



Z' in due leptoni con i primi dati di LHC

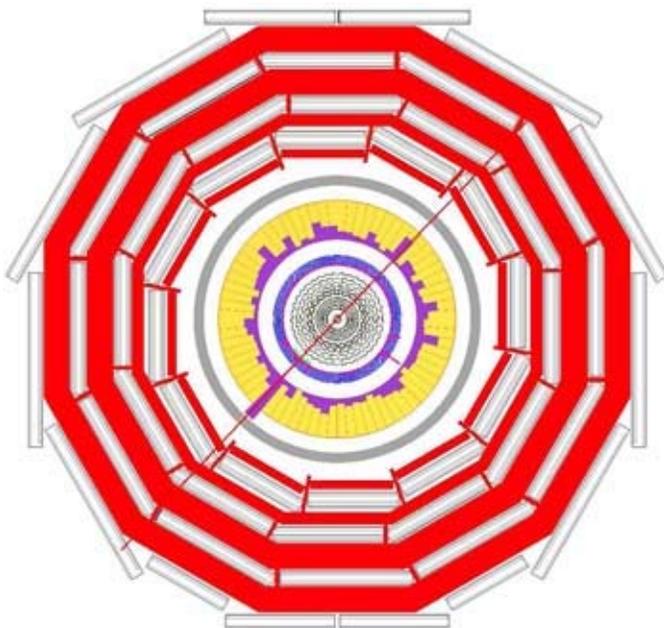
A. Palma - INFN Roma & Università di Roma "La Sapienza"

R. Paramatti - INFN Roma

- LO Z' AD LHC
 - motivazioni di fisica
 - segnale e fondi
 - PROBLEMATICHE DI RIVELATORE E LORO IMPATTO
 - SCOPERTA DI NUOVE RISONANZE CON I PRIMI DATI
 - ESCLUSIONE DI NUOVE RISONANZE
- RISULTATI E PREVISIONI RECENTI (>2006) DI ATLAS e CMS
- LAVORI IN CORSO: SOLUZIONI IN EVOLUZIONE, TUTTI I PLOT SONO PRELIMINARI!

Lo Z' ad LHC

- Bosone di gauge neutro da: GUTs, ExtraDimensioni con stati di Kaluza-Klein, modelli simmetrici LR, Little Higgs...
- **Sequential Standard Model (SSM):** Z'_{SSM} ("benchmark model")
- **GUT basate sul gruppo di gauge E_6 :** $Z'_\eta, Z'_\psi, Z'_I, Z'_\chi$
- **Left-Right symmetric models:** Z'_{LRM}, Z'_{ALRM}

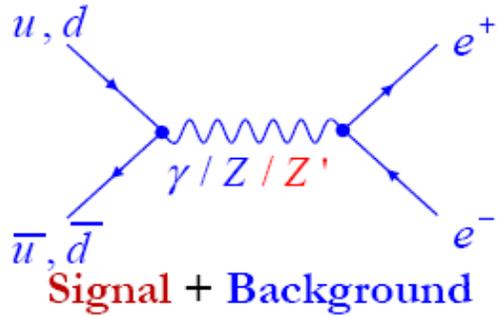


$Z' \rightarrow ee$ ($\mu\mu$)

segnatura molto evidente

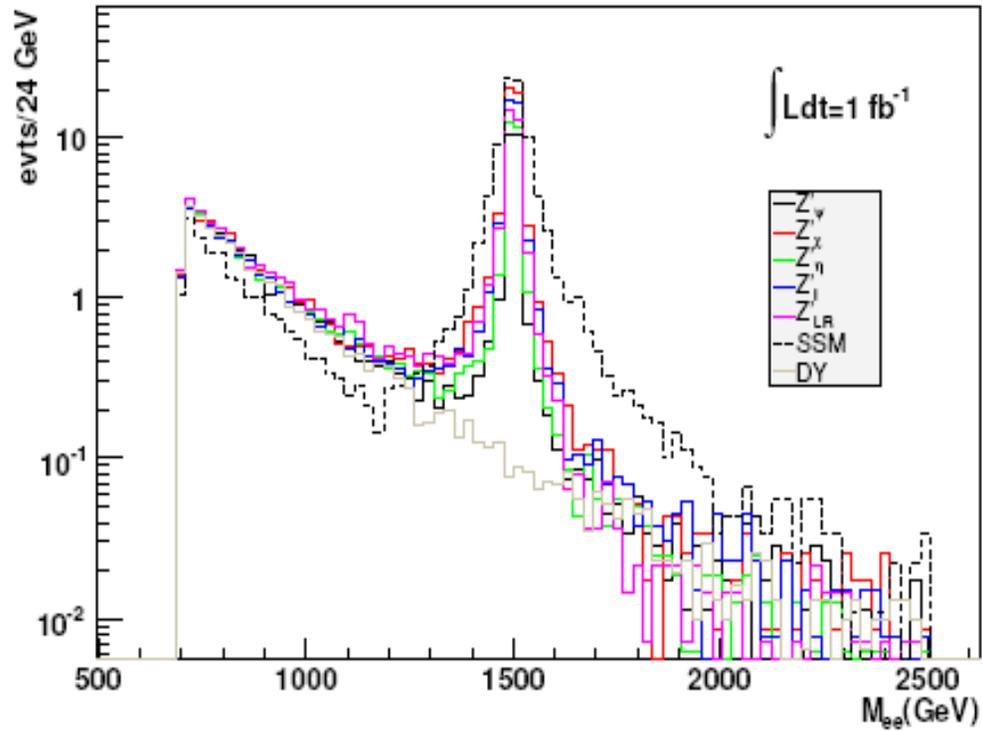
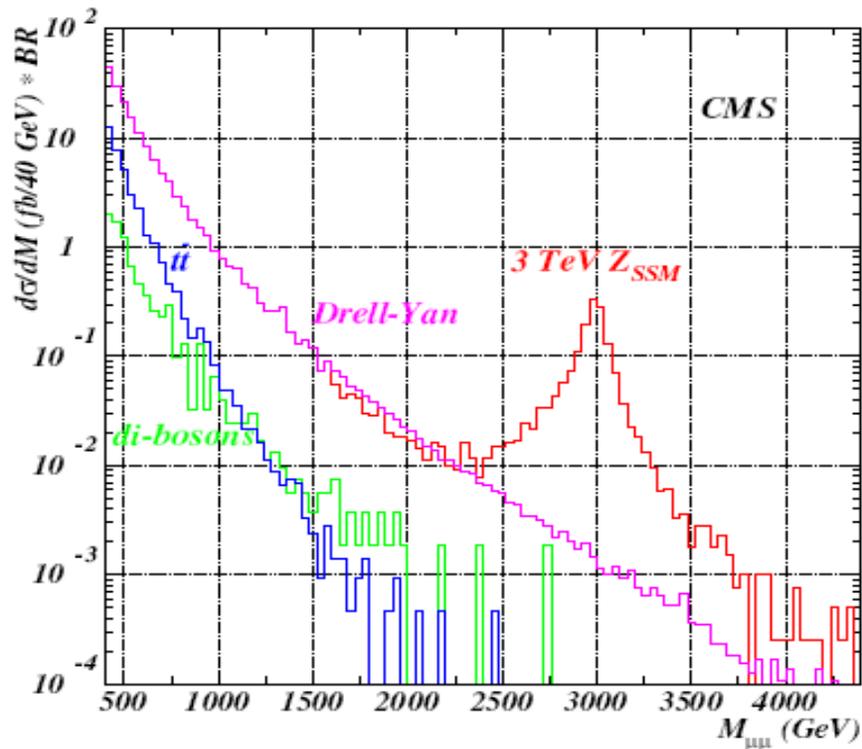
• 2 leptoni isolati di alto $p_T = O(1 \text{ TeV})$

fondo molto basso



Fondo principale SM: Drell-Yan (DY)

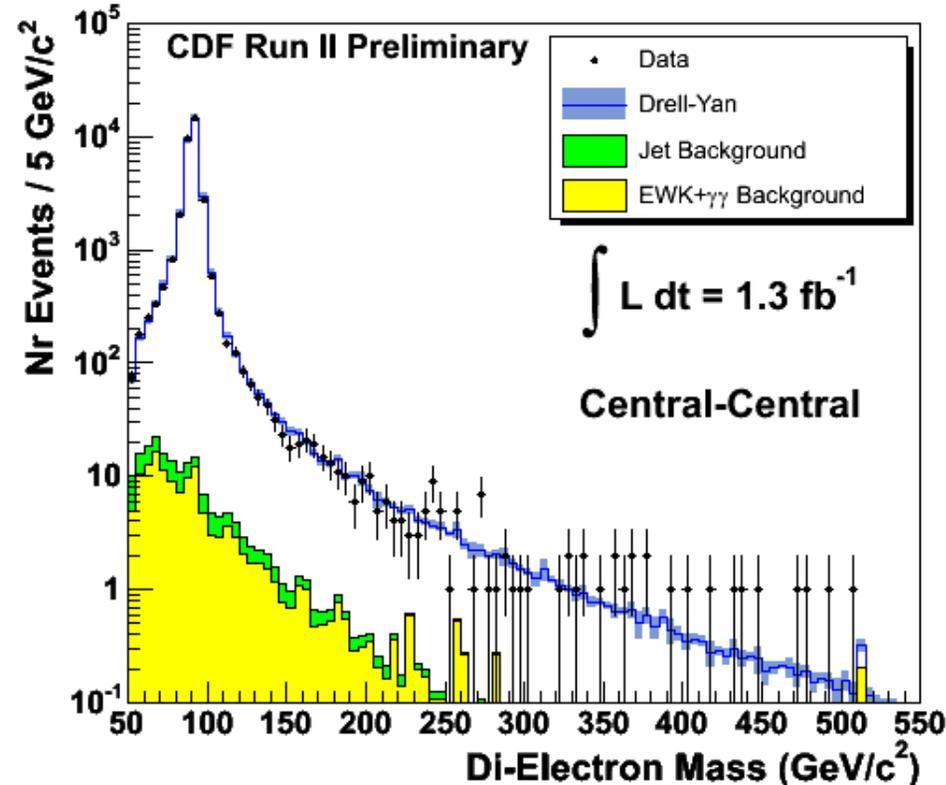
Altri fondi SM: WW, WZ, ZZ, ttbar



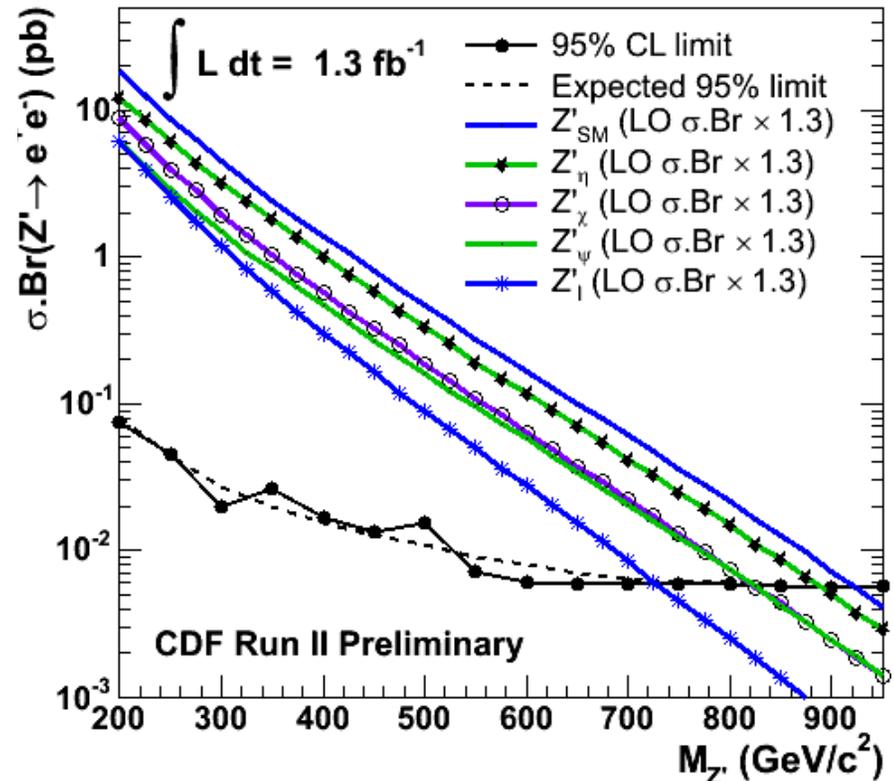
- www.cdf.fnal.gov/physics/exotic/exotic.html

Z' Model	$Z'_{\{SSM\}}$	$Z'_{\{ETA\}}$	$Z'_{\{CHI\}}$	$Z'_{\{PSI\}}$	$Z'_{\{IOTA\}}$
Mass Limit (GeV/c^2)	923	891	822	822	729

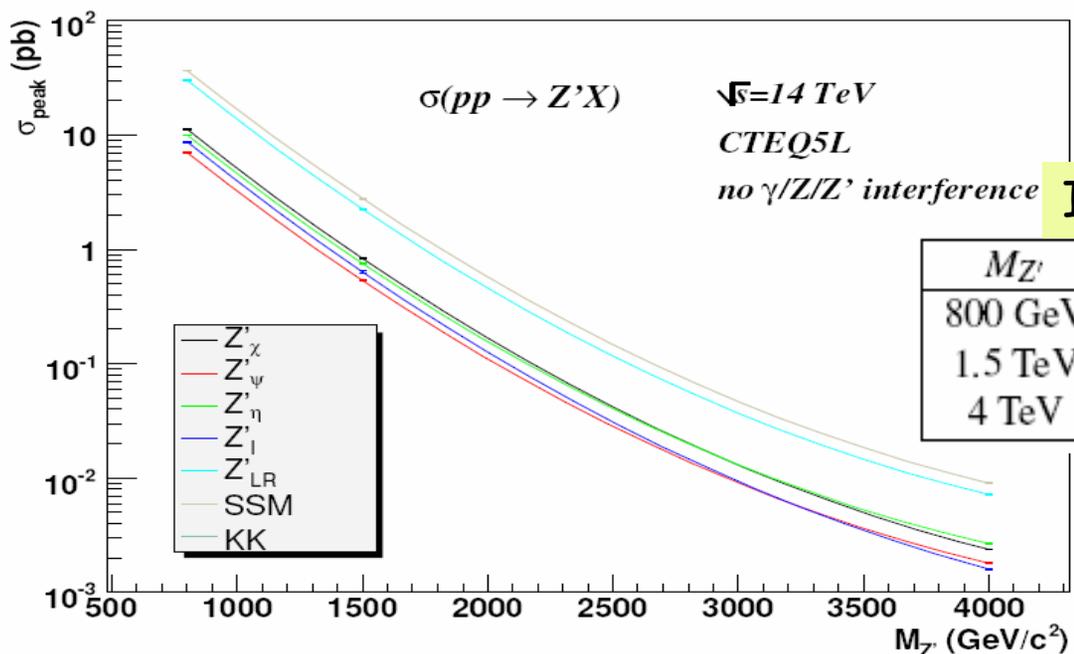
Di-Electron Invariant Mass Spectrum



95% CL Limits (Spin-1, e^+e^-)



Model mass (GeV/c^2)	$M = 1000$	$M = 1500$	$M = 2000$	$M = 2500$
SSM Z' $\sigma \cdot \text{BR}$ (fb)	458	80	20	5.8
nb. events for 100 pb^{-1}	46	8.0	2.0	0.58
AND 2 electrons with $ \eta < 2.4$	38	7.0	1.8	0.54
irred. $q\bar{q} \rightarrow e^+e^- b\bar{g}$ (GeV/c^2)	$M > 600$	$M > 1100$	$M > 1600$	$M > 2100$
cross section (fb)	50	4.4	0.76	0.18
nb. events for 100 pb^{-1}	5.0	0.4	0.08	0.02
AND 2 electrons with $ \eta < 2.4$	3.9	0.4	0.07	0.02

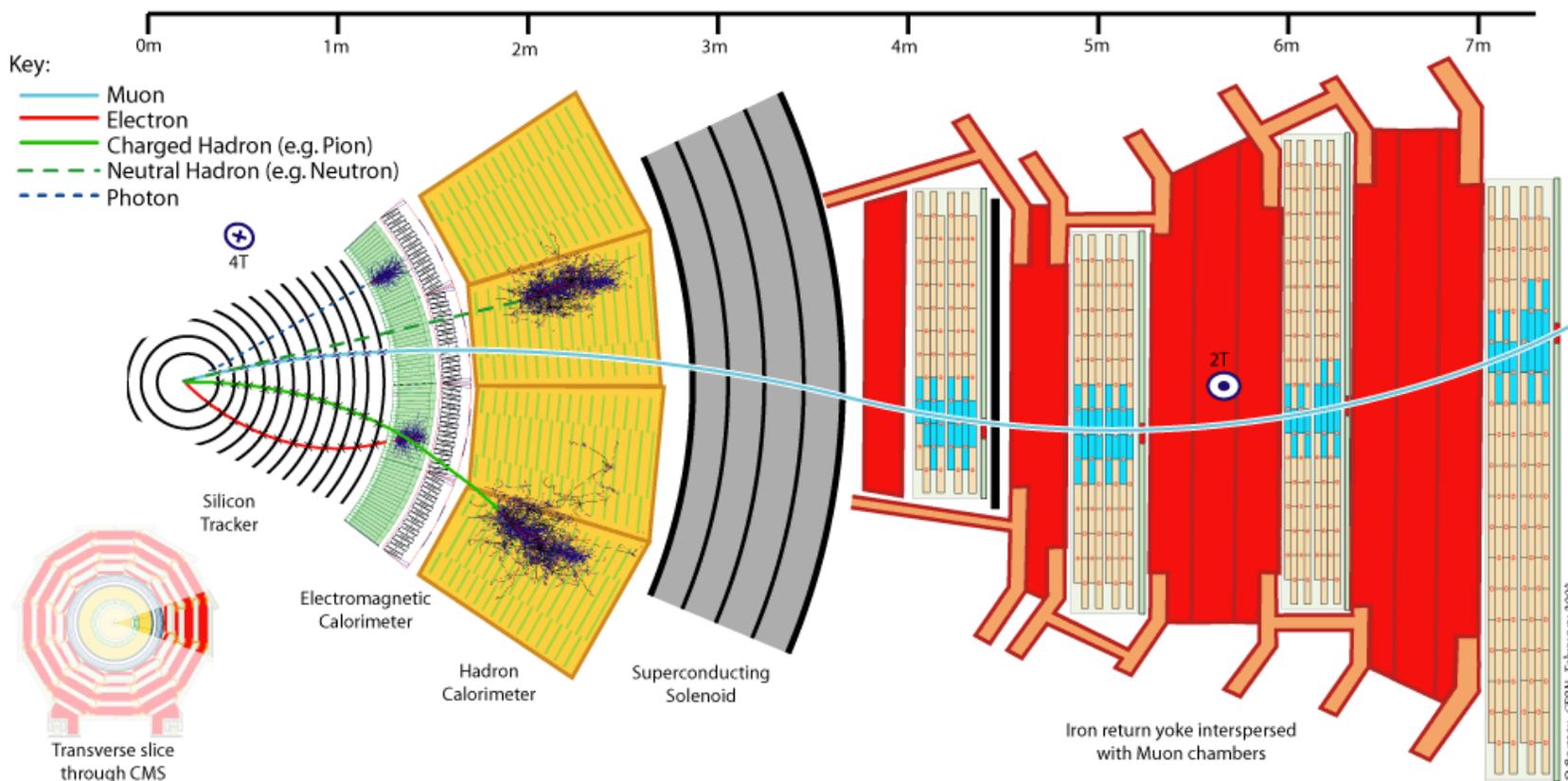


Incertezza scelta PDF ~20%

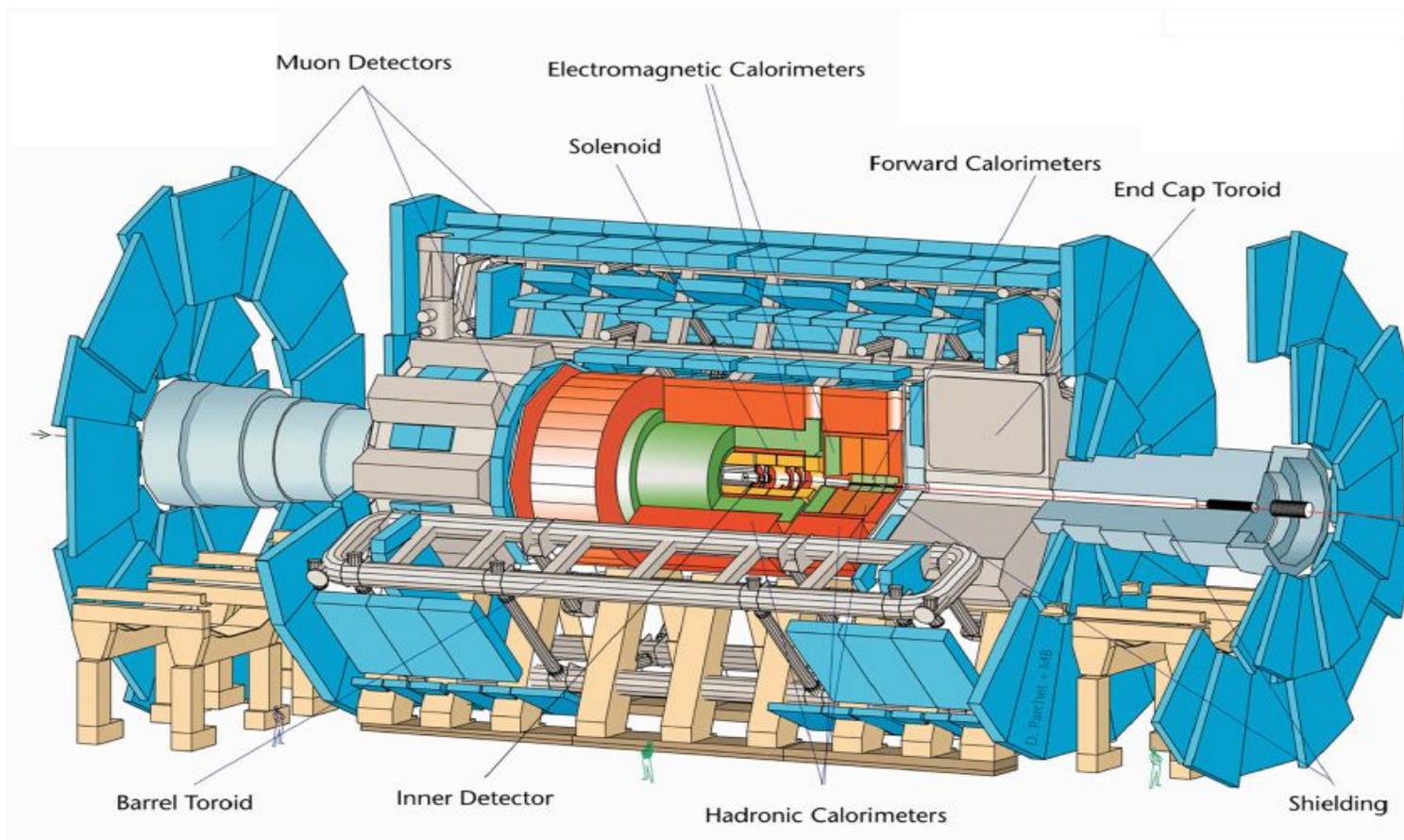
$M_{Z'}$	CTEQ5L	CTEQ5M1	GRV94M
800 GeV	4.84 pb	3.96 pb	5.28 pb
1.5 TeV	107 fb	111 fb	124 fb
4 TeV	0.269 fb	0.216 fb	0.236 fb

Problematiche legate ai rivelatori

- Calorimetro EM omogeneo: 75848 cristalli di PWO
- Tracciatore di Si + 4 strati di camere a tubi

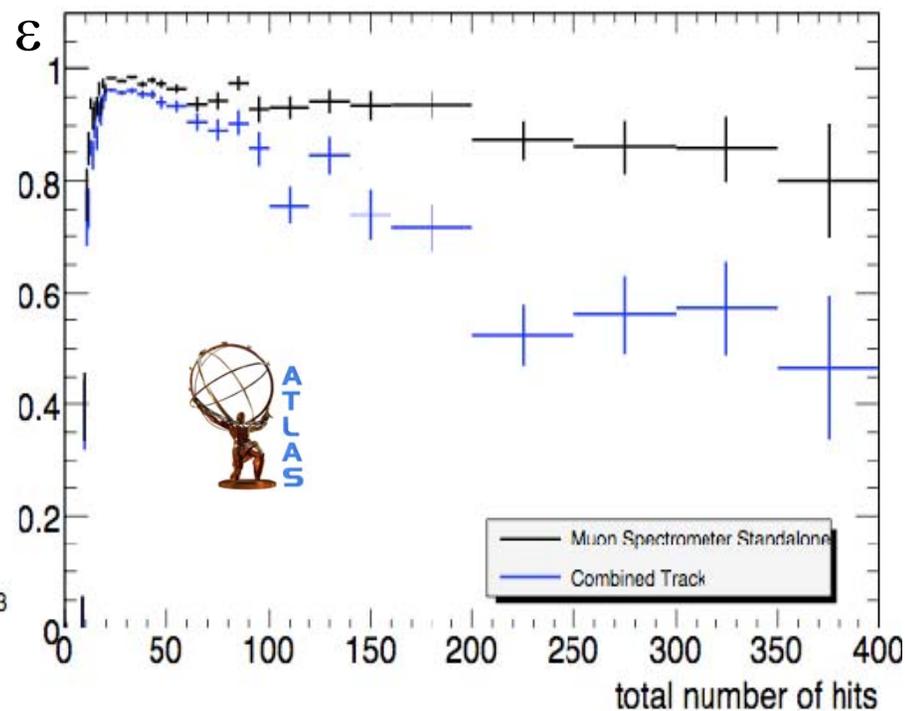
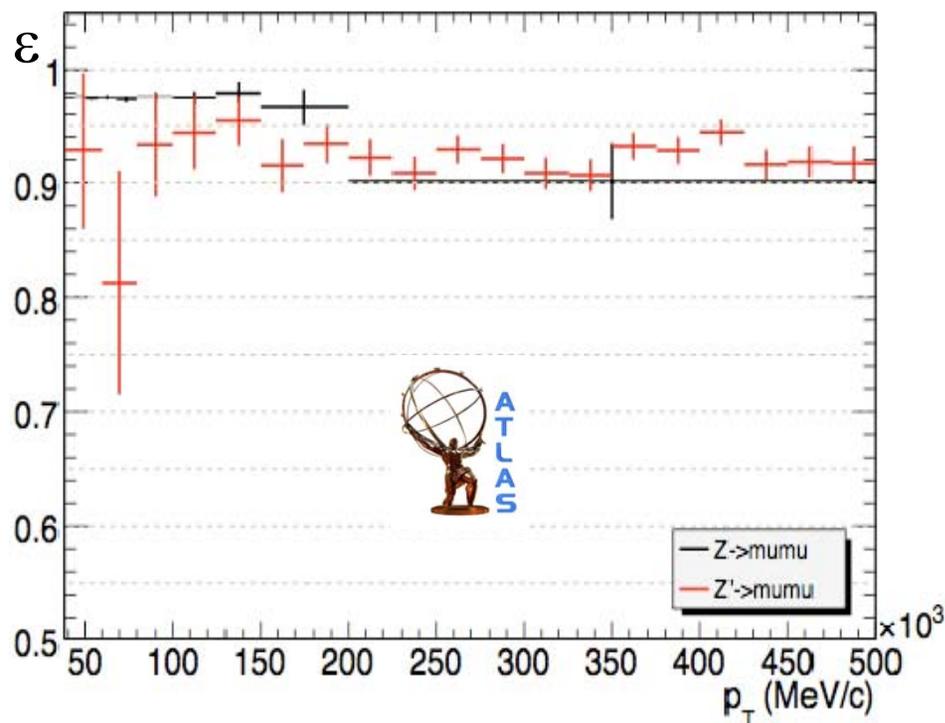


- Calorimetro EM di LAr
- Tracciatore interno (B solenoidale) + spettrometro (B toroidale)

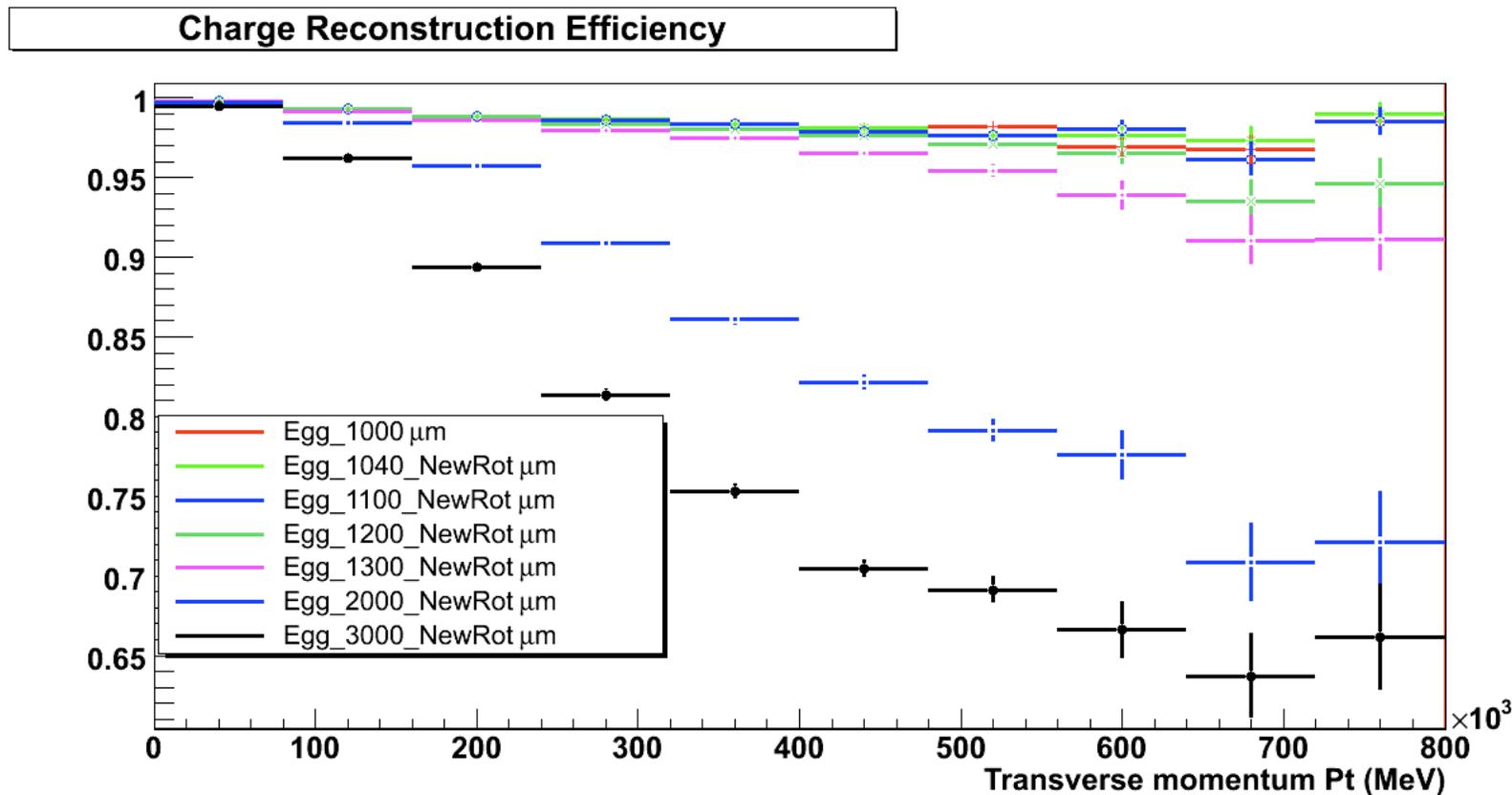


- Alta energia \rightarrow Bremsstrahlung dei muoni in HCAL/ camere mu
- Es. ATLAS:
 - tracciatore+spettrometro: no matching in $p_T \rightarrow$ bassa efficienza
 - solo spettrometro: peggiora risoluzione in p_T

+ hits = sciame + sviluppato

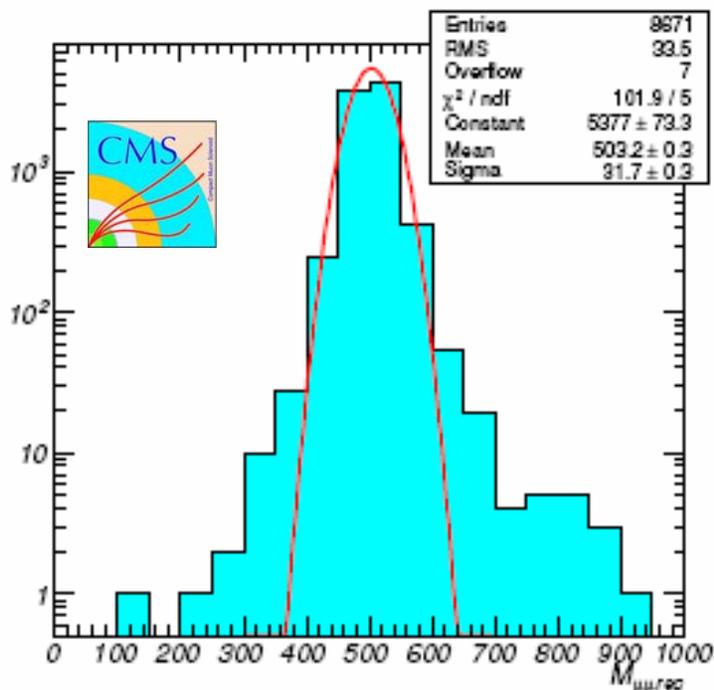


- Grande raggio di curvatura \rightarrow difficile assegnazione della carica

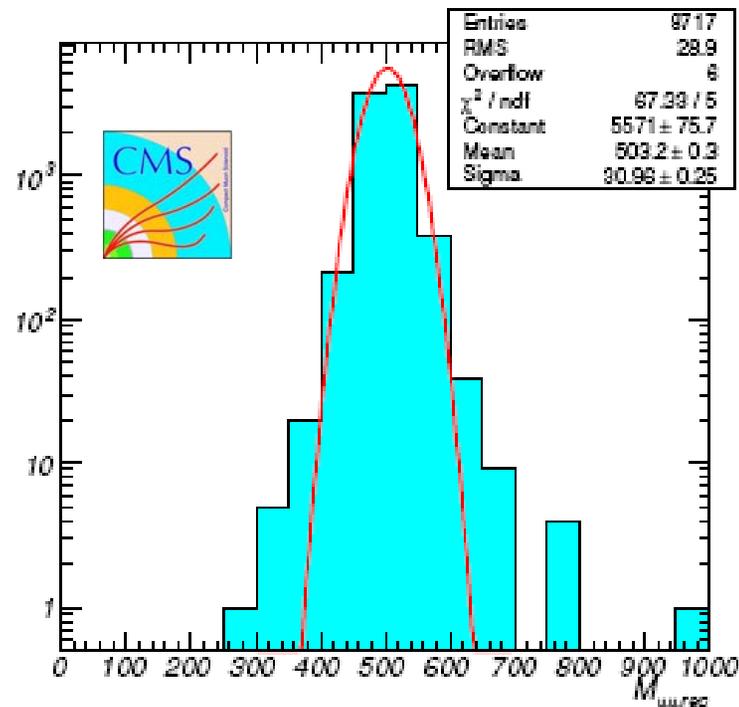


- Studio di metodi di ricostruzione dedicati (es. solo Tracker, solo hit iniziali delle camere a mu, soluzioni ottimizzate caso per caso)
- Es. studio di CMS su Z'SSM di 500 GeV

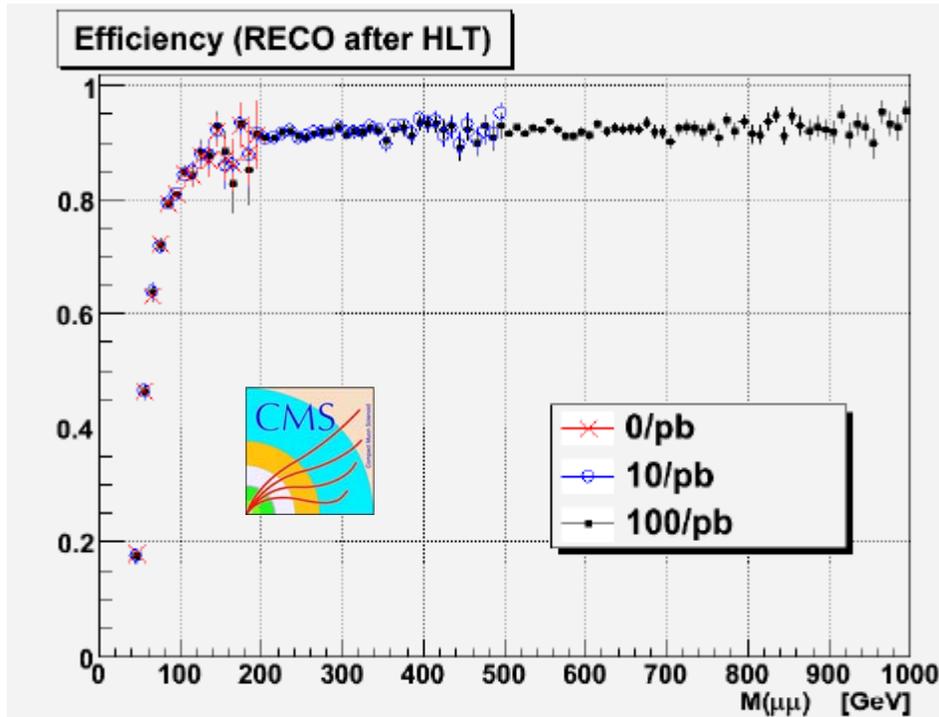
Ricostruzione globale standard



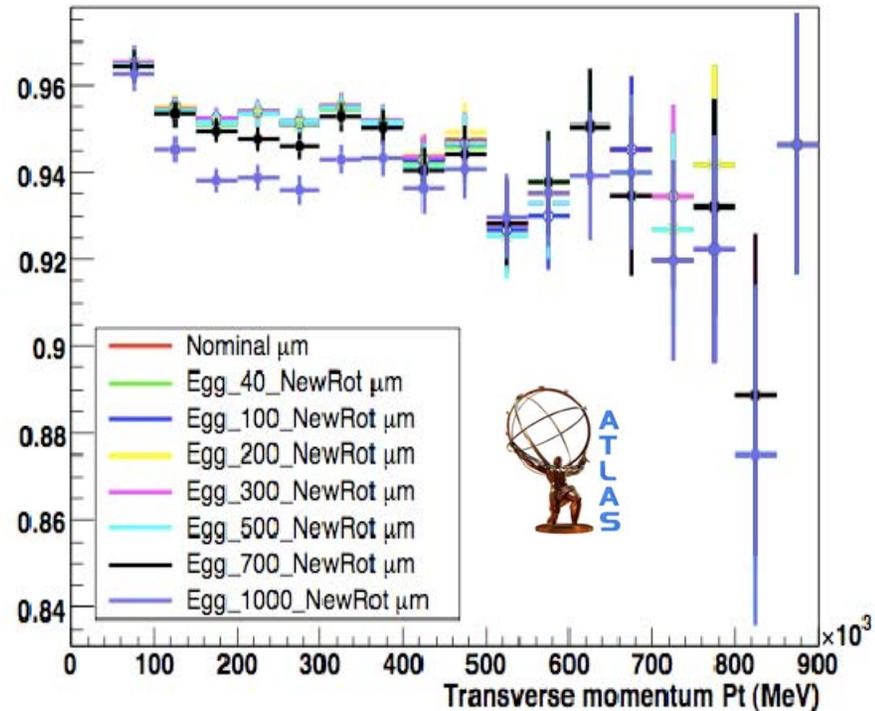
Ricostruzione ottimizzata



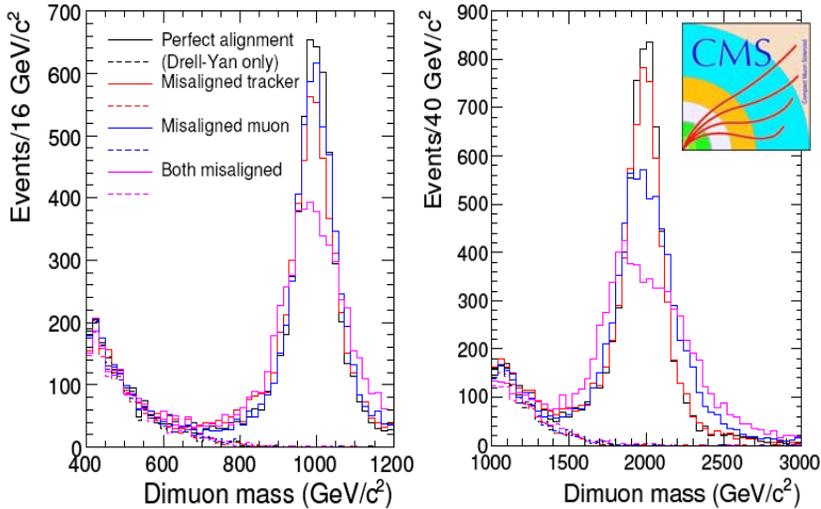
- Impatto trascurabile su efficienze (HLT/ricostruzione)...



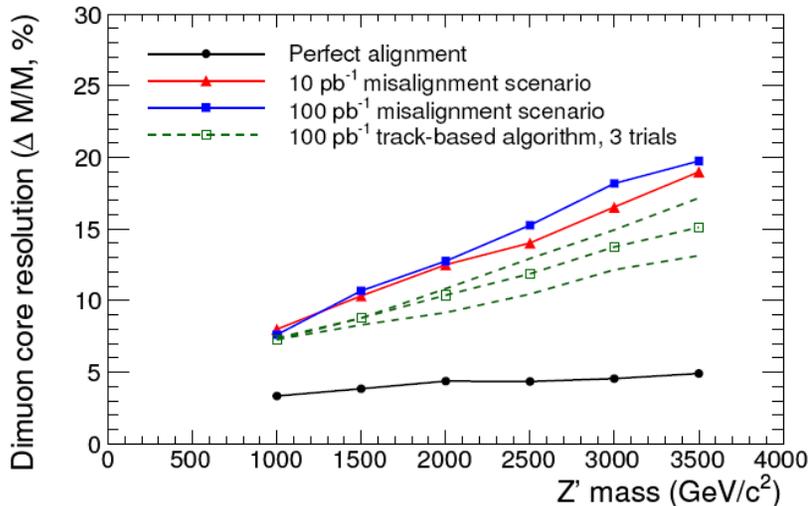
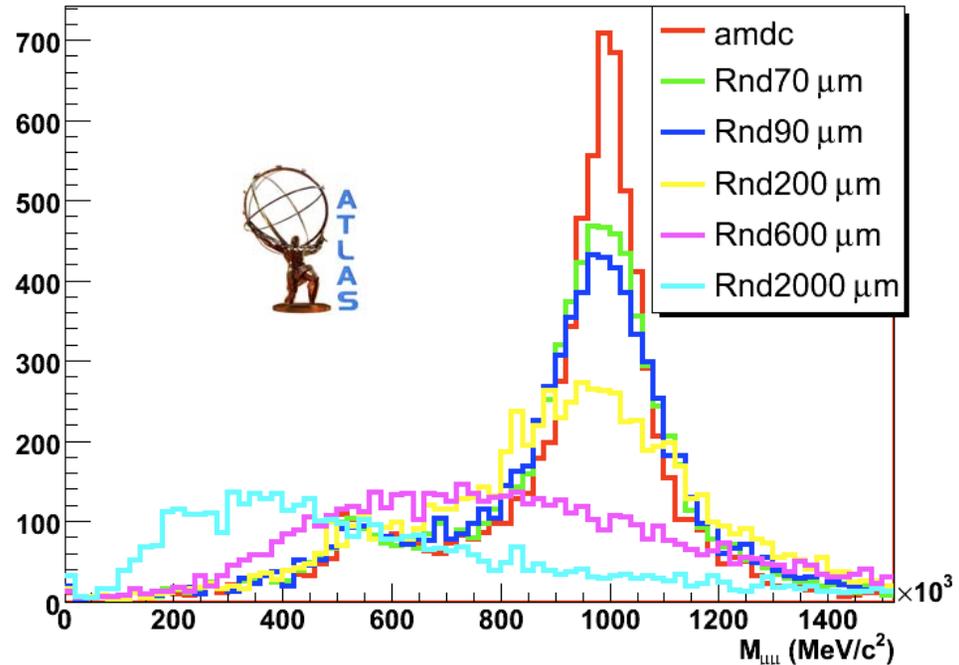
Reconstruction Efficiency vs Pt as a function of misalignment



- ...impatto importante sulla risoluzione in massa...



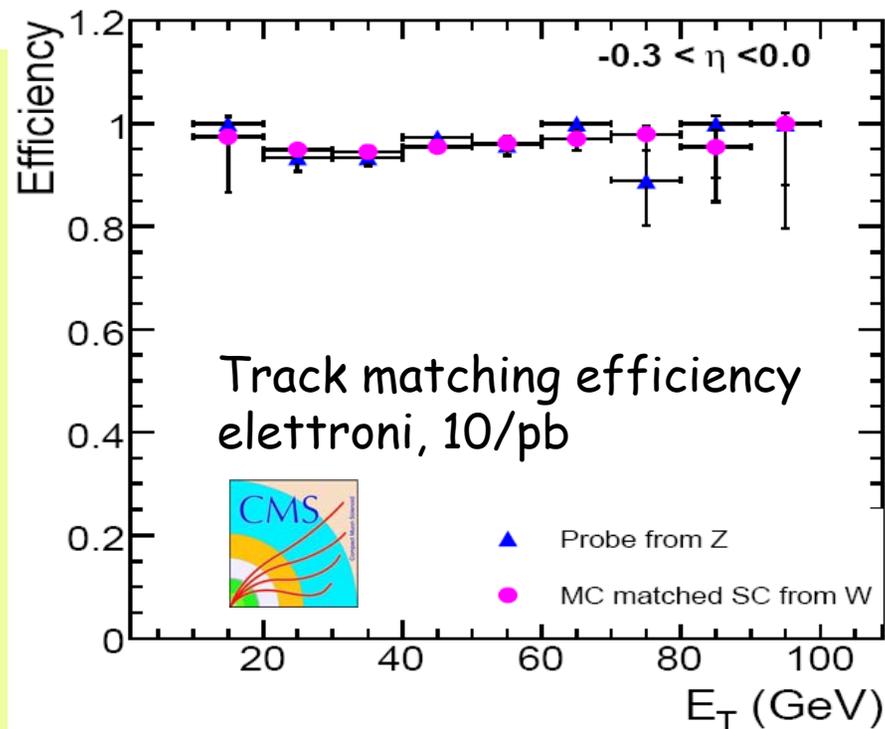
Mass spectrum



...QUALE IMPATTO SULLA SCOPERTA?

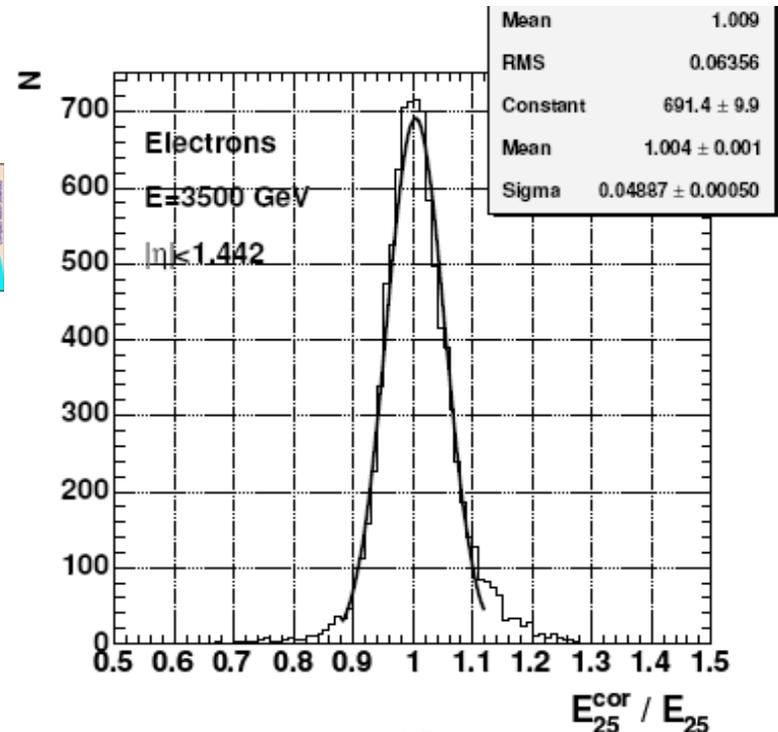
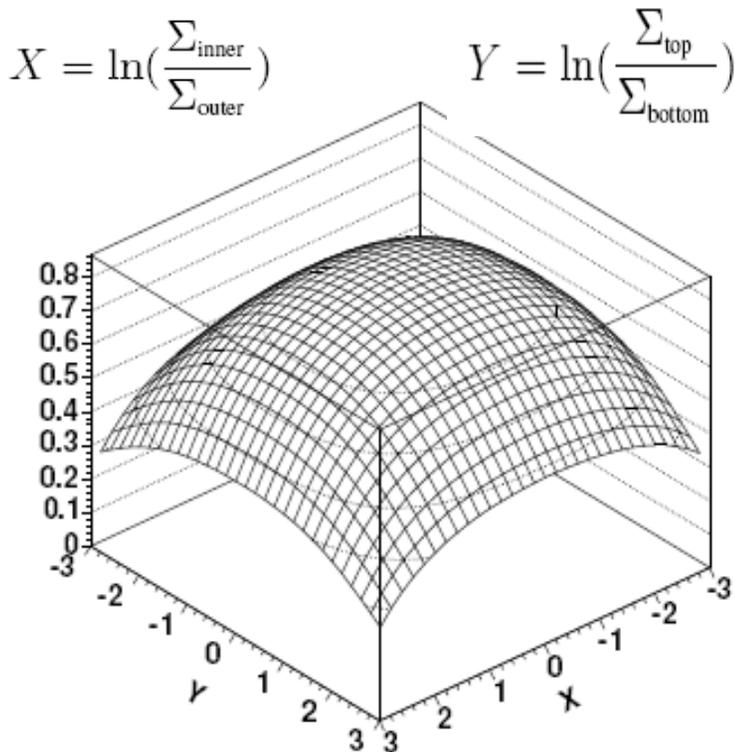
METODO "TAG & PROBE"

- si selezionano eventi con 2 e/mu, triggerati da singolo e/mu
 - massa invariante intorno a M_Z
- si richiedono stringenti tagli di ID su 1 leptone ("tag") → purezza
- sull'altro leptone ("probe") si misurano le efficienze di trigger, di ricostruzione e di selezione offline
- stima del fondo dai dati:
 - same sign leptons
 - sidebands
 - altre tecniche: discriminazione da altre variabili (metodo dei template)

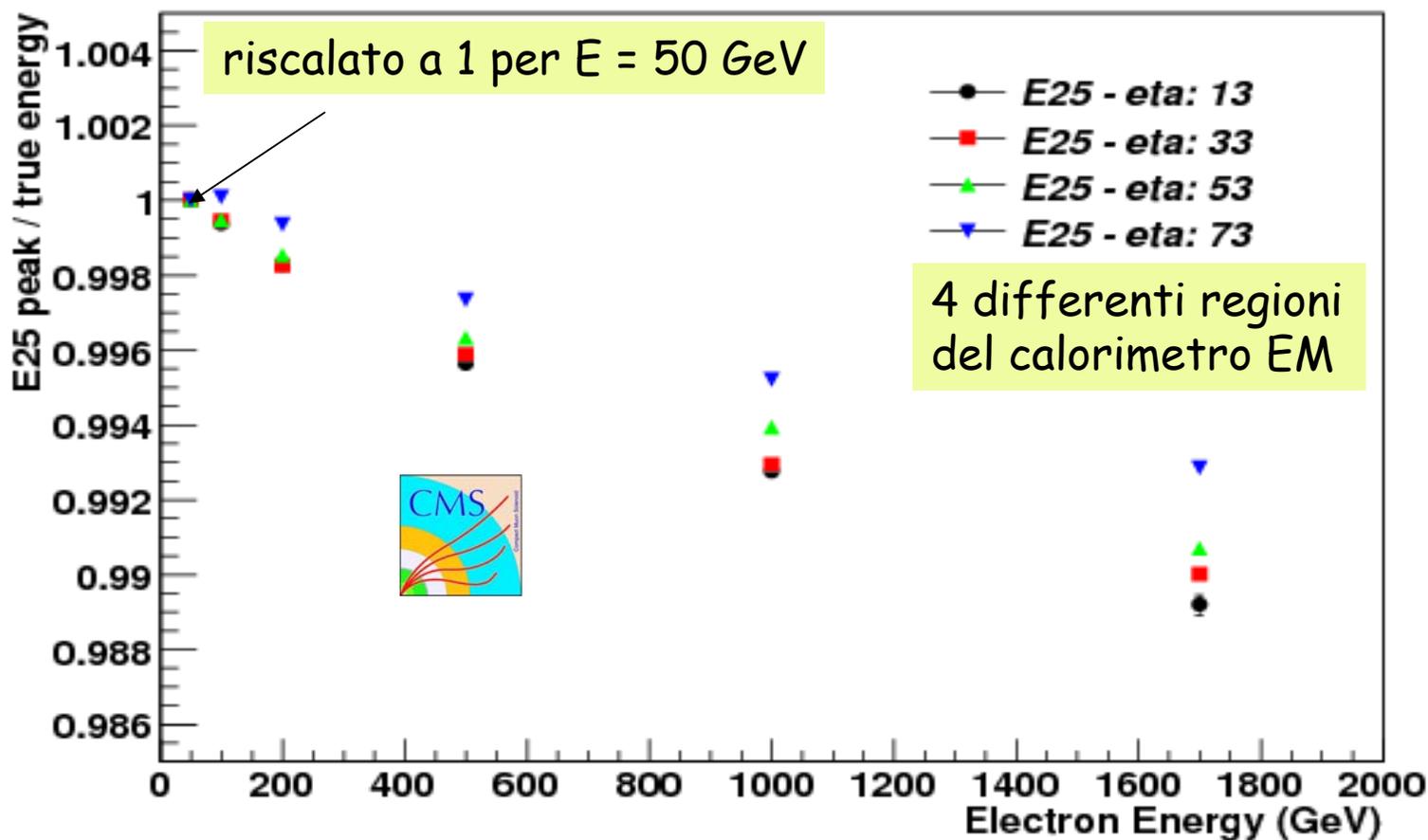


- Primi dati → bassa statistica ad alta energia:
- estrapolazione da DY 100-200 GeV o misura diretta? Studi in corso

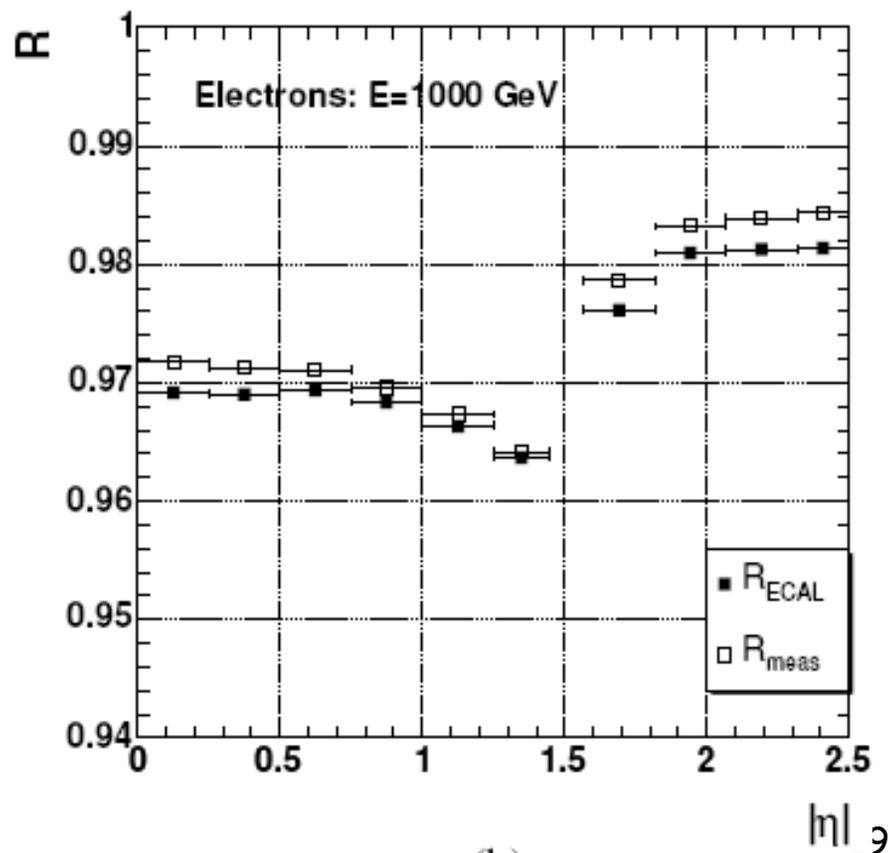
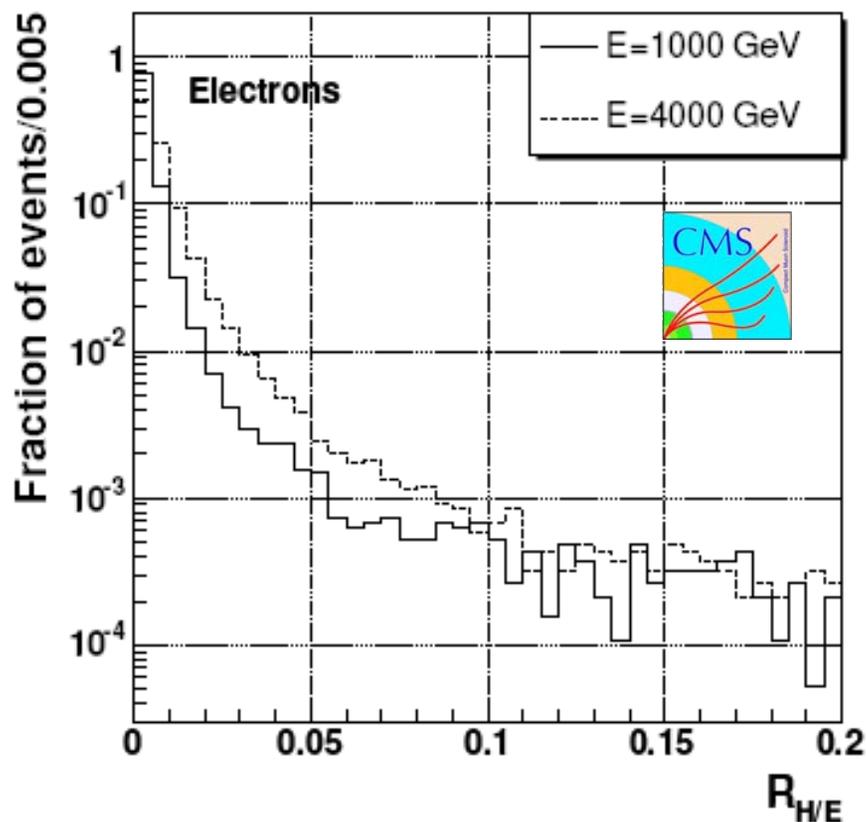
- Nell' ECAL di CMS, il segnale di singolo cristallo satura nel Barrel a 1.7 TeV (3 TeV negli Endcap)
- Studiando deposito in 5x5 cristalli intorno al saturato, e correggendo per la centralità dell'impatto sul cristallo (valutata con coordinate calorimetriche X e Y) → **risoluzione del 5%**



- Ad alta energia lo sciame EM prosegue oltre il calorimetro EM
- L'energia non contenuta si deposita nello spazio tra il calorimetro EM e quello adronico (HCAL), o in HCAL



- In media: si può correggere con coefficiente dal MC
- Sul singolo evento: si può utilizzare il deposito in HCAL
- Lavori in corso...



- Contenimento longitudinale → rivedere taglio sul deposito HCAL
- Risoluzione momento peggiora → "E/p" diventa "1/E-1/p"

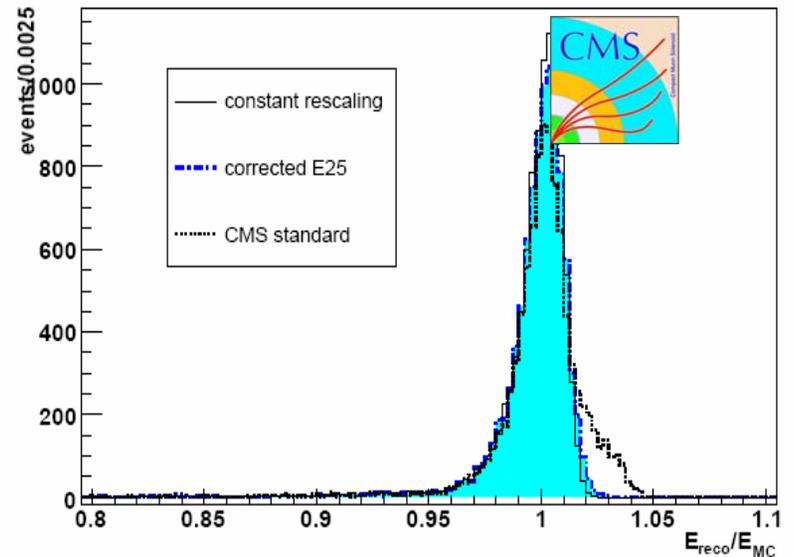
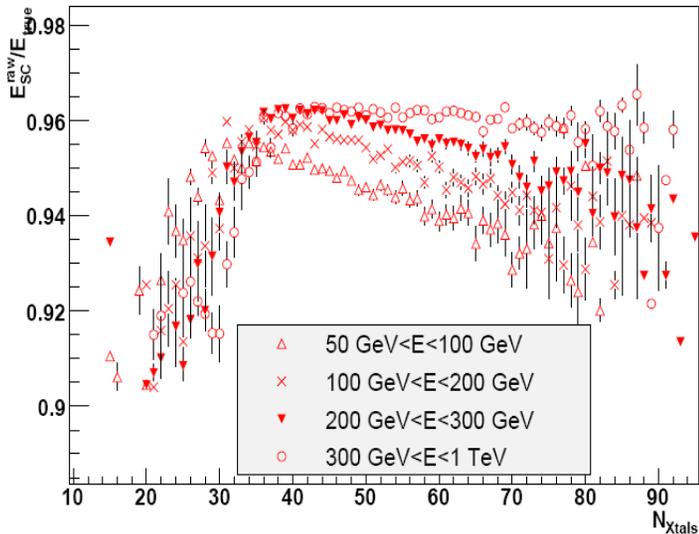
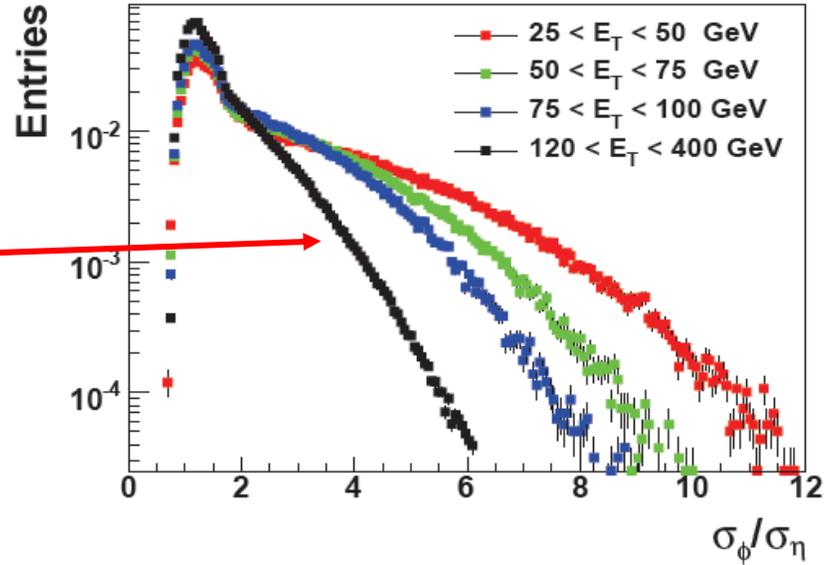
cuts	$W \rightarrow ev$	$Z \rightarrow e^+e^-$	$Z'(1 \text{ TeV})$	$Z'(3 \text{ TeV})$
$E_t > 18 \text{ GeV}$	94%	95%	100%	100%
$H < 3 \text{ GeV}$	99%	99%	86%	25%
$> 0 \text{ Pixel Match}$	100%	100%	100%	100%
$E/P < 1.5 (2.45 \text{ EE})$	85%	89%	80%	81%
$\text{TrackIso} < 0.06$	97%	98%	100%	100%



cuts	$W \rightarrow ev$	$Z \rightarrow e^+e^-$	DY(200)	DY(500)	$Z'(1\text{TeV})$	$Z'(4\text{TeV})$	QCD [Hz]
$E_t > 18 \text{ GeV}$	91.7%	95.7%	99.5%	99.9%	99.9%	100.0%	628.9
$H/E < 0.05 \mid H < 3 \text{ GeV}$	98.7%	99.5%	99.4%	99.6%	99.7%	99.3%	483.5
$> 0 \text{ Pixel Match}$	89.0%	95.0%	97.5%	98.6%	98.6%	98.8%	43.8
$1/E - 1/P < 0.03$	94.7%	97.7%	98.9%	99.5%	99.6%	99.6%	34.8
$\text{TrackIso} < 0.06$	96.9%	98.2%	99.2%	99.7%	99.8%	99.8%	9.1
final numbers	73.9%	86.9%	94.7%	97.3%	97.7%	97.6%	9.1

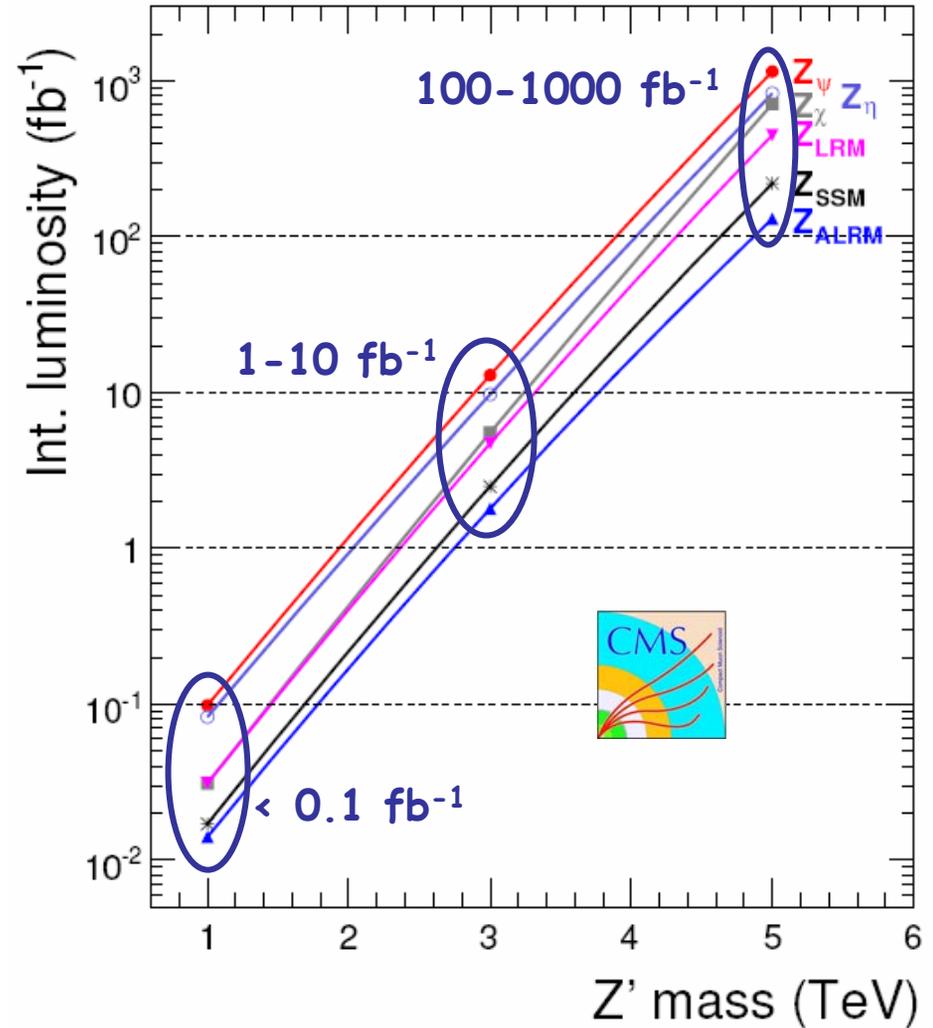
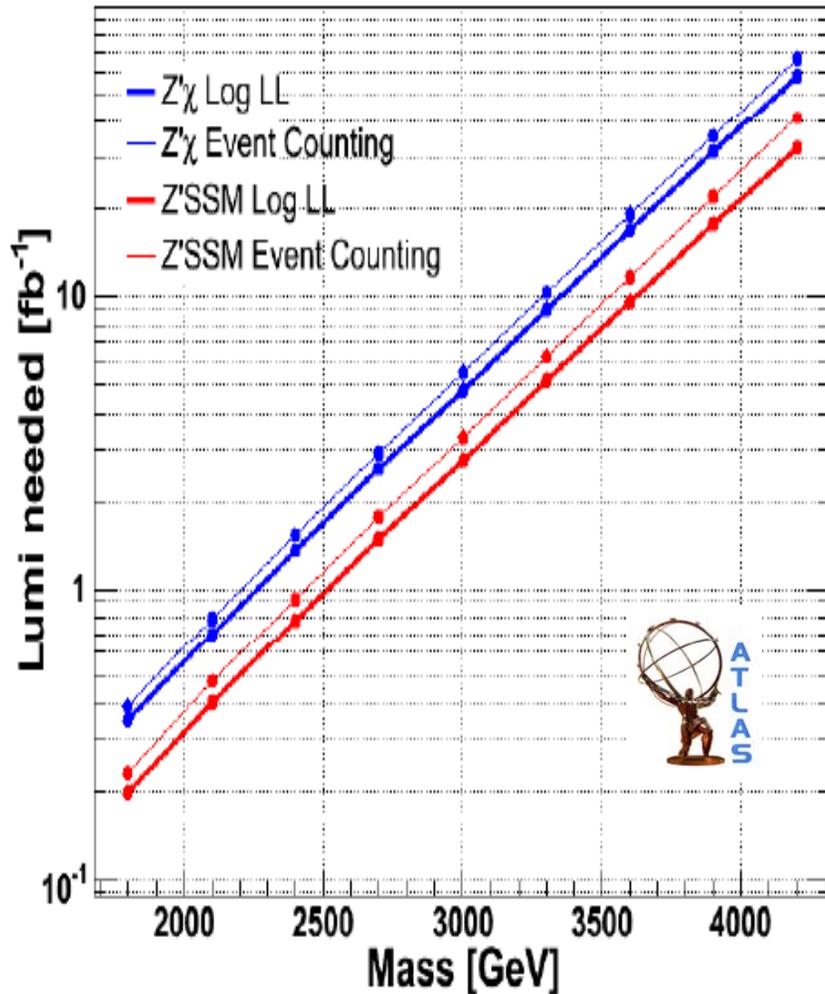
$$\sigma_\phi / \sigma_\eta = \sqrt{\frac{\sum_i E_i (\phi_i - \phi_{EM})^2}{\sum_i E_i (\eta_i - \eta_{EM})^2}}$$

- Ad alta energia i fotoni di Brem. diventano più collineari
- I fattori di correzione standard $O(100 \text{ GeV})$ vanno corretti
- Anche utilizzo di matrici fisse di cristalli (es. 5×5)

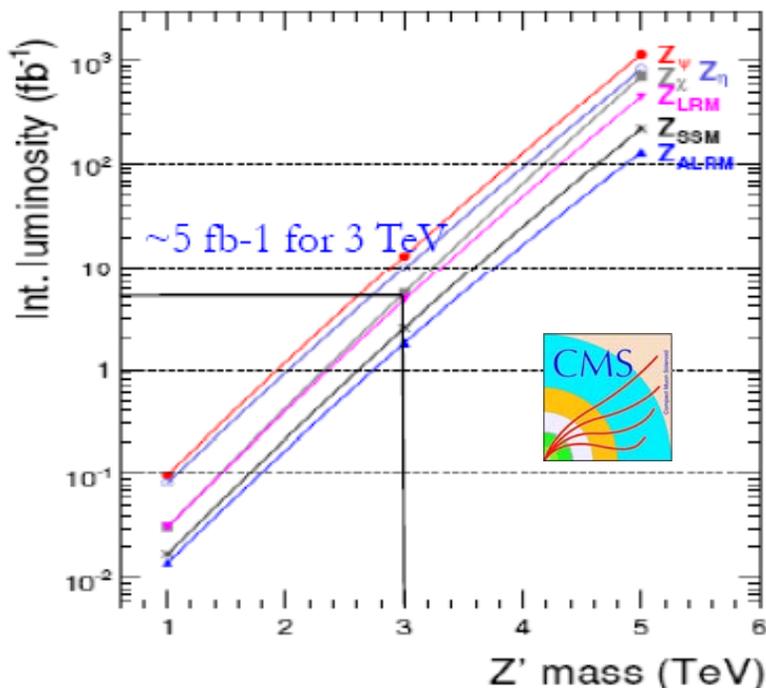


Scoperta di una nuova risonanza coi primi dati

Z' Discovery potential NLO



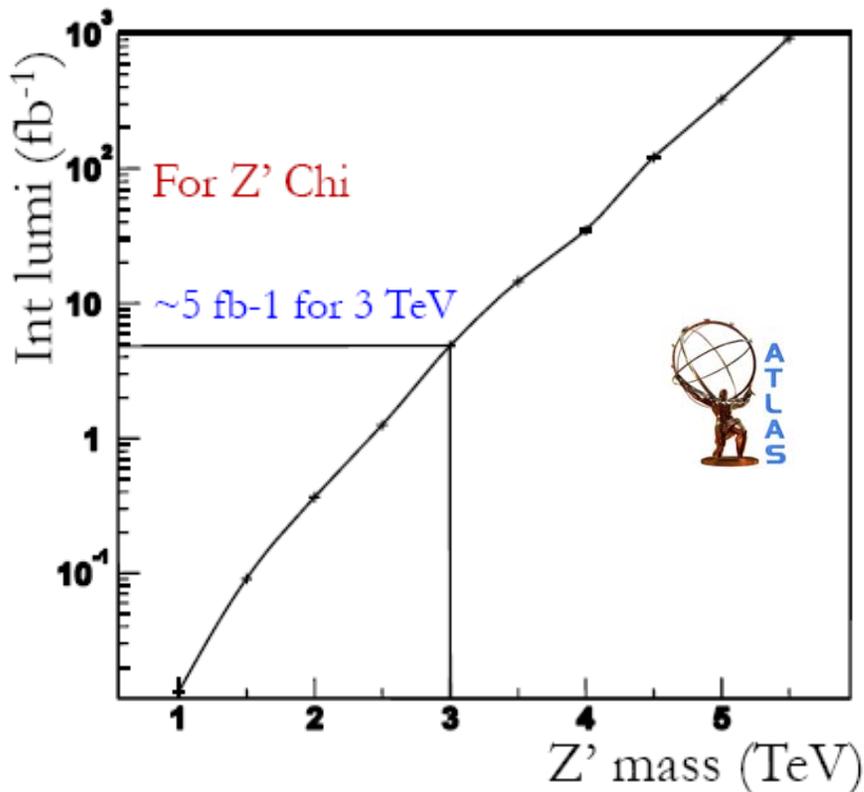
CMS Result



Muon channel

LLH method
Full Simulation + KFactor

ATLAS



Electron channel

MC limit
Mass spectrum fitted form Pythia and convoluted with resolution and acceptance.
+ KFactor

- Fit con likelihood non binnato con modellizzazione di S+B :

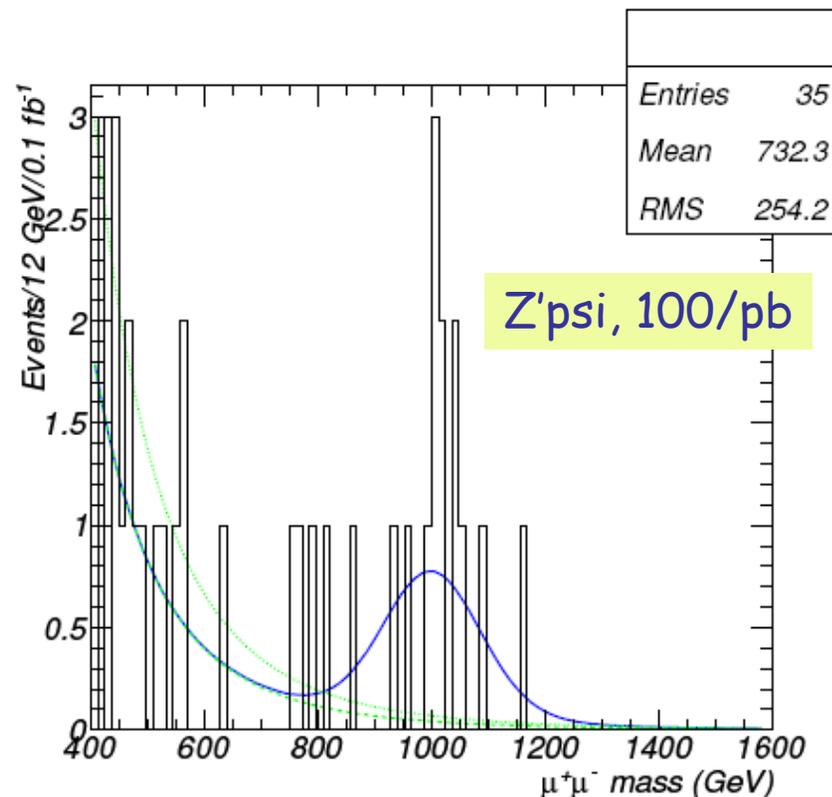
$$p(M_{\mu\mu}; f_s, m_0, \Gamma) = f_s \cdot p_s(M_{\mu\mu}; m_0, \Gamma) + (1 - f_s) \cdot p_b(M_{\mu\mu})$$

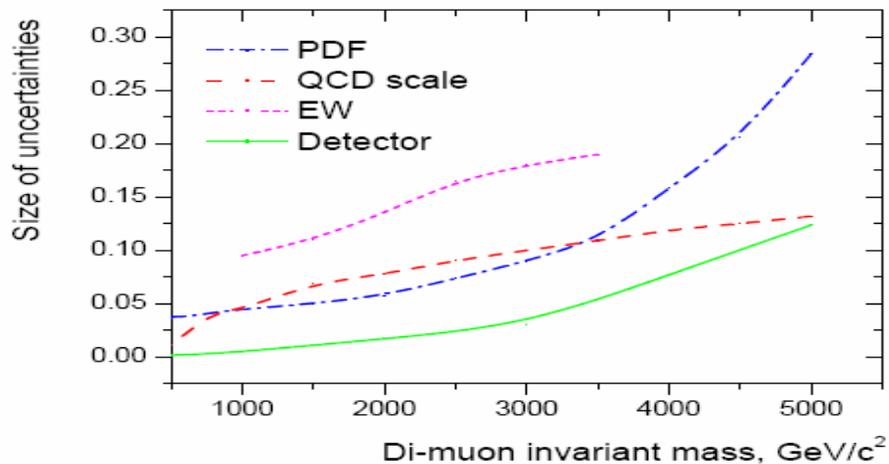
- Significanza testata per bassa statistica: $S_{\mathcal{L}} = \sqrt{2 \ln(\mathcal{L}_{s+b}/\mathcal{L}_b)}$

CALCOLO LUMI. DI SCOPERTA:

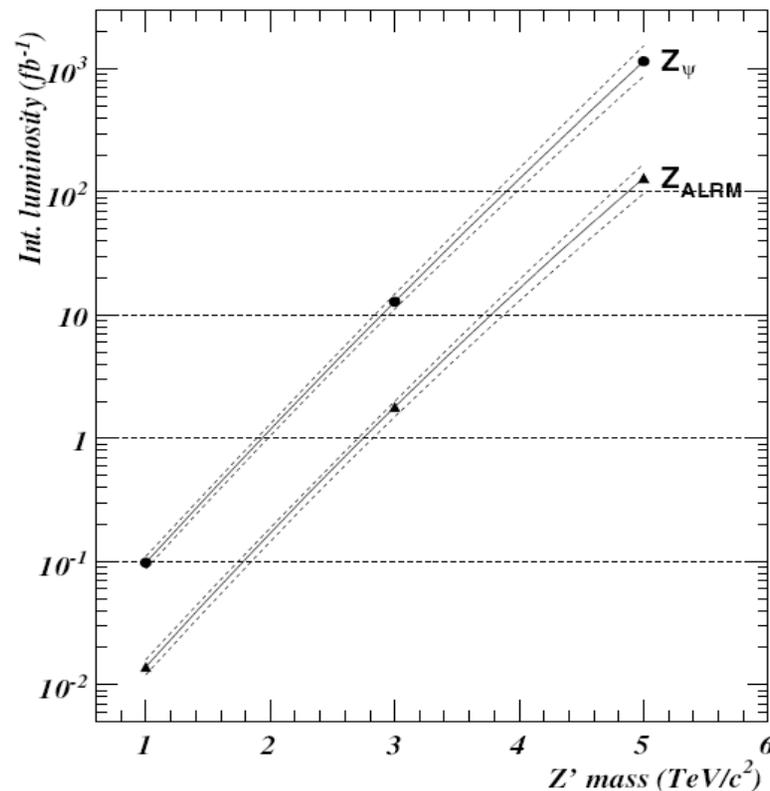
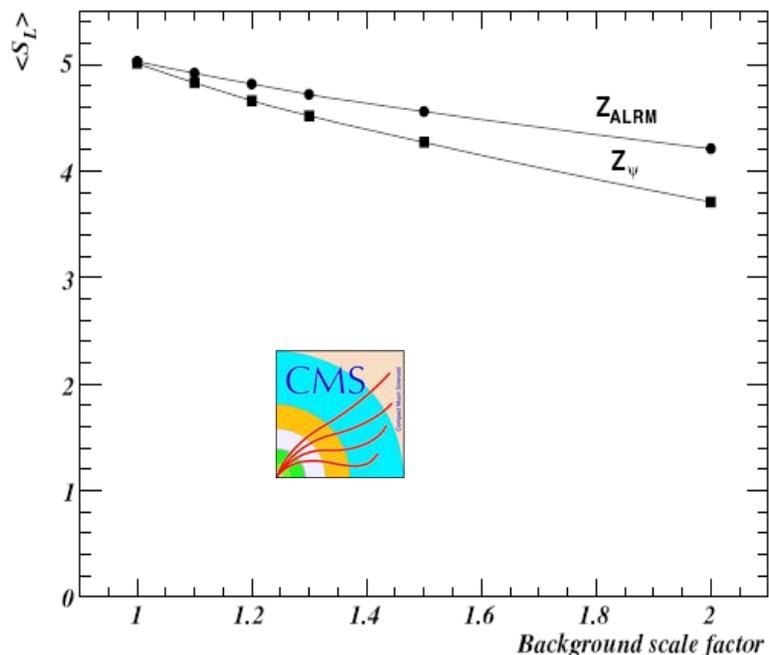
generazione di numerosi
pseudoesperimenti
a statistica variabile

→ valore di lumi per cui il 50% vede
 $S > 5$



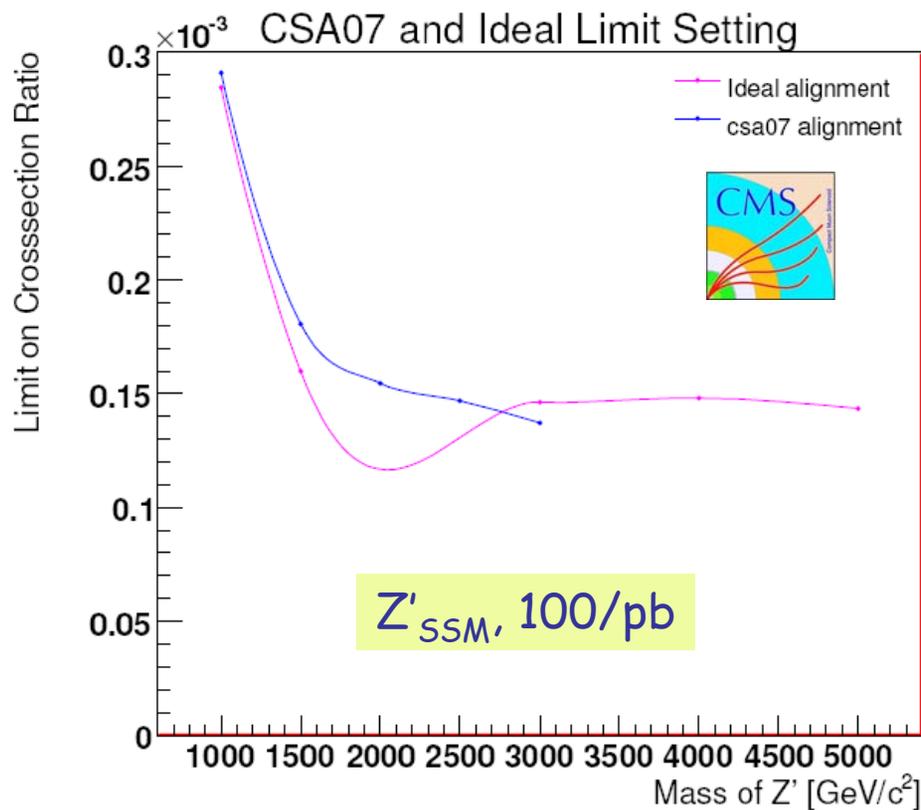


- Sistematiche teoriche (PDF/EW) sul fondo DY hanno poco impatto sulla luminosità di scoperta
- Idem per disallineamento



- Stessa procedura (circa) che per la scoperta
- Fit di likelihood non binnata estesa
- Studi in corso: qui la sistematica della funzione di fit può avere effetti importanti

$$\sigma(Z')/\sigma(Z)$$



- Il decadimento dello Z' in 2 leptoni rappresenta un segnale molto evidente di fisica oltre il Modello Standard ad LHC
- Particelle di altissima energia necessitano di accorgimenti speciali di trigger/ricostruzione → LAVORI IN CORSO!
- **Potenziale di scoperta (per vari modelli SSM, E6-GUT, LR):**
 - Z' fino a 1 TeV con 100/pb
 - Z' fino a 2.5 TeV con 1/fb
- Le analisi di ATLAS e CMS danno risultati simili nei canali in elettroni/muoni
- **L'incompleta comprensione e messa a punto del rivelatore all'inizio della presa dati (disallineamento, scalibrazione) hanno impatto trascurabile sulla scoperta**
- Le sistematiche teoriche (PDF, correzioni QCD/EWK) non influenzano i tempi di scoperta ma le successive misure (sezione d'urto)

- **ATLAS** (thanks to S. Giagu, C. Gatti)
 - J. Moren, "Z' \rightarrow ee discovery potential computation using model independent parametrisation", talk at CSC dilepton/diphoton 05/02/2008
- **CMS** (thanks to P. Spagnolo)
 - Chen et al., "Search for New High-Mass Resonances Decaying to Muon Pairs in the CMS Experiment", CMS AN-2007/038
 - J. Brooke et al., "Search for massive resonance production decaying into an electron or a photon pair", CMS AN-2008/004
 - B.Clerbaux et al., "Saturation and energy corrections for TeV electrons and photons", CMS NOTE 2006/149
 - G. Daskalakis et al., "Measuring Electron Efficiencies at CMS with Early Data", CMS AN-2007/019

Slides di backup

- Normalizzare rispetto a:
 - picco della Z (proced. standard)
 - DY 200-300 GeV
- si può arrivare dal 30% a meno del 10%

