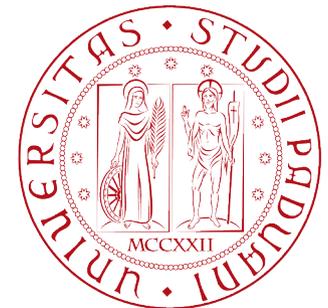




Fisica elettrodebole nella regione in avanti e misura dell'angolo di mescolamento elettrodebole ad LHCb



Lorenzo Sestini
Università di Padova e INFN

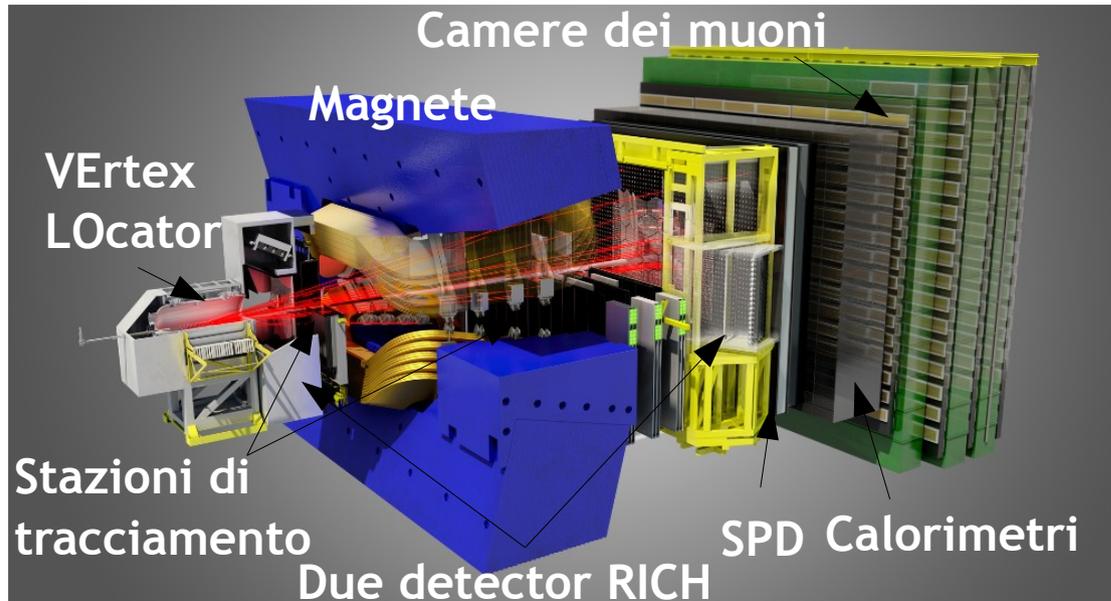


A nome della collaborazione LHCb

IFAE 2016, Genova, 1-4-2016

LHCb detector

Int. J. Mod. Phys. A 30, 1530022 (2015)



- **LHCb** è uno spettrometro collocato nella regione in avanti delle collisioni pp, dedicato alla Fisica dei B.

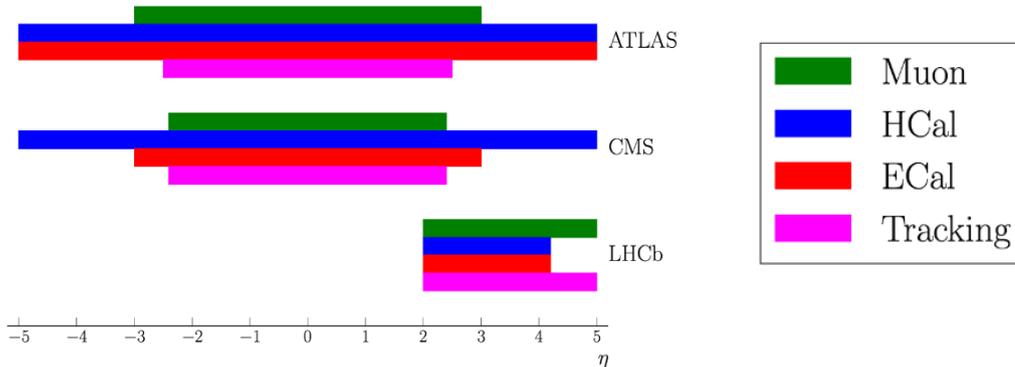
- Copre **un'accettanza unica** tra gli esperimenti ad LHC ($2 < \eta < 5$).

- Risoluzione sull'impulso: 0.4% a 5 GeV e 0.6% a 100 GeV.

- Risoluzione sul parametro d'impatto di 13-20 μm ad alto P_T

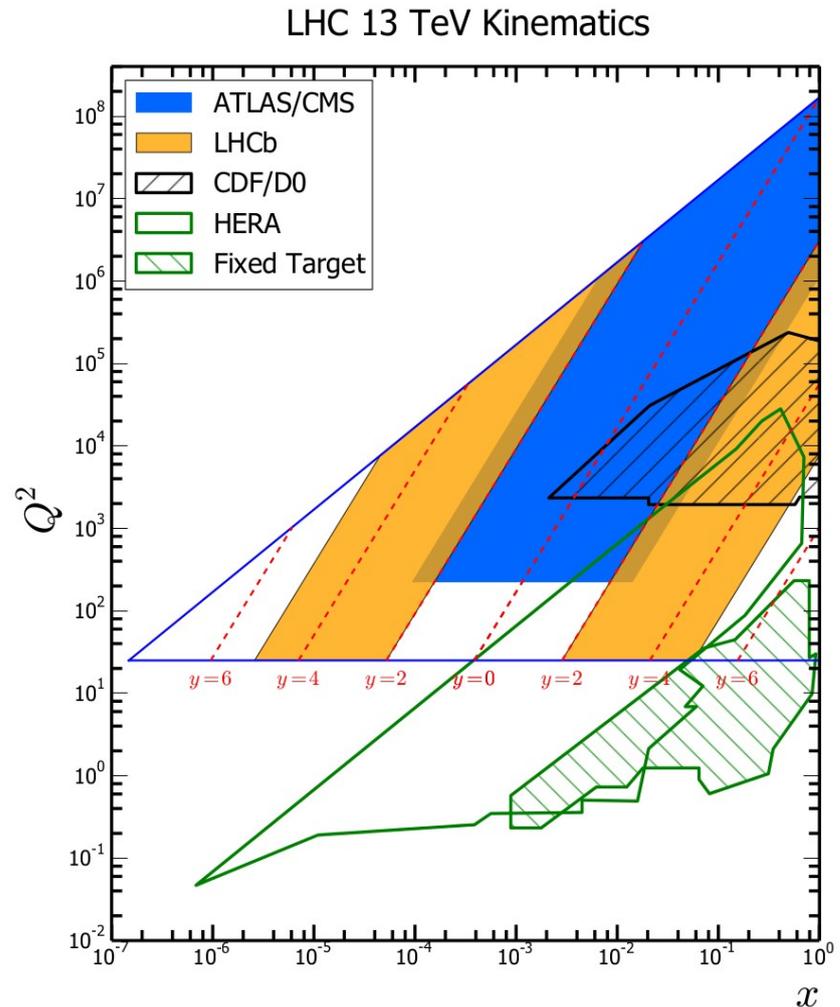
- Efficienza di identificazione dei muoni: 97% con 1-3% $\mu \rightarrow \pi$ di mis-identificazione.

- Misure nel settore **Elettrodebole** sono possibili!



Introduzione

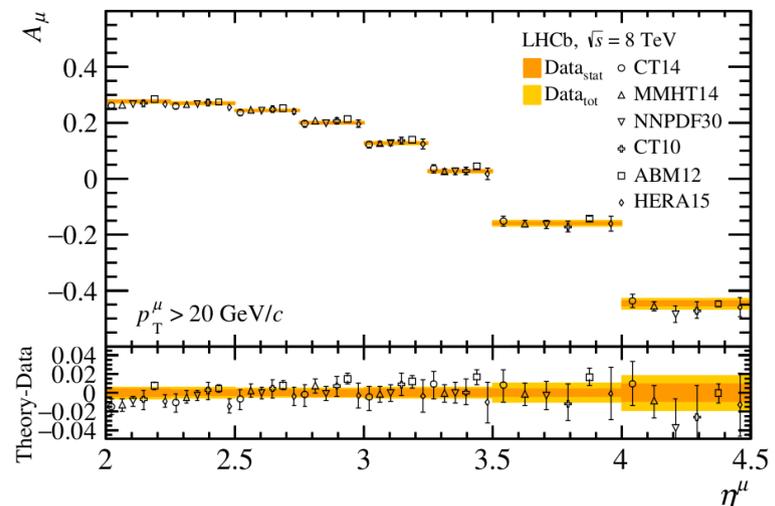
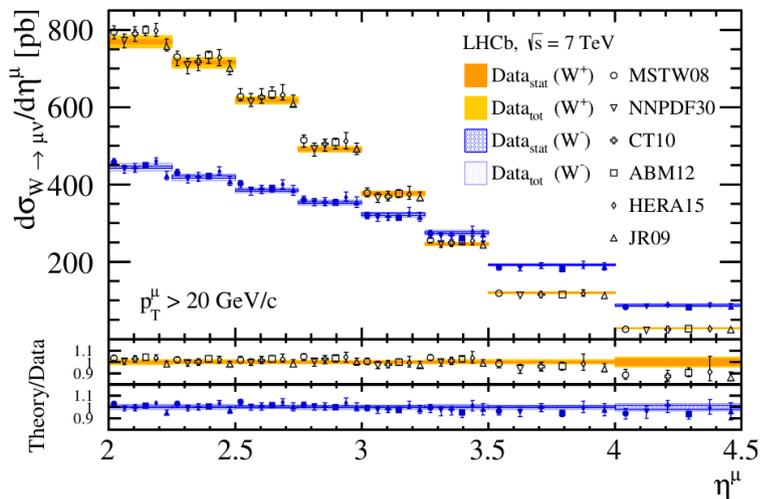
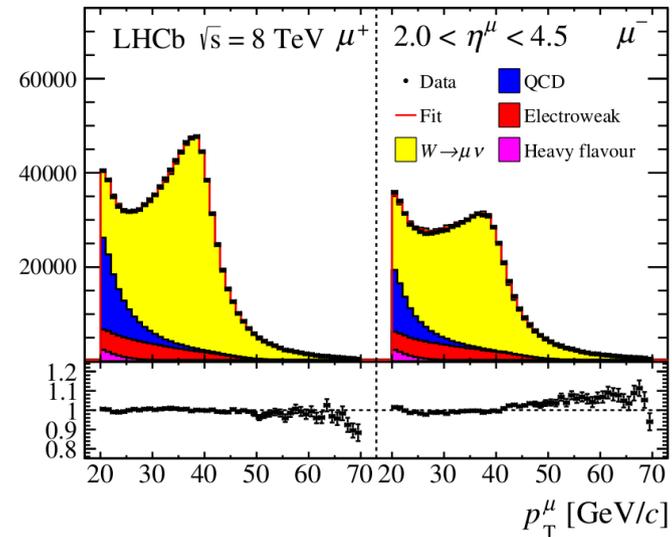
- LHCb offre una **regione dello spazio delle fasi complementare rispetto ad ATLAS e CMS** per le misure di Fisica Elettrodebole.
- Le misure delle sezioni d'urto di produzione in avanti dei bosoni **W e Z** sono importanti test del Modello Standard.
- Con queste misure è possibile studiare le **Funzioni di distribuzione Partonica (PDF)** in due regioni:
 - Ad alti valori della x di Bjorken.
 - A bassi valori di x , **regione inesplorata dagli altri esperimenti.**



Produzione inclusiva di W a 7 e 8 TeV

[JHEP 08 (2015) p.039] [JHEP 01 (2016) p.155]

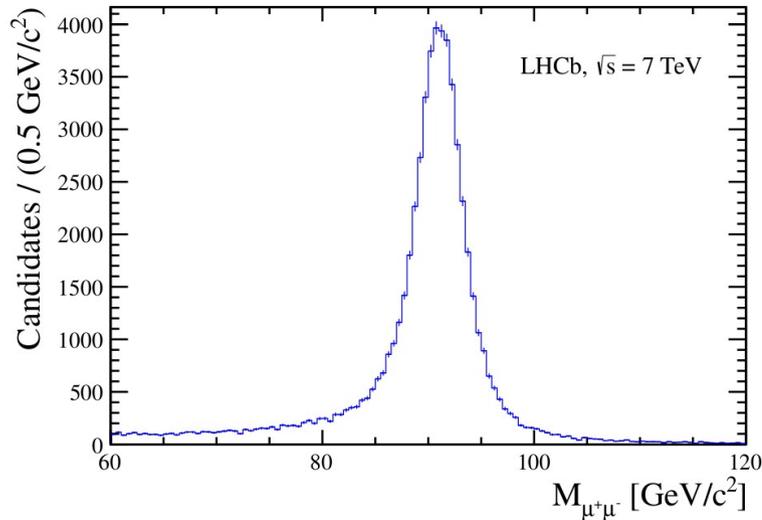
- Motivazione: **test del Modello Standard e delle PDFs.**
- Ricostruzione di $W \rightarrow \mu\nu$
- Selezione: un muone con $P_T > 20$ GeV e $2 < \eta < 4.5$
- Purezza determinata in bin di pseudorapidità.



- Errore sperimentale $\sim 2\text{-}4\%$ dominata dalla luminosità e dall'incertezza sull'energia dei fasci di protoni.
- Le predizioni al NNLO ottenute usando diversi modelli di PDFs sono compatibili con i dati.

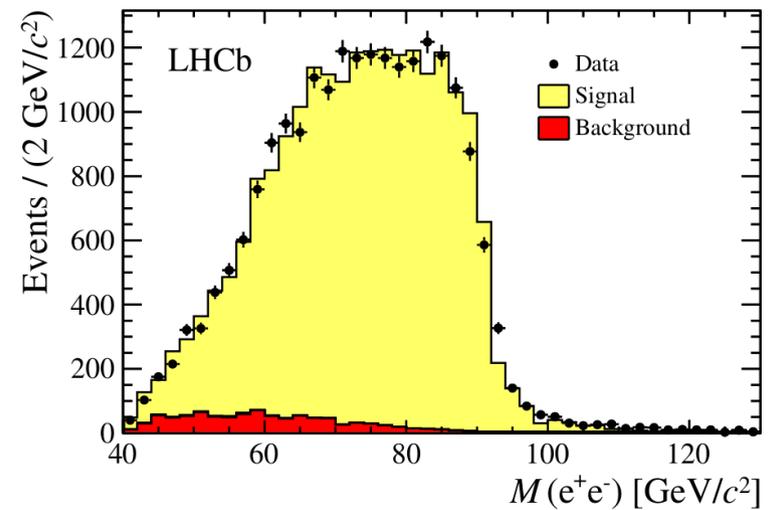
Produzione inclusiva di Z a 7 e 8 TeV

- Motivazione: test del Modello Standard e delle PDFs.



[JHEP 08 (2015) p.039] [JHEP 01 (2016) p.155]

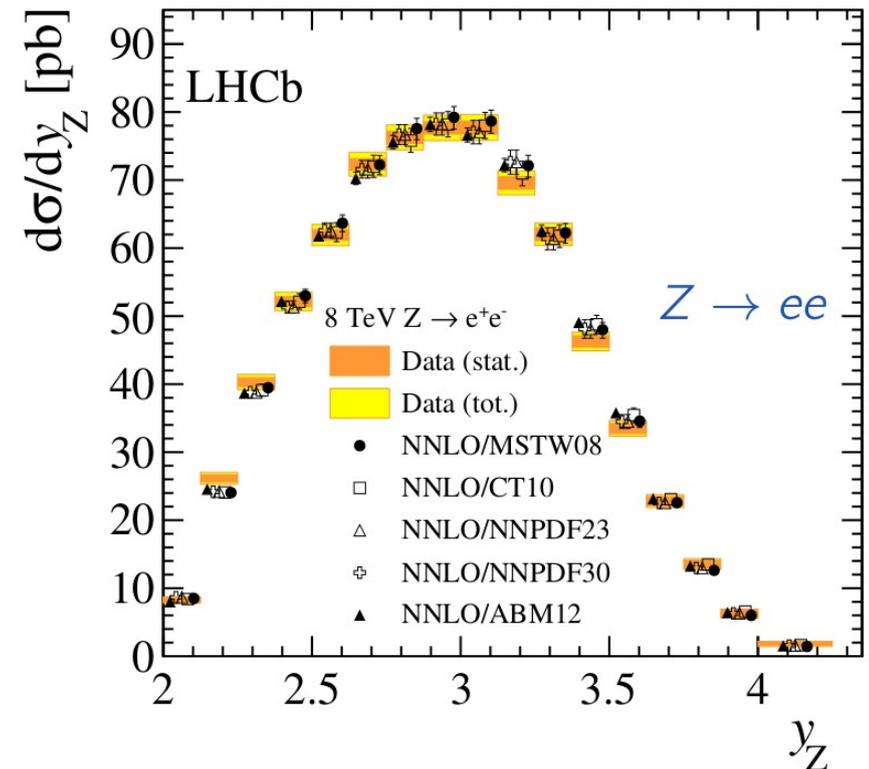
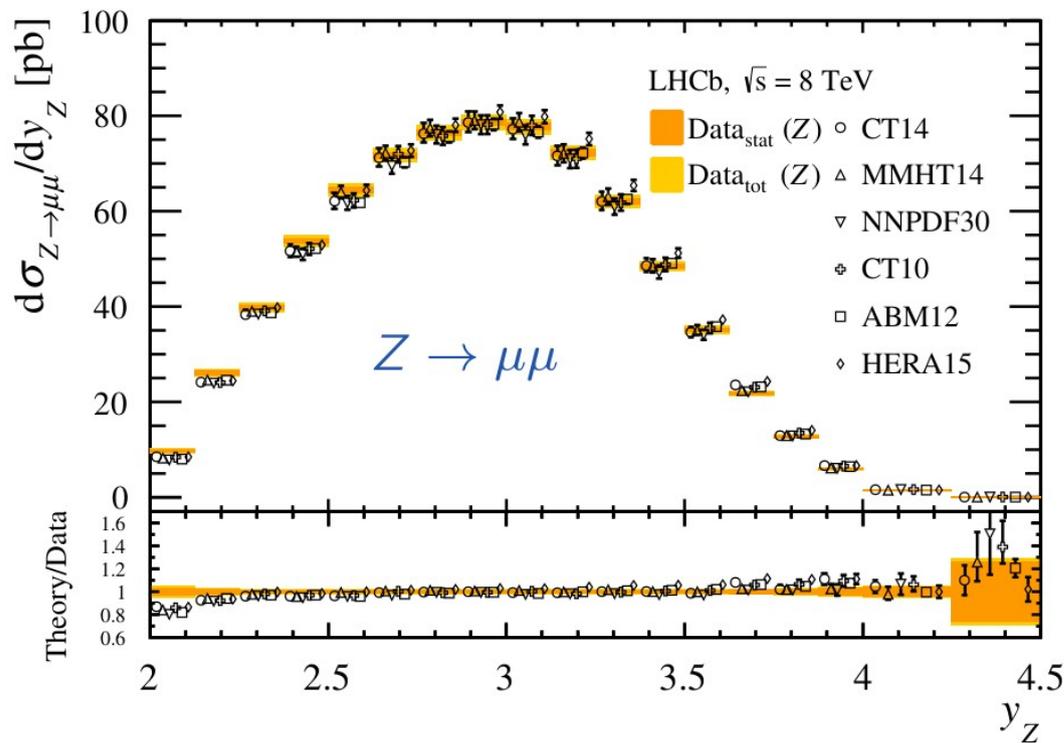
- $Z \rightarrow \mu \mu$
- Selezione: due muoni con $P_T > 20 \text{ GeV}$ e $2 < \eta < 4.5$. $M_{\mu\mu}$ nell'intervallo $[60, 120] \text{ GeV}$.
- Purezza > 99%



[JHEP 08 (2013) p.106] [JHEP 05 (2015) p.109]

- $Z \rightarrow ee$
- Selezione: due elettroni con $P_T > 20 \text{ GeV}$ e $2 < \eta < 4.5$. $M_{ee} > 40 \text{ GeV}$.
- Picco allargato a causa del bremstrahlung.
- Purezza > 95% \rightarrow contaminazione da elettroni erroneamente identificati.

Produzione inclusiva di Z a 7 e 8 TeV

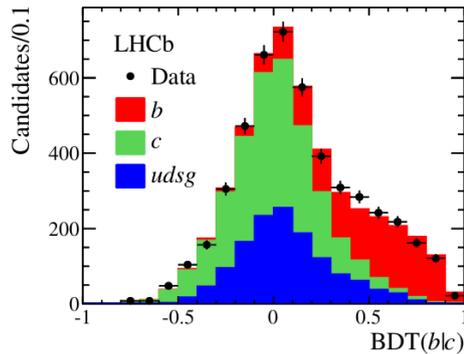
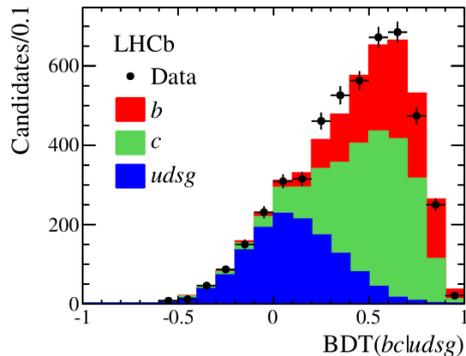
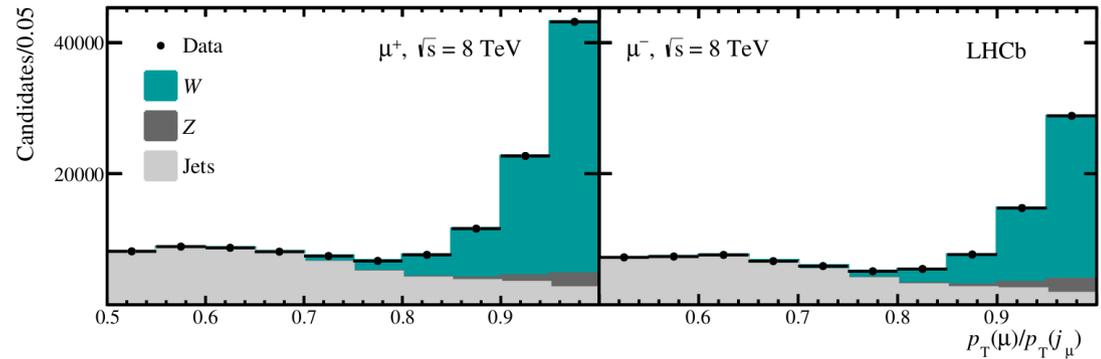


- Errore sperimentale $\sim 2\text{-}4\%$ dominata dalla luminosità e dall'incertezza sull'energia dei fasci di protoni.
- Le predizioni al NNLO ottenute usando diversi modelli di PDFs sono compatibili con i dati.

$W(-\rightarrow\mu\nu)+b/c/l$ jet a 8 TeV

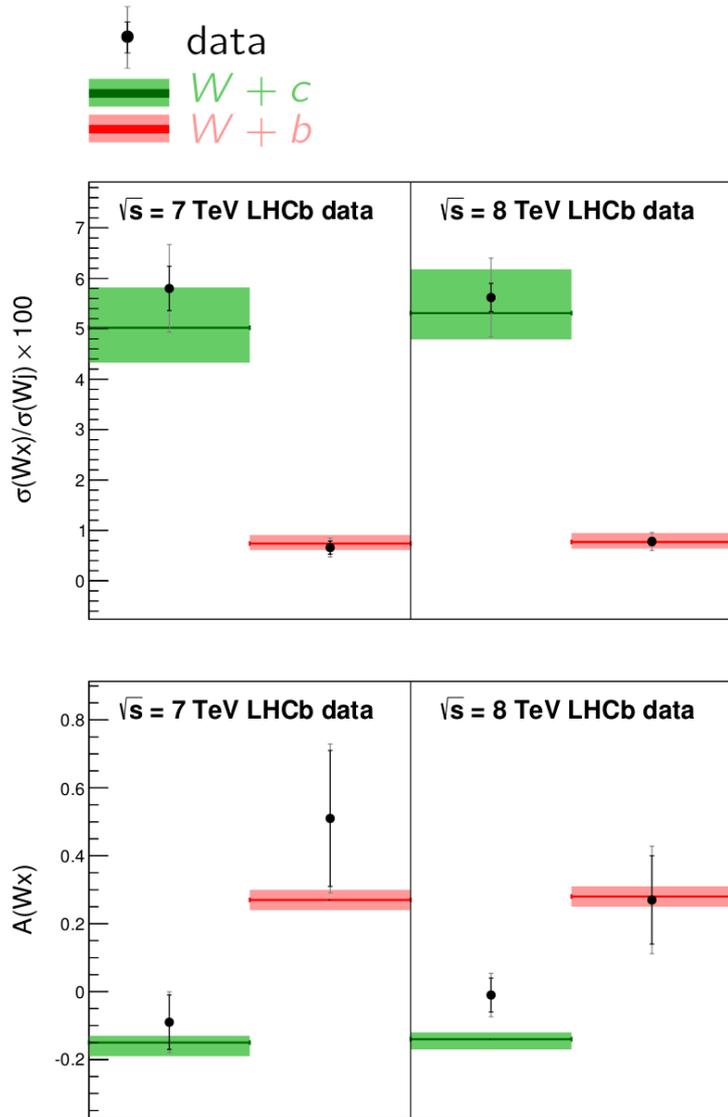
[Phys. Rev. D92 (2015) p. 052001]

- Jet ricostruiti tramite anti-kt (R=0.5) con particelle selezionate dal Particle Flow.
- $P_T(\text{jet}) > 20$ GeV e $2.2 < \eta(\text{jet}) < 4.2$
- $P_T(\text{jet} + \mu\text{-jet}) > 20$ GeV
- Purezza stimata dal fit all'isolamento del muone: $P_T(\mu)/P_T(\mu\text{-jet})$



- Quark identificati tramite vertici secondari (SV) all'interno dei jet.
- 2 BDT sono allenate per la separazione dei quark leggeri/pesanti e b/c , usando le variabili associate al SV come input.
- Composizione dei jet nel campione ottenuta tramite fit alle distribuzioni delle BDT.

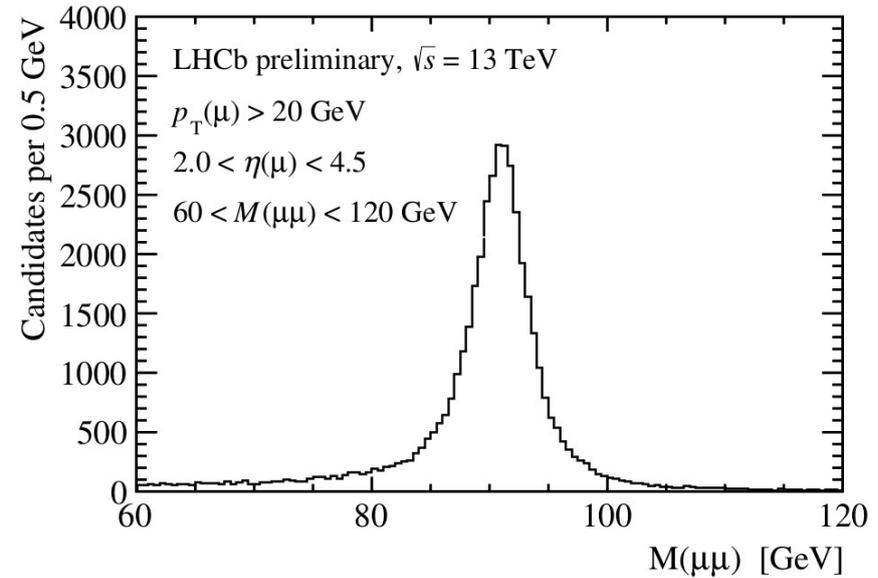
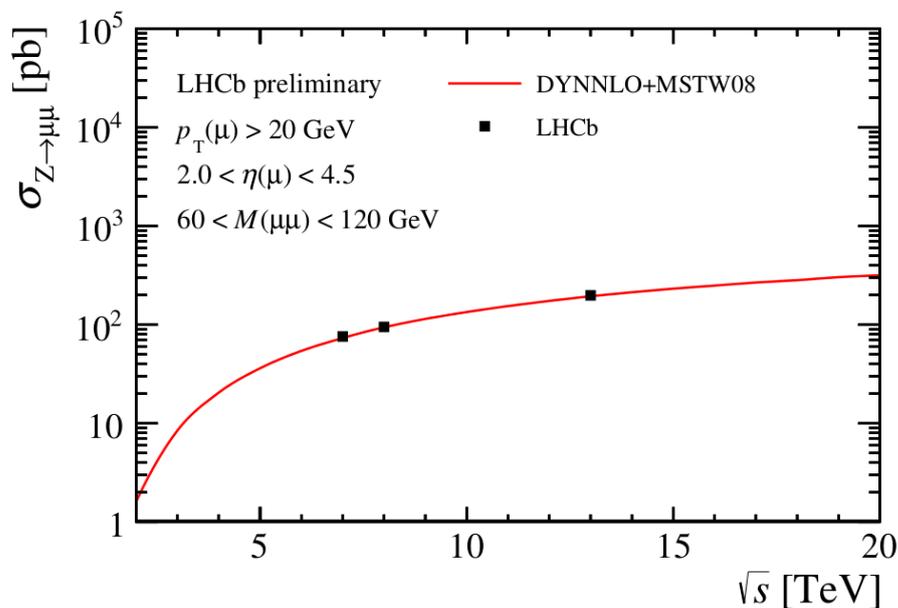
$W(-\rightarrow\mu\nu)+b/c/l$ jet a 8 TeV



- Sono stati misurati i rapporti delle sezioni d'urto di W ($W+x/W+l$) e le asimmetrie.
- Le incertezze sperimentali sono dominate dall'errore statistico.
- Le incertezze sull'identificazione dei b e c sono state determinate nei dati.
- Le misure sono compatibili con le predizioni teoriche (tensione di $2\text{-}\sigma$ sull'asimmetria $W+c$).

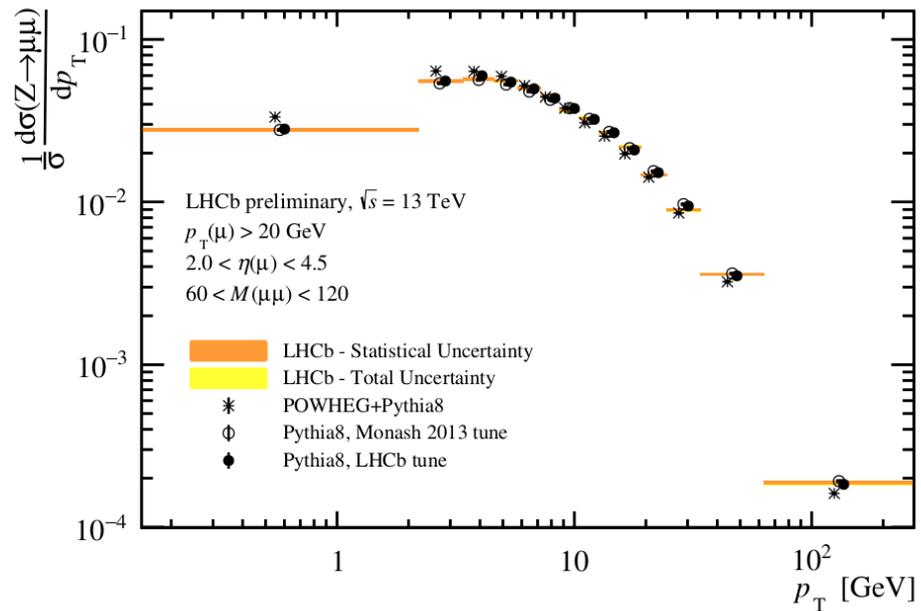
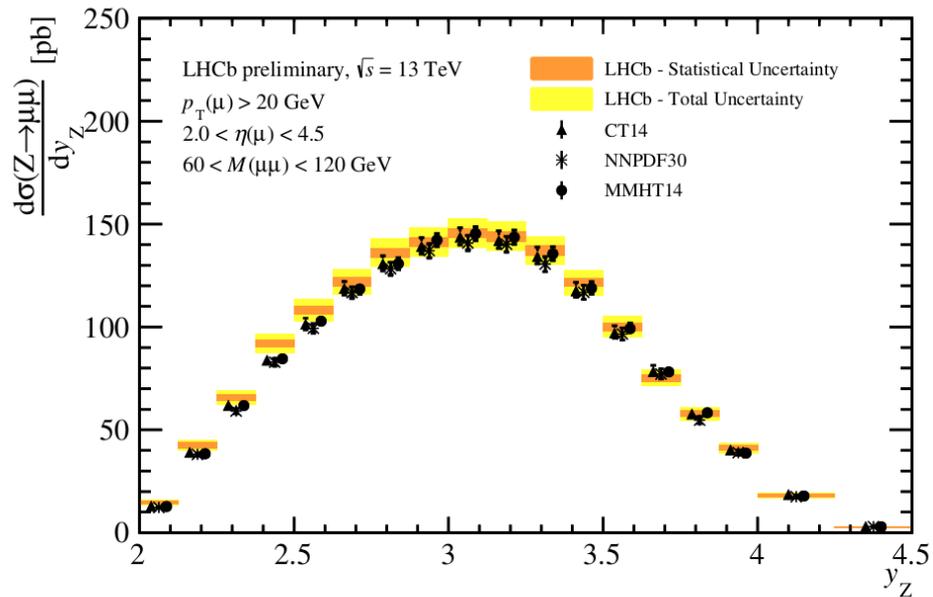
Produzione inclusiva di Z a 13 TeV

- Misura della produzione inclusiva di $Z \rightarrow \mu\mu$ a 13 TeV.
- Necessaria per testare le PDFs a valori di x più bassi rispetto al Run I.
- Misura limitata dall'incertezza sulla luminosità.



Prima misura di Fisica Elettrodebole di LHCb nel Run 2!

Produzione inclusiva di Z a 13 TeV



- Le previsioni teoriche ottenute usando diversi modelli di PDFs sono compatibili con i dati.

Angolo di mescolamento elettrodebole

- L'angolo θ_W è un parametro fondamentale della lagrangiana elettrodebole, **non predetto dalla teoria**:

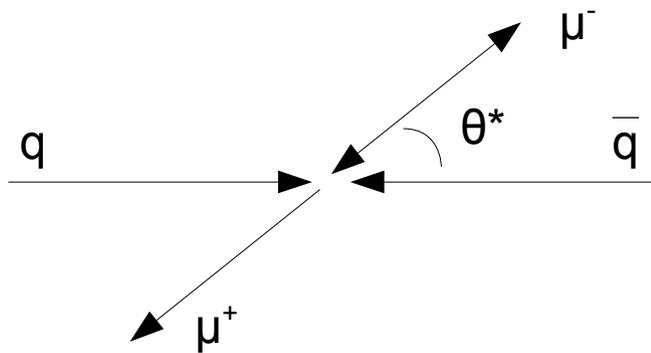
$$\mathcal{L}_{EW} = \sum_{\psi} \bar{\psi} \gamma^{\mu} \left(i \partial_{\mu} - g' \frac{1}{2} Y_W B_{\mu} - g \frac{1}{2} \tau \mathbf{W}_{\mu} \right) \psi$$

$$\sin \theta_W = \frac{g'}{\sqrt{g^2 + g'^2}}$$

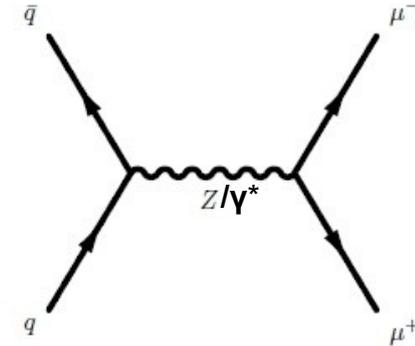
- L'accoppiamento della Z è differente per i fermioni destrorsi e sinistrorsi . Questa differenza genera **un'asimmetria nella distribuzione angolare dei leptoni positivi e negativi**.
- $\sin^2 \theta_W^{\text{eff}}$ è definito in funzione degli accoppiamenti assiali e assiali-vettoriali della Z ai fermioni ed è proporzionale a $\sin^2 \theta_W$.

Asimmetria della Z ad LHCb

- LHCb ha misurato l'asimmetria della Z nel processo $q\bar{q} \rightarrow Z/\gamma^* \rightarrow \mu\mu$



**Sistema di Colin-Soper
(sistema a riposo dei di-
muoni)**



- La distribuzione angolare della Z è: $\frac{d\sigma}{d\cos\theta^*} = A(1 + \cos^2\theta^*) + B\cos\theta^*$

**L'asimmetria
nasce da questo
termine!**

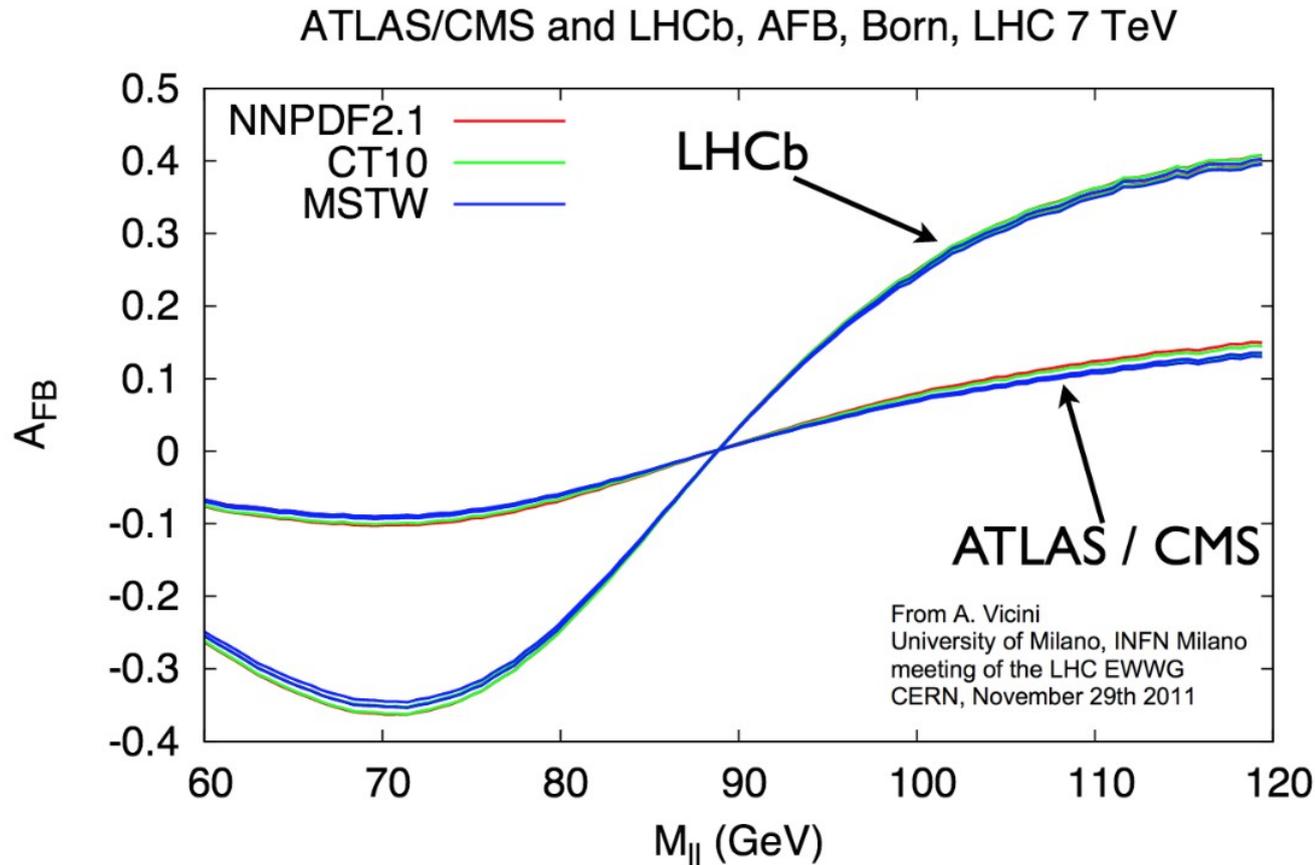
θ^* \rightarrow angolo del leptone negativo nel sistema di Colin-Soper

A,B \rightarrow dipende dalla massa del di-muone, dalla carica di colore del quark e dagli accoppiamenti.

- L'asimmetria avanti-indietro:** $A_{FB} = \frac{N_F - N_B}{N_F + N_B}$ N_F : numero di decadimenti in avanti ($\cos\theta^* > 0$)
 N_B : numero di decadimenti all'indietro ($\cos\theta^* < 0$)

Asimmetria della Z ad LHCb

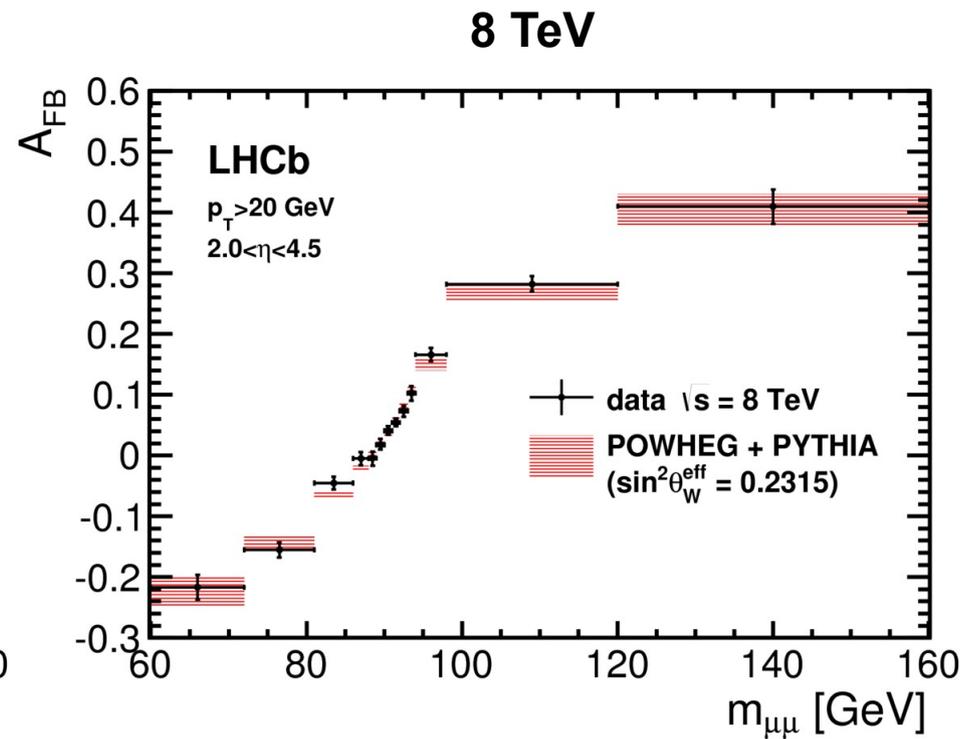
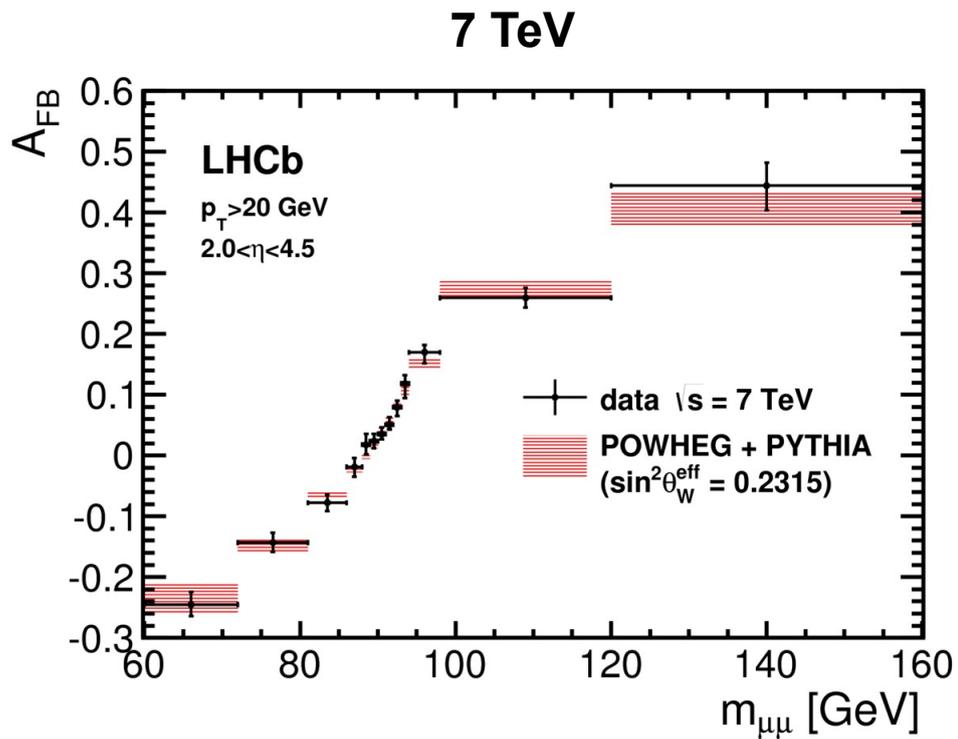
- **Predizione di A_{FB} a 7 TeV**, per le accettanze di ATLAS, CMS e LHCb:



- **Ad alte rapidità A_{FB} è maggiore**, e c'è un incremento di sensitività su $\sin^2\theta_w^{\text{eff}}$ rispetto a basse rapidità: a causa delle PDFs il partone ad alto x tende ad essere il quark e non l'anti-quark.

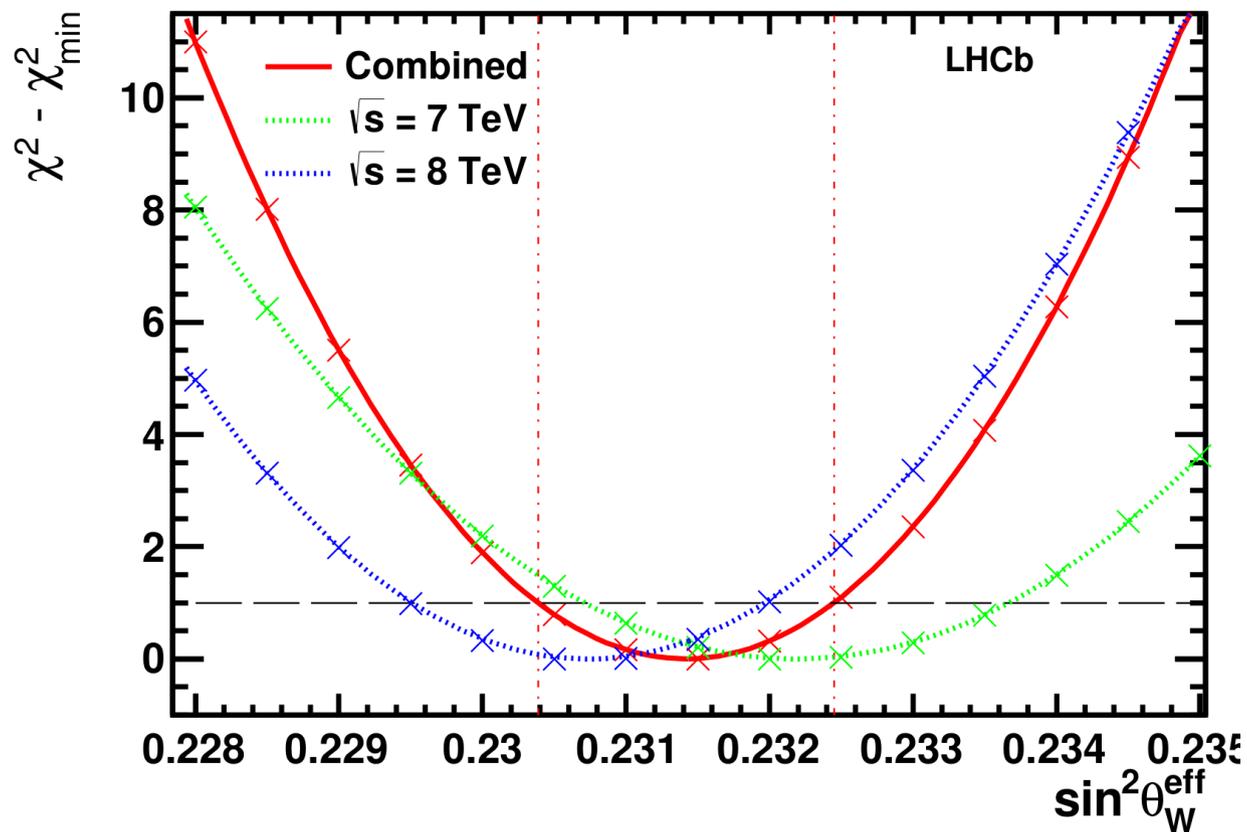
Asimmetria misurata

- L'asimmetria vera è ottenuta da quella misurata $A_{\text{FB}}^{\text{raw}}$ con una tecnica di unfolding.
- Asimmetria vera A_{FB} a 7 e 8 TeV confrontata con la teoria [JHEP 11 (2015) 190]:



$\sin^2\theta_w^{\text{eff}}$

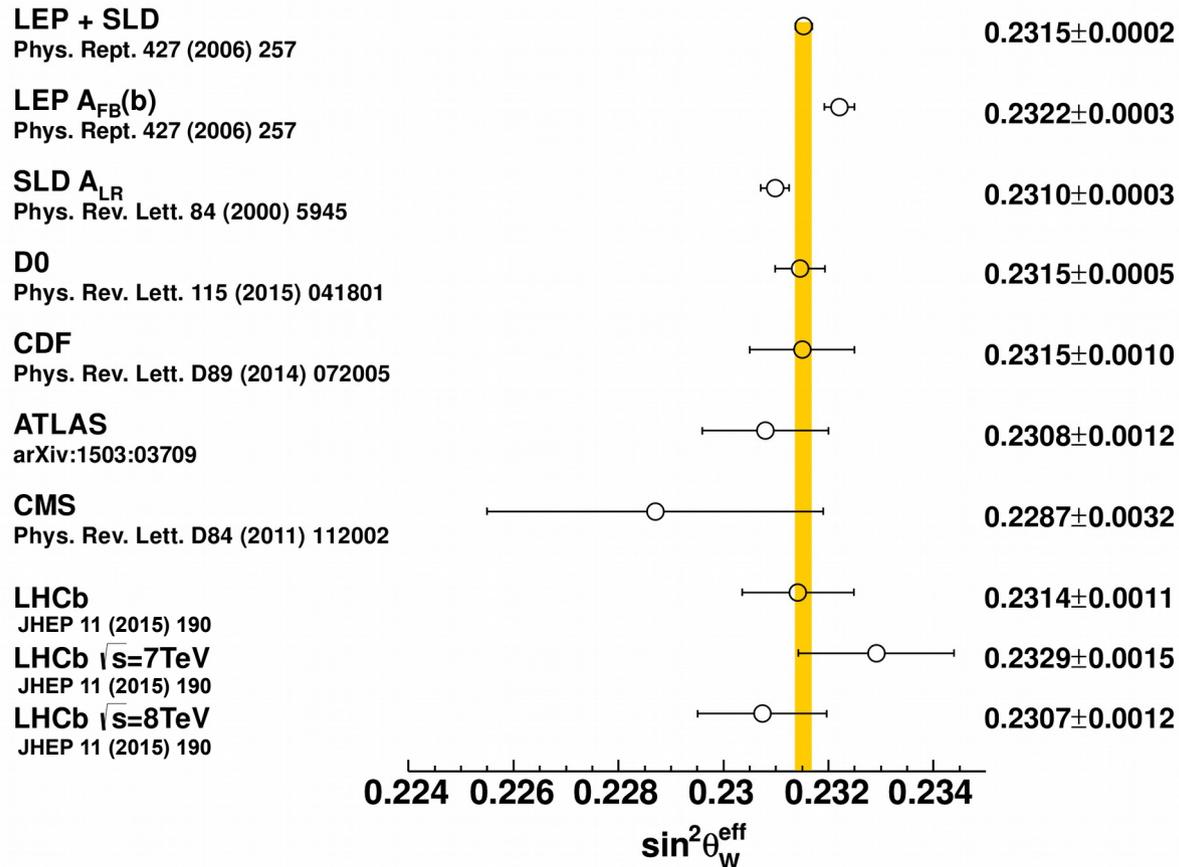
- Dei campioni di simulazione sono generati per diversi valori di $\sin^2\theta_w^{\text{eff}}$. Quello misurato viene scelto confrontando A_{FB} ottenuta dai dati con quella ottenuta dalle simulazioni, usando un χ^2 .



$$\sin^2\theta_w^{\text{eff}} = 0.23142 \pm 0.00073 \text{ (stat.)} \pm 0.00052 \text{ (syst.)} \pm 0.00056 \text{ (th.)}$$

$\sin^2\theta_w^{\text{eff}}$

- La misura di LHCb è consistente con la media mondiale, ed è una delle più precise ai collisori adronici.



- L'errore sistematico è dominato dall'incertezza sull'impulso/curvatura.
- L'errore teorico è dominato dall'incertezza sulle PDF.

Conclusioni

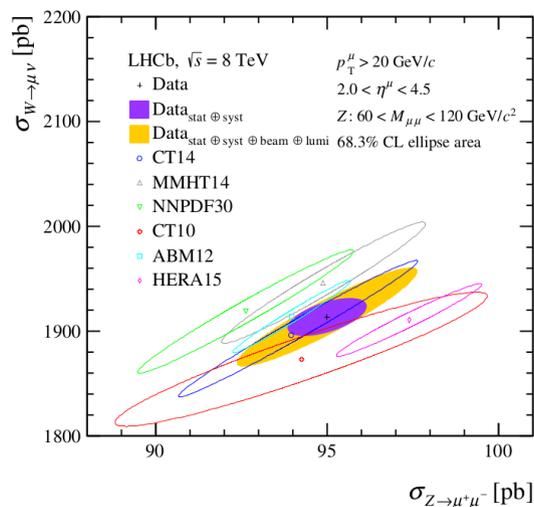
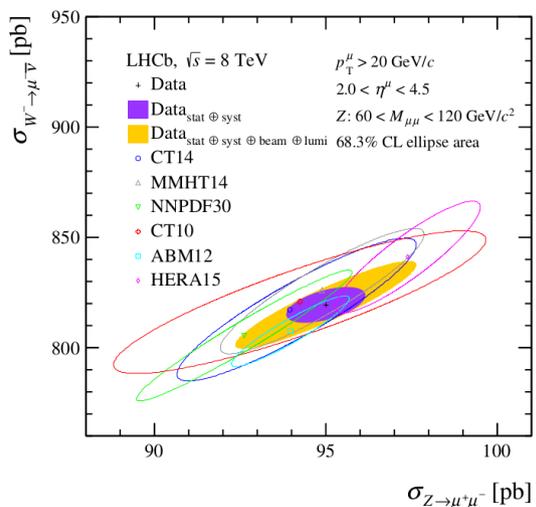
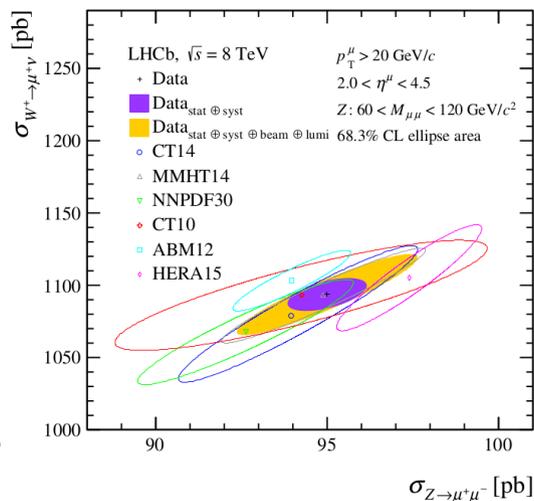
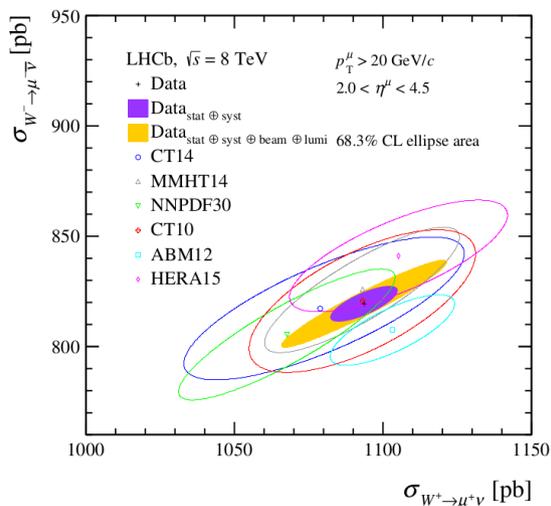
- LHCb sta continuando con successo il suo programma di **Fisica Elettrodebole**.
- La **produzione di W e Z nella regione in avanti**, inclusiva o in associazione con jet, è stata misurata nei dati raccolti durante il Run I.
- Nel Run I è stato misurato **l'angolo di mescolamento elettrodebole**, con la precisione migliore tra gli esperimenti di LHC.
- **Prima misura di LHCb nel settore elettrodebole con i dati del Run II:** produzione inclusiva di $Z \rightarrow \mu \mu$.
- **Nuove misure con i dati del Run I e del Run II in preparazione!**

A wide-angle photograph of a large industrial facility, possibly a particle accelerator or a large-scale manufacturing plant. The structure is dominated by green and yellow metal frameworks, including multiple levels of walkways, ladders, and support beams. The ceiling is high and features a series of curved, parallel structural elements. The floor is a mix of concrete and metal grates. In the center, a blue-lit area suggests a central tunnel or a specific operational zone. The overall atmosphere is one of a complex, high-tech environment.

Grazie per l'attenzione!

Backup Slides

Rapporti Z/W

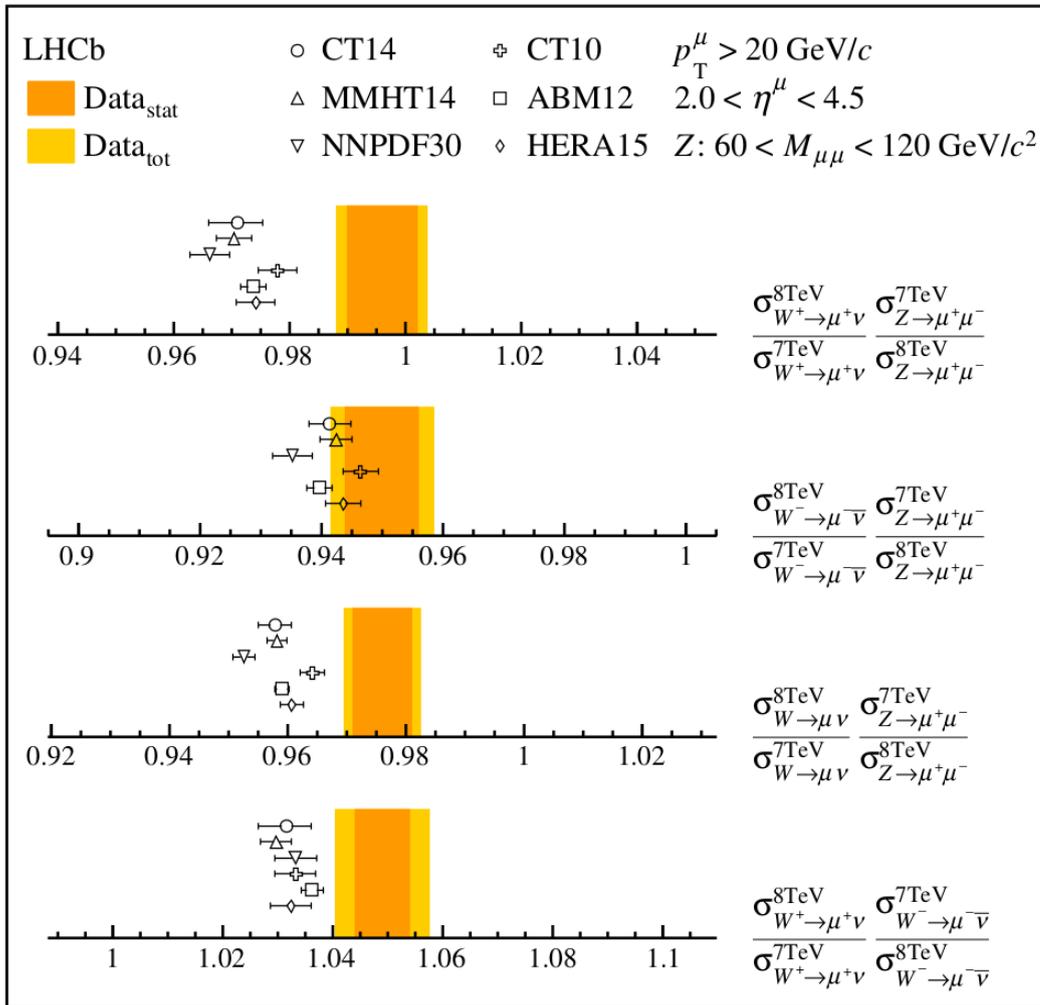


- Sono stati misurati i rapporti delle sezioni d'urto di Z e W nello stato finale con muoni.

- Cancellazione di alcune incertezze teoriche e sperimentali.

- Test di precisione del Modello Standard e delle PDFs.

Rapporti (doppi) Z/W



- Rapporti delle sezioni d'urto a differenti valori dell'energia nel centro di massa.
- Ulteriore cancellazione di incertezze teoriche e sperimentali.
- Test più preciso del Modello Standard e delle PDFs.
- Alcune deviazioni rispetto ai valori previsti.