

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TORINO
ALMA UNIVERSITAS
TAURINENSIS



Università degli Studi di Torino
Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali
Corso di Laurea Triennale in Fisica

STUDIO E OTTIMIZZAZIONE DELLE PRESTAZIONI DELLE CAMERE A DERIVA DELL'ESPERIMENTO CMS AL CERN CON I PRIMI DATI DI COLLISIONE PROTONE-PROTONE

Candidato: Marco Terranova
Relatore: Dott. Nicola C. Amapane

Sessione di Laurea 05 Ottobre 2010

Obiettivi

- Lo spettrometro a muoni di CMS è equipaggiato con un sistema di camere a deriva (DT) nella regione centrale

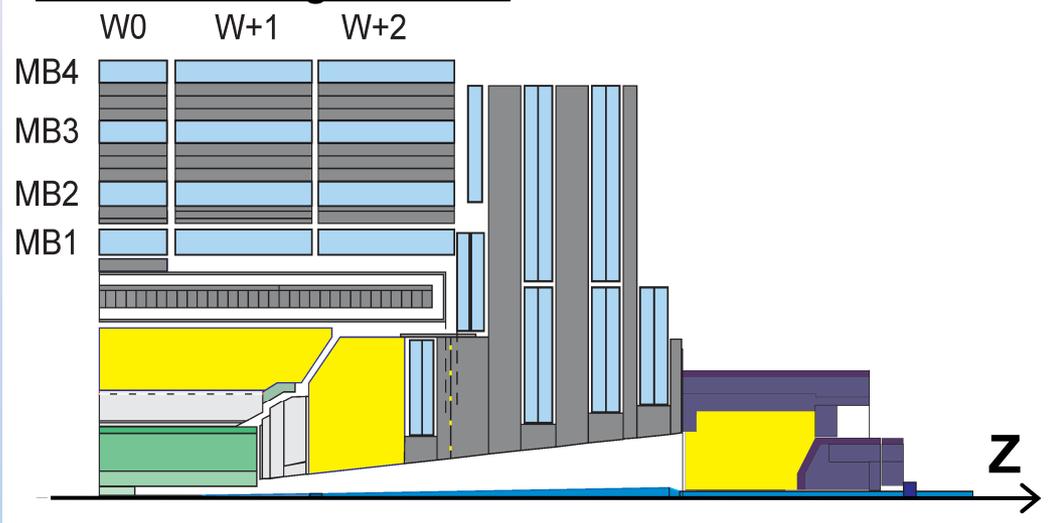


- Le DT misurano su diversi piani la **posizione della traccia dei muoni** e la loro curvatura per effetto del campo magnetico, permettendone la ricostruzione del momento
- Lo scopo del mio lavoro è lo studio dell'incertezza da assegnare alle misure di posizione
 - La corretta assegnazione dell'errore è importante quanto una corretta misura della posizione!
- **Perché?**
 - La traccia è ricostruita selezionando le misure compatibili sulla base del loro errore.
 - L'incertezza determina il loro peso relativo nel fit della traccia
 - Determina la stima del χ^2 delle tracce ricostruite, che viene usato come criterio di qualità
 - Per numerosi studi (e.g. allineamento con tracce) la correttezza degli errori influisce in modo critico sul risultato

Spettrometro a μ di CMS

- Le camere a deriva sono posizionate nella zona centrale di CMS (“barrel”), nel giogo di ritorno del campo magnetico

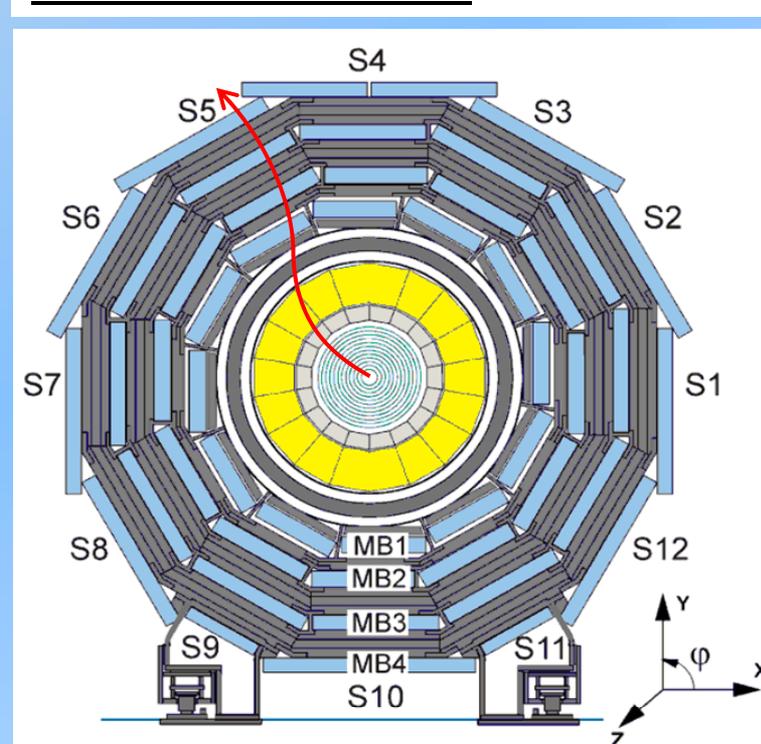
Sezione Longitudinale



- 4 Stazioni
- 5 Wheel

- ϕ : angolo sul piano di curvatura X-Y
- Z: asse dei fasci

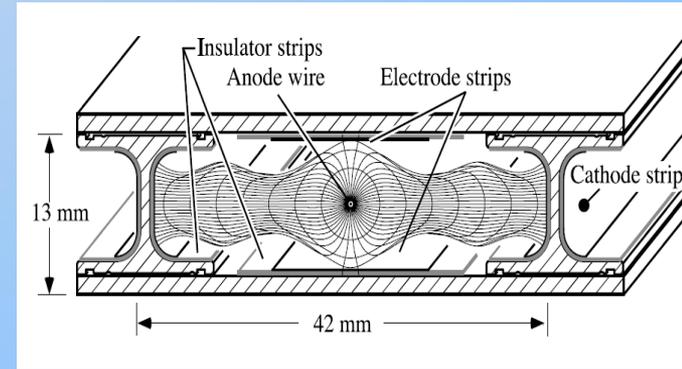
Sezione Trasversale



- 12 Settori

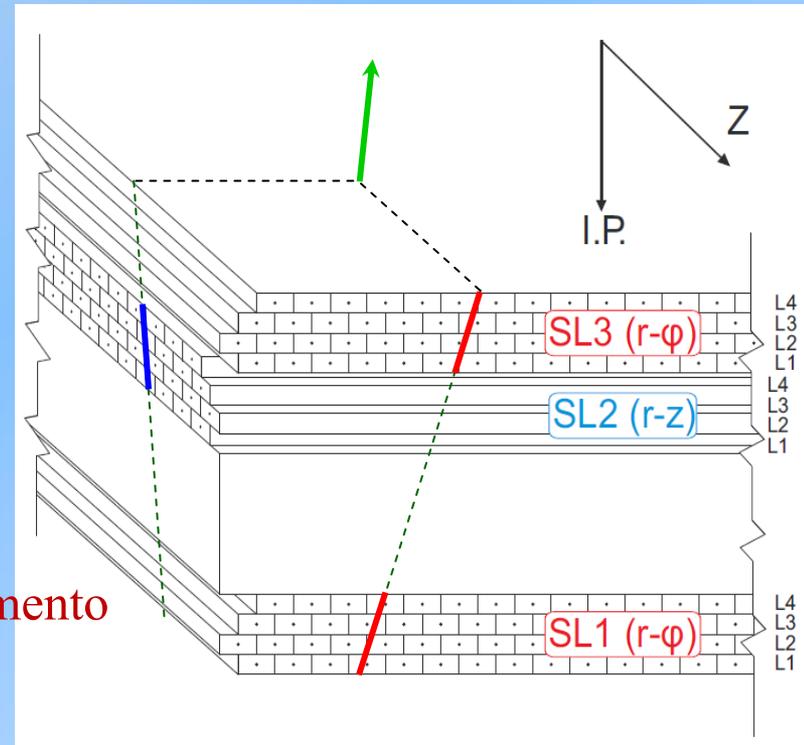
Le Camere a Deriva (DT)

- Le camere a deriva di CMS sono composte da celle indipendenti
 - Ogni cella contiene un filo anodico dentro un volume di gas.
 - Gli elettroni prodotti per ionizzazione dalle particelle incidenti vengono trasportati da un campo elettrico e raccolti dal filo
 - Dalla misura del tempo di deriva degli elettroni si risale alla posizione della particella



- Una misura nella cella → **Hit**
- Una fila di celle → **Layer**
- 4 Layer di celle staggerati → **Super-Layer**

- Una **camera** è composta da 3 Super-Layer:
 - 2 per ϕ (SL1 e SL3) e uno per Z (SL2)
 - La stazione 4 (MB4) non possiede il SL Z



- Fit lineare su i tutti Layer in una camera → **Segmento**

Ricostruzione Hit

- La configurazione del campo elettrico nella cella è ottimizzata in modo da avere una relazione lineare tra la distanza dal filo (d) e tempo di deriva (t)
- Per la ricostruzione degli hit, si usa:

$$d = (t - t_0) v_d$$

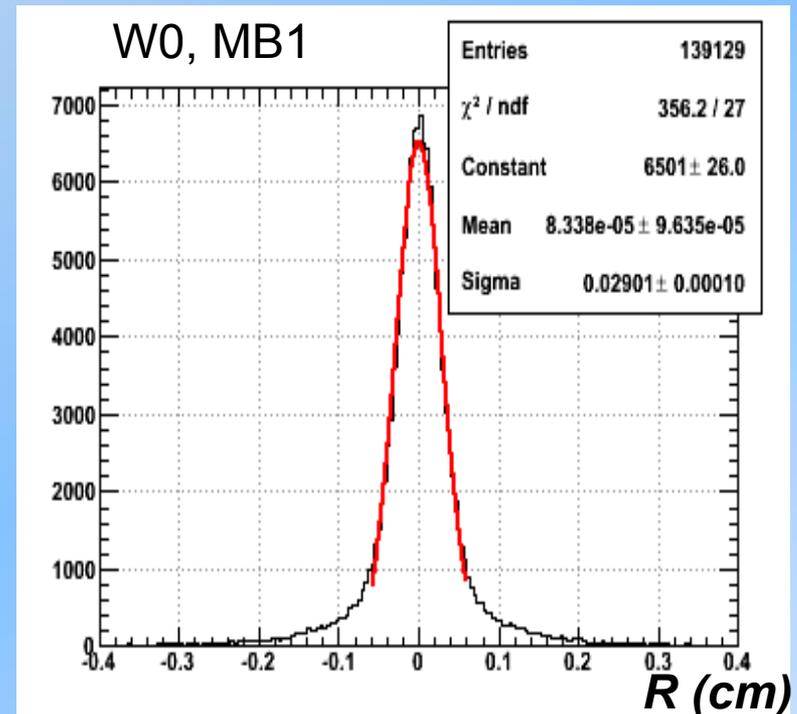
t_0 → piedistallo dei tempi

v_d → velocità di deriva

- Definisco il RESIDUO:

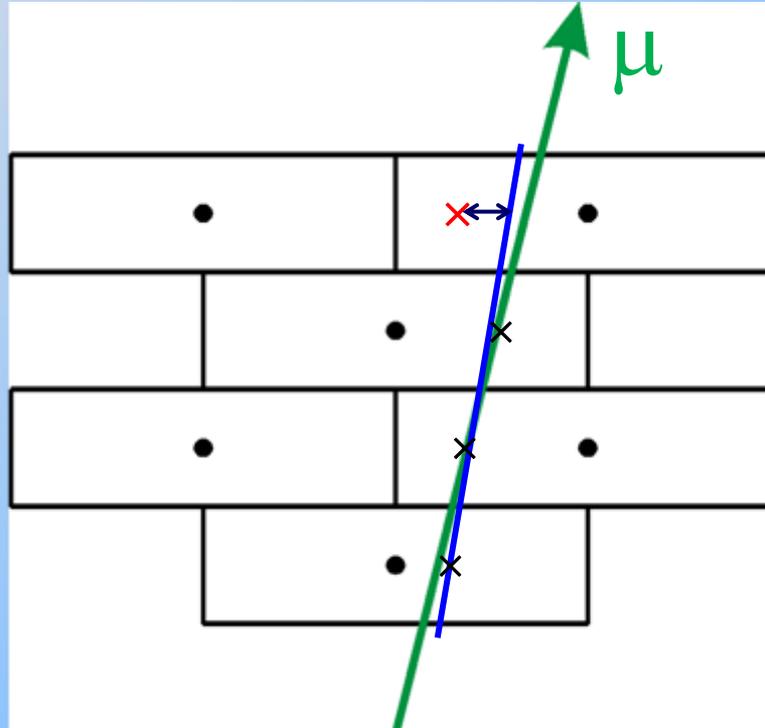
$$R = d - d_{\text{Fit}}$$

d_{Fit} → distanza dal filo del segmento ricostruito



Risoluzione e Residuo

- Le larghezze delle distribuzioni dei residui dei segmenti (σ_R) sono più piccole rispetto alle risoluzioni negli hit (σ): questo perché nella ricostruzione dei segmenti sono utilizzati gli hit stessi



- Avendo pochi punti, non è opportuno ri-fittare con $N-1$ hit
 \Rightarrow **Ricavo la relazione tra σ e σ_R per correggere i residui!**

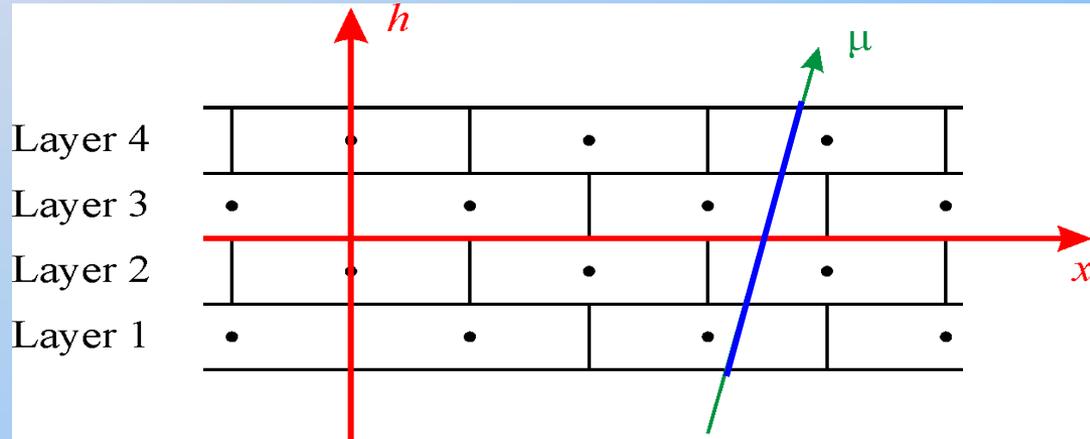
Relazione fra risoluzione e residuo (1)

- Definisco la retta:

$$x = (A + B h)$$

$x \rightarrow$ coordinata misurata

$h \rightarrow$ coordinata ortogonale



- Il residuo è quindi:

$$R_i = x_i - x(h_i) = x_i - (A + B h_i)$$

con $i = 1, \dots, N$

- Ricordando che per un fit lineare coi minimi quadrati :

$$A = \frac{\sum (w_i h_i)^2 \sum (w_i h_i) - \sum (w_i h_i) \sum (w_i h_i x_i)}{\sum w_i \sum (w_i h_i^2) - (\sum (w_i h_i))^2}$$

$$B = \frac{\sum w_i \sum (w_i h_i x_i) - \sum (w_i h_i) \sum (w_i x_i)}{\sum w_i \sum (w_i h_i^2) - (\sum (w_i h_i))^2}$$

Relazione fra risoluzione e residuo (2)

- Assumendo che le risoluzioni siano le medesime per ogni Layer ($w_i = w$), si ricava [1]:

$$\sigma^2 = \frac{1}{\left\{ \frac{N-1}{N} - \frac{h_i^2}{\sum h_j^2} \right\}} \cdot \sigma_{R_i}^2$$

- In conclusione:
 - La larghezza dei residui è minore rispetto alla risoluzione
 - La correzione dipende dal Layer

$$\sigma = k_i \cdot \sigma_{R_i}$$

con $k_i > 1$

[1] J. Puerta Pelayo, “Estudio sobre las Camaras de Tubos de Deriva para el Espectrometro de Muones del Experimento CMS”, PhD Thesis, 2004

k : Super-Layer Z

- Nel caso del SL Z ($N = 4$):

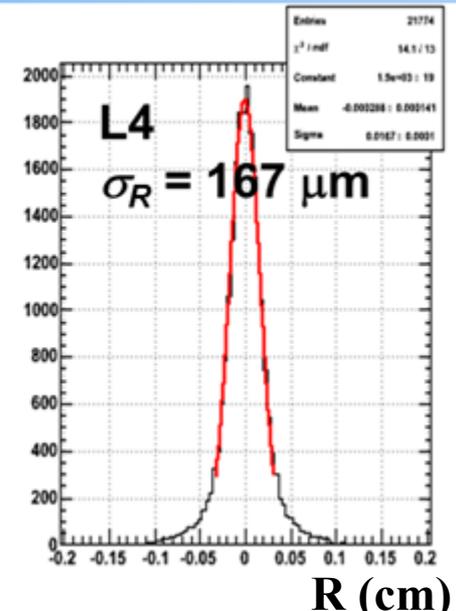
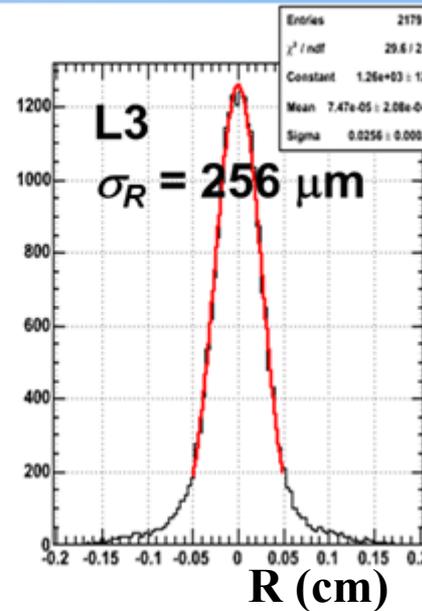
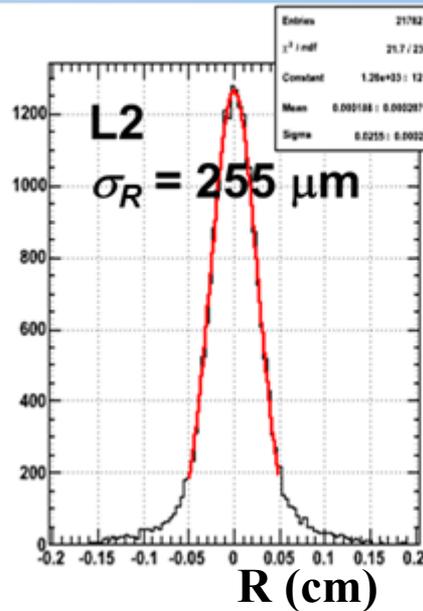
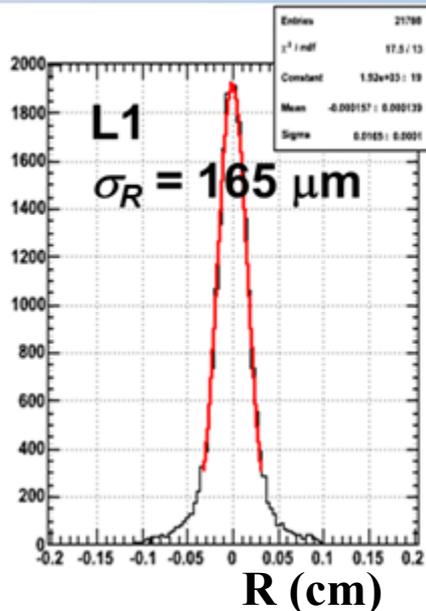
$$k_{1,4} = 1.83$$

$$k_{2,3} = 1.20$$

$$k_i = \frac{1}{\sqrt{\left\{ \frac{N-1}{N} - \frac{h_i^2}{\sum h_j^2} \right\}}}$$

- Verifico la correttezza dei parametri sui residui di tutti i Layer

E.g. W0, MB1, SL Z:



k : Super-Layer ϕ

- Nei 2 SL ϕ , si ricostruisce un unico segmento fittando insieme gli hit di tutti e 8 i Layer
- Ho esteso il calcolo considerando la geometria dei 2 SL
 - Si ottiene:



$$k_{1,8} = 1.17$$

$$k_{2,7} = 1.16$$

$$k_{3,6} = 1.15$$

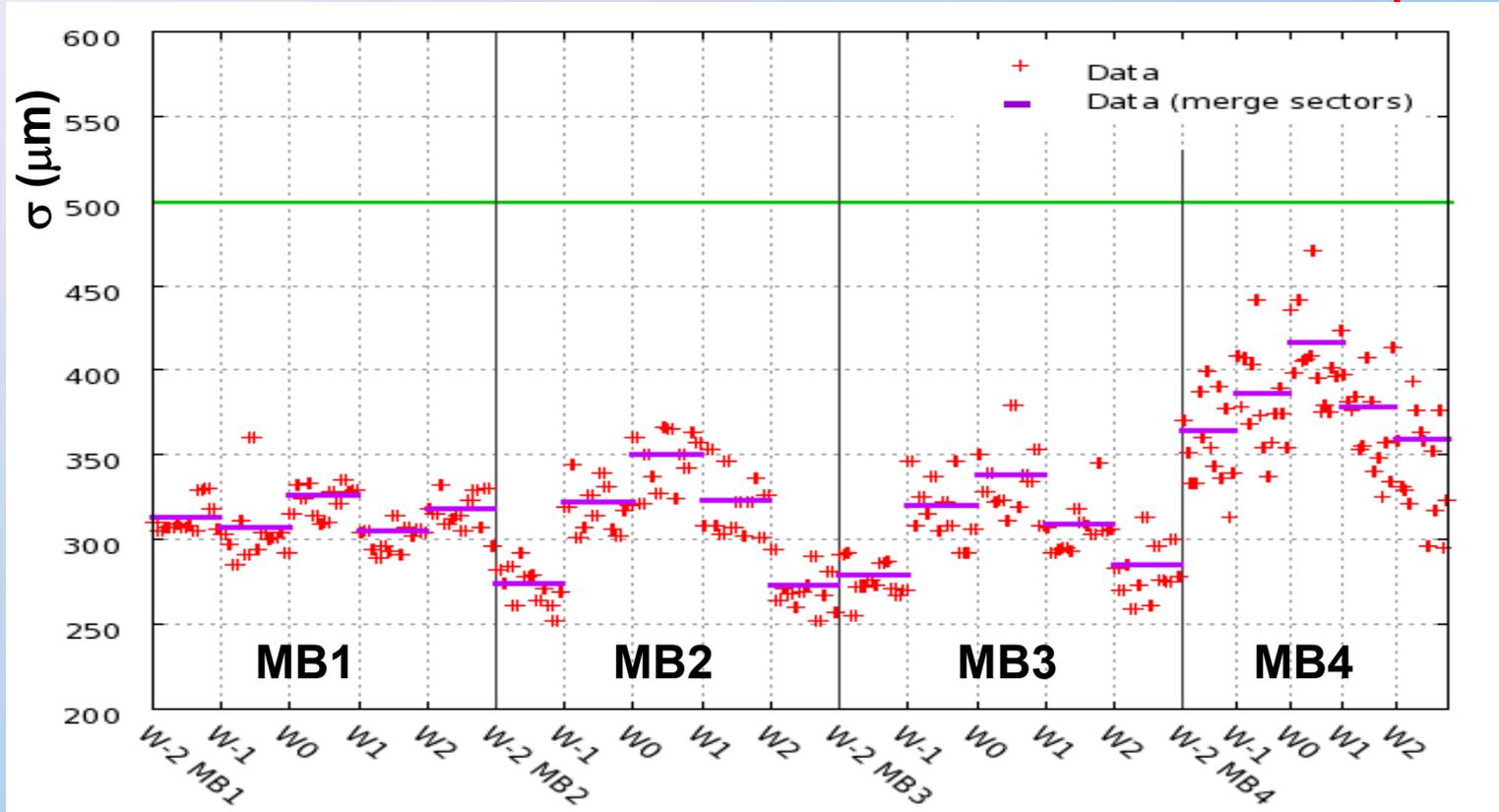
$$k_{4,5} = 1.14$$

$$k_i = \frac{1}{\sqrt{\left\{ \frac{N-1}{N} - \frac{h_i^2}{\sum h_j^2} \right\}}}$$

Modo di operare

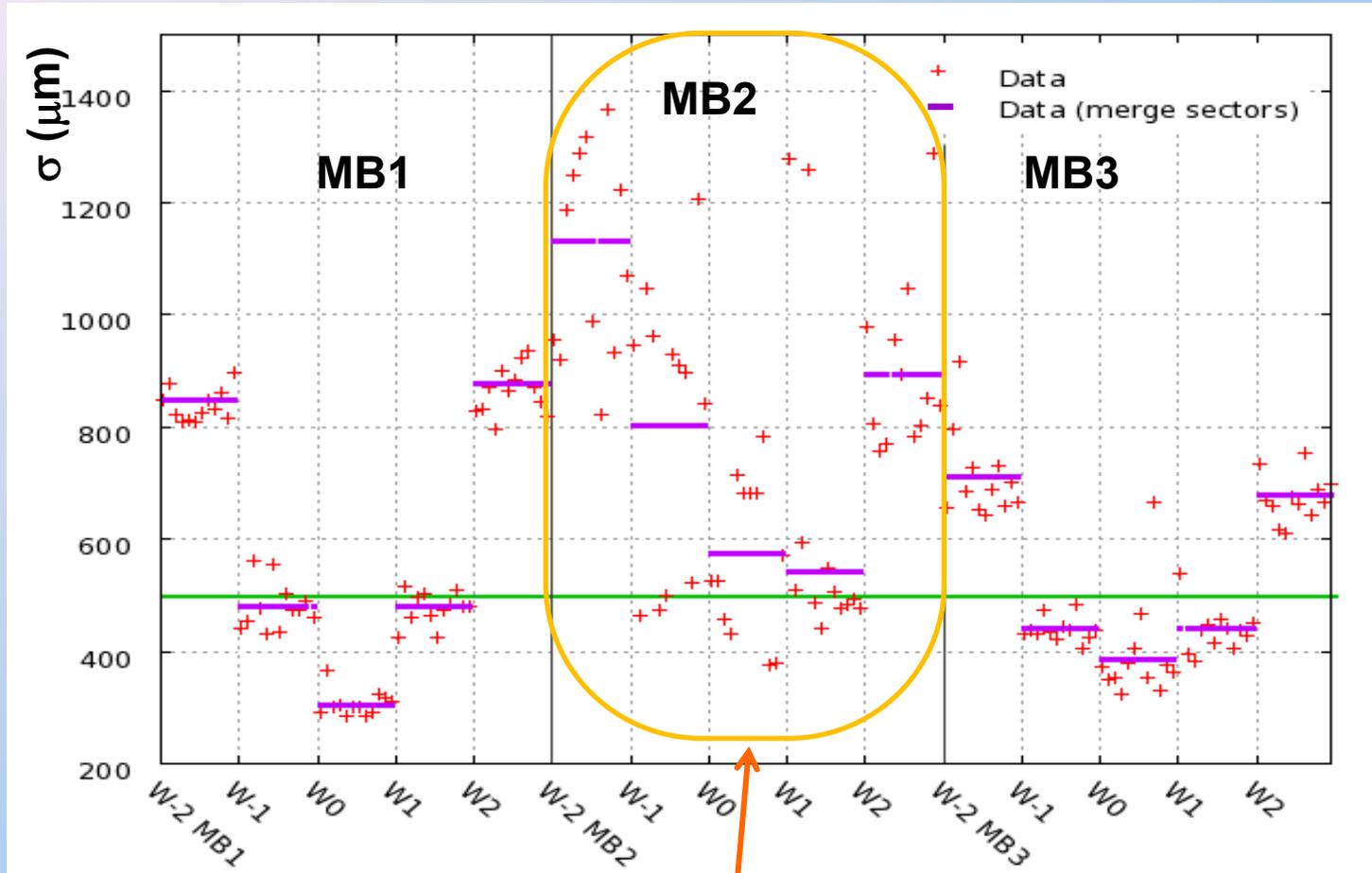
1. Si sono ricavate le **distribuzioni dei residui** per un campione di eventi contenenti muoni, separatamente per ciascuno dei 2720 Layer
2. Per ognuna ho ottenuto le σ_R con un fit gaussiano del *core* della distribuzione
3. Ho calcolato σ attraverso il fattore k corrispondente e calcolato il valore medio per ognuno dei Super-Layer

Risultati: risoluzione in ϕ



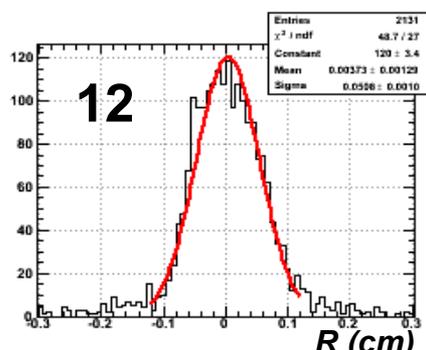
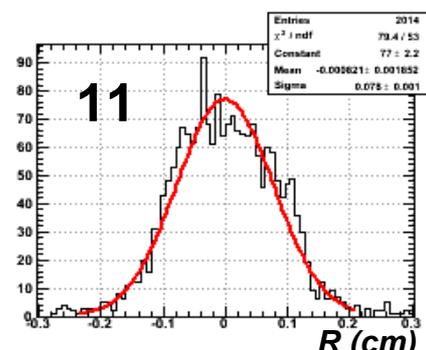
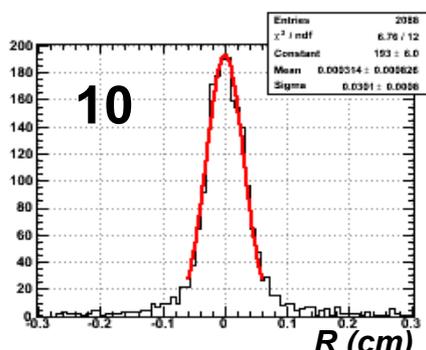
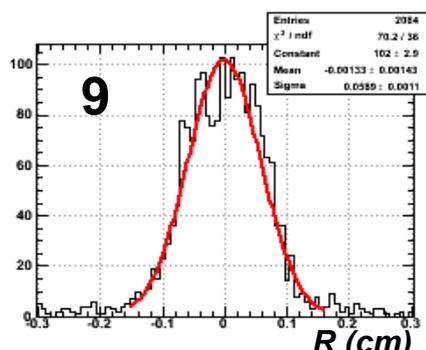
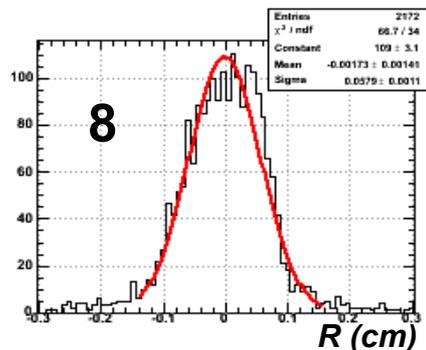
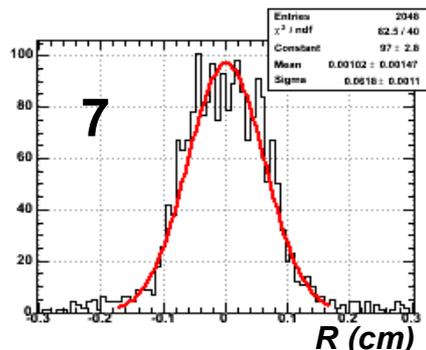
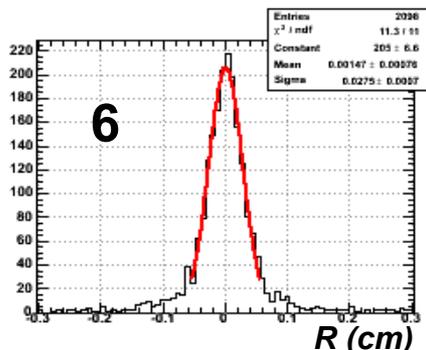
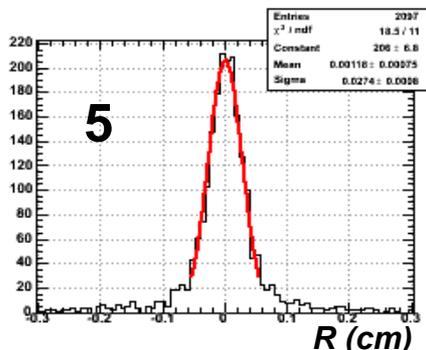
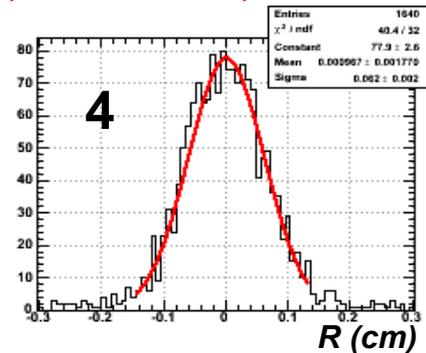
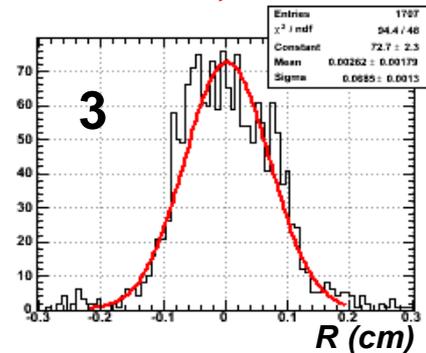
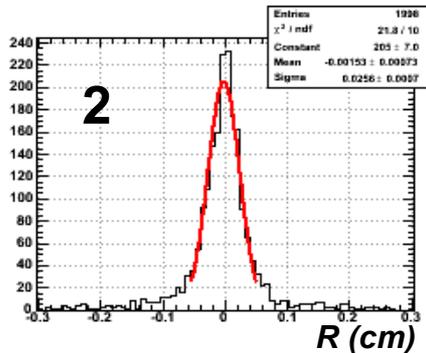
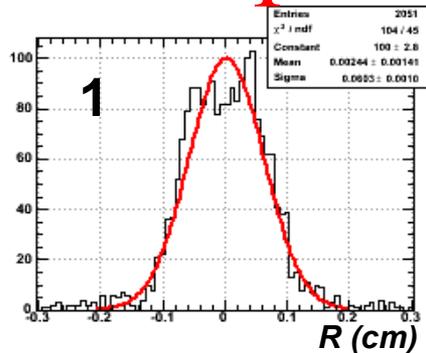
- Risoluzioni attorno ai 300 μm
- Simmetria tra Wheel positive e negative
- In MB4 viene misurata solo una coordinata, non è possibile correggere il ritardo dovuto alla propagazione del segnale lungo il filo
- Poche fluttuazioni nei settori \rightarrow buona accuratezza \rightarrow **valore medio**

Risultati: risoluzione in Z



- Caratteristiche simili
- In alcune wheel della MB2, grossa differenza fra i settori
- Problema dell'algoritmo o caratteristica reale?
...in dettaglio (W-1,MB2,SL2,L1)

Esempio: 12 settori in W-1, MB2, SL2, L1



• I residui sono molto differenti nei diversi settori!

⇒ Problema segnalato agli esperti

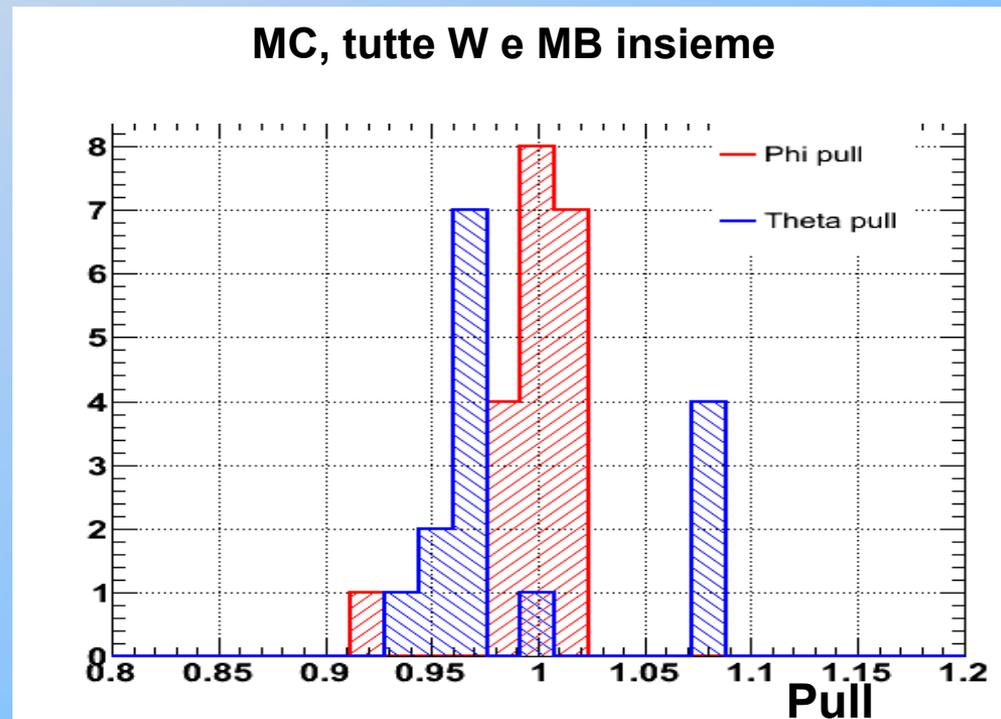
Effetti sulla ricostruzione: Pull su MC

- Definisco la variabile normale:

$$Pull = \frac{d_m - d_v}{\sigma}$$

$d_m \rightarrow$ distanza dal filo misurata
 $d_v \rightarrow$ distanza vera (da verità MC)

- Una corretta assegnazione della σ porta a distribuzioni gaussiane dei pull con $\sigma_{pull} = 1$



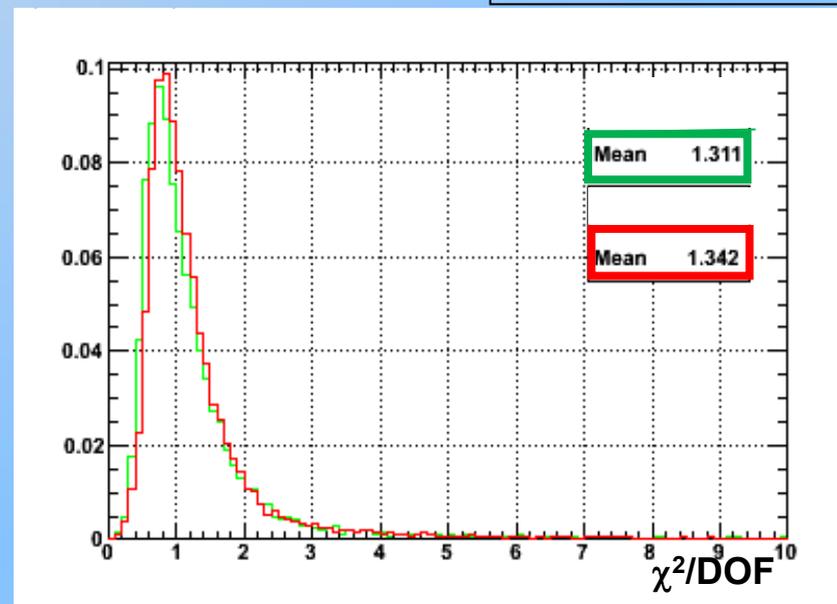
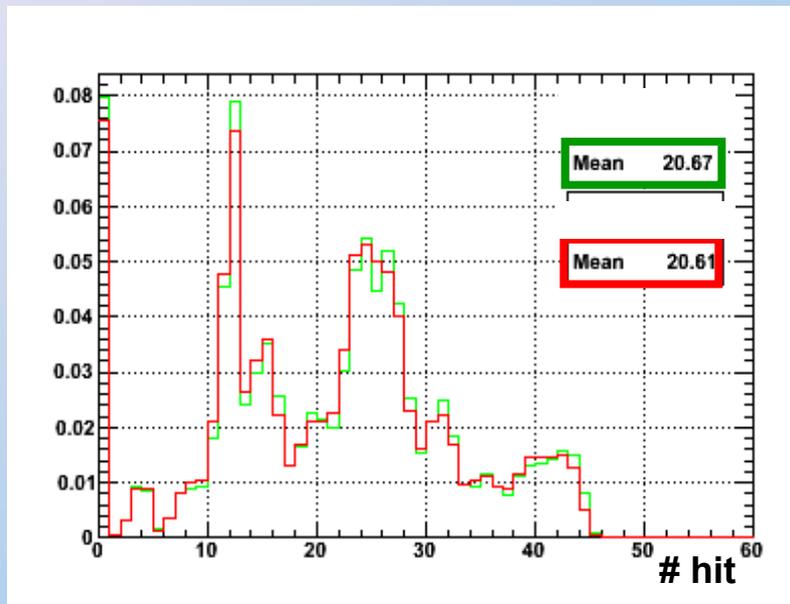
L'algoritmo determina in modo corretto l'errore: $\sigma_{pull} \cong 1$!

Effetti sul fit delle tracce: Dati

- Si osservano il numero di hit e i χ^2 sul fit delle tracce:

Muoni con $|\eta| < 1.2$, $p_T > 10$ GeV/c

– Errori iniziali
– Nuovi errori

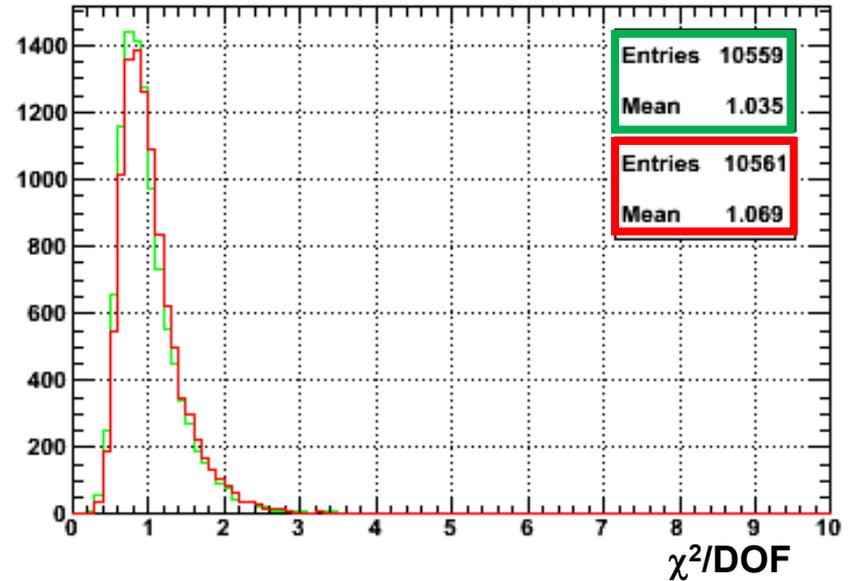
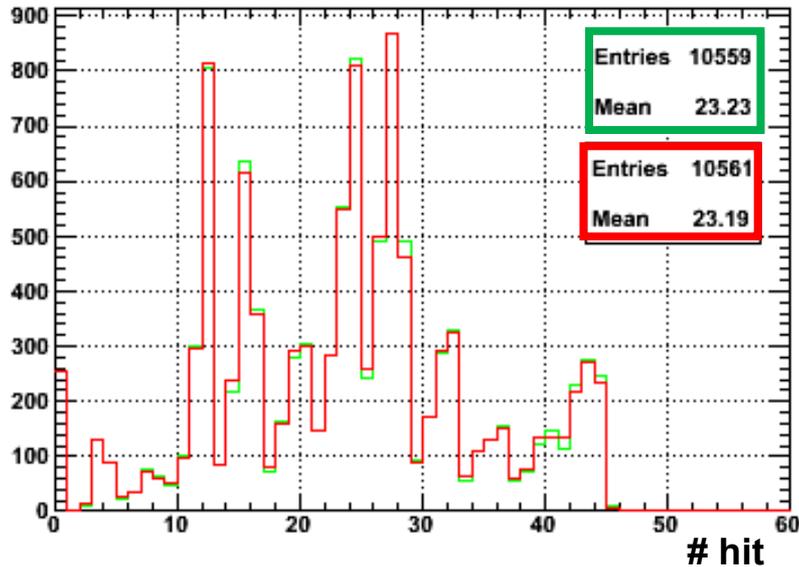


La correzione non ha effetti inattesi sul fit:

- ❖ Non vengono persi hit
- ❖ il χ^2 rimane pressoché invariato

Effetti sul fit delle tracce: MC

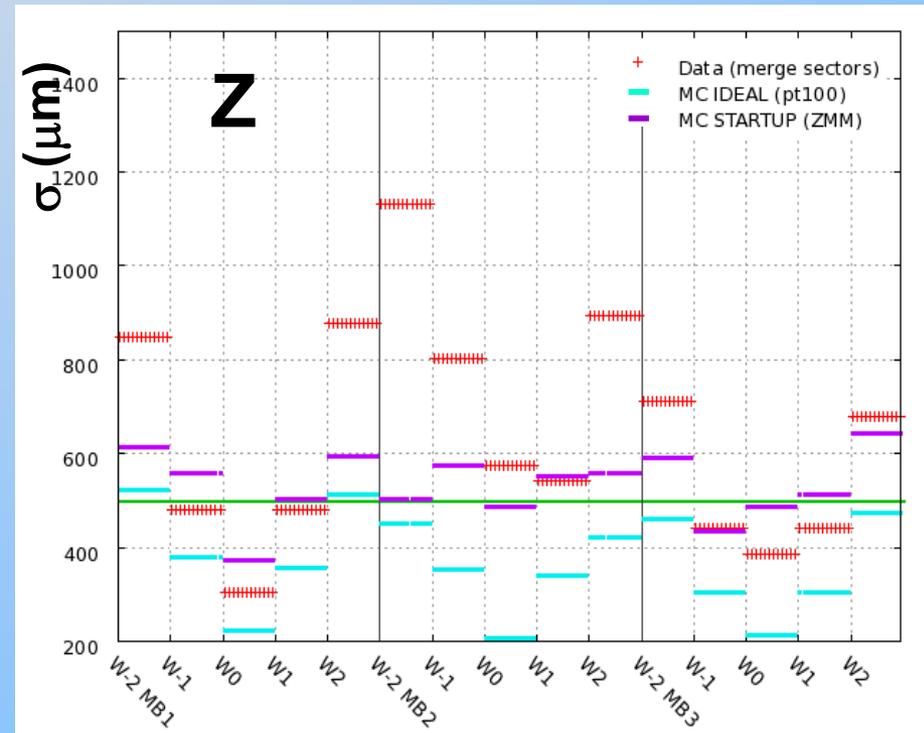
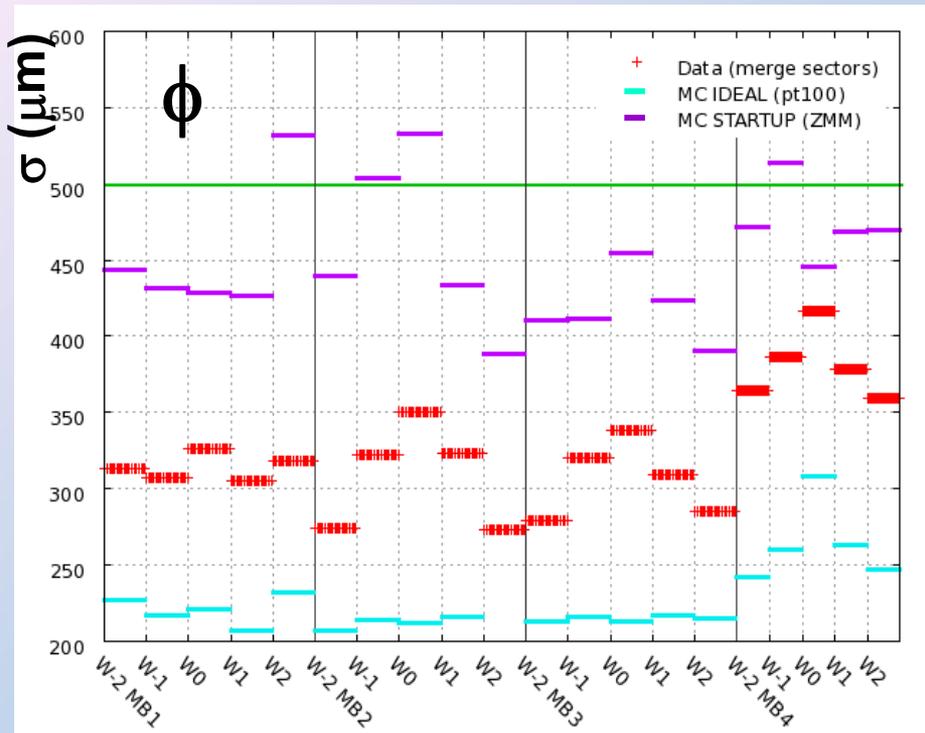
Muoni con $|h| < 1.2$, $p_T > 10$ GeV/c



– Errori iniziali
– Nuovi errori

- Verificato anche su simulazioni MC ($Z \rightarrow \mu\mu$)

Confronto risoluzione dati - MC

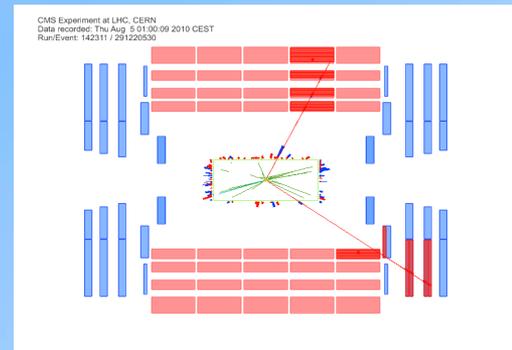
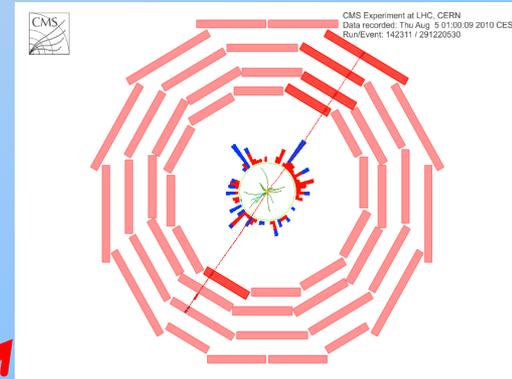
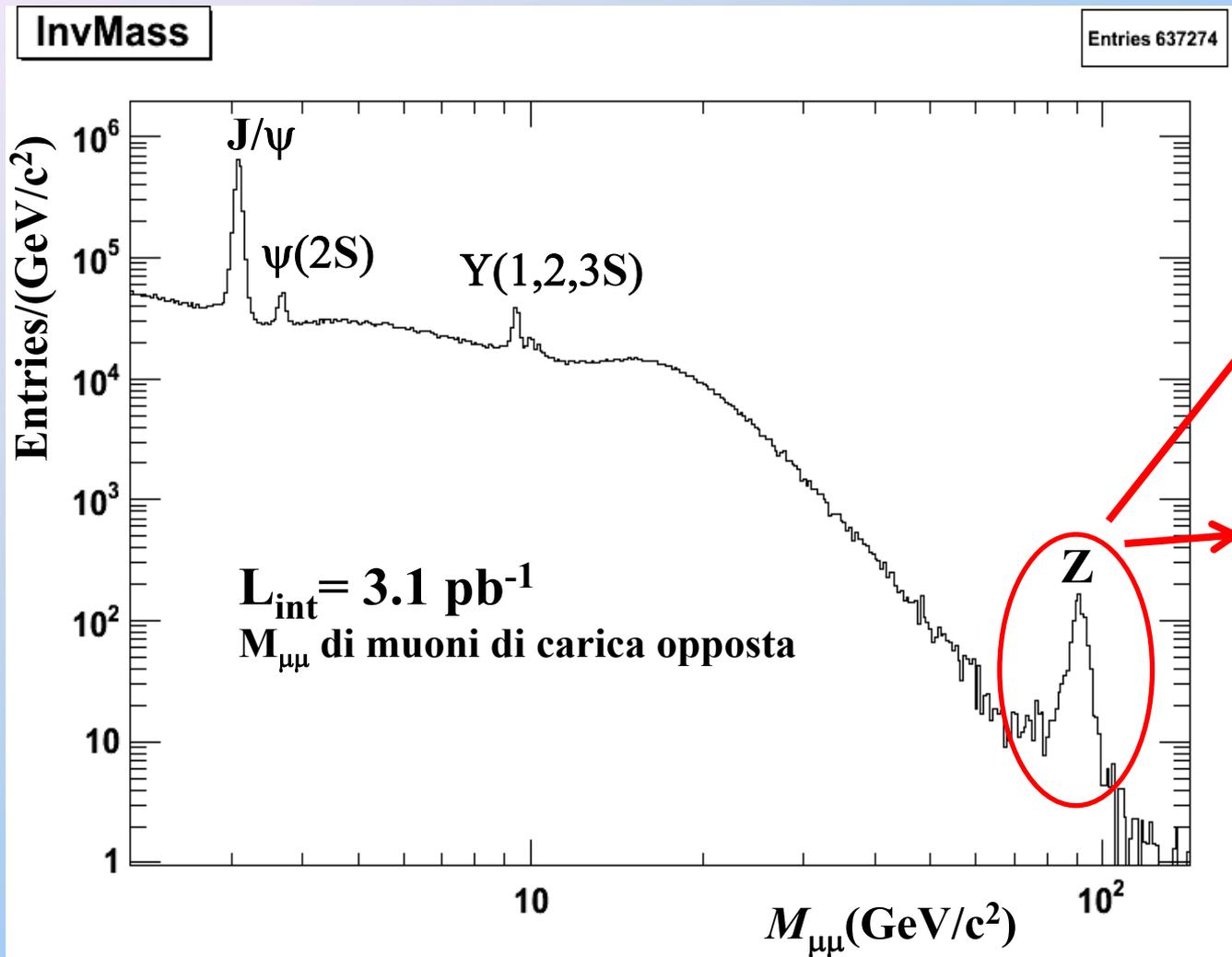


Il modello "realistico" impiegato per simulare il rivelatore è troppo pessimista rispetto ai dati



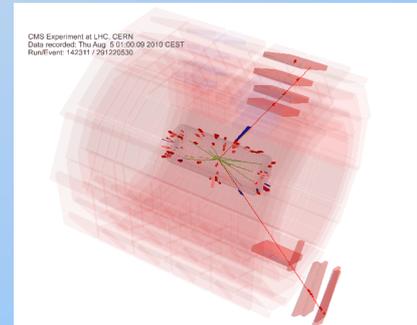
Usando questi risultati è possibile rendere più simile ai dati il modello usato nella simulazione

I muoni nel mio campione



$$\begin{aligned}\mu^+ &: p_T = 42.9 \text{ GeV}/c \\ \mu^- &: p_T = 41.9 \text{ GeV}/c \\ M_{\mu\mu} &= 89.9 \text{ GeV}/c^2\end{aligned}$$

Conclusioni



- Ho studiato un metodo per l'assegnazione dell'incertezza sulla posizione a partire dalle distribuzioni dei residui degli hit:
 - I primi risultati sono incoraggianti come confermano i *pull* sulle simulazioni
 - L'assegnazione degli errori è stata verificata sui dati
- Ho osservato comportamenti inattesi in taluni SL Z di alcuni settori della stazione 2
- Vi è ora un quadro più preciso di come la simulazione MC debba esser modificata per renderla più realistica rispetto ai dati ottenuti da collisioni protone-protone
- Ho presentato i risultati di questo studio al CERN al **Muon Barrel Workshop** del 28 Settembre 2010 (“Study of 1D Hit Error Assignment”)