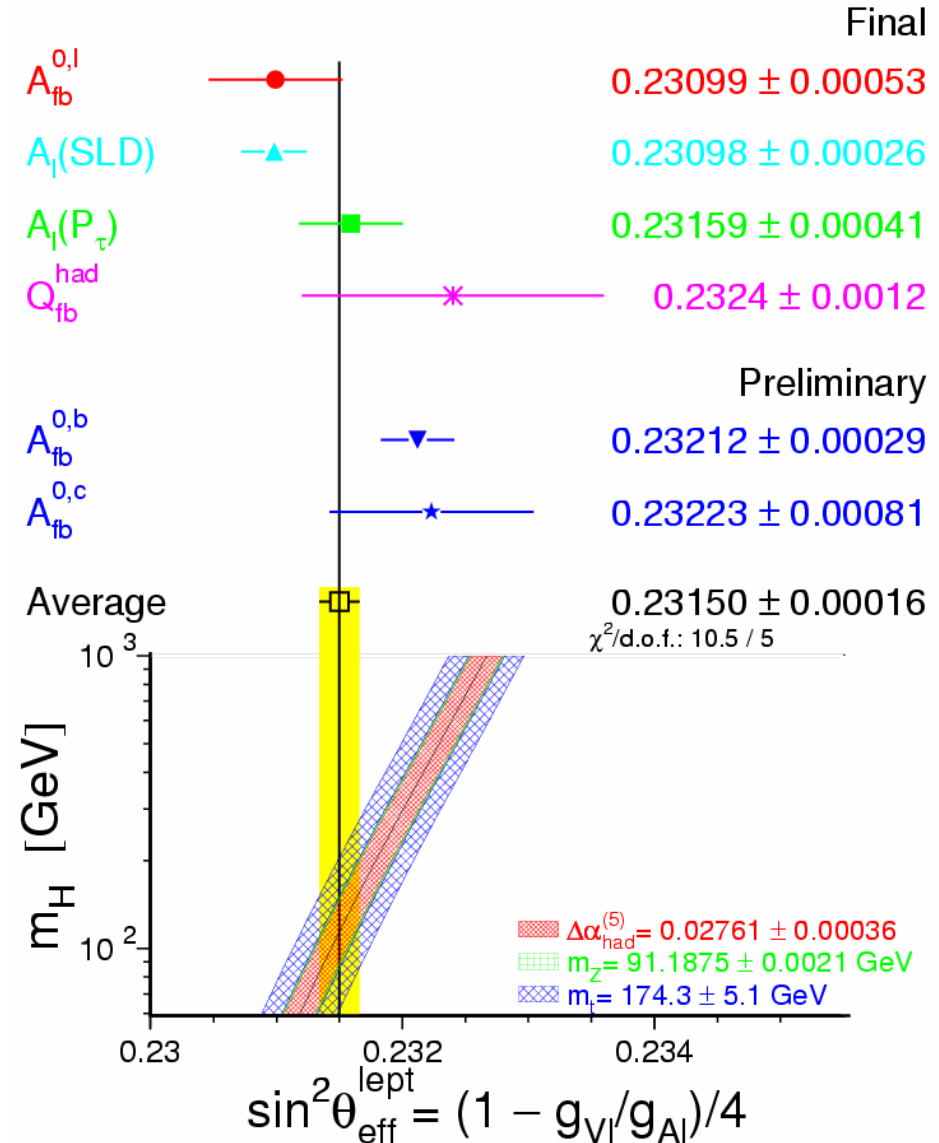
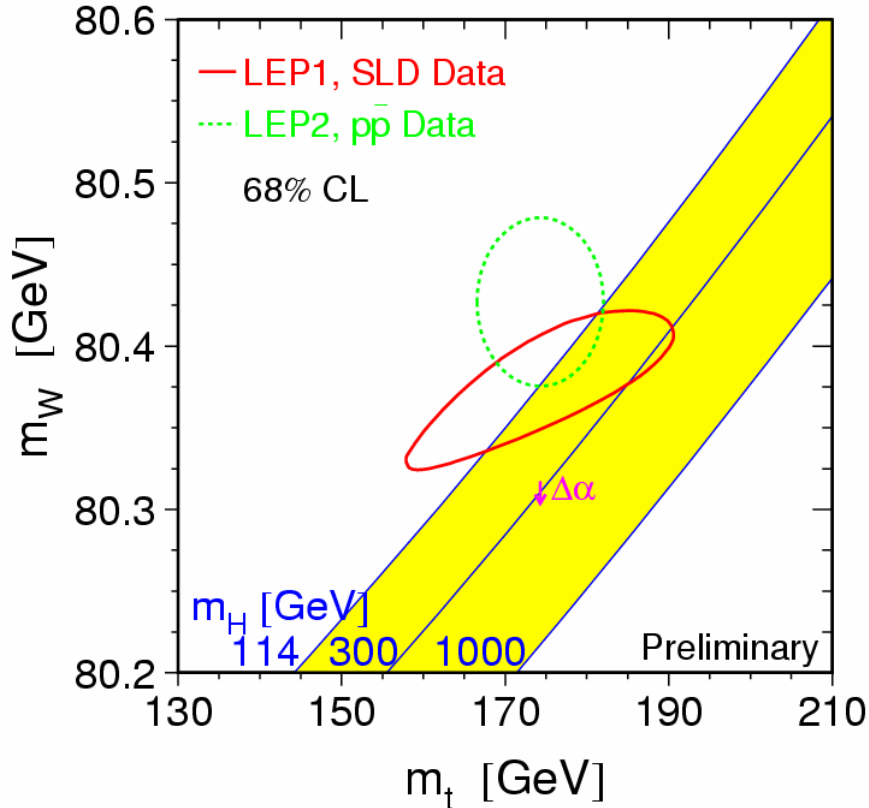
- Altri risultati HF:

- vite medie b **DELPHI**
- BR quark b **DELPHI**
- D^{**} e D^* **OPAL**
- ...



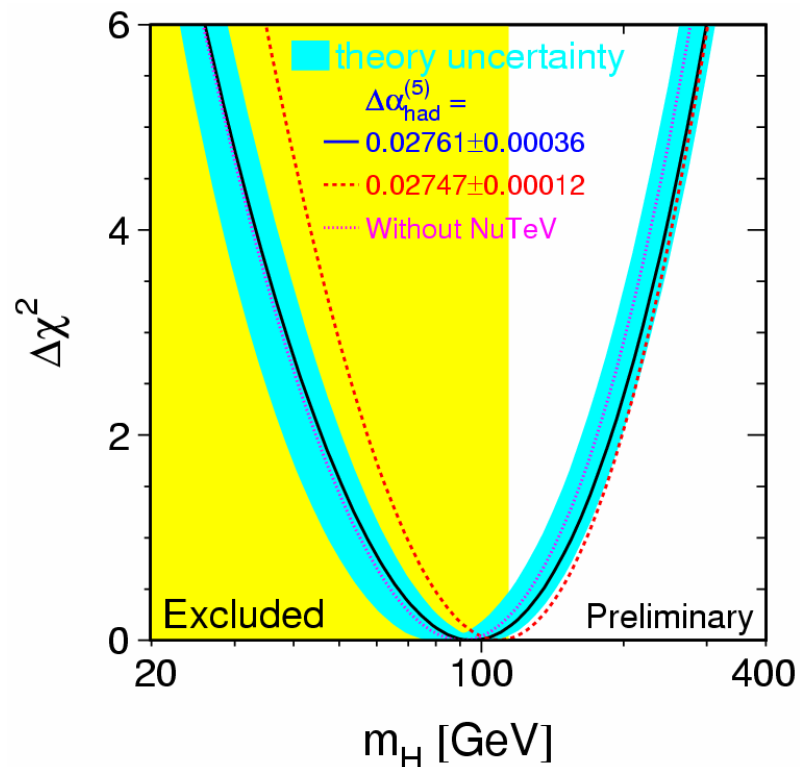
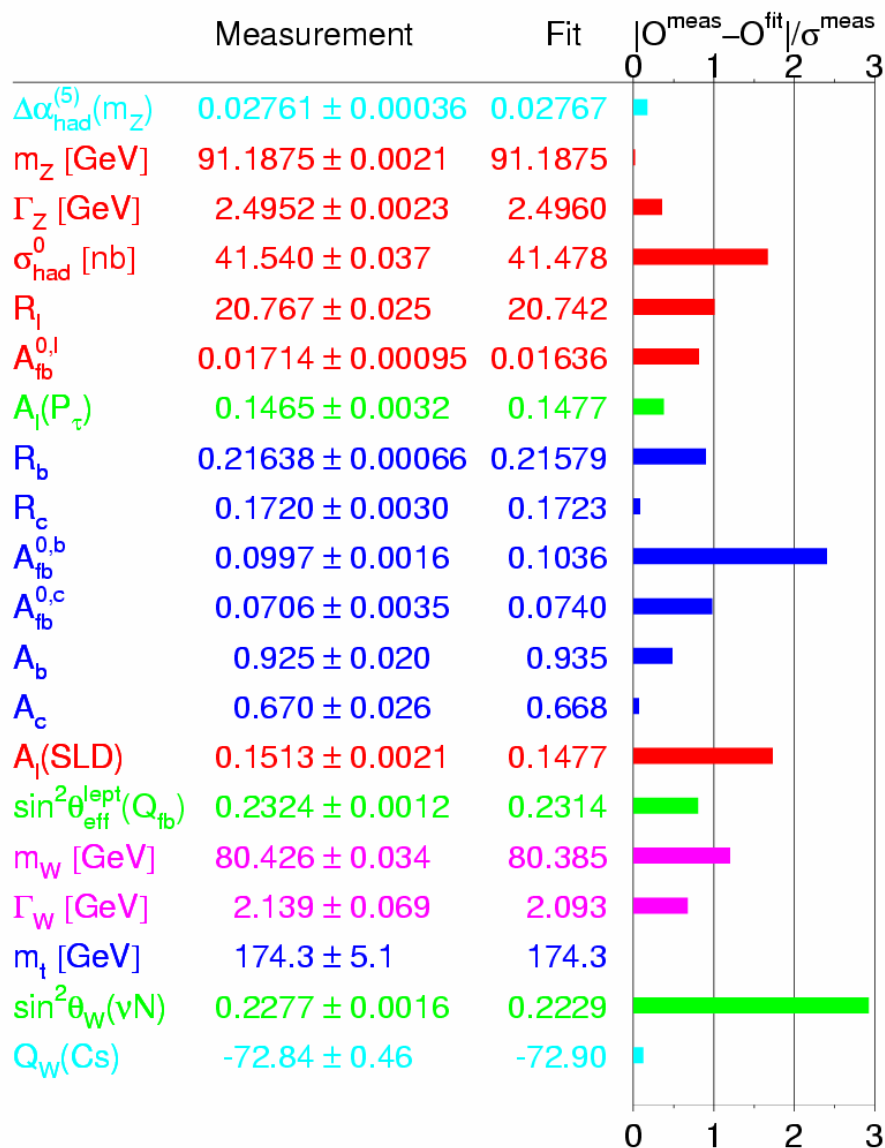
Risultati fit Elettrodebole: test di consistenza

- Nuova massa W e A_{FB} utilizzate nella combinazione misure EW:
 - M_W e m_{top} : diretto vs indiretto
 - $\sin^2\theta_W$ dalle asimmetrie



Risultati fit EW: massa Higgs

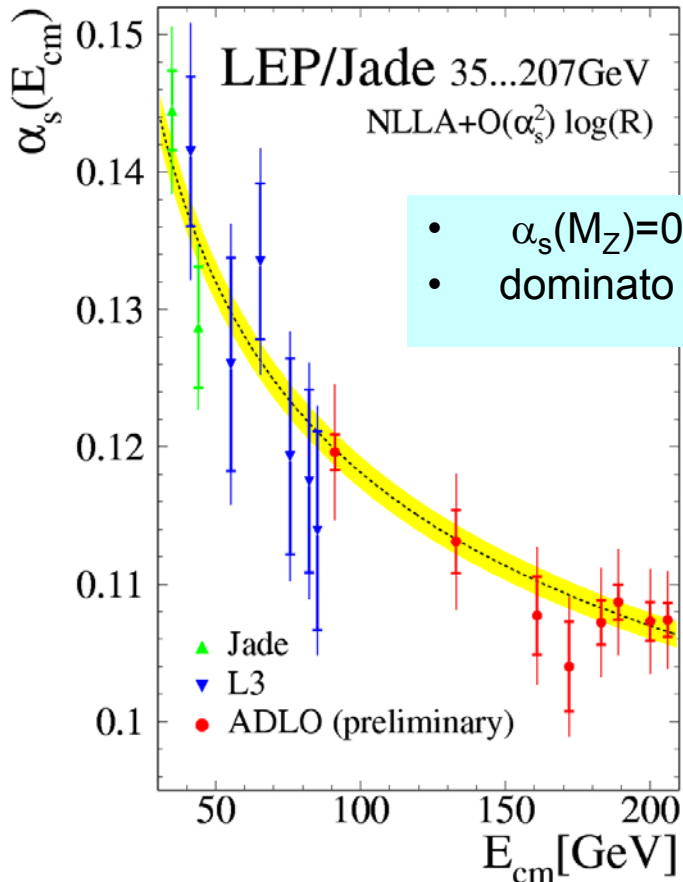
Summer 2003



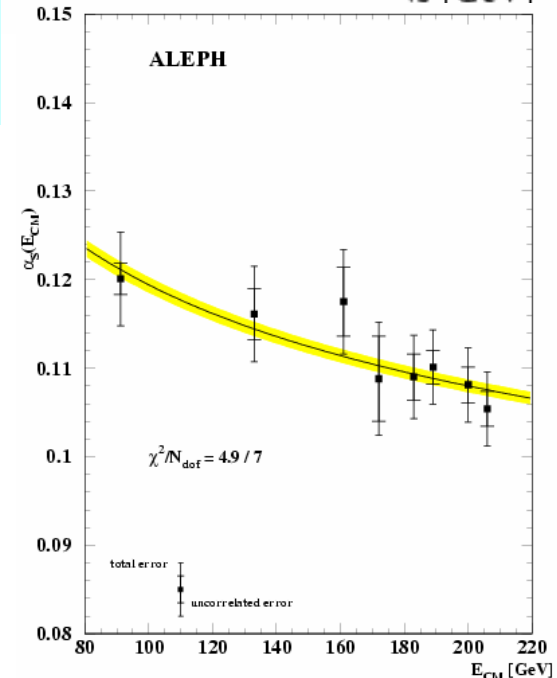
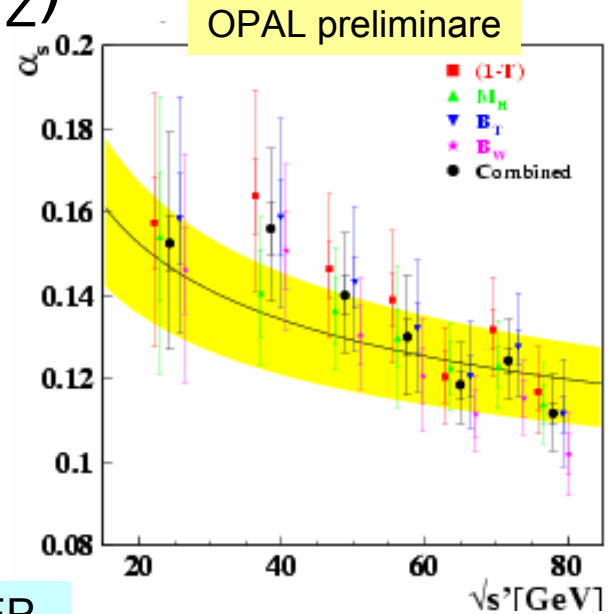
- $\chi^2/\text{ndof} = 25.4/15$ (4.5%)
 - dominato da NuTeV
 - $\chi^2/\text{ndof} = 16.7/14$ (27.5%) no NuTeV
- $M_{\text{Higgs}} = 96^{+60}_{-38}$ GeV
- $M_{\text{Higgs}} < 219$ GeV at 95% CL

Misura $\alpha_s(M_Z)$

- Fit variabili "Event Shape"
- Risultati ~**finali**: **ALEPH, DELPHI**
 - LEP1+LEP2
- Eventi radiativi ($E_{cm} < M_Z$): **OPAL**
- Comb. LEP: da aggiornare



- $\alpha_s(M_Z) = 0.1198 \pm 0.0048$ LEP
- dominato da errore teorico

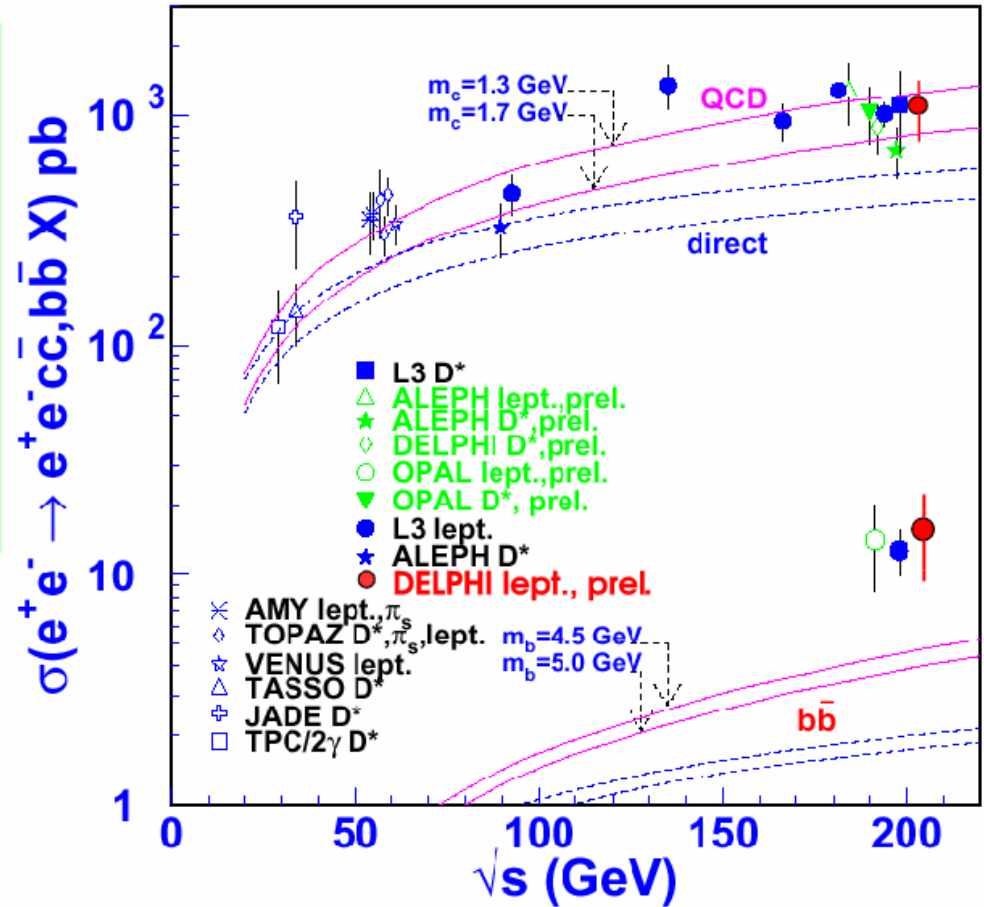
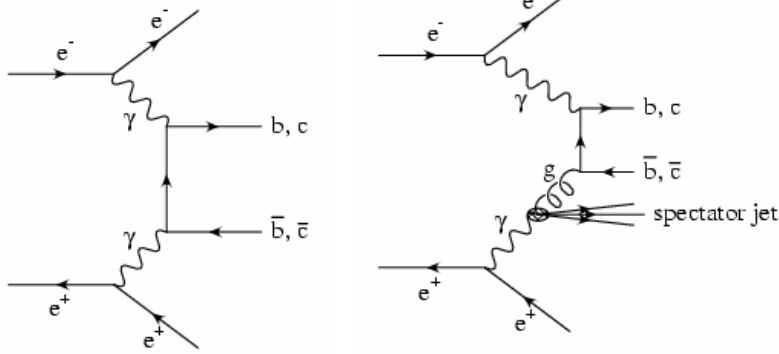


Fisica interazioni due fotoni

- Lunga lista di nuovi risultati:

- $\gamma\gamma \rightarrow$ jets (L3, OPAL)
- $\gamma\gamma \rightarrow \pi\pi, KK$ (ALEPH)
- $\gamma\gamma \rightarrow \pi\pi\pi, \rho\rho, pp, K_s K_s$ (L3)
- $\gamma\gamma \rightarrow \tau\tau$ (DELPHI, L3)
- $\gamma\gamma \rightarrow \gamma X$ (OPAL)
- $\gamma\gamma \rightarrow bb$ e cc (DELPHI)
- $\gamma\gamma \rightarrow \eta_b, \eta_c$ (L3, DELPHI)
- $\gamma\gamma \rightarrow D^* X$ (ALEPH)

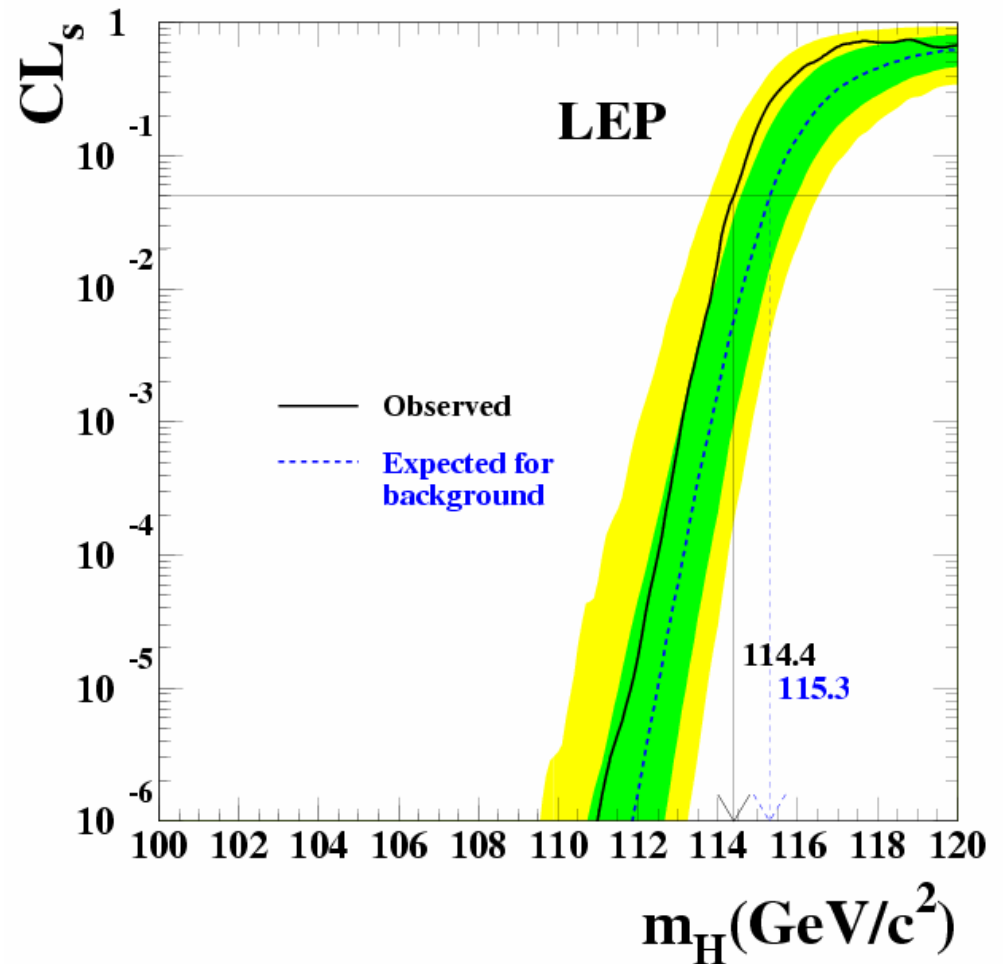
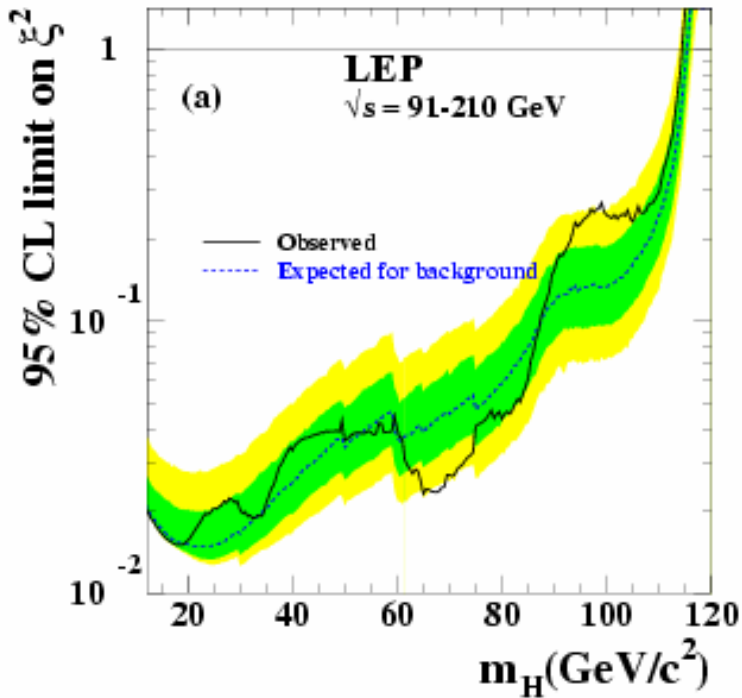
produzione diretta e "risolta"



- DELPHI: misura produzione cc e bb con i leptoni
 - conferma la discrepanza nella produzione bb

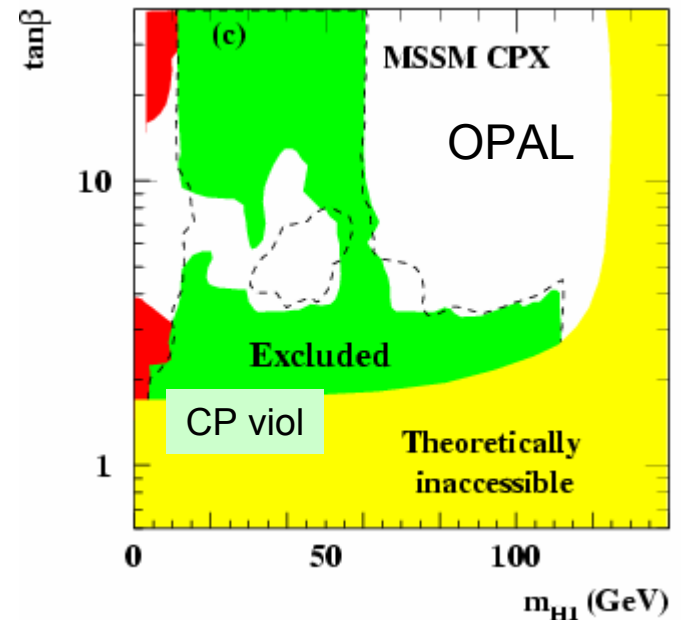
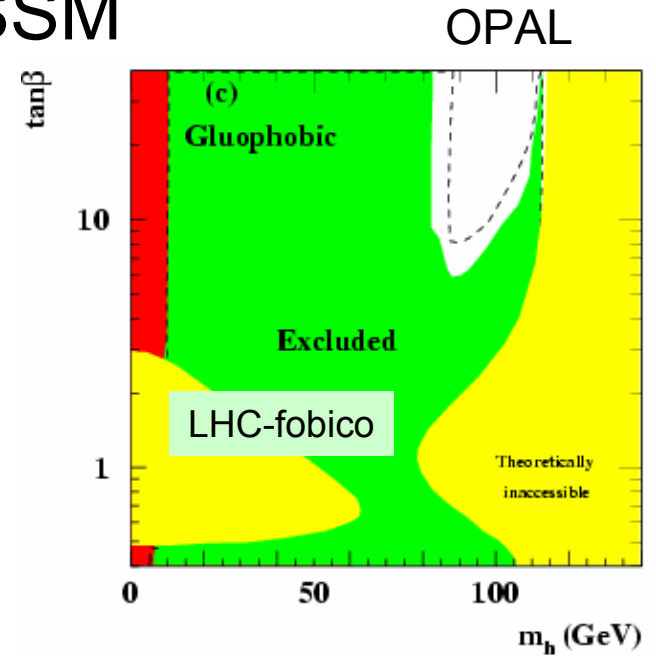
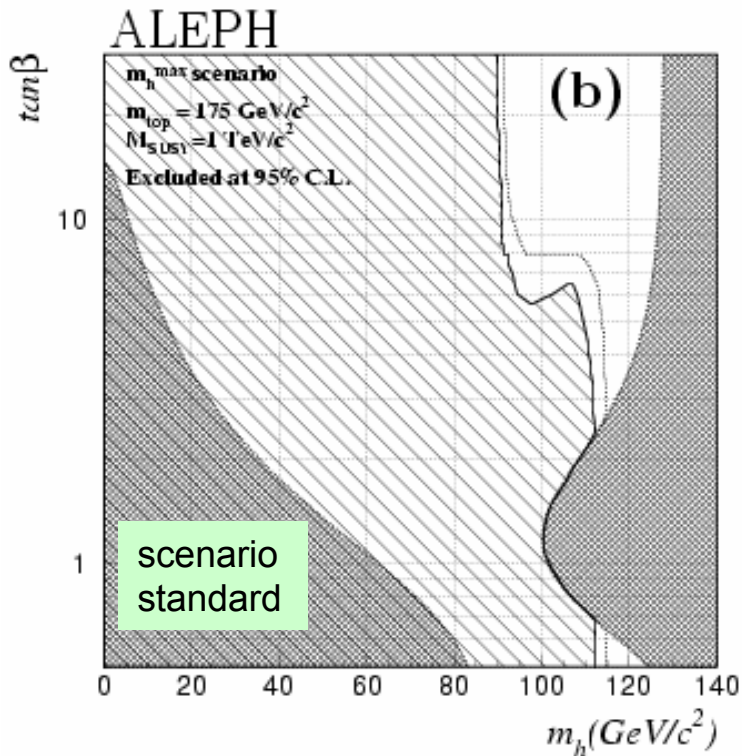
Ricerca bosone di Higgs

- Higgs neutro SM:
 - pubblicati risultati
 - **pubblicata combinazione LEP**
- $M_{\text{Higgs}} > 114.4$ @ 95% C.L.
 - rimane eccesso in ALEPH
- Limite M_{Higgs} vs g_{HZZ}



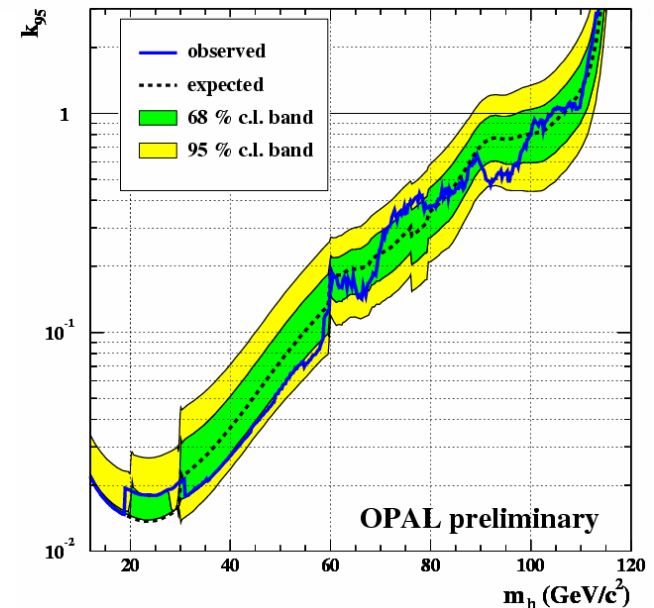
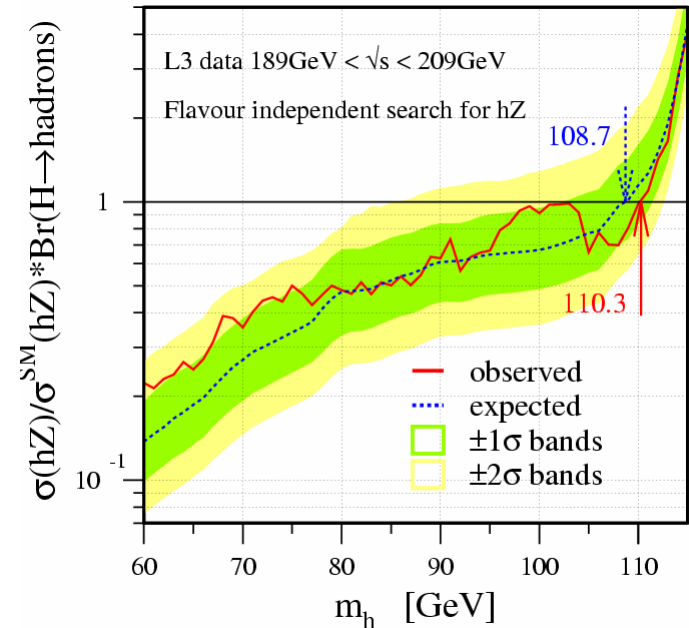
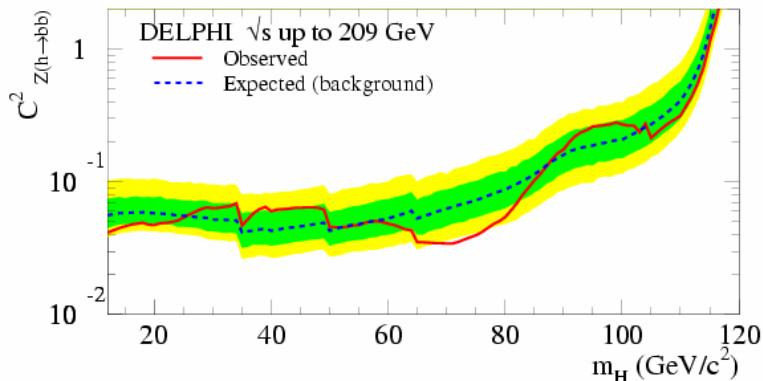
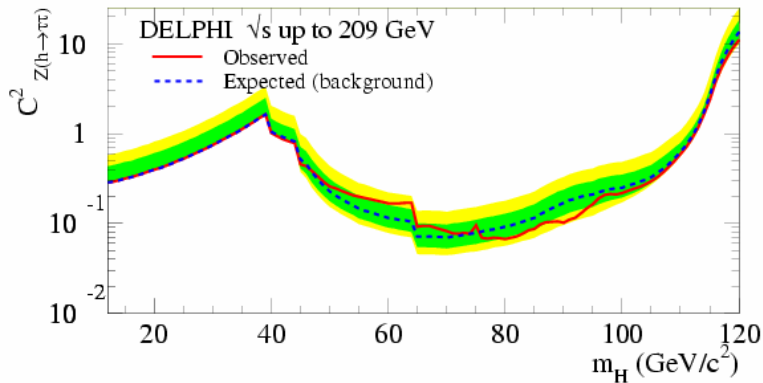
Higgs e MSSM

- Risultati ~finali da tutti esperimenti
- Novità:
 - nuovi scenari (**OPAL, DELPHI**)
 - CP viol., LHC-fobico, g-2,...
- Combinazione LEP: da fare



"Model independent" Higgs

- $H \rightarrow qq$ (flavour independent)
- BR's Higgs "liberi"
- Novita` : **DELPHI, L3, OPAL**
 - ALEPH (fl. indep.) gia` pubblicato
- e poi:
 - fermiofobico, $H \rightarrow WW^*, ZZ^*, \dots$



Ricerca di Nuova Fisica

- Non si sono osservati segnali:
 - Si completano le analisi
 - Si chiudono i "buchi" (LHC)
 - Si combinano le ricerche
 - ⇒ Estensione validita` limiti sui parametri dei modelli
- Combinazioni LEP da finire

- **Altre ricerche** (risultati recenti)
 - Stati finali con fotoni: **DELPHI, L3**
 - extra-dimensioni
 - Leptoni eccitati: **L3**
 - Leptoquark: **L3**
 - produzione top singolo: **DELPHI**
 - b' 4a generazione: **DELPHI**
 - ...

- **Supersimmetria** (risultati recenti)
 - Gaugini
 - Sleptoni: **L3**
 - squarks: stop e sbottom: **L3**
 - GaugeMediated SB: **DELPHI**
 - AMSB: **DELPHI**
 - RPV: **DELPHI, OPAL**
 - gluino stabile: **ALEPH**

- **Limiti indiretti da processi SM:**
 - produzione coppie fermioni
 - produzione coppie fotoni

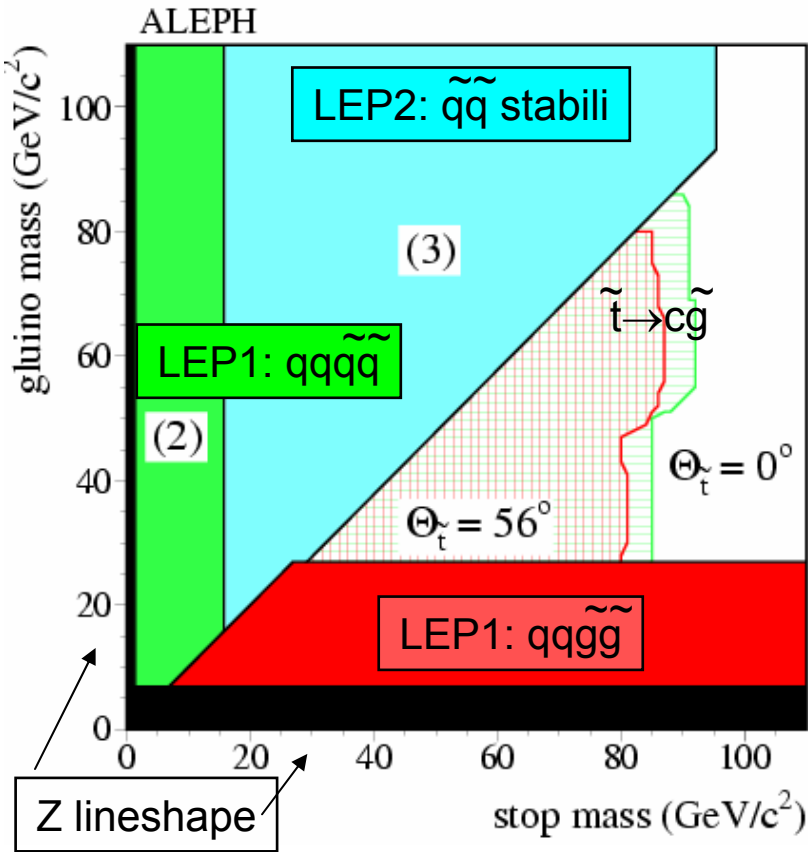
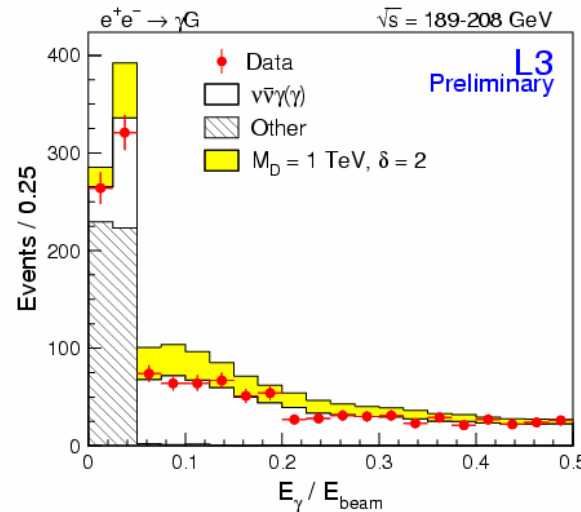
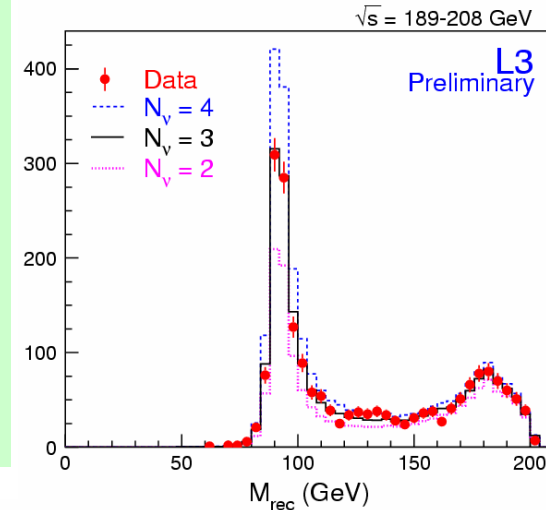
**Archiviazione e disponibilita`
dati** possono essere utili per
future ricerche di nuova fisica
con i dati di LEP

Ricerca Nuova Fisica

- Tante analisi \Rightarrow un limite
- **ALEPH**: limite su gluino e squark stabili
 - combina LEP1+LEP2
 - combina ricerca diretta e indiretta

- "Una" analisi \Rightarrow tanti limiti
- **L3**: Stati finali con fotoni

- Extra-dimensioni
- GMSB
- gravitino leggero
- int. di contatto
- elettroni eccitati
- ...



Archiviazione dati

(informazioni semi-ufficiali)

- Importante per:
 - QCD: nuovi calcoli teorici
 - Searches: nuovi modelli, estensioni, verifica scoperte future
- ALEPH
 - software su Linux, dati in archivio CERN (CASTOR), Fortran: congelato su PC portatili
 - Versione ridotta OO (C++) del codice di analisi: non si impara piu` Fortran
 - Accesso ai dati solo a (ex-)membri della collaborazione (e colleghi)
- DELPHI
 - Dati su CASTOR, Fortran "congelato", software disponibile su CD
 - Versione OO del programma di analisi
 - Da decidere (?) chi puo` utilizzare i dati
- L3
 - Pubblicazione di tabelle dettagliate con i risultati
 - Dati su CASTOR, software su Linux, Fortran
 - Cluster di PC "museo"
- OPAL
 - Dati su CASTOR, software su Linux, Fortran
 - prevedono ancora 2 anni di analisi (!)
 - Accesso solo a (ex-)membri della collaborazione (?)

Conclusioni

- LEP potrebbe non finire MAI di produrre risultati nuovi !!
 - ⇒ occorre ricordarsi che bisogna finire (!)
 - ⇒ Importante archiviare i dati
- **Processi 2f e 4f:**
 - sezioni d'urto, accoppiamenti anomali stanno vedendo la fine
 - massa W : richiede qualche sforzo aggiuntivo: ~6 mesi (mia ipotesi)
 - ⇒ **Combinazioni LEP**
- **Ricerca di Nuova Fisica**
 - Completare e pubblicare analisi in corso
 - ⇒ **Combinazioni LEP**
 - Nuove analisi solo per chi ha disponibilità di manodopera (studenti)
- **QCD, HF, due fotoni,...**
 - alcune analisi da completare
 - nuove attività solo per chi ha manodopera (studenti): OPAL (?), DELPHI (?)

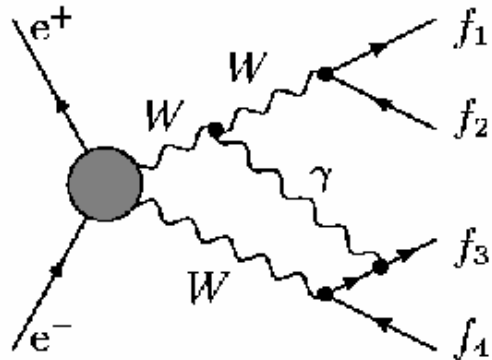
Stato analisi "tipiche"

	ALEPH	DELPHI	L3	OPAL	LEP
SM Higgs	pubbl.	pubbl	pubbl	pubbl	pubbl
H^\pm	pubbl	~finale	pubbl	~finale	prel
LSP (MSSM)	pubbl	pubbl	prel	prel	prel
GMSB	pubbl	pubbl	prel	prel	prel
AMSB	pubbl	prel	prel	pubbl	prel
WW x-sect	~finale	~finale	~finale	prel	prel
massa W	prel	prel	prel	prel	prel
TGC	~finale	prel	~finale	pubbl	prel
2f x-sect	prel	prel	prel	pubbl	prel

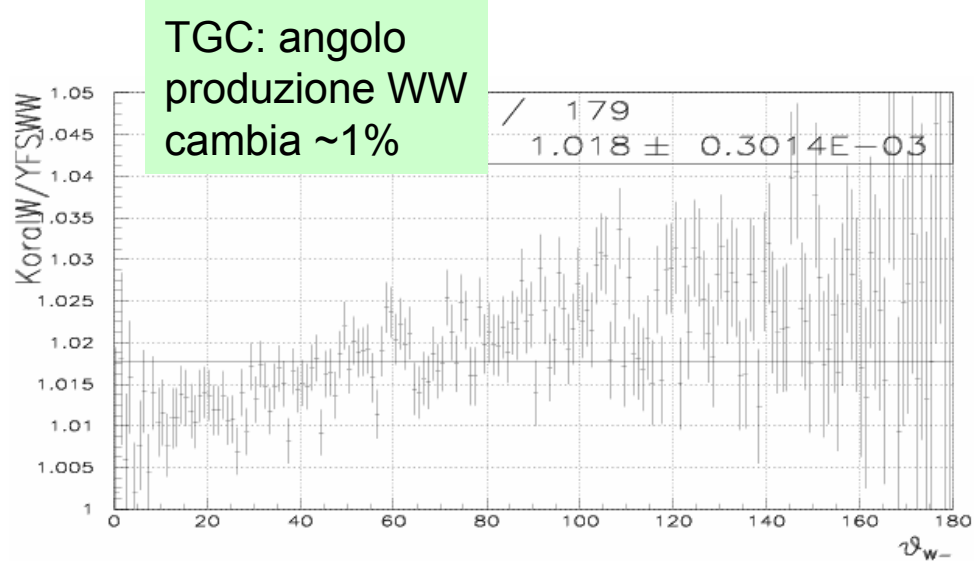
~ 170 pubblicazioni dal 2001 ad oggi

Riserva

Correzioni rad. $O(\alpha)$ a produzione WW

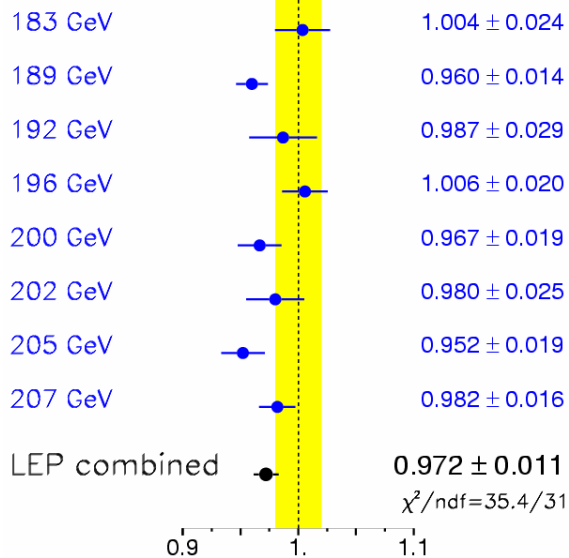


Non disponibili all'inizio di LEP2

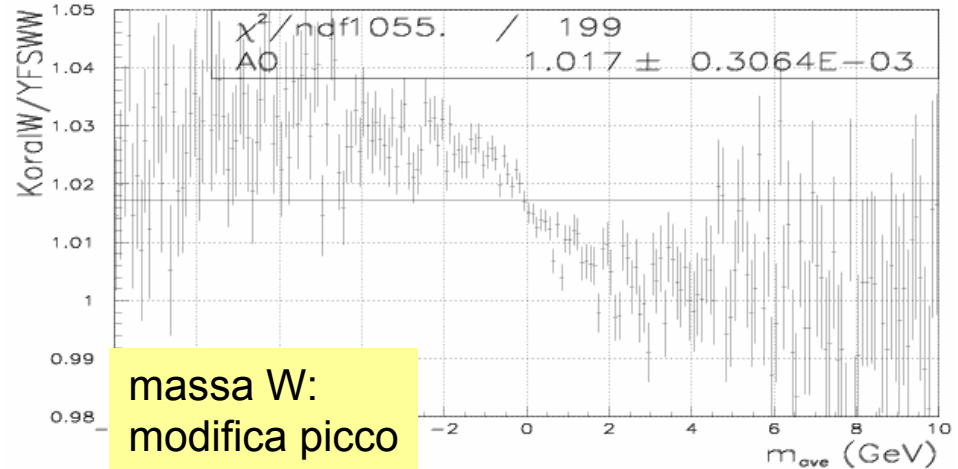


Measured $\sigma^{WW} / \text{Gentle}$

PRELIMINARY
15/10/2002

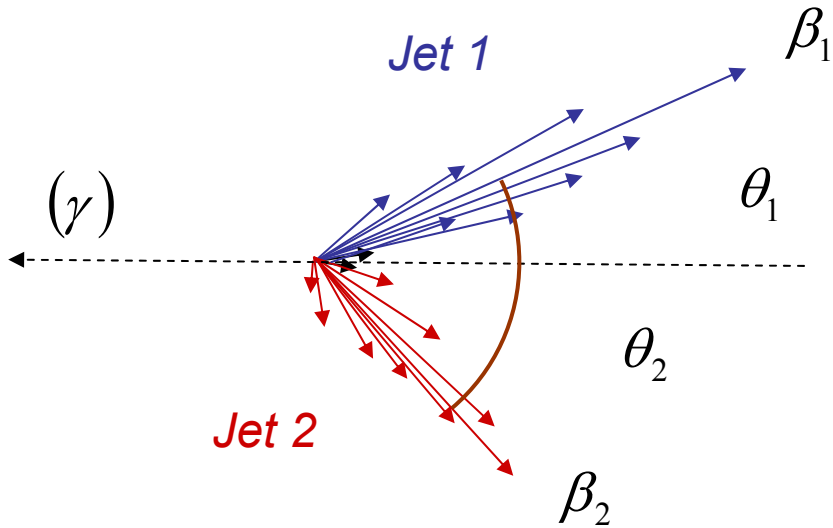


Senza corr.:
sez d'urto
~2% piu` alta



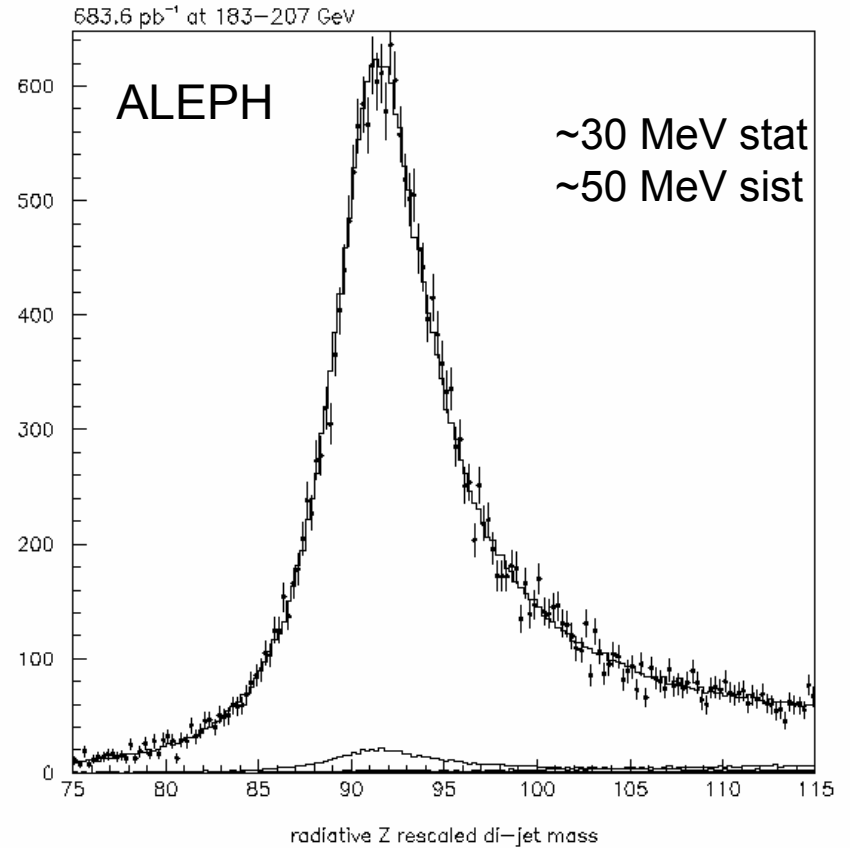
massa W:
modifica picco
e radiazione:
si compensa:
< 5-10 MeV

Eventi radiativi $Z\gamma$



Massa jets riscalata

$$m_{12} = s \frac{\beta_1 \sin \theta_1 + \beta_2 \sin \theta_2 - \beta_1 \beta_2 |\sin(\theta_1 + \theta_2)|}{\beta_1 \sin \theta_1 + \beta_2 \sin \theta_2 + \beta_1 \beta_2 |\sin(\theta_1 + \theta_2)|}$$

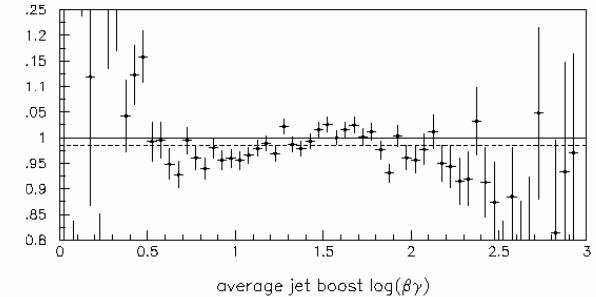
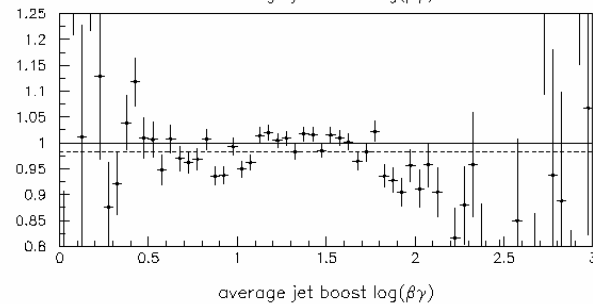
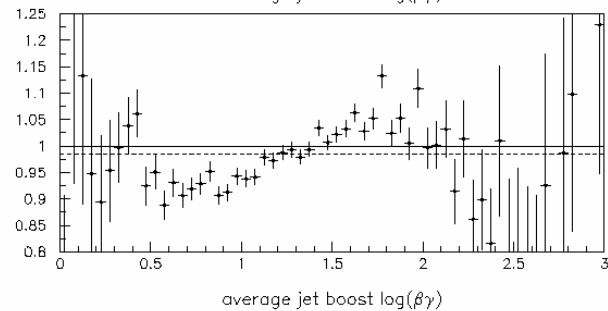
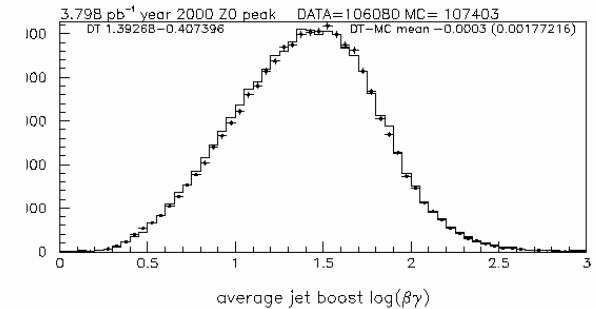
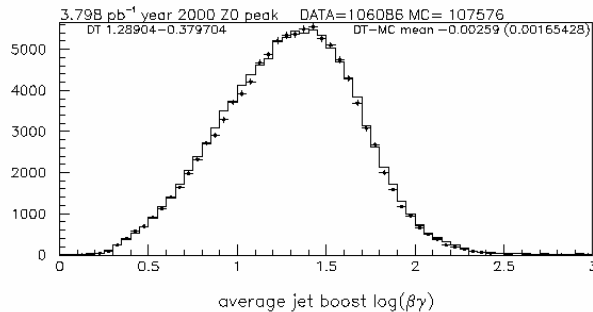
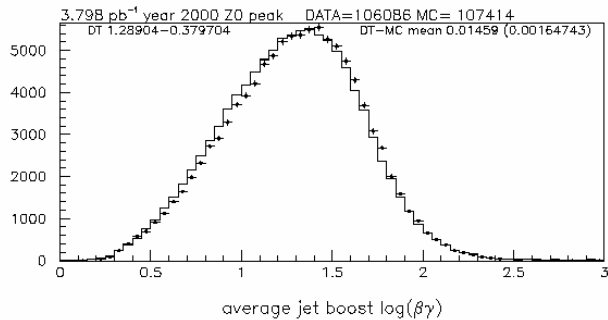


Velocita` jets p.es.: ALEPH

MC standard
Ultima ricostruzione

MC "full EGS"
Ultima ricostruzione
controllo sistematici

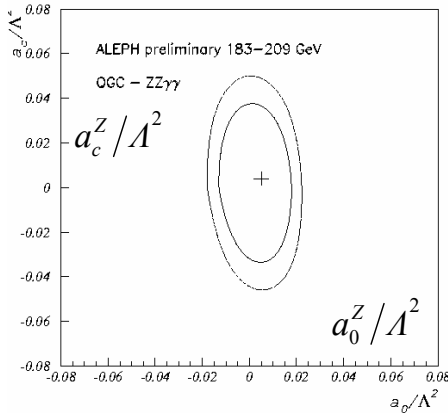
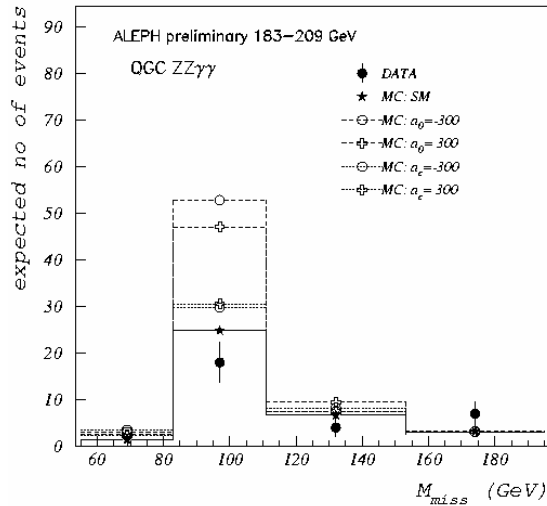
MC standard
Nuova ricostruzione



Accoppiamenti quartici

- $ZZ\gamma\gamma$

- ALEPH
- eventi $ee \rightarrow \nu\nu\gamma(\gamma)$



- $WW\gamma\gamma$

- OPAL, DELPHI (+L3)
- sezione d'urto $ee \rightarrow WW\gamma$

