

Misura della massa del quark b a LEP



Günther Dissertori
CERN-EP

27.4.2000

LEP Trieste
XII Convegno sulla Fisica a LEP

Sommario

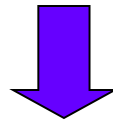
- Introduzione
- Metodo sperimentale
- Risultati per $R_{3\text{ b/uds}}$
- Sistematiche
- Estrazione della massa
- Altre variabili
- Conclusioni



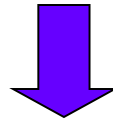
Introduzione

- 1) Particelle accelerate emettono radiazione
- 2) Sotto l'influenza della stessa forza, particelle pesanti sono meno accelerate di quelle leggere

$$F = m a$$



Particelle pesanti emettono meno radiazione



La frazione diventa 3-jet per quarks b e' piu' piccola di quella per quarks leggeri

Perche' misurare la massa del quark b?



- E' uno dei parametri fondamentali della lagrangiana di QCD
- Tipicamente viene solo misurata a basse energie, dove ci sono vari significati della massa
- Ad alte energie non e' possibile vedere l'effetto della massa in osservabili inclusive

$$\delta = \frac{m_b^2}{Q^2} = \frac{m_b^2}{m_Z^2} \approx 0.3\%$$

- Ma in osservabili meno inclusive si puo':

$$\delta = \frac{m_b^2}{y_{cut} Q^2} = \frac{m_b^2}{y_{cut} m_Z^2} \approx \text{several \%}$$

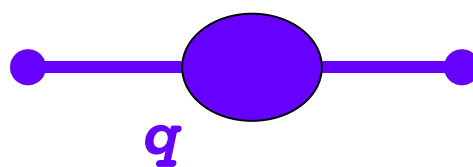
Ma cos'e' m_b ?



- Due schemi (ben definiti solo in QCD perturbativa):

- Pole mass scheme

La massa e' definita come posizione del polo del propagatore del quark, e non viene modificata da correzioni radiative



A Feynman diagram showing a quark propagator. It consists of a horizontal blue line with two blue dots at the ends. In the middle of the line is a blue oval representing a self-energy loop. Below the oval is the letter 'q' in blue. To the right of the diagram is the mathematical expression $\propto \frac{1}{q^2 - M_b^2}$.

- Running mass scheme ($\overline{\text{MS}}$)

La massa e' un parametro rinormalizzabile nella lagrangiana, e quindi dipende da correzioni a ordini superiori



A diagram illustrating the renormalization of the quark mass. It shows a blue line with two blue dots at the ends. Above the line is a yellow wavy line representing a gluon loop. To the right of this diagram is a large red arrow pointing to the right. To the right of the arrow is the expression $m_b(\mu^2)$.

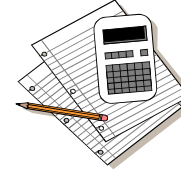
Relazione tra i due schemi

$$M_b^2 = m_b^2(\mu^2) \left[1 + \frac{\alpha_s}{2\pi} \left(\frac{16}{3} - 4 \log \frac{m_Z^2}{\mu^2} \right) \right] + O(\alpha_s^2)$$

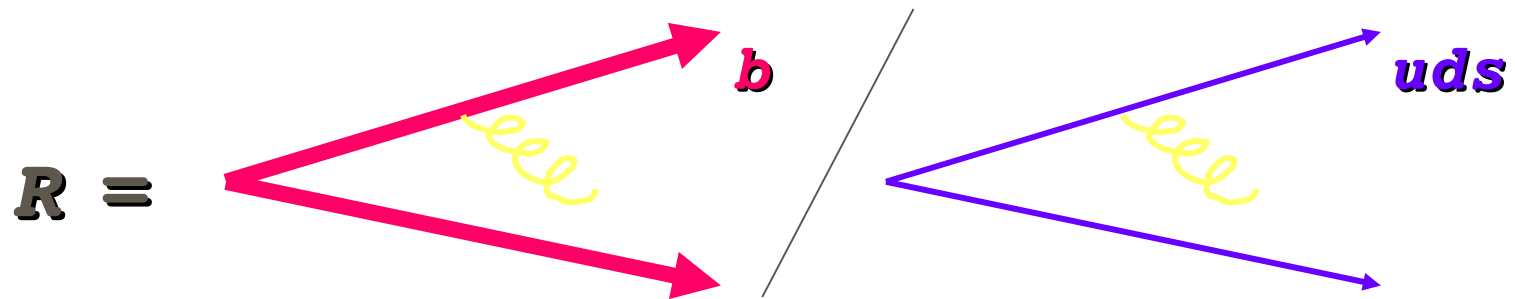

$$m_b(\mu^2) = m_b(m_Z^2) \left(\frac{\alpha_s(m_Z^2)}{\alpha_s(\mu^2)} \right)^{-\frac{8}{\beta_0}}$$



La Teoria



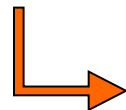
Effetti dinamici e di spazio delle fasi riducono la radiazione di gluoni in eventi con quarks b



$$R_{b/l}(X) = 1 + r_b \left(b_0(r_b, X) + \frac{\alpha_s}{2\pi} b_1(r_b, X) \right)$$

Da calcoli recenti a NLO

$$r_b = \frac{m_b^2}{m_Z^2} ; X = \text{any infrared - safe observable}$$



Per esempio: frazione di eventi a 3 jet R_3 , $y_{\text{cut}}=0.02$

Metodo sperimentale (ALEPH)

Da estrarre

$$\left(\frac{R_{3,btag}}{R_{3,Incl}} \right)^{measured} = \frac{R_{3,b/l}^{pert} H_{b/l} D_b + R_{3,c/l}^{pert} H_{c/l} D_c + D_l}{R_{3,b/l}^{pert} R_b H_{b/l} D_b + R_{3,c/l}^{pert} R_c H_{c/l} D_c + (1 - R_b - R_c)}$$

$$D_x = \frac{DC_x}{DC_l} T_{xb} P_{xb} ; \quad DC = \frac{R_{3,x}^{Detlevel}}{R_{3,x}^{Hadlevel}}$$

dalla 'full simulation'

Correzione per il tag

purezza

Detector Corrections

$$H_{x/l} = \frac{HC_x}{HC_l} ; \quad HC_x = \frac{R_{3,x}^{Hadlevel}}{R_{3,x}^{Partlevel}}$$

Correzione di adronizzazione:
da vari modelli MC

Metodo sperimentale (DELPHI)

Da estrarre

$$\left(\frac{R_{3,btag}}{R_{3,udstag}} \right)^{measured} = \frac{R_{3,b/l}^{pert} H_{b/l} D_{bb} + R_{3,c/l}^{pert} H_{c/l} D_{cb} + D_{lb}}{R_{3,b/l}^{pert} H_{b/l} D_{bl} + R_{3,c/l}^{pert} H_{c/l} D_{cl} + 1}$$

$$D_{xy} = \frac{DC_x}{DC_l} \frac{T_{xy}}{T_{xl}} \frac{P_{xy}}{P_{xl}} ; \quad DC = \frac{R_{3,x}^{Detlevel}}{R_{3,x}^{Hadlevel}}$$

Correzione per il tag

purezza

Detector Corrections

dalla 'full simulation'

$$H_{x/l} = \frac{HC_x}{HC_l} ; \quad HC_x = \frac{R_{3,x}^{Hadlevel}}{R_{3,x}^{Partlevel}}$$

Correzione di adronizzazione:
da vari modelli MC

Metodo...

- Che fare ? (Lenin)
 - selezionare eventi adronici
 - applicare un b-tag (e uds-tag)
 - calcolare la '3-jet rate' in eventi con un b-tag e inclusivamente (o con un uds-tag)
 - misurare il rapporto $R_{3btag/Inc}$ o $R_{3btag/udstag}$
 - Prendere tutti gli altri numeri dal MC

■ NB : $R = 0.97$ --> da misurare un effetto al 3% , errore stat. = 5 %

errore sistem. dovrebbe stare < 1%



b-tag (esempio ALEPH)

Purezze

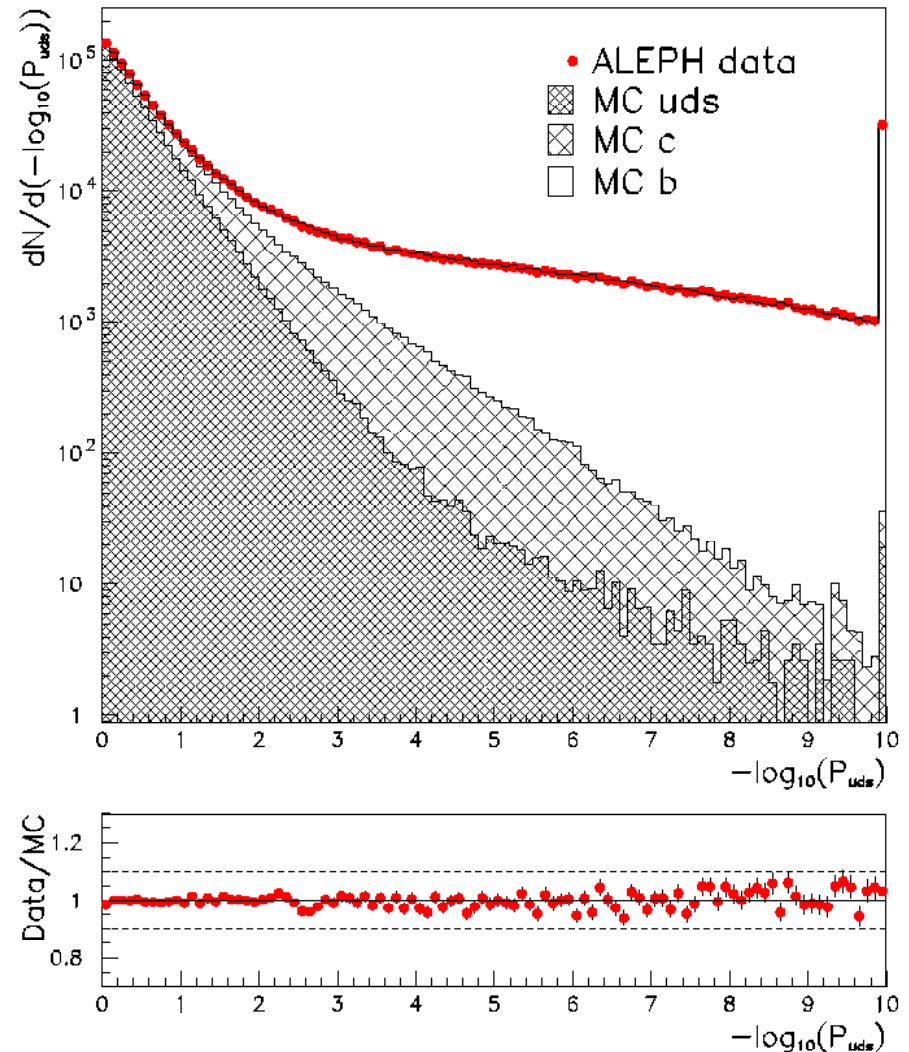
$$P_{bb}=83.1\%,$$

$$P_{cb}=13.5\%,$$

$$P_{lb}=3.4\%$$

Efficienza

$$\epsilon_b = 80.5\%$$



Campioni (ALEPH)

■ Dati : 91 - 95

- si parte con 3.65 milioni di eventi
- dopo selez. adron. 2.25 milioni
- b-tagged 488000
- 3-jets 86310 b-tag , 435000 incl

■ Full Simulation : 91 - 95 $q\bar{q}$: 8.8 milioni

■ adronizzazione : 30 milioni con Pythia 6.1 e altri modelli (sistematica)

Risultati per $R_{3b/uds}^{bl}$

per $y_{\text{cut}} = 0.02$:

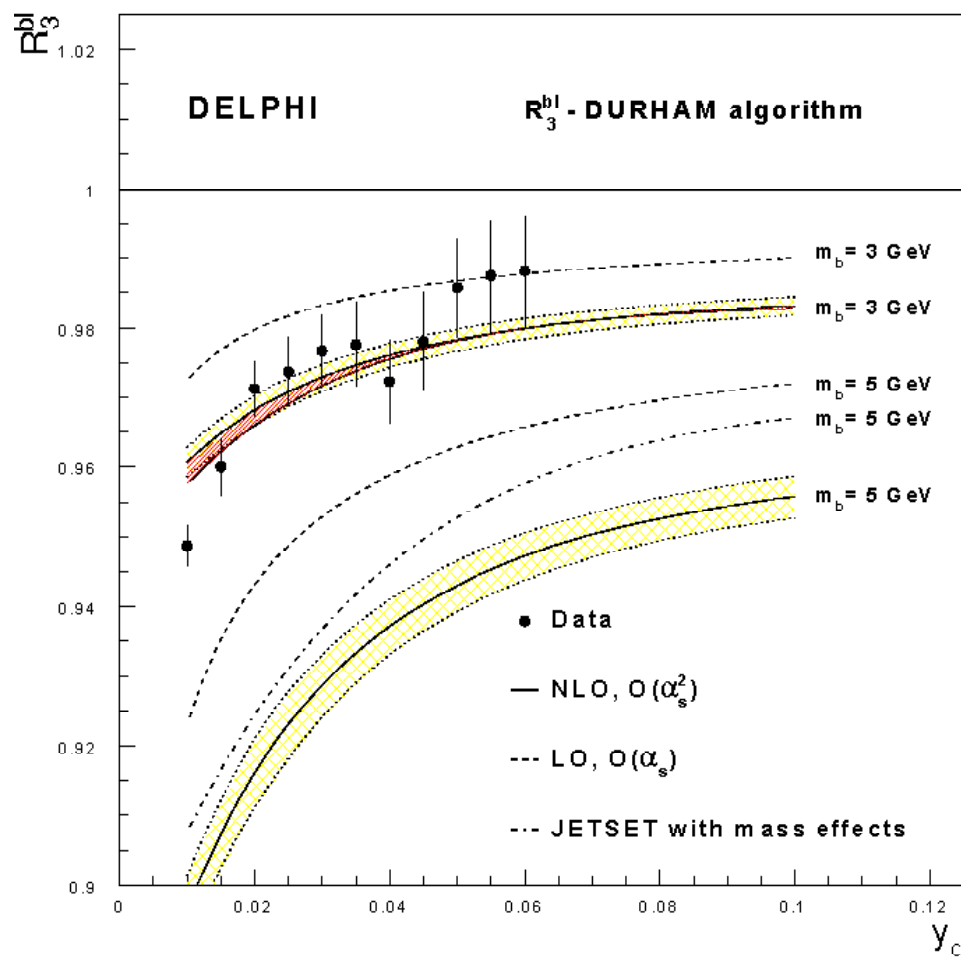
preliminari

ALEPH

$$R_{3b/uds} = 0.963 \pm 0.005 \text{ (stat)}$$

DELPHI

$$R_{3b/uds} = 0.962 \pm 0.005 \text{ (stat)}$$



sotto $y_{\text{cut}} 0.02$: 4-jet bkg > 2%

sopra $y_{\text{cut}} 0.02$: bassa statistica

Sistematiche

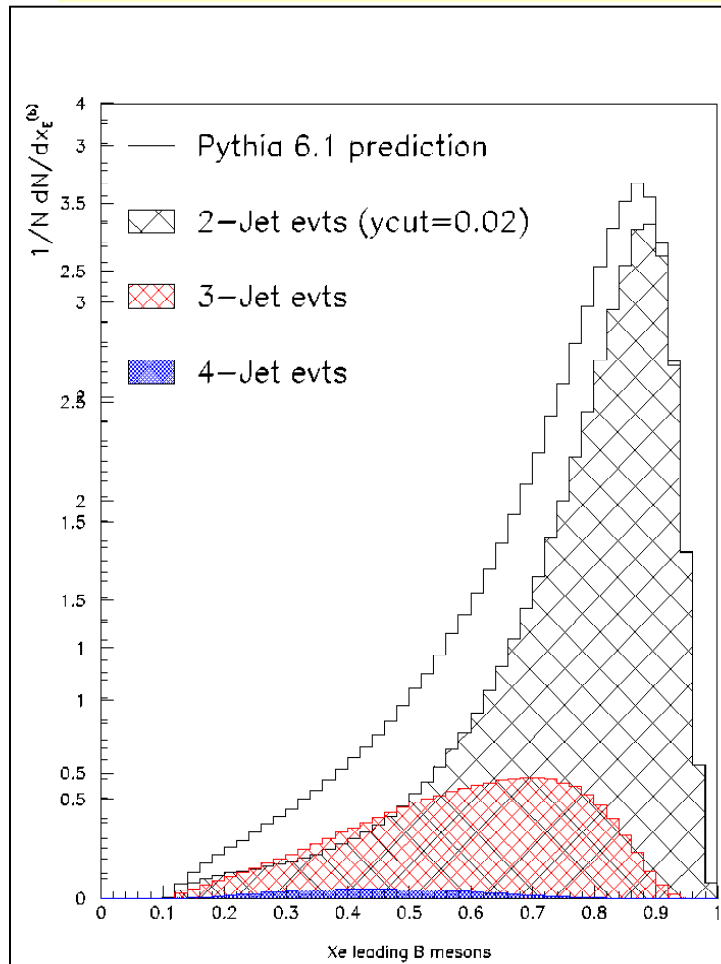
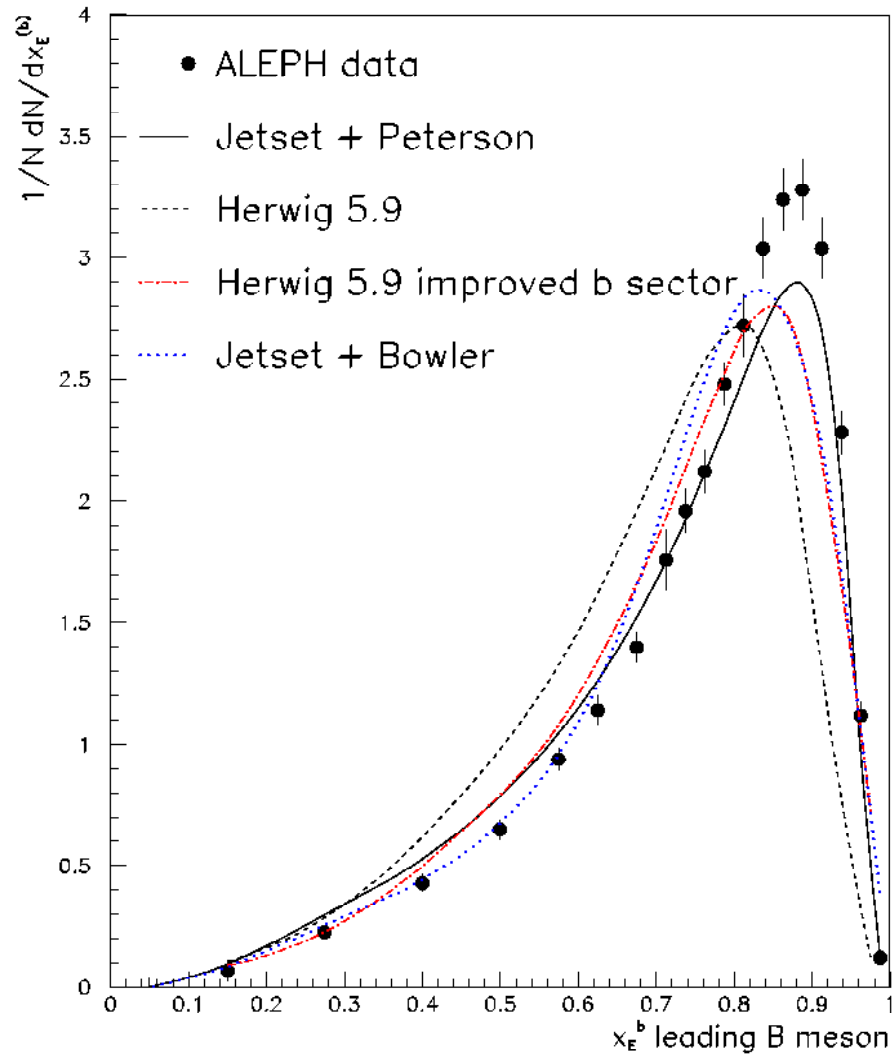
■ Descrizione del rivelatore:

- tagli per la selezione dei jet
- b-tag / tracking
- incertezze da $g \rightarrow b\bar{b}$, $g \rightarrow c\bar{c}$

■ Adronizzazione

- confronto PYTHIA - HERWIG
- dipendenza dal modello della funzione di frammentazione del b

Contributi dei vari tipi di eventi alla funzione di frammentazione del b



Risultati *preliminari*

ALEPH

$$R_{3b/uds}(0.02) = 0.963 \pm 0.005 \text{ (stat)} \\ \pm 0.005 \text{ (exp)} \\ \pm 0.007 \text{ (had)}$$

DELPHI

$$R_{3b/uds}(0.02) = 0.962 \pm 0.005 \text{ (stat)} \\ \pm 0.004 \text{ (exp)} \\ \pm 0.007 \text{ (had)}$$

COMB

$$R_{3b/uds}(0.02) = 0.9625 \pm 0.0035 \text{ (stat)} \\ \pm 0.0031 \text{ (exp)} \\ \pm 0.0070 \text{ (had)}$$

Estrazione della massa

■ Due schemi

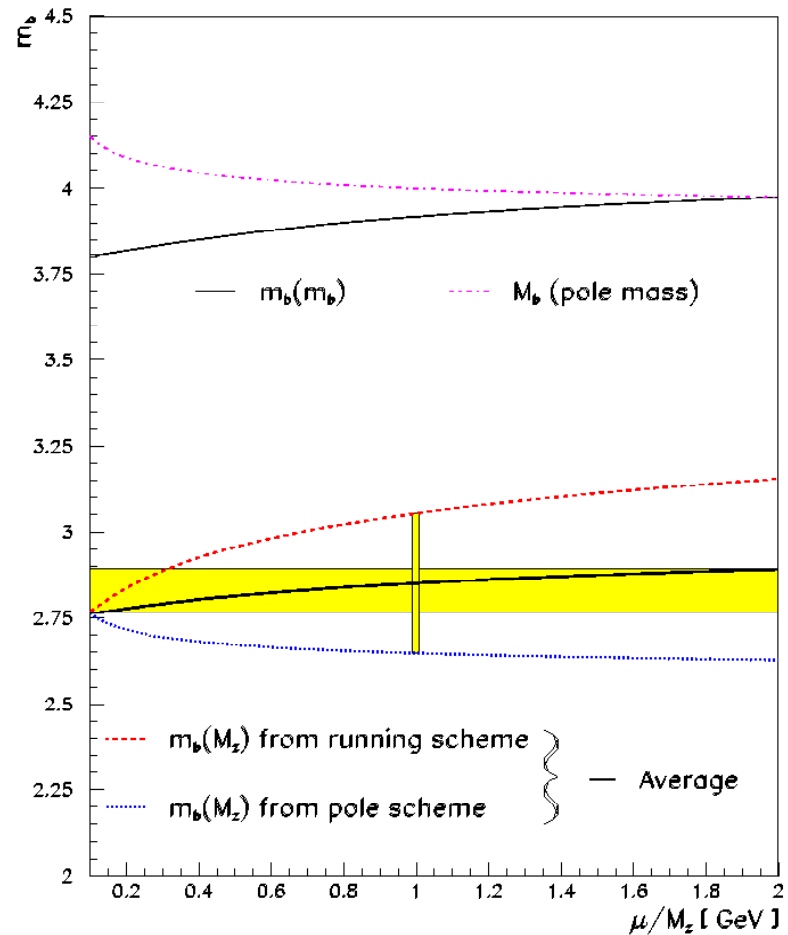
■ Running Scheme - Pole Scheme

- si prende la media e poi meta' della differenza come errore

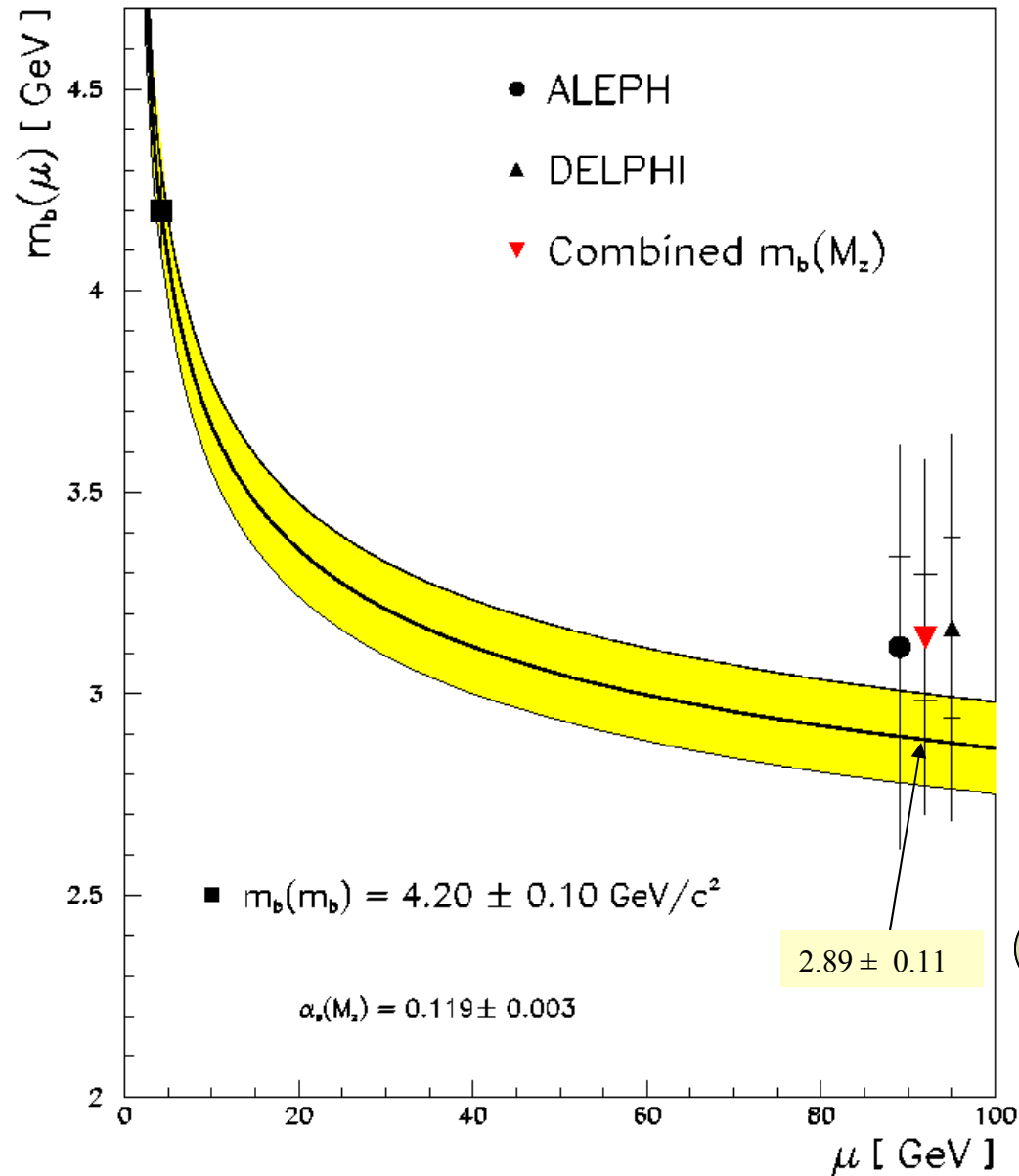
■ Dipendenza dalla scala

- variazione della scala di rinormalizzazione μ da

$0.1M_z$ a $2M_z$



Risultato



Prendendo la combinazione

$$\begin{aligned}
 m_b(M_z) &= 3.14 \pm 0.16 \text{ (stat)} \\
 &\quad \pm 0.14 \text{ (exp)} \\
 &\quad \pm 0.31 \text{ (had)} \\
 &\quad \pm 0.23 \text{ (theo)}
 \end{aligned}$$

$$= 3.14 \pm 0.44 \text{ GeV}$$

$$\approx \pi$$

Altre variabili

- Predizioni perturbative per momenti di event shapes:
 $1-R_{b/l}$ (%)

Variable	Had b/l	LO run	NLO run	LO pole	NLO pole
T_1	1.121	3.6	1.9	7.6	-0.7
T_2	1.132	1.7	3.2	4.3	3.6
C_1	1.149	4.4	2.2	9.1	-1.1
C_2	1.171	2.1	3.9	5.2	4.3
B_{T1}	1.259	11.7	0.6	18.8	-7.4
B_{T2}	1.306	3.6	11.2	8.0	12.3
B_{W1}	1.121	11.7	-8.5	18.8	-18.3
B_{W2}	1.088	3.6	1.6	8.0	-1.3
Y_{31}	1.028	3.2	0.7	7.1	-2.1
Y_{32}	0.991	1.5	0.3	3.2	-0.7
$R_{3jet}(0.02)$	0.990	2.0	1.0	5.6	-0.8

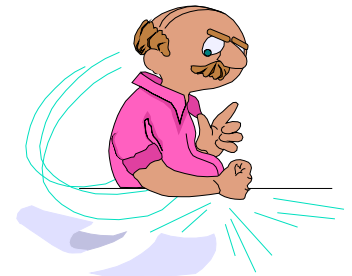
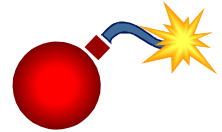
Corr.adron. >
effetto della
massa

e/o correzioni di
NLO importanti

Le variabili sono molto correlate (60 - 98%) !!

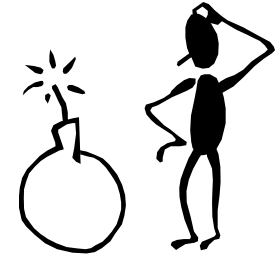
Commento sulle Event Shapes

- Per i momenti delle event shapes si osserva una grande **variazione nella massa** e un bias verso massa grande
- hanno correzioni adroniche **> 10%**
- tutta la correzione viene dai **decadimenti degli adroni B**
- per il momento: non sono utilizzabili



Event Shapes...

<i>Variable</i>	<i>$R_{b/l}$ (pert)</i>	<i>$m_b(M_Z)$ (GeV)</i>
T₁	0.919±0.002	4.00±0.07
T₂	0.901±0.005	4.88±0.15
C₁	0.907±0.002	3.92±0.05
C₂	0.888±0.003	4.69±0.09
Y₃₁	0.950±0.005	3.56±0.21
Y₃₂	0.973±0.010	4.05±0.71
B_{T2}	0.839±0.002	3.34±0.04
B_{w1}	0.917±0.001	4.38±0.04
B_{w2}	0.928±0.003	3.79±0.11
R_{3bl}	0.965±0.005	3.26±0.26



Non sotto controllo:

adronizzazione

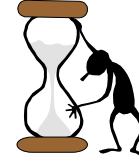
e/o

correzioni di NNLO



Prendendo solo Pythia per le correzioni di adronizzazione e solo il running scheme...

Conclusioni



- La massa del quark b e' stata misurata a LEP
 - la prima volta che m_b e' misurata a scala di energia alta
- risultato combinato (ALEPH-DELPHI), usando la frazione di eventi a 3 jet (Durham):
$$m_b(M_z) = 3.14 \pm 0.16(\text{stat}) \pm 0.41(\text{syst}) \text{ GeV}$$
- compatibile con misure a basse energie, assumendo il  della massa
- DELPHI sta analizzando un altro jet finder (Cambridge)  altri risultati prossimamente.... 