F.R. Cavallo per MILEP. 08.04.99

RICERCHE DI SLEPTONI A LEP2

$(\tilde{e}, \tilde{\mu}, \tilde{\tau}) \times (L, R) \times (m_{\tilde{\chi}_1^o} (>, <) m_{\tilde{l}}) \times (MSSM \times (\Delta m\, grande, medio, piccolo), GMSB \times (c\tau\, grande, medio, piccolo)) \times (ALEPH, DELPHI, L3, OPAL)$

! ! !

- Meccanismi di produzione (gerarchie di masse)
- Canali di decadimento (gerarchie di masse, meccanismi di rottura di SUSY)
- Corrispondenti fenomenologie.
- Background e strategie comuni.
- Esempi di selezioni.
- Carrellata di risultati.

Produciozione di sleptoni a LEP2

- Produzione diretta:

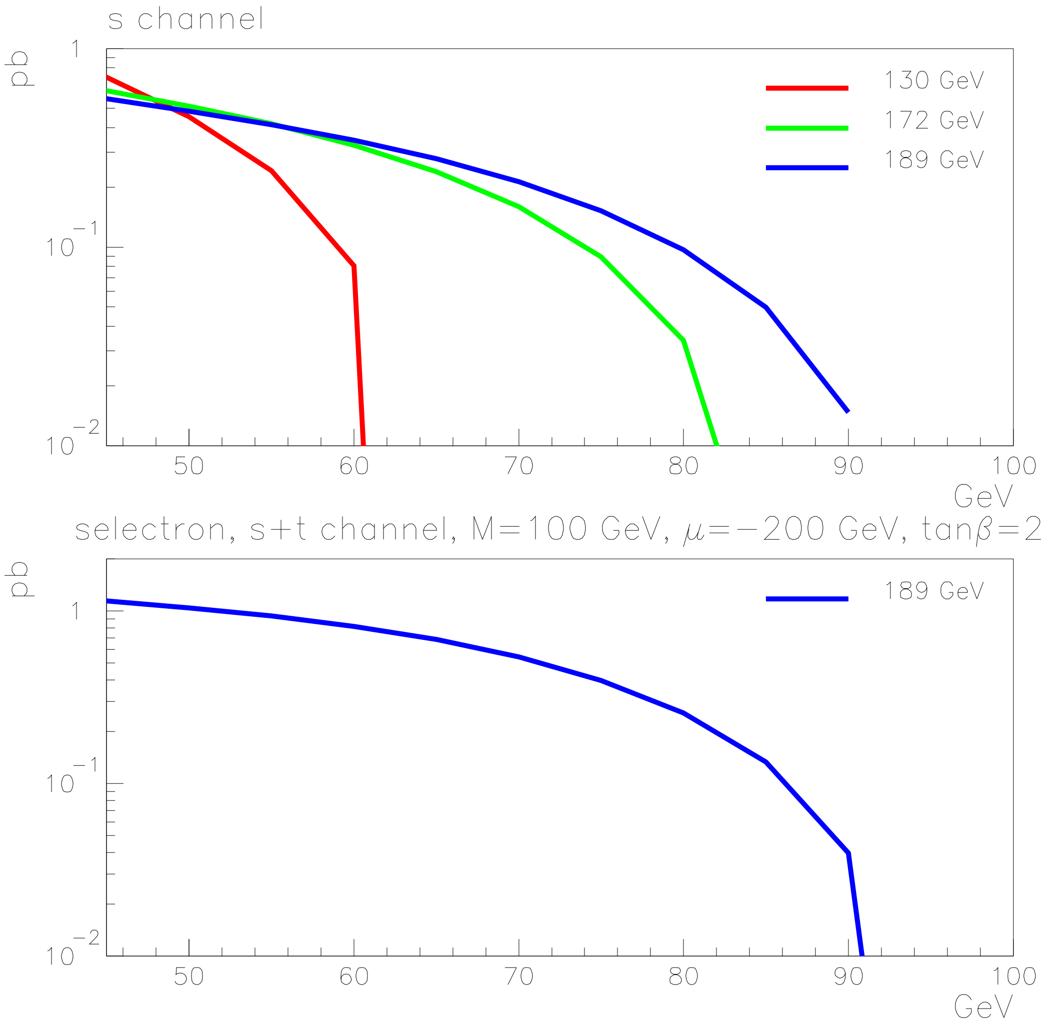
$$e^+e^- \rightarrow \tilde{l}^+\tilde{l}^-$$

  - $\tilde{\mu}, \tilde{\tau}$: canale s (γ^*, Z^*); σ dipende da $m_{\tilde{l}}$ e dalle frazioni di (L,R)
  - $\tilde{e}$: canale s + t. σ dipende da $m_{\tilde{e}}$, da (R,L) e da (M, μ, tan β).
    Possibile produzione di $\tilde{e}_R\tilde{e}_L$.

- Cascata: se $m_{\tilde{\chi}^o} > m_{\tilde{l}}$:

$$e^+e^- \rightarrow \tilde{\chi}^o\tilde{\chi}^o \rightarrow \tilde{l}l\tilde{l}l$$

Sezione d'urto per $e^+e^- \to \tilde{l}\tilde{l}$ (SUSYGEN)



A: $\sigma(e^+e^- \to \tilde{l}_R\tilde{l}_R)$ (canale s)

B: $\sigma(e^+e^- \to \tilde{e}_R\tilde{e}_R)$ (canale s+t) nei dintorni del minimo

$(M_2 = 200\,GeV, \mu = -200\,GeV, tan\beta = 2)$

Decadimenti di sleptoni

Se R è conservata il decadimento termina con la produzione di LSP, non rivelabile $\Rightarrow$ energia mancante.

Scenari possibili:

- MSSM LSP = $\tilde{\chi}_1^o$
  $\Rightarrow$ Decadimento dominante: $\tilde{l} \rightarrow l\tilde{\chi}_1^o$.
  Se $m_{\tilde{l}} > \tilde{\chi}_2^o$, anche : $\tilde{l} \rightarrow l\tilde{\chi}_2^o \rightarrow l\tilde{\chi}_1^o Z^*$
- GMSB LSP = $\tilde{G}$
  $\Rightarrow$ Decadimento dominante: $\tilde{l} \rightarrow l\tilde{G}$.
  $\Rightarrow$ Se $m_{\tilde{l}} > \tilde{\chi}_1^o$, anche : $\tilde{l} \rightarrow l\tilde{\chi}_1^o \rightarrow l\tilde{G}\gamma$
  Se invece $m_{\tilde{l}} < \tilde{\chi}_1^o < E_{beam}$:
  $\Rightarrow$ $\tilde{\chi}_1^o \rightarrow \tilde{l}l \rightarrow ll\tilde{G}$

Analisi esistenti

Produzione	Decadimento		Altre ipotesi	Analisi
$l\tilde{l}$	MSSM	$\tilde{l} \to \tilde{\chi}^o l$		A D L O
$\tilde{e}_R\tilde{e}_L$		$\tilde{e}_L \to e\chi^o$	$(m_{\tilde{e}_R} - m_{\tilde{\chi}^o}) \to 0$	A
$\tilde{l}\tilde{l}$	GMSB	$\tilde{l} \to l\tilde{G}$		A D *
		$\tilde{l} \to \tilde{\chi}^o l \to \gamma\tilde{G}l$	$m_{\tilde{\chi}^o} < m_{\tilde{l}}$	A (D)
$\tilde{\chi}^o\tilde{\chi}^o$		$\tilde{\chi}^o \to \tilde{l}l \to ll\tilde{G}$	$m_{\tilde{\chi}^o} > m_{\tilde{l}}$	A D

* $\Rightarrow$ Risultati di OPAL e L3 per particelle massive stabili ($m_{\tilde{G}} \to \infty$): v. P. Giacomelli

() $\Rightarrow$ "work in progress".

Decadimenti MSSM

$$\tilde{l}\tilde{l} \to \tilde{\chi}^o l \tilde{\chi}^o l$$

Topologia:

in generale:
2 leptoni delle stesso sapore $+ \, p_T \, mancante$

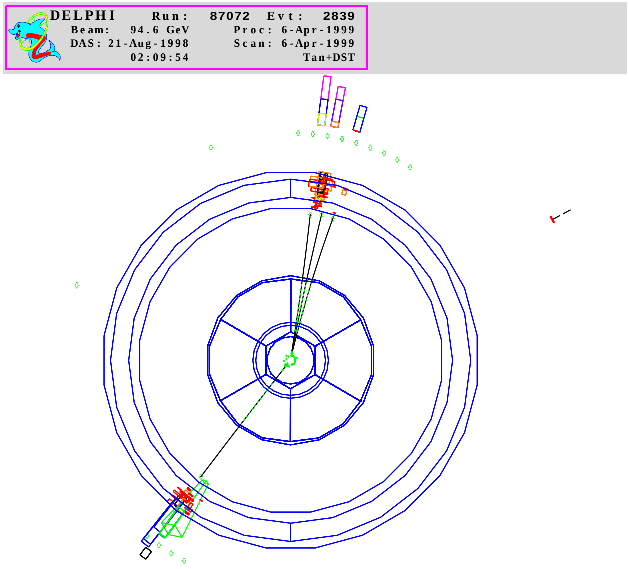
in particolare:
dipende da $\Delta m = m_{\tilde{l}} - m_{\tilde{\chi}^o}$

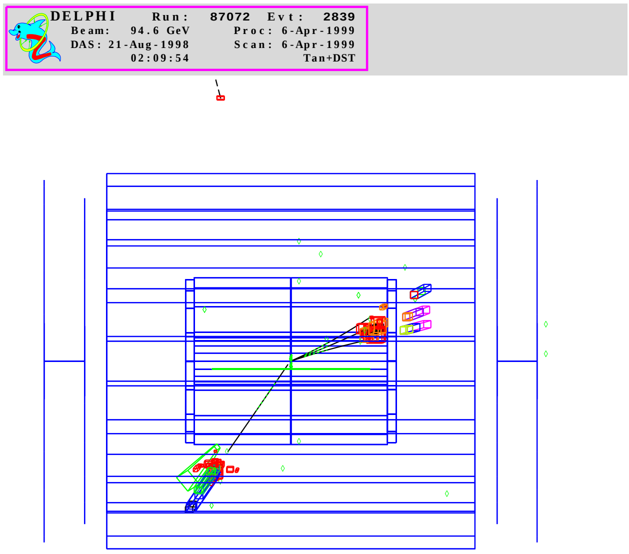
Importanza dell'ermeticità per la misura di energia e momento mancanti
(STIC, taggers, MIP, ..)

Fondi dal Modello Standard:

Fondo	Dominante a	Metodi usati per sopprimerlo
$\gamma\gamma$	piccoli Δm	Energia in avanti, Energia visibile Massa visibile Momento trasverso tracce
2 leptoni radiativi		Acoplanarità Acolinearità Energia neutra
WW leptonici	grandi Δm	Momento delle tracce (”sliding cuts”) Angolo polare

Esempio di candidato $\tilde{\tau}\tilde{\tau}$





Risultati a 189 GeV

Eventi osservati e aspettati in ciascun canale da ciascun esperimento

	Aleph 174 pb^{-1}	Delphi 158 pb^{-1}	L3 176 pb^{-1}	Opal (*) 77 pb^{-1}
ee	33 32.8	45 38.5	21 23.1	14 9.5
$\mu\mu$	28 29.6	17 17.5	19 21.0	9 5.6
$\tau\tau$	21 15.5	9 10.6	14 15.5	9 10.1

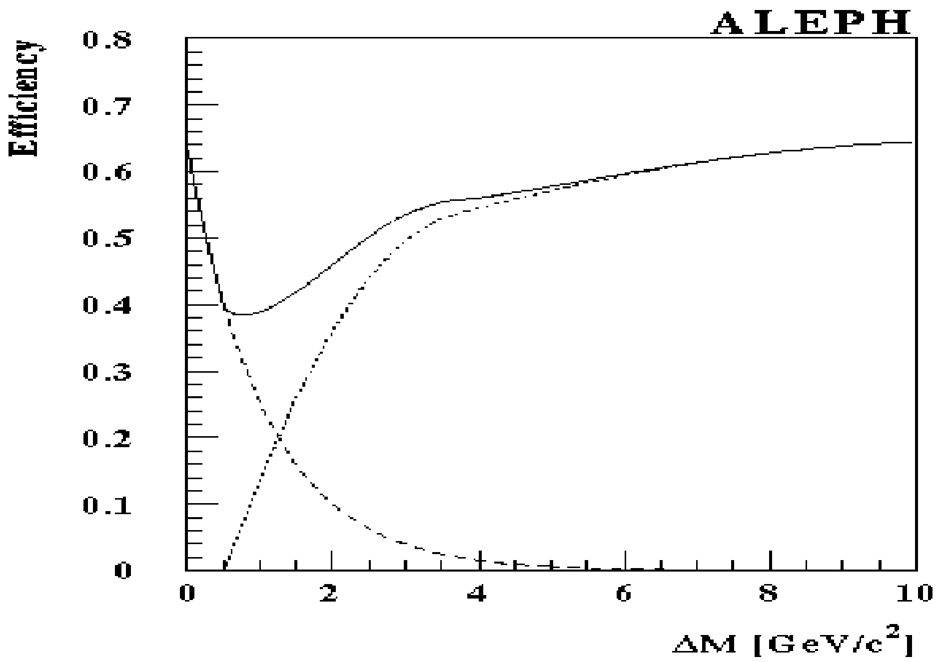
(*) I numeri di Opal si riferiscono a $m_{\tilde{l}} = 80\,GeV$, $m_{\tilde{\chi}^o} = 0$ e a $\sqrt{s} = 183$ GeV.

$$\tilde{e}_L \tilde{e}_R \rightarrow \tilde{\chi}^o e \tilde{\chi}^o e$$

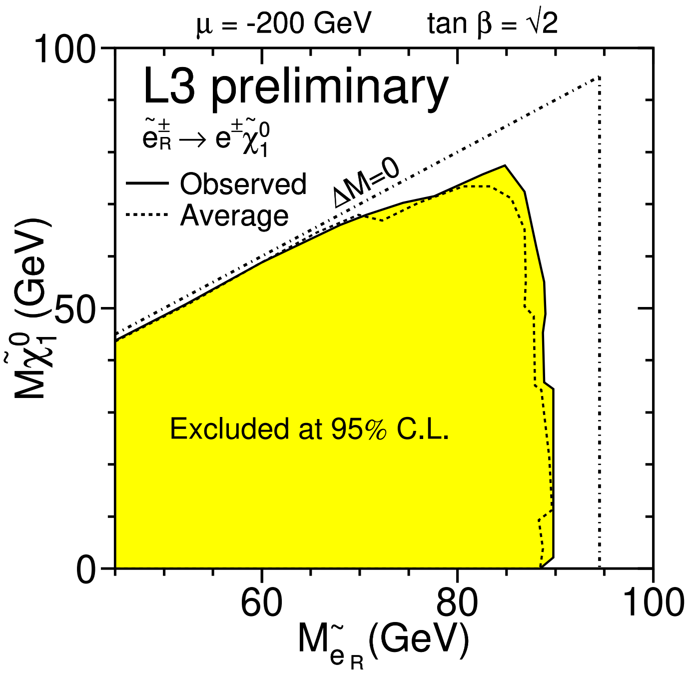
Motivazione: Recupero di efficienza a piccoli $\Delta m = m_{\tilde{e}_R} - m_{\tilde{\chi}^o}$. In questo caso si osserva il decadimento $\tilde{e}_L \rightarrow e\tilde{\chi}^o$

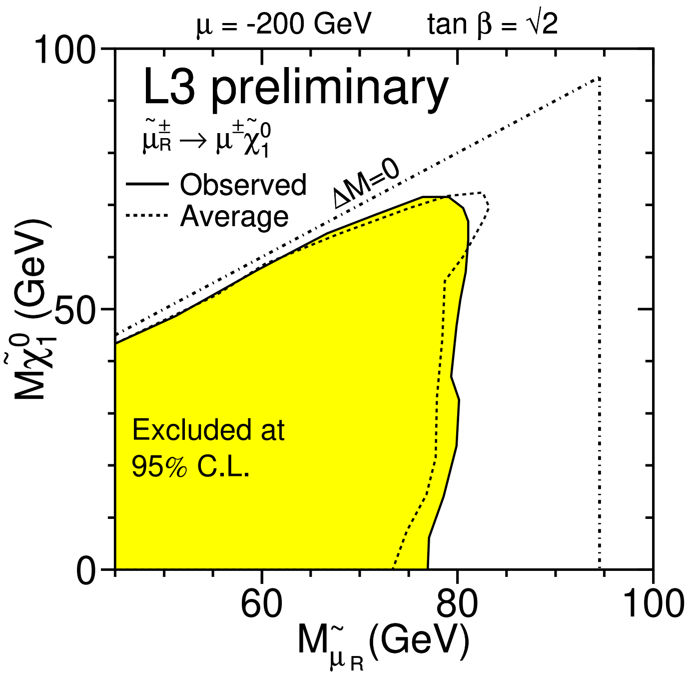
Risolutivo se $2m_{\tilde{e}_L} > \sqrt{s}$.

Topologia: "elettrone singolo".

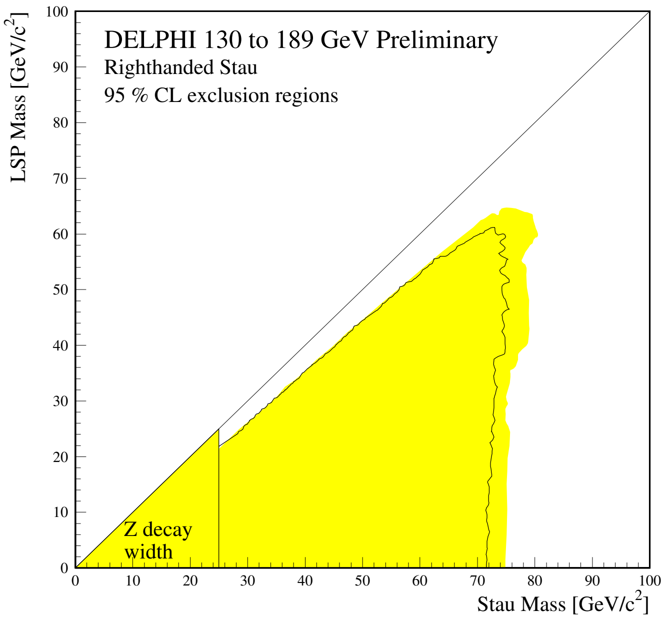


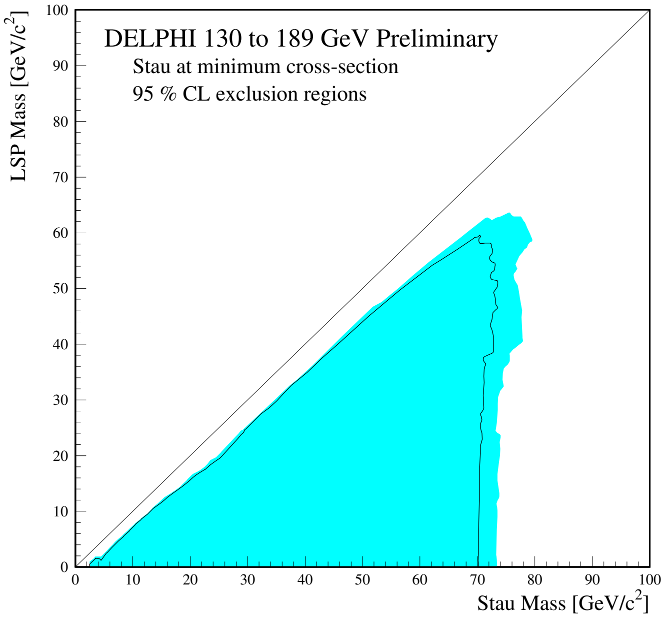
Esempi di limiti ottenuti per $\tilde{e}$ e $\tilde{\mu}$: L3





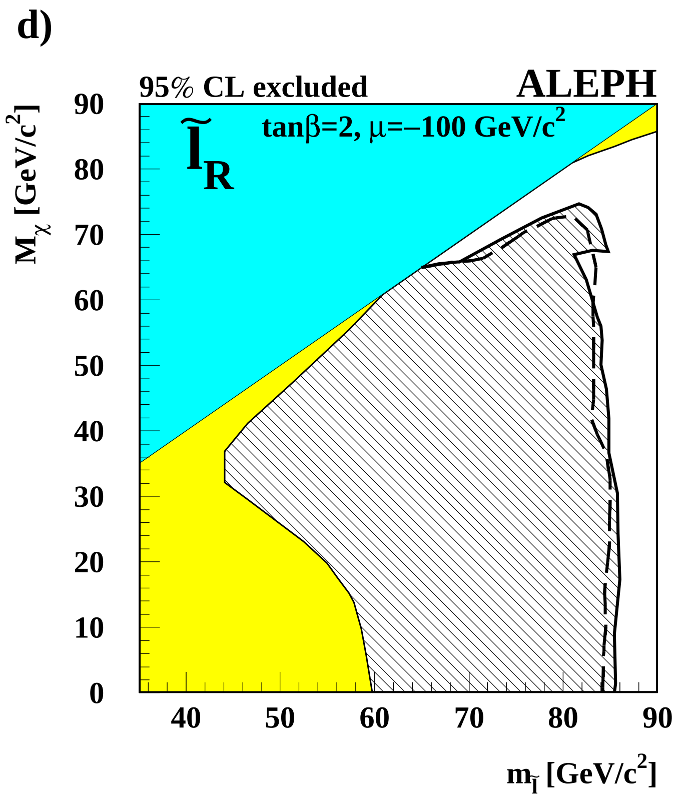
Esempi di limiti ottenuti per $\tilde{\tau}$: DELPHI





Limiti per $\tilde{l}$
includendo la ricerca di "elettrone singolo"
ALEPH

(184 GeV)



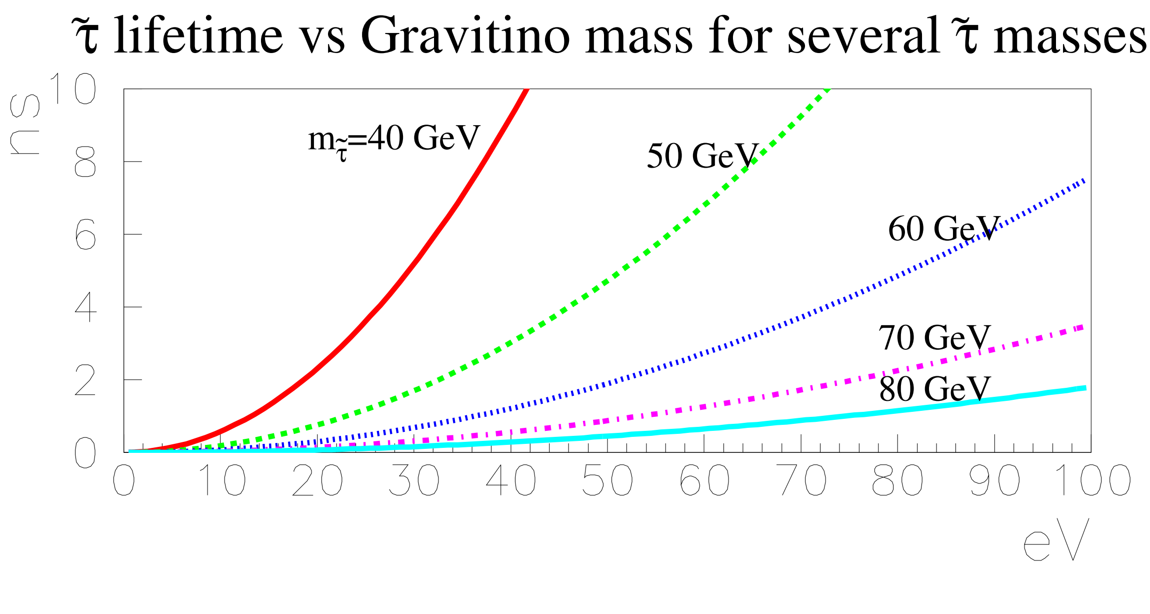
Decadimenti GMSB

$$\tilde{l}\tilde{l} \rightarrow l\tilde{G}l\tilde{G}$$

Topologia:

2 leptoni delle stesso sapore $+ p_T\,mancante$, come in MSSM.

MA: $m_{\tilde{G}}$ e $\tau_{\tilde{l}}$ dipendono da $\sqrt{F}$.



$\Rightarrow$ 4 diverse strategie:

- Per $m_{\tilde{G}} \to 0$ ($c\tau_{\tilde{l}} \to 0$)
  $\Rightarrow$ valgono i risultati MSSM.

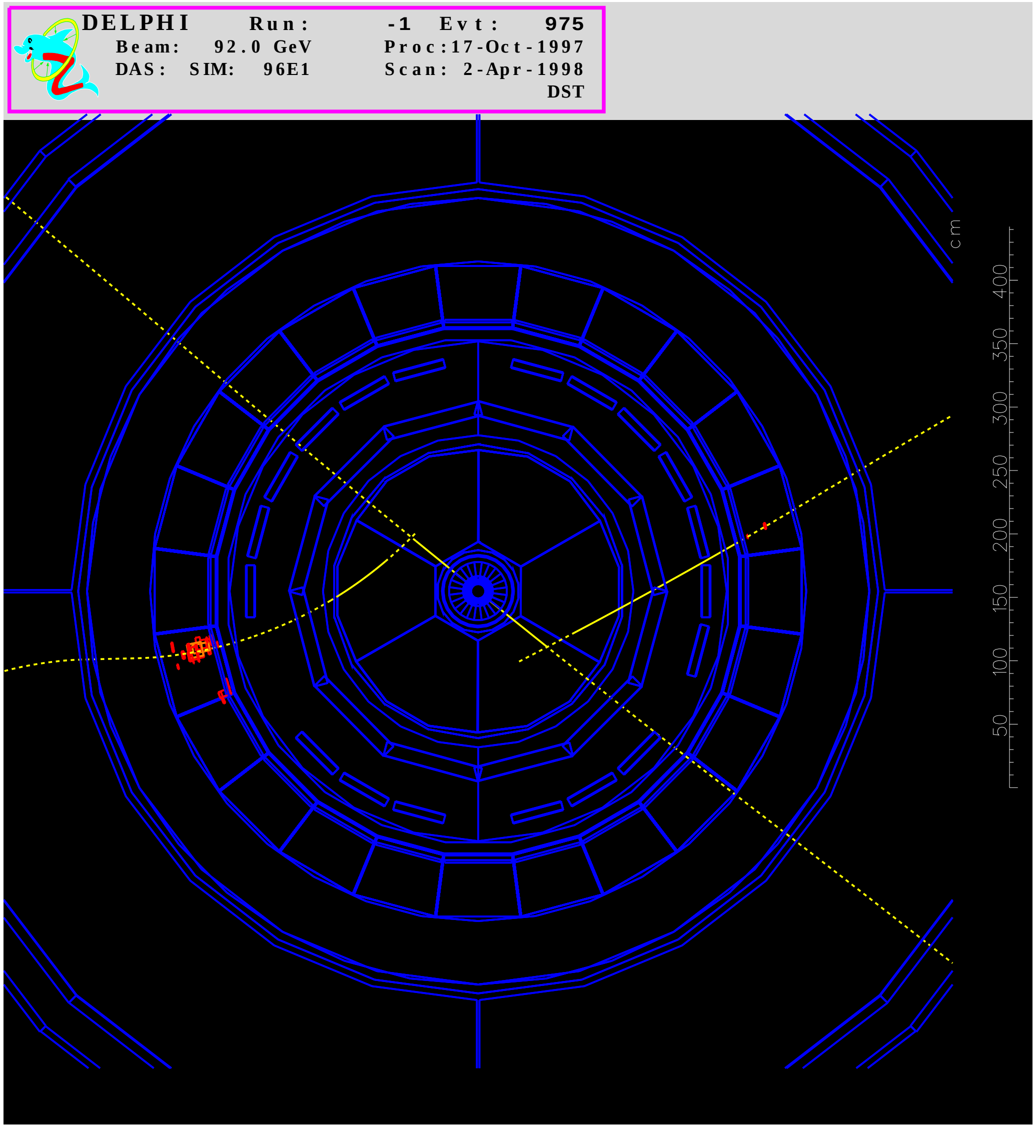
- Per $\sim 1\,eV < m_{\tilde{G}} < 30\,eV$
  $\Rightarrow$ decadimento prima del tracking
  $\Rightarrow$ ricerca di tracce con *grandi i.p.*

- Per $\sim 40\,eV < m_{\tilde{G}} <\sim 100\,eV$
  $\Rightarrow$ decadimento all'interno del tracking
  $\Rightarrow$ ricerca di *kinks*.

- Per $m_{\tilde{G}} >\sim 200\,eV$
  $\Rightarrow$ decadimento all'esterno del rivelatore
  $\Rightarrow$ ricerca di *nuove particelle (stabili) cariche e massive*.

  (v. P.Giacomelli in questa sessione)

Esempio (MC !!) di decadimento $\tilde{\tau} \to \tau \tilde{G}$ nel rivelatore DELPHI

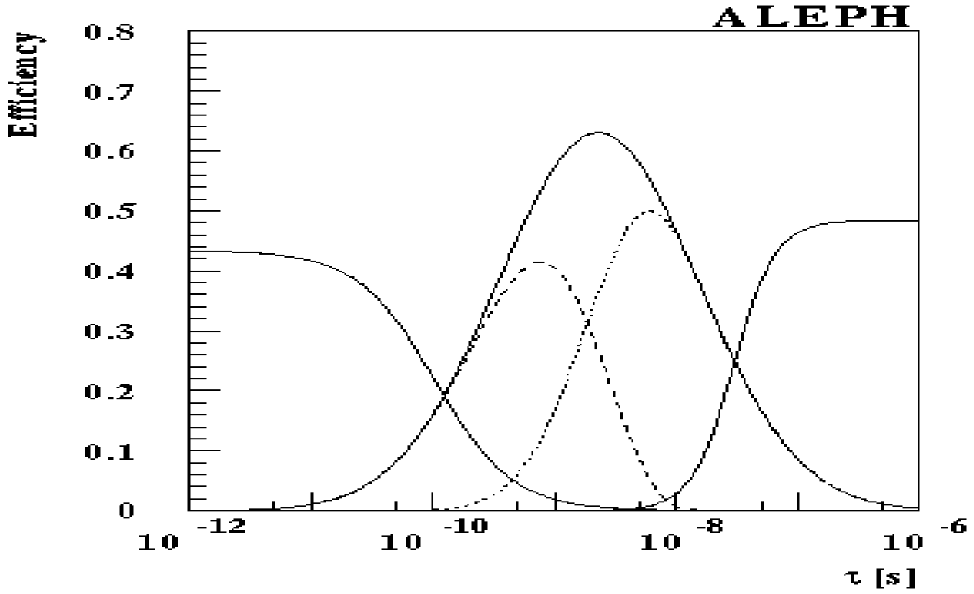


Ricerche di grandi parametri d'impatto e di "kinks"

Stessi fondi SM delle ricerche MSSM.
E in più:

Fondo	Metodi usati per sopprimerlo
Muoni cosmici	Acollinearita' "time offset" Momento delle tracce
Interazioni adroniche nel rivelatore	Energia adronica
Bremsstrahlung	Energia elettromagnetica

Esempio di efficienze per $\tilde{\tau} \to \tau\tilde{G}$



Risultati a 189 GeV:

	small i.p.	large i.p.	kinks
Aleph 174 pb^{-1}		0 0.1	1 0.5
Delphi 158 pb^{-1}	4 4.54	1 1.42	

$$\tilde{l}\tilde{l} \to \tilde{\chi}^o l \tilde{\chi}^o l \to l\gamma\tilde{G} l\gamma\tilde{G}$$

Topologia:

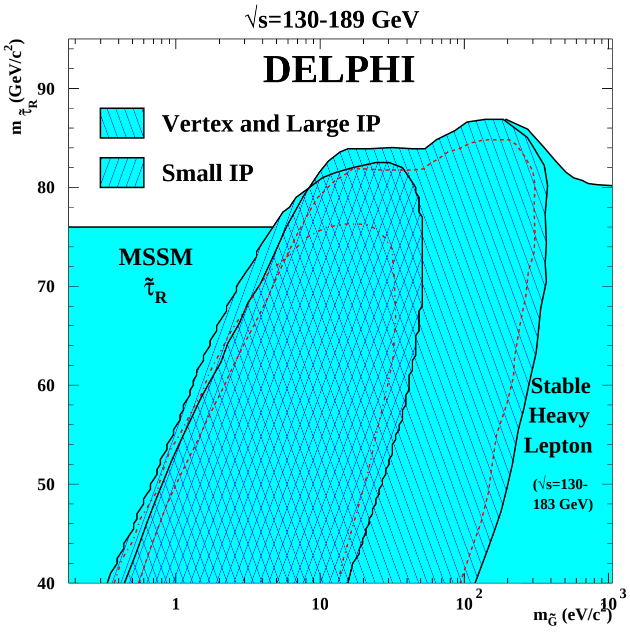
2 leptoni acoplanari,
2 fotoni + energia mancante.

Nel limite $\Delta m = m_{\tilde{l}} - m_{\tilde{\chi}^o} \to 0$,
solo 2 γ acoplanari + energia mancante
$\Rightarrow$ topologia affine a $\tilde{\chi}^o\tilde{\chi}^o \to \gamma\tilde{G}\gamma\tilde{G}$.

ALEPH, 184 GeV
Eventi osservati e aspettati

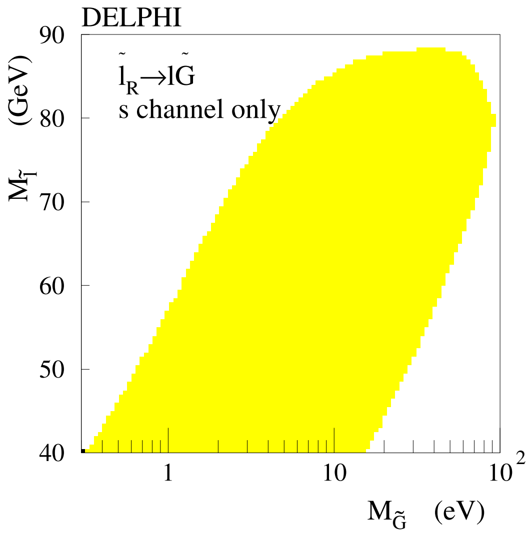
$\tilde{e}\tilde{e}$	$\tilde{\mu}\tilde{\mu}$	$\tilde{\tau}\tilde{\tau}$	$\Delta m \to 0$
0 0.6	0 0.8	1 1.1	3 2.7

Limiti sulla produzione di $\tilde{\tau}\tilde{\tau}$ (GMSB)



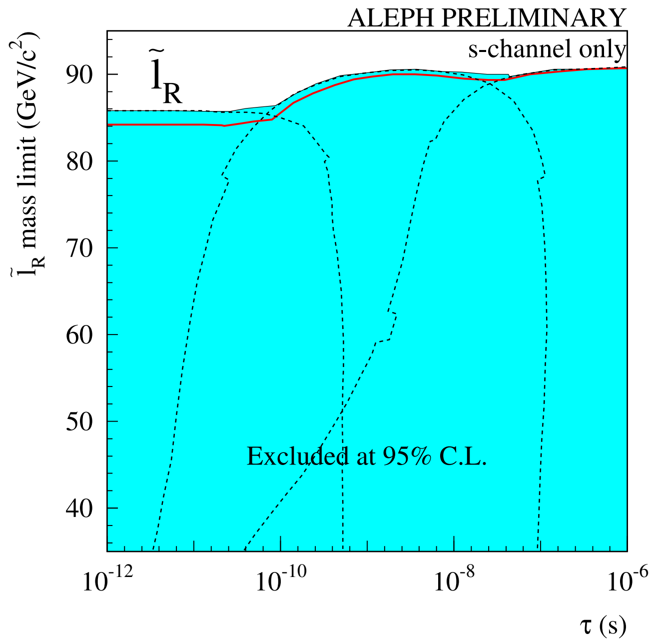
Limiti sulla produzione di $\tilde{l}\tilde{l}$ (GMSB)

$$m_{\tilde{e}_R} = m_{\tilde{\mu}_r} = m_{\tilde{\tau}_R}$$

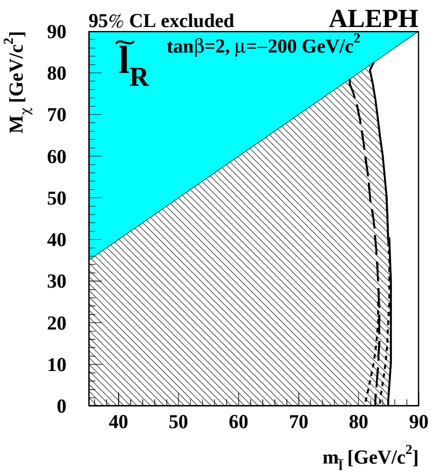


Limiti sulla produzione di $\tilde{l}\tilde{l}$ (GMSB)

$\tilde{l}\tilde{l} \to l\tilde{G}l\tilde{G}$



$\tilde{l}\tilde{l} \to l\tilde{\chi}^o l\tilde{\chi}^o \to l\gamma\tilde{G}l\gamma\tilde{G}$ (ALEPH, 184 GeV)



Decadimenti GMSB

$$\tilde{\chi}^o \chi^o \rightarrow \tilde{l} l \tilde{l} \rightarrow l l \tilde{G} l l \tilde{G}$$

Topologia:

2 coppie di leptoni dello stesso sapore + energia mancante.

Per $\Delta m \equiv m_{\tilde{\chi}^o} - m_{\tilde{l}}$ piccolo: un leptone energico e uno soffice per ogni sapore.

Gli sleptoni potrebbero avere vita media apprezzabile per $m_{\tilde{G}} > 0$ (caso non ancora studiato).

Se lo $\tilde{\tau}_1$ è la NLSP $\Rightarrow$ 4 τ + $missing\, p_T$ nello stato finale.

Fondi SM ridotti con preselezioni simili a quelle delle ricerche MSSM + criteri basati sulla topologia.

Risultati a 189 GeV:

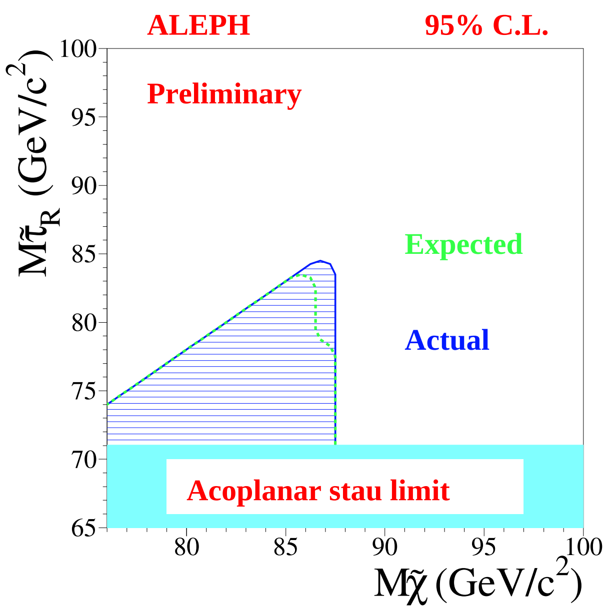
	$\tilde{e}\tilde{e}$	$\tilde{\mu}\tilde{\mu}$	$\tilde{\tau}\tilde{\tau}$	$\tilde{e}\tilde{\mu}$	$\tilde{e}\tilde{\tau}$	$\tilde{\mu}\tilde{\tau}$
Aleph 174 pb^{-1}	1 0.5	1 0.1	4 5.1	1 0.6	2 1.2	0 1.0
Delphi 158 pb^{-1}			1 1.2			

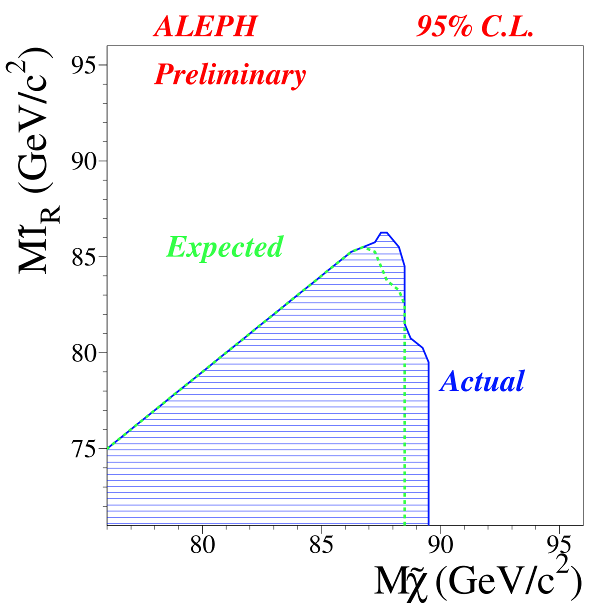
Calcolo dei limiti:

necessita di assunzioni sulla composizione del neutralino.

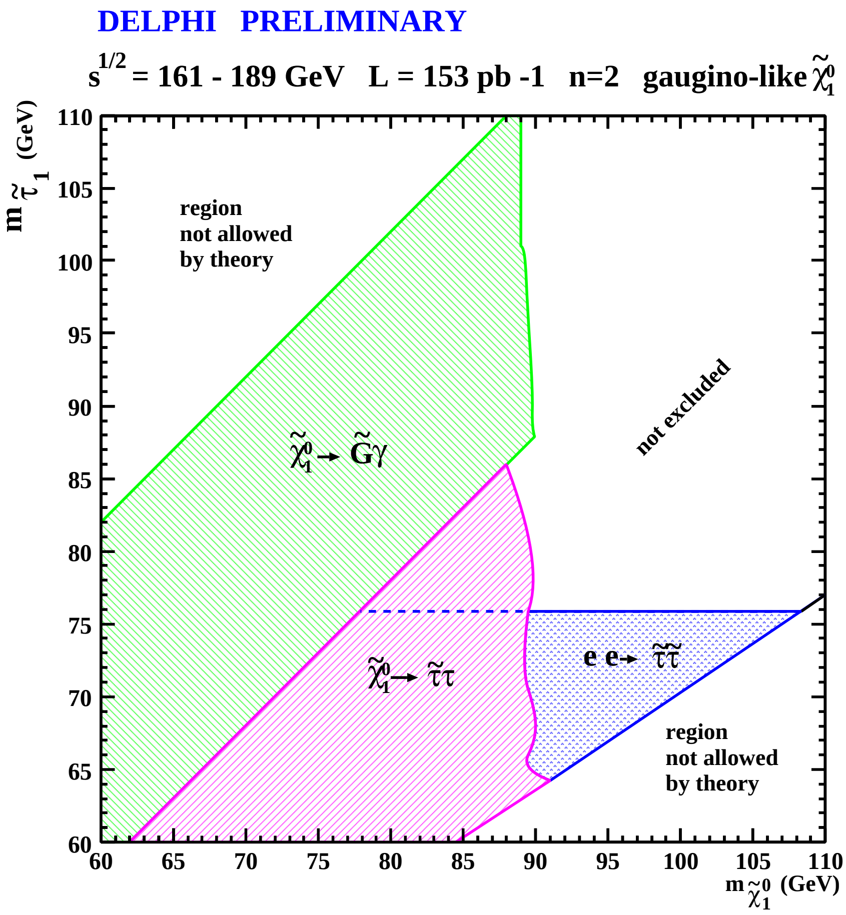
P.es.: per $\tilde{\chi}^o$ "gaugino-like":

$\rightarrow$


ALEPH
95% C.L.
Preliminary
Expected
Actual
Acoplanar stau limit
$M\tilde{\tau}_R$ (GeV/c^2)
$M\tilde{\chi}$ (GeV/c^2)


ALEPH
95% C.L.
Preliminary
Expected
Actual
$M\tilde{\tau}_R$ (GeV/c^2)
$M\tilde{\chi}$ (GeV/c^2)

Per $m_{\tilde{G}} \to 0$ $(c\tau_{\tilde{l}} \to 0)$ le ricerche di produzione diretta di $\tilde{\tau}\tilde{\tau}$ e quelle delle cascate multileptoniche contribuiscono ai limiti in modo complementare:



CONCLUSIONI

Una sintesi personale dei risultati ottenuti a LEP2 nella ricerca di sleptoni in contesto **MSSM...**

	ALEPH		DELPHI		L3		OPAL, 184 GeV)	
	$\Delta m > ..$ (GeV)	$m_{\tilde{l}} > ..$ (GeV)	$\Delta m > ..$ (GeV)	$m_{\tilde{l}} > ..$ (GeV)	$\Delta m > ..$ (GeV)	$m_{\tilde{l}} > ..$ (GeV)	$\Delta m > ..$ (GeV)	$m_{\tilde{l}} > ..$ (GeV)
$\tilde{e}$	10 0	87 70	24	88	8	85	5	77
$\tilde{\mu}$	10	80	2	75	7	77	2	65
$\tilde{\tau}_R$ $\tilde{\tau}$ min.	10 10	72 67	12 12	75 73	11	65	10	64

...e in contesto **GMSB**

		ALEPH		DELPHI	
produzione	NLSP	$m_{\tilde{l}} > ..$ (GeV)	per ...	$m_{\tilde{l}} > ..$ (GeV)	per ...
$\tilde{\tau}\tilde{\tau}$	$\tilde{\tau}$	67	$0 \leq m_{\tilde{G}} < \infty$	76	$0 \leq m_{\tilde{G}} < \infty$
$\tilde{l}\tilde{l}$	$\tilde{l}$	86	$0 \leq m_{\tilde{G}} < \infty$	81	$5\, eV \leq m_{\tilde{G}} < 15\, eV$
$\tilde{\tau}\tilde{\tau}$	$\tilde{\chi}^o$	52	$0 \leq m_{\tilde{\chi}^o} < \infty,$ $m_{\tilde{G}} \to 0$		
$\tilde{l}\tilde{l}$	$\tilde{\chi}^o$	82	$0 \leq m_{\tilde{\chi}^o} < \infty,$ $m_{\tilde{G}} \to 0$		
$\tilde{\chi}^o\tilde{\chi}^o$	$\tilde{\tau}$	87	$m_{\tilde{\chi}^o} > 88GeV,$ $\tilde{\chi}^o\ gaug-like$ $m_{\tilde{G}} \to 0$	86	$m_{\tilde{\chi}^o} > 88GeV,$ $\tilde{\chi}^o\ gaug-like$ $m_{\tilde{G}} \to 0$

.

L'assedio a SUSY si fa sempre più serrato!

Abbiamo ancora davanti due anni di LEP con energia nel centro di massa prossima a 200 GeV.