



Gaziosmanpaşa Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü

## Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi

Dergiye Geliş Tarihi: 19.08.2013  
Yayına Kabul Tarihi: 17.12.2013

Baş Editör: Naim Çağman  
Alan Editörü: Erhan Eser

### Aşağı Tipli Ağır Kuarkların Anormal Bağlaşımlarının Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nda $pp \rightarrow b'X$ Süreci ile İncelenmesi

İlkay TÜRK ÇAKIR<sup>a,1</sup> ([ilkay.turkcakir@gmail.com](mailto:ilkay.turkcakir@gmail.com))  
Hatice DURAN YILDIZ<sup>b</sup> ([hdyildiz@ankara.edu.tr](mailto:hdyildiz@ankara.edu.tr))

<sup>a</sup>Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, 06983, Kazan, Ankara

<sup>b</sup>Ankara Üniversitesi, Hızlandırıcı Teknolojileri Enstitüsü, 50. Yıl Kampüsü, 06830, Gölbaşı, Ankara

**Özet** – Günümüzde temel parçacıkları ve bunların aralarındaki etkileşimleri matematiksel olarak açıklayan üç aileli Standart Model, parçacık fiziği'nin temel kuramıdır. Standart Modelin öngörülerinin birçoğu parçacık fiziği laboratuvarlarında yapılan deneylerle kanıtlanmış olmasına rağmen, bu model kütle çekim kuvvetini içerecek şekilde birleştirilememiştir ve evrendeki baryon asimetrisi, yük-parite ihlali, karanlık madde olgusu, hiyerarşi problemi gibi konularda yeterli bilgi sağlayamamıştır. Bu nedenle Standart Modele yeni ağır fermiyonlar eklenerek genişletilmesine ilişkin çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle ağır kuark kütlelerine getirilen güncel sınırlamalar düşünüldüğünde, bu kuarkların kütlelerinin alt kuark kütlelerinden daha büyük olmaları ve Standart Model kuarklarından farklı bir dinamiğe sahip olmaları beklenmektedir. Bu çalışmada, aşağı tipli ağır kuarkların,  $pp \rightarrow b'X$  süreci kullanılarak anormal etkileşimleri ile rezonans üretimi ve bozunum modları incelenmiştir. Ayrıca bu kuarkların kütle ve bağlaşım parametreleri üzerine hesaplamalar yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** –  
Aşağı tipli ağır kuark,  
anormal bağlaşım,  
CKM matrisi.

Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research 8 (2013) 56-64

### The Investigation of Anomalous Couplings of the Down Type Heavy Quark through $pp \rightarrow b'X$ Process at Large Hadron Collider

**Abstract** – The three-family Standard Model, which explains the subatomic particles and the interactions between them, is today the fundamental theory of the particle physics. Although most of the predictions of the Standard Model are proved by the experiments done in the particle physics laboratories, this model could not be generalised to include the gravitational force or could not give enough information about the baryon asymmetry in the universe, the charge-parity violation, the dark matter phenomenon or the hierarchy problem.

**Keywords** –  
Down type heavy quark,  
anomalous coupling,  
CKM matrix

<sup>1</sup>Sorumlu Yazar

For this reason, various works have been done for generalising the Standard Model by adding heavy fermions to it. Especially considering about the recent limitations on the heavy quark masses, it is expected that these quark masses must be bigger than the bottom quark mass and they must have a different kind of dynamics from the Standard Model quarks. In this work, we have investigated anomalous interactions, resonance productions and decaying modes of bottom type heavy quarks using  $pp \rightarrow b'X$  process. Furthermore, various calculations are done on the mass and mixing parameters of these quarks.

Received: 19.08.2013

Accepted: 17.12.2013

## 1. Giriş

Maddenin temel yapıtaşları olan parçacıkları sınıflandıran, bunların arasındaki etkileşimleri inceleyen parçacık fiziğinin Standart Modeli'nde (SM), temel fermiyonlar leptonlar ve kuarklar olarak adlandırılır. Bu fermiyonlar üç adet fermiyon ailesi şeklinde gruplanır fakat bu aile sayısı SM çerçevesinde doğrudan öngörülmemiştir. Birinci SM ailesi fermiyonları yukarı (u) ve aşağı (d) kuark, elektron ve elektron nötrinosu yaşadığımız evrenin görünür kısmını oluşturmaktadır. Diğer taraftan evrenin maddeden oluşumunun sağlanabilmesi için en azından üç SM ailesi gerekmektedir.

SM'in en önemli çözülmemiş problemlerinden biri fermiyon ailesi sayısını tam olarak belirleyememiş olmasıdır. Aile çeşni yapısını anlamamızda ek bir fermiyon ailesi büyük rol alabilir. Bu ek aile, 500-800 GeV aralığında kütleleri olabilecek kuark ikilisi ( $t'$ ,  $b'$ ) içerir. ATLAS Deney sonuçları, kütle merkezi enerjisi 7 TeV ve toplanmış ışınlık  $4.7 \text{ fb}^{-1}$  olacak şekilde lepton+jet son durumu için yapılan çalışmalarda  $BR(t \rightarrow W^+b) = 1$  varsayımı ile dördüncü aile aşağı tip kuark kütlesine ( $m_{b'}$ ) getirilen alt sınır 570 GeV [1] olarak belirlenirken, CMS Deneyi aynı son durumda toplanmış ışınlık  $4.9 \text{ fb}^{-1}$  iken  $m_{b'} > 611 \text{ GeV}$  [2] olarak belirlemiştir. Ayrıca dördüncü aile kuarklarına Tevatron'da ve LHC'de Higgs bozonu üretim sürecinden [3-6] sınırlamalar getirilmiştir. Ayrıca dördüncü aile yukarı tipli kuarklar için de çalışmalar yapılmıştır [7].

Dördüncü aile kuarkların bozunumları, çeşitli yeni fizik etkileri ile veya genişletilmiş bir elektrozayıf simetri kırılması nedeniyle değişebilirse, dördüncü aile modeli üzerine sınırlamalar bir miktar esnek olabilir. Ayrıca dördüncü aile fermiyonları ilmek diyagramındaki katkısı nedeniyle Higgs'in fenomenolojisini  $\Gamma(H \rightarrow VV)$  yoluyla etkileyebilir. Standart Modeldeki Higgs sektörü, iki Higgs ikilisi modeli (2HDM) gibi modellere genişletildiği zaman bu sınırlar daha da esnek olabilir. Bu olasılıklar göz önüne alınarak, ağır fermiyon ailesi kuarklarının kütle alt sınırları 600 GeV civarında düşünülebilir.

Bu çalışmada, aşağı tipli yeni bir ağır kuarkın anormal bağlaşımlarla rezonans üretimi ( $pp \rightarrow b'X$ ) ve zayıf etkileşme yoluyla bozunumu ( $b' \rightarrow W^+t$ ), Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nın 14 TeV'lik kütle merkezi enerjisi göz önüne alınarak incelenmiştir. Çalışma süresince yapılan hesaplamalar sırasında, genel olarak bir efektif model çerçevesinde ağır kuarklar düşünüldüğü için 600 ve 700 GeV kütle değerlerine göre parametrize edilmiş CKM'ler [8] kullanılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Yeni ağır bir fermiyon ailesine ait kuarkların (t',b') etkileşmeleri aşağıdaki Lagranjiyen ile verilebilir:

$$\begin{aligned}
 L = & -g_e \sum_{Q_i=b',t'} \bar{Q}_i \gamma^\mu Q_i A_\mu - g_s \sum_{Q_i=b',t'} \bar{Q}_i T^a \gamma^\mu Q_i G_\mu^a \\
 & - \frac{g_e}{2 \cos \theta_W \sin \theta_W} \sum_{Q_i=b',t'} \bar{Q}_i \gamma^\mu (g_V^i - g_A^i \gamma^5) Q_i Z_\mu^0 \\
 & - \frac{g_e}{2\sqrt{2} \sin \theta_W} \sum_{Q_{ij}=b',t'} V_{ij} \bar{Q}_i \gamma^\mu (1 - \gamma^5) q_j W_\mu^\pm + h.c.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Burada  $A_\mu$ ,  $G_\mu$ ,  $Z_\mu$  ve  $W_\mu$  sırasıyla fotonun, gluonun, Z bozonun ve W bozonun vektör alanlarıdır.  $Q_{ei}$  ek aile kuarklarının elektrik yükü ve  $T^a$  Gell-Mann matrisleridir. Ayrıca  $g_e$  elektromanyetik bağlanma sabiti ve  $g_s$  kuvvetli bağlanma sabitidir.

Ek bir aile ağır kuarkları için karışım matrisleri aşağı tipli ağır kuark kütleleri  $m_{b'} = 600$  GeV ve  $m_{t'} = 700$  GeV için sırasıyla aşağıdaki şekilde yazılabilir [8].

$$|V_{600}| = \begin{pmatrix} 0.9741 & 0.2256 & 0.0035 & 0.00140 \\ -0.2258 & 0.9726 & 0.0414 & 0.0339 \\ 0.0089 & -0.0423 & 0.9924 & 0.1149 \\ -0.0058 & 0.0343 & -0.1155 & 0.9926 \end{pmatrix} \tag{2}$$

$$|V_{700}| = \begin{pmatrix} 0.9741 & 0.2256 & 0.0035 & 0.00130 \\ -0.2258 & 0.9727 & 0.0414 & 0.0309 \\ 0.0088 & -0.0423 & 0.9920 & 0.1179 \\ -0.0056 & 0.0309 & -0.1185 & 0.9924 \end{pmatrix} \tag{3}$$

Yeni ağır kuarkların anormal etkileşmeleri için etkin Lagranjiyen aşağıdaki gibi verilir:

$$\begin{aligned}
 L = & -g_e \sum_{Q_i=u,c,t} \frac{\kappa_\gamma^{q_i}}{\Lambda} \bar{Q}_i g_e \bar{t}' \sigma_{\mu\nu} q_i F_{\mu\nu} + \sum_{Q_i=u,c,t} \frac{\kappa_z^{q_i}}{2\Lambda} \bar{Q}_i g_z \bar{t}' \sigma_{\mu\nu} q_i Z^{\mu\nu} \\
 & + \sum_{Q_i=u,c,t} \frac{\kappa_g^{q_i}}{2\Lambda} g_s \bar{t}' \sigma_{\mu\nu} \lambda_a q_i G_a^{\mu\nu} + h.c. \\
 & + \sum_{Q_i=d,s,b} \frac{\kappa_\gamma^{q_i}}{\Lambda} \bar{Q}_i g_e \bar{t}' \sigma_{\mu\nu} q_i F_{\mu\nu} + \sum_{q_i=d,s,b} \frac{\kappa_z^{q_i}}{2\Lambda} g_z \bar{b}' \sigma_{\mu\nu} q_i Z^{\mu\nu} \\
 & + \sum_{q_i=d,s,b} \frac{\kappa_g^{q_i}}{2\Lambda} g_s \bar{b}' \sigma_{\mu\nu} \lambda_a q_i G_a^{\mu\nu} + h.c.
 \end{aligned} \tag{4}$$

Burada  $F_{\mu\nu}$ ,  $Z_{\mu\nu}$  ve  $G_{\mu\nu}$  ayar alan tensörleri ve  $g_z = g_e / \cos \theta_w \sin \theta_w$  ve  $\theta_w$  zayıf karışım açısıdır.  $\sigma_{\mu\nu} = i(\gamma_\mu \gamma_\nu - \gamma_\nu \gamma_\mu) / 2$ ,  $\lambda_a$  Gell-Mann matrisleri,  $Q_{qi}$  kuarkın elektrik yükü,  $g_e$ ,  $g_z$  ve  $g_s$  sırasıyla elektromanyetik, yüksüz, zayıf ve kuvvetli bağlanma sabitleridir.  $\kappa_z$  Z-bozonuna,  $\kappa_\gamma$  fotona ve  $\kappa_g$  ise gluona ait olan anormal bağlanımlardır.  $\Lambda$  ise yeni fizik ölçeğidir.

$\kappa/\Lambda$ (TeV <sup>-1</sup> )	0.01	0.05	0.1	0.5	1
W <sup>u</sup>	1.3	1.2	0.84	0.083	0.022
W <sup>c</sup>	7.5	6.6	4.7	0.47	0.12
W <sup>t</sup>	91	79	57	5.6	1.5
Z <sup>d</sup>	0.013	0.28	0.8	2	2.1
Z <sup>s</sup>	0.013	0.28	0.8	2	2.1
Z <sup>b</sup>	0.013	0.28	0.8	2	2.1
$\gamma^d$	0.001	0.023	0.065	0.16	0.17
$\gamma^s$	0.001	0.023	0.065	0.16	0.17
$\gamma^b$	0.001	0.023	0.065	0.16	0.17
g <sup>d</sup>	0.19	4.1	12	29	31
g <sup>s</sup>	0.19	4.1	12	29	31
g <sup>b</sup>	0.19	4.1	12	29	31

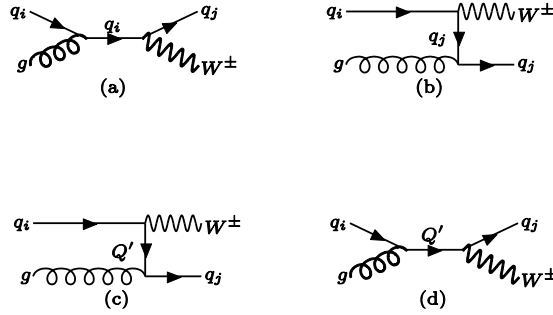
**Tablo 1.** Yeni ağır kuark kütlesi  $m_b=600$  GeV için farklı anormal bağlaşım parametrelerine ( $\kappa/\Lambda$ ) göre dallanma oranları (%).

Tablo 1’de ağır kuark kütlesi  $m_b'=600$  GeV için farklı anormal bağlaşım parametrelerine göre dallanma oranları (%) CompHEP programı [Ref.] kullanılarak hesaplanmıştır. Anormal bağlaşım küçük olduğunda dallanma oranları içerisinde en büyük katkı modu W<sup>t</sup> kanalından gelmektedir. Bu durumda en küçük anormal katkı foton ve kuark son durumlarından gelmektedir. Büyük anormal bağlaşımarda en büyük katkı gluon ve kuark anormal bağlaşımından gelmektedir. Tablo 2’de ise burada yapılan hesaplamaların aynı 700 GeV kütle için yapılmış olup yine aynı kanallarda bozunumlar benzer sonuçları vermektedir.

**Tablo 2.** Yeni ağır kuark kütlesi  $m_b=700$  GeV için farklı anormal bağlaşım parametrelerine ( $\kappa/\Lambda$ ) göre dallanma oranları (%).

$\kappa/\Lambda$ (TeV <sup>-1</sup> )	0.01	0.05	0.1	0.5	1
W <sup>u</sup>	1.7	1.5	1	0.097	0.025
W <sup>c</sup>	9.9	8.6	6	0.57	0.15
W <sup>t</sup>	88	76	53	5	1.3
Z <sup>d</sup>	0.014	0.3	0.84	2	2.1
Z <sup>s</sup>	0.014	0.3	0.84	2	2.1
Z <sup>b</sup>	0.014	0.3	0.84	2	2.1
$\gamma^d$	0.0011	0.025	0.069	0.16	0.17
$\gamma^s$	0.0011	0.025	0.069	0.16	0.17
$\gamma^b$	0.0011	0.025	0.069	0.16	0.17
g <sup>d</sup>	0.2	4.4	12	29	31
g <sup>s</sup>	0.2	4.4	12	29	31
g <sup>b</sup>	0.2	4.4	12	29	31

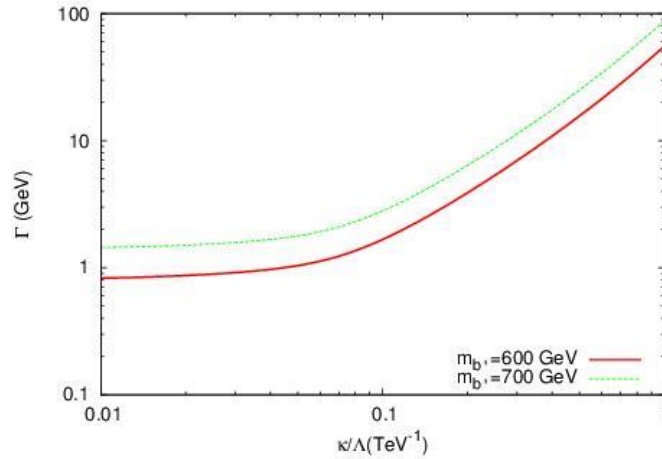
Ek fermiyon ailesinin diğer parçacıklarla etkileşme terimleri CompHEP programına [9] yazılarak model dosyaları hazırlanmış ve hesaplamalar bu program kullanılarak yapılmıştır. Sayısal hesaplamalarda parton dağılım fonksiyonu (PDF) olarak CTEQ6M parametrizasyonu [10] kullanılmış ve hesaplamalar sırasında  $Q^2=m_b^2$  seçimi yapılmıştır.



Şekil 1. Anormal  $Q'qg$  ( $Q'=b'$ ) köşesini içeren  $q_i \rightarrow W^\pm q_j$  altsüreci için Feynman diyagramları

Tesir kesiti hesaplamalarında, Şekil 1'de verilen üretim diyagramları gözönüne alınmış ve rezonans durumu için  $b'$  kuarkın bozunma genişliği her bir kütle ve bağlaşım sabiti değeri için hesaplanarak modele eklenmiştir.

Şekil 2'de ise farklı anormal bağlaşım parametrelerine göre bozunma genişliği hesaplanmıştır.  $\kappa/\Lambda$ 'nın  $0.1 \text{ TeV}^{-1}$  değerinden itibaren bozunma genişliğinde önemli bir artış meydana gelmektedir. Ayrıca,  $700 \text{ GeV}$  kütledeki ağır kuarkın bozunma genişliğinin  $600 \text{ GeV}$ 'dekine göre yaklaşık iki kat daha büyük olduğu gözlenmiştir.



Şekil 2. Farklı kütleler için bozunma genişliğinin anormal bağlaşım parametrelerine göre değişimi.

Farklı anormal bağlaşım parametrelerine göre bozunma genişlikleri (2. sütun) ve üretim tesir kesitleri hesaplanmış olup Tablo 3'de (3. ve 4. sütunlar) verilmiştir. Burada  $\bar{b}'$  üretimi için hesaplanan tesir kesitlerinin,  $b'$  üretimi için hesaplanan tesir kesitlerinden yaklaşık 4-5 kat büyük olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 3.** Kütle merkezi enerjisi  $\sqrt{s}=14$  TeV'de  $m_b=600$  GeV için ilgili sürecin tesir kesitleri (pb) ve aynı kütleye karşı gelen ağır kuarkın farklı bağlaşım parametreleri için bozunma genişlikleri (GeV).

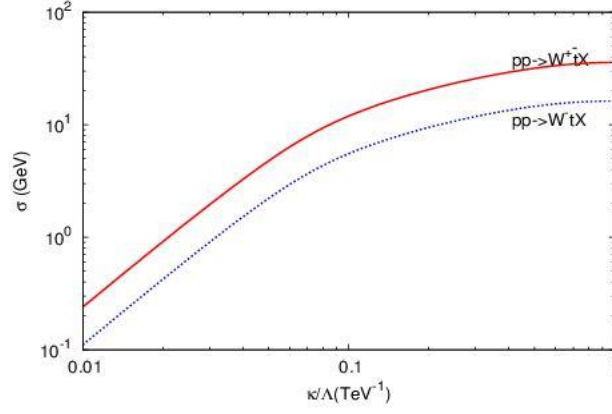
$\kappa/\Lambda$ (TeV <sup>-1</sup> )	$\Gamma$ (GeV)	$\sigma(b')$	$(\sigma(\bar{b}'))$
0.01	0.824	0.110	0.239
0.03	0.867	0.951	2.056
0.05	0.954	2.400	5.127
0.07	1.085	4.141	8.950
0.09	1.259	5.904	12.760
0.10	1.362	6.718	14.555
0.30	5.710	14.435	31.247
0.50	14.405	15.821	34.415
0.70	27.449	16.163	35.304
0.90	44.840	16.220	35.719
1.00	55.166	16.136	35.808

Tablo 4'de ise yeni ağır kuark kütlesi  $m_b=700$  GeV için farklı anormal bağlaşım parametrelerine göre bozunma genişlikleri (2. sütun) ve üretim tesir kesitleri (3. ve 4. sütunlar) verilmiştir.

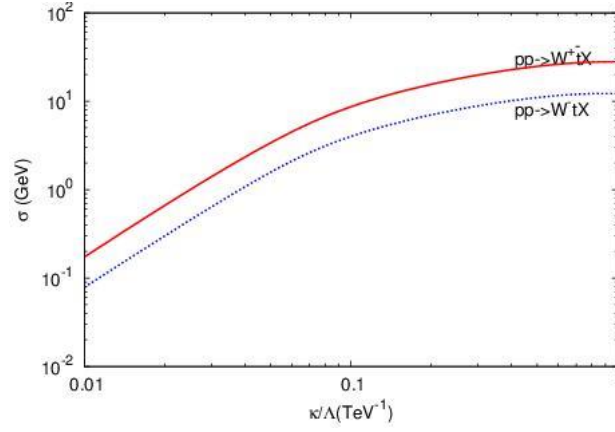
**Tablo 4.** Kütle merkezi enerjisi  $\sqrt{s}=14$  TeV'de  $m_b=700$  GeV için ilgili sürecin tesir kesitleri (pb) ve aynı kütleye karşı gelen ağır kuarkın farklı bağlaşım parametreleri için bozunma genişlikleri (GeV).

$\kappa/\Lambda$ (TeV <sup>-1</sup> )	$\Gamma$ (GeV)	$\sigma(b')$	$(\sigma(\bar{b}'))$
0.01	1.436	0.078	0.172
0.03	1.505	0.667	1.496
0.05	1.643	1.692	3.798
0.07	1.851	2.960	5.611
0.09	2.127	4.262	9.531
0.10	2.291	4.879	10.919
0.30	9.199	10.911	24.436
0.50	23.016	12.009	27.013
0.70	43.442	12.396	27.944
0.90	71.376	12.257	27.890
1.00	87.784	12.168	27.926

Şekil 3 ve Şekil 4' de sırası ile ağır kuark kütlesi 600 ve 700 GeV alınarak tesir kesitleri çizilmiştir. Bu şekillerde  $\kappa/\Lambda$ 'nın 0.06 TeV<sup>-1</sup> değerine kadar tesir kesitinde hızlı artış gözleendiği ve bu değerden itibaren bu artışın yavaşladığı gözlenmiştir. Ayrıca, her iki şekilde  $\bar{b}'$  üretimi tesir kesiti protonda baskın u-kuark dağılımından dolayı  $b'$  üretimi tesir kesitinden büyük olduğu gözlenmektedir.



Şekil 3. Aşağı tipli ağır kuark kütlesi  $m_b = 600$  GeV için anormal bağlaşım parametresine göre tesir kesitleri



Şekil 4. Yeni ağır kuark kütlesi  $m_b = 700$  GeV için anormal bağlaşım parametresine göre tesir kesitleri

W bozona eşlik eden jetin enine momentumuna, farklı sınırlar konularak arkaplan tesir kesitlerinin değerleri Tablo 5’de elde edilmiştir. Analiz kısmında ise,  $p_T > 50$  GeV sınırlaması alınarak elde edilen arka plan tesir kesitleri  $W^-W^+W^-b$  için 16.0 pb ve  $W^-W^+b\bar{b}$  için ise 14.2 pb değerleri kullanılmıştır.

Tablo 5. Üç farklı enine momentum sınırlamaları konularak hesaplanmış arkaplan tesir kesitleri

Arkaplan	$p_T > 20$ GeV	$p_T > 50$ GeV	$p_T > 100$ GeV
$W^+W^-b$	22.0	16.0	4.27
$W^-W^+b\bar{b}$	21.2	14.2	3.08

**Tablo 6.** Kütle merkezi enerjisi 14 TeV ve toplanmış ışınlık 100 fb<sup>-1</sup> için farklı anormal bağlaşım parametrelerine göre m<sub>b</sub>'=600 GeV için b' (  $\bar{b}'$  ) tesir kesitleri (pb) ve istatistik önem (S/√B) değerleri.

$\kappa/\Lambda$ (TeV <sup>-1</sup> )	$\sigma(b') (\sigma(\bar{b}'))$	S/√B
0.01	0.110 (0.239)	2.607 (6.011)
0.05	2.400 (5.127)	56.849 (128.907)
0.10	6.718 (14.555)	159.130 (365.930)
0.50	15.821 (34.415)	374.727 (856.256)
1.00	16.136 (35.808)	382.188 (900.279)

Tablo 3 ve Tablo 4'den sinyal tesir kesitleri Tablo 5'deki arkaplan tesir kesitleri kullanılarak sinyal istatistik önem (S/√B) değerleri hesaplanmıştır. Burada S sinyal olaylarını ve B ise arkaplan olaylarını temsil eder. Hesaplamalar sırasında b-etiketlemesi (%60) ve toplanmış ışınlık L=100 fb<sup>-1</sup> değerleri kullanılmıştır. Ayrıca W bozonlardan birinin leptonlara ve diğerinin ise jetlere bozunduğu kabul edilmiştir.

**Tablo 7.** Kütle merkezi enerjisi 14 TeV ve toplanmış ışınlık 100 fb<sup>-1</sup> için farklı anormal bağlaşım parametrelerine göre m<sub>b</sub>'=700 GeV için b' (  $\bar{b}'$  ) üretimi tesir kesitleri (pb) ve istatistik önem (S/√B) değerleri.

$\kappa/\Lambda$ (TeV <sup>-1</sup> )	$\sigma(b') (\sigma(\bar{b}'))$	S/√B
0.01	0.078 (0.172)	1.8545 (4.336)
0.05	1.692 (3.798)	40.075 (95.503)
0.10	4.879 (10.919)	115.561 (274.523)
0.50	12.009 (27.013)	284.438 (679.158)
1.00	12.168 (27.926)	288.204 (702.111)

Tablo 6'da, b' ve (  $\bar{b}'$  ) üretimi tesir kesitleri (pb) ve istatistik önem (S/√B) değerleri, ağır kuark kütlesi 600 GeV, kütle merkezi enerjisi 14 TeV ve toplanmış ışınlık 100 fb<sup>-1</sup> için farklı anormal bağlaşım parametrelerine göre verilmiştir. Aynı hesaplamalar Tablo 7'de ağır kuark kütlesi 700 GeV için verilmiştir. Bu tablolardan S/√B'nin,  $\kappa/\Lambda$  arttığı zaman büyük değerler aldığı görülmektedir. Anormal bağlaşım  $\kappa/\Lambda=0.01$  TeV<sup>-1</sup> olduğunda 600 GeV ve 700 GeV kütleli ağır kuarklar (b') için istatistik önemin sırasıyla 2.67 ve 1.85 olduğu bulunmuştur. Aşağı tipli ağır karşit-kuark  $\bar{b}'$  bozunumu son durumdaki yüklü lepton işaretinden algılanabildiği için Tablo 6 ve Tablo 7'de ayrıca gösterilmiştir. Bu durumda istatistik önem, 600 GeV ve 700 GeV kütle değerleri için sırasıyla 6.011 ve 4.336 elde edilmiştir.

### 3. Sonuçlar

Kütle merkezi enerjisi  $\sqrt{s} = 14$  TeV ve toplanmış ışınlık 100 fb<sup>-1</sup> değerlerinde, Büyük Hadron Çarpıştırıcı'sının aşağı tipli ağır kuarkların anormal rezonans üretimi ile  $\kappa/\Lambda$ 'nın 0.01 TeV<sup>-1</sup> değerine kadar ulaşabileceği gösterilmiştir. Burada son durum olarak b-



jet+2jet+lepton+ $E_T$  kanalı için sonuçlar elde edilmiştir. Çalışılan süreçte üretilen W bozonun leptonik bozunma kanalı BR=0.22 ile diğer W bozonun hadronik bozunma kanalı BR=0.68 olarak hesaplara katılmış olup ayrıca b-etiketlemesi kullanılmıştır. Aşağı tipli ağır kuarkların yüksek enerjili çarpıştırıcılarda araştırılması parçacık fiziğinde kütle ve çeşni üzerine bilgiyi genişletecektir.

#### 4. Kaynaklar

- [1] Aad, G. *et al.* ATLAS Collaboration. Phys.Lett. B 718, 1284-1302, (2013).
- [2] Chatchyan, S *et al.* CMS Colaboration. Phys.Lett. B718, 307-328, (2012).
- [3] TEVNP, Tevatron New Phenomina and Higgs Working Group and CDF and D0 Collaborations), FERMILAB-CONF-12-065-E, CDF-NOTE-10806, D0-NOTE-6303 arXiv:1203.3774 [hep-ex].
- [4] Aad, G *et al.* ATLAS Collaboration, Phys. Lett. B716, 1 (2012).
- [5] Chatrchyan, S., *et al.* CMS Collaboartion, Phys. Lett. B 716, 30 (2012).
- [6] Branco, G. C.,*et al.* Phys. Rept. 516, 1 (2012).
- [7] Çakır, İ. T, *et al.* Phys. Rew. D 80, 095009 (2009).
- [8] Eilam, G., Melic, B., and Trampetic, J., Phys. Rev. D. 80, 116003, (2009).
- [9] Boss, E., *et al.* [CompHEP Collaboration], Nucl. Instrum. Meth. A 534, 250 (2004).
- [10] J. Pumplin, J., *et al.* JHEP0207, 012 (2002).