

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ümit KAYA

**BHÇ'DE 7 TEV'LİK PROTON-PROTON ÇARPIŞMALARINDAKİ TEK JET
OLAYLARINDA $W \rightarrow e + \nu_e$ BOZUNUMUNDAN KAYNAKLI SM
KATKILARININ ELENMESİ**

FİZİK ANABİLİM DALI

ADANA, 2012

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BHÇ'DE 7 TEV'LİK PROTON-PROTON ÇARPIŞMALARINDAKİ
TEK JET OLAYLARINDA
 $W \rightarrow e + \nu_e$ BOZUNUMUNDAN KAYNAKLI SM KATKILARININ
ELENMESİ**

Ümit KAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FİZİK ANABİLİM DALI

Bu tez/...../2012 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

.....
Prof.Dr. İsa DUMANOĞLU
DANIŞMAN

Prof.Dr. Ayşe POLATÖZ
ÜYE

Doç.Dr.Mustafa TOPAKSU
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Fizik Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. M. Rifat ULUSOY
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

Anneme ve babama...

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BHÇ'DE 7 TEV'LİK PROTON-PROTON ÇARPIŞMALARINDAKİ
TEK JET OLAYLARINDA
 $W \rightarrow e + \nu_e$ BOZUNUMUNDAN KAYNAKLI SM KATKILARININ
ELENMESİ**

Ümit KAYA

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI**

Danışman :Prof. Dr. İsa DUMANOĞLU
Yıl:2012 Sayfa: 79
Jüri :Prof. Dr. İsa DUMANOĞLU
:Prof. Dr. Ayşe POLATÖZ
:Doç. Dr. Mustafa TOPAKSU

Ek boyut araştırmalarının başlıca ipucu tek jet ve kayıp enerji içeren olaylardır. Özellikle $W \rightarrow e + \nu_e$ bozunumunu ve bir jeti içeren olaylar ek boyut olayları için temel fondur. Bu nedenle bu olayların elenmesi önemlidir. Bu çalışmanın amacı SM'in öngörülerıyla üretilen benzetim verilerini gerçek verilerle karşılaştırıp W bozonunu elemek için yöntem geliştirmektir. Bunun için 2011 yılında BHÇ'de 7 TeV kütle merkezi enerjili proton-proton çarpışmalarında CMS detektöründe kaydedilen tek jet ve kayıp enerji içeren olaylar kullanılmıştır. W bozonlarının etkin bir şekilde belirlendiği ve gerçek verilerle benzetim verilerinin uyumlu olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: BHÇ, CMS, W Bozon, Ek Boyutlar, Dik Kütle

ABSTRACT

MSc THESIS

ELIMINATION OF SM CONTRIBUTION COMING FROM THE $W \rightarrow e + \nu_e$ DECAY PROCESS IN MONOJET EVENTS IN 7 TEV PROTON-PROTON COLLISIONS AT THE LHC
--

Ümit KAYA

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF PHYSICS**

Supervisor :Prof. Dr. İsa DUMANOĞLU

Year:2012 Page: 79

Jury :Prof. Dr. İsa DUMANOĞLU

:Prof. Dr. Ayşe POLATÖZ

:Assoc. Prof. Dr. Mustafa TOPAKSU

Main signature of extra dimension research is events containing single jet and missing energy. Especially events with $W \rightarrow e + \nu_e$ decay and single jet is the main background for extra dimension events. Because of that it is very important to eliminate these events. The aim of this study is to compare events which are produced with SM predictions and real events and to find method to eliminate events with W bosons. The proton-proton scattering events which contain single jet and missing energy in the data taken during 2011 at LHC with CMS detector at the centre of mass energy of 7 TeV were used for this study. It was found that W bosons can be determined efficiently and the agreement between real data and simulation data is very well.

Keywords: LHC, CMS, W Boson, Extra Dimensions, Transverse Mass

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu çalışma süresince bana her türlü desteği sağlayan ve kendisinden çok şey öğrendiğim danışman hocam Prof. Dr. İsa DUMANOĞLU'na teşekkür ederim.

FERMİLAB'da yaptığım çalışmalar sırasında bilimsel tecrübelerini ve engin bilgilerini benimle paylaşan Shuichi KUNORİ'ye teşekkür ederim. Doğrudan veya dolaylı katkıları için Prof. Dr. Gülsen ÖNENGÜT'e, Prof. Dr. Ayşe POLATÖZ'e, Prof. Dr. Aysel TOPAKSU'ya ve Prof. Dr. Eda EŞKUT'a teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım süresince bana eşlik eden ve destek veren Mehmet VERGİLİ'ye ve Evrim Ersin KANGAL'a çok teşekkür ederim. Tez çalışmalarımın bir çok aşamasında yanımda gördüğüm arkadaşım Yalçın GÜLER'e teşekkür ederim. Yüksek lisansa başlamam konusunda bana öncü olan arkadaşım Sümeyye ÇITAK'a teşekkür ederim. Yüksek lisansım boyunca bana destek veren teyzem Belile KÜTÜK'e teşekkür ederim. Yüksek lisansım süresince çeşitli yönlerden destek ve katkı veren tüm grup arkadaşlarıma dostlukları için teşekkür ederim.

Tüm öğrenim hayatımda desteklerini her zaman yanımda hissettiğim anneme, babama ve kardeşlerime teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca FERMİLAB'daki çalışmalarımı maddi olarak destekleyen TAEK'e (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
SEMBOL VE KISALTMALAR	XIII
1.GİRİŞ	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
2.1. Standart Model	3
2.2. BHÇ ve Üzerinde Bulunan Detektörler.....	8
2.3. CMS Detektörü.....	16
2.3.1 İzleyici.....	17
2.3.2. Kalorimetreler	19
2.3.2.1. Elektromanyetik Kalorimetre	19
2.3.2.2. Hadronik Kalorimetre.....	21
2.3.3. Selenoid Mıknatıs	22
2.3.4. Müon Sistemi	23
2.3.5. Tetikleyiciler	24
2.4. W Bozonu'nun Tarihçesi ve Keşfi	25
3. MATERYAL VE METOD	31
3.1. Ek Boyutlar Tek Jet Analiz Yöntemi	31
3.2. Kullanılan Veri Kümeleri.....	35
3.2.1. Monte Carlo Verileri.....	35
3.2.2. Gerçek Veriler.....	35
4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR	37
4.1. Analiz Yöntemi ve Sonuçlar	37
4.2. Elektron, Pozitron,W Bozon Belirleme ve Dik Kütle Hesabı	37
4.3. Kullanılan Kısıtlamalar ve Sonuçları	40

4.3.1. Kısıtlama Yok İse.....	40
4.3.2. Kayıp Dikine Enerjinin 200 GeV'den Büyük Olması Durumu	45
4.3.3. Gürültü Eleme	50
4.3.4. 1. Jet'in Dik Momentumunun 110 GeV'den Büyük Olması Durumu	55
4.3.5. Toplam Jet Sayısının 3'ten Küçük Olma Durumu	60
4.3.6. Delta Phi'nin 2.5 radyan'dan Küçük Olma Durumu	65
4.4. Değerlendirme	70
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	75
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	79

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 2.1. Lepton Tablosu	5
Çizelge 2.2. Kuark Tablosu.....	6
Çizelge 4.1. Gerçek veride ve olay benzetiminde incelenen durumlara ait olay sayıları	71
Çizelge 4. 2. Gerçek veride ve olay benzetiminde W bozon için belirlenen 50-100 GeV/c ² dik kütle aralığındaki olay sayıları	73

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 2.1. Maddeyi oluşturan parçacıklar.....	4
Şekil 2.2. Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nın sahip olduğu halkaların Cenevre şehri civarında yukarıdan temsili olarak görünümü.....	8
Şekil 2.3. Büyük Hadron Çarpıştırıcısı ve Hızlandırıcı Grubu.	9
Şekil 2.4. ATLAS Detektörü.....	10
Şekil 2.5. ALICE Detektörü.....	11
Şekil 2.6. LHCb Detektörü.....	12
Şekil 2.7. TOTEM T2 detektörünün etkileşim bölgesine dahil edilmesi sırasında çekilmiş fotoğraf.....	13
Şekil 2.8. LHCf Detektörü.	14
Şekil 2.9. MoEDAL Detektörü.	15
Şekil 2.10. CMS Detektörü.	16
Şekil 2.11. İzleyicinin CMS içerisine yerleştirilmesi sırasında bir fotoğraf.	18
Şekil 2.12. 23.11.09 tarihinde izleyici tarafından kaydedilen ilk çarpışma.	18
Şekil 2.13. CMS detektöründe elektromanyetik kalorimetreye ait bileşenlerin büyütülmüş halleri.	19
Şekil 2.14. EKAL süper modülün enerji çözünürlüğü.....	20
Şekil 2.15. Hadronik kalorimetrenin bölümleri: Hadronik Fıçı, Hadronik Dış, Hadronik Kapak ve İleri Hadron Kalorimetresi.	21
Şekil 2. 16. Fıçı Jetleri ($ \eta < 1.4$), kapak jetleri ($1.4 < \eta < 3.0$) ve ileri jetler ($3.0 < \eta < 5.0$) için dikine jet enerjisinin bir fonksiyonu olarak dikine enerji çözünürlüğü.	22
Şekil 2. 17. CMS detektörü içerisinde bulunan süper iletken selenoid mıknatıs.....	23
Şekil 2. 18. Müon sisteminin enine kesitten görünümü.	24
Şekil 2. 19. Birinci seviye (L1) tetikleme şematik gösterimi.....	25
Şekil 2. 20. UA1 Detektörü.....	27
Şekil 2. 21. UA2 Detektörü.....	28
Şekil 2. 22. W Bozon Üretimi.....	29
Şekil 3.1. CMS detektöründe bir tek jet olayının silindirik çerçevede görünümü..	32

Şekil 3.2.	Bir tek jet olayı: kayıp enerji (MET) 359 GeV, 1. jetin dik momentumu 331 GeV.	33
Şekil 3.3.	Tek jet olayının CMS detektörünün yatay kesiti üzerindeki görünümü.	33
Şekil 3.4.	Tek jet olayının CMS detektörünün düşey kesiti üzerindeki görünümü.	34
Şekil 3.5.	İlk ve son durum ışımlarından dolayı ortaya çıkan 2. jetin CMS detektöründeki görünümü.	34
Şekil 4.1.	Soldaki diyagram W^- 'nin bir elektron ve anti elektron nötrinosuna bozunumu, sağdaki diyagram W^+ 'nin bir pozitrona ve elektron nötrinosuna bozunumu.	38
Şekil 4.2.	Tüm elektronların ve pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.	41
Şekil 4.3.	Elektronların sayısı ve dik momentum dağılımları.	41
Şekil 4.4.	Pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.	42
Şekil 4.5.	Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil kütle 50-100 GeV/c ² aralığında bulunan W bozonlarının dik momentum dağılımları.	42
Şekil 4.6.	Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c ² dik kütle aralığına düşen W bozonlarının dik kütle dağılımları.	43
Şekil 4.7.	Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c ² dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik momentum dağılımları.	43
Şekil 4.8.	Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c ² dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik kütle dağılımları.	44
Şekil 4.9.	Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c ² dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları.	44
Şekil 4.10.	Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c ² dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları.	45

Şekil 4.11. Tüm elektronların ve pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.	46
Şekil 4.12. Elektronların sayısı ve dik momentum dağılımları.....	46
Şekil 4.13. Pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.....	47
Şekil 4.14. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil kütlesi 50-100 GeV/c^2 aralığında bulunan W bozonlarının dik momentum dağılımları.	47
Şekil 4.15. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W bozonlarının dik kütle dağılımları.	48
Şekil 4.16. Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik momentum dağılımları.	48
Şekil 4.17. Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik kütle dağılımları.	49
Şekil 4.18. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları.	49
Şekil 4.19. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları.	50
Şekil 4.20. Tüm elektronların ve pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.	51
Şekil 4.21. Elektronların sayısı ve dik momentum dağılımları.....	51
Şekil 4.22. Pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.....	52
Şekil 4.23. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil kütlesi 50-100 GeV/c^2 aralığında bulunan W bozonlarının dik momentum dağılımları.	52

Şekil 4.24. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W bozonlarının dik kütle dağılımları.	53
Şekil 4.25. Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik momentum dağılımları.	53
Şekil 4.26. Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik kütle dağılımları.	54
Şekil 4.27. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları.	54
Şekil 4.28. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları.	55
Şekil 4.29. Tüm elektronların ve pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.	56
Şekil 4. 30. Elektronların sayısı ve dik momentum dağılımları.....	56
Şekil 4.31. Pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.....	57
Şekil 4.32. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil kütlesi 50-100 GeV/c^2 aralığında bulunan W bozonlarının dik momentum dağılımları.	57
Şekil 4.33. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W bozonlarının dik kütle dağılımları.	58
Şekil 4.34. Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik momentum dağılımları.	58

Şekil 4.35. Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik kütle dağılımları.	59
Şekil 4.36. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları.	59
Şekil 4.37. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları.	60
Şekil 4.38. Tüm elektronların ve pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.	61
Şekil 4.39. Elektronların sayısı ve dik momentum dağılımları.....	61
Şekil 4.40. Pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.....	62
Şekil 4.41. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil kütle 50-100 GeV/c^2 aralığında bulunan W bozonlarının dik momentum dağılımları.	62
Şekil 4.42. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W bozonlarının dik kütle dağılımları.	63
Şekil 4.43. Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik momentum dağılımları.	63
Şekil 4.44. Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik kütle dağılımları.	64
Şekil 4.45. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları.	64
Şekil 4.46. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları.	65

Şekil 4.47. Tüm elektronların ve pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.	66
Şekil 4.48. Elektronların sayısı ve dik momentum dağılımları.....	66
Şekil 4.49. Pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.....	67
Şekil 4.50. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil kütlesi 50-100 GeV/c^2 aralığında bulunan W bozonlarının dik momentum dağılımları.	67
Şekil 4.51. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W bozonlarının dik kütle dağılımları.	68
Şekil 4.52. Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik momentum dağılımları.	68
Şekil 4.53. Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik kütle dağılımları.	69
Şekil 4.54. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları.	69
Şekil 4.55. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları.	70

SEMBOL VE KISALTMALAR

CERN	: Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi
SM	: Standart Model
SÜSİ	: Süper Simetri
BHÇ	: Büyük Hadron Çarpıştırıcısı
PS	: Proton Sinkrotronu
SPS	: Süper Proton Sinkrotronu
SppS	: Süper Proton-Anti Proton Sinkrotronu
LEP	: Büyük Elektron Pozitron Çarpıştırıcısı
LINAC	: Doğrusal Hızlandırıcı
CMS	: Sıkı Müon Solenoidi
ATLAS	: Büyük Toroidal Detektör
MoEDAL	: BHÇ'deki Tek Kutup ve Tuhaflıklar Deneyi Detektörü
TOTEM	: Toplam Elastik ve Kırınımlayıcı Tesir Kesit Ölçümü Detektörü
LHCf	: Büyük İleri Hadron Çarpıştırıcısı
UA1/UA2	: Yeraltı Bölgesi 1 ve Yeraltı Bölgesi 2 Detektörleri
ALICE	: Büyük İyon Çarpıştırma Deneyi
LHCb	: LHC b Fiziği Deneyi
EKAL	: Elektromanyetik Kalorimetre
EE	: Elektromanyetik Kapak
EB	: Elektromanyetik Fıçı
HKAL	: Hadronik Kalorimetre
HB	: Hadronik Fıçı
HE	: Hadronik Kapak
HO	: Hadronik Dış
HF	: İleri Hadronik Kalorimetre
HAD	: Hadronik
EM	: Elektromanyetik
HLT	: Yüksek Seviye Tetikleme
eV	: Elektron Volt

MeV	: Milyon Elektron Volt
GeV	: Milyar Elektron Volt
TeV	: Trilyon Elektron Volt
L	: Lüminosite (Işıklık)
η	: Psüdorapidite
$\sqrt{s}$	: Kütle Merkezi Enerjisi
ADD	: Ek Boyut Modellerinden Biri (Arkani Hamed,Dimapaulos,Divali)
IP5	: Çarpışma Bölgesi Beş

1.GİRİŞ

Eski çağlardan beri insanların yaşadıkları evreni anlamaya çalışmaları ve bu yönde gösterdikleri çabalar bugün parçacık fiziği olarak nitelendirilen bir alanda halen devam etmektedir. Evreni oluşturan maddenin en küçük yapıtaşlarını ve bu yapıtaşları bir arada tutan kuvvetleri araştırmak insanları düşündürmeye, yeni teknolojiler üretmeye ve daha fazla soru sormaya yöneltmiştir. Bugün gelinen bu noktada parçacık fiziği alanında halen yanıtlanmayı bekleyen birçok soru mevcuttur. Maddenin yapısını açıklamada çok başarılı kabul edilen Standart Model, (SM) hali hazırda cevaplayamadığı sorularla birlikte insanları, SM ötesi başka kuramlara yöneltmiştir. Bugün bu kuramları test etmek amacı ile dünyanın en büyük parçacık fiziği araştırma merkezi olan CERN (Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi) bilim insanlarına ev sahipliği yapmaktadır.

Bir parçacığı görebilmek için ışığa ihtiyaç duyarız. Eğer görmeye çalıştığımız parçacığın dalga boyu ışığın dalga boyundan küçük ise bu parçacıkları görmek için daha küçük dalga boyuna ihtiyaç duyarız. De Broglie prensibine göre parçacıkların da bir dalga boyu vardır ve bu dalga boyu momentumlarıyla ters orantılıdır. Dolayısıyla örneğin elektronu hızlandırarak araştırmak istediğimiz boyutlarda bir dalga boyuna sahip olmasını sağlayabiliriz. Böylece daha küçük parçacıkları gözlemlemek için gereken dalga boyunu elde edebiliriz. Başka bir durumda eğer yeni bir parçacığın varlığından söz ediliyorsa bu parçacığı ortaya çıkarmak için ve gereken kütleyi elde edebilmek için parçacıklar yaklaşık olarak bu enerjilere kadar hızlandırılıp çarpıştırılır. Böylece ortaya yeni parçacıklar çıkar. İşte bu sebeplerden dolayı insanlar devasa büyüklüklerde hızlandırıcılar tasarlamışlardır. CERN’de bulunan Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (BHÇ) şu ana kadar yapılan en büyük hadron çarpıştırıcısıdır. 1989 yılında kurulan Büyük Elektron-Pozitron (LEP) çarpıştırıcısı 2001 yılında görevini tamamlayıp sökülmüş yerine 27 km’lik yeni bir süper iletken halka eklenerek BHÇ oluşturulmuştur. BHÇ 14 TeV kütle merkezi enerjisinde proton-proton ve 5.52 TeV kütle merkezi enerjisinde kurşun-kurşun iyonları

çarpıştırmak üzere tasarlanmıştır. Bu çarpışmalar sonucunda yüksek kütle merkezi enerjisi ve yüksek ışıklılık ortaya çıkar.

SM ötesi araştırmalardan biri olan ek boyut araştırmaları bugün bilinen Planck ölçeği ile elektrozayıf ölçeği bir çatı altında toplamak üzere yapılan araştırmalardır. Bu araştırmalar SM'in yanıtlayamadığı bir çok soruya cevap verebilecek nitelikteki araştırmalardır.

Ek boyut araştırmalarında kullanılan modellerden biri ADD (Arkani-Hamed, Dimopoulos ve Divali) modelidir. Bu modeli araştırmak için tek jet içeren olaylara bakılır. Bu araştırmalar yapılırken bu modele benzer sinyaller veren fakat SM veya benzeri başka bir modelden kaynaklanan olayları elemek gerekmektedir. Bu eleme yapılırken kullanılan yöntemlerden birisi de W bozonunun gerçek veri içerisinde belirlenerek SM olaylarını elemektir. Bu eleme işlemi tezimizin temel konusu niteliğindedir. Buna ileride değinilecektir.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Standart Model

Şu an evreni açıklamak adına en iyi teori kabul edilen Standart Model(SM) 20. yüzyılın bilim alanındaki en büyük başarılarından birisidir. SM, temel parçacıkları özelliklerine göre sınıflandıran ve birbirleriyle nasıl etkileştiklerini açıklayan bir teoridir.

SM, parçacık etkileşimlerini 4 temel kuvvet altında açıklar. Bunlar kütle çekim kuvveti, elektromanyetik kuvvet, zayıf kuvvet ve güçlü kuvvettir.

Kütle Çekim Kuvveti

Aracı parçacığı graviton olan kütle çekim kuvvetinin menzili sonsuzdur. Graviton henüz deneysel olarak gözlenmiş bir parçacık değildir. Etkileşimin etkisi büyük kütlelerde daha ön plana çıkar. Diğer etkileşim türlerine göre oldukça zayıftır. Parçacıkların kütlesi çok küçük olduğundan bu kuvvet parçacık dünyasında ihmal edilir. Kütle çekim kuvveti şu an hesaplanabiliyor fakat parçacıkların kütlelerini belirlemekte SM yetersiz kalıyor. Bunun nedeni kütle çekim kuvvetinin henüz kuantum mekaniksel bir modelinin olmamasıdır. SM, parçacıkların kütle kazanımını Higgs mekanizması ile açıklamaktadır. Higgs alanı ile etkileşim durumuna göre kütle kazandıkları öngörülmektedir. Alandaki etkileşim Higgs ayar bozonu ile gerçekleşiyor.

Elektromanyetik Kuvvet

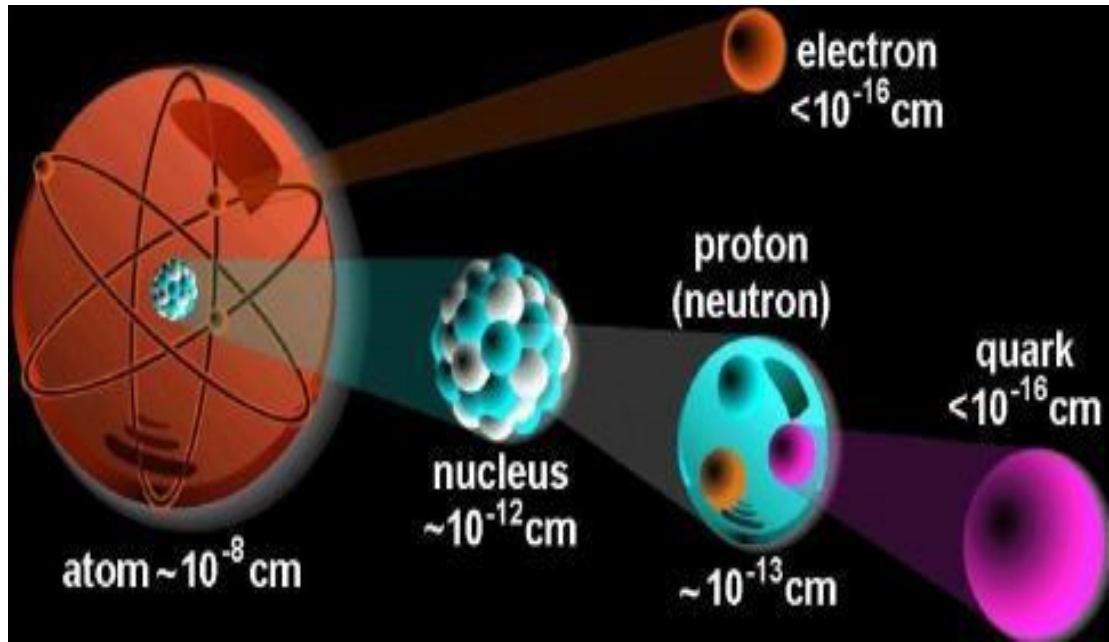
Elektromanyetik kuvvetin taşıyıcı parçacığı fotondur. Kütle çekim etkileşiminde olduğu gibi sonsuz bir etkileşim mesafesine sahiptir. Yüklü parçacıklar arasında görülen bu etkileşim küçük mesafelerde hayli etkilidir.

Zayıf Kuvvet

Zayıf nükleer kuvvet olarak da adlandırdığımız bu kuvvetin ayar bozonları W^- , W^+ ve Z^0 dır. Etkileşim menzili çok kısadır. Beta bozunumu zayıf etkileşimin rol oynadığı fiziksel bir olaydır.

Güçlü Kuvvet

Güçlü kuvvet, kuarklar arasında gerçekleşen etkileşimden sorumlu olan ve çekirdeği bir arada tutan kuvvettir. Etkisi elektromanyetik etkileşimden daha büyüktür. Ayar bozonu gluonlardır.



Şekil 2.1. Maddeyi oluşturan parçacıklar.

Mevcut haliyle evrendeki tüm maddeler üç çeşit temel parçacıktan meydana gelmiştir (Şekil 2.1). Bunlar leptonlar, kuarklar ve bunlar arasındaki etkileşmeyi sağlayan aracı parçacıklar (bozonlar). Bugün bilinen altı çeşit lepton; kendi aralarında yüklerine, elektron sayılarına, müon sayılarına ve tau sayılarına göre

sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırılma sonucunda Çizelge 2.1’den görülebileceği gibi hali hazırda elimizde üç çeşit aile bulunmaktadır.

Çizelge 2.1. Lepton Tablosu

Parçacık / antiparçacık				Nötrino / antinötrino			
İsim	Sembol	Elektrik yükü (e)	Kütle (MeV)	İsim	Sembol	Elektrik yükü (e)	Kütle (MeV)
Elektron / Pozitron	e^- / e^+	-1 / +1	0.511	Elektron nötrino / Elektron antinötrino	$\nu_e / \bar{\nu}_e$	0	<0.000003
Müon / Antimüon	μ^- / μ^+	-1 / +1	105.6	Müon nötrino / Müon antinötrino	$\nu_\mu / \bar{\nu}_\mu$	0	<0.19
Tau / Antitau	τ^- / τ^+	-1 / +1	1777	Tau nötrino / Tau antinötrino	$\nu_\tau / \bar{\nu}_\tau$	0	<18.2

Evrende sadece madde yoktur, antimadde de vardır. SM’ye göre her parçacığın bir antisi vardır. Örneğin elektron ile aynı özelliklere sahip pozitronun elektrondan tek farkı yükünün pozitif olmasıdır. Dolayısıyla 6 çeşit lepton için zıt yüke sahip 6 çeşit antilepton vardır. Böylece toplamda 12 tane leptona sahip olmuş oluruz.

Leptonlara benzer olarak Çizelge 2.2’den görülebileceği gibi farklı isimlere sahip 6 çeşit kuark vardır. Leptonlar için belirttiğimiz antilepton durumu kuarklar için de geçerlidir. Mevcut 6 kuarka karşılık 6 anti-kuark vardır.

Çizelge 2.2. Kuark Tablosu

Adı	Sembolü	Kütlesi (MeV/c ²)*	J	B	Q	I ₃	C	S	T	B'	Antipaçacık	Antiparçacık sembolü
<i>Birinci nesil</i>												
Yukarı	u	1.5 to 3.3	1/2	+1/3	+2/3	+1/2	0	0	0	0	Antiyukarı	$\bar{u}$
Aşağı	d	3.5 to 6.0	1/2	+1/3	-1/3	-1/2	0	0	0	0	Antiaşağı	$\bar{d}$
<i>İkinci nesil</i>												
Tılsım	c	1.270 ⁺⁷⁰ ₋₁₁₀	1/2	+1/3	+2/3	0	+1	0	0	0	Antıtılsım	$\bar{c}$
Acayip	s	104 ⁺²⁶ ₋₃₄	1/2	+1/3	-1/3	0	0	-1	0	0	Antiacayip	$\bar{s}$
<i>Üçüncü nesil</i>												
Üst	t	171.200 ± 2.100	1/2	+1/3	+2/3	0	0	0	+1	0	Antiüst	$\bar{t}$
Alt	b	4.200 ⁺¹⁷⁰ ₋₇₀	1/2	+1/3	-1/3	0	0	0	0	-1	Altalt	$\bar{b}$

J = toplam açısal momentum, B = baryon sayısı, Q = elektrik yükü, I₃ = izospin, C = tılsım, S = acayıklık, T = üstlük, B' = altlık.

*4.200 ⁺¹⁷⁰₋₇₀ gibi gösterimler ölçüm kesinsizliğini belirtmektedir.

Tüm bu özelliklerin yanı sıra her kuark ve antikuark elektrik yüküne ek olarak 3 çeşit renk yükünden birini taşır. Bu renk yükü kuarkların kuvvetli etkileşmelerini sağlar. Leptonlar renk yükü taşımadıkları için kuvvetli etkileşmezler.

Bütün bu parçacık çokluğuna rağmen evreni oluşturan bütün madde iki çeşit kuark (u,d) ve bir çeşit lepton (e⁻) oluşur.

Evreni açıklamada en iyi model olarak kabul edilen SM'nin cevaplayamadığı bazı sorular mevcuttur. Bunlar;

-SM'nin öngördüğü maddeye kütle kazandırdığına inanılan etkileşimin ayar bozonu olan Higgs kütlelerinde bir ayar bozonu henüz keşfedilmiştir (04.07.2012). CMS deneyinin sonuçlarına göre bu bozonun kütlesi, **125.3 ± 0.6** GeV olarak yüksek istatistikle belirlendi. Fakat bu bozonun Higgs bozonu olup olmadığı SM'nin Higgs için belirlediği özellikleri, keşfedilen bu ayar bozonu ile kıyaslayarak bir karara varılacaktır. Buna karar vermek için 2012 yılında alınan tüm veriler incelenecektir.

-Teoriye göre temel olan parçacıklar gerçekten parçalanamaz mı? Eğer bunların parçalanıp daha küçük yapılara sahip olduğu gözlenirse temel parçacık olma özelliklerini yitirirler.

- Bugünkü bilgilerimize göre enerjiden parçacık oluştuğunda eşit miktarda parçacık ve anti parçacık yaratılmalıdır. Fakat evrende gözlediğimiz her şey maddeden yapılmıştır. Neden bugün evrende eşit miktarda madde ve anti madde yoktur, anti maddeye ne olmuştur?

-İkinci ve üçüncü ailenin evrendeki rolleri nelerdir? Neden bu aileler vardır?

-Astrofizik alanındaki yapılan araştırmalarda gökadalara dönme hızları gözlemlenmiştir. Bu araştırmalar sonucunda gökadalara sahip olmaları gereken kütlelerin merkezde toplanmayıp tüm gökadalara yayılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu da gökadalara sahip olduğu galaksiler ve yıldızlar haricinde başka şeylerin varlığını gerektirmektedir. Bugün yapılan hesaplar sonucunda evrenin yaklaşık olarak %73'ü karanlık enerji, %23'ü karanlık madde ve %4'ü maddedir. Burada yine SM tarafından cevaplanamayan şu soru akla geliyor. Karanlık maddenin yapısı nedir ve neden gözlenemiyor?

-Dört ayrı etkileşim yerine bunları tek bir çatıda temel bir kuvvet olarak toplayabilir miyiz?

1861-1864 yılları arasında James Maxwell ayrı ayrı düşünülen elektrik ve manyetik kuvveti tek bir sistem altında birleştirdi ve 1881-1884 yılları arasında Frank Hertz radyo dalgalarının ve ışığın elektromanyetik dalgalar olduğunu gösterdi. İşte parçacık fiziğinin en temel amaçlarından birisi, bu kadar karmaşık yapıyı basite indirgeyecek ve açıklayabilecek bir yapı ortaya koymaktır.

Albert Einstein kütleçekimi ile elektromanyetik kuvvetleri birleştirmeye çalıştıysa da bunu başaramadı. Abdus Salam ve Steven Weinberg 1967-1970 yılları arasında elektromanyetik ve zayıf kuvveti birleştirmeyi başardı ve sonra değinilecek olan W, Z bozonlarının keşfedilmelerini sağladı. (Bunlar arasında Higgs bozonu da öngörüldü. Bugün 2011 ve 2012 yılında alınan veriler ile yeni bir ayar bozonu keşfedildi fakat bu bozonun Higgs bozonu olduğunu söylemek için keşfedilen bozon özelliklerinin Higgs bozonunun özellikleriyle tam uyumlu olup olmadığına karar vermek açısından daha fazla araştırma yapılmaktadır.)

Bugün yukarıda geçen tüm cevapsız sorunların yanıtları SM ötesi fizikle aranmaktadır.

2.2. BHÇ ve Üzerinde Bulunan Detektörler

Glashow, Weinberg ve Salam'ın öncülüğünü yaptığı SM'nin öngördüğü W^+ , W^- ve Z bozonlarının CERN'de bulunan Büyük Elektron-Pozitron Çarpıştırıcısı'ndaki (LEP) keşiflerinden (1983) sonra modelin cevaplamayamadığı bazı sorular ve buna ek olarak LEP'in sınırlı kütle merkezi enerjisi yeni bir hızlandırıcı ihtiyacı doğurmuştur. Böylece yeni fizik araştırmaları için Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nın (BHÇ) yapılmasına karar verilmiştir.

Fransa-İsviçre sınırı üzerinde kurulmuş olan CERN'de bulunan BHÇ (Şekil 2.2) Dünya'daki en güçlü parçacık hızlandırıcısıdır. Yerin 100 metre altında 27 kilometre uzunluğa sahip BHÇ halka yapıda bir parçacık hızlandırıcısıdır.



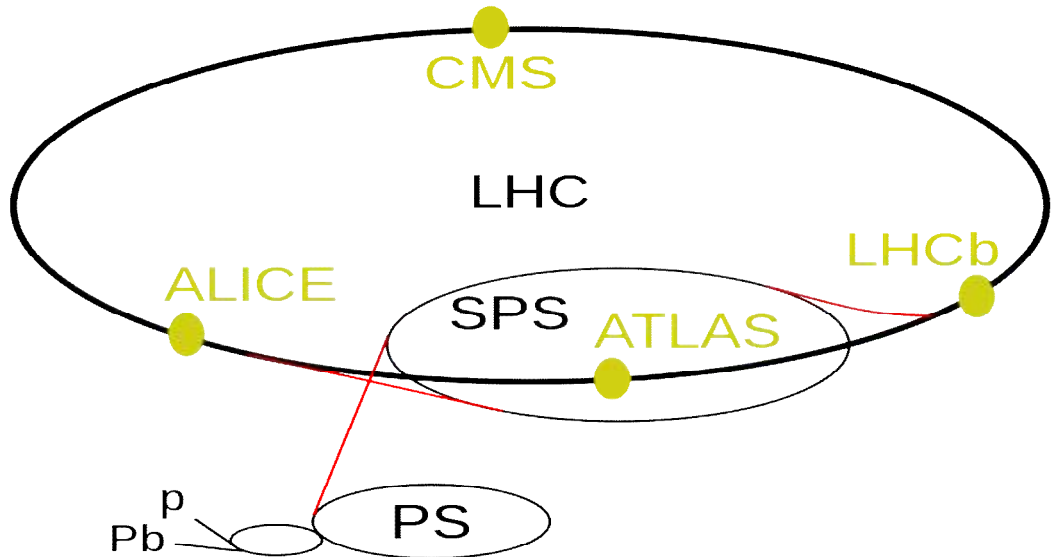
Şekil 2.2. Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nın sahip olduğu halkaların Cenevre şehri civarında yukarıdan temsili olarak görünümü.

BHÇ üzerinde proton-proton ve kurşun-kurşun çarpışmaları yapılmaktadır. BHÇ'nin amacı protonları veya kurşun iyonlarını yüksek enerjilere sahip olacak şekilde hızlandırmaktır. BHÇ bunun için bir hızlandırıcı grubu kullanmaktadır (Şekil

2.3). Protonların enerjisi ilk olarak doğrusal bir hızlandırıcıda 50 MeV'e, Booster'da 1,4 GeV'e, Proton Sinkrotron'da 25 GeV'e , Süper Proton Sinkrotron'da 450 GeV'e çıkarılır. Bugün SPS'in bağlı olduğu BHÇ'de ise protonların enerjisi 4 TeV'e kadar çıkarılıyor. Azami olarak protonların enerjisi 7 TeV olarak düşünülmektedir. Bu durumda BHÇ'de ışıklılık $L=10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Işıklılık (L) demet içerisindeki parçacık sayısına (N), demetin dönme frekansına (f), demetteki öbek sayısına(k_b), beta (β), gama (γ) fonksiyonlarına ve normalize edilmiş dik yayılıma(ϵ_n) bağlıdır.

$$L = \frac{fk_b N^2}{4\pi\epsilon_n\beta^*/\gamma} \quad (2.1)$$

BHÇ'de, protonların veya kurşunların zıt yönde hızlandırılıp çarpıştırılması için iki demet halkası bulunur. Bu halkalarda hareket eden parçacıkları belirli bir yol üzerinde tutmak için dipol mıknatıslar kullanılmaktadır.

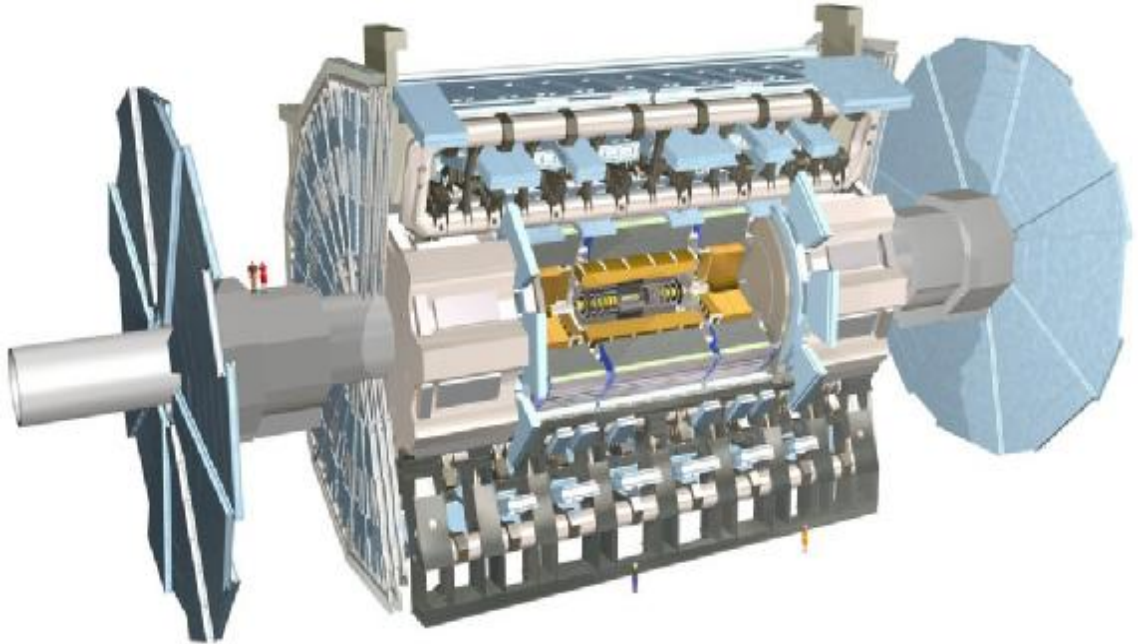


Şekil 2.3. Büyük Hadron Çarpıştırıcısı ve Hızlandırıcı Grubu.

BHÇ yedi adet detektöre sahiptir. Bunlar: CMS, ATLAS, ALICE, LHCb, TOTEM, LHCf ve MoEDAL'dır. CMS ve ATLAS genel amaçlı fizik araştırmaları için kullanılırken, diğer detektörler daha özel fizik analizleri için kullanılmaktadır.

ATLAS

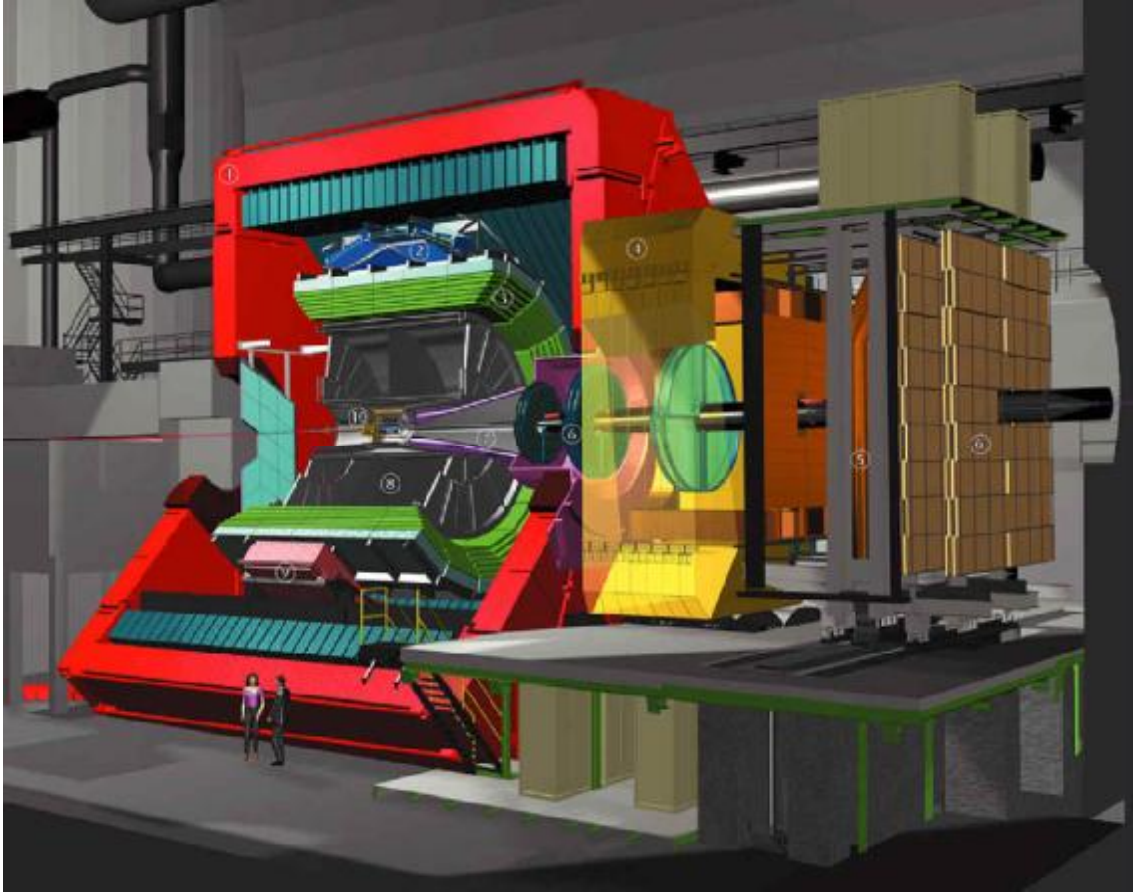
ATLAS (A Toroidal LHC Apparatus) BHÇ'nin toroid yapıda olan detektörlerinden bir tanesidir (Şekil 2.4). Yaklaşık olarak 45 m uzunluğa, 25 m yüksekliğe ve 7000 ton kütleye sahiptir. Deneyin amacı, zamanın başlangıcında evrenin nasıl şekillendiğini ve buna sebep olan etkenleri araştırmaktır. Bununla birlikte kütlenin kaynağını, uzayın ek boyutlarını, çok küçük kara delikleri ve bugün evrenimizin yaklaşık % 96'sını oluşturan karanlık madde ve karanlık enerjiyi araştırmaktadır.



Şekil 2.4. ATLAS Detektörü.

ALICE

ALICE (A Large Ion Collider Experiment) merkezinde kurşun-kurşun iyonlarının çarpıştırıldığı BHC detektörlerinden bir tanesidir (Şekil 2.5). Yaklaşık olarak 16 m yüksekliğe, 26 m uzunluğa ve 10000 ton kütleye sahip bir detektördür. Deneyin amacı, evrenin oluşum sürecindeki ilk mikrosaniyelerde çorba diye adlandırılan (kuark-gluon plazması) yapıyı incelemektir.

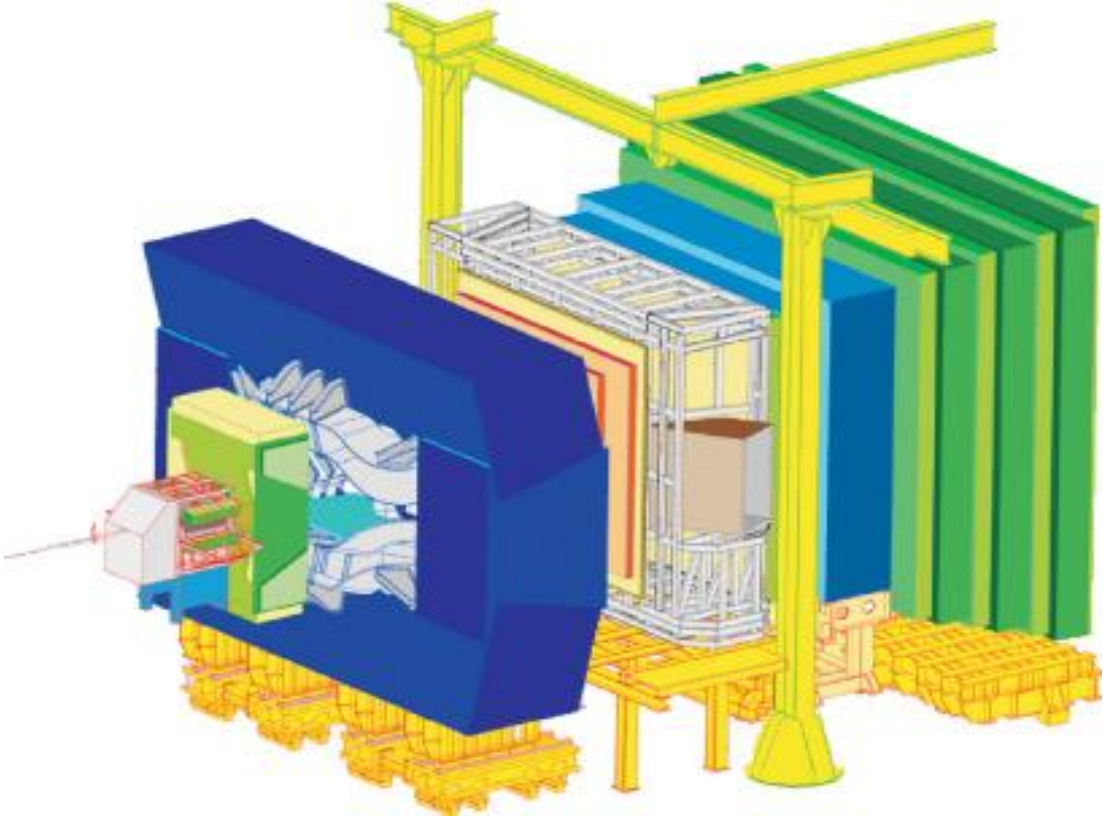


Şekil 2.5. ALICE Detektörü.

LHCb

LHCb (Large Hadron Collider beauty) detektörü b kuark (beauty quark) araştırmaları yapan BHC detektörlerinden bir tanesidir (Şekil 2.6). Deneyin amacı ,

madde anti madde asimetrisini araştırmaktır. 21 m uzunluğa 10 m yüksekliğe ve 5600 ton kütleyle sahiptir.



Şekil 2.6. LHCb Detektörü.

TOTEM

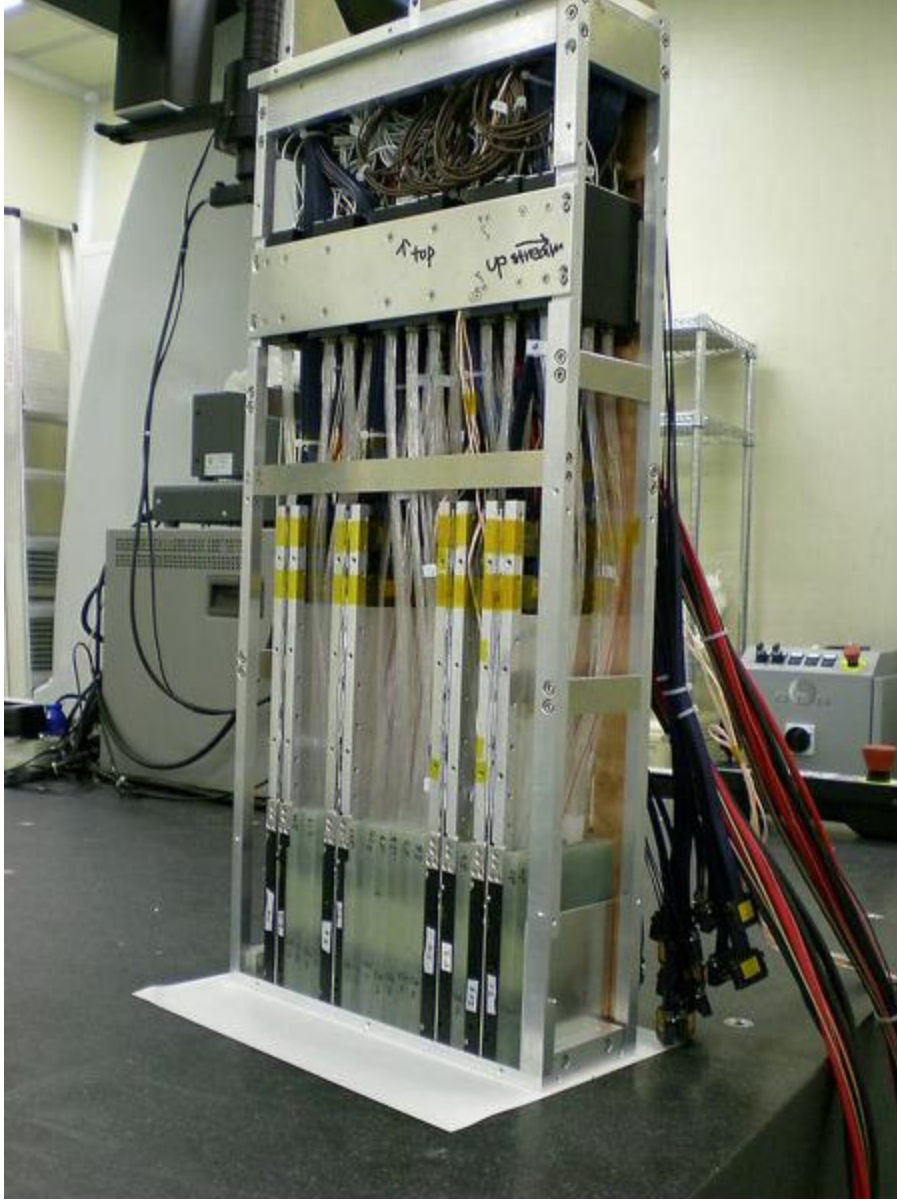
TOTEM (**T**OTAL cross section, **E**lastic scattering and diffraction dissociation **M**easurement at the LHC) proton yapısını derinlemesine anlamak için proton-proton etkileşim tesir kesitinin hassas ölçümünü yapar. TOTEM deneyinde bulunan T1 ve T2 detektörlerinden ikişer adet bulunmaktadır. Çarpışma bölgesi beşe (IP5) yerleştirilen T1 ve T2 proton-proton çarpışmasından yayılan yüklü parçacıkları algılayacaktır. Şekil 2.7’de T2 detektörü görülmektedir.



Şekil 2.7. TOTEM T2 detektörünün etkileşim bölgesine dahil edilmesi sırasında çekilmiş fotoğraf.

LHCf

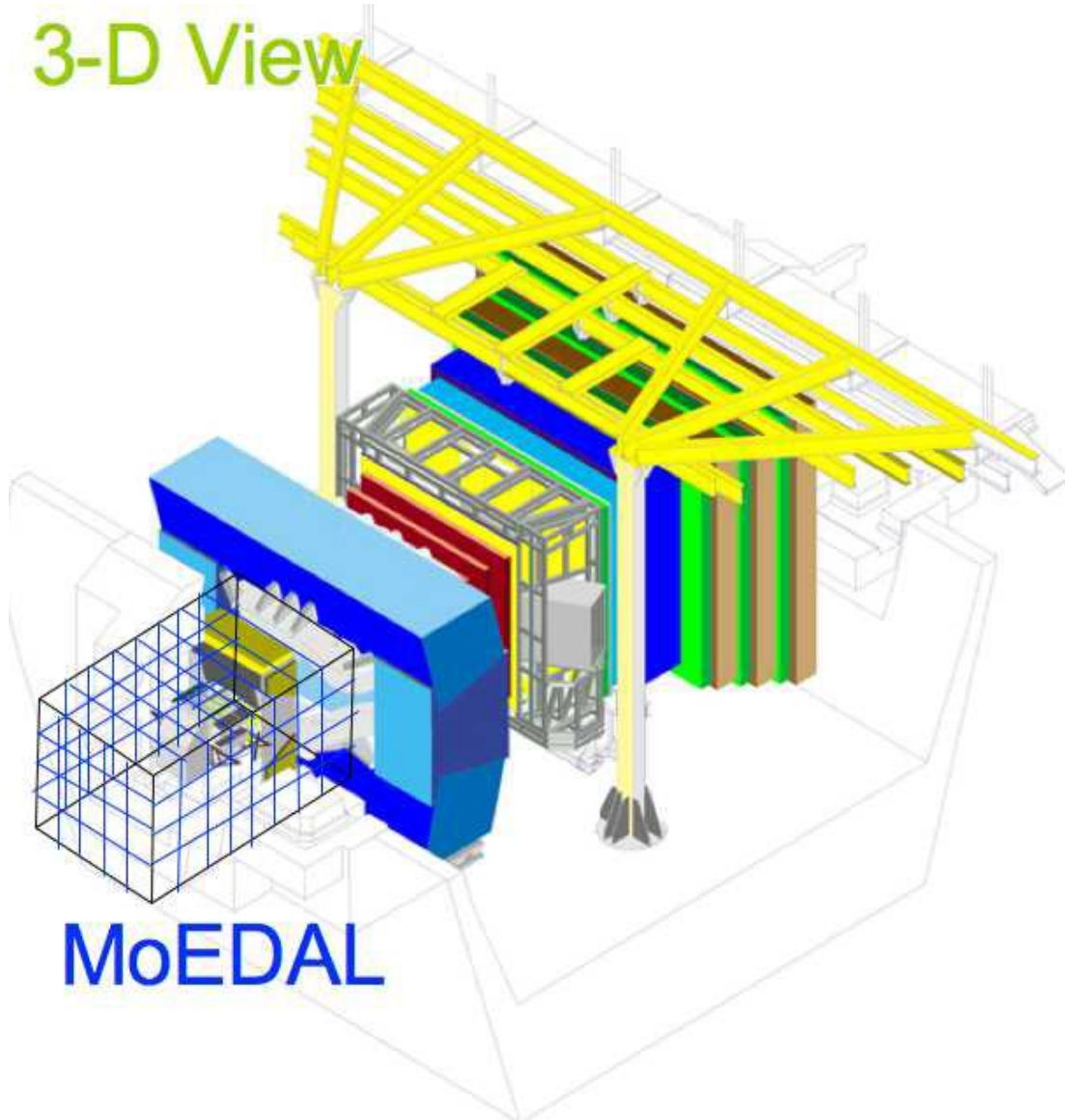
LHCf (Large Hadron Collider Forward) kozmik ışıınımları incelemek adına tasarlanmış BHÇ'nin 7 detektöründen bir tanesidir (Şekil 2.8). Deneyin amacı, çarpıştırıcıdaki enerjiyi ve nötr pion (π^0) sayısını ölçmektir. BHÇ üzerinde LHCf'den iki adet bulunmaktadır. Her biri 30 cm uzunluğa, 80 cm yüksekliğe ve 40 kg kütleye sahiptir.



Şekil 2.8. LHCf Detektörü.

MoEDAL

MoEDAL (the **M**onopole and **E**xotics **D**etector **A**t the **L**HC) deneyinin amacı, manyetik tek kutbu ve yüksek iyonize durumdaki ağır parçacıkları araştırmaktır (Şekil 2.9). LHCb'nin ön kısmına yerleştirilmiştir.



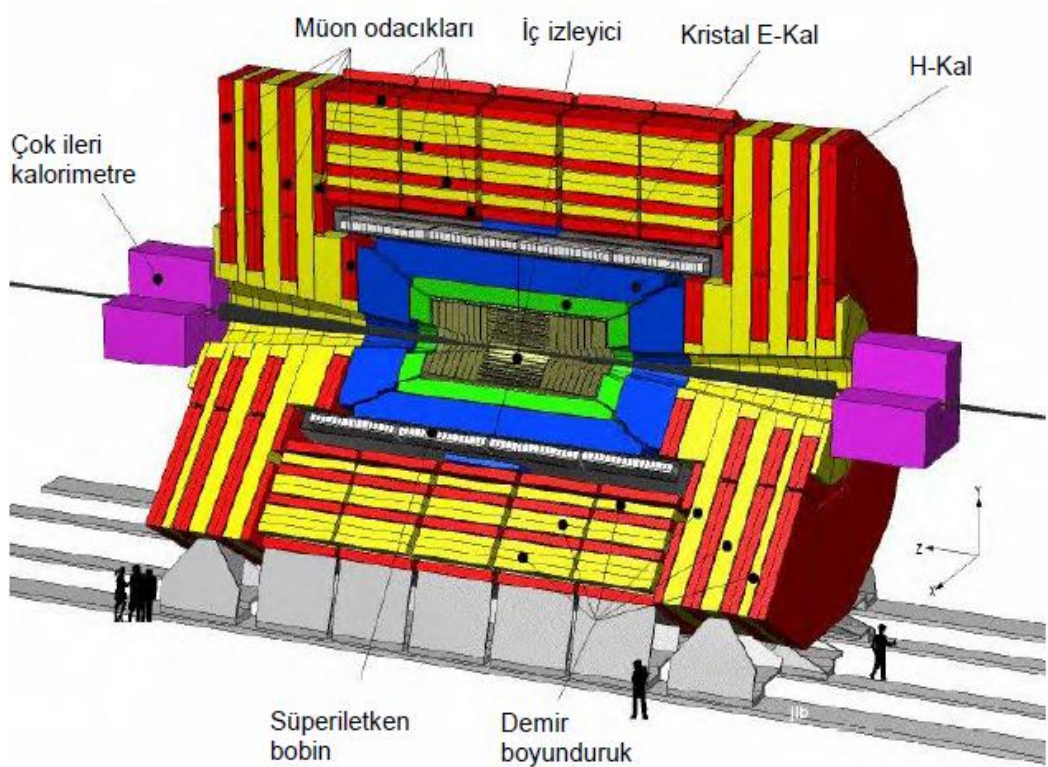
Şekil 2.9. MoEDAL Detektörü.

CMS

CMS genel fizik araştırmaları için kullanılan BHÇ detektörlerinden biridir. Çalışmalarımız bu dedektörle ilgili olduğundan dolayı detektör hakkında daha detaylı bilgi sonraki bölümde verilecektir.

2.3. CMS Detektörü

CMS (Compact Muon Solenoid), BHÇ'deki yüksek enerjili proton-proton çarpışmalarında üretilen parçacıkları araştırmak ve bu olayları yöneten fiziği anlamak amacıyla CERN'de kurulmuş iki genel amaçlı detektörden biridir. Soğansı yapıda ve silindir şekline sahip CMS detektörü (Şekil 2.10), 21.6 m uzunluğunda, 14.6 m çapındadır. Kütlesi 14500 tondur. CMS dört ayrı sistemin birleşiminden oluşmuştur. Bunlar izleyici, kalorimetreler, müon detektörü ve solenoid mıknatıstır.



Şekil 2.10. CMS Detektörü.

CMS sağ el kordinat sistemini kullanır. Bu koordinat sisteminin orijini çarpışma noktası, x eksenı doğrultusu BHÇ halkasının merkezi doğrultusunda; y eksenı BHÇ halkasına dik doğrultuda ve z eksenı ise demet doğrultusuna paralel doğrultudadır. CMS üzerinde θ ve ϕ olmak üzere iki açı tanımlanır. θ , z eksenıyle

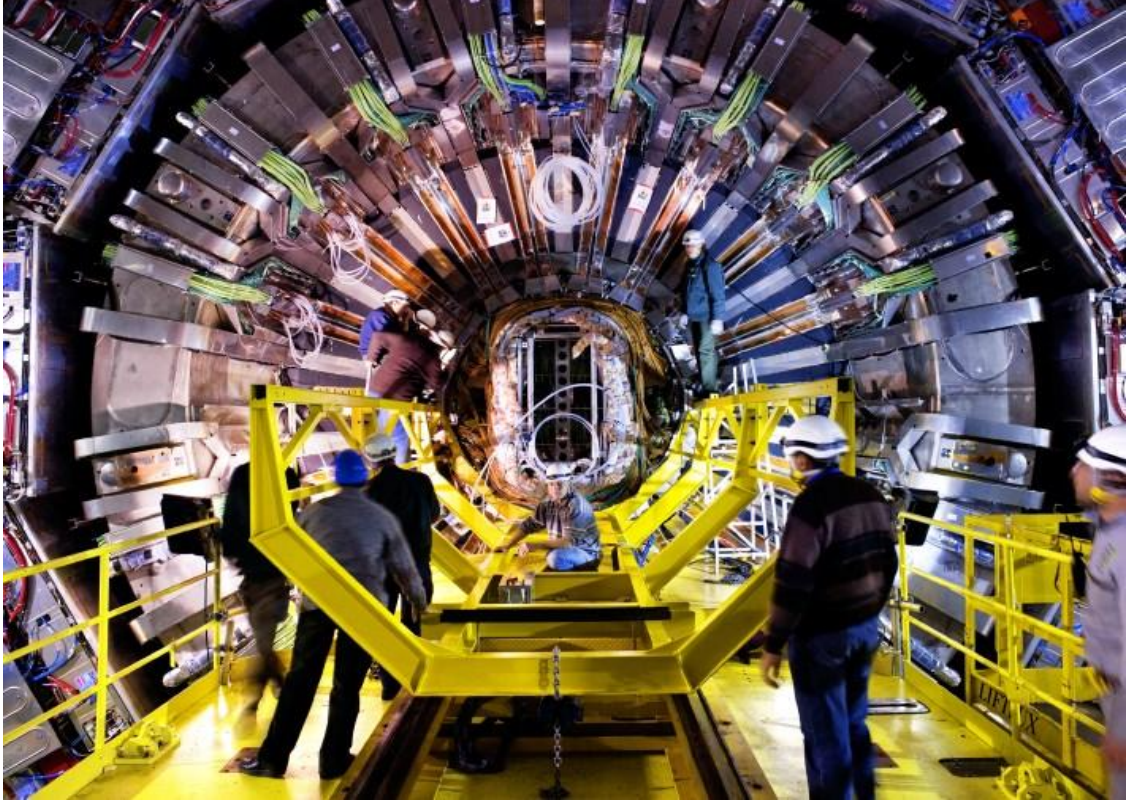
olan kutup açısı ve ϕ , y eksenine ile olan azimuthal açıdır. θ açısı yerine genel olarak onunla orantılı olan η (pseudorapidity) kullanılır (Denklemler 2.2).

$$\eta = -\ln \left(\tan \frac{\theta}{2} \right) \quad (2.2)$$

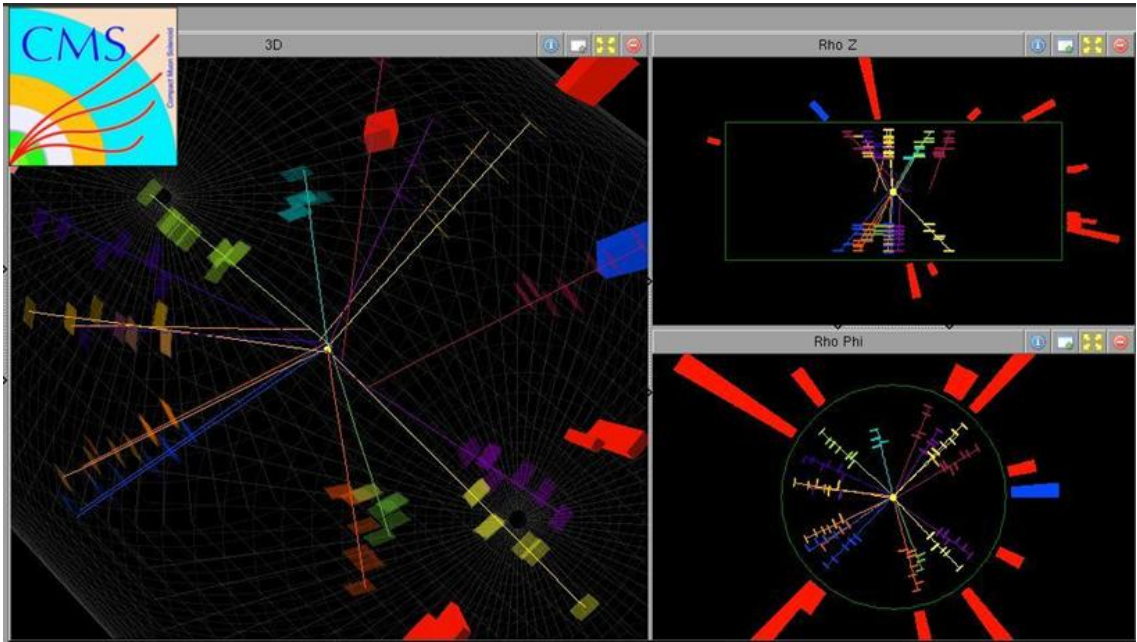
Genel olarak CMS detektörünün parçalarının yeri η ile belirtilir. Örneğin; hadronik kalorimetre $|\eta| < 5$ aralığında bulunur.

2.3.1 İzleyici

CMS detektöründe selenoidin içine yerleştirilmiş olan izleyici, manyetik alan sayesinde yüklü parçacıkların (müon, elektron, vs) momentum ve yüklerini saptar. İzleyici sistemi piksel detektör ve silikon şeritlerden oluşur. İzleyici CMS detektöründe çarpışma noktasına en yakın bölgede bulunur. Şekil 2.11’de izleyiciye ait bir fotoğraf ve Şekil 2.12’de izleyici tarafından kaydedilen ilk çarpışma gösterilmektedir.



Şekil 2.11. İzleyicinin CMS içerisine yerleştirilmesi sırasında bir fotoğraf.



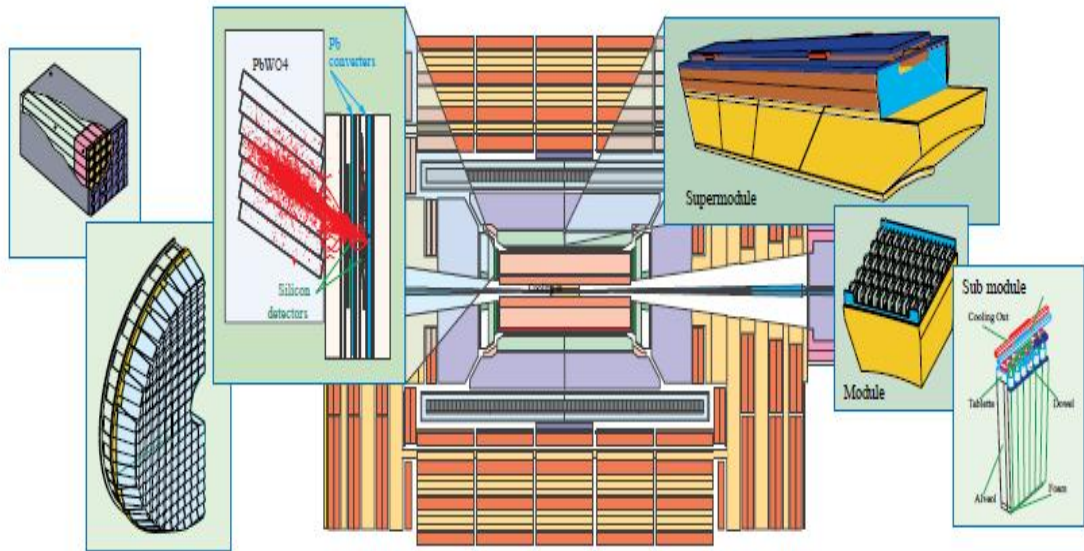
Şekil 2.12. 23.11.09 tarihinde izleyici tarafından kaydedilen ilk çarpışma.

2.3.2. Kalorimetreler

CMS detektöründe bulunan kalorimetreler iki temel kısımdan oluşur: Bunlar elektromanyetik ve hadronik kalorimetrelerdir. Merkez etrafını saran bu kalorimetreler aynı zamanda kapak ve ileri kısımlara da sahiptir.

2.3.2.1. Elektromanyetik Kalorimetre

Elektromanyetik kalorimetre elektronların ve fotonların enerjilerini ölçer. Aynı zamanda jetlerin enerji ölçümünde hadronik kalorimetreye birlikte kullanılır. Fıçı ve kapak kısımlarından oluşur. 61200 adet kurşun tungstat kristali (PbWO_4) kullanarak oluşturulan fıçı bölgesi ve 7324 kristal kullanılan her iki kapak bölgesi ile EKAL, kendi içerisinde tamamen kapalı ve türdeş bir yapıya sahiptir. Burada kullanılan kristaller yüksek duyarlılıkta ve radyasyona dayanıklı kristallerdir.



Şekil 2.13. CMS detektöründe elektromanyetik kalorimetreye ait bileşenlerin büyütülmüş halleri.

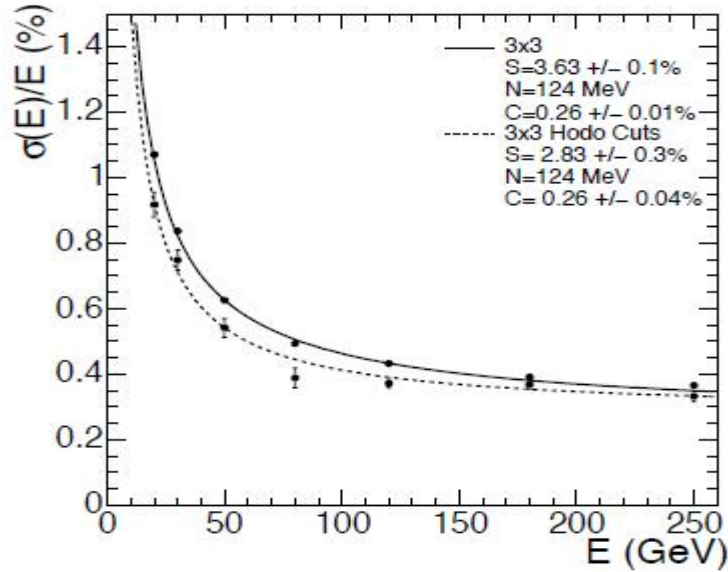
Fıçı bölgesinde fotodiyotlar, kapak bölgesinde foto-triotlar kullanılmıştır. EKAL'ın tasarımında Higgs bozonunun iki fotona bozunum sürecinin ($H \rightarrow \gamma\gamma$)

tespit edilebilmesi temel alınmıştır. Higgs'in iki fotona bozunum sürecini belirlemek için homojen kristal kalorimetrenin enerji çözünürlüğünün çok iyi olması gerekir.

EKAL'ın performansını belirlemek amacıyla süper modüllerinden birisi demet testine tutulmuştur. Demet enerjisinin bir fonksiyonu olarak elde edilen sonuçlar Şekil 2.14'de gösterilmiştir. Enerji dağılımı Denklem 2.3'de verilen fonksiyona uydurulmuştur.

$$\left(\frac{\Delta\sigma}{E}\right)^2 = \left(\frac{S}{\sqrt{E}}\right)^2 + \left(\frac{N}{E}\right)^2 + C^2 \quad (2.3)$$

Burada S olasılık terimi, N gürültü ve C sabit terimdir. Bu parametrelerin değerleri de Şekil 2.14'te gösterilmiştir.

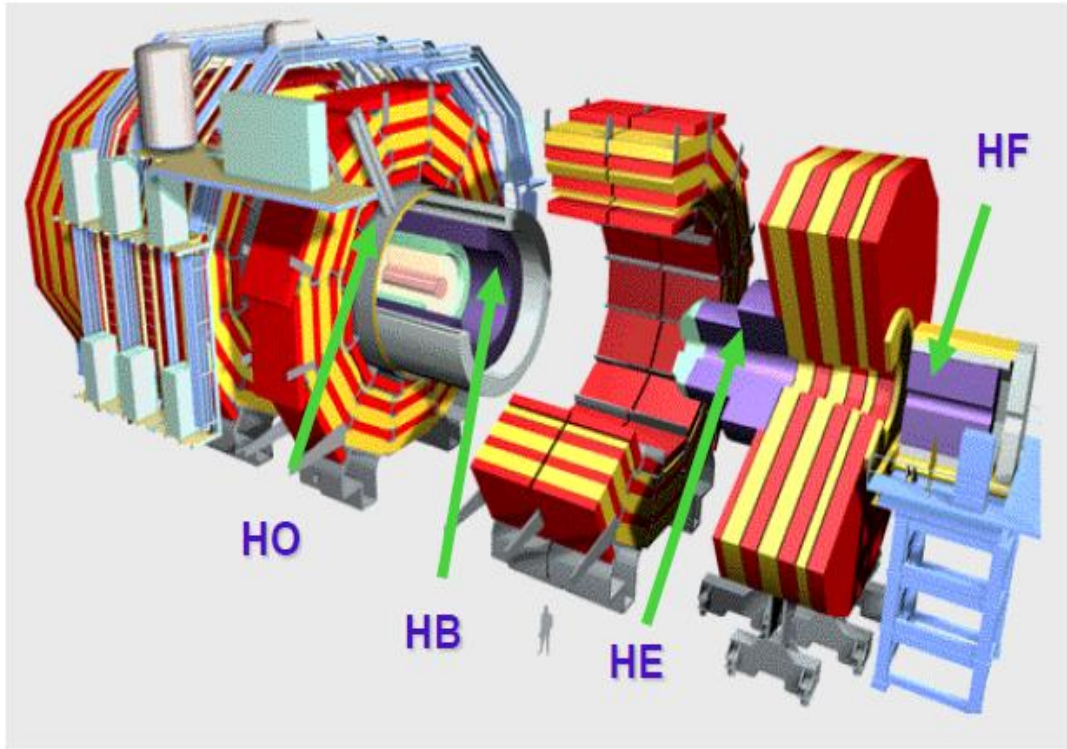


Şekil 2.14. EKAL süper modülün enerji çözünürlüğü.

Şekil 2.14'te $\sigma(E) / E$ elektron demetinin enerjisinin fonksiyonu olarak gösterilmiştir. Üst kısımda bulunan noktalar $20 \times 20 \text{ mm}^2$ lik tetikleyici ile alınan olayları; alt kısımda bulunan noktalar ise $4 \times 4 \text{ mm}^2$ lik bölgeye düşen olayları göstermektedir. Şekil 2.14'ten görüleceği üzere EKAL'ın çözünürlüğü mükemmeldir.

2.3.2.2. Hadronik Kalorimetre

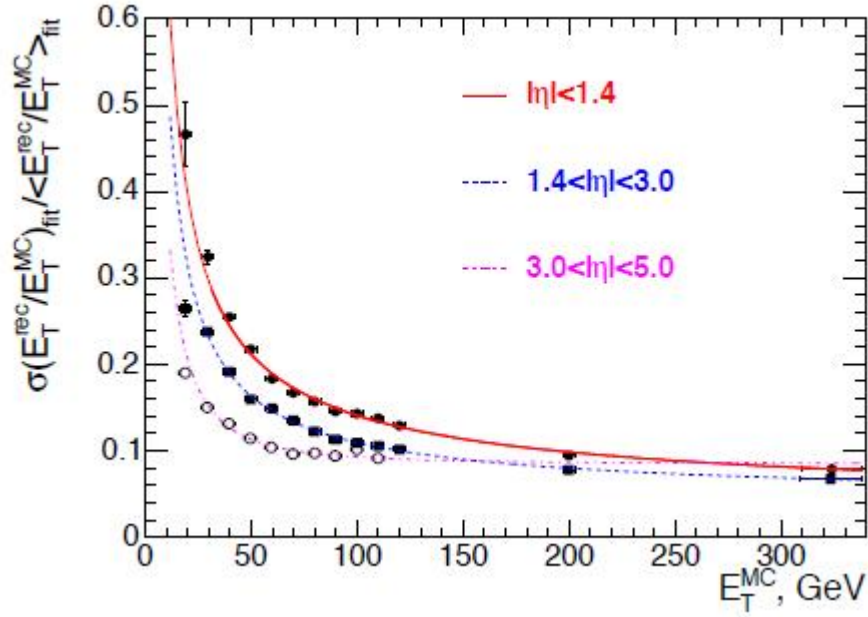
Adından da anlaşılacağı üzere hadronik kalorimetre hadronların ve jetlerin ölçümü için tasarlanmıştır. HKAL; HB, HE, HB ve HF kısımlarından oluşur. HB ve HE elektromanyetik kalorimetre ile muon izleme sistemi arasında yer alırken, HO, HB'yi saran selenoidin dışına yerleştirilmiştir (Şekil 2.15). Çarpışma eksenine paralel yöndeki kayıp enerji ölçümü için etkileşim noktasından 11.2m ileri ve geriye iki ileri hadron kalorimetresi yerleştirilmiştir. EKAL kadar olmasa da HKAL'ın da iyi derecede enerji çözünürlüğüne sahip olması gerekir.



Şekil 2. 15. Hadronik kalorimetrenin bölümleri: Hadronik Fıçı, Hadronik Dış, Hadronik Kapak ve İleri Hadron Kalorimetresi.

Bir çok önemli fizik olayları jetleri içerir. Bu nedenle kalorimetrelerin jet enerji çözünürlüğü oldukça önemlidir. HKAL'ın performansını belirlemek için de genellikle jet enerji çözünürlüğüne ve kayıp enerji çözünürlüğüne bakılır. Şekil 2.16'da HKAL'ın 3 ayrı bölgesi için jet enerji çözünürlüğü E_T 'nin bir fonksiyonu olarak verilmiştir. Enerji kümelenmesi için düzeltmeler yapılmadığında kayıp dikine

enerji (E_T^{miss}) çözünürlüğü, $\sigma(E_T^{\text{miss}}) \approx 1.25\sqrt{\sum E_T}$ olarak verilir. Jetler $R=0.5$ tekrarlı koni algoritması kullanılarak yapılandırılmıştır. HKAL'ın jet enerji çözünürlüğü şekil 2.16'da verilmiştir.



Şekil 2. 16. Fıçı Jetleri ($|\eta| < 1.4$), kapak jetleri ($1.4 < |\eta| < 3.0$) ve ileri jetler ($3.0 < |\eta| < 5.0$) için dikine jet enerjisinin bir fonksiyonu olarak dikine enerji çözünürlüğü.

2.3.3. Selenoid Mıknatıs

CMS detektörü içerisinde yüklü parçacıkların yörüngelerini bükerek momentumlarının ölçülmesini sağlayan yapı mıknatıs sistemidir.

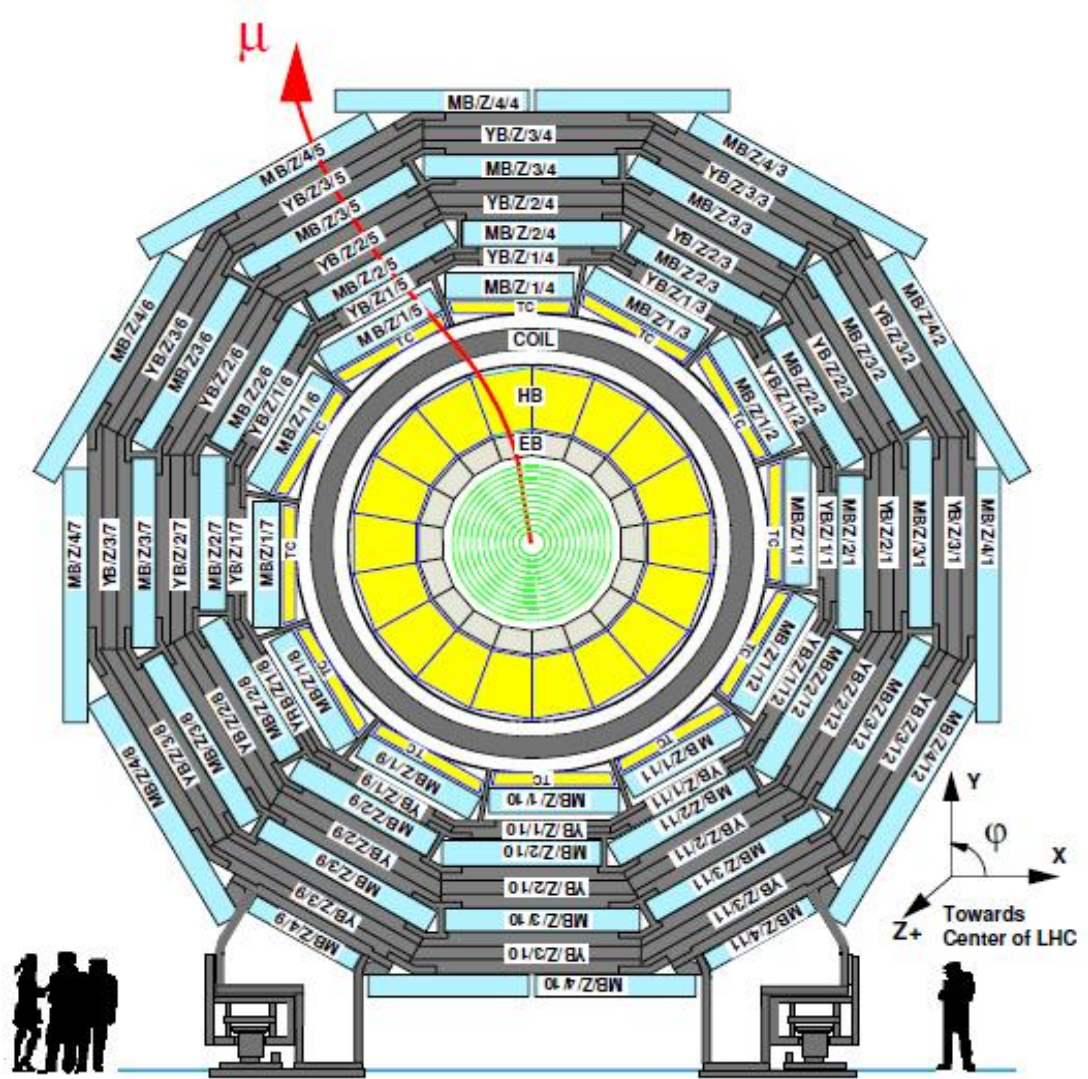
CMS detektörünün sahip olduğu mıknatıs 13 m uzunlukta, 5.9 m iç yarıçapında süper iletken selenoiddir (Şekil 2.17). Azami olarak 4 T şiddetinde bir manyetik alan oluşturacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 2. 17. CMS detektörü içerisinde bulunan süper iletken selenoid mıknatıs.

2.3.4. Müon Sistemi

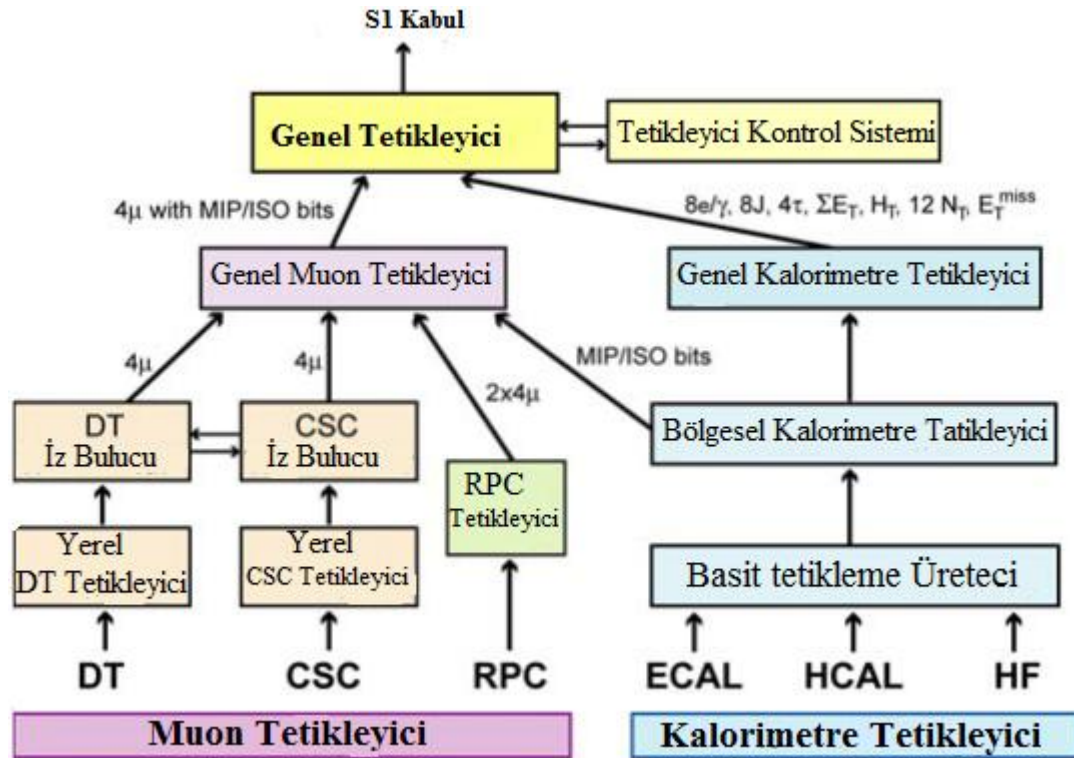
CMS detektörünün adını aldığı müon sistemi, son derece hassas bir şekilde çalışır. Müonlar; proton-proton çarpışmalarındaki son durum bozunumlarında fazlaca yer alan görece uzun ömürlü ve ağır parçacıklardır. Detektörde doğru şekilde tespit edilmeleri son derece önemlidir. Şekil 2.18’de görülen müon sistemi, fıçı ve kapak kısımlarından oluşan demir tabakalar arasına yerleştirilmiş dört bölümden oluşur.



Şekil 2. 18. Müon sisteminin enine kesitten görünümü.

2.3.5. Tetikleyiciler

CMS detektöründe proton demetleri her 25 ns’de bir çarpışırlar. Etkileşim noktasına gelen bu demetler bir çok sayıda çarpışmayı oluşturur. Bu çarpışmalar sonucunda ortaya çıkan çok sayıdaki olayı içinde barındıran verileri depolamak imkansız olduğu için, bu verilerin belirli bir süzgeçten geçirilmesi gerekir. İşte bu süzgeçten geçirme işlemi tetikleyiciler sayesinde yapılır.



Şekil 2. 19. Birinci seviye (L1) tetiklemenin şematik gösterimi.

Tetikleyici; birinci seviye tetikleyicisi (L1) ve yüksek seviye tetikleyicisi (HLT) olmak üzere iki süreç içerir. Şekil 2.19’da gösterilen birinci seviye tetikleyicileri elektronik sistemler kullanarak 40MHz lik giriş verisini 100KHz olacak şekilde süzer. Bu kısımdan sonra yüksek seviye tetikleyicisi büyük bilgisayar çiftliklerini kullanarak, kullanıcıların isteklerine göre verileri yeniden yapılandırır ve analiz yapılacak duruma getirir.

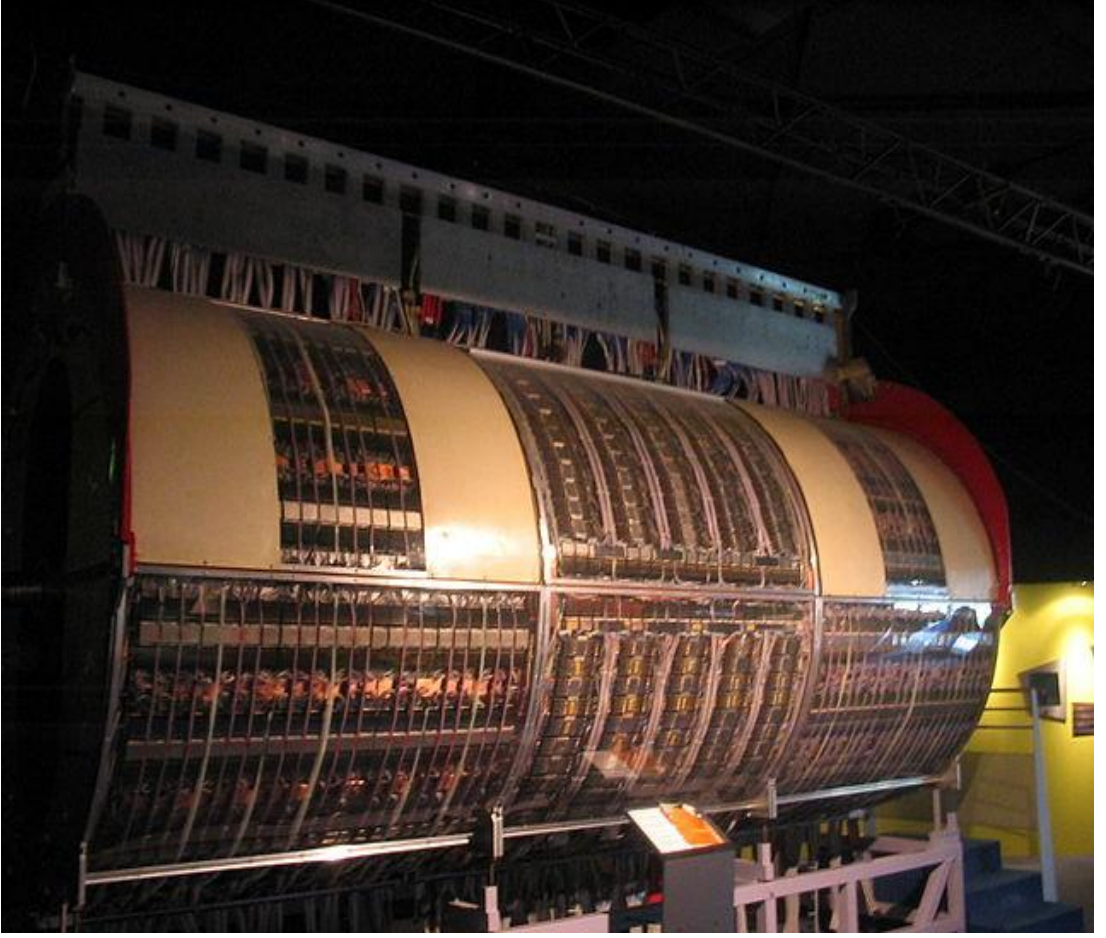
2.4. W Bozonu'nun Tarihçesi ve Keşfi

Kendiliğinden simetri bozulması yoluyla kütle kazanımı sağlayan elektrozayıf etkileşme modelleri, 1960'ların başlarında gündeme gelmiştir. Bu modeller arasında, 1967'de Steven Weinberg ve Abdus Salam tarafından önerilen ve bugün SM adını alan model, zamanla öne çıktı. Ancak başlangıçta kuantumlu ayar alan teroileri bilinmemektedir. Yani bir elektrozayıf bozunum için yarı-süre veya bir parçacık saçılımı için tesir kesiti, kuantum elektrodinamiği yöntemleriyle

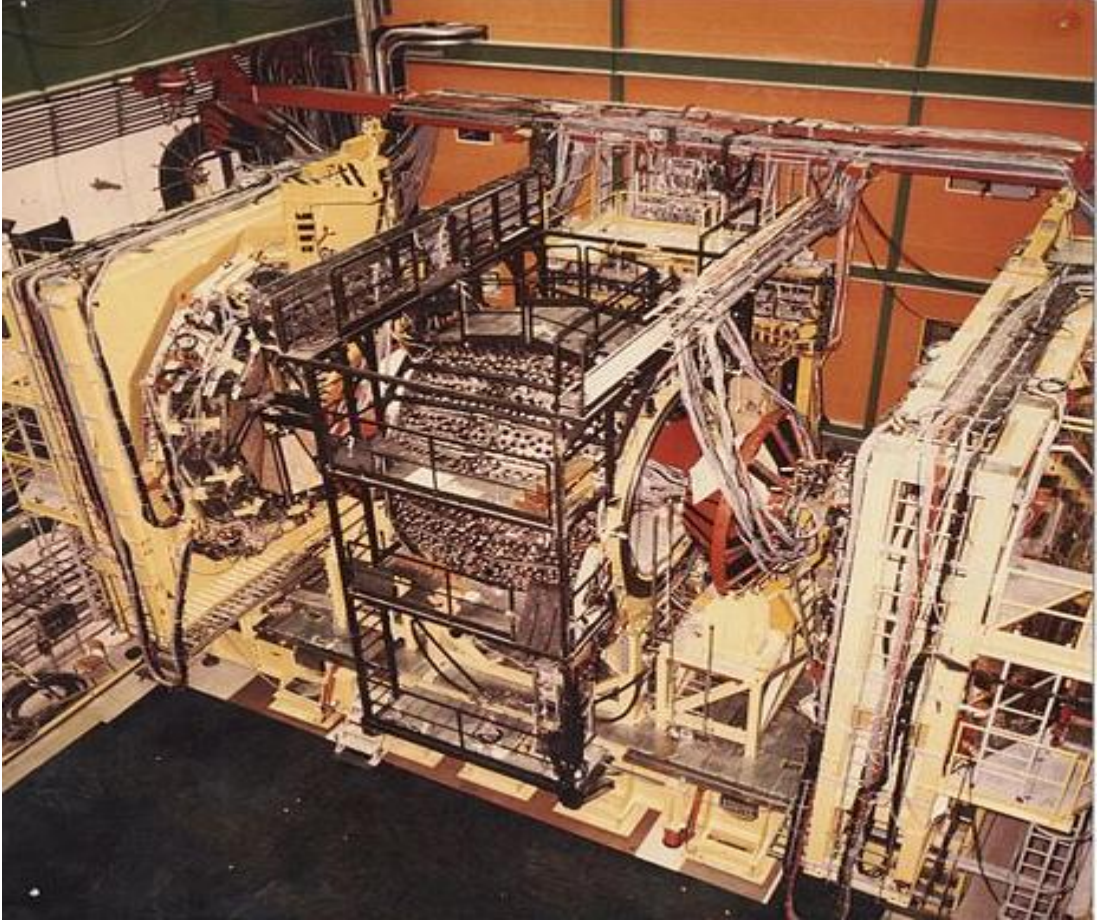
hesaplanırsa, bu hesaplardan belli sayılar bulunacağı öngörülleri henüz kesin değildi. Bu hesapları yapabilmek için Utrecht Ünivesitesi'nden Profesör Martinus Veltman ilk bilgisayarla sembolik hesap program paketi olan SCHOONSHIP'i geliştirdi. Onun yanında bu programı kullanan öğrencilerinden G.'t Hooft, sonsuz çıkan Feynman integrallerinin boyutsal regülarizasyonunu yaparak, SM türü kuantumlu ayar alan teorilerinin renormalizasyonunu gösterdi. Bu model, içerisinde yer alan öngörülerin kesin olarak hesaplanabileceklerinin kanıtıydı.

SM'nin öngördüğü elektrik yüksüz zayıf akım etkilerinin, 1973 yılında CERN laboratuvarlarında gözlenmesi bir dönüm noktası olmuştu. SM'nin doğrulanması için, yaklaşık proton kütesinin 100 katı olması beklenen ve W^+ , W^- , Z^0 ile gösterilen zayıf ara bozonlarının varlığı gerekliydi. Bunlar tam beklenen kütlelere sahip olarak 1983 yılında yine CERN laboratuvarında gözlemlendiler. Bütün gelişmelere temel olarak katkıda bulunan G. 't Hooft ve M. Veltman (1999 yılı); yine bu süreçte oluşturulan SM'nin öngörüsü olan elektrik yüksüz zayıf akım etkilerinin CERN'deki kanıtı ile Sheldon Glashow, Steven Weinberg ve Abdus Salam (1979 yılı); ayrıca zayıf ara bozonlarının keşfinde deney liderleri olan Carlo Rubbia ile Simon van der Meer (1984 yılı) Nobel fizik ödülünün sahibi oldular. (T. Dereli, 2000)

W bozonları adını zayıf nükleer kuvvetten (Weak nuclear force) alır. W^+ ve W^- olmak üzere iki W bozonu vardır. Yükleri haricinde tüm özellikleri aynıdır. Spini 1'dir. 1968 yılında Sheldon Glashow, Steven Weinberg ve Abdus Salam'ın ortaya koyduğu teoriyle birlikte 1983 yılında UA1 (Şekil 2.20) ve UA2 (Şekil 2.21) deneylerinde keşfedildiler.



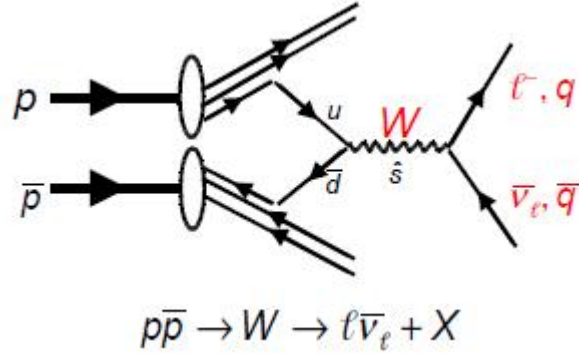
Şekil 2. 20. UA1 Detektörü.



Şekil 2. 21. UA2 Detektörü.

UA1 ve UA2 Detektörleri, antiproton-proton çarpışmalarının yapıldığı Süper Proton Sinkrotron (SPS) üzerine yerleştirilmiş iki detektördür.

1983 yılında CERN'deki SppS hızlandırıcısındaki UA-1/2 deneyinde kütle merkezi enerjisi 540 GeV olacak şekilde proton-antiprotonların çarpışmasıyla W bozonları gözlenmiştir. Bu etkileşimdeki bozon üretimi aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 2. 22. W Bozon Üretimi.

Proton; yapısında, iki yukarı kuark (u) ve bir aşağı kuark (d) barındırır. Antiproton ise iki anti yukarı kuarka ($\bar{u}$) ve bir anti aşağı kuarka ($\bar{d}$) sahiptir. Bir yukarı kuark ve bir anti aşağı kuark etkileşiminden ortaya bir W bozonu çıkar. Bundan sonra yarı ömrü çok kısa olan W bozonu ya bir lepton ve onun nötrinosuna ya da bir kuark ve bir anti kuarka bozunur. Şekil 2.22’de W bozonunun lepton ve kuarklara bozunumunu göstermektedir.

3. MATERYAL VE METOD

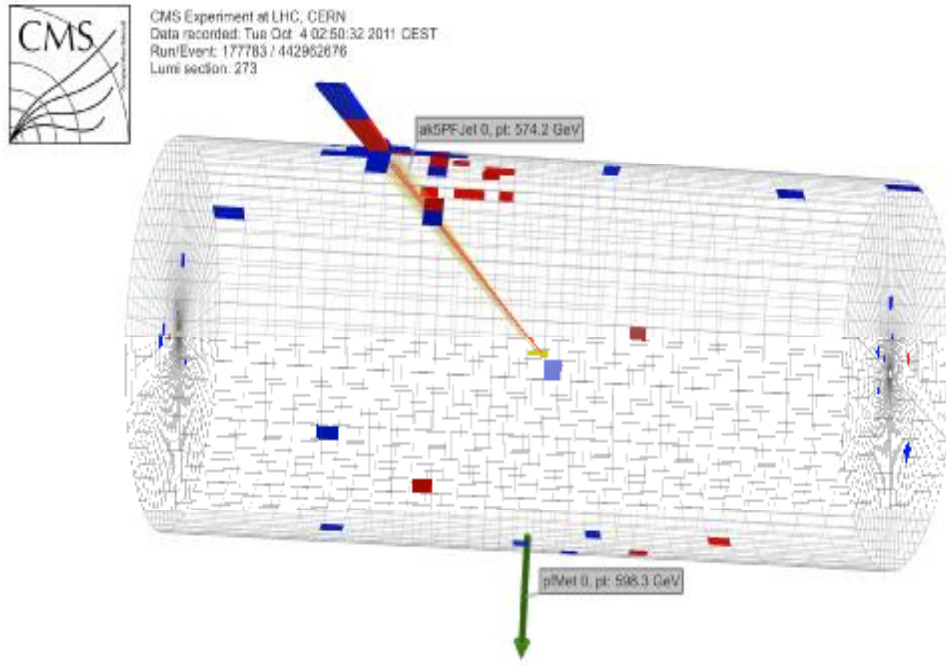
W bozonunun gerçek veri içerisinde doğru olarak bulunması ve ek boyut sinyallerinden ayırt edilmesi, gerçek veri ve olay benzetimleri kıyaslanarak yapılır. Burada W bozonunun bir e^- ve $\bar{\nu}_e$ veya bir e^+ ve ν_e bozunumu incelenecektir. Bu bozunum sonucunda ortaya çıkan parçacıkların momentumları ve enerjileri hesaplanarak W bozonunun dik kütlesi belirlenecektir. Analizin doğruluğu için teorik hesaplar sonucunda ortaya konulmuş olay benzetimleri ve CMS detektöründen alınan gerçek veriler kıyaslanacaktır.

Belirtildiği üzere analiz için olay benzetimi verilerine ve gerçek verilere ihtiyaç vardır. Yapılan bu analizler ek boyutlar için geliştirilen ADD modelinin keşfine katkıda bulunmak içindir. ADD model altında analiz yöntemi olarak tek jet yöntemi kullanılmaktadır. Buradaki amaç ek boyutlara irdelerken bunlara ait olayları SM'ye ait olaylardan ayırt edebilmektir. Yani W bozonunu doğru olarak tahmin etmek ek boyutları araştırmak adına önem taşımaktadır.

3.1. Ek Boyutlar Tek Jet Analiz Yöntemi

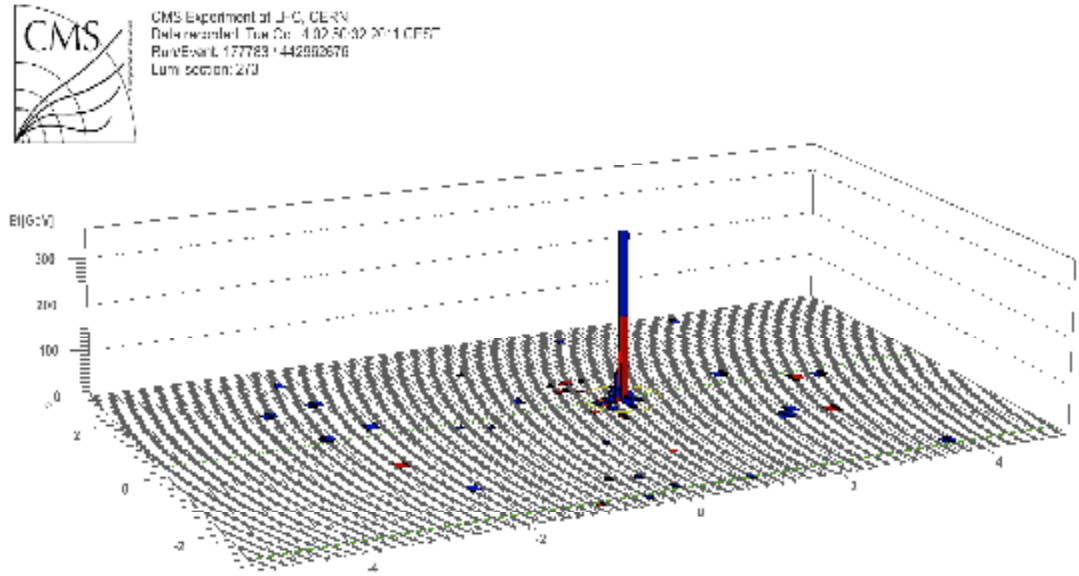
Bugün doğada iki temel enerji ölçeği mevcuttur. Plank ölçeği $M_{Pl} = G_N^{-1/2} \sim 10^{18}$ GeV ve elektrozayıf ölçeği $M_{EW} \sim 10^3$ GeV'dir. Plank ölçeği ile elektrozayıf ölçek arasındaki hiyerarşi problemini çözmek amacı ile SM ötesi çalışmalar arasında bugün hala popüler olan “ek boyutlar” çözüm olarak önerilmiştir. Ek boyut araştırmaları sırasında ortaya konan modellerden biri de ADD (Arkani-Hamed, Dimopoulos and Dvali) modelidir. Modelin amacı; δ gibi bir fazladan boyut parametresi tanımlayarak, tüm fazladan boyutları yarıçapı R olan bir torus üzerine yerleştirmektir. Temel ölçek M_D ve 4 boyutlu Plank ölçeği $M_{Pl}^2 \sim M_D^{\delta+2} R^\delta$ formülü ile birbirine bağlanır. Eğer temel ölçek M_D , 1 TeV mertebesinde ise fazladan boyutun 0.1 mm'den küçük olması durumunda deneysel kısıtlamalarla birlikte δ 'ya $\delta \geq 2$ olacak şekilde izin verilir. Ölçek üzerinde kütle çekimi, doğrudan üretilebilen hafif Kaluza-Klein gravitonlarından daha güçlü olabilir. Gravitonlar ek boyutlarda üretim için serbest

olacağından detektörde bir miktar kayıp enerji bırakarak bu ek boyutlara kaçabilirler. Gravitonların detektörde bıraktığı kayıp enerji ölçülerek ek boyutlar araştırılmaktadır. Ek boyutlar tek jet analizi, 1. öncü jet ve kayıp enerji incelenerek yapılır. Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te 7 TeV kütle merkezi enerjisinde 5 fb^{-1} 'da tek jet olayına ait şekiller görülmektedir. Ayrıca kayıp enerjiyi doğrulayacak şekilde ilk veya son durum ışımlarından kaynaklı olabilecek 2. bir jet seçeriz. Fakat seçilen 2. jet QCD olaylarına ait sırt sırta jetlerden ayırt edilmelidir. Bu işlem, iki jet arasındaki ϕ açısı belirlenerek yapılır. Şekil 3.5'te 1.jet ile 2.jet arasındaki açı $\Delta\phi < 2.5 \text{ rad}$ olacak şekilde seçilmiştir.

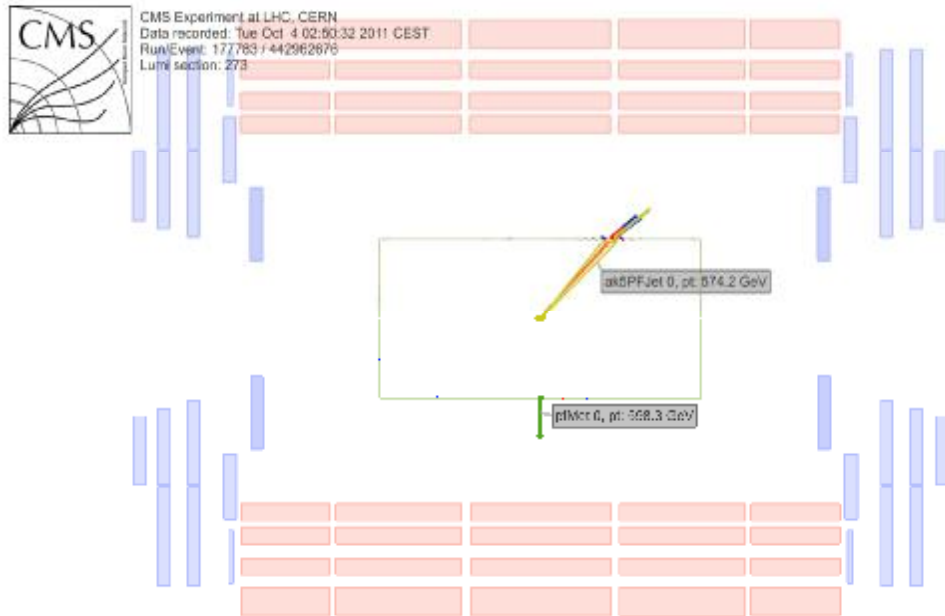


Şekil 3.1. CMS detektöründe bir tek jet olayının silindirik çerçevede görünümü.

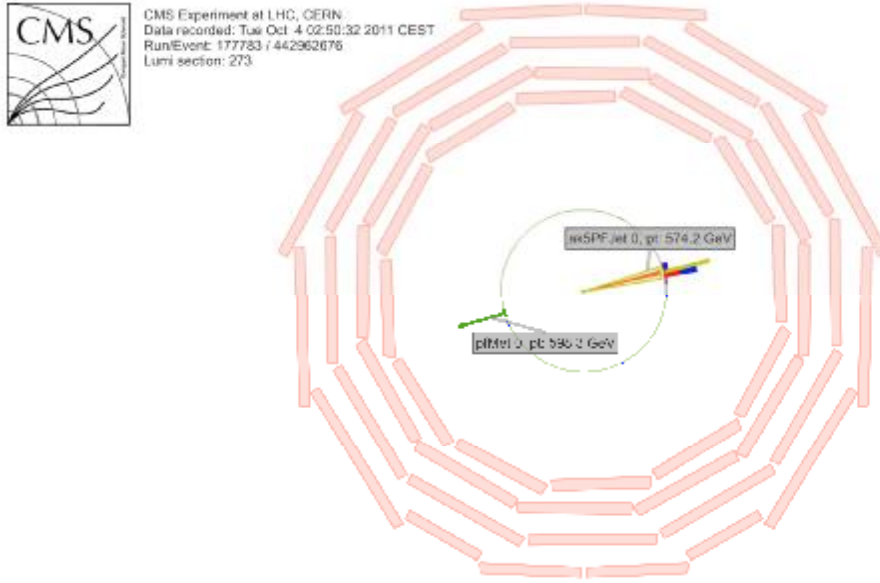
Dik jet momentumu 574.2 GeV, kayıp dikine enerji 598.3 GeV'dir. Burada izlerin dik momentumu 10 GeV'tan büyük seçilmiştir.



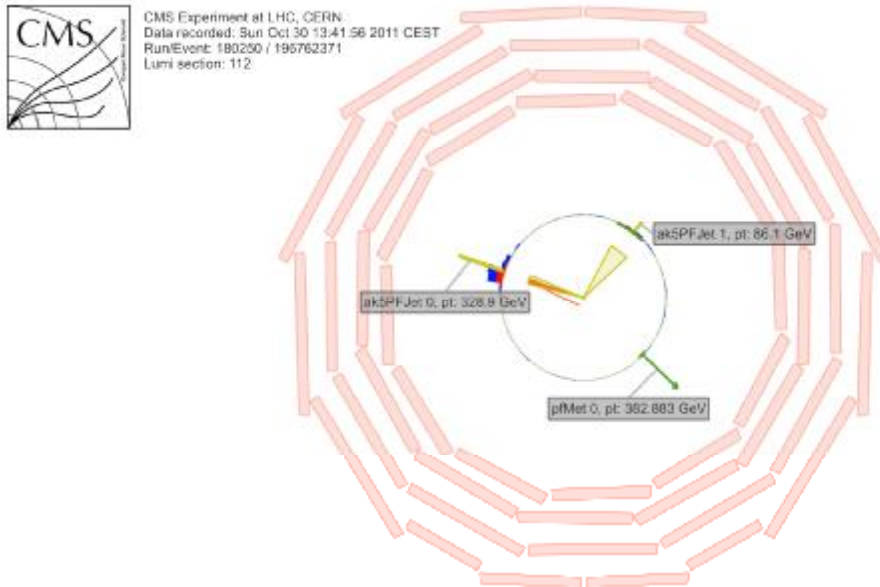
Şekil 3.2. Bir tek jet olayı: kayıp enerji (MET) 359 GeV, 1. jetin dik momentumu 331 GeV.



Şekil 3.3. Tek jet olayının CMS detektörünün yatay kesiti üzerindeki görünümü.



Şekil 3.4. Tek jet olayının CMS detektörünün düşey kesiti üzerindeki görünümü.



Şekil 3.5. İlk ve son durum ışımalarından dolayı ortaya çıkan 2. jetin CMS detektöründeki görünümü.

3.2. Kullanılan Veri Kümeleri

Analiz esnasında kullanılan veri kümeleri iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlar olay benzetimi olarak isimlendiren Monte Carlo (MC) simülasyonlarının verileri ve CMS detektöründen alınan gerçek verilerdir (DATA).

3.2.1. Monte Carlo Verileri

Fizik teorilerinin öngörülerini test etmek için deneyler yapılmadan önce bilgisayar programları yardımıyla rasgele olaylar üretilir. Rasgele üretilen bu olaylar, detektör etkisini hesaba katmak için detektör özelliklerini taşıyan detektör benzetim programından geçirilir. Daha sonra bu oluşturulan veri kümesi gerçek veri gibi incelenerek deney öncesi ölçülecek büyüklükler hakkında fikir elde edilir.

PYTHIA, *MADGRAPH*, *POWHEG*, *COMHEP*, *CALCHEP* olay benzetim programlarından bir kaçıdır. $Z+jets$, $W+jets$, $t\bar{t}$ ve QCD olay benzetimleri *PYTHIA* 6.42 ile birlikte *MADGRAPH* olay üretici kullanılarak üretilmiştir. Ayrıca hadronizasyona bir düzeltme getirmek için Z_2 ayarı ve *CTEQ 6L1* parçacık dağılım fonsiyonu kullanılmıştır. Ek olarak bu olaylar GEANT4 paket programıyla hazırlanmış CMS detektörünün benzetimini yapan programlarla detektör etkisini hesaba katmak için işlenir. Olay benzetimi olarak adlandırdığımız bu veri kümeleri, 7 TeV kütle merkezi enerjisinde *HLT Cen Jet80_MET80* tetikleyici göz önünde bulundurularak üretilmiştir.

3.2.2. Gerçek Veriler

Gerçek veriler, 2011 yılında 7 TeV kütle merkezi enerjisine sahip proton-proton çarpışmalarından Mart ayından başlayarak Kasım ayına kadar alınan tüm verileri içermektedir. Burada da *HLT Cen Jet80_MET80* tetikleyicisi kullanılmıştır. Bu tetikleyiciyi kullanmaktaki amaç istenilen fiziğe ait gerçek veri toplamaktır. Tetikleyici yüksek tutulduğunda gerçek veri içerisindeki olaylar kaybedilir ve istatistik

düşer. Tetikleyicinin bu seviyeden daha düşük tutulması durumunda ise istenmeyen olayları da dahil etmiş oluruz. Bu tetikleyici ile birlikte istenilen seviyede bulunan yüksek enerjili olayları inceleyebiliriz.

4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

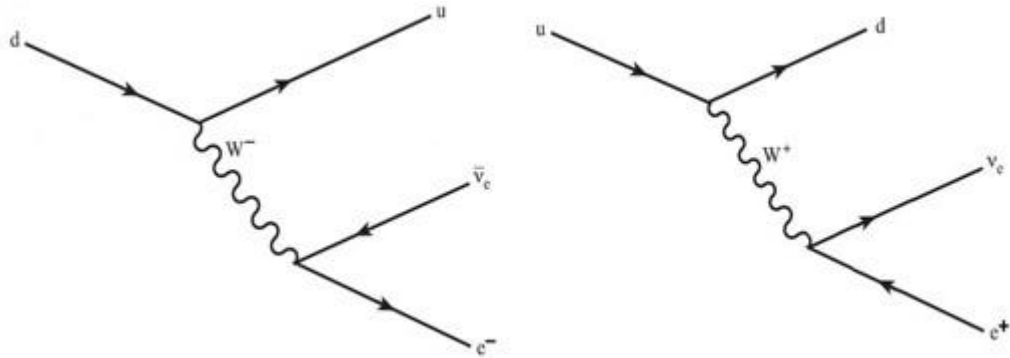
4.1. Analiz Yöntemi ve Sonuçlar

Analizde izlenen yöntem, hem olay benzetimleri hem de gerçek veriler üzerine uygulanan her kısıtlamanın ardından gerçek veri ve olay benzetimini kıyaslamaktır. Analizimizde elektronların ve pozitronların sayısını bunların dik momentum dağılımlarını inceleyeceğiz. Ayrıca W bozonunun hem elektrona, hem pozitrona bozunumunda hemde bu iki bozunumu kapsayacak tüm bozunumlarda dik kütle ve dik momentum dağılımına bakacağız. Burada amaç W bozonunun elektrona veya pozitrona bozunduğu durumda ortaya çıkan elektronların veya pozitronların dik momentum dağılımlarının teoriden ortaya konulan olay benzetimleriyle uyumlu olup olmadığını görmektir. Bir diğer amacımız W bozonunun dik kütlesini doğru olarak belirleyebiliyor muyuz bunu kontrol etmektir. W bozonunun dik kütlesi yaklaşık olarak $80 \text{ GeV}/c^2$ civarındadır. Dolayısıyla gerçek veri içerisinde belirlediğimiz W bozonları $80 \text{ GeV}/c^2$ de yoğun olmalıdır.

Analizde kullanılacak ve bundan sonra bahsedilecek olan objelerin tamamı parçacık akış algoritmasına (PF) göre belirlenmiş objelerdir. Parçacık akış algoritması parçacıkları yeniden yapılandırmak amacıyla düzenlenmiş bir algoritmadır. Tüm alt detektör bilgilerini kullanır. Parçacık akış algoritması kullanarak tanımlanmış parçacıklardan yüksek seviye fizik objeleri (jetler, kayıp dikine enerjiler) inşa edilir. Örneğin parçacık akış algoritması bir elektron için şu şekilde kullanılır; ilk olarak izleyici içerisindeki elektron bir ön düş ve Bremsstrahlung'tan dolayı izleyicide kısa izler bırakır. Bu izlerden elektrona ait ön kimliklendirme yapılabilir. Bu ön kimliklendirmesi yapılan elektron izlerine EKAL'daki yörüngelerini bulmak için bir gausyen toplam filtre fonksiyonu ile yeniden fit uygulanır. Hem EKAL'da hemde izleyicide tespit edilen bu elektron parçacık akış elektronu adını alır.

4.2. Elektron, Pozitron, W Bozon Belirleme ve Dik Kütle Hesabı

Alınan veriler oluşturulan kodlar yardımı ile tetikleyiciden geçirilip içerisinde parçacıkların özelliklerinin bulunduğu bir veri kümesi oluşturulur. Daha sonra bu veri kümesi içerisinde başka bir kod yardımı ile elektronlar ve pozitronlar seçilir. Seçilen elektron ve pozitronların dik momentum dağılımları incelenir. Bu dağılımlar, kısım 4.3'te verilecektir. Belirlenen dik momentumlardan sonra W bozonunun dik kütlesi hesaplanır. Analizimizde W bozonunun bir e^- ve $\bar{\nu}_e$ veya bir e^+ ve ν_e bozunumunu incelediğimizi daha önce de belirtmiştik. Bu bozunuma ait Feynman Diagramları aşağıdaki gibidir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Soldaki diyagram W^- 'nin bir elektron ve anti elektron nötrinosuna bozunumu, sağdaki diyagram W^+ 'nin bir pozitrona ve elektron nötrinosuna bozunumu.

Veri kümesine yerleştirilen elektronları ve pozitronları, CMS detektörünün sahip olduğu özellikler doğrultusunda belirli kısıtlamalardan geçirdikten sonra dik momentumlarını ve enerjilerini belirlemiş oluruz. Burada seçtiğimiz elektronların ve pozitronların dik momentumları 20 GeV'den büyüktür. Nötrinoların detektörde bıraktıkları kayıp enerjileri doğrudan veri kümesinden alırız. Daha sonra göreceli kütle enerji formülü yardımıyla W bozonunun dik kütlesini hesaplarız. Kütle yerine dik kütleyi hesaplamamızın nedeni detektörde z doğrultusunda momentum ölçümü yapamamamızdır. Detektörde z doğrultusunun çarpışma eksenidir.

daha önce belirtmiştik. W bozonunun dik kütesinin (M_T^W) hesaplanabilmesi için gereken formüller aşağıda verilmiştir. Denklem 4.5 'te W bozonunun dik kütesine ait formül gösterilmiştir.

$$E_T = E_T^e + E_T^{miss} \quad 4.1$$

$$P_t^2 = (P_x)^2 + (P_y)^2 \quad 4.2$$

$$P_x = P_x^e + P_x^{miss} \quad 4.3$$

$$P_y = P_y^e + P_y^{miss} \quad 4.4$$

$$M_T^W = \sqrt{(E_T)^2 - (P_t)^2} \quad 4.5$$

Eşitlik 4.1'de E_T^e elektron yada pozitronun sahip olduğu enerjiyi; E_T^{miss} kayıp enerjiyi ve E_T toplam enerjiyi belirtmektedir. Toplam enerji hesaplandıktan sonra dik momentumu hesaplamak (Eşitlik 4.2) için momentumun bileşenlerini hesaplarız. Burada P_t , enine dik momentuma karşılık gelir. Momentumun x ve y bileşenleri eşitlik 4.3 ve eşitlik 4.4 kullanılarak hesaplanır. P_x^e , elektronun yada pozitronun x yönünde sahip olduğu momentumu; P_x^{miss} kayıp enerjinin x yönündeki momentum eşdeğeri ve P_x , x yönündeki toplam momentumu belirtir. P_y , elektronun yada pozitronun y yönünde sahip olduğu momentumu; P_y^{miss} kayıp enerjinin y yönündeki momentum eşdeğeri ve P_y y yönündeki toplam momentumu belirtir. Dik momentum ve dik enerji hesaplandıktan sonra eşitlik 4.5 kullanılarak W bozonunun dik kütlesi hesaplanır. Burada M_T^W W bozonunun dik kütlesidir.

Hesaplardan sonra toplam lepton sayısını (elektron+ pozitron), elektron sayısını, pozitron sayısını ve bunların dik momentum dağılımlarını gösteren dağılımları elde edebiliriz. Ayrıca W bozonunun dik kütesini, dik momentum dağılımını ve 50-100 GeV/c² dik kütle aralığında bulunan W bozonlarının dağılımını ve yine aynı aralıkta bulunan W bozonlarının dik momentum dağılımlarını

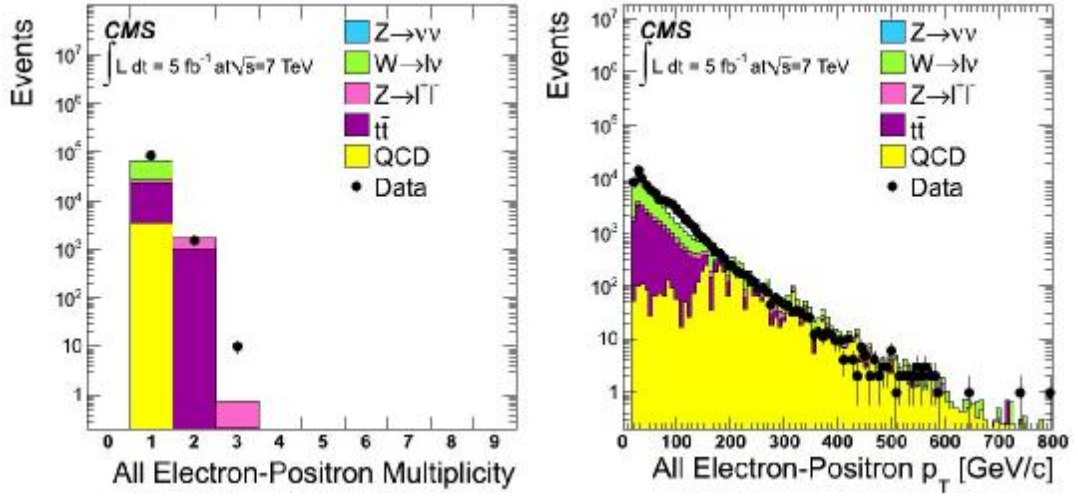
gösterebiliriz. W bozonunun kütesinin yaklaşık olarak $80 \text{ GeV}/c^2$ olduğunu biliyoruz. $50\text{-}100 \text{ GeV}/c^2$ dik kütle aralığını seçmemizin nedeni W bozonunun bu aralıkta yüksek dağılım sergilemesidir. Bu dağılımlar ilk olarak hiç bir kısıtlama olmadan daha sonra çeşitli kısıtlamalardan geçtikten sonra grafiklere yerleştirilecektir.

4.3. Kullanılan Kısıtlamalar ve Sonuçları

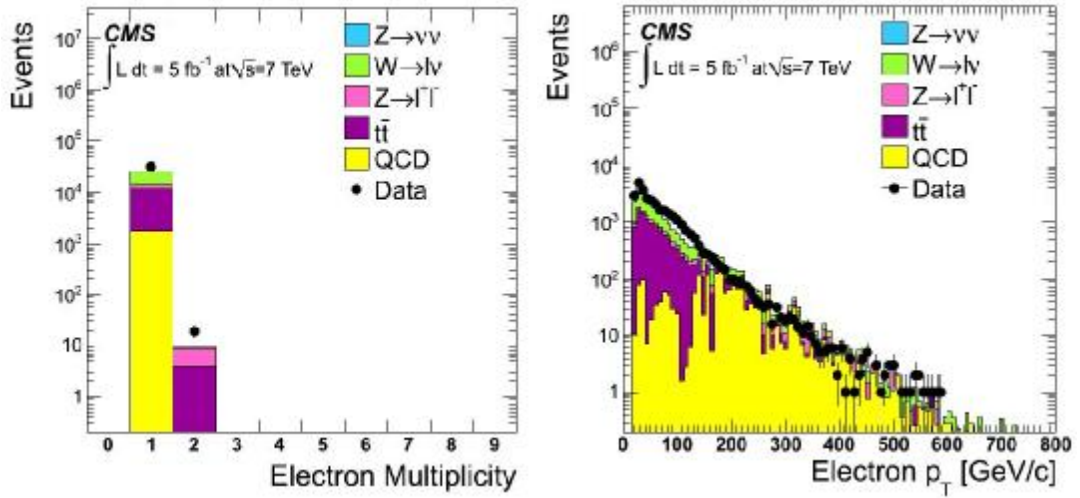
Analiz için önceden hazırlanmış olan veriler uygulanan her kısıtlamadan sonra incelendi. Burada uygulanan kısıtlamalardan sonra gerçek veri ve olay benzetimi karşılaştırıldı. İlk olarak hiç kısıtlama konulmadan ve daha sonra tüm kısıtlamalardan sonra sonuçlar şöyledir;

4.3.1. Kısıtlama Yok İse

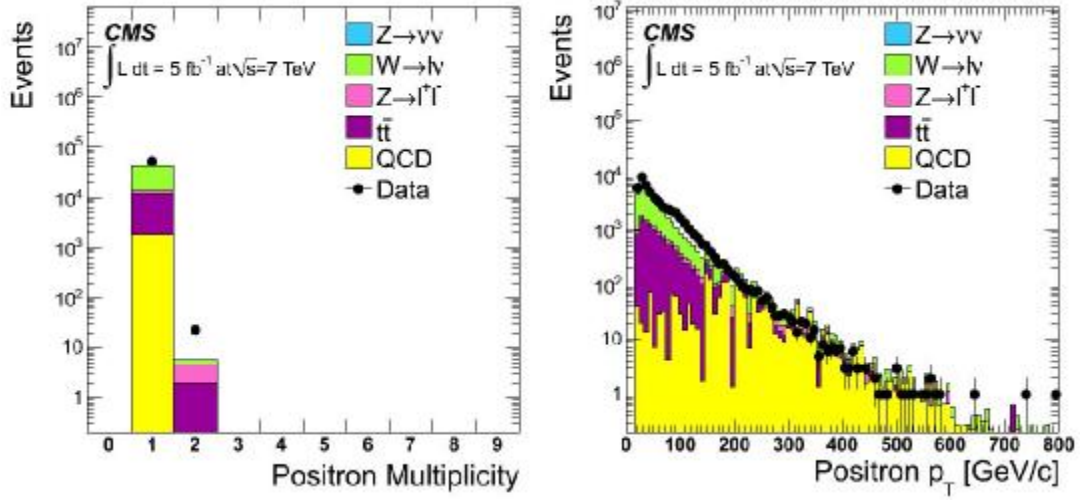
Önceden hazırlanan tüm veriler içerisindeki tüm elektronların ve pozitronların toplam sayılarına ve dik momentum dağılımlarına bakıldı. Ayrıca W bozonunun dik kütlesi ve dik momentumu incelendi. Gerçek veri ve olay benzetimi kıyaslandı. Hiç bir kısıtlama olmadan alınan sonuçları şöyledir;



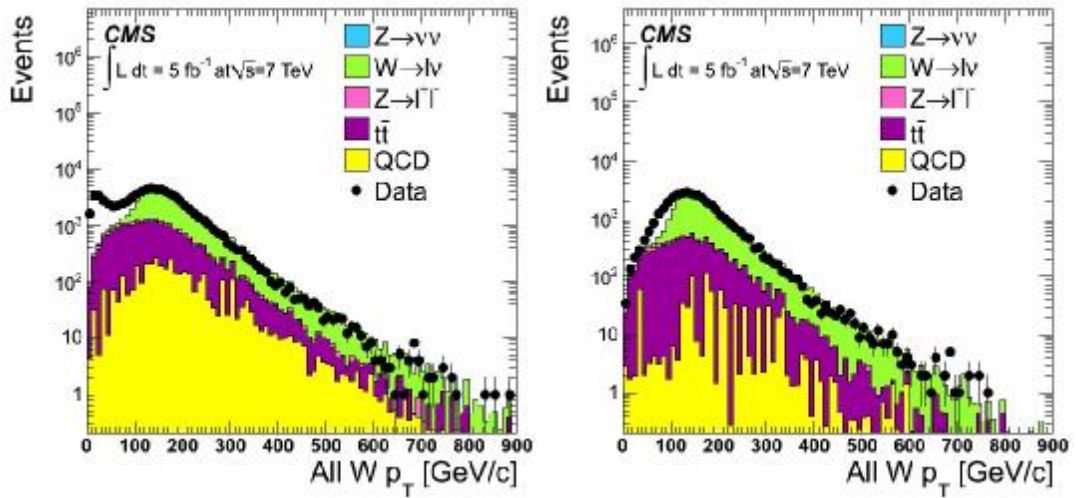
Şekil 4.2. Tüm elektronların ve pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

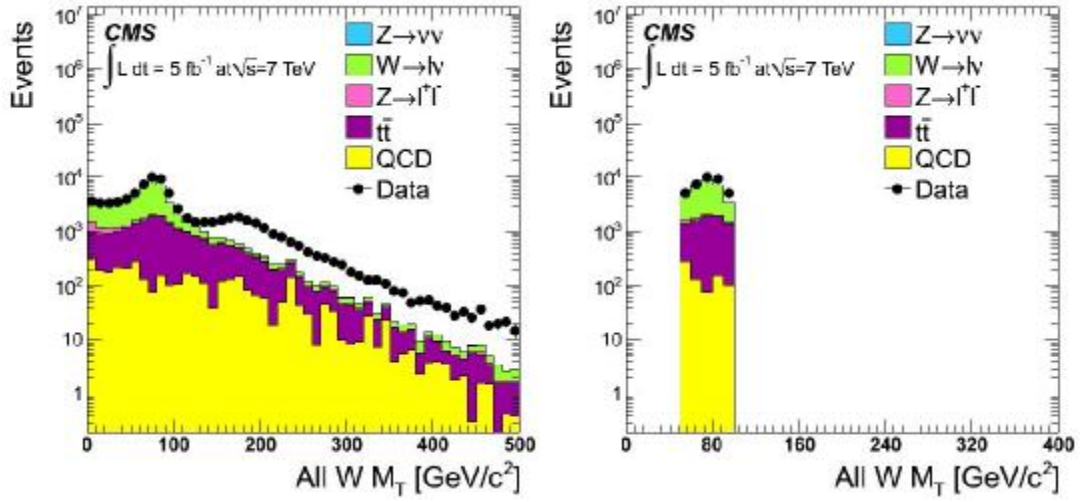


Şekil 4.3. Elektronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

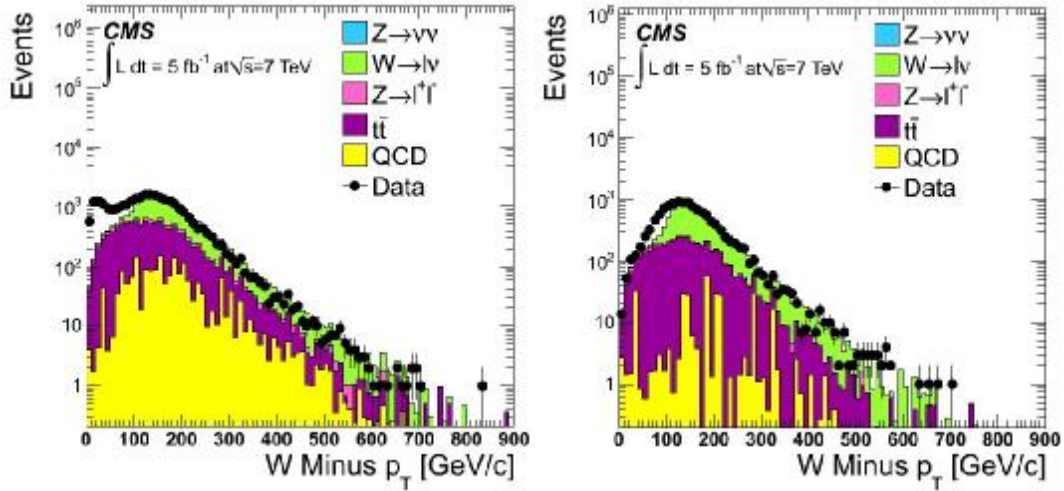


Şekil 4.4. Pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

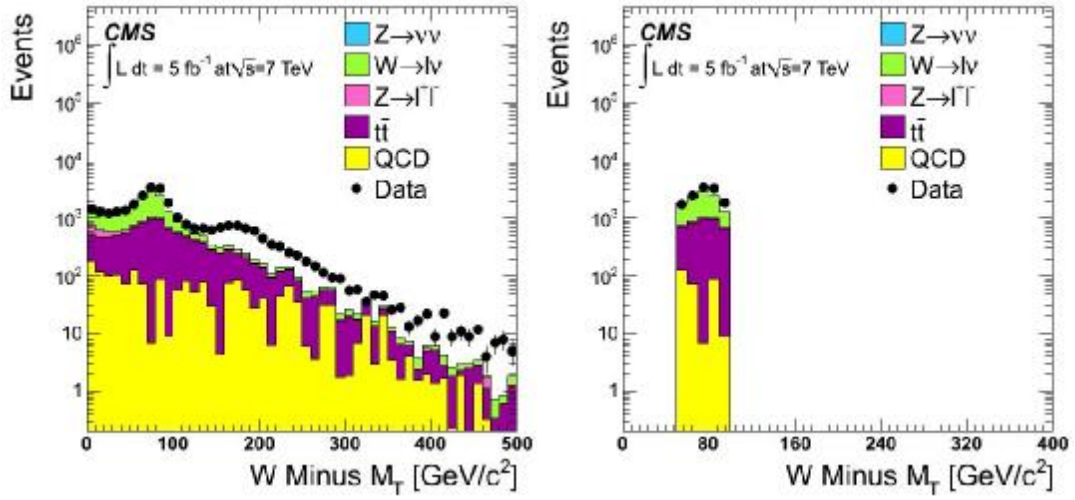
Şekil 4.5. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil kütlesi 50-100 GeV/c² aralığında bulunan W bozonlarının dik momentum dağılımları.



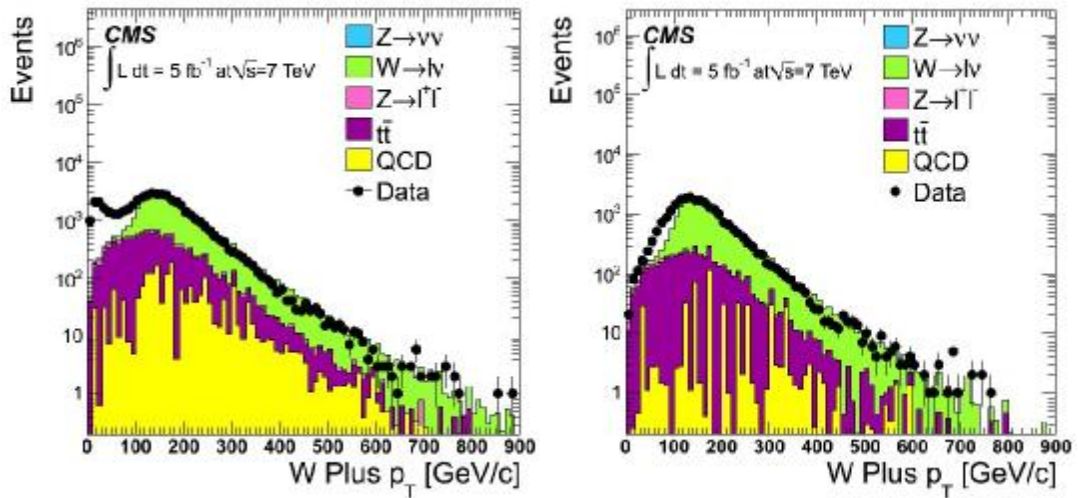
Şekil 4.6. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c² dik kütle aralığına düşen W bozonlarının dik kütle dağılımları.



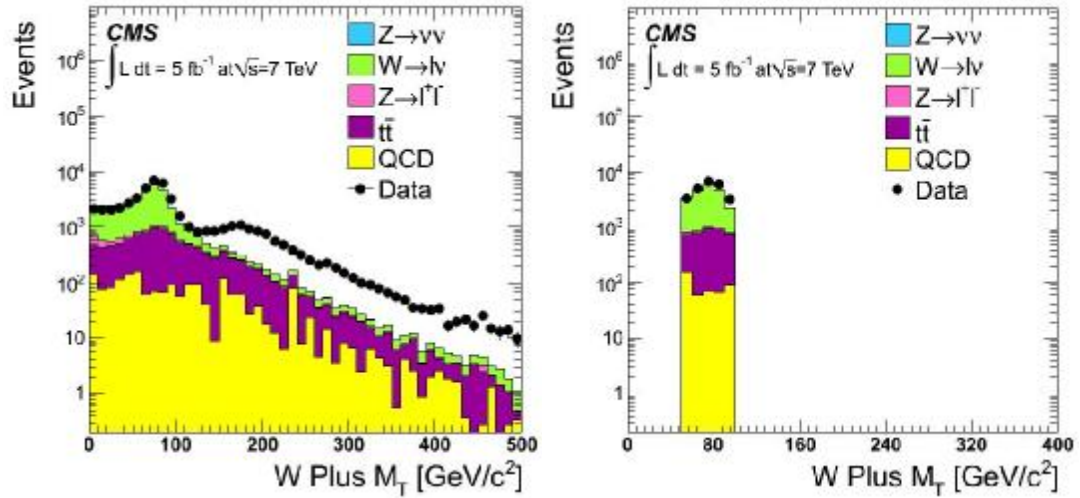
Şekil 4.7. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c² dik kütle aralığına düşen W bozonlarının dik momentum dağılımları.



Şekil 4.8. Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik kütle dağılımları.



Şekil 4.9. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları.

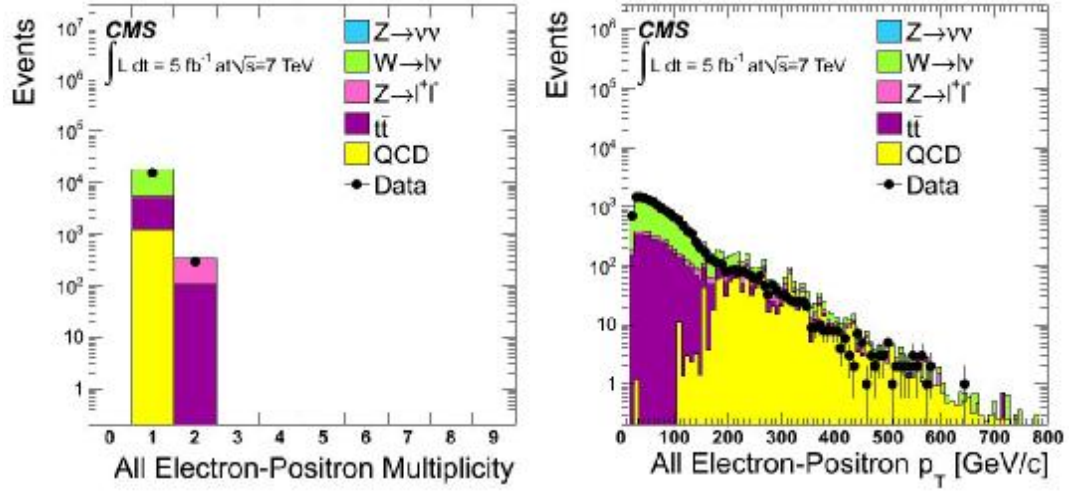


Şekil 4.10. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları.

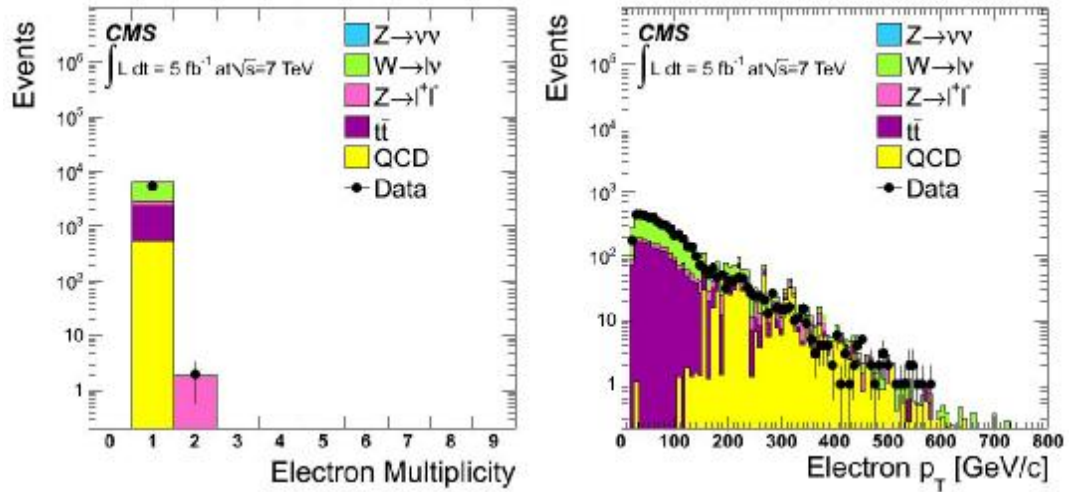
Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10 da gösterilen dik momentum ve dik kütle dağılımlarına bakıldığında gerçek veri ile olay benzetimlerinin dağılımlarının tam olarak örtüşmediği görülmektedir. Burada düşük seviyedeki kayıp dikine enerjilerin hata barındırdığını gözlemledik. Bu hataları ortadan kaldırmak yani istenmeyen olayların elenmesi için belirli kısıtlamalara ihtiyaç duyduk. Bu kısıtlamaları neden getirdiğimiz sonraki kısımlarda daha açık olarak belirtilecektir.

4.3.2. Kayıp Dikine Enerjinin 200 GeV 'den Büyük Olması Durumu

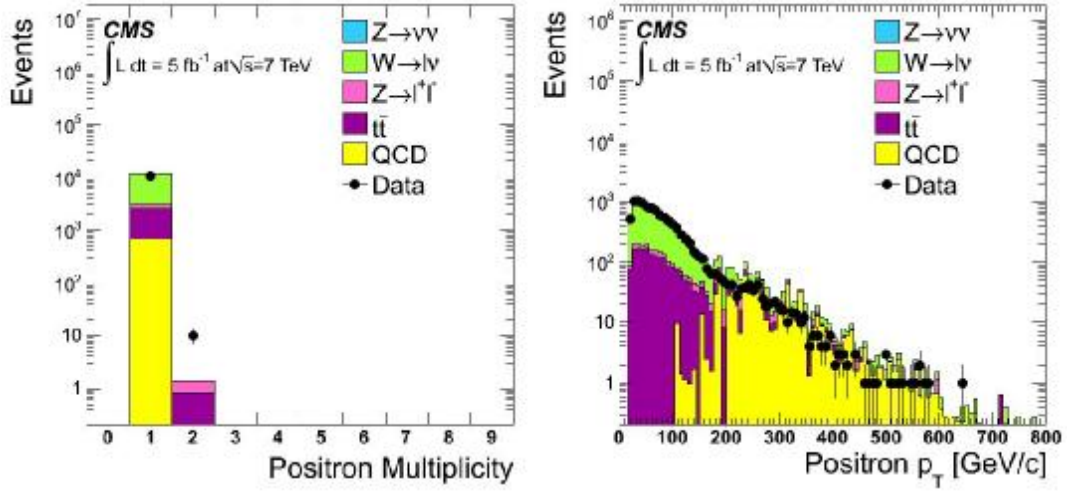
Kayıp enerjiye 200 GeV 'den büyük seçmemizin amacı tetikleyicinin %95 ten yukarıda bir verimlilikte çalıştığı bölgede çalışmak istememizdir. Bu kısıtlamayla birlikte istenmeyen olaydan kurtulmuş olunur. Uygulanan bu kısıtlamalar sonucunda gerçek veri ile olay benzetimi arasındaki uyum aşağıdaki gibidir.



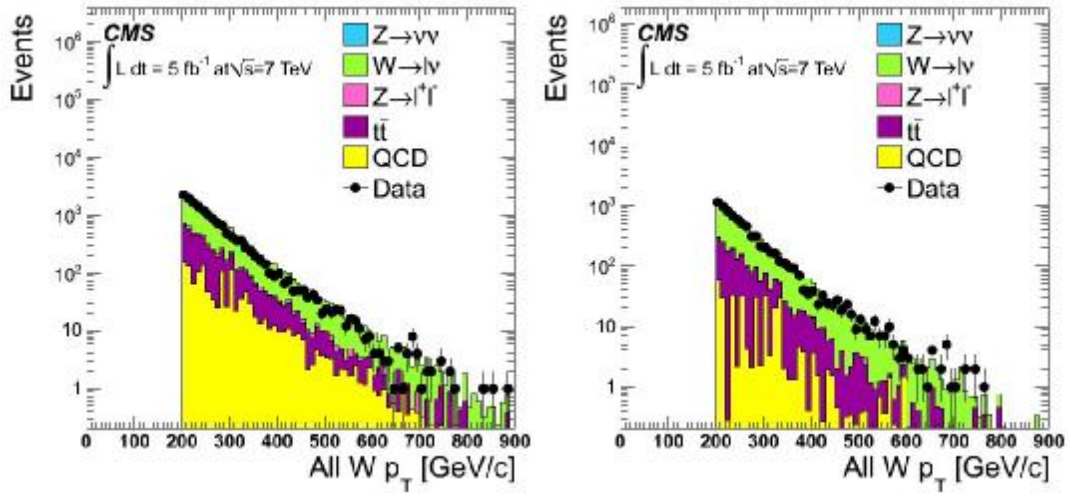
Şekil 4.11. Tüm elektronların ve pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

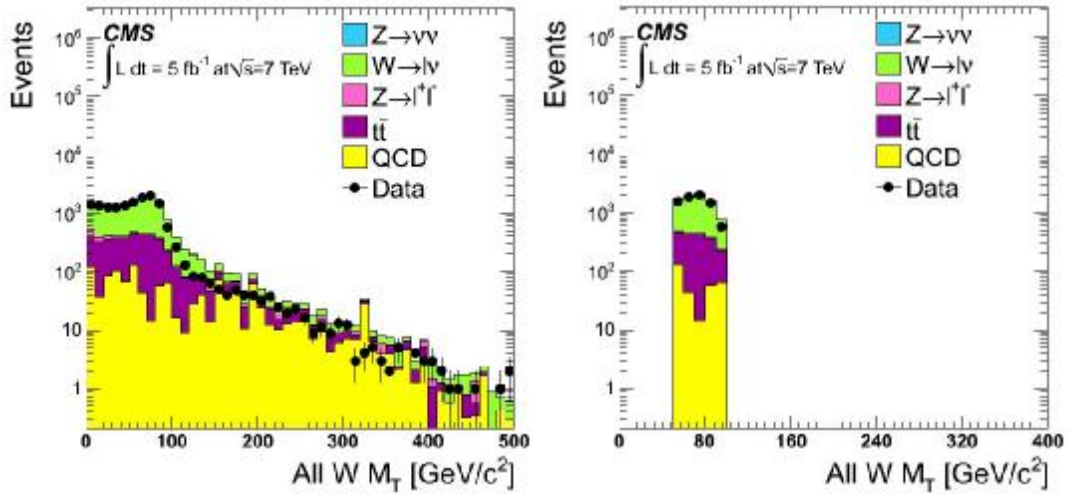


Şekil 4.12. Elektronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

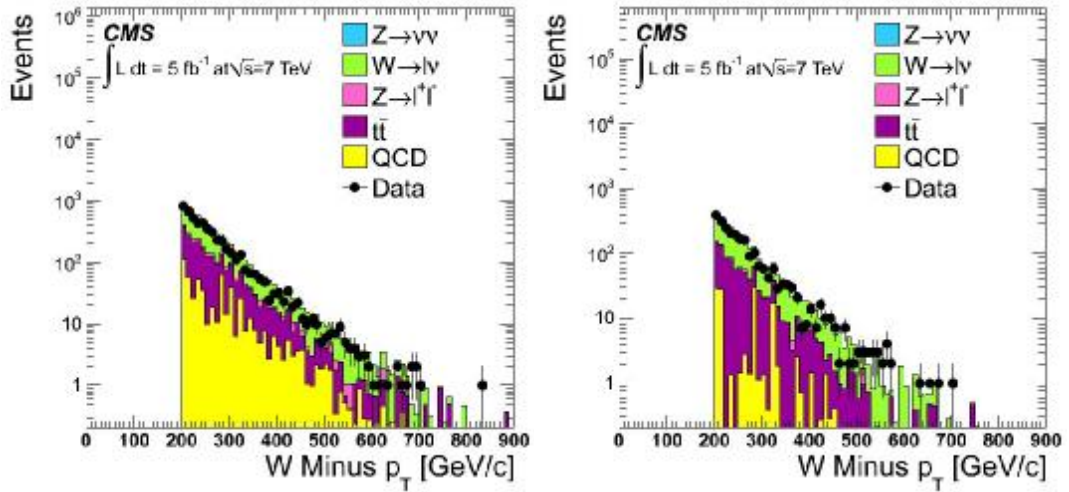


Şekil 4.13. Pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

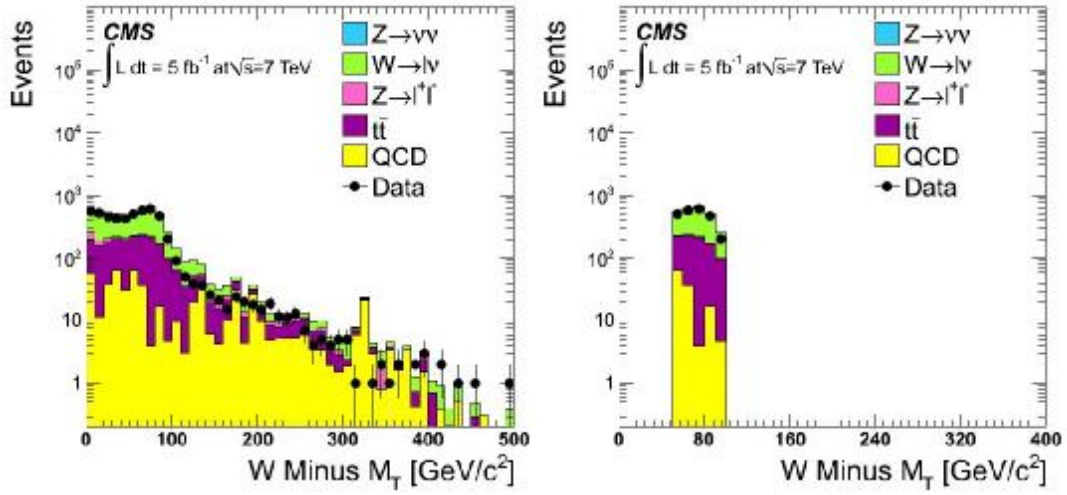
Şekil 4.14. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil kütlesi 50-100 GeV/c^2 aralığında bulunan W bozonlarının dik momentum dağılımları.



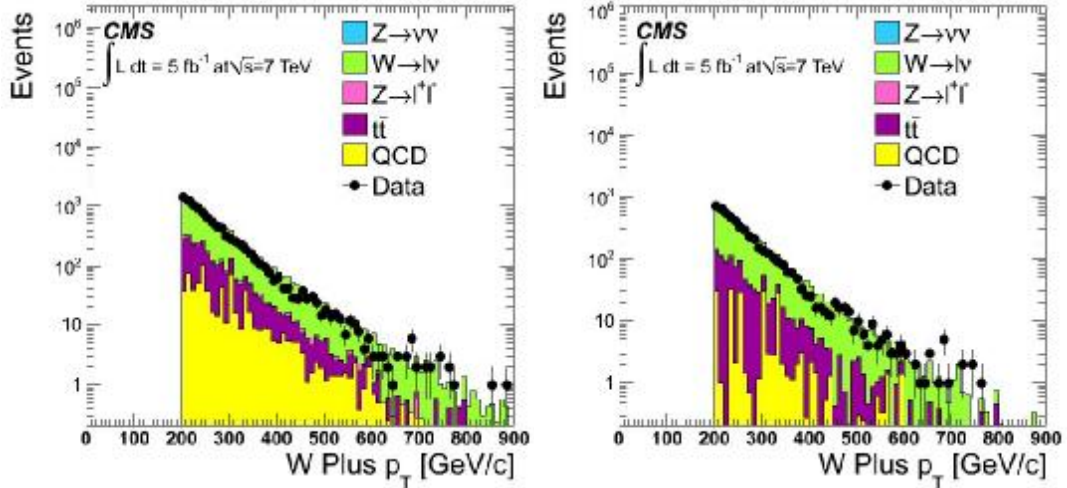
Şekil 4.15. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c² dik kütle aralığına düşen W bozonlarının dik kütle dağılımları.



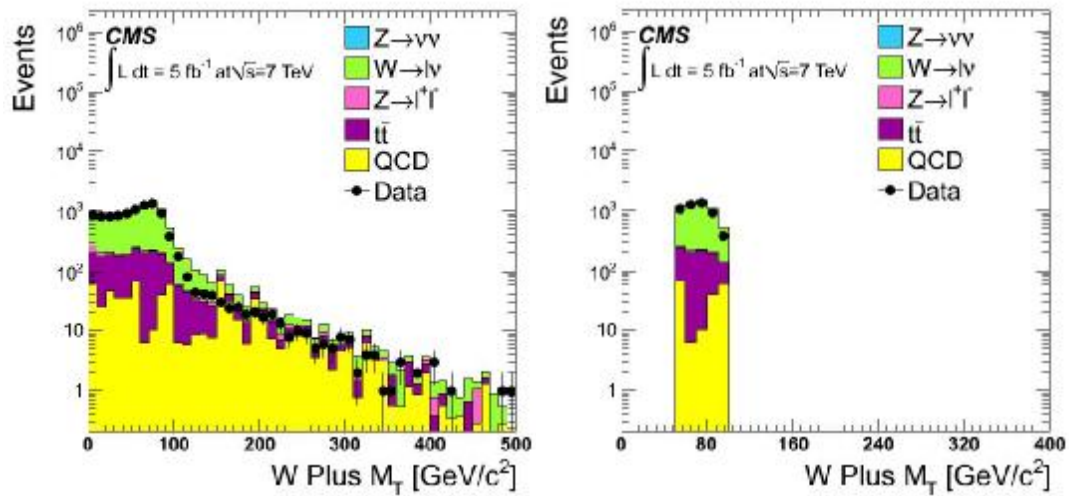
Şekil 4.16. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c² dik kütle aralığına düşen W bozonlarının dik momentum dağılımları.



Şekil 4.17. Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c² dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik kütle dağılımları.



Şekil 4.18. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c² dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları.

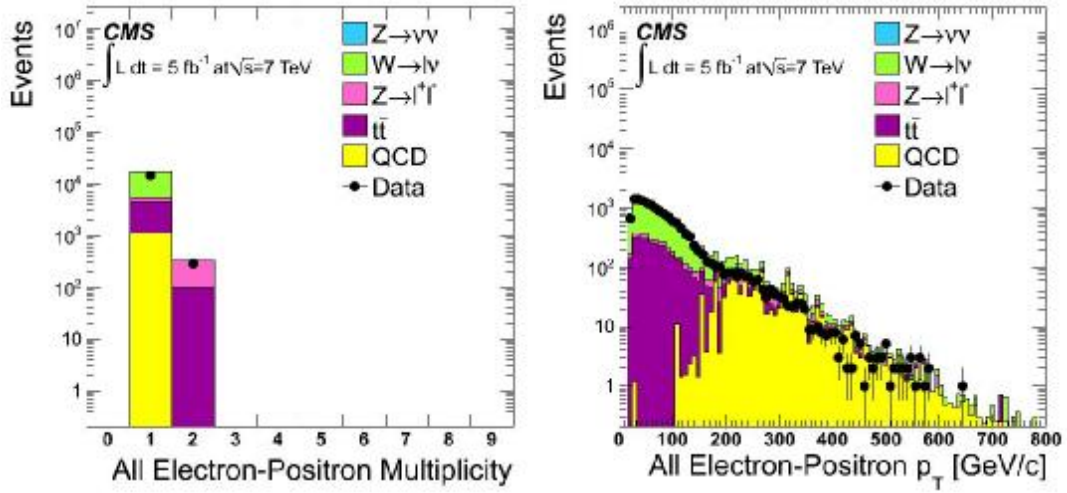


Şekil 4.19. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları.

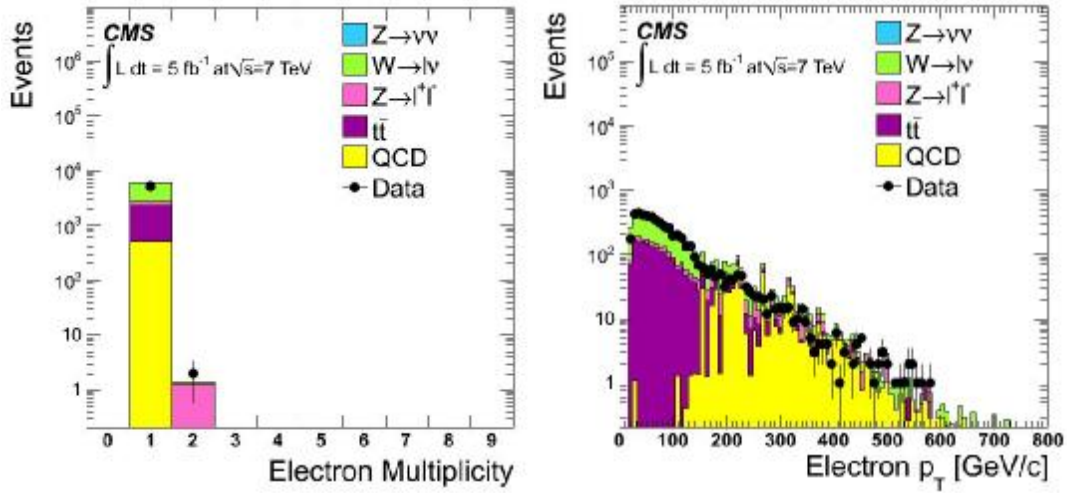
Uygulanan kısıtlamalarla birlikte yukarıdaki şekillerde görüldüğü üzere gerçek veri ve $W \rightarrow e\bar{\nu}_e$ 'ye ait olay benzetimi üst üste gelmiş durumdadır. Bununla gerçek veri içerisinde istenmeyen olayların bir kısmından kurtulmuş olundu. Ayrıca Şekil 4.2'de 3 elektron veya pozitronlu olaylar elenmiş oldu. Ayrıca kısıtlama olmadan ortaya koyduğumuz dik kütle ve dik momentum dağılımlarındaki uyumsuzluk burada giderilmiş oldu. Burada hem olay benzetimine hemde gerçek veriye ait olayların sayısındaki değişimler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

4.3.3. Gürültü Eleme

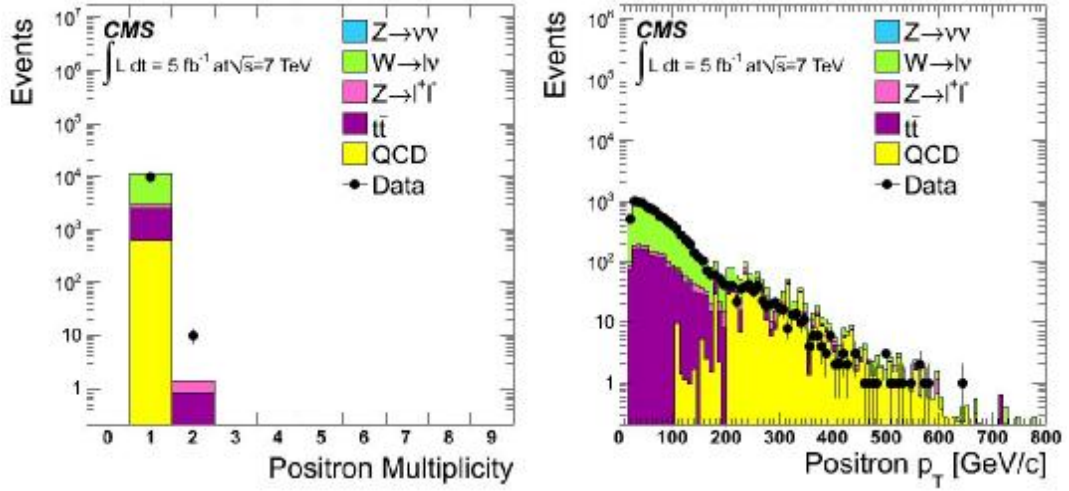
Tüm verilere uygulanan bu kısıtlamada amaç CMS detektöründe kullanılan araçların ortaya koydukları gürültüleri ve kozmik ışınları elemektir. Kısıtlama jetlerin yüklü ve yüksüz hadron enerji kesrine ayrıca yüklü ve yüksüz elektromanyetik enerji kesirlerine kısıtlama getirilerek yapılır. Burada jetin yüklü ve yüksüz elektromanyetik enerji kesri 0.7'den küçük olacak şekilde kısıtlama getirilmiştir. Yüksüz hadron kesri 0.7'den küçük ve yüklü hadron kesri ise 0.2'den büyük olacak şekilde seçilmiştir. Bu kısıtlamalar sonucunda grafiklerin aldığı şekil aşağıdaki gibidir.



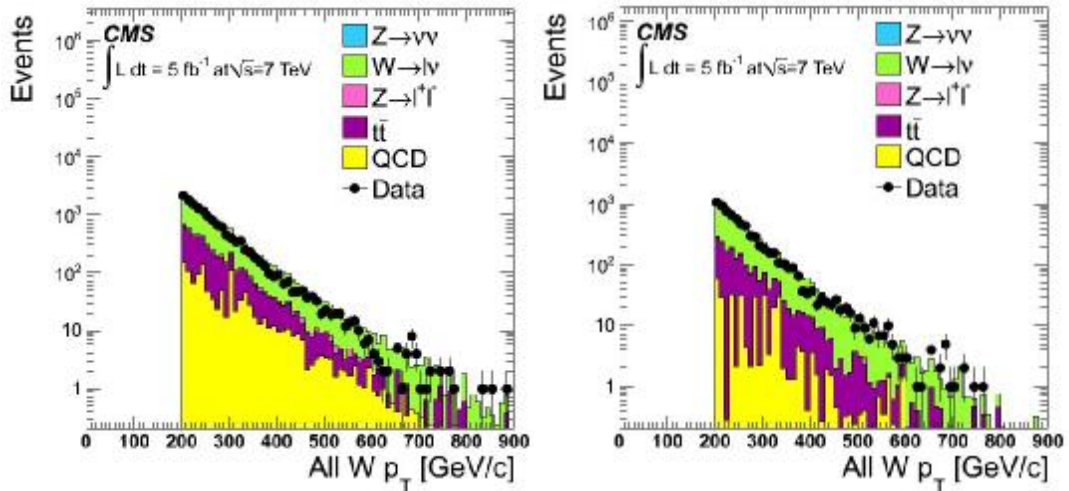
Şekil 4.20. Tüm elektronların ve pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

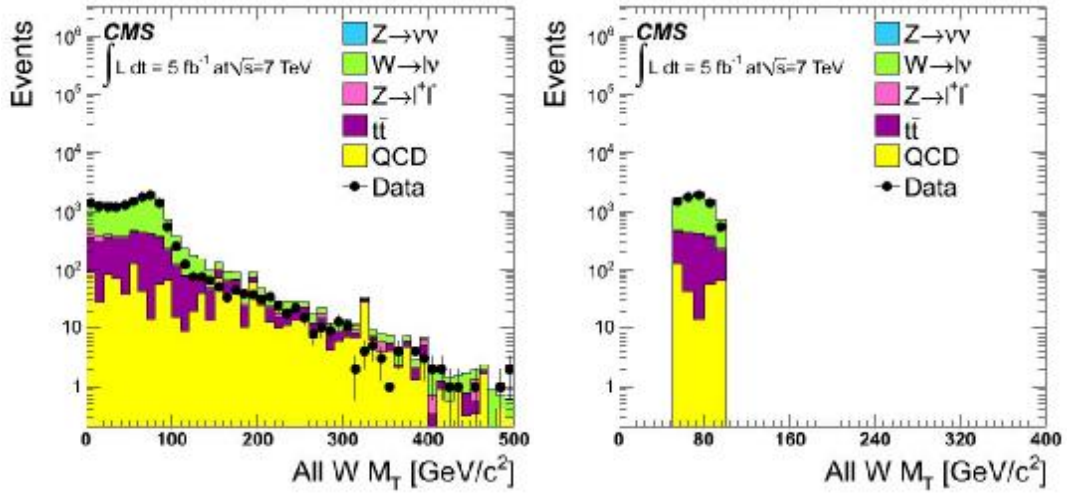


Şekil 4.21. Elektronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

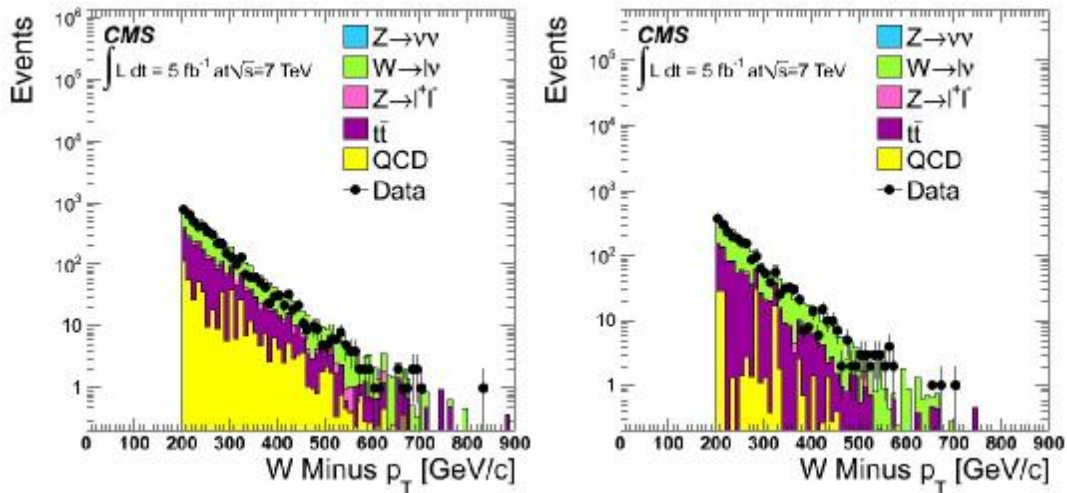


Şekil 4.22. Pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

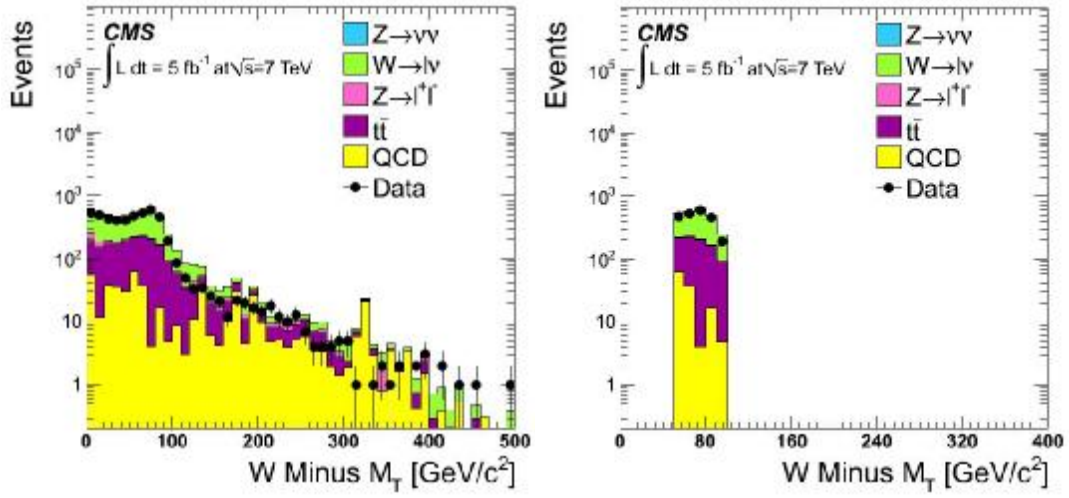
Şekil 4.23. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil kütle 50-100 GeV/c² aralığında bulunan W bozonlarının dik momentum dağılımları.



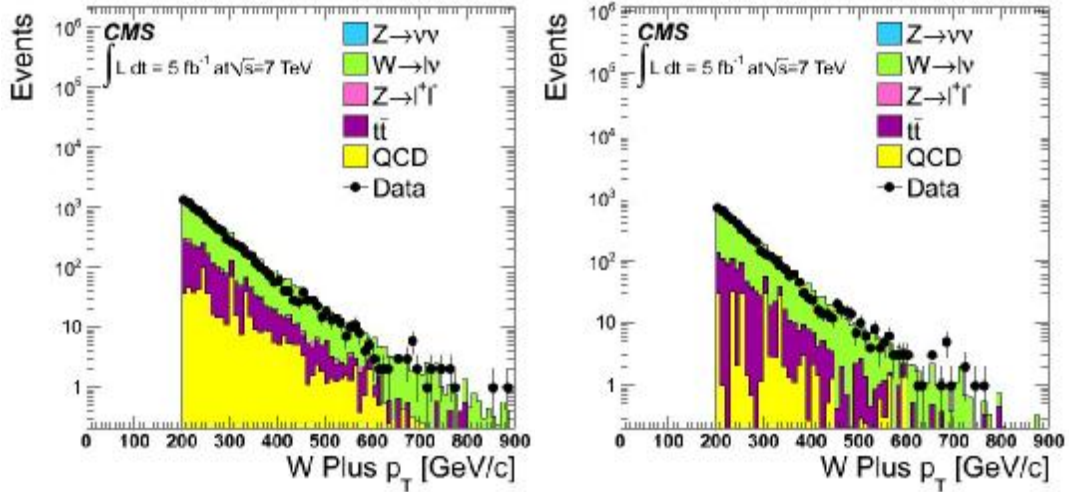
Şekil 4.24. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W bozonlarının dik kütle dağılımları.



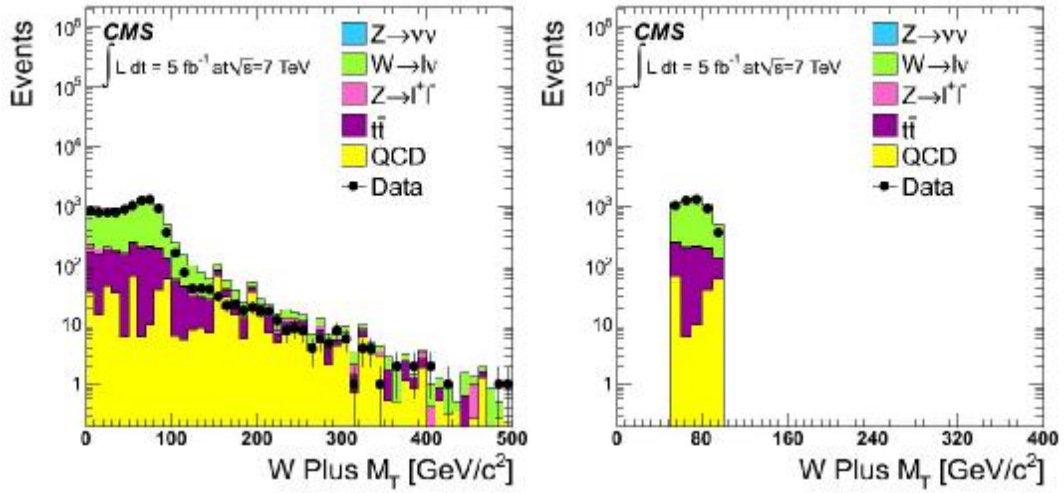
Şekil 4.25. Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik momentum dağılımları.



Şekil 4.26. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W bozonlarının dik kütle dağılımları.



Şekil 4.27. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları.

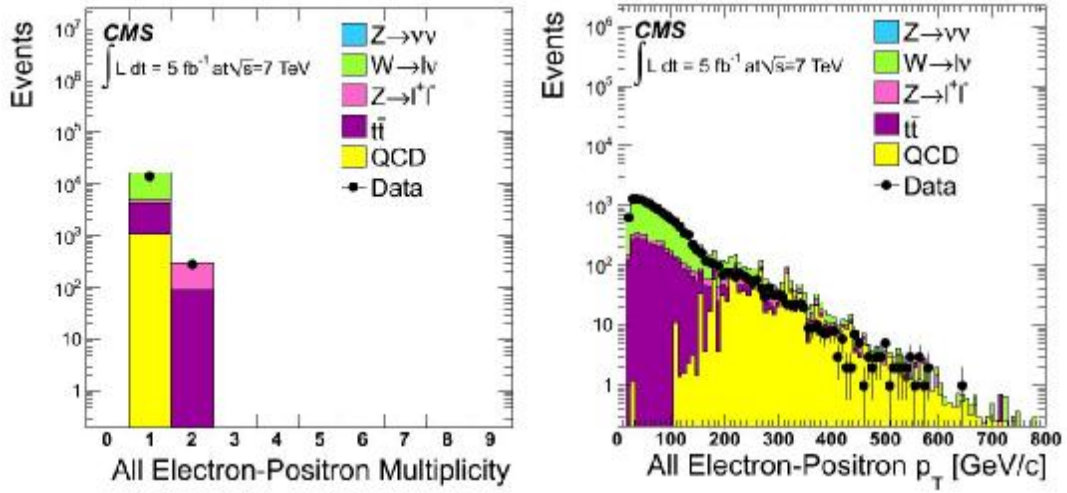


Şekil 4.28. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları.

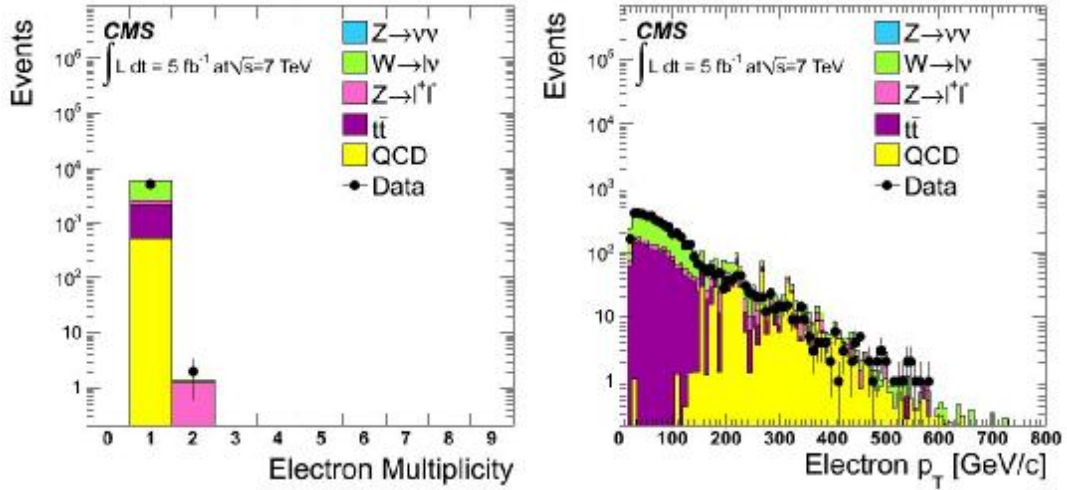
Gürültüleri eleme sonucunda yukarıda gösterilen grafiklerde olaylara ait dik momentum dağılımları incelendiğinde, bu dağılımların düşük istatistiksel dağılım gösterdiği bölgelerde gerçek veriye ait olayların bu kısıtlama sonucu elendiği görülmüştür. Yine tüm W bozonların dik kütle dağılım grafiğine bakıldığında 300-400 GeV/c^2 aralığında düşük istatistiğe sahip bazı olayların elendiği şekil 4.24'ten görülebilir. Olay sayılarındaki azalma miktarları kısım 4.4'te yer alan çizelge 4.1'den görülebilir.

4.3.4. 1. Jet'in Dik Momentumunun 110 GeV 'den Büyük Olması Durumu

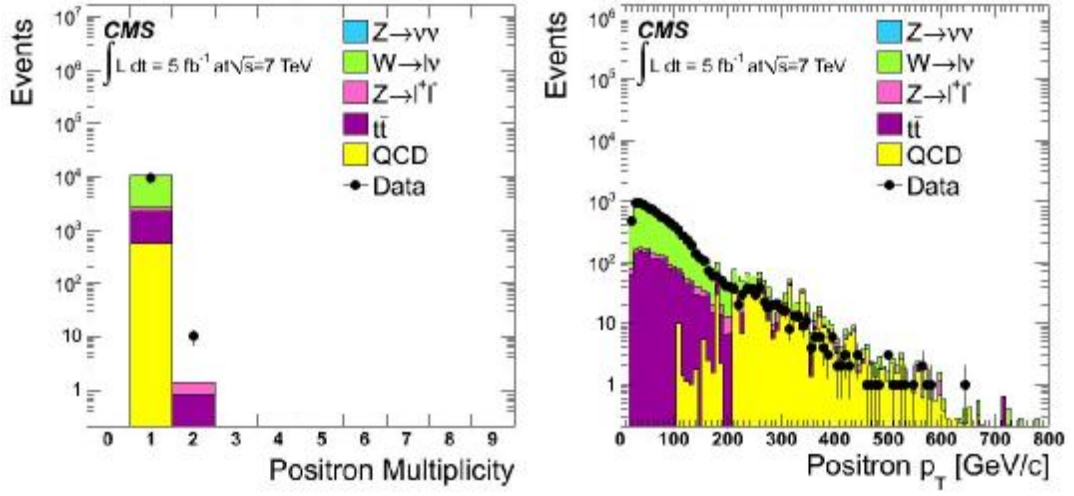
Uygulanan bu kısıtlamayla birlikte 1.Jetin dik momentumu 110 GeV 'den büyük olacak şekilde seçim yapılır. 110 GeV 'den küçük olan jetler elenir. Ayrıca 2.jetin momentumu da 30 GeV 'den büyük olacak şekilde seçim yapılır. Buradaki amaç tetikleyicinin %100 e yakın verimlilikle çalıştığı bölgede çalışmaktır. Bu kısıtlamayı getirdiğimizde gerçek veri ve olay benzetimi arasındaki uyum aşağıdaki grafiklerden görülebilir.



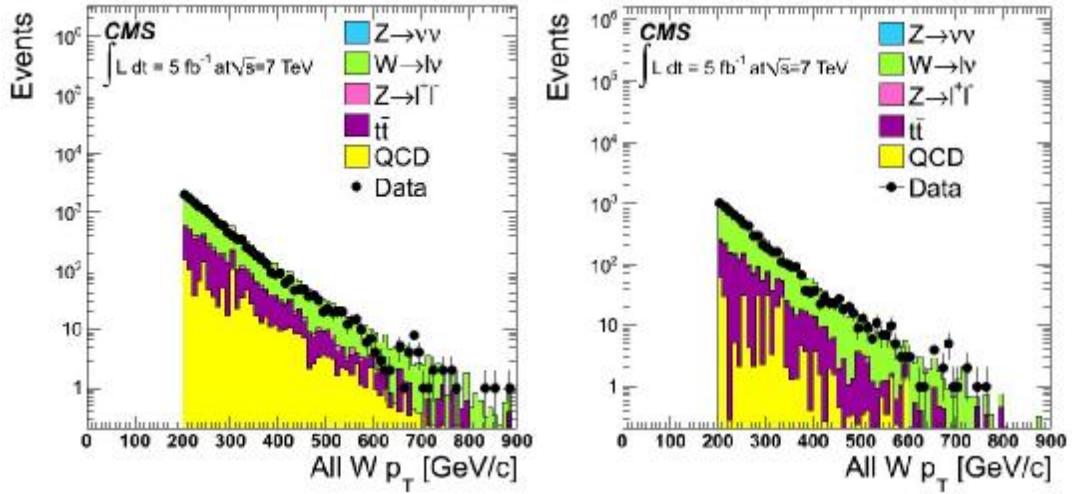
Şekil 4.29. Tüm elektronların ve pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

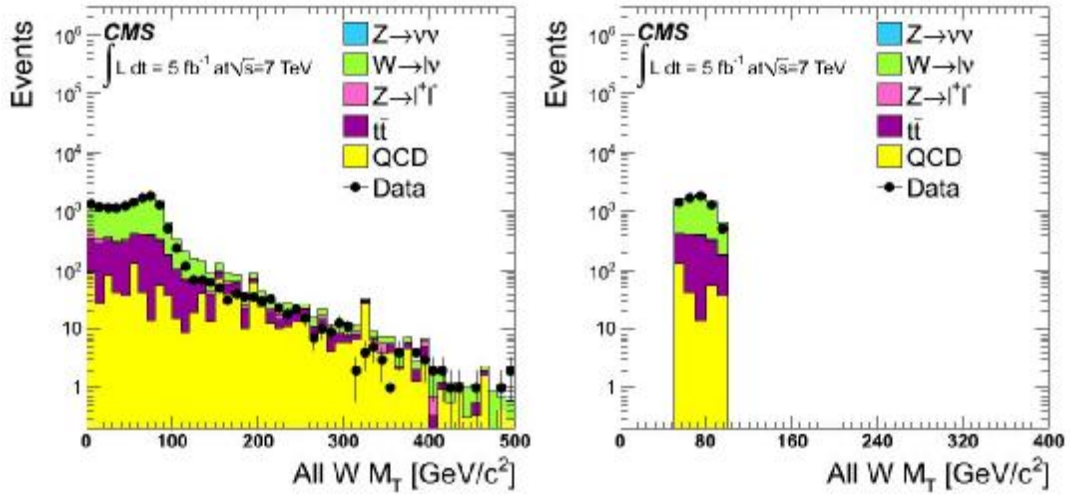


Şekil 4. 30. Elektronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

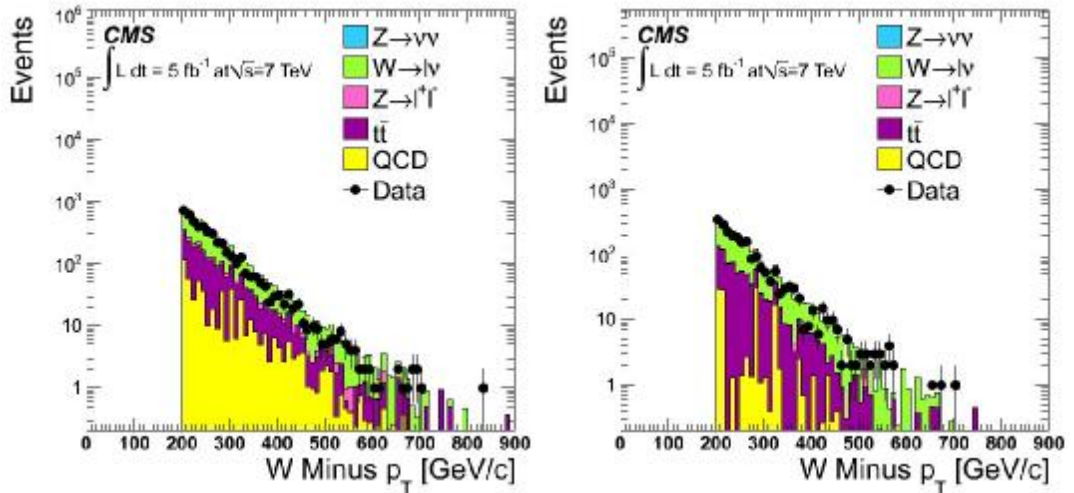


Şekil 4.31. Pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

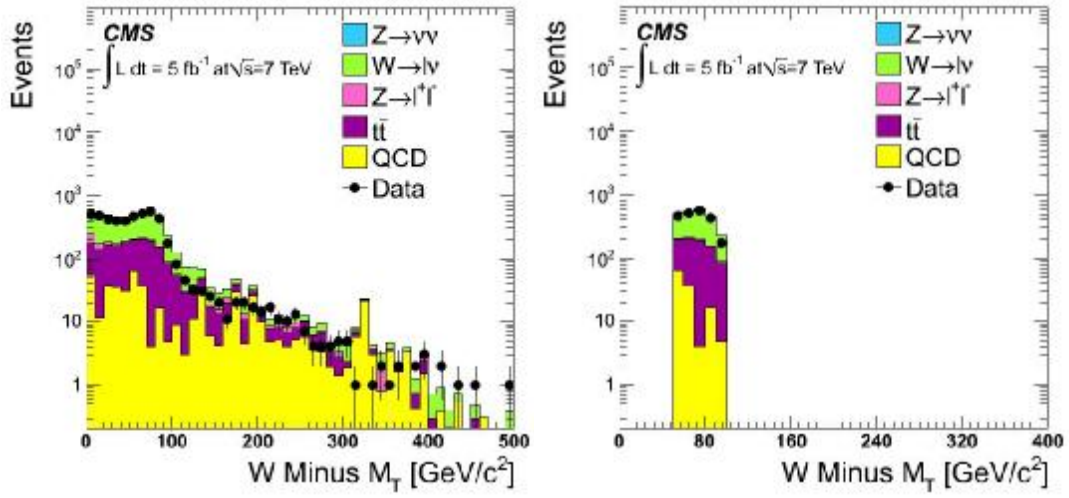
Şekil 4.32. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil kütle 50-100 GeV/c^2 aralığında bulunan W bozonlarının dik momentum dağılımları.



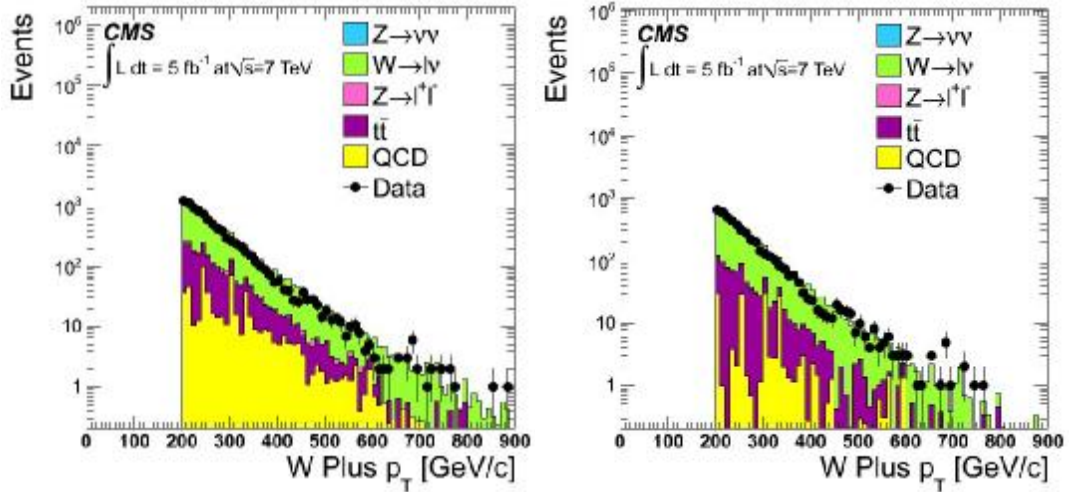
Şekil 4.33. Soldaki şekil tüm W bozonların dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W bozonların dik kütle dağılımları.



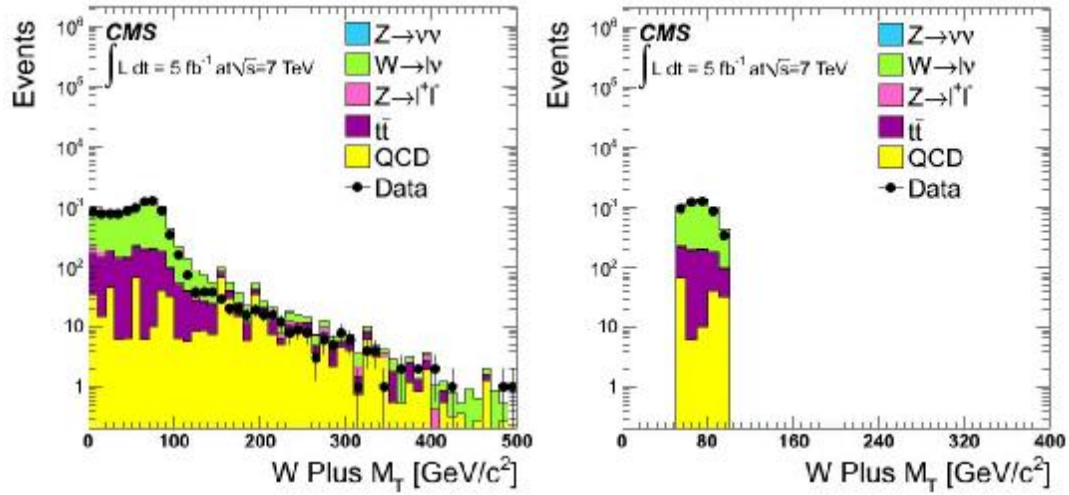
Şekil 4.34. Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik momentum dağılımları.



Şekil 4.35. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c² dik kütle aralığına düşen W bozonlarının dik kütle dağılımları.



Şekil 4.36. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c² dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları.

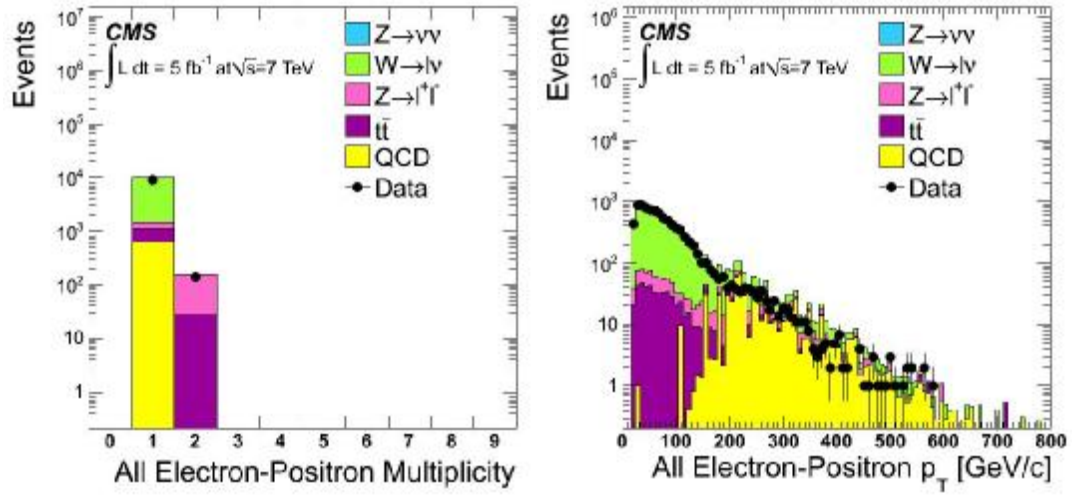


Şekil 4.37. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları.

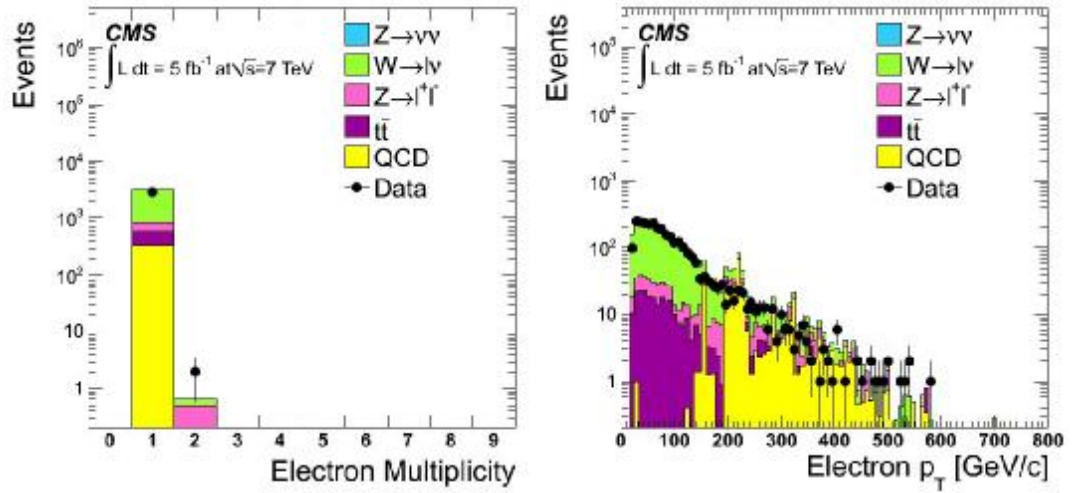
Uygulanan bu kısıtlamalar sonucunda gerçek veriye ait noktalar neredeyse düşük istatistiklerde bile olay benzetimiyle uyum göstermektedir. Düşük istatistiklerde gerçek veriye ait noktalar üzerindeki hata payları çoğunlukla olay benzetimini içine alacak şekilde dağılım göstermiştir. Şekil 4.33'te W bozonunun sayısındaki azalma yaklaşık 500 olay civarındadır. Bu kısıtlamadan sonra gerçek veri ve olay benzetimlerinin toplamında kalan olay sayıları kısım 4.4'te yer alan tablodan görülebilir.

4.3.5. Toplam Jet Sayısının 3'ten Küçük Olma Durumu

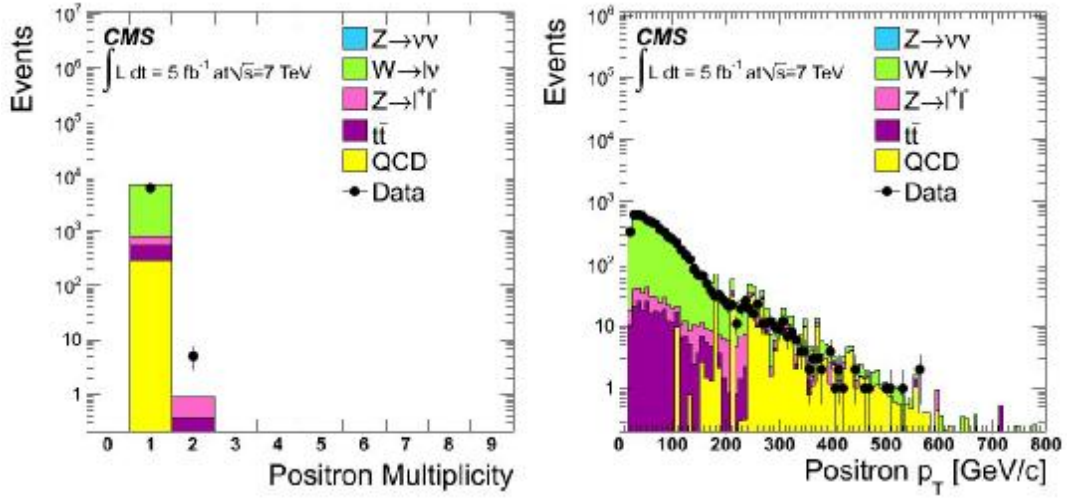
Tek jet olayları süpersimetri (SÜSİ) olaylarına göre daha az sayıda jet içerir. Bunun sebebi SÜSİ'nin 1. öncü jet ve 2. öncü jet harici tüm olayları incelemek istemesidir. Bunun tersine tek jet olaylarında 1. öncü jet ve 2. öncü jet haricindeki tüm jetler elenmeye çalışılır. Jet sayısının 3'ten küçük olma şartı, olaylarda ilk iki jeti seçmek istememizden dolayı konulur. Fakat ilk ve son durum ışımlarından kaynaklı olarak olaylar birden fazla jet içerebilir. Uygulanan bu kısıtlamadan sonra elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.



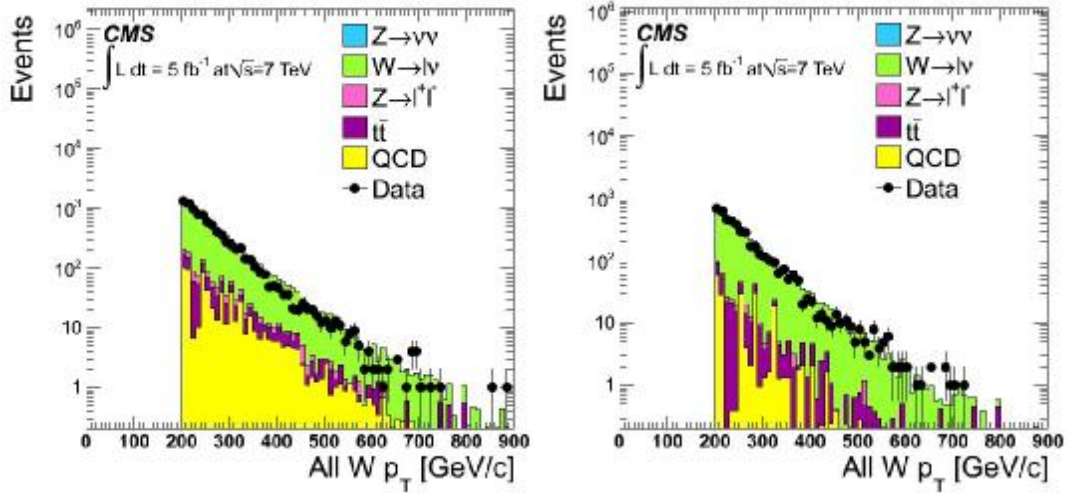
Şekil 4.38. Tüm elektronların ve pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

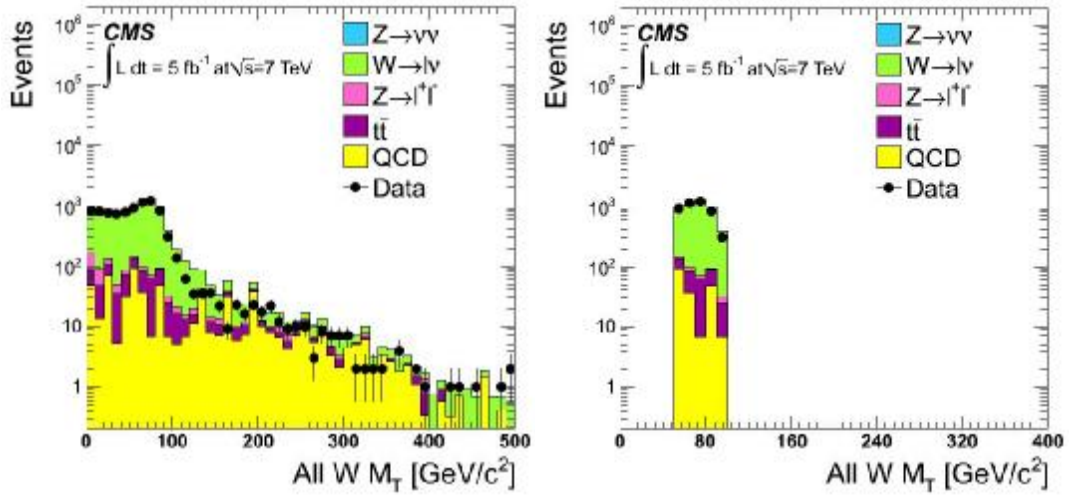


Şekil 4.39. Elektronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

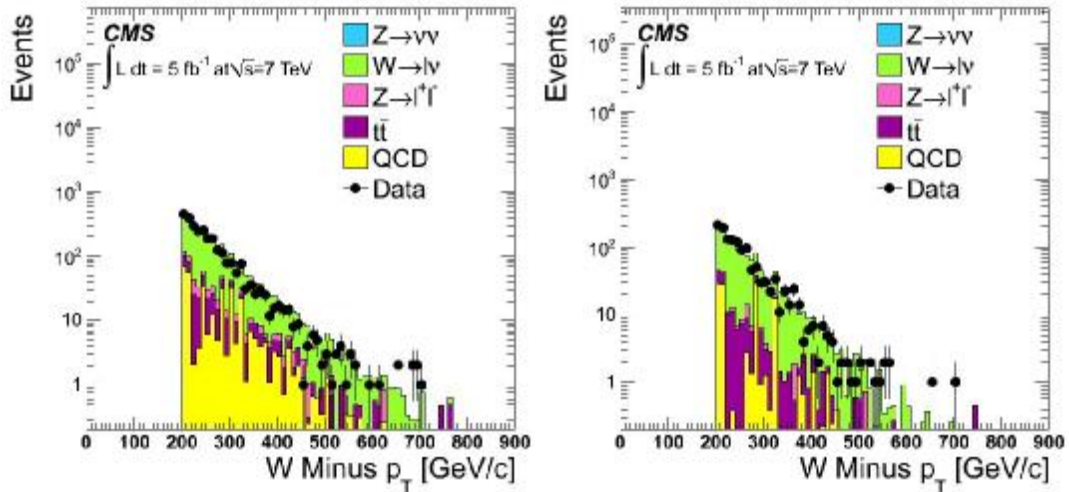


Şekil 4.40. Pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

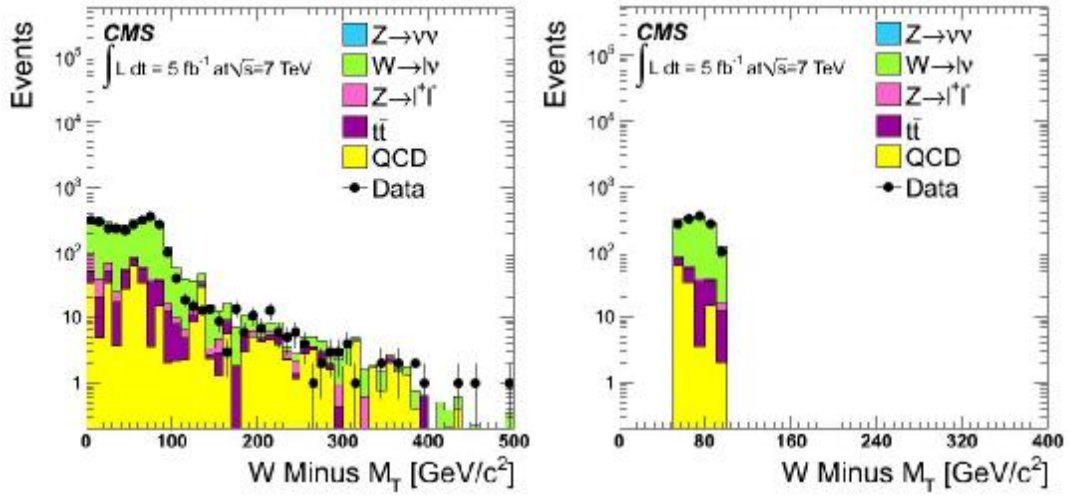
Şekil 4.41. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil kütle 50-100 GeV/c² aralığında bulunan W bozonlarının dik momentum dağılımları.



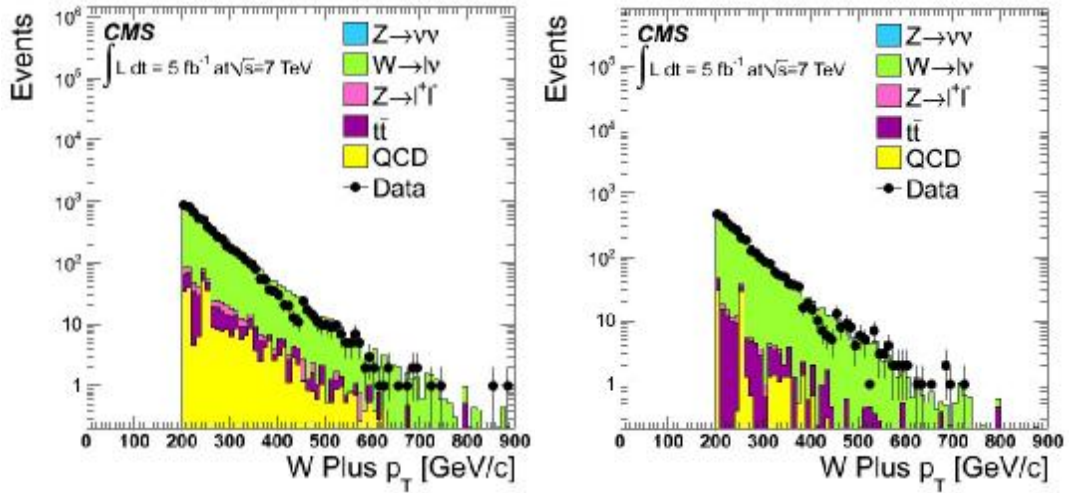
Şekil 4.42. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W bozonlarının dik kütle dağılımları.



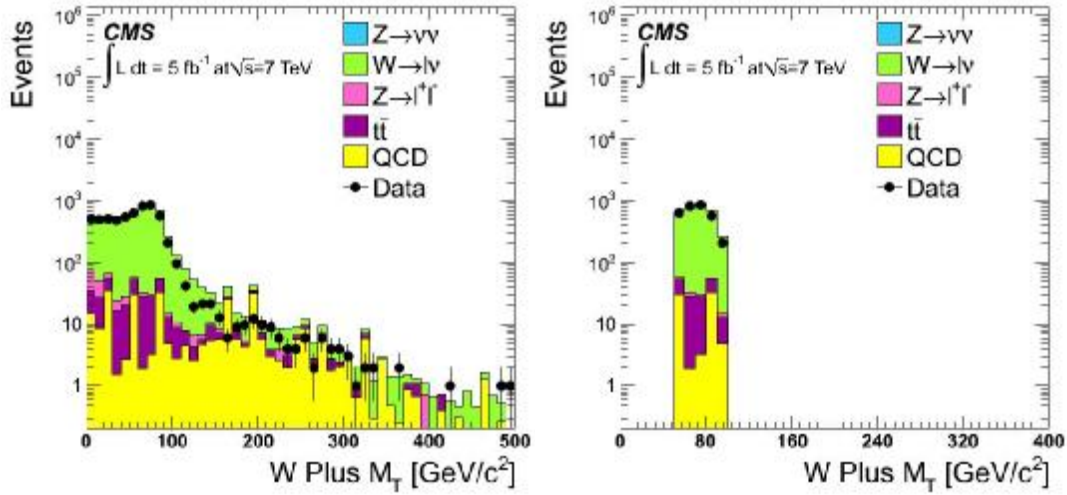
Şekil 4.43. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W bozonlarının dik momentum dağılımları.



Şekil 4.44. Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c² dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik kütle dağılımları.



Şekil 4.45. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c² dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları.

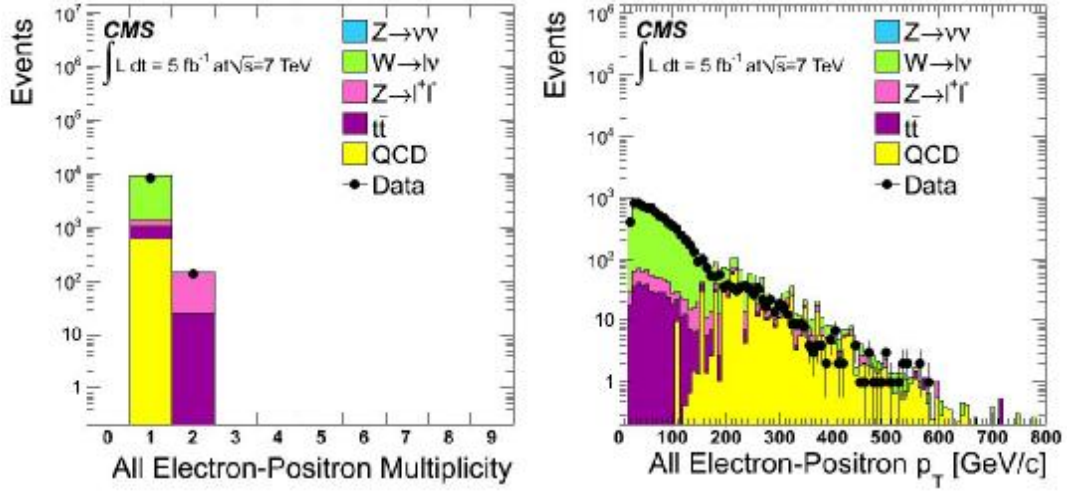


Şekil 4.46. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları.

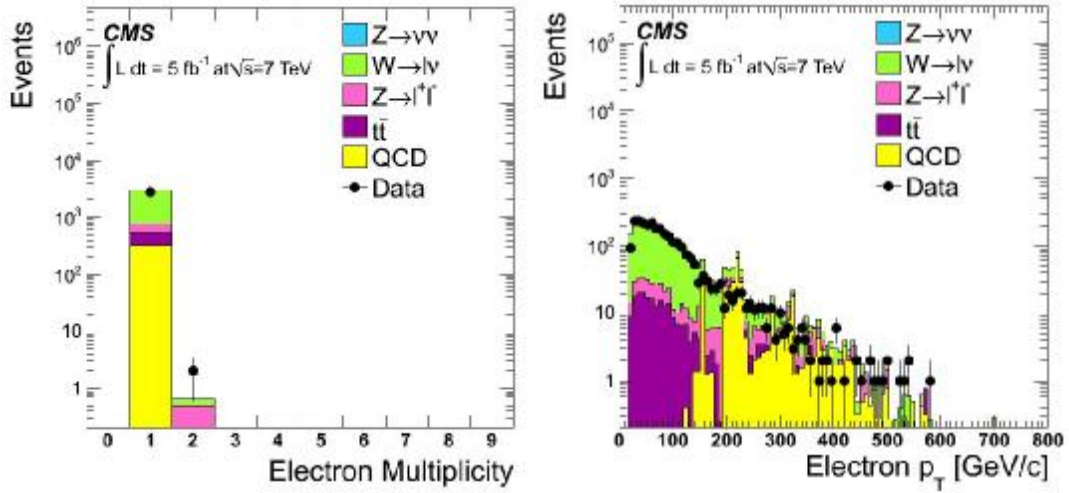
Yukarıdaki şekillerde de görüldüğü üzere bu kısıtlama sonucunda $W \rightarrow e\bar{\nu}_e$ diğer olay benzetimlerinden belirgin olarak ayrılmış ve gerçek veriyle gayet iyi bir uyum sergilemektedir. Özellikle W bozonunun dik momentum dağılımında (Şekil 4.41) bu belirgin olarak farkedilir. Bu kısıtlamadan sonra gerçek veriye ve olay benzetimlerinin toplamına ait olay sayıları kısım 4.4'te yer alan Çizelge 4.1'den görülebilir. Yine Şekil 4.46'da QCD olaylarındaki azalma, W^+ 'ya ait dik kütle dağılımında 0-100 GeV/c^2 aralığında görülmektedir.

4.3.6. Delta Phi'nin 2.5 radyan'dan Küçük Olma Durumu

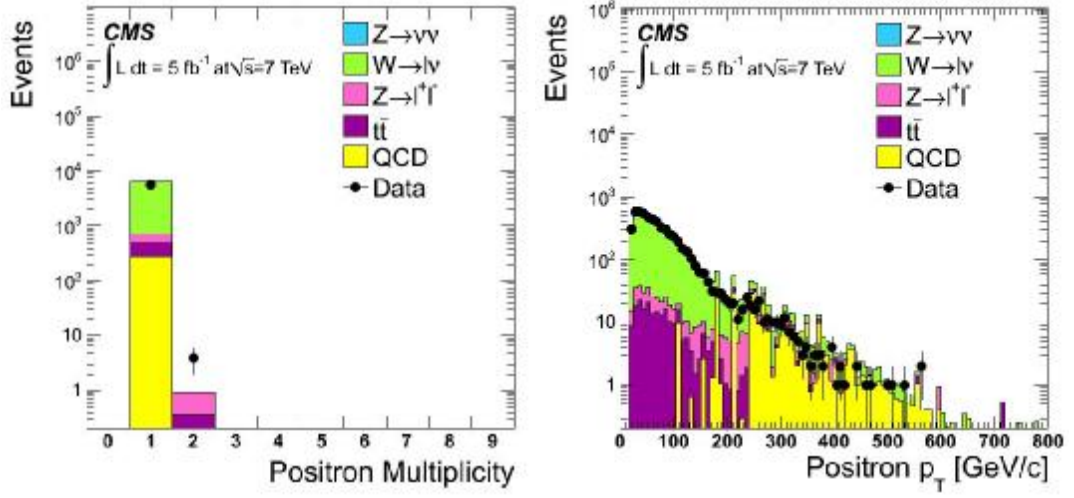
Bu kısıtlama sırt sırta olan jetleri elemek amacıyla konulmuştur. Genellikle sırt sırta jet içeren olaylar kuantum kromodinamiğine (QCD) ait olaylardır. Biz bu durumu istemiyoruz. Bizim seçeceğimiz jetler birbirine yakın olan jetler olacaktır. Bu yüzden 1.jet ile 2.jet arasındaki açı 2.5 rad'dan küçük olacak şekilde seçilmiştir. Bu kısıtlamadan sonra gerçek veri ve olay benzetimi arasındaki uyum aşağıdaki gibi dir.



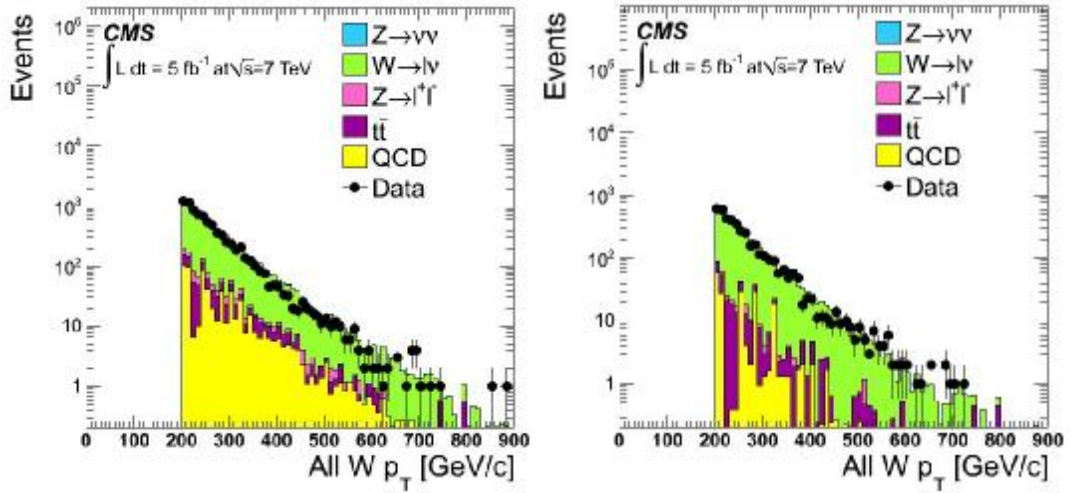
Şekil 4.47. Tüm elektronların ve pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

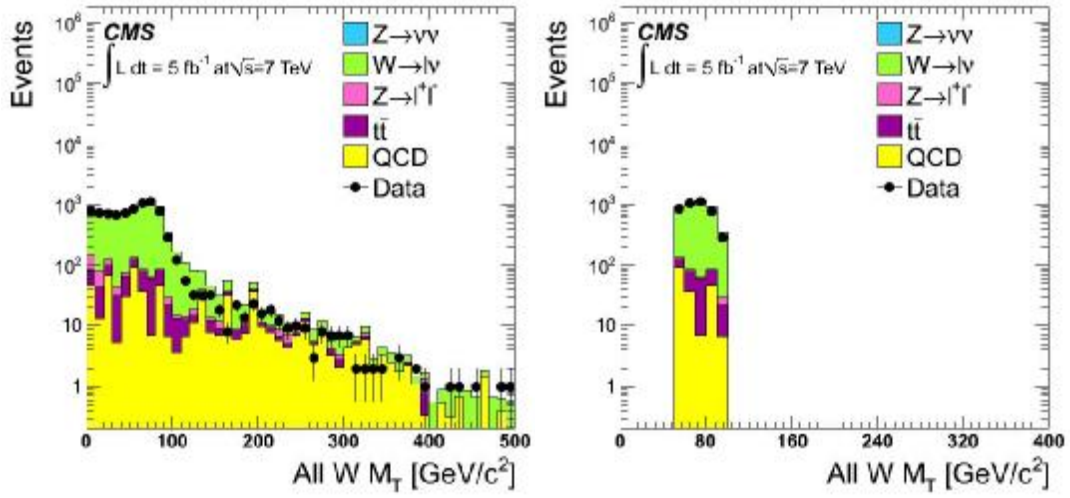


Şekil 4.48. Elektronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

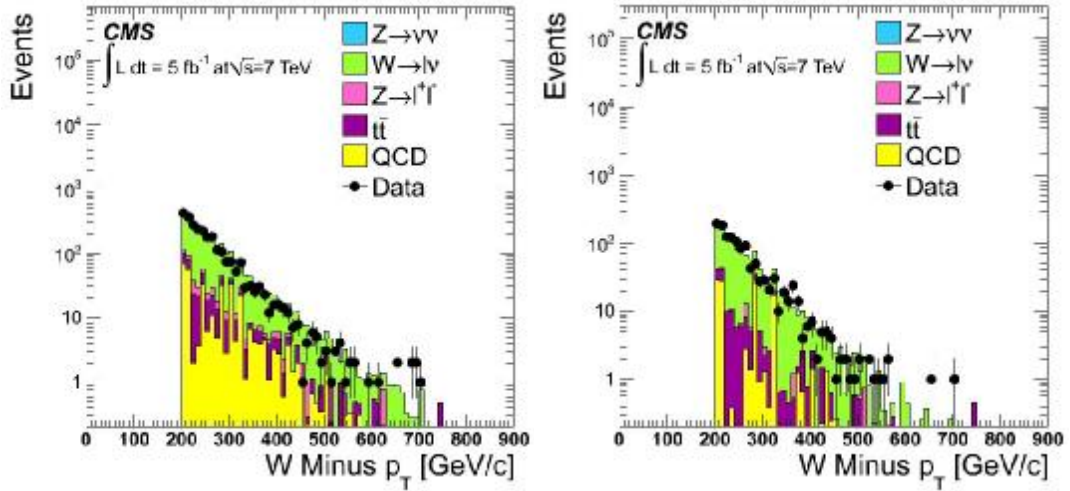


Şekil 4.49. Pozitronların sayısı ve dik momentum dağılımları.

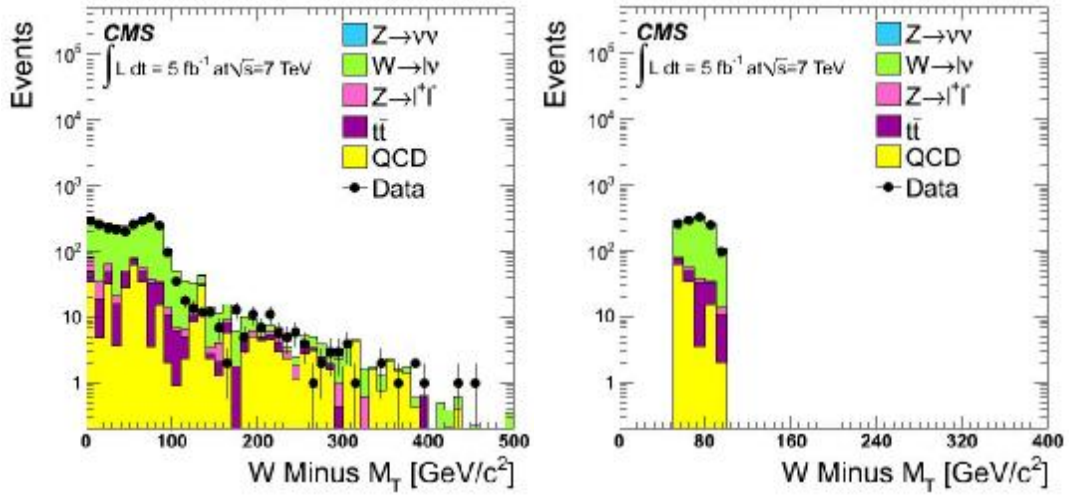
Şekil 4.50. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil kütlesi 50-100 GeV/c^2 aralığında bulunan W bozonlarının dik momentum dağılımları.



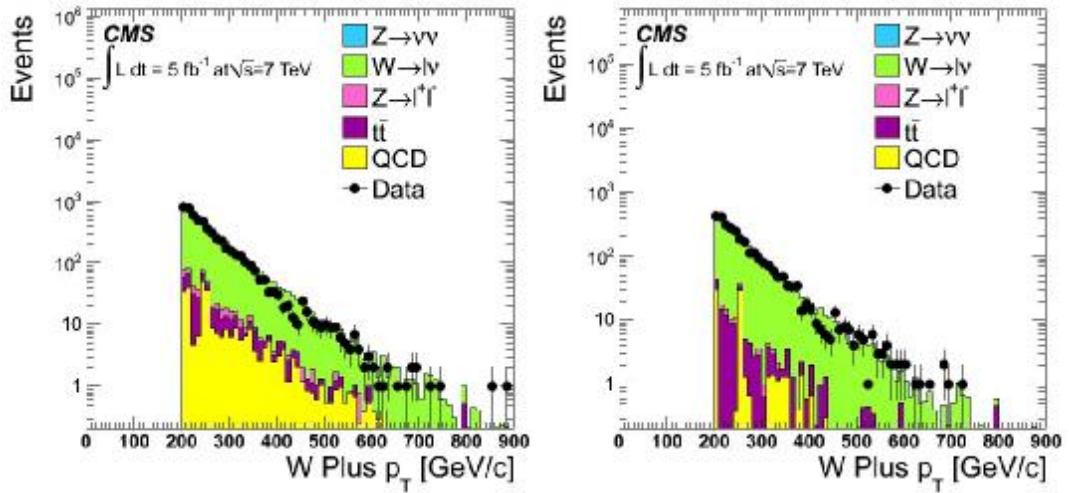
Şekil 4.51. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c² dik kütle aralığına düşen W bozonlarının dik kütle dağılımları.



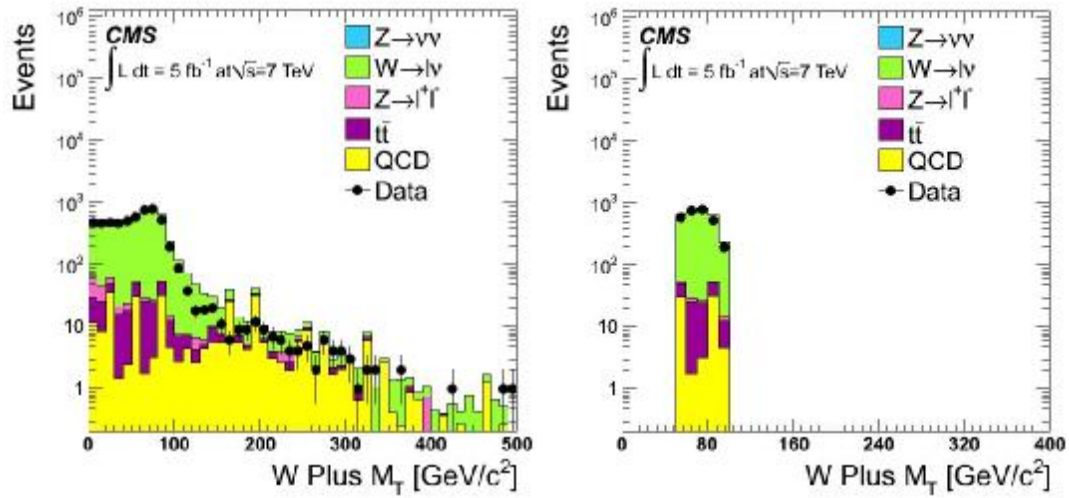
Şekil 4.52. Soldaki şekil tüm W bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c² dik kütle aralığına düşen W bozonlarının dik momentum dağılımları.



Şekil 4.53. Soldaki şekil tüm W^- bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c² dik kütle aralığına düşen W^- bozonlarının dik kütle dağılımları.



Şekil 4.54. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c² dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik momentum dağılımları.



Şekil 4.55. Soldaki şekil tüm W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları, sağdaki şekil 50-100 GeV/c^2 dik kütle aralığına düşen W^+ bozonlarının dik kütle dağılımları.

Şekil 4.50, Şekil 4.51, Şekil 4.52, Şekil 4.53, Şekil 4.54 ve Şekil 4.55'te görüldüğü üzere uygulanan bu kısıtlama sonucu QCD'ye ait olaylar düşük istatistiklerde geniş bir dağılım göstermektedir. Kısıtlamadaki amacımız QCD olaylarının çoğunluğunu ortadan kaldırmaktır. Her ne kadar QCD içeren olayların çoğunluğu sırsıra jet içeren olaylar olsa da uyguladığımız kısıtlamalar sonucunda $\Delta\phi < 2.5 \text{ rad}$ içerisinde QCD'ye ait olaylar belirlendi. Uygulanan kısıtlamanın daha da iyileştirilmesi gerektiğini gördük. Bu kısıtlama sonucunda gerçek verinin ve tüm olay benzetimlerinin sahip oldukları olay sayısı kısım 4.4'te yer alan çizelgelerden görülebilir.

4.4. Değerlendirme

Uygulanan tüm kısıtlamalardan sonra olay benzetimi ve gerçek veri arasında iyi bir uyum yakaladık. Ayrıca uygulanan kısıtlamalarla birlikte araştırdığımız durumlara ait olay sayısı aşağıda yer alan çizelgelerde verildi.

Çizelge 4.1. Gerçek veride ve olay benzetiminde incelenen durumlara ait olay sayıları.

	Tüm e^- , e^+ Sayısı	e^- Sayısı	e^+ Sayısı	Tüm W Sayısı	W^- Sayısı	W^+ Sayısı
Kısıtlama Yok (MC)	419575	141518	278057	408421	135939	272482
Kısıtlama Yok (DATA)	82493	30630	51863	79519	29145	50374
Met<200(MC)	121945	38518	83427	119927	37508	82419
Met<200(DATA)	15684	5461	10223	15076	5165	9911
Gürültü Temizleme(MC)	115646	36696	78950	113714	35730	77984
Gürültü Temizleme(DATA)	14870	5189	9681	14288	4906	9382
1.Jet<110 (MC)	111751	35273	76478	109943	34369	75574
1.Jet<110 (DATA)	14358	5000	9358	13808	4733	9075
Jet Sayısı<3 (MC)	75739	22495	53244	74891	22072	52819
Jet Sayısı<3 (DATA)	9097	2962	6135	8815	2824	5991
DeltaPhi<2.5 (MC)	70147	20715	49432	69347	20316	49031
DeltaPhi<2.5 (DATA)	8454	2753	5701	8188	2622	5566

Olay benzetimi ile gerçek veri arasındaki uyumu daha net belirlemek amacı ile uygulanan kısıtlamalardan sonra W^- ve W^+ sayılarını oranladık bu oran tüm dik kütle aralığı için;

$$\frac{W^+}{W^-} = 2.413 \text{ (MC)} \quad \frac{W^+}{W^-} = 2.122 \text{ (DATA)} \quad \text{ile verilmektedir.}$$

Yukarıda görüldüğü üzere bulunan değerler birbirine çok yakındır. Buna ek olarak bir de 50-100 GeV/c² dik kütle aralığına düşen olay sayılarına ve yukarıda hesaplanan orana bakılacak olursa;

Çizelge 4. 2. Gerçek veride ve olay benzetiminde W bozon için belirlenen 50-100 GeV/c² dik kütle aralığındaki olay sayıları

	Tüm W Sayısı (50-100 GeV/c ² Dik Kütle)	W ⁻ Sayısı (50-100 GeV/c ² Dik Kütle)	W ⁺ Sayısı (50-100 GeV/c ² Dik Kütle)
Kısıtlama Yok (MC)	224305	69625	154680
Kısıtlama Yok (DATA)	37368	12599	24769
Met<200 (MC)	57676	16693	40983
Met<200 (DATA)	7378	2357	5021
Gürültü Temizleme (MC)	54689	15887	38802
Gürültü Temizleme (DATA)	7014	2240	4774
1.Jet<110 (MC)	52851	15264	37587
1.Jet<110 (DATA)	6761	2150	4611
Jet Sayısı<3 (MC)	36677	10022	26655
Jet Sayısı<3 (DATA)	4418	1316	3102
DeltaPhi<2.5 (MC)	33958	9213	24745
DeltaPhi<2.5 (DATA)	4111	1231	2880

50-100 GeV/c² dik kütle aralığına düşen W^- ve W^+ sayıları oranı aşağıdaki gibi;

$$\frac{W^+}{W^-} = 2.680 \text{ (MC)} \quad \frac{W^+}{W^-} = 2.339 \text{ (DATA)} \quad \text{verilmektedir.}$$

Burada da olay benzetimi ile gerçek veri arasındaki uyum açıkça görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma sonunda CMS detektörü içerisinde bir çok olay sonrası ortaya çıkan elektronlar ve pozitronların iyi bir şekilde tespit edildiği ortaya konulmuştur. Gerçek veri ve olay benzetimi arasındaki uyum sergilenmiştir. W bozonlarına ait dik momentum ve dik kütle dağılımı, olay benzetimi ve gerçek veri kıyaslanarak gösterilmiştir. Analiz öncesi hedef, gerçek veri içerisindeki elektron ve pozitron sayılarını belirleyip bunlara ait dik momentum dağılımının olay benzetimiyle uyumlu olup olmadığını incelemektir. Çeşitli kısıtlamalar getirerek gerçek verideki olayların olay benzetimiyle uyumuna bakıldı. Yapılan bu çalışma sonunda gerçek veri içerisinde belirlenen elektron ve pozitronların teoremin öngördüğü olay benzetimiyle oldukça uyumlu olduğu görüldü.

Öte yandan bu çalışmanın temelini oluşturan W bozonunun gerçek veri içerisinde doğru olarak belirlenmesi ana hedefti. Bu çalışma sonrasında uygulanan kısıtlamaların sonunda gerçek W bozonuna ait verilerin olay benzetimiyle uyum içerisinde olduğu gözlemlendi. Kısıtlamaların doğru şekilde çalıştığı görüldü. Ayrıca QCD olaylarını elemek için kullandığımız kısıtlamanın iyileştirilmesi gerektiğini görüldü.

Standart model ötesi fiziğin araştırılması için yapılan deneylerde gerçek veriler içerisindeki olayların doğru olarak belirlenmesi önem taşımaktadır. Diğer analizlere ışık tutacak nitelikte olan bu çalışma CMS detektörü içerisinde elektronların ve pozitronların daha da doğru bir şekilde belirlenmesini sağlayacak niteliktedir.

2012 yılı süresince alınan verinin büyüklüğü, çarpışmanın kütle merkezi enerjisinin artmasından dolayı 2011 yılına göre daha fazla olacaktır. Bu da alınan bu veriler içerisinde istenilen olayları belirlemek için daha uygun kısıtlamalar gerektirebilir.

KAYNAKLAR

- ARKANI-HAMED N., DIMOPOULOS S., DVALI G.,1998 The hierarchy. problem and new dimensions at a millimeter. Phys. Lett. B 429 263.
- CMS Collaboration 2006. “Detector Performance and Software”, CMS Physics Technical Design Report, Volume 1.
- CMS Collaboration, 2008, “The CMS Experiment at the CERN LHC”
- DERELİ T. “Elektrozayıf Etkileşimlerin Kuantumlu Yapısı” (Bilim Teknik Dergisi - Şubat 2000)
- MoEDAL 2009. “Technical Design Report” Volume1.
- WIKİPEDIA, http://en.wikipedia.org/wiki/Fundamental_interaction (Erişim Tarihi: 27 Haziran 2012)
- <http://lhc.web.cern.ch/lhc/lhc-designreport.html> (Erişim Tarihi:16 Aralık 2011)
- http://atlas.ch/what_is_atlas.html#4 (Erişim Tarihi: 11 Haziran 2012)
- <http://alice-detector-facilities.web.cern.ch/Alice-Detector-Facilities/> (Erişim Tarihi: 12 Haziran 2012)
- <http://public.web.cern.ch/public/en/lhc/lhcb-en.html> (Erişim Tarihi: 12 Haziran 2012)
- <http://cms-tracker.web.cern.ch/cms-tracker/TKpictures/TKinstall/> (Erişim Tarihi: 14 Haziran 2012)
- http://www.interactions.org/cms/?pid=2100&image_no=CE0184 (Erişim Tarihi: 16 Haziran 2012)
- <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/madde/index.html> (Erişim Tarihi: 27 Haziran 2012)
- <http://indico.cern.ch/getFile.py/access?resId=0&materialId=slides&confId=62834> (Erişim Tarihi: 28 Haziran 2012)

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Adana’da doğdu. İlk ve ortaöğremini Ankara Altınordu İlköğretim Okulu’nda, lise eğitimini Ankara Eryaman Lisesi’nde tamamladı. Lisans öğrenimini 2008 yılında Konya Selçuk Üniversitesi Fizik Öğretmenliği Bölümü’nde tamamladı. 2010 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim dalında tezli yüksek lisans öğrenimine başladı.2011 yılının Ağustos-Aralık ayları arasında Amerika’daki FERMİLAB’ta yüksek lisans tez çalışmalarını yürüttü. Halen aynı enstitüde tezli yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir.