

# LEP Trieste

XII Convegno sulla Fisica al LEP  
Trieste 26-28 Aprile 2000

## Ricerche di particelle cariche a lunga vita media e modelli di Gauge Mediated SUSY Breaking

Topologie e Risultati a LEP2

Gabriele Benelli  
INFN Bologna

# Overview

- Introduzione
- Scenari
- Topologie
- Risultati a LEP2
- Conclusioni

# Introduzione

- Diversi modelli prevedono particelle cariche a lunga vita media
- Topologicamente relativamente facili da osservare con i rivelatori a tracciamento
- Complementarietà rispetto alle analisi per vite medie brevissime

# Scenari teorici

Tra i vari scenari citiamo:

- MSSM : Sleptoni o Chargini NLSP (Neutralino LSP)
- MSSM con RPV: Sleptoni o Chargini LSP con accoppiamenti che violano R-parità piccoli ( $\lambda < 10^{-6}$ )

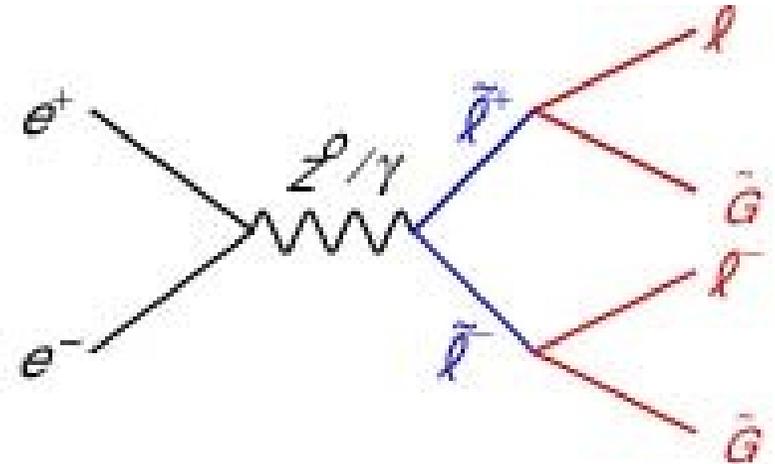
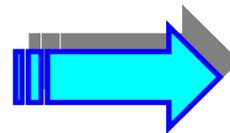
Ma in questa presentazione viene descritto in particolare:

- **GMSB: Sleptoni NLSP (Light Gravitino LSP)**

# Scenario GMSB

- LSP  $\longrightarrow$  Gravitino Leggero:  $m_{\tilde{G}} \lesssim O(\text{keV})$   
(Weakly interacting)
- NLSP  $\longrightarrow$  Sleptoni

$$\tilde{l} \longrightarrow l \tilde{G}$$



# Scenario GMSB

- Le topologie ricercate dipendono dalla lunghezza di decadimento ( $L$ ) delle particelle NLSP.
- Tra  $L$  e la massa del Gravitino vale:

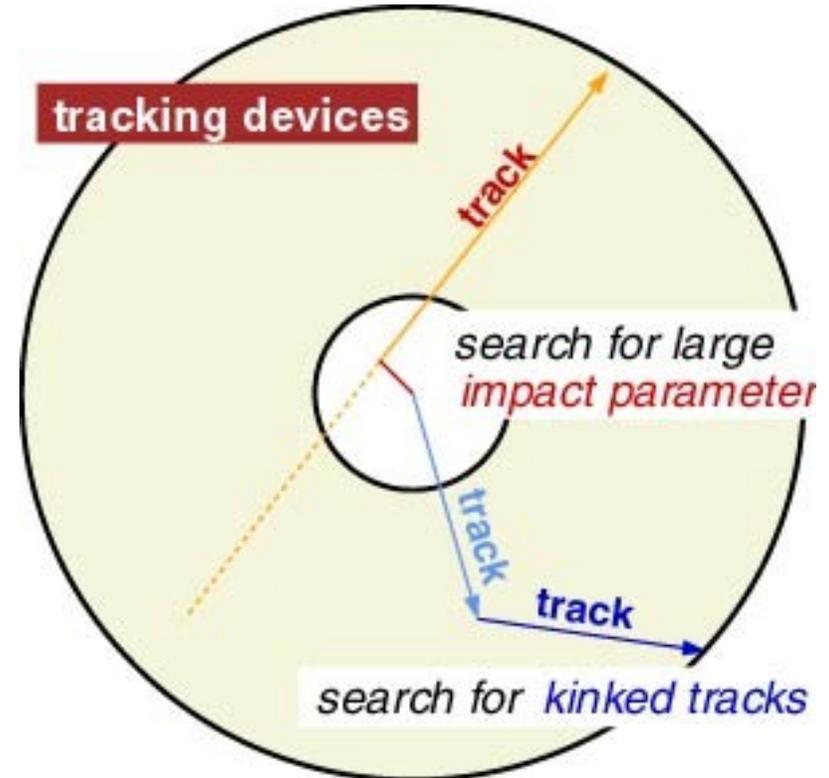
$$L_{(NLSP)} \sim \sqrt{\frac{E^2}{m_{NLSP}^2} - 1} \left( \frac{GeV}{m_{NLSP}} \right)^5 \left( \frac{m_{\tilde{G}}}{eV} \right)^2 cm$$

- La vita media infatti dipende dalla differenza:

$$\Delta m = m_{NLSP} - m_{\tilde{G}}$$

# Topologie

- Tre topologie in base alla vita media:
  - Small/Large Impact Parameters
  - Kinked Tracks
  - Stable Particles



# Dati utilizzati

- Luminosità medie raccolte dai 4 esperimenti:

**ALEPH, DELPHI, L3, OPAL**

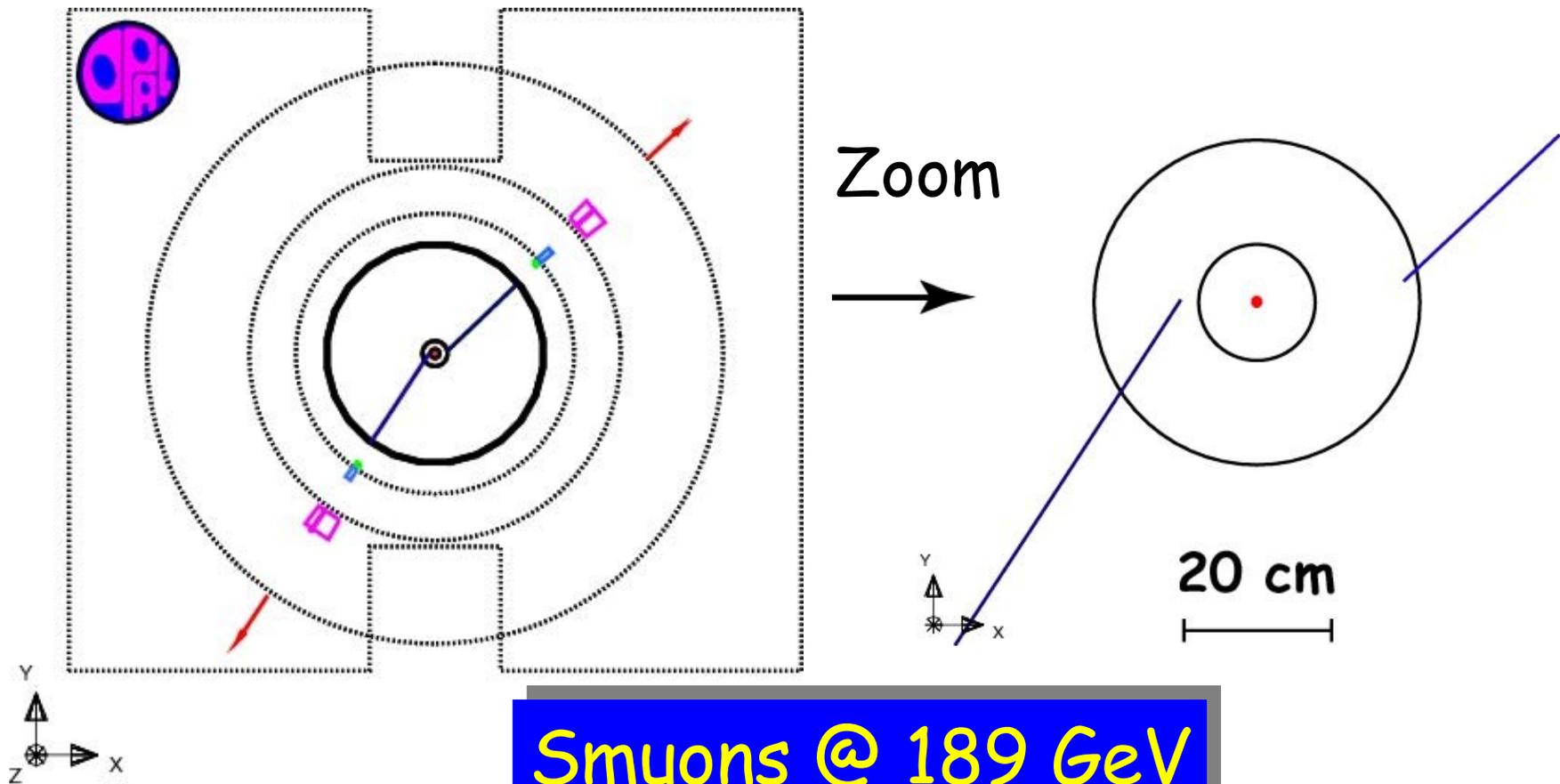
$\sqrt{s}$ (GeV)	Anno	Luminosità (pb <sup>-1</sup> )
130÷140	1995	5
161	1996	10
172	1996	10
183	1997	55
189	1998	150÷180
<b>192÷202</b>	<b>1999</b>	<b>210÷240</b>

# Large Impact Parameters

- Topologia:
  - Gli sleptoni decadono prima di raggiungere i rivelatori a tracciamento
  - Vertici secondari
  - $O(1\text{mm}) \leq L \leq O(40\text{cm})$
- Fondo:
  - Raggi cosmici
  - Eventi Bhabha e Two photons
  - Beam gas ed interazioni adroniche nel rivelatore
  - Bremsstrahlung

# Large Impact Parameters

- Esempio di evento Montecarlo:



# Large Impact Parameters

- Strategia:
  - Preselezione:
    - Riduzione del fondo non ben simulato (soprattutto per Bhabha e Two photons)
  - Cosmics Veto
    - Time of Flight e momento delle tracce
  - Tagli su:
    - Energia adronica ed elettromagnetica
    - Momento delle tracce
    - Acollinearità

# Large Impact Parameters

@ 192÷202 GeV

- Risultati:
  - L3 ed OPAL analisi ancora preliminari
  - ALEPH e DELPHI:

Collaborazione	Fondo atteso	Candidati
ALEPH*	0.6	1
DELPHI**	6.1	6

\* Per ALEPH non viene riportata distinzione tra Large IP e Kinked Tracks

\*\* Per DELPHI si sommano i risultati di due analisi (Small+Large IP)

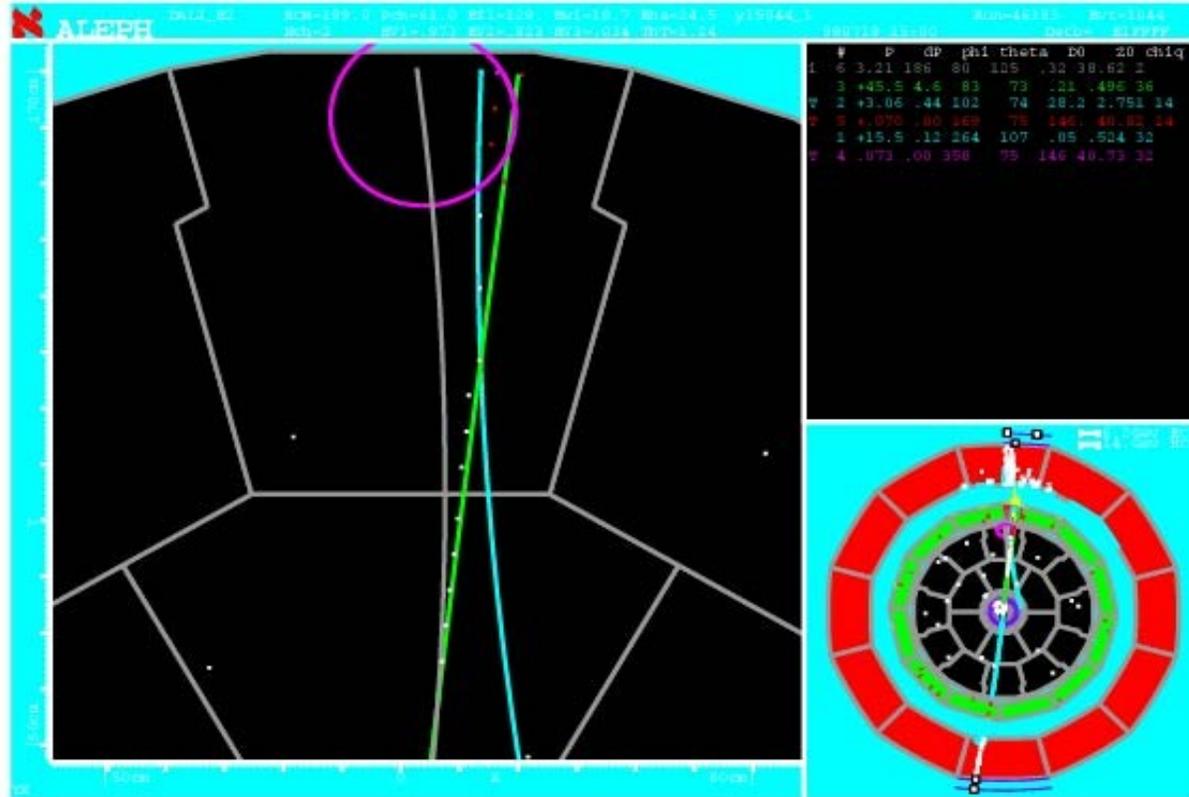
- Le efficienze massime variano dal 40% al 65%
- I risultati vengono combinati in plot di esclusione

# Kinked Tracks

- Topologia:
  - Gli sleptoni decadono all'interno dei rivelatori a tracciamento
  - Tracce spezzate
  - $O(10\text{cm}) \leq L \leq O(2\text{m})$
- Fondo:
  - Raggi cosmici
  - Eventi Bhabha e Two photons
  - Beam gas ed interazioni adroniche nel rivelatore
  - Bremsstrahlung e tracce malricostruite

# Kinked Tracks

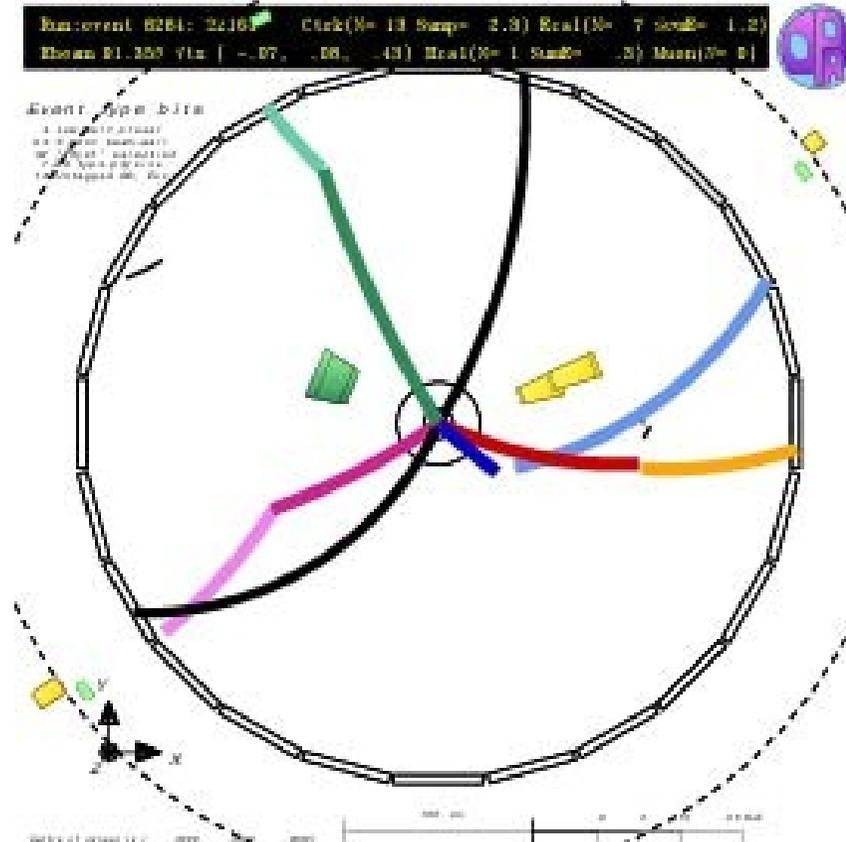
- Esempio di candidato:



**ALEPH @189 GeV**

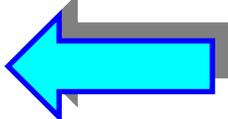
# Kinked Tracks

- Esempio di candidato:



**OPAL @189 GeV**

# Kinked Tracks

- Strategia (analoga a Large IP):
  - **Preselezione**
    - Per ridurre il fondo non simulato (Bhabha+Two photons)
  - **Cosmics Veto**  (più importante in questa analisi!)
    - Time of Flight e momento delle tracce
  - **Tagli su:**
    - Acollinearità
    - Momento delle tracce
    - Energia adronica ed elettromagnetica
- Nota:
  - si possono ricostruire più informazioni sull'evento osservato che nel caso Large IP

# Kinked Tracks

@ 192÷202 GeV

- Risultati:
  - L3 ed OPAL ancora preliminari
  - ALEPH e DELPHI:

Collaborazione	Fondo atteso	Candidati
ALEPH*	0.6	1
DELPHI	1	2

\* Per ALEPH non viene riportata distinzione tra Large IP e Kinked Tracks

- Le efficienze sono intorno al 55%
- I risultati vengono combinati in plot di esclusione

# Stable Particles

- Topologia:
  - Le particelle stabili decadono fuori dai rivelatori di tracciamento
  - Ionizzazione anomala
  - Niente sciame EM, ne' adronici
  - $L \geq O(2m)$
- Fondo:
  - Praticamente nullo

# Stable particles

## Smuons @ 200 GeV

• Esempio di evento Montecarlo:

```
Run:event 1000: 1 Ctrk(N= 2 Sump=100.5) Ecal(N= 2 SumE= .2)
Ebeam100.000 Vix ( -.03, .10, .30) Hcal(N= 5 SumE= 3.0) Muon(N= 2)
```

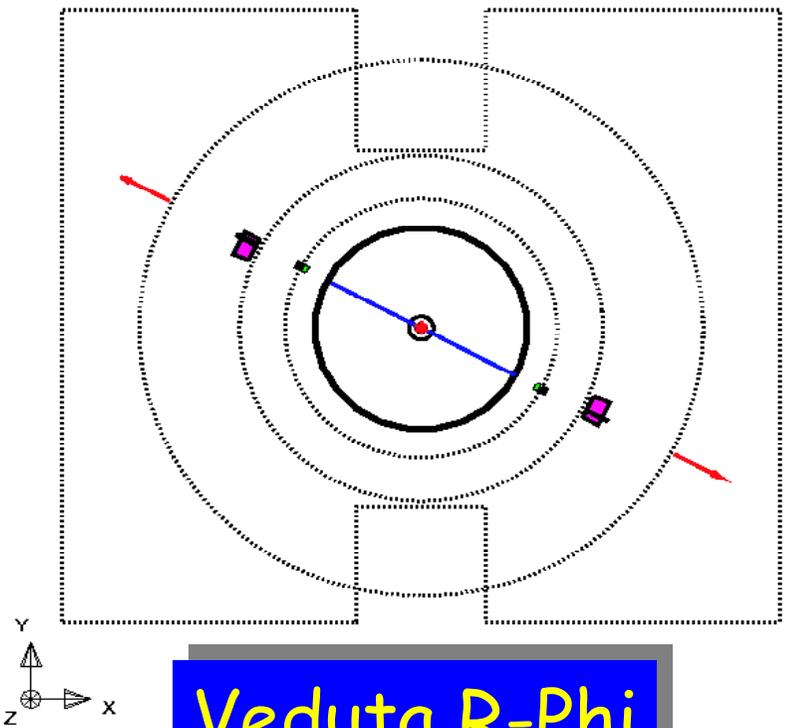


```
Run:event 1000: 13 Date 990908 Time 114322 Ctrk(N= 2 Sump= 89.8) Ecal(N= 0 SumE= 0) Hcal(N= 5 SumE= 2.8)
Ebeam100.000 Evis 93.7 Bmiss 107.3 Vix ( -.03, .10, .30) Muon(N= 2) Sec Vix(N= 0) Fdel(N= 0 SumE= .0)
Bz=4.350 Bunchlet 1 Thrust= .9999 Aplane= .0000 Oblat= .0160 Spher= .0004
```

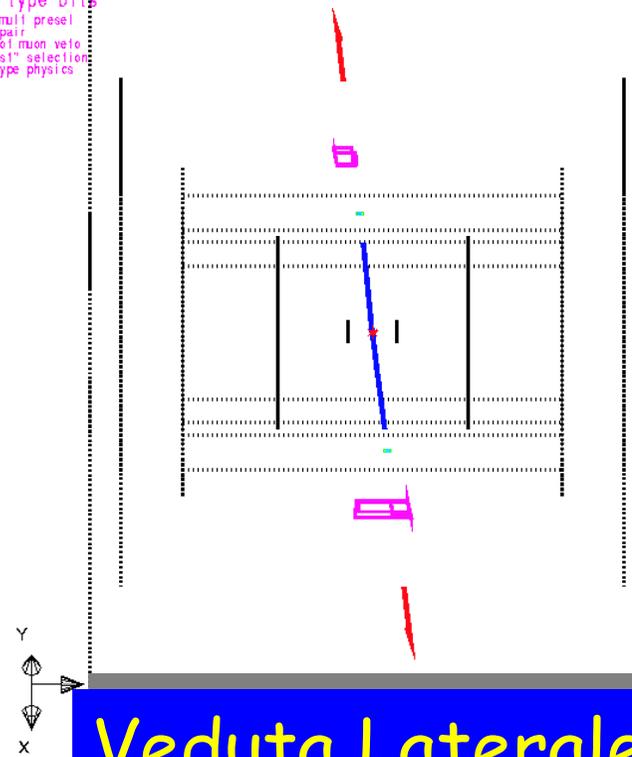


Event type bits  
 4 Low mult preset  
 20 Tau pair  
 22 S phot muon veto  
 32 "Phys1" selection  
 1 20 type physics

Status  
 Det Tr  
 CCV  
 CNZ  
 TB  
 PFB  
 PFB  
 PFB  
 PFB  
 HT  
 HP  
 MB  
 ME  
 FD  
 SW



Veduta R-Phi



Veduta Laterale

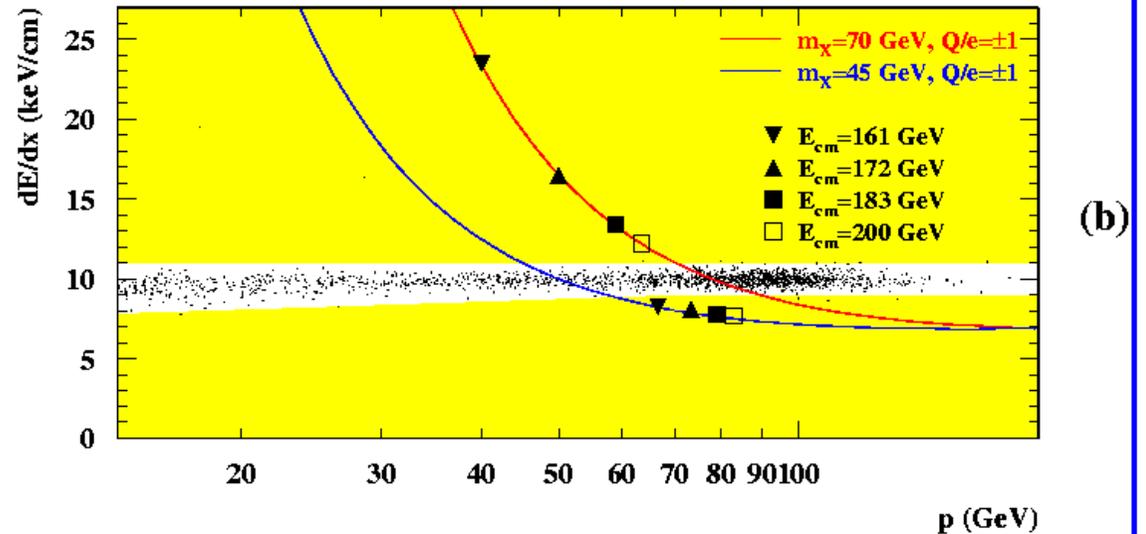
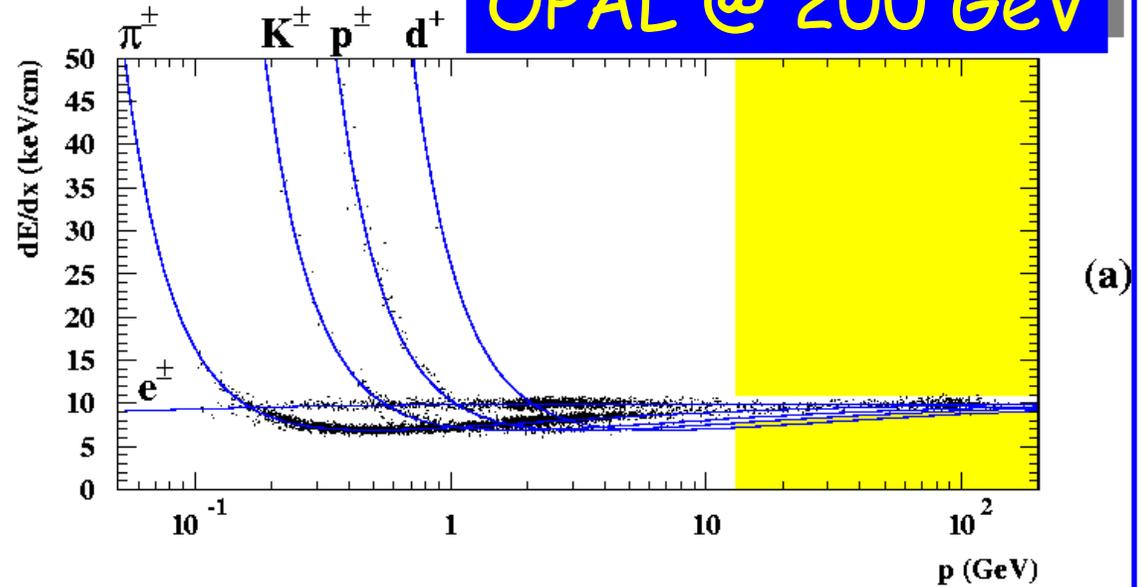
# Stable Particles

- Strategia:
  - Preselezione
    - per ridurre il fondo non simulato (Bhabha+Two photons)
  - Cosmics Veto
    - Time of Flight e momento delle tracce
  - Tagli su:
    - Acollinearità, momento delle tracce, inf. calorimetriche
  - Selezione basata sulla  $dE/dx$ 
    - *Ottimo discriminante tra fondo e segnale*
- Nota: Ottima efficienza eccetto la regione in cui  $dE/dx$  si sovrappone alle particelle standard

# Stable Particles

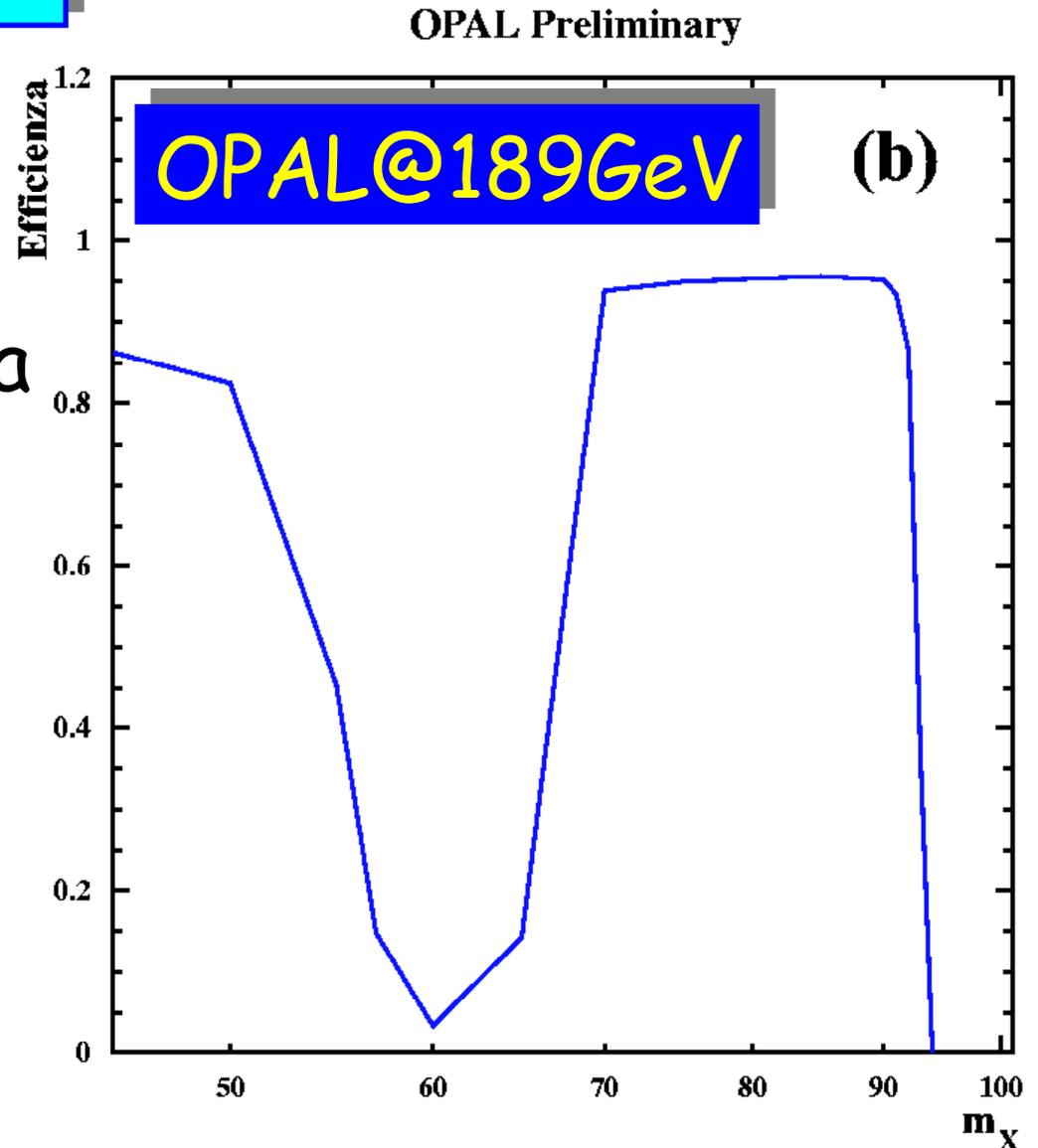
- Esempio di distribuzione in  $dE/dx$
- Ingrandimento della zona di selezione

OPAL @ 200 GeV



# Stable Particles

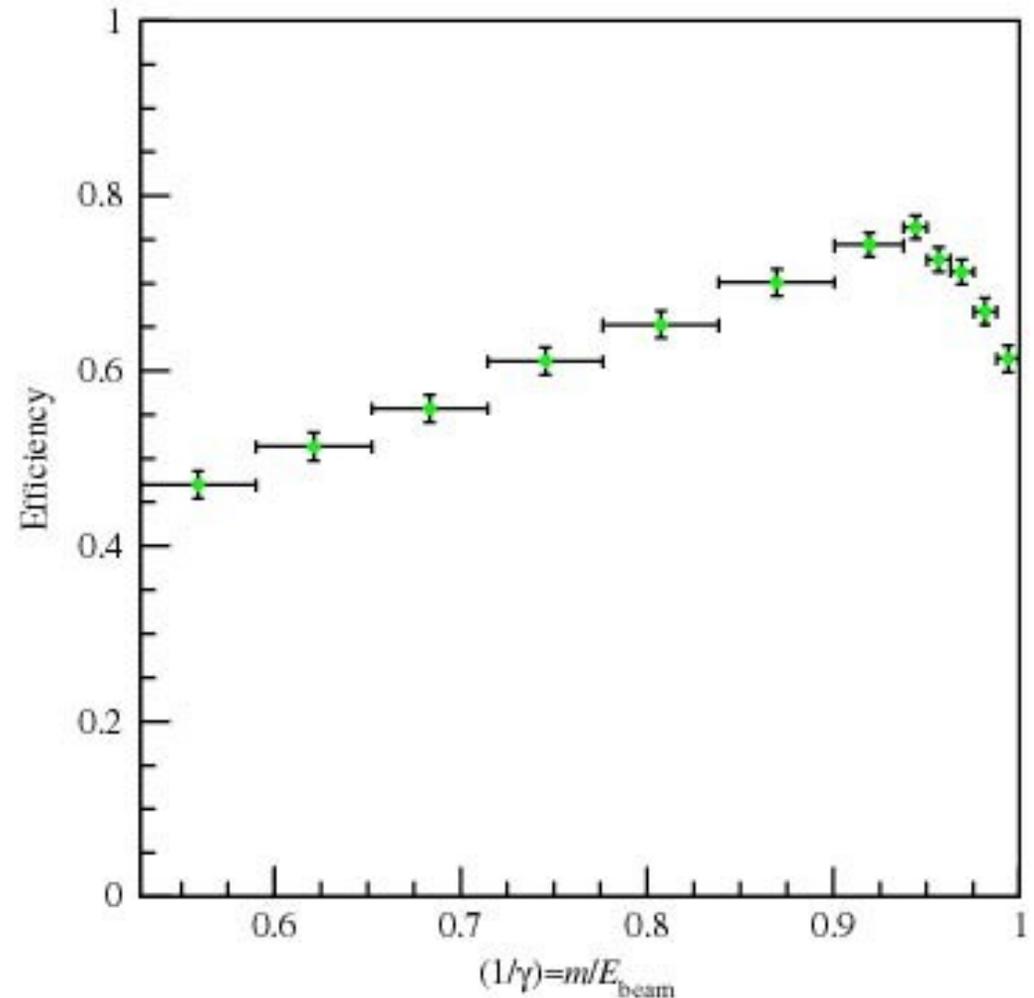
- Esempio di efficienza in funzione della massa della particella
- Nota: Brusco calo di efficienza dovuto ad overlap in  $dE/dx$  di particelle SM



# Aleph Stable Particles

## ALEPH @ 172 GeV

- Efficienza in funzione della massa della particella



# Delphi Stable Particles

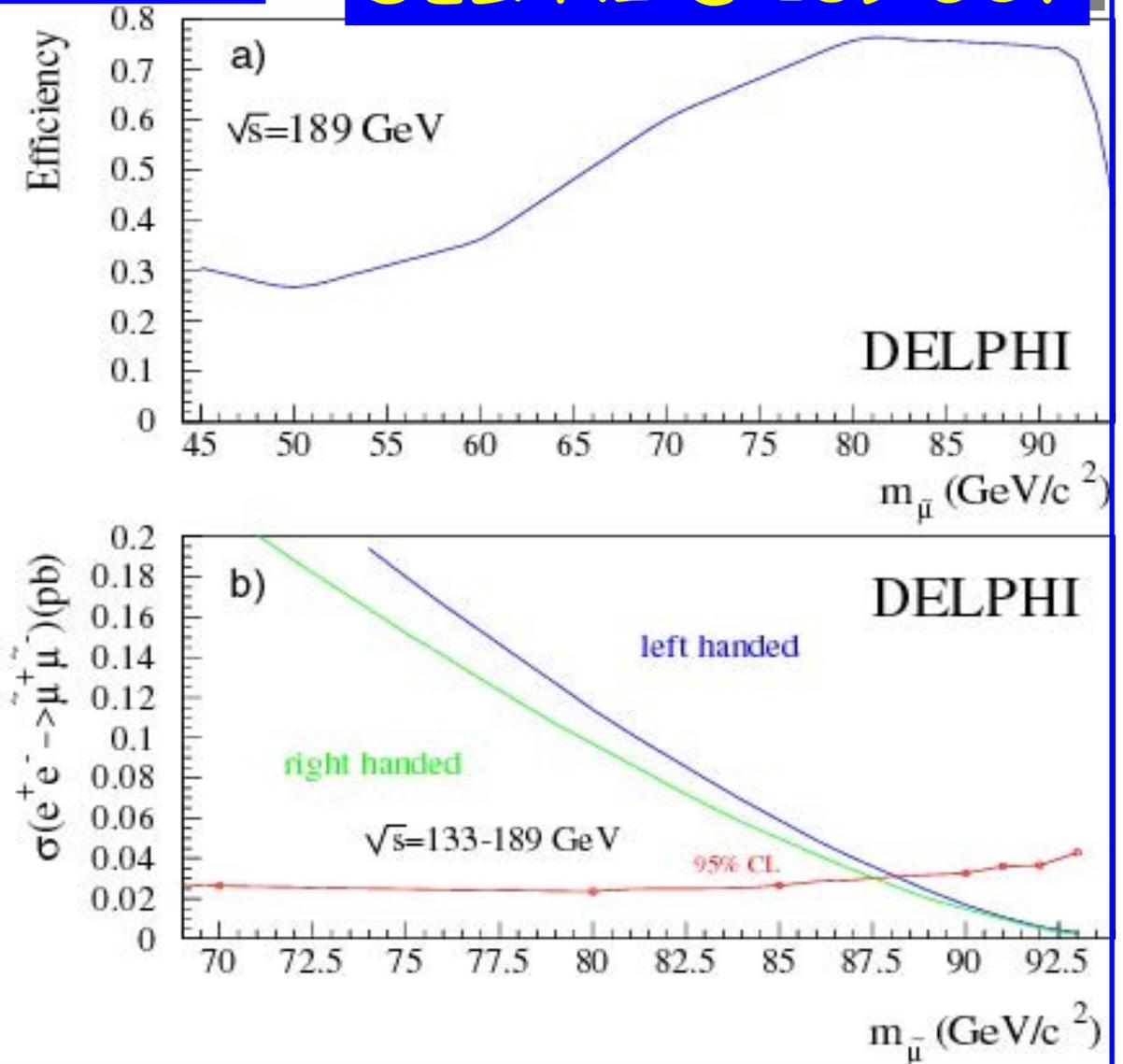
## DELPHI @ 189 GeV

- Efficienza vs. massa  $m_{\tilde{\mu}}$
- Limite in  $\sigma$ : 0.03 ÷ 0.05 pb

- Limiti in massa

$$m_{\tilde{\mu}_R} \geq 88 \text{ GeV}$$

$$m_{\tilde{\mu}_L} \geq 87.5 \text{ GeV}$$



# Stable Particles

- Risultati:
  - Per tutti e 4 gli esperimenti:

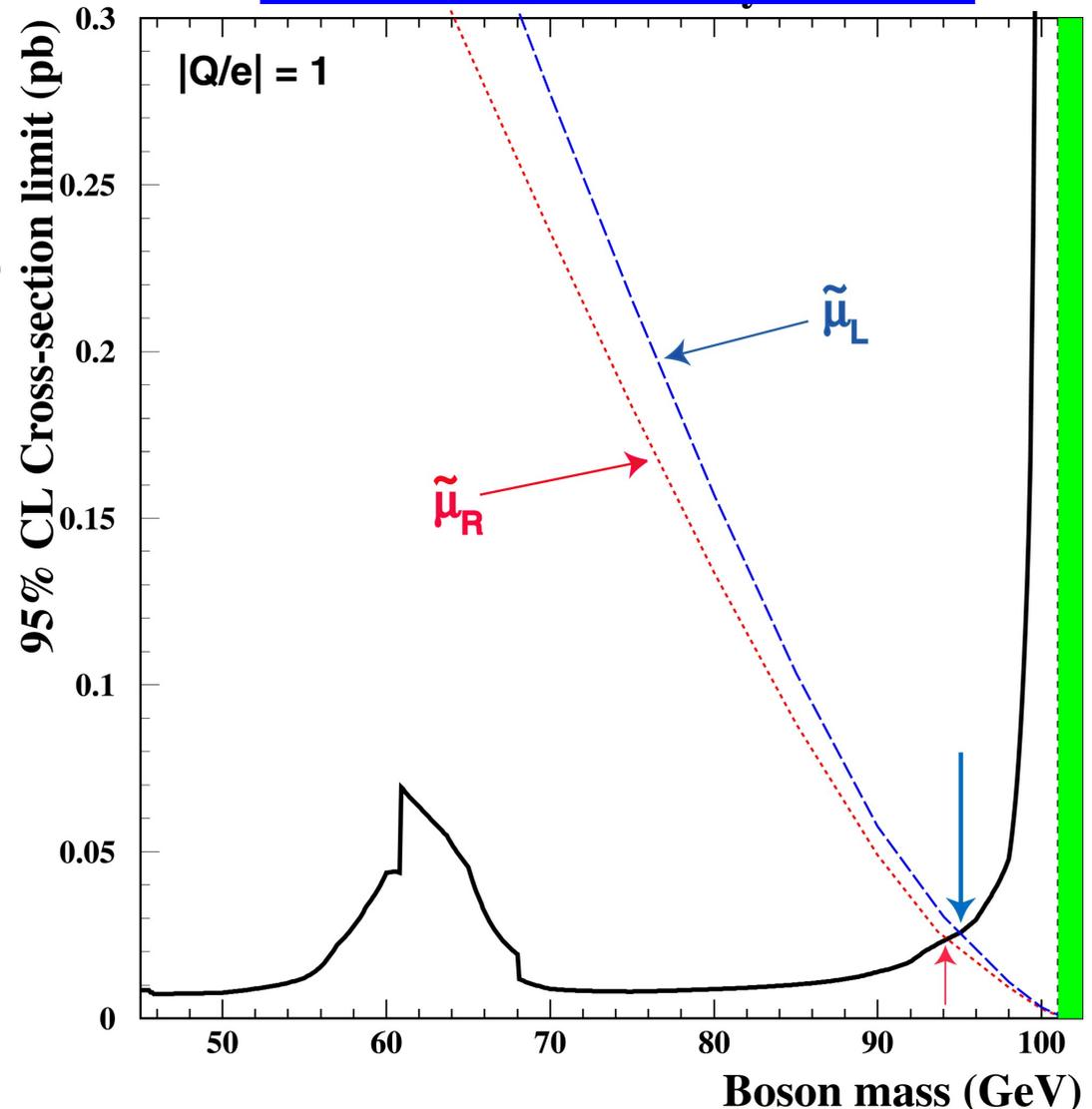
Collaborazione	Fondo atteso	Candidati	$\sqrt{s}$
ALEPH	1.1	1	192÷202
DELPHI	1.0	1	189
L3	4.9	5	189
OPAL	0.1	0	192÷202

- Da questi risultati si ricavano limiti superiori in sezione d'urto e inferiori in massa delle particelle

# Stable Particles

- Limite superiore in sezione d'urto  $0.01 \div 0.07$  pb per  $45 < m_x < 98.5$  GeV
- Limite inferiore in massa:
  - $m_{\tilde{\mu}_R} \geq 94$  GeV
  - $m_{\tilde{\mu}_L} \geq 95$  GeV

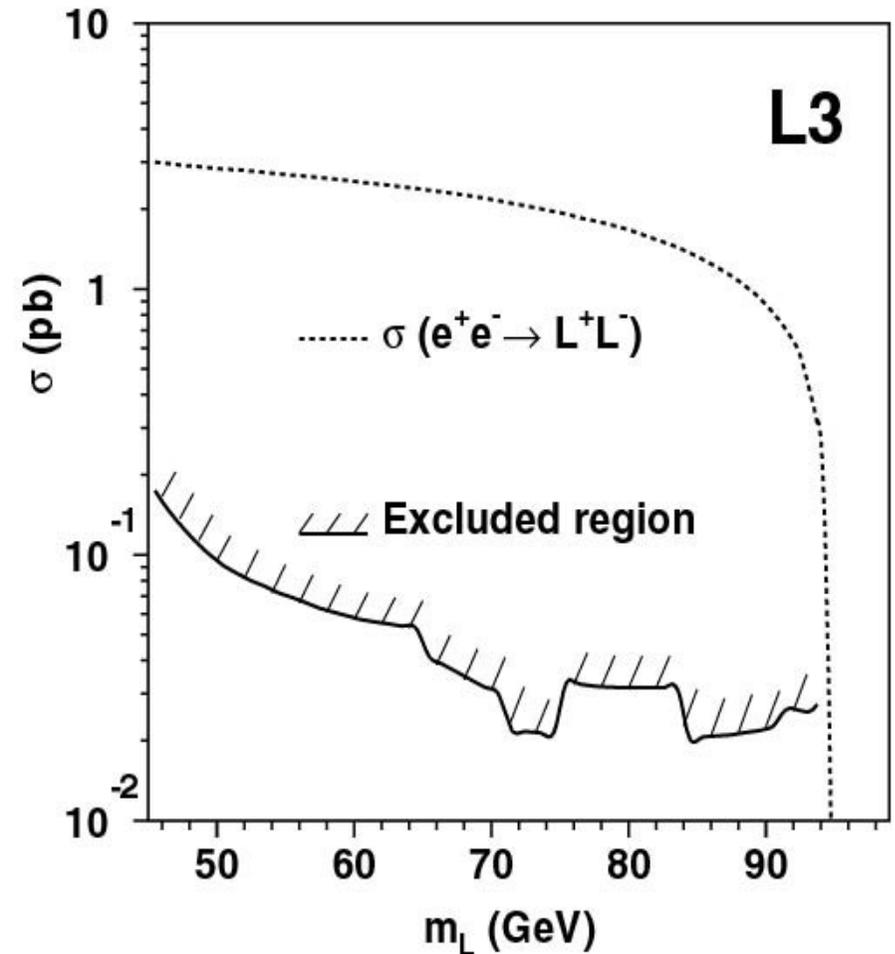
## OPAL @ 202 GeV



# Stable Particles

- Limite superiore in  $\sigma$ :  
0.01÷0.11 pb per  
 $45 \leq m_x \leq 94 \text{ GeV}$
- Limite in massa:  
 $m_{L^\pm} \geq 93.5 \text{ GeV}$

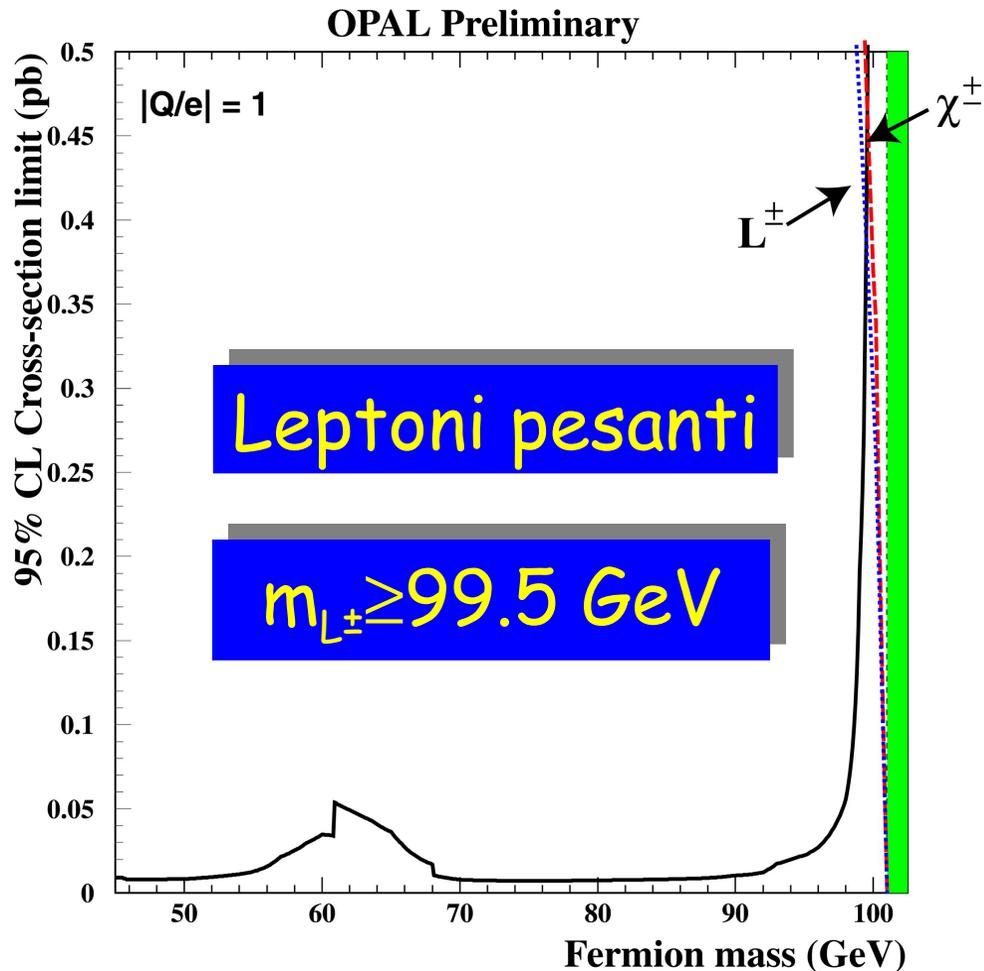
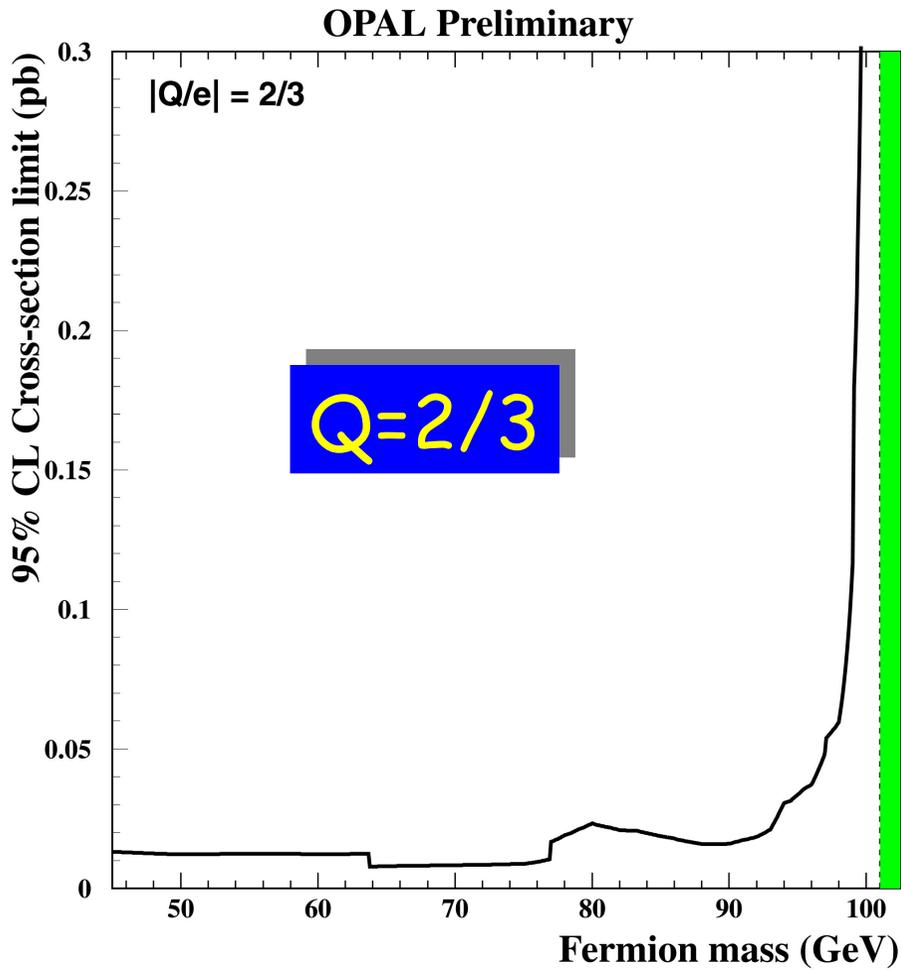
**L3 @ 189 GeV**



# Stable Particles

OPAL @ 202 GeV

- Limiti in sez. d'urto per due scenari esotici:

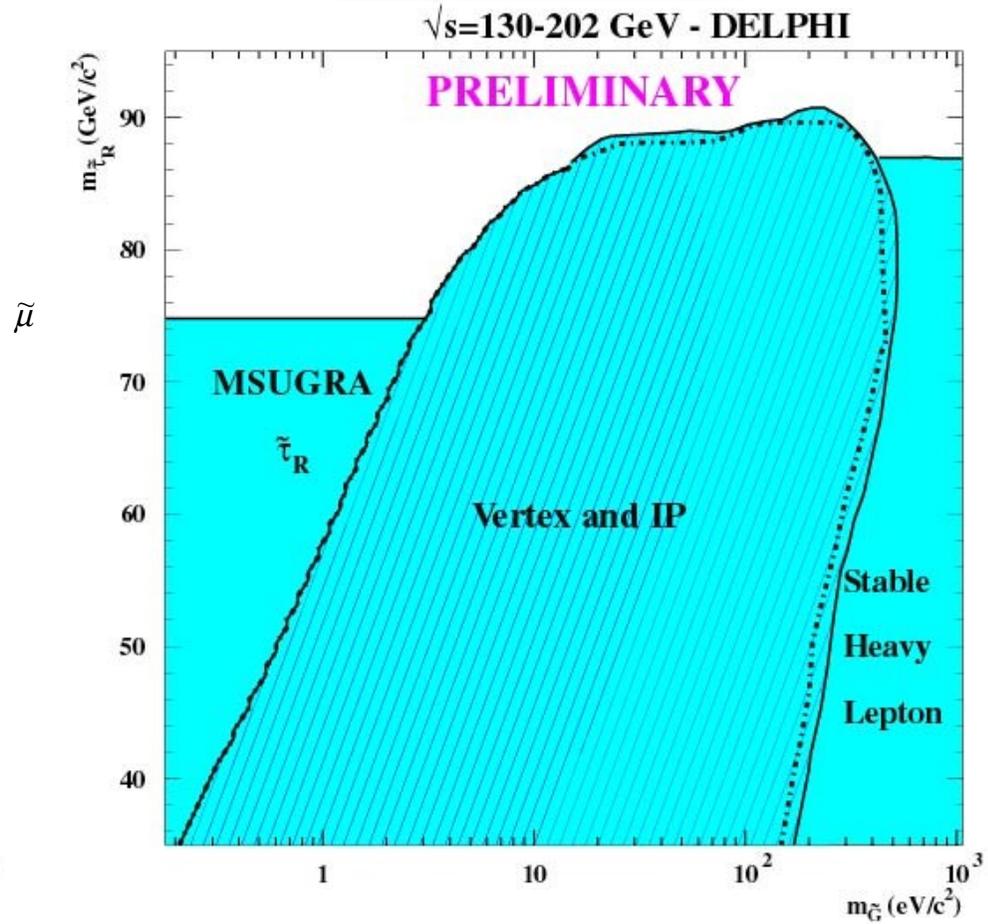
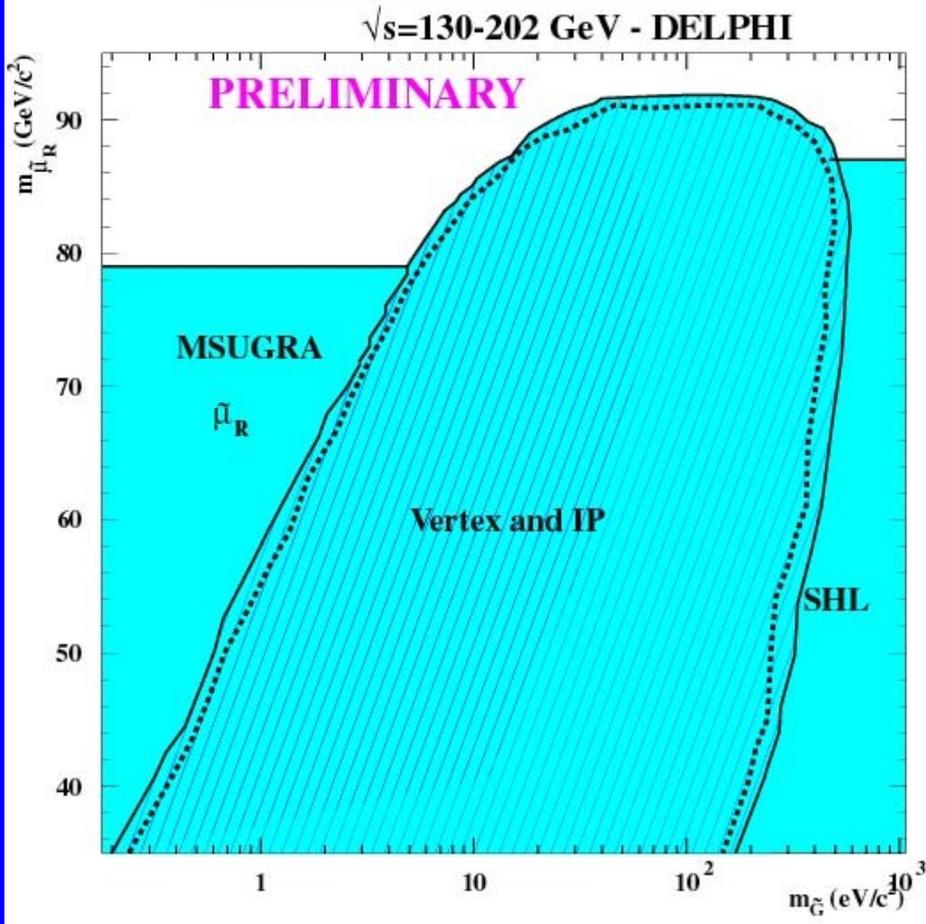


# Risultati combinati

**DELPHI 130-202 GeV**

**Smuone Right**

**Stau Right**

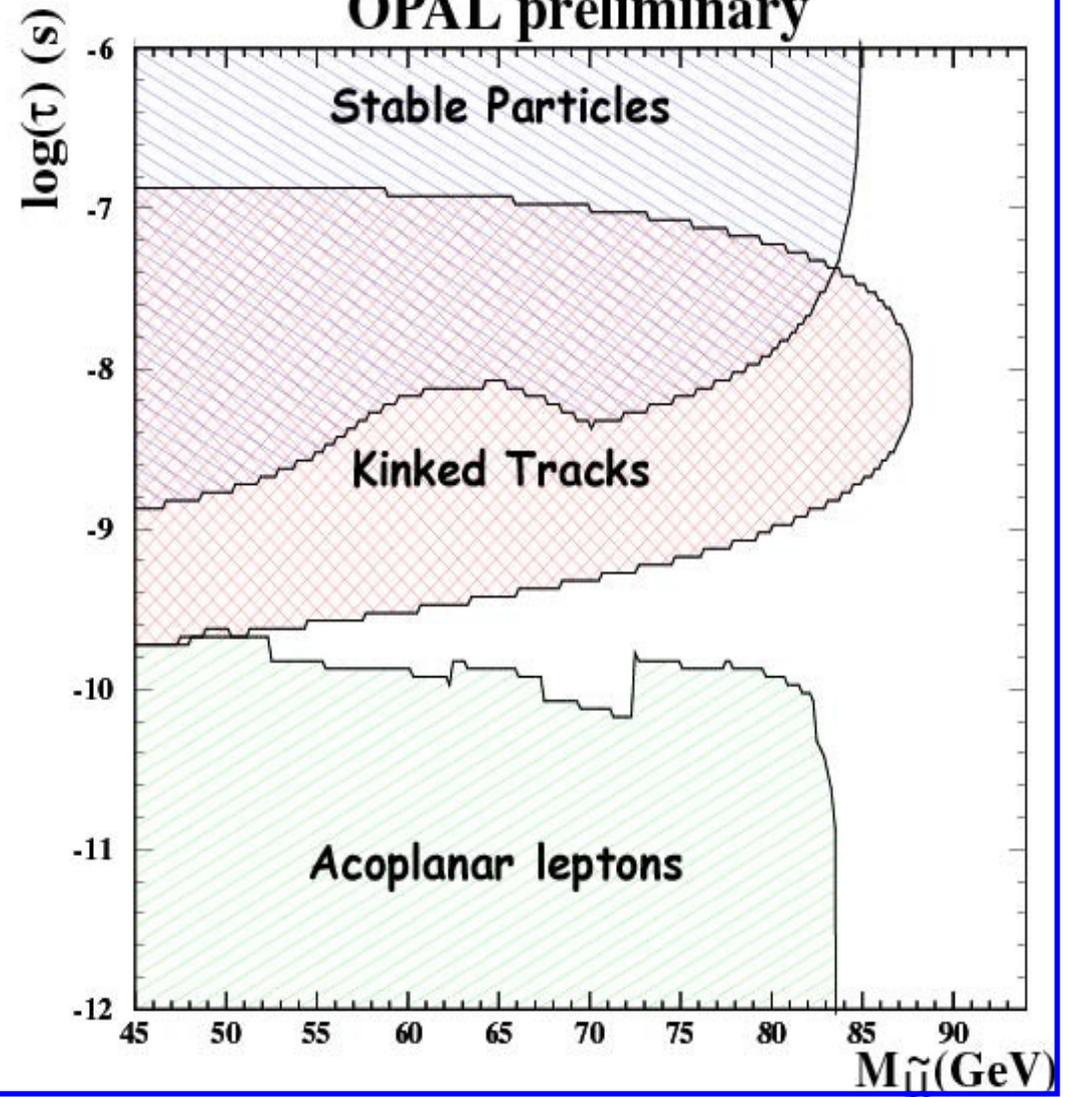


# Risultati combinati

- Plot di esclusione combinato
- Nota: si devono presto includere i risultati dall'analisi per Large IP

## OPAL @ 189 GeV

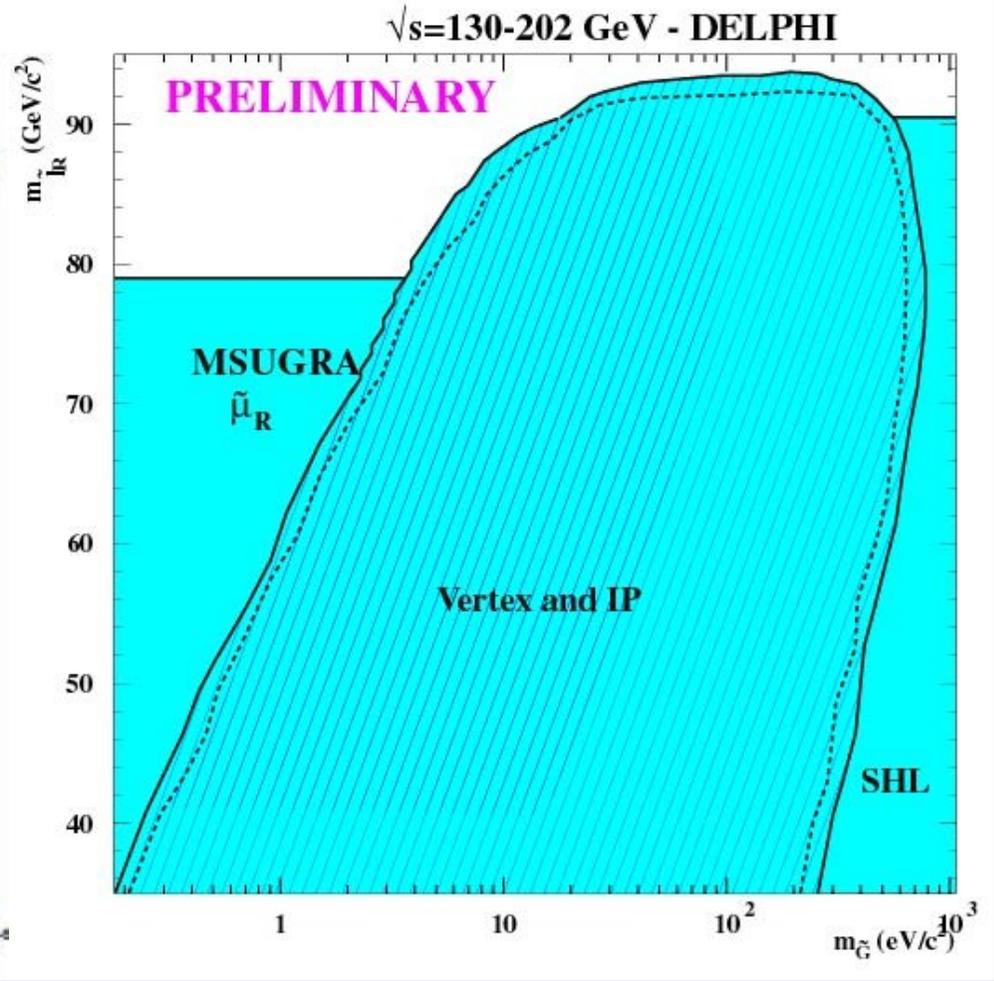
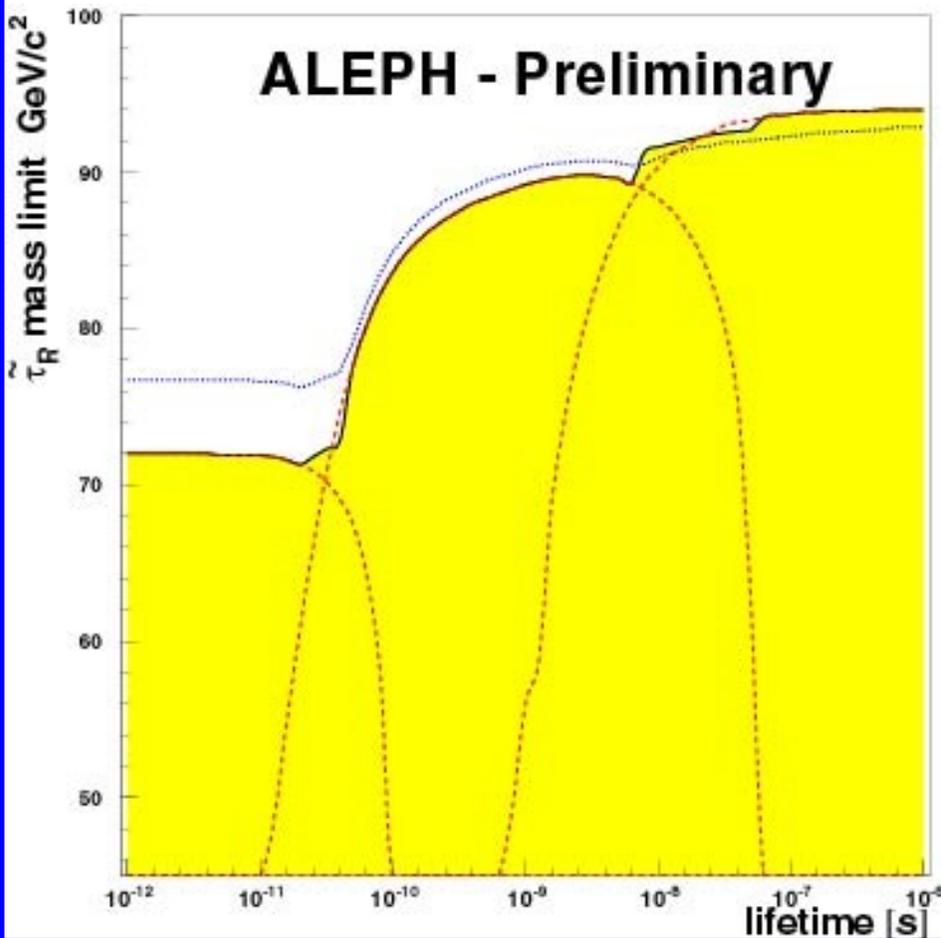
OPAL preliminary



# Risultati combinati

ALEPH @ 161-202 GeV

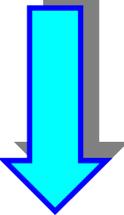
DELPHI @ 130-202 GeV

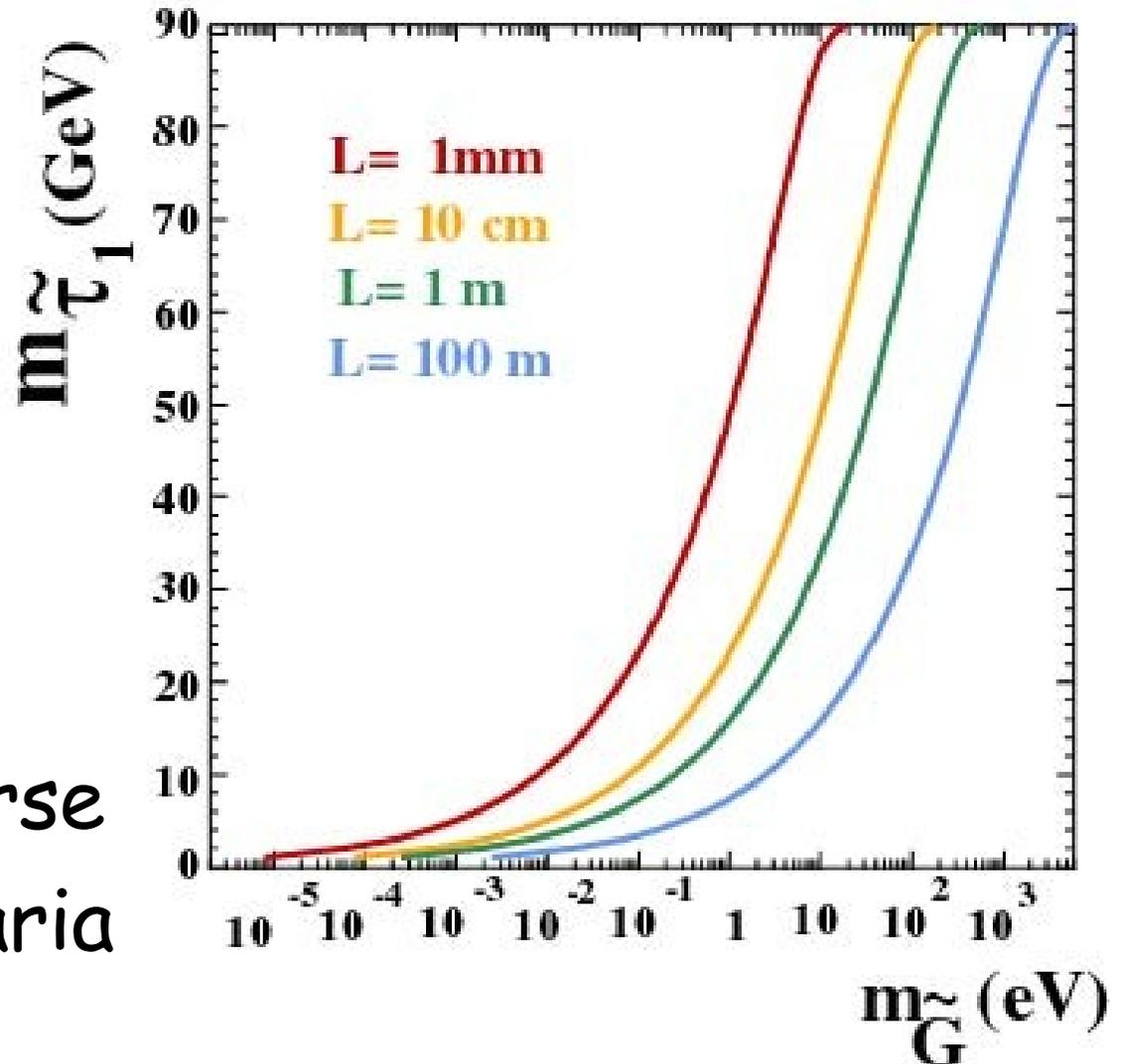


# Conclusioni

- Presto L3 ed OPAL completeranno il quadro di queste ricerche a LEP
- Svolte ricerche di particelle cariche per diversi intervalli di vita media
- Nessun eccesso rispetto alle previsioni dello SM, per cui si sono calcolati limiti in sezione d'urto e in massa, e si sono prodotti dei plot di esclusione
- Spremiamo LEP fino all'ultima run del 2000!

# Lunghezze di decadimento

- Si nota come la lunghezza di decadimento sia importante
- 
- Analisi delle diverse topologie necessaria



# Diagrammi di Feynman

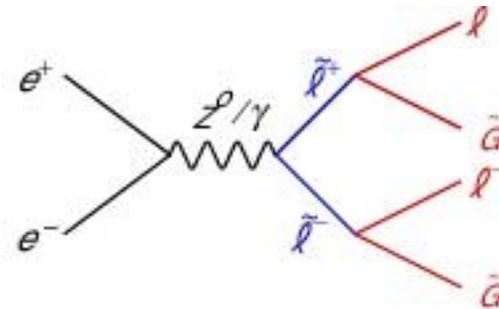
## GMSB 2leptons

Chargino NLSP

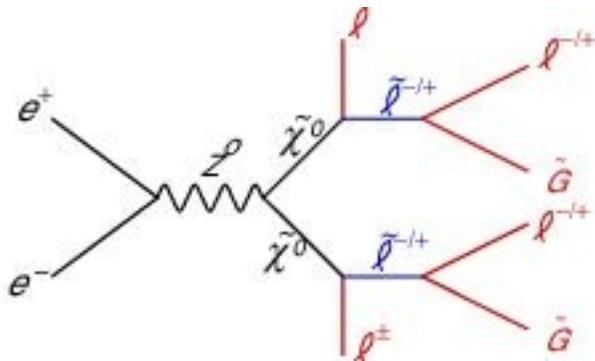
$$e^+e^- \rightarrow \tilde{\ell}^+\tilde{\ell}^- \rightarrow \tilde{\chi}_1^0 \ell^- \rightarrow \tilde{G}\gamma$$

$$\tilde{\chi}_1^0 \ell^+ \rightarrow \tilde{G}\gamma$$

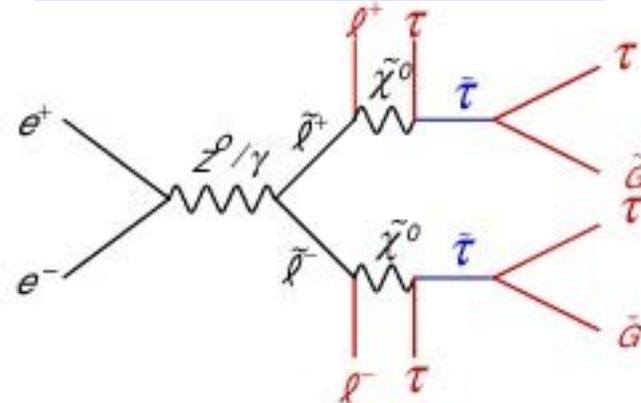
## GMSB 2leptons



## GMSB 4leptons



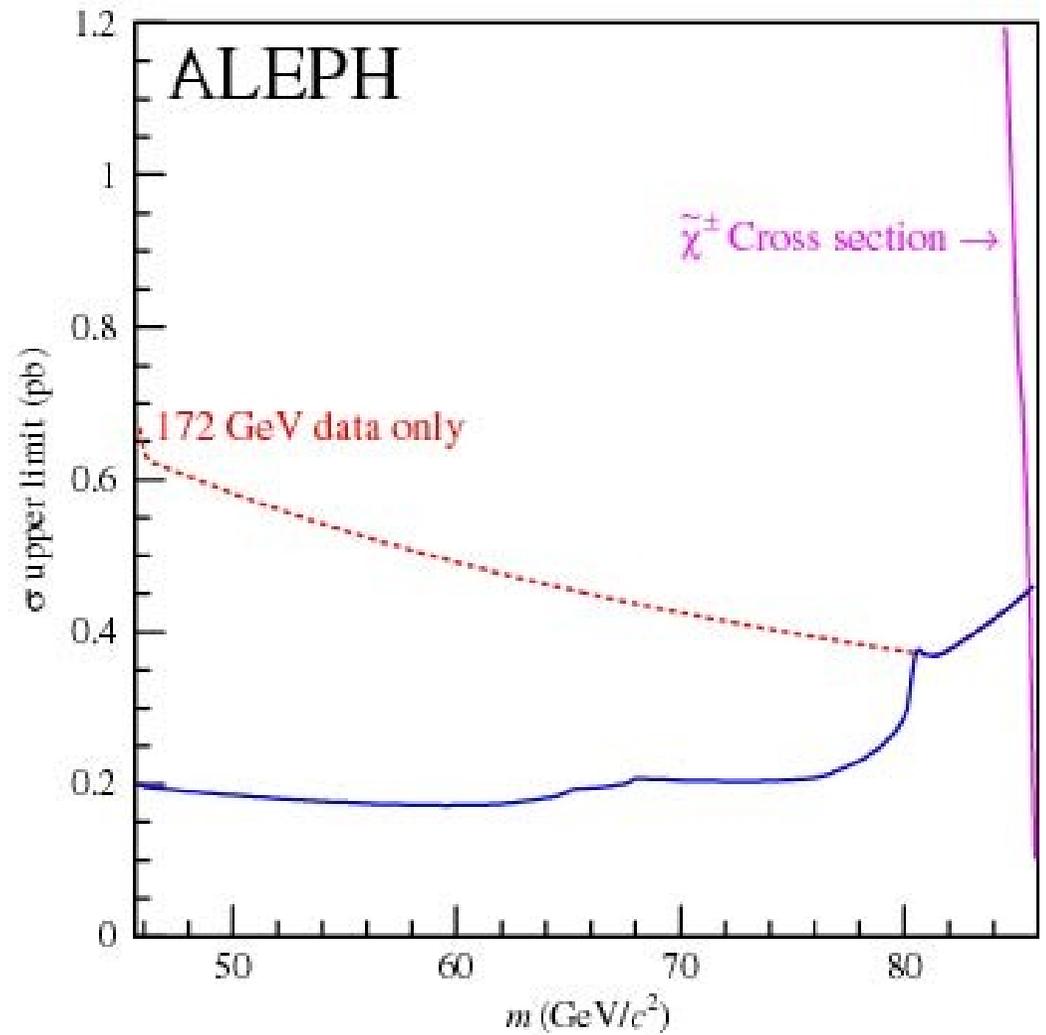
## GMSB 4leptons



# ALEPH Stable Particles

ALEPH @ 172 GeV

- Limite in sezione d'urto

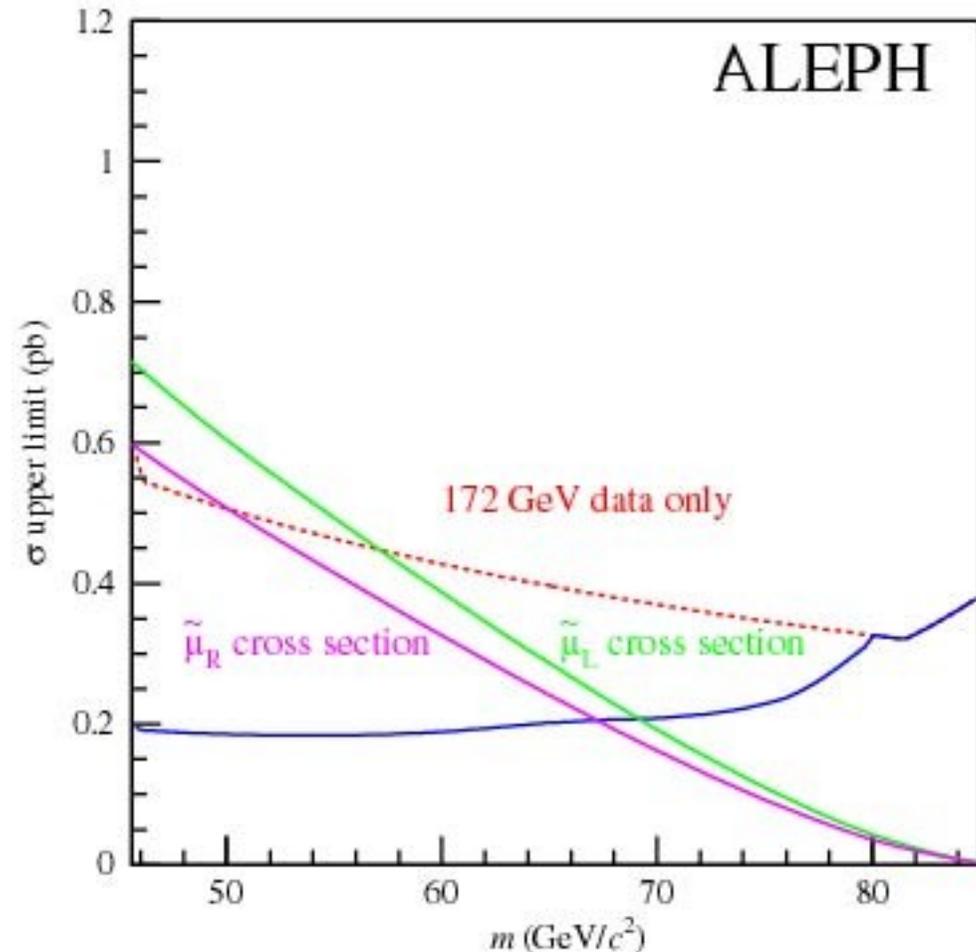


# ALEPH Stable Particles

- Limite superiore in sezione d'urto: 0.2-0.4 pb
- Limite in massa:

$$m_{\tilde{\mu}_R} \geq 86 \text{ GeV}$$

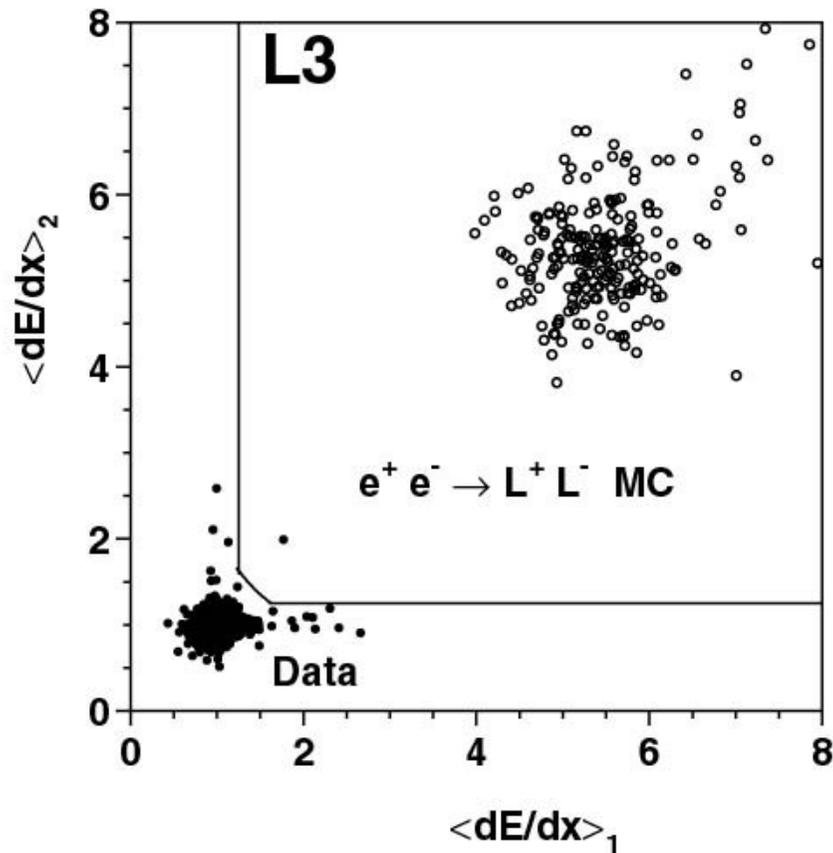
ALEPH @ 172 GeV



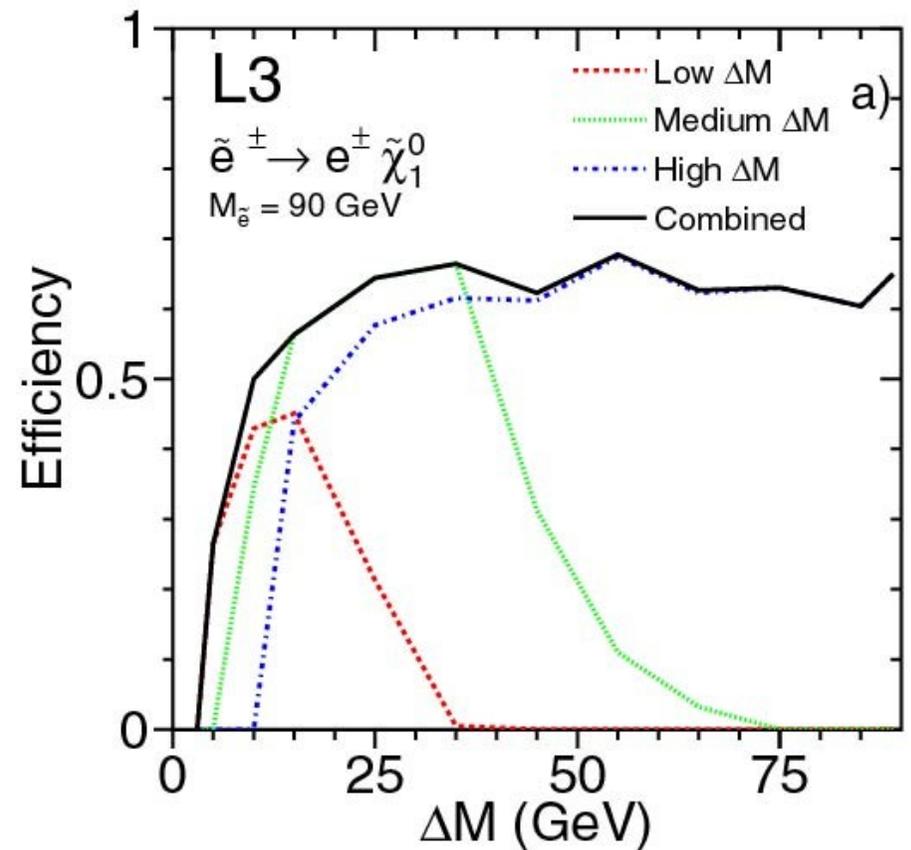
# L3 Stable Particles

L3 @ 189 GeV

Distribuzione  
 $dE/dx$



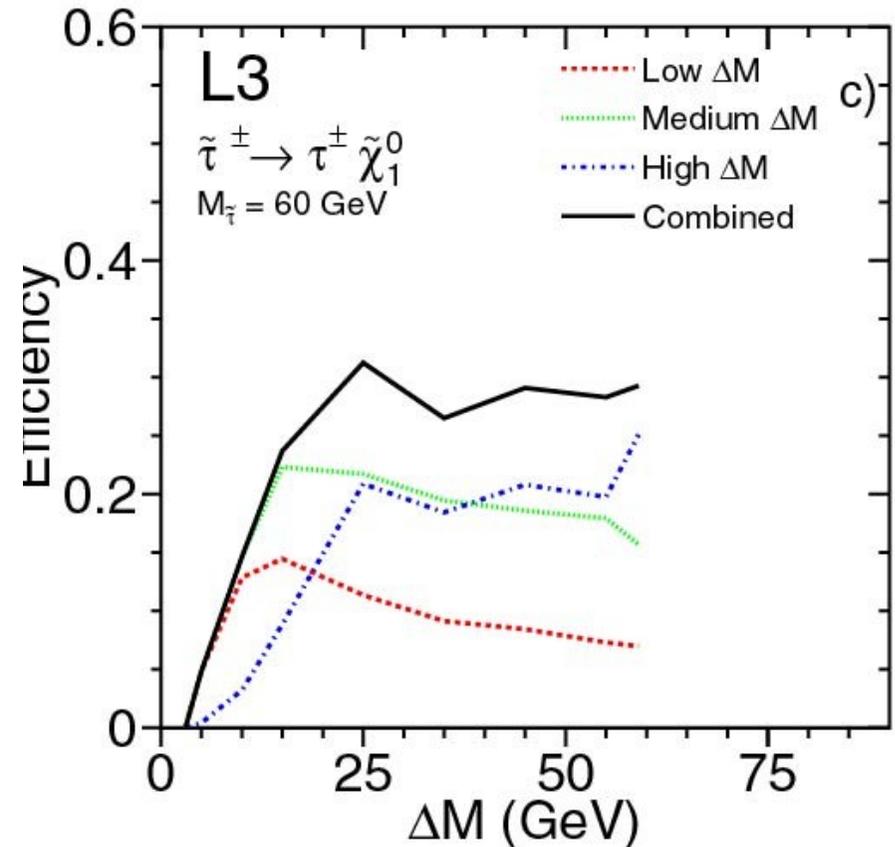
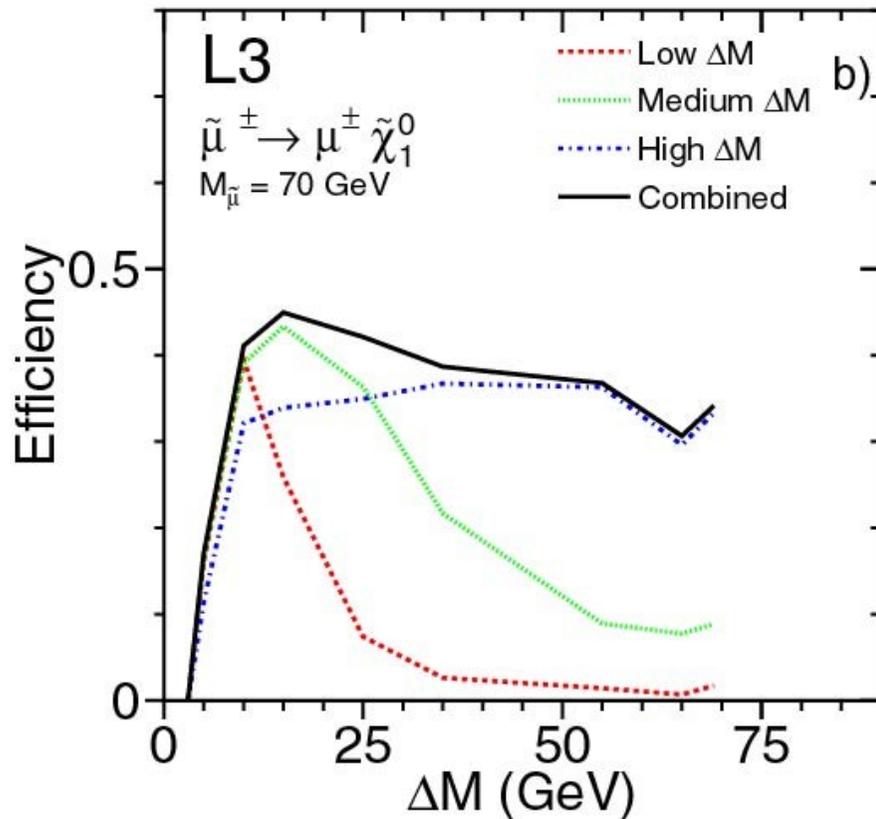
Efficienza  
selettione



# L3 Stable Particles

L3 @ 189 GeV

- Efficienze in funzione della differenza di massa



# Pausa Caffè



Illy?

