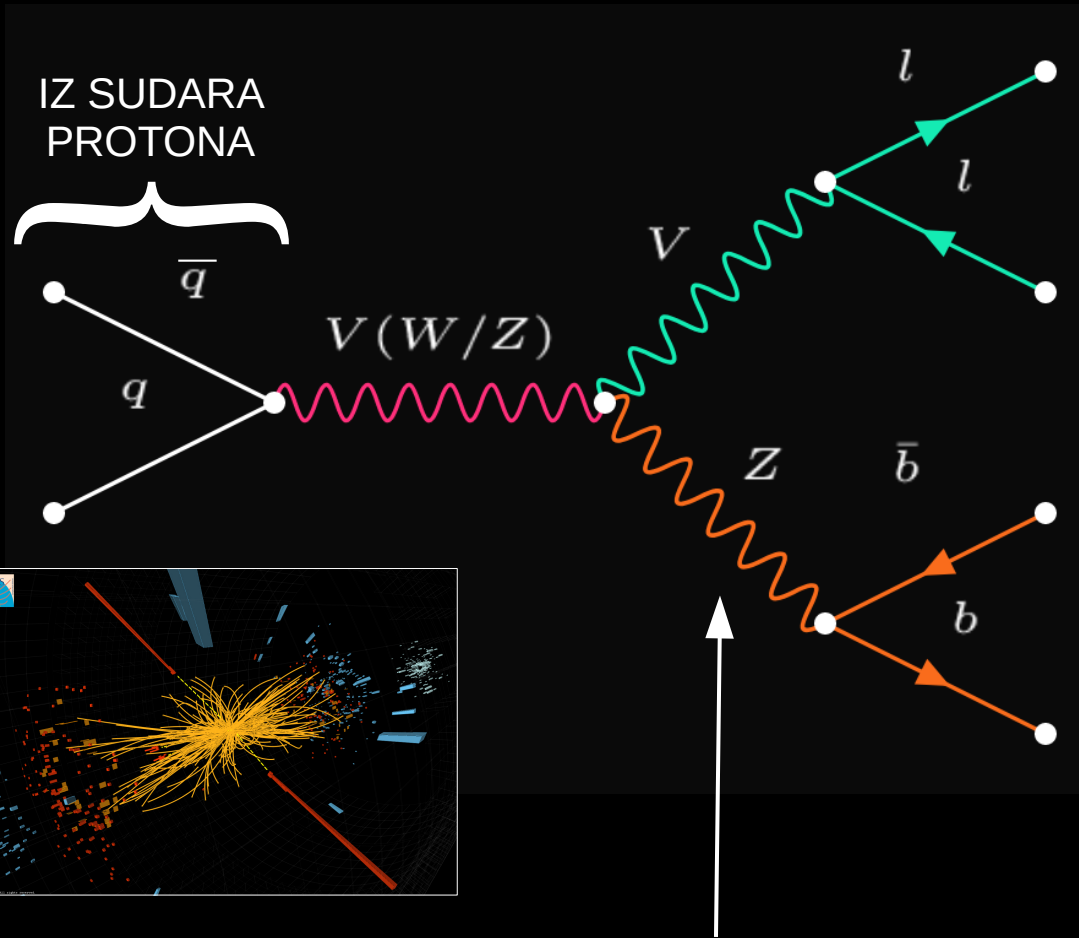


# Mjerenje zajedničke tvorbe $Z$ bozona i drugog $Z$ ili $W$ bozona koji se raspadaju na dva $b$ kvarka i dva leptona u sudarima protona

**Lovorka Gajović**

Mentor: dr.sc. Vuko Brigljević

# UVOD: reakcija koju mjerimo



## TRI LEPTONSKA KANALA

1L:  $W \rightarrow$  lepton ( $e/\mu$ ) + neutrino ( $\nu_e/\nu_\mu$ )

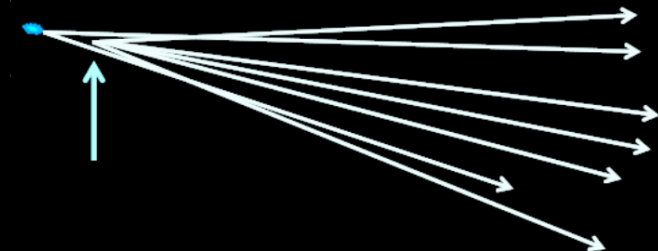
2L:  $Z \rightarrow$  2 leptona ( $e^+e^-/\mu^+\mu^-$ )

0L:  $Z \rightarrow$  2 neutrina ( $\nu_e\bar{\nu}_e/\nu_\mu\bar{\nu}_\mu$ )

## DVIJE TOPOLOGIJE b-MLAZOVA

RESOLVED: 2 b-mlaza

BOOSTED: 1 široki mlaz



MOTIVACIJA: Ista reakcija se događa ako je ovdje Higgsov bozon

# Eksperiment i podatci

- CMS experiment na Velikom Hadronskom sudarivaču na CERN-u
- Podatci za 2017. i 2018. god. – energija u centru mase 13 TeV
- Simulirani podatci

Zajedničko za simulacije i eksperiment

Monte Carlo generator  
(Standardni model  
+ struktura protona)

Simulirani  
odgovor  
detektora

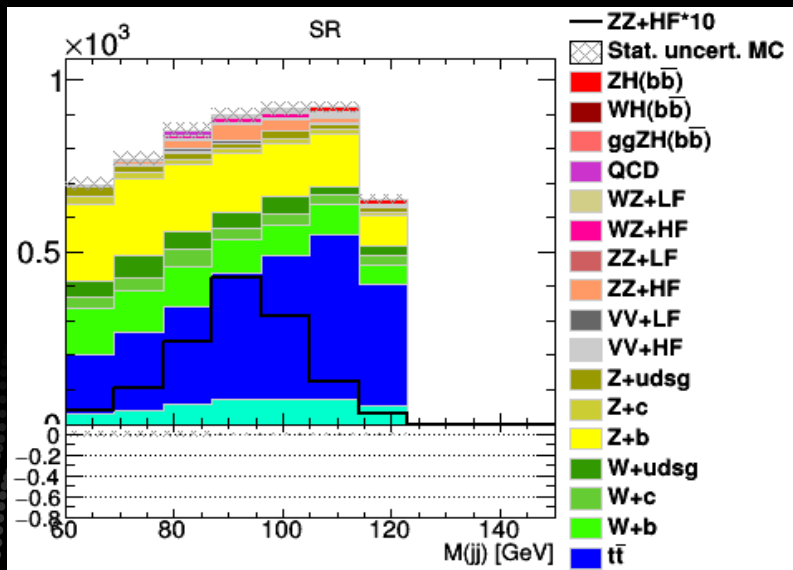
Rekonstrukcija  
čestica

Odabir  
signalnog i  
kontrolnih  
područja

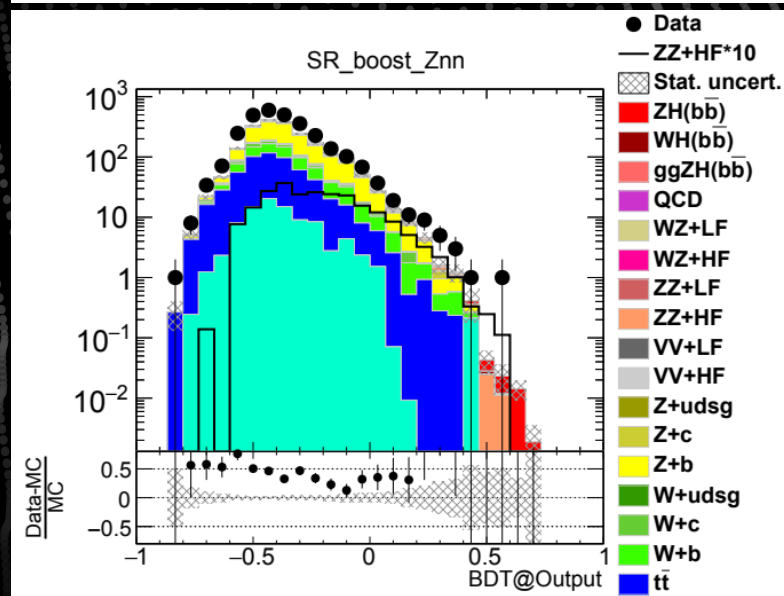
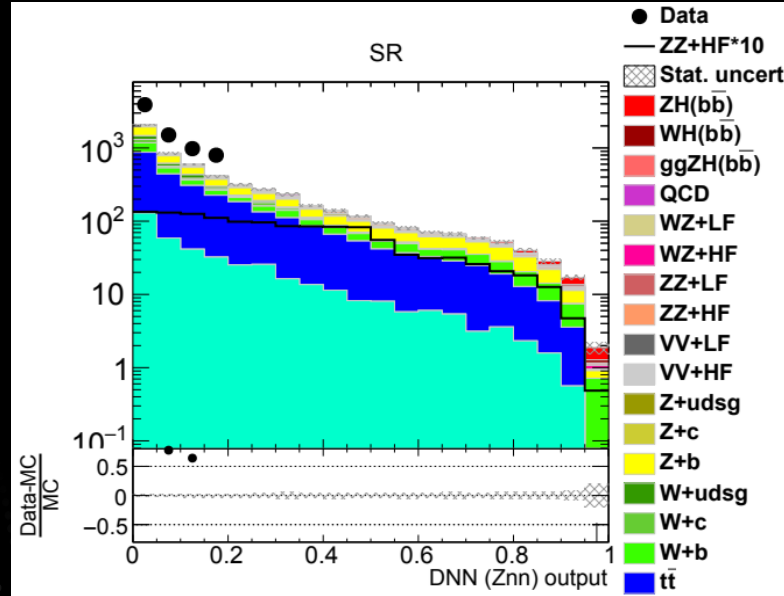
- Dok ne utvrdimo analizu ne smijemo gledati sve eksperimentalne podatke u signalnom području

# Analiza podataka

- Tražimo varijablu koja najbolje razlikuje signal od pozadine
- Metode strojnog učenja – DNN – BDT



Invarijantana masa  
dvaju b-mlazova u  
0L kanalu u  
signalnom području



- Količinu signala dobivamo prilagodbom na spektar jedne opservable varirajući količinu signala  $r$

$$T(x) = \sum_i B_i(x) + r S(x)$$

- Ako signal postoji i slaže se s pretpostavkom onda  $r = 1$ 
  - $r$  mora biti statistički značajno udaljen od 0
  - ako je  $r = 1$  onda  $\sigma < 0.2$
- Metoda najveće vjerodostojnosti

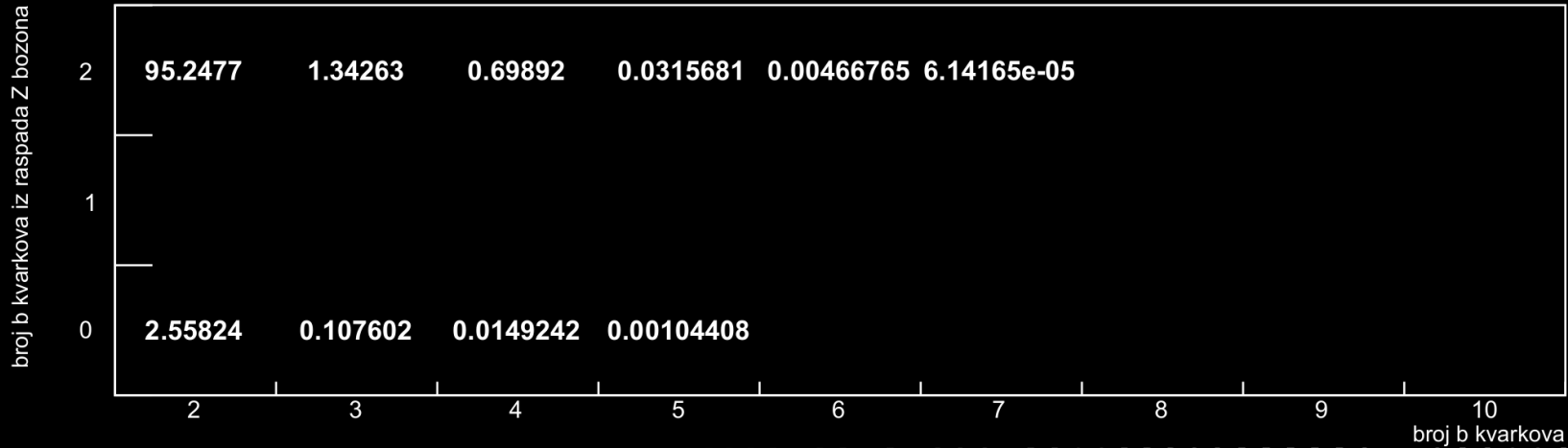
$$\Lambda = P(\vec{x} | \vec{\alpha}) \quad \frac{\partial \Lambda}{\partial \alpha_i} = 0 \quad \Lambda = \prod_i P(N_i, \nu_i)$$

# REZULTATI

The background features a dark, textured pattern. It consists of a grid of small, light-colored dots. Overlaid on this grid are several wavy, horizontal lines that create a sense of movement and depth. The overall effect is a complex, layered visual that suggests data or a technical environment.

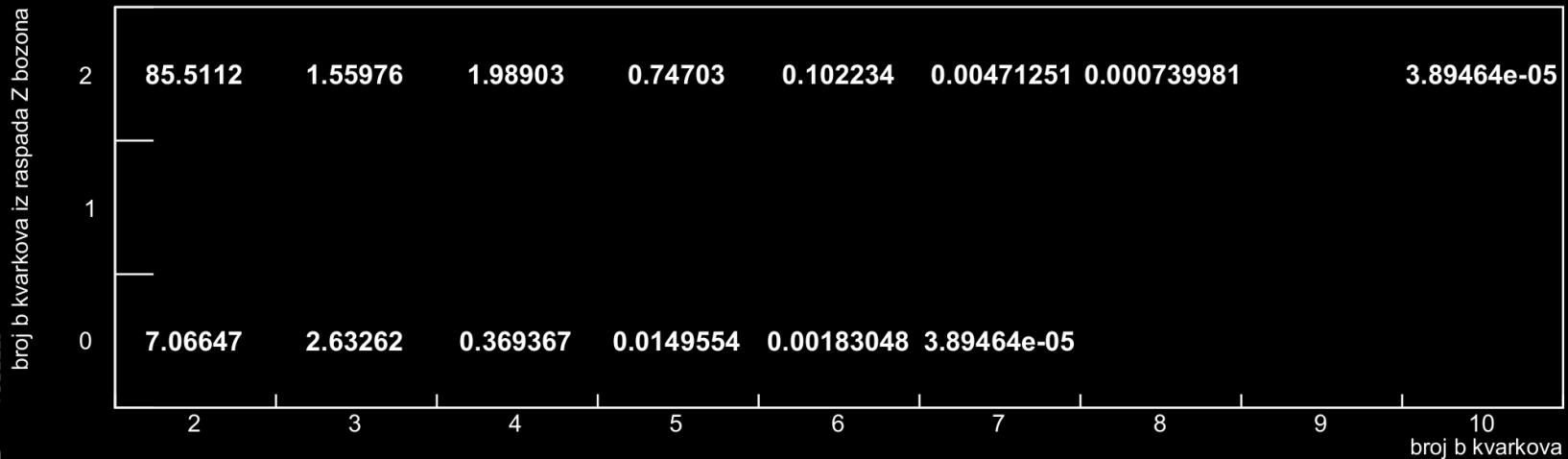
# Iz kojih reakcija dolaze b kvarkovi?

Postotak WZ procesa u kojem je nastao pojedini broj b kvarkova



→ WZ reakcije

Postotak ZZ procesa u kojem je nastao pojedini broj b kvarkova

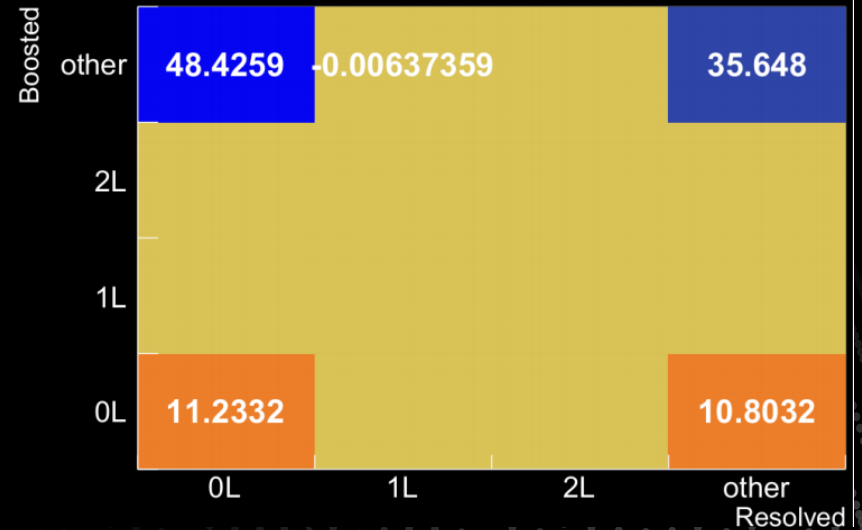


→ ZZ reakcije

# Kontaminacija u leptonskim kanalima

- Simulirani podatci za 2018.
- VZ selekcija
- Broj b kvarkova  $\geq 2$
- Uključene statističke težine

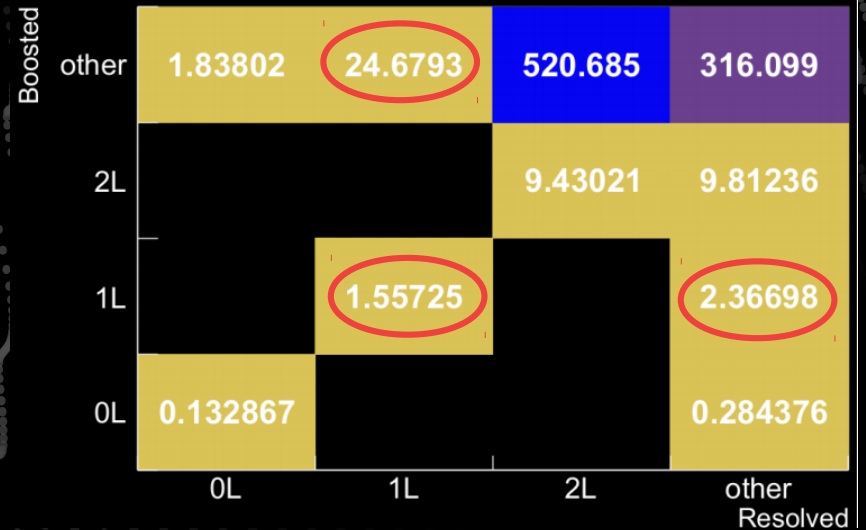
Z->nunu (VZ selection)



W->Inu (VZ selection)



Z->ll (VZ selection)

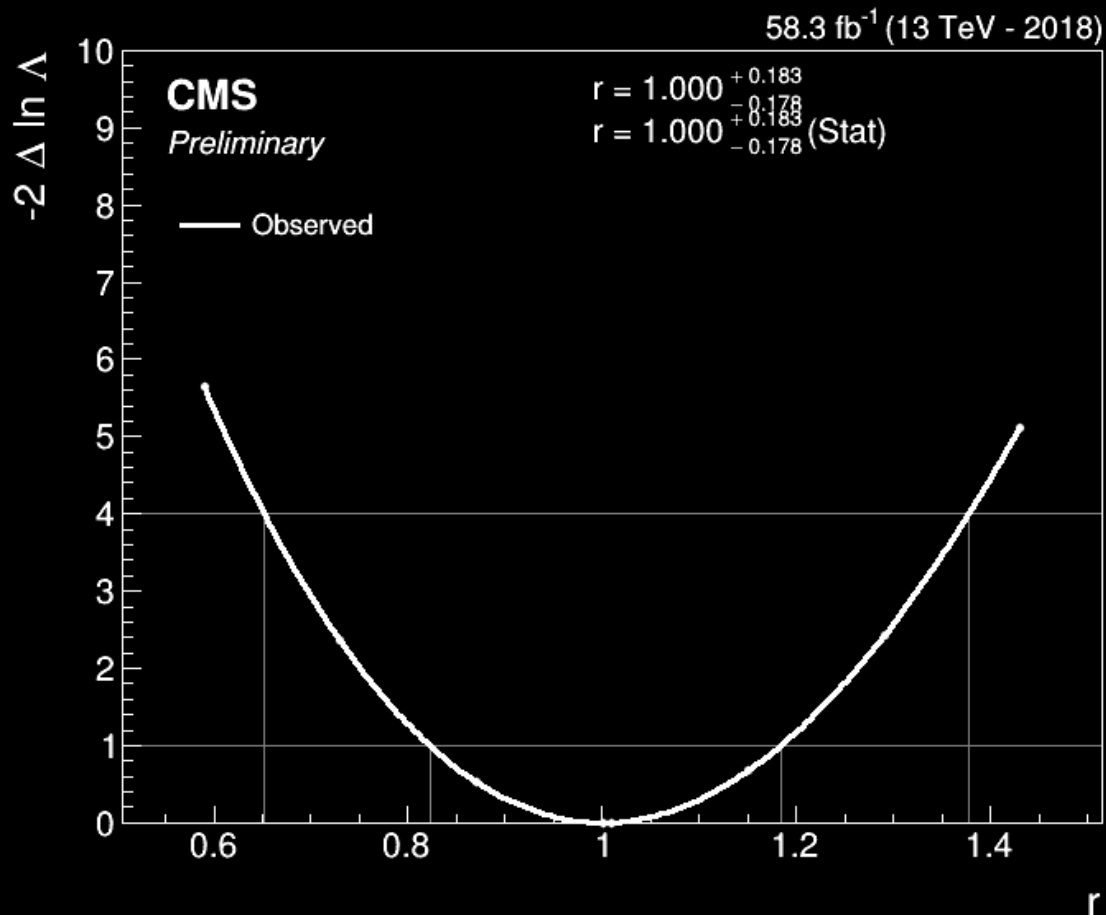




# Prilagodba signala za VZ reakciju

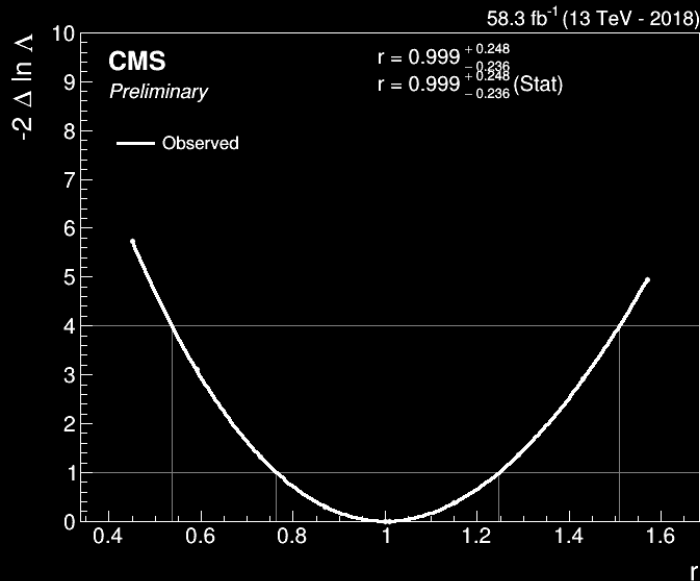
Svi kanali skupa →

- Prilagodbu radimo na podatke generirane s pretpostavkom  $r=1$
- Bez sistematskih neodređenosti i samo u signalnom području
- Zanimaju nas neodređenosti

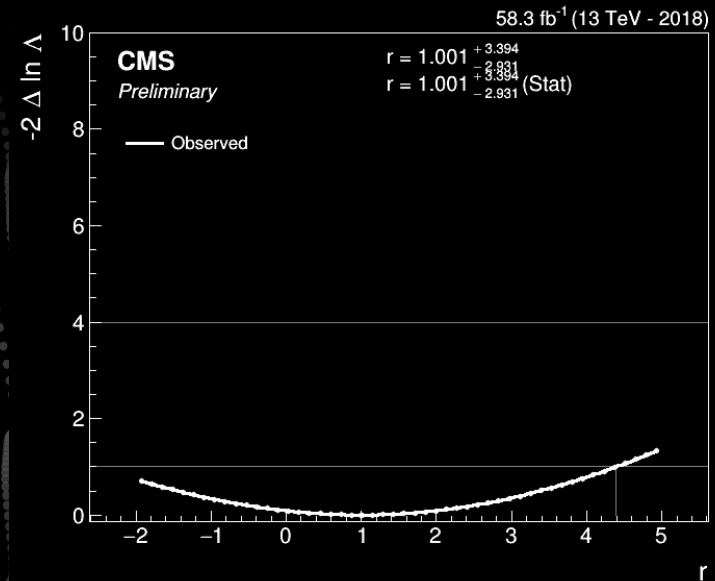


# Prilagodba VZ reakcije samo za pojedine kanale

	0L	1L	2L
Sve	1.00 +0.25/-0.24	1.00 +0.33/-0.33	1.00 +0.36/-0.33
Resolved	1.00 +0.25/-0.24	1.00 +0.31/-0.32	1.01 +0.35/-0.36
Boosted	1.0 +3.4/-2.9	1.2 +3.8/-3.1	1.0 +3.9/-3.0



0L sve

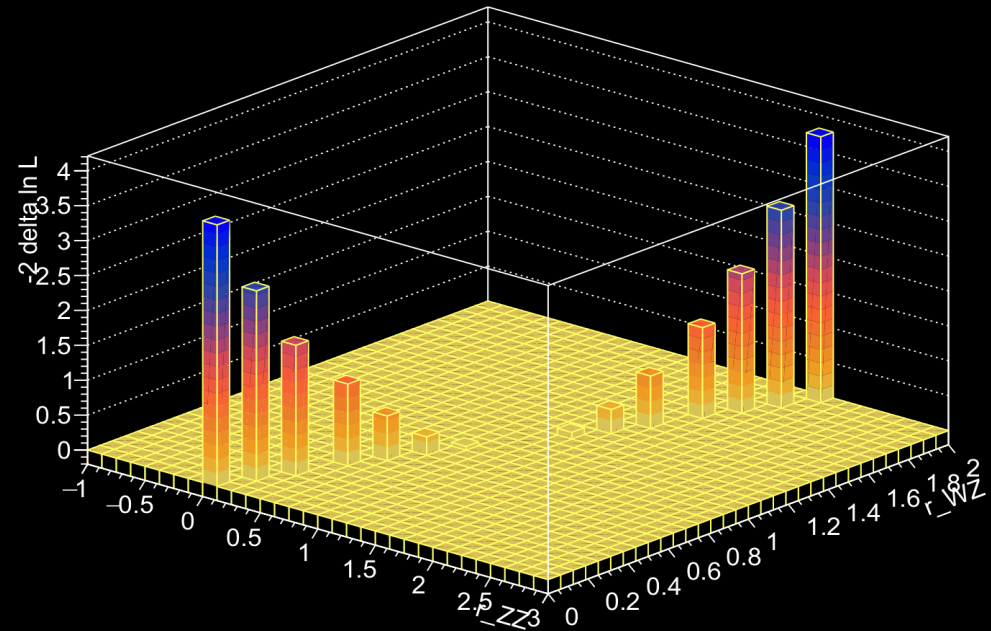


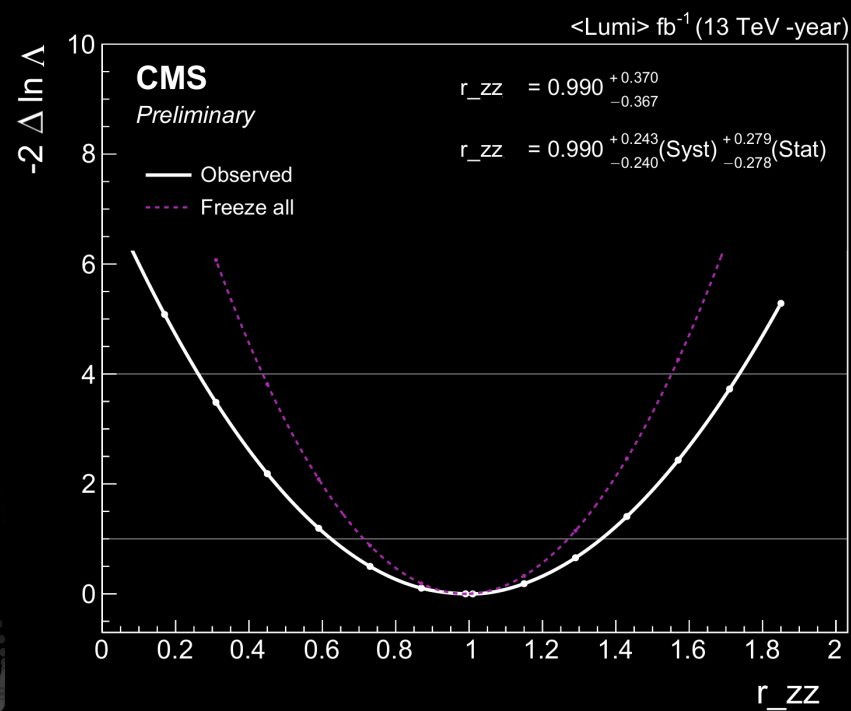
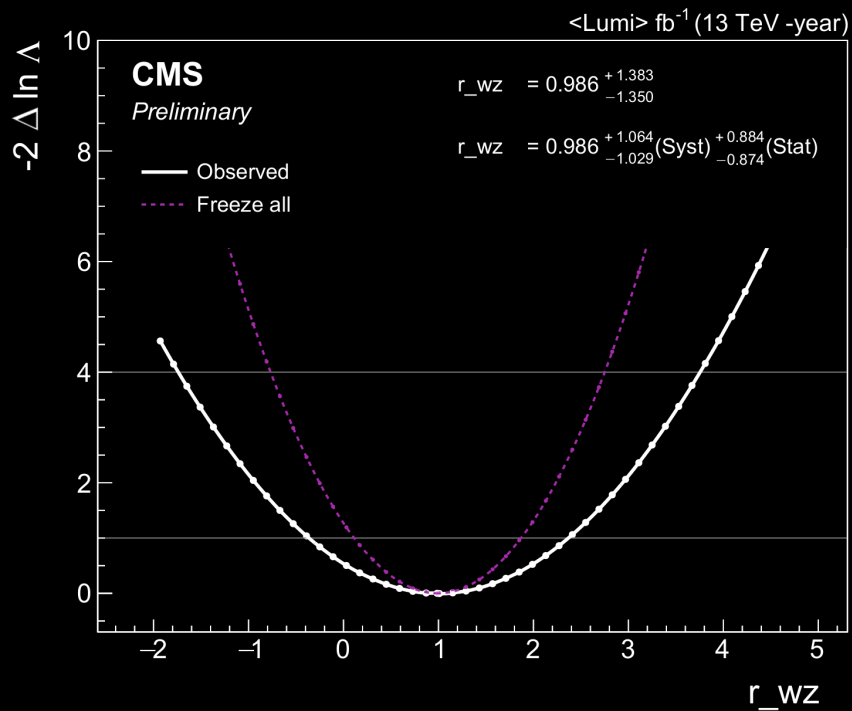
0L boosted

# Prilagodba signala za WZ i ZZ reakcije paralelno

- uključujući raspade Z bozona na lake i teške kvarkove

- Simulirani podatci za 2017.
- Paralelno variramo  $r_{WZ}$  i  $r_{ZZ}$
- Signalno i kontrolna područja
- Sistematske i statističke neodređenosti





$$r_{WZ} = 1.0 \pm 1.3 = 1.0 \pm 1.0 \text{ (sist.)} \pm 0.8 \text{ (stat.)}$$

$$r_{ZZ} = 0.99 \pm 0.37 = 0.99 \pm 0.24 \text{ (sist.)} \pm 0.28 \text{ (stat.)} \rightarrow 2.7\sigma$$

# Zaključci

- U većini WZ i ZZ reakcija u kojima nastaje više od jednog b kvarka, dva od njih nastaju raspadom Z bozona.
- Zbog nezanemarivih kontaminacija moramo uključiti sve leptonske kanale kada radimo prilagodbu WZ i ZZ reakcija.
- Probna prilagodba VZ reakcije je dala očekivan rezultat.
- Paralelna prilagodba WZ i ZZ reakcije za raspad Z bozona u lake i teške je dala sljedeći rezultat:

$$r_{WZ} = 1.0 \pm 1.3 \quad r_{ZZ} = 0.99 \pm 0.37$$

- Signifikantnost za ZZ reakcije je  $2.7\sigma$ .
- Sljedeći korak bi bila paralelna prilagodba WZ i ZZ reakcije za raspad Z bozona samo u b kvarkove i uključivanje svih godina 2016.-2018.

Hvala na pažnji!