

# SM Ötesi kuramlar & işaretler



HPFBU 2014 - Gökhan Ünel / *U.C.Irvine*

- "Piyasa"daki SM Ötesi kuramlara bir bakış
- En önde gidem kuramların özgün işaretleri
  - $\sqrt{s} = 14\text{TeV}$  için ATLAS'ta beklenen sonuçlar, (CMS yaklaşık aynı)

# SM içeriđi

- ▶ *Fermionlar*: madde parçacığı
  - Kuvarklar & Leptonlar
- ▶ *Ayar kümesi yapısı*
  - ayar bosonlar: kuvvet taşıyıcılar

*SM aynı eski arabanız gibidir:  
seversiniz ama sorunları da vardır...*

- ▶ *EZ Bakışım Kırılması*
  - Higgs bosonu ile kütle kazanımı

- ▶  $3+1$  uzay-zaman

## ▶ *SM en doğru kuram olamaz:*

- Hierarchy sorunu:  $\delta H \sim M_H$
- EZ ve Güçlü kuvvetler birleşmiyor
- Gelişigüzel fermion kütleleri & karışımları
- Gelişigüzel aile sayısı
- Bilinmeyen baryon çıkış kaynağı

## ► En yaygın kuramların kısa özeti:

### • Büyük Birleşim Kuramları (BBK):

- SM ayar kümesi, ElektroZayıf ve Kuantum Renk Dinamiğini birleştirebilmek için,  $SO(10)$  gibi daha geniş kümelerin içine gömülür.
- ek fermiyonlar ve bosonlar öngörülür.

### • Küçük Higgs modelleri:

- Aniden kırılan küresel bakışım ile yaklaşık 10 TeV'de kesim konur.
- ek bosonlar ve kuvarklar ile sıradüzen(hierarchy) sorunu çözülür.

### • Ek Boyutlar:

- b boyutlu kuramlardaki düşük Planck ölçeği, EZ ve Çekim etkileşimlerin bağlaşım sabitleri arasındaki sıradüzen(hierarchy) sorununu çözer.
- SM boson ve fermiyonlarının uyarımları öngörülür.

### • Ve bir çok başkaları: Dördüncü Aile, Gizli Vadi, tenkirenk

► Bu modellerin çoğu üstün bakışım (supersymmetry) kuramını dışlamaz.

# SM'den SM ötesine

4.Aile

- ▶ *Fermionlar*: madde parçacığı
- Kuvarklar & Leptonlar

yeni kuvarklar

yeni leptonlar

lepto-kuvarklar

yeni bileşenler

bileşik modeller

BBK

- ▶ *Ayar kümesi yapısı*

Ayar Kümesi K

yeni ayar bosonları

- ayar bosonlar: kuvvet taşıyıcılar

Küçük Higgs

- ▶ *EZ Bakışım Kırılması*

- Higgs bosonu ile kütle kazanımı

Dinamik Bakışım Kırılması

Teknirenk

2HÇM

yeni sayılar

yeni EZBK yöntemleri

- ▶  $3+1$  uzay-zaman

yeni boyutlar

RS modelleri

ADD modelleri

# SM'den SM ötesine

4.Aile

► *Fermionlar*: madde parçacığı

- Kuvarklar & Leptonlar

yeni kuvarklar

yeni leptonlar

lepto-kuvarklar

yeni bileşenler

bileşik modeller

BBK

► *Ayar kümesi yapısı*

- ayar bosonlar: kuvvet taşıyıcılar

yeni ayar bosonları

Ayar Kümesi K

Küçük Higgs

► *EZ Bakışım Kırılması*

- Higgs bosonu ile kütle kazanımı

yeni sayıllar

yeni EZBK yöntemleri

Dinamik Bakışım Kırılması

Teknirenk

2HÇM

► *3+1 uzay-zaman*

yeni boyutlar

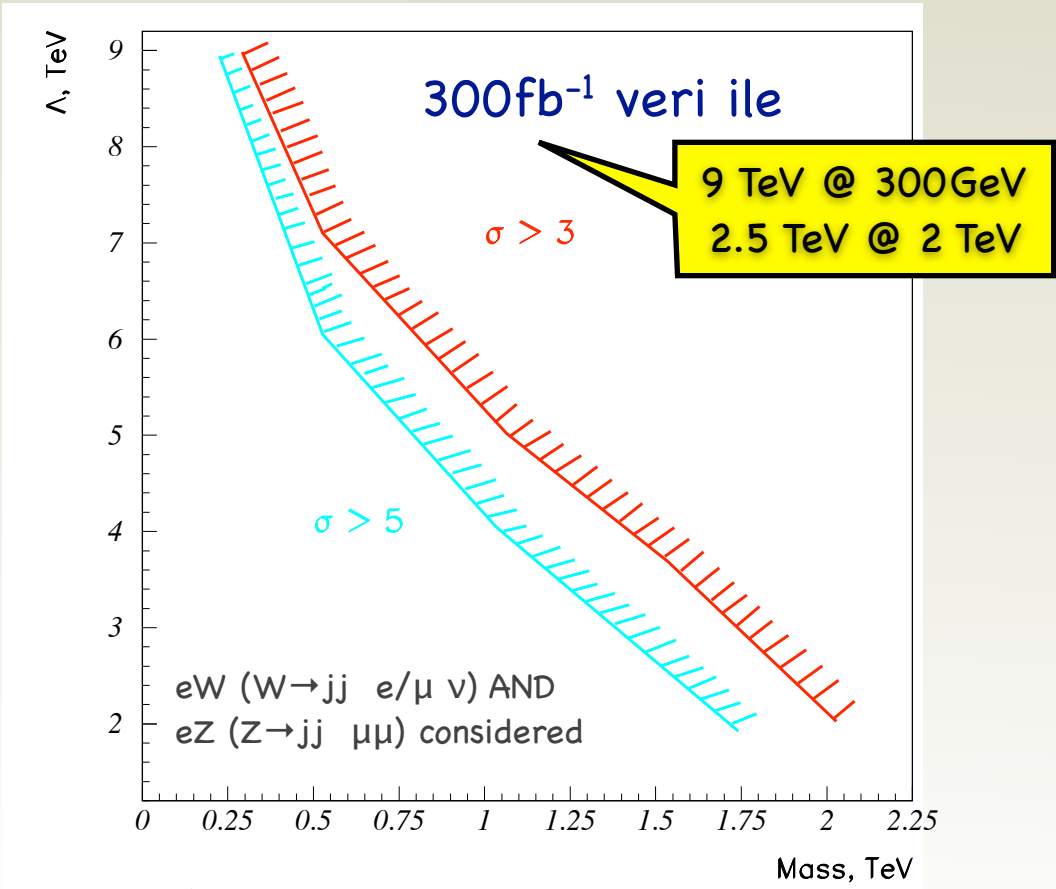
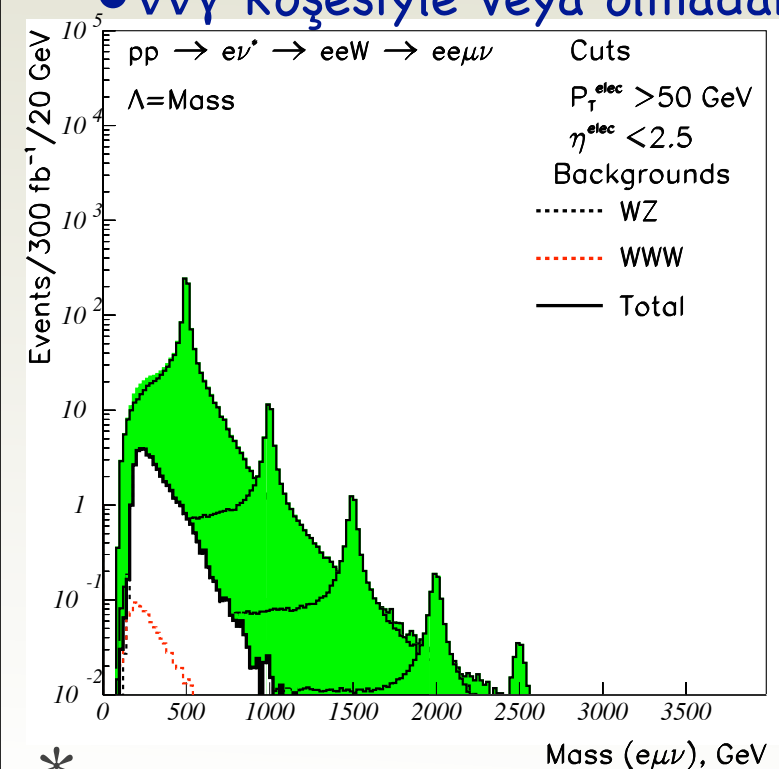
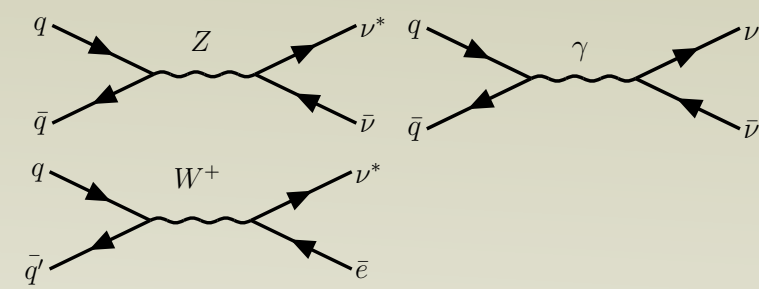
RS modelleri

ADD modelleri

# Yeni bileşenler uyarılmış $\nu^*$

SN-ATLAS-2004-047

- Öngören: bileşik (preonic) modeller
- Üretilmesi:  $\gamma, Z, W$  yoluyla tekli ( $\nu\nu^* / \nu^*e$ )
- Bozunması: boson + lepton:  $\nu\gamma, \nu Z, eW$ 
  - Hızlı MC temelli çalışma
  - nötrino kütleleri taranmış: [500,...,2500]
  - 2 bağlaşım olasılığı var:
    - $\nu\nu\gamma$  köşesiyle veya olmadan

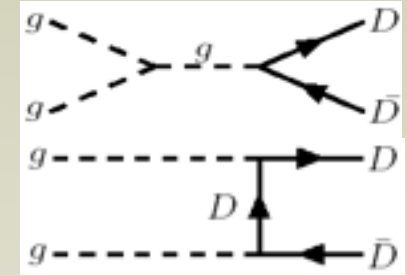


\* diğer uyarılmış fermionlar ( $e^*, q^*$ ) da çalışılmış, ama burada tartışılmıyor.

# Yeni Kuvarklar: $q=-1/3$ tekliler

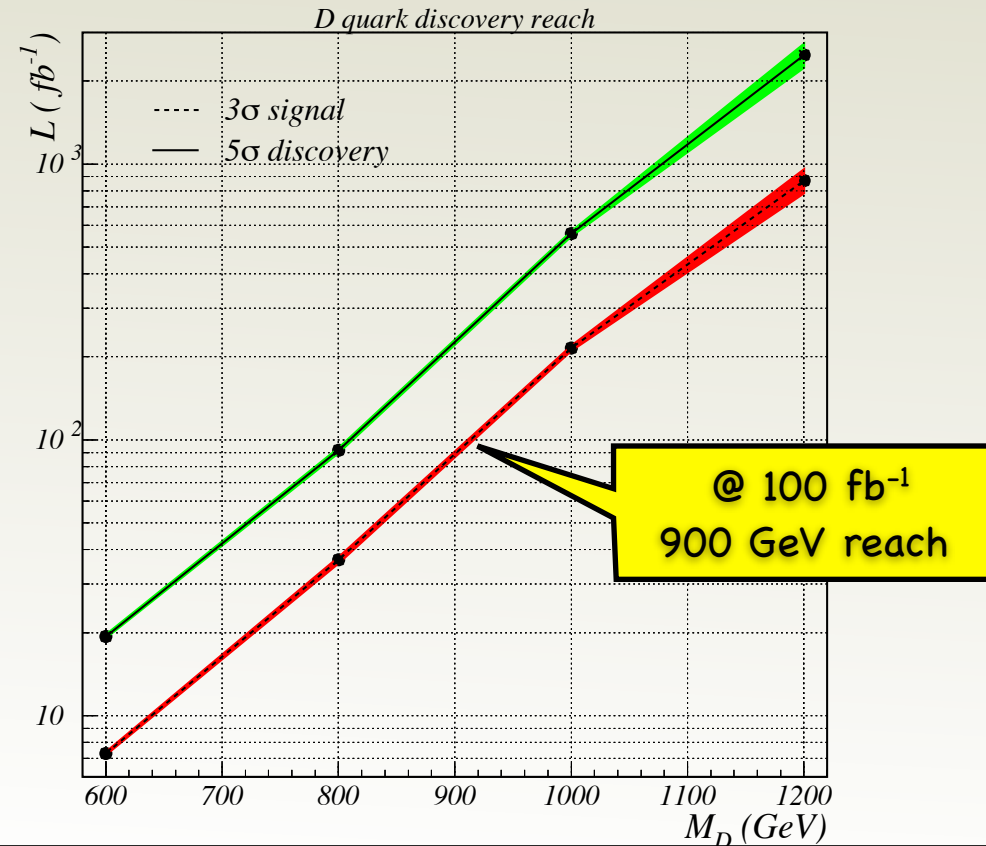
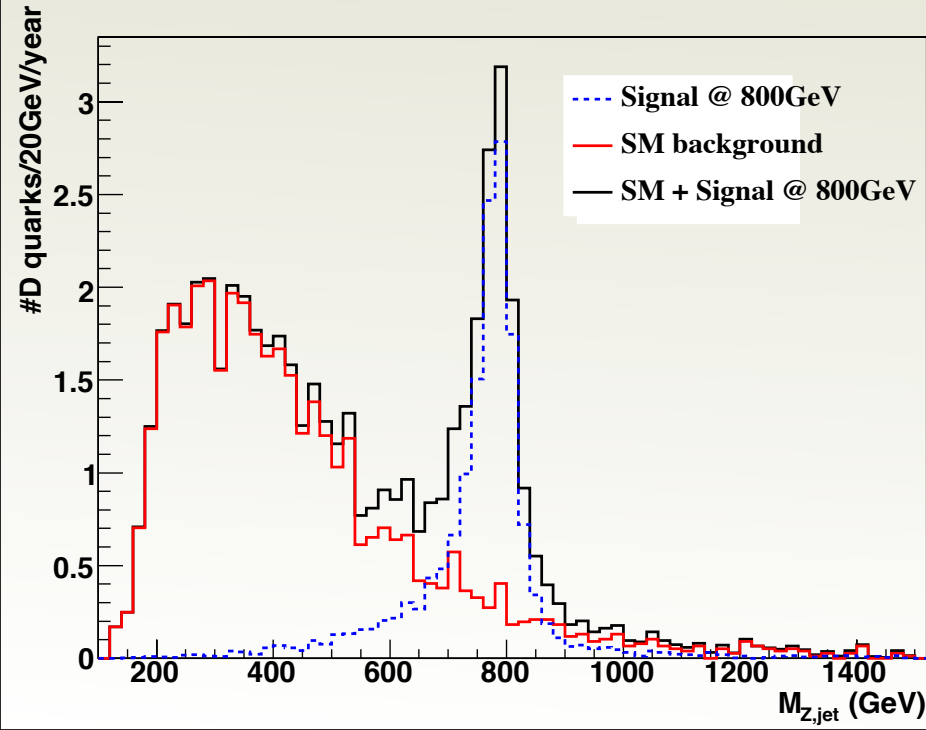
SN-ATLAS-2006-056

- Öngören:  $E_6$  GUT
- Üretilmesi: gluon (kuvark) kaynaşmasından çift
- Bozunması: boson + hafif jet



- Hızlı MC temelli çalışma
- yeni kuvark kütleleri tarandı
- çift üretimi karışım açısından bağımsızdır.

$$D\bar{D} \rightarrow ZjZj \rightarrow 4\ell 2j$$



# $q = -1/3$ tekliler hakkında

►  $E_6$  model yeni parçacıklar önerir:

$$SU_C(3) \times SU_W(2) \times U_Y(1) \subset E_6$$

• aile başına bir iso-tek kuvark:  $D, S, B$

$$\begin{pmatrix} u_L \\ d_L \end{pmatrix}, u_R, d_R, D_L, D_R \quad \begin{pmatrix} c_L \\ s_L \end{pmatrix}, c_R, s_R, S_L, S_R \quad \begin{pmatrix} t_L \\ b_L \end{pmatrix}, t_R, b_R, B_L, B_R$$

Varsayımlar:

1. Aile içi karışım, aileler arası karışımdan büyük olmalı
2. D kuvark en hafifi, SM gibi: BHÇ de kolay ulaşılmalı
3.  $E_6$  ayar bosonları ağır & SM bosonları ile etkileşmez

$$D \rightarrow Zd$$

$$D \rightarrow Wu$$

BR 33%

66%

Higgs yoksa

25%

50%

Higgs hafifse



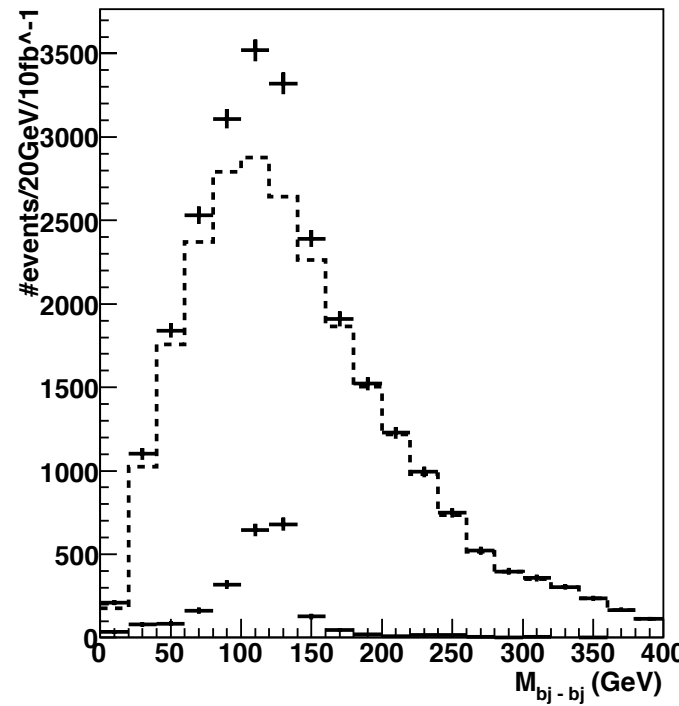
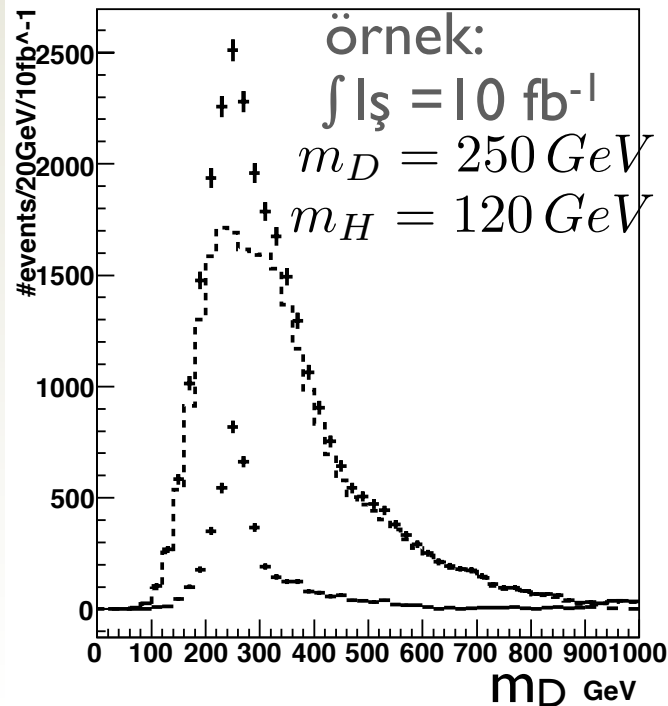
# Higgs ve $q=-\frac{1}{3}$ kuvarklar

- d-D karışımı ağaç seviyesinde dDh köşesine yol açar
- bu özelliği çift keşif için kullanabiliriz: hafif H & D
- Hızlı MC kullanarak çift üretimine ATLAS için bakıldı
  - $m_D = 250 - 1000$  GeV arası taranmış

$m_D = 250$  (500) GeV

$D_1$	$D_2$	BR	expected final state
$D \rightarrow h j$	$D \rightarrow h j$	0.029 (0.053)	$2j 4j_b$
$D \rightarrow h j$	$D \rightarrow Z j$	0.092 (0.120)	$2j 2j_b 2l$
$D \rightarrow h j$	$D \rightarrow W j$	0.190 (0.235)	$2j 2j_b l E_{T,miss}$

sinyal:  $ll + 2j + 2b_j + E_{T,miss}^T$



- $DD \rightarrow Whjj$  kanalında  $5\sigma$  Higgs keşfi eğer  $m_D < 700$  GeV ise  $100 \text{ fb}^{-1}$  kullanarak yapılabilir
- Eğer  $m_D < 630$  GeV, bu kanal  $h \rightarrow \gamma\gamma$  kadar etkin olur. (yani  $100 \text{ fb}^{-1}$  de  $8\sigma$ )

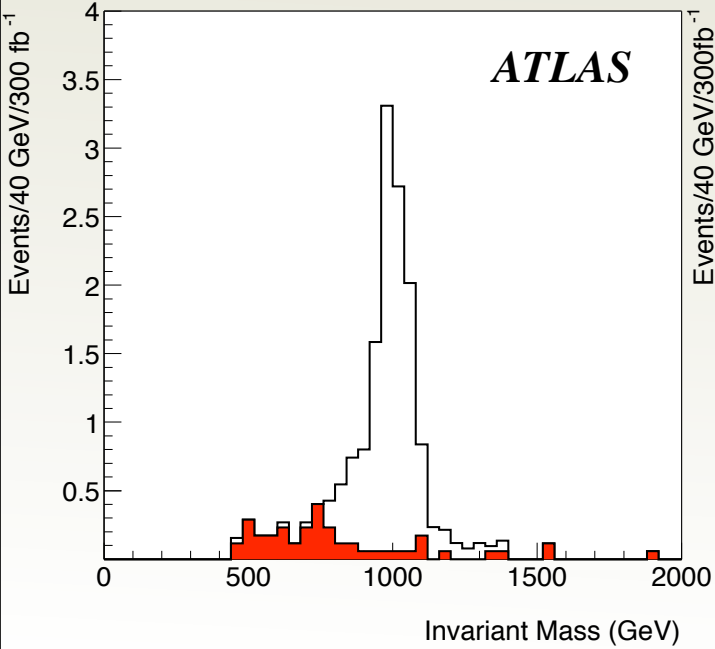
# Yeni kuvarks $q=2/3$ tekliler

- Öngören: Küçük Higgs
- Üretilmesi: W değiş tokuşundan tek olarak
- Bozunması: boson + (t veya b) jet

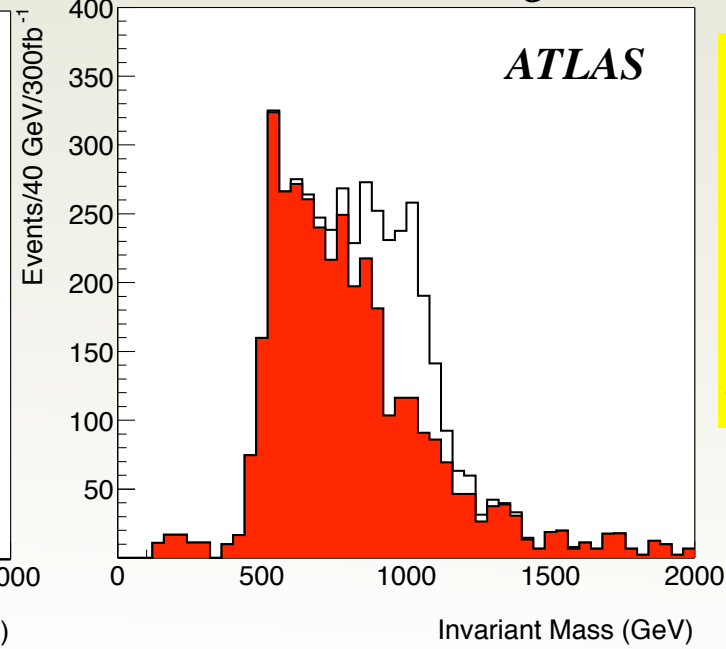
$$qb \rightarrow q'T \rightarrow q'Wb \quad (ht, Zt)$$

- Hızlı MC temelli çalışma
- T kuvark kütlesine ve t-T karışımına bağlı
- 3 bozunma kanalı da çalışılmış.

$$Zt \rightarrow \ell\ell\nu j_b$$



$$Wb \rightarrow \ell\nu j_b$$



300 fb<sup>-1</sup> ile T gözlenebilir:

- ~2.5 TeV'e kadar Wb ile,
- ~1.4 TeV'e kadar Zt ile.

eger t-T karışımı en yüksek değerinde ise

# Yeni kuvarks çiftliler

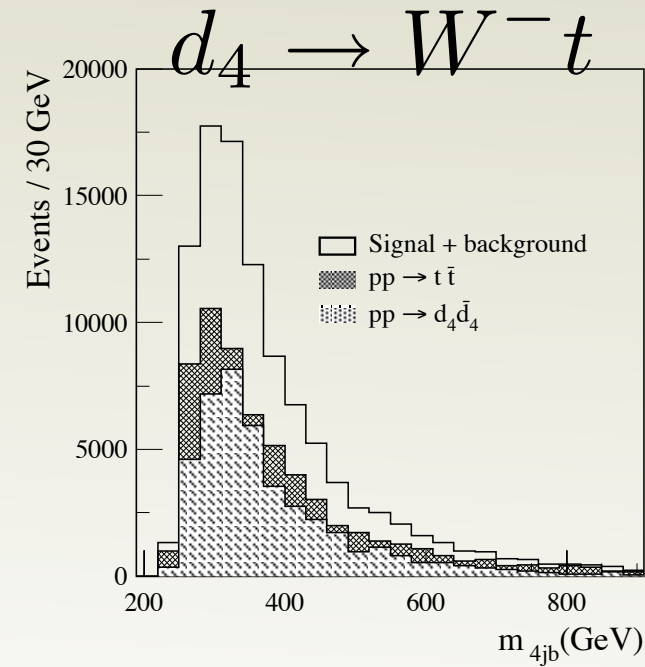
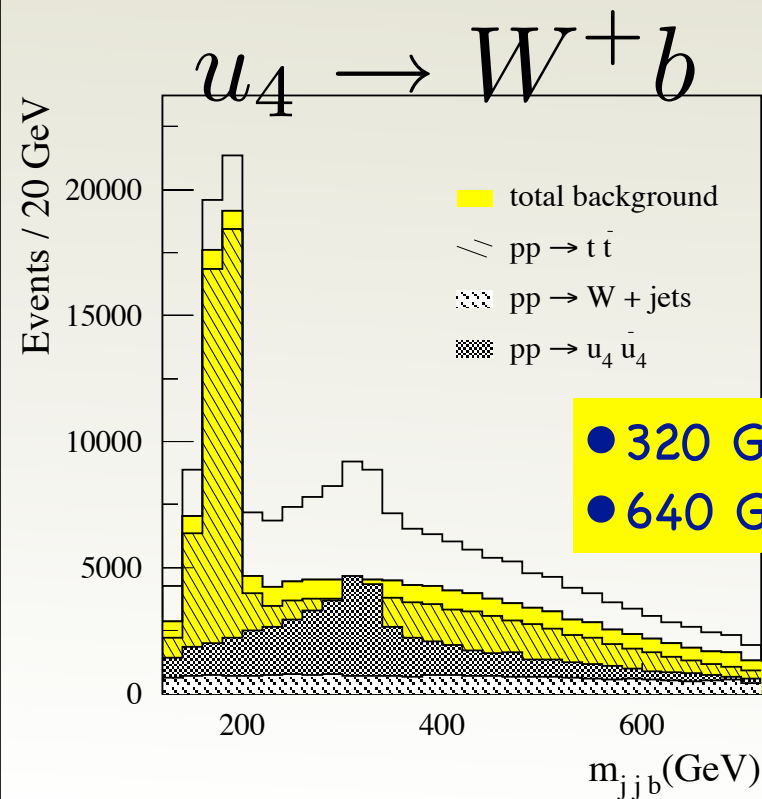
Öngören: DMM

Üretilmesi: gluon (kuvark) kaynaşmasından çift

Bozunması:  $W + \text{jet}$  (FCNC yok)

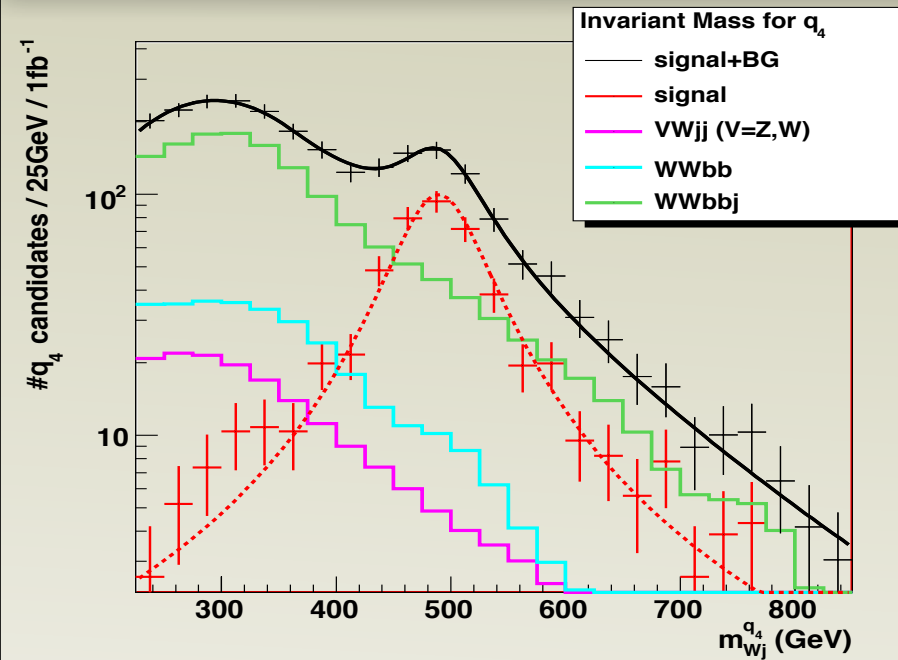
- Hızlı MC temelli çalışma
- yeni kuvark kütesini tara
- $100 \text{ fb}^{-1}$  sonuçları verilmiş

$$pp \rightarrow u_4 \bar{u}_4 \text{ or } d_4 \bar{d}_4$$

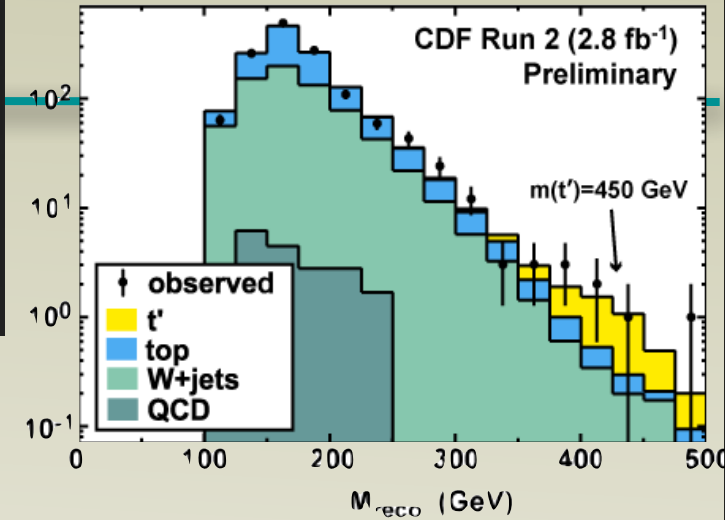


- $d_4$  geniş sinyal 320 GeV de
- Ardalan şeklinin kesin bilgisi gerekli

# Eğlencelik



Leptons	u	c	t	$u_4$
	d	s	b	$d_4$
	$\nu_e$	$\nu_\mu$	$\nu_\tau$	$\nu_4$
	e	$\mu$	$\tau$	$e_4$
	I	II	III	IV



## • CPV kaynağı (for BAU)

- ➔ 3x3 CKM is  $10^{10}$  too short to match WMAP data
- ➔ yeni kuvarks of (300) 600 GeV would give  $(10^{13}) 10^{15}$  more CPV

## • Başka EZ bakışım kırılması

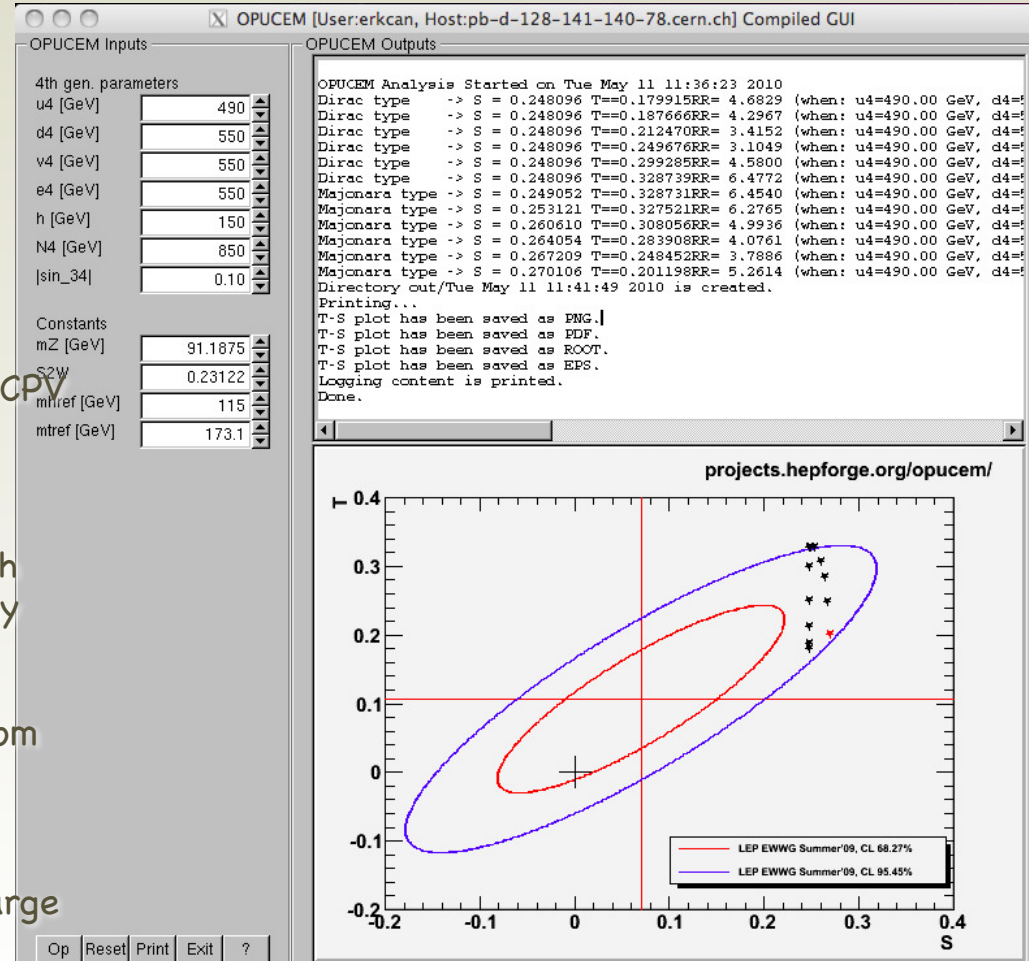
- ➔ 4<sup>th</sup> generation fermion condensate can play the Higgs role
- ➔ 5D AdS, K.K. excitations of gauge bosons interacting w/ 4th generation fermions => Yukawa bağlaşıms & kütle hierarchy

## • Fermiyon kütle hierarchy

- ➔ gözlenen fermiyon kütle of in the first 3 families arise from perturbations to a flavour-blind 4x4 kütle matrisi.

## • Kara Madde adayı

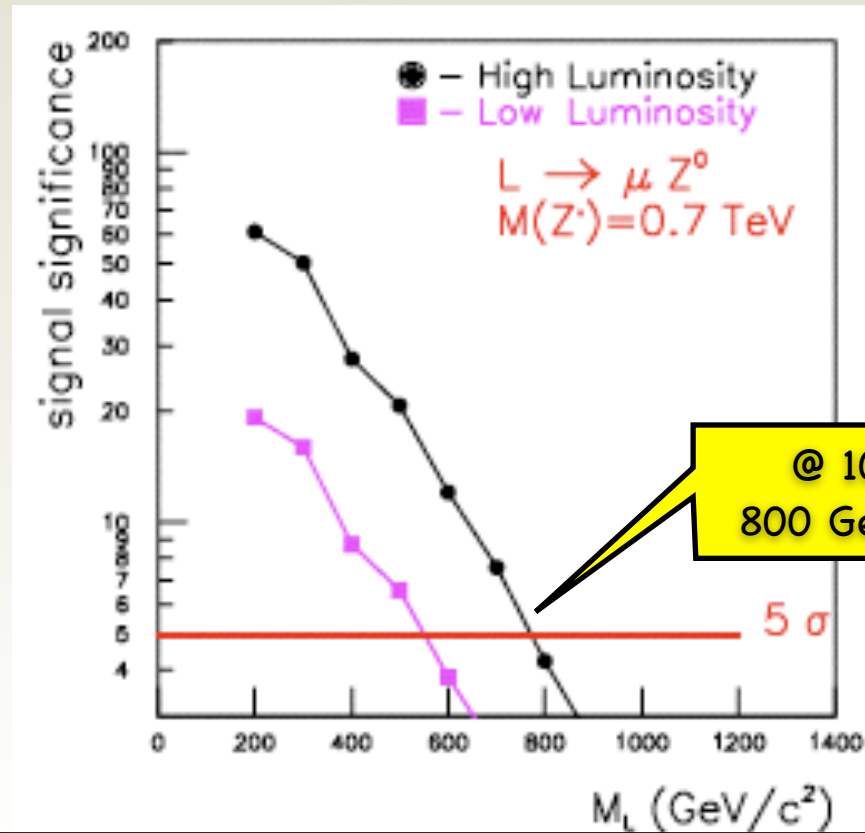
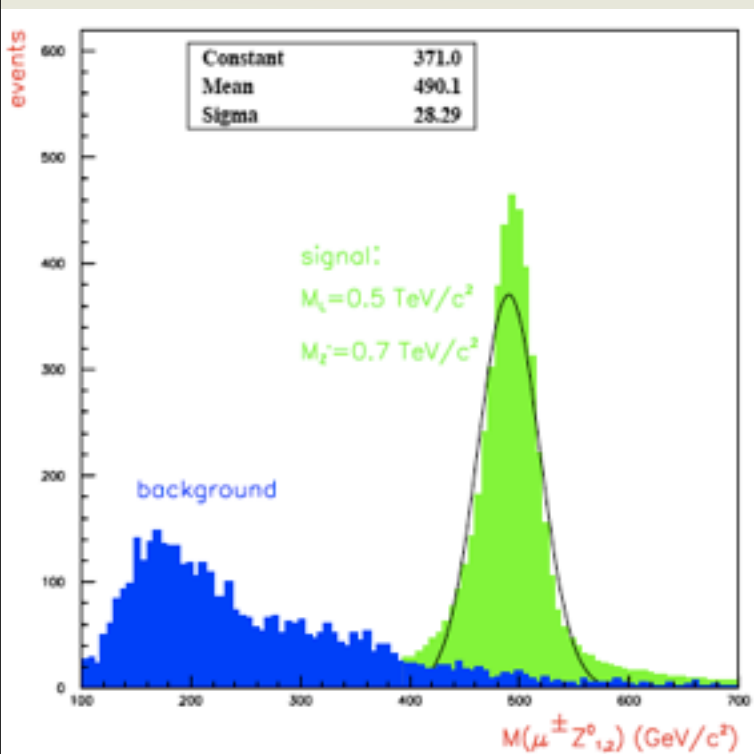
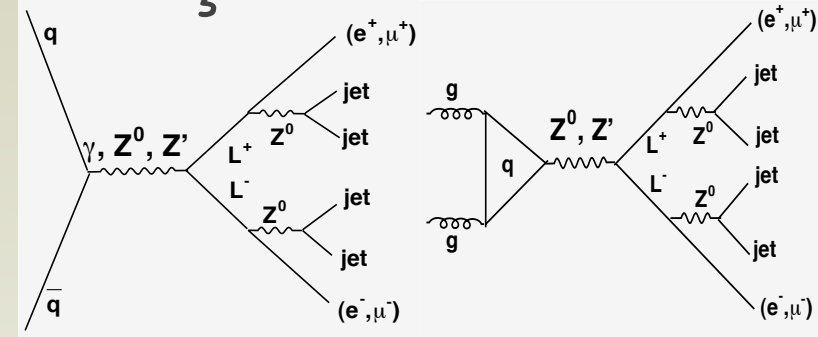
- ➔ hadrons from kararlı  $t'$ ,  $\nu'$ , additional fermions of spin-charge unification models



# Yeni Leptonlar

- Öngören: Dördüncü aile,  $E_6$  BBK, tekniyenk.
- Üretilmesi: gluon/kuvark kaynaşmasından çiftler
- Bozunması: boson + lepton

- Hızlı MC temelli çalışma
- L ve  $Z'$  kütesine bağlı

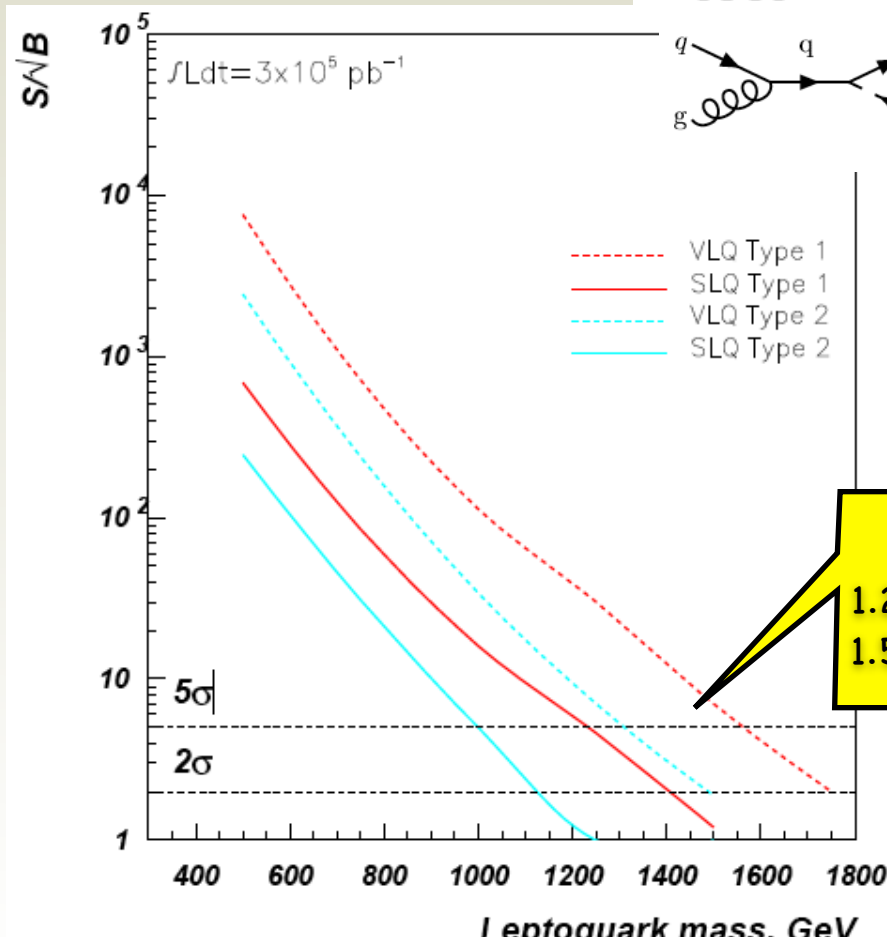
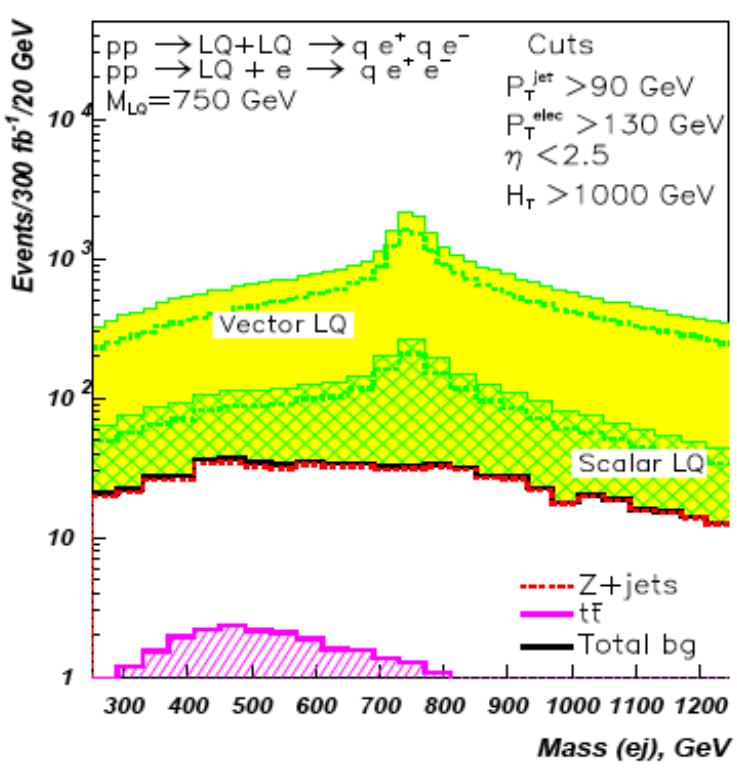
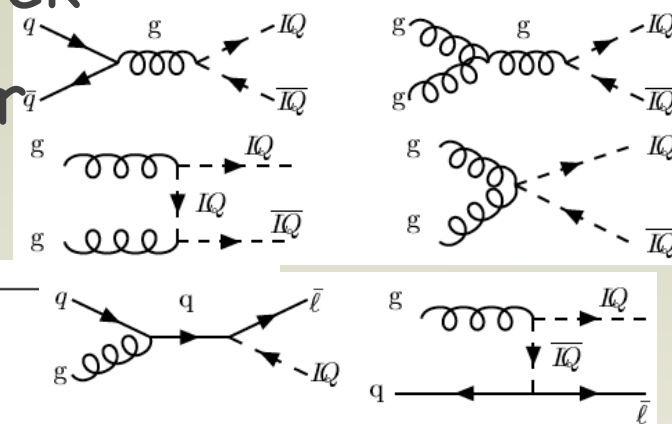


Yüksek  $Z'$  kütesi L kütle erişimini arttırır:  $Z' = 2 \text{ TeV}$  de  $L = 1 \text{ TeV}$  erişilebilir.

# Lepto-kuvarklar

- Öngören: BBT & bileşik modeller
- Üretilmesi: g-g (q) kaynaşmasından çift+tek
- Bozunması: e(tür1) veya V(tür2) + hafif jetler

- Sayı & Yöney LKlar için hızlı MC temelli çalışma
- Bağlaşım  $\kappa, \lambda=e$  (for V)
- LK kütlesi taranmış



@ 100 fb<sup>-1</sup>  
 1.2 TeV reach for S LQs  
 1.5 TeV reach for V LQs



# SM'den SM ötesine

4.Aile

- ▶ *Fermionlar*: madde parçacığı
- Kuvarklar & Leptonlar

yeni kuvarklar

yeni leptonlar

lepto-kuvarklar

yeni bileşenler

bileşik modeller

BBK

- ▶ *Ayar kümesi yapısı*

Ayar Kümesi K

yeni ayar bosonları

- ayar bosonlar: kuvvet taşıyıcılar

Küçük Higgs

- ▶ *EZ Bakışım Kırılması*

- Higgs bosonu ile kütle kazanımı

Dinamik Bakışım Kırılması

Teknirenk

2HÇM

yeni sayıllar

yeni EZBK yöntemleri

- ▶ *3+1 uzay-zaman*

yeni boyutlar

RS modelleri

ADD modelleri

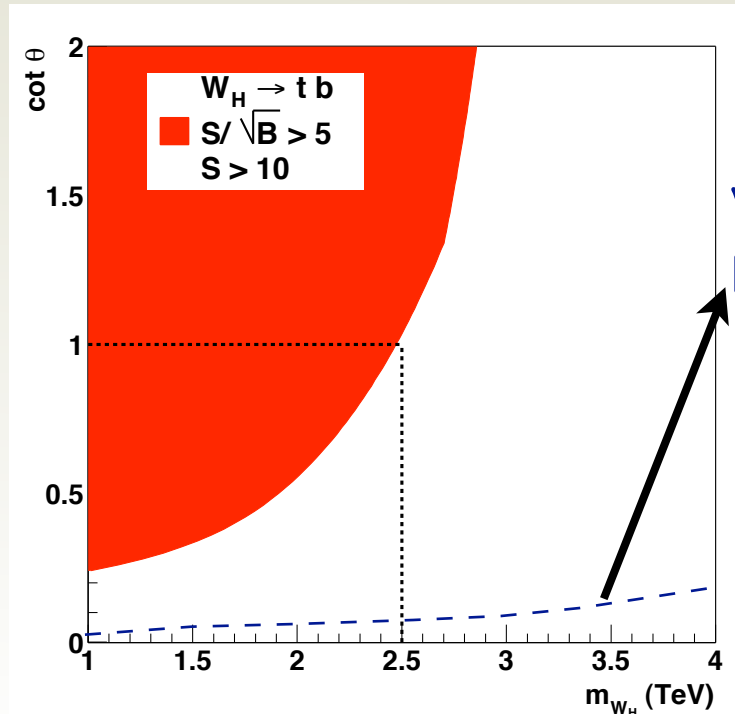
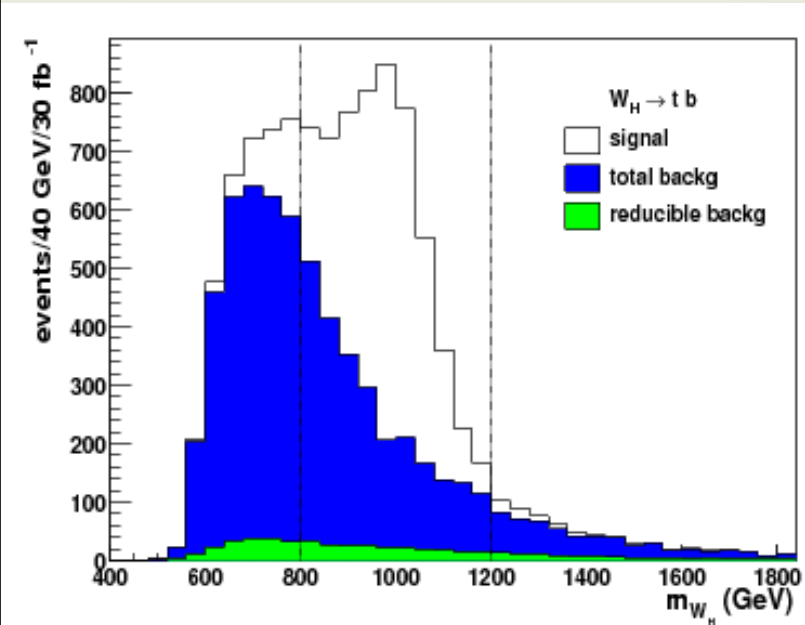
# Yeni bosonlar $W' / W_H$

ATLAS-PHYS-PUB-2006-003

- Öngören:  $SO(10)$ ,  $E_6$ , BBK, Küçük Higgs, EB,...
- Üretilmesi:  $q-q'$  yokolmasından s kanalıyla
- Bozunması:  $top-b \ q\bar{q}' \rightarrow W' \rightarrow tb \rightarrow \ell\nu bb$

- Hızlı MC temelli çalışma
- $W-W_H$  bağlaşımı  $\cot\theta$  üzerinden
- 1 & 2 TeV  $W_H$  kütlesi çalışılmış

300fb<sup>-1</sup> veride keşif düzlemi



$W_H \rightarrow e\nu$  sonucuyla karşılaştıralım

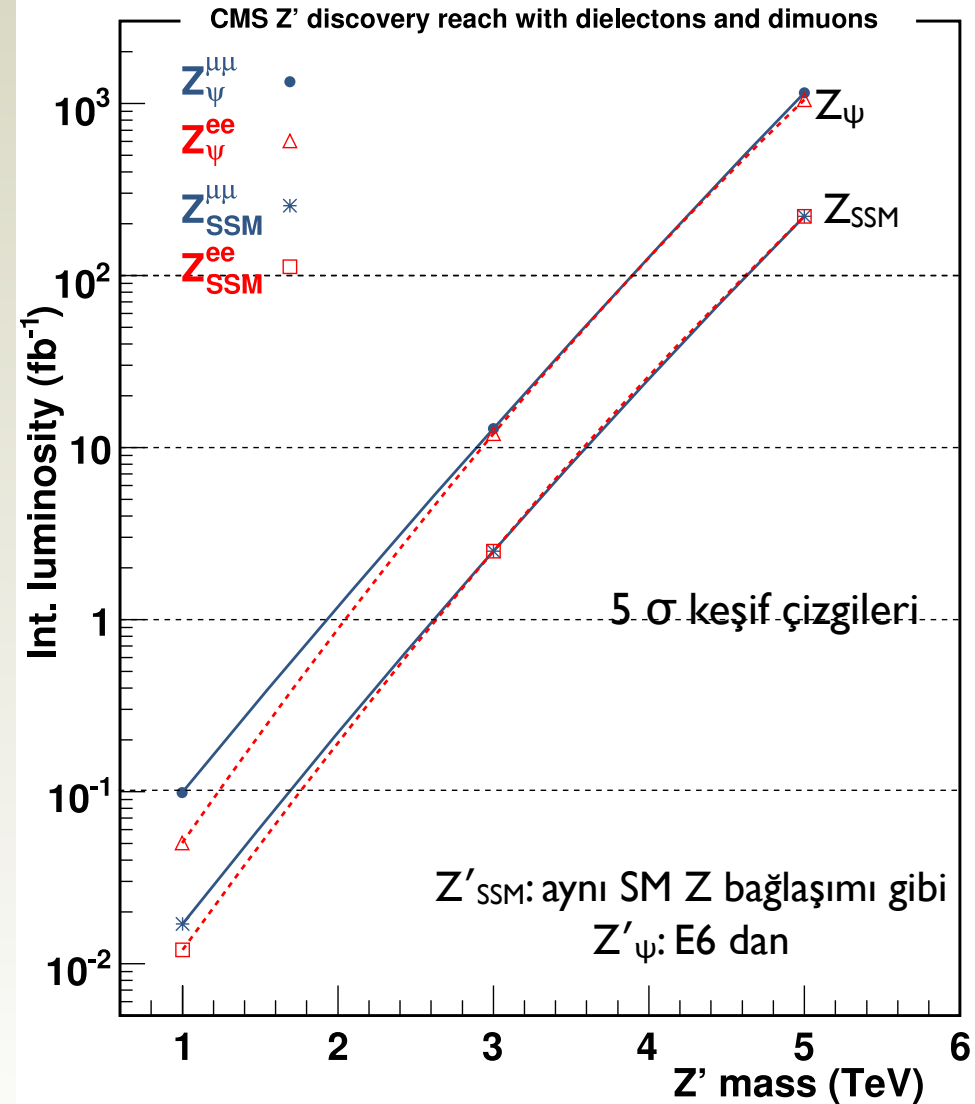
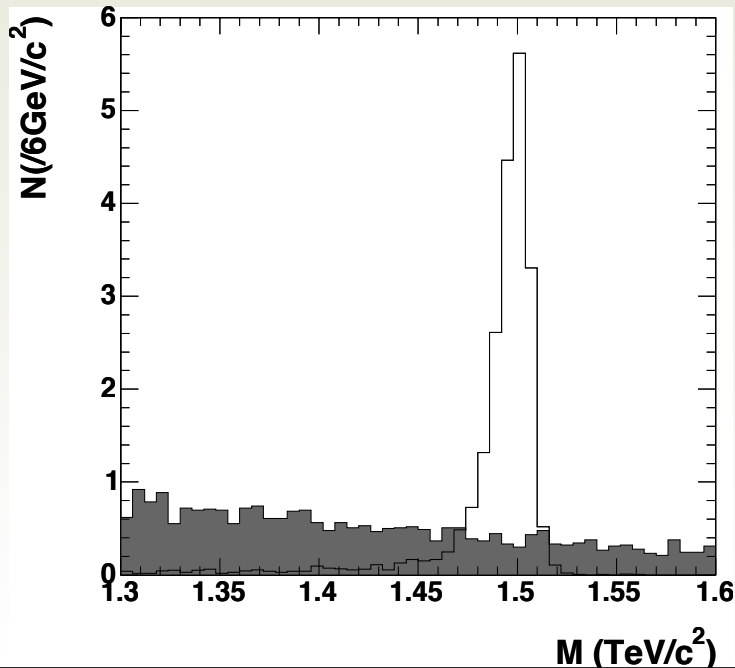
SN-ATLAS-2004-038

$W-W_H$  karışımına bağlı olarak, keşif erişimi 6.5 TeV olabilir.



# Yeni bosonlar: $Z'$

- Öngören:  $SO(10)$ ,  $E_6$ .. GUTs, Little Higgs, EDs
- Üretilmesi:  $q$ - $q$  yokolmasından
- Bozunması: fermiyon çiftlerine
  - İki lepton ( $ee$ ,  $\mu\mu$ ) kanalı temizdir.
  - Tevatron alt sınırları: 700-800 GeV
  - CMS'den 1.5 TeV  $Z'$  örneği elektronlardan (temiz sinyal)



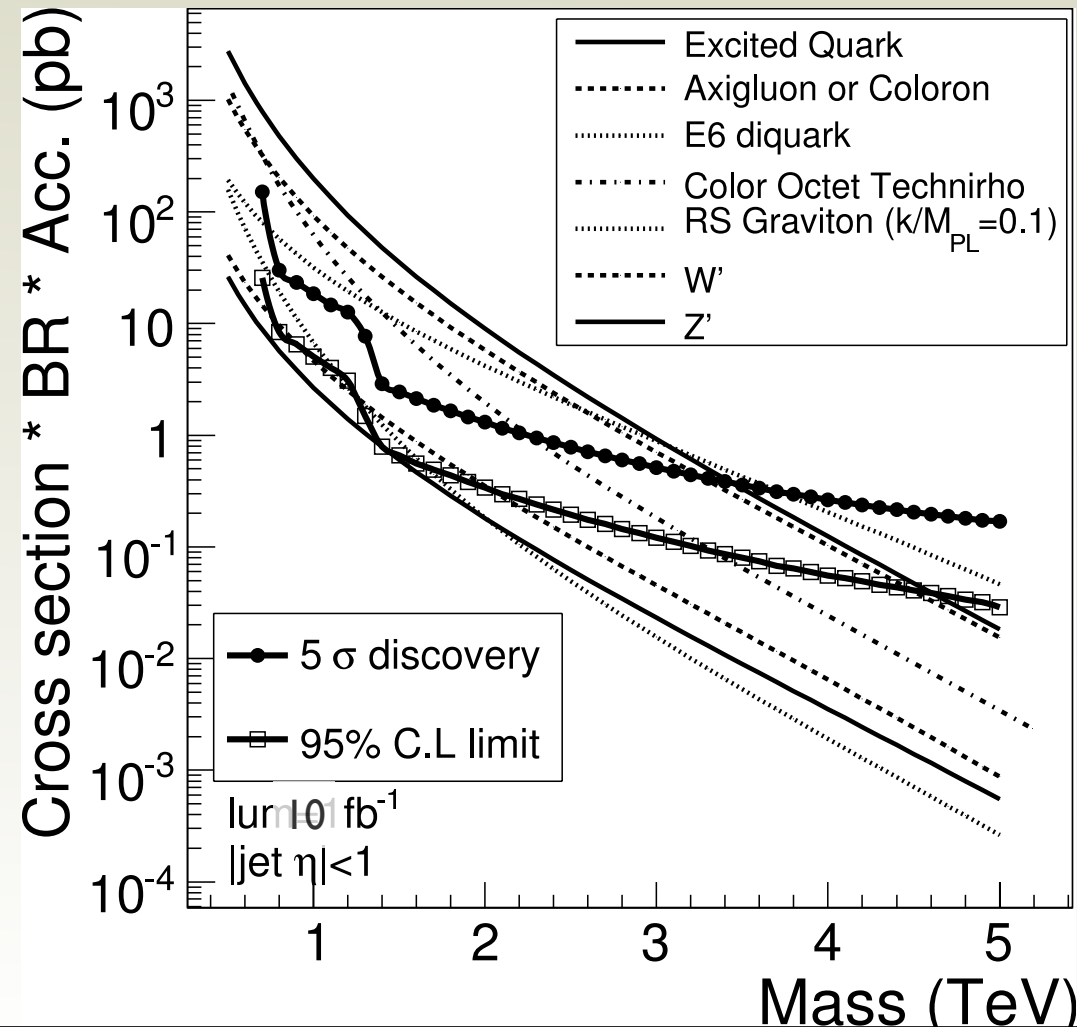
BHÇ  $\sim 4.5$  TeV  $m_{Z'}$  erişimi sağlayacak

# leptonsevmez $Z'$ (leptophobic)

- ▶ Sadece hadronlara bağlanan  $Z'$  : hadronsever
- ▶  $A_{FB}^b$  (dünya ortalaması) deki  $2.8\sigma$  çelişkiyi açıklayabilir
- ▶ CMS'de tam benzetim ile  $Z' \rightarrow$  iki jet araması

- $Z^{(1)} = 2 \dots 3$  TeV
- Model'den bağımsız arama

$\int \text{Lumi} = 10 \text{fb}^{-1}$  ile  $\sim 3.5$  TeV'e kadar keşif imkanı var.



# Hangi $Z'$ ?

► Eğer bulunursa(!) hangi parçacık / model olduğunu anlamak için

① spin=dönü dağılımları ile parçacığı tanımak “kolay”

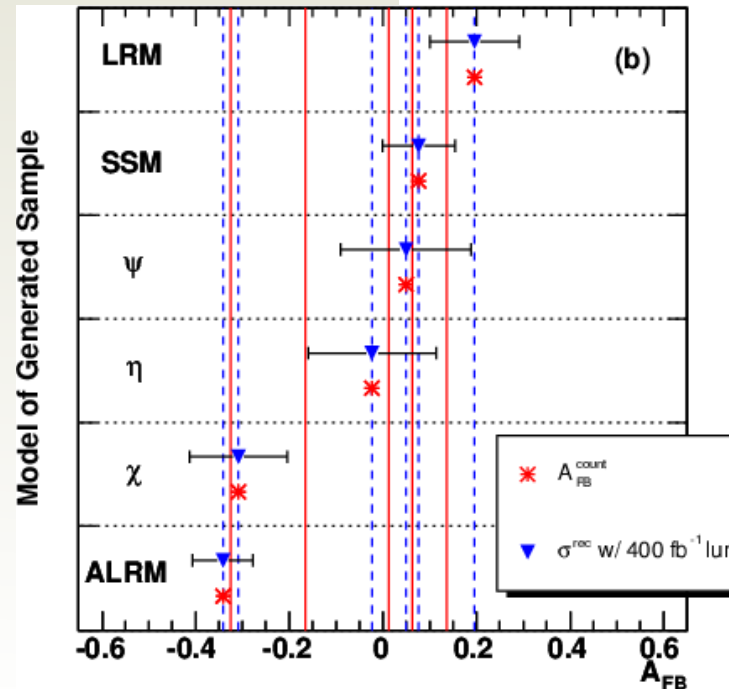
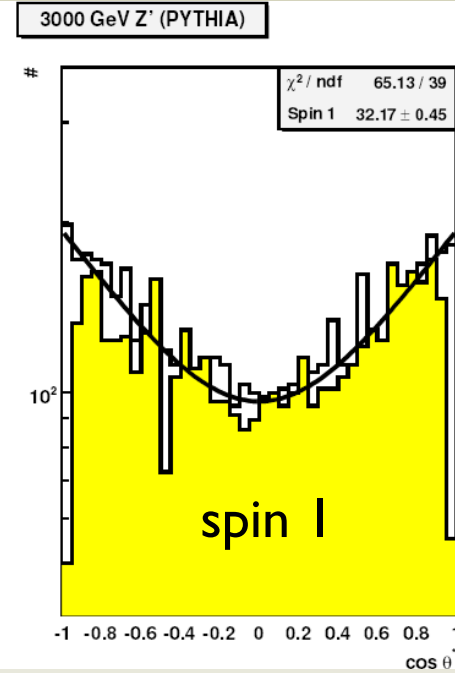
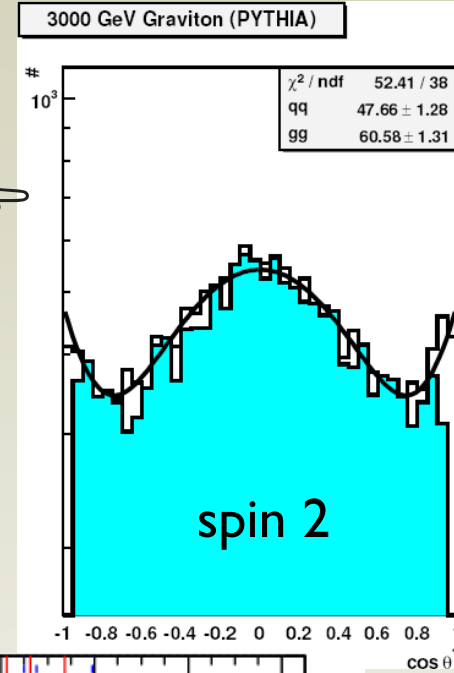
② Kuramı tanımak ise  $A_{FB}$  ile mümkün olabilir

$$\frac{d\sigma}{d\cos\theta} = \frac{3}{8}(1 + \cos^2\theta) + A_{FB}\cos\theta$$

$$\cos\theta = \frac{\vec{\ell} \cdot \vec{q}}{|\vec{p}| \cdot |\vec{q}|}$$

$$A_{FB} = \frac{\ell_F - \ell_B}{\ell_F + \ell_B}$$

$A_{FB}$ : kuramın öngördüğü şekilde bağlaşıma bağlı



$$Z' = 3\text{TeV}, \int L = 400 \text{ fb}^{-1}$$

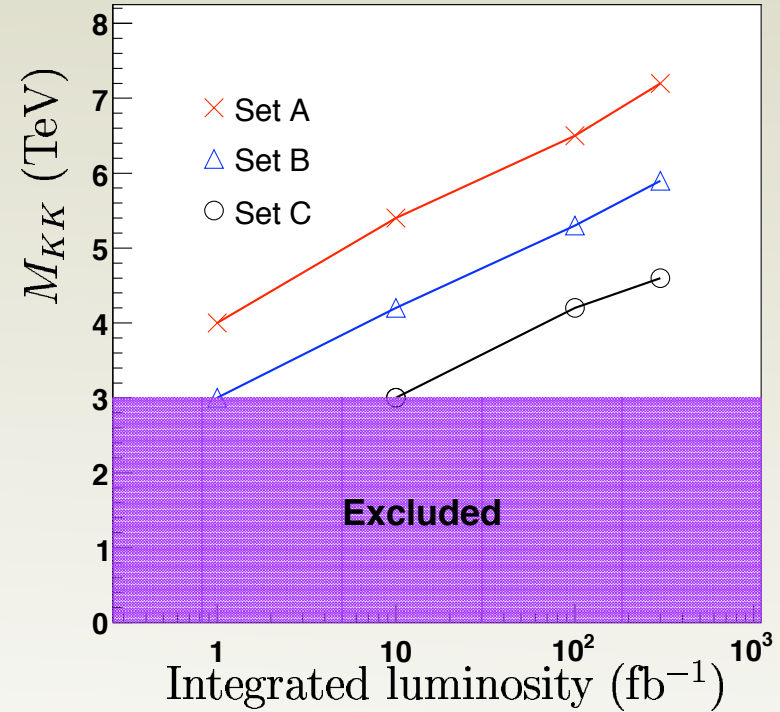
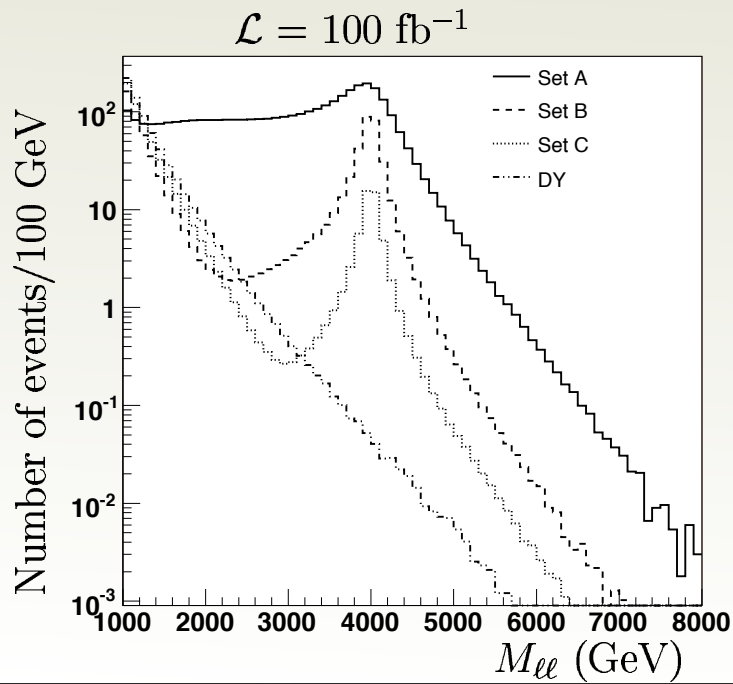
*bazı modeller için çok zor olabilir.*

# Yeni bosonlar $Z^n$

- Öngören: RS, ADD modelleri
- Üretilmesi: q-q yokolmasından
- Bozunması: lepton çiftleri

$$pp \rightarrow \gamma^n / Z^n \rightarrow l^+ l^-$$

- Tam benzetim temelli çalışma
- 3 Parameter kümesi ile fermiyon kütle & karışımları (A, B, C) denenmiş
- sadece elektronlar kullanılmış



100fb<sup>-1</sup> veri ile, modele bağlı olarak, keşif erişimi yaklaşık 6 TeVdir.

# SM'den SM ötesine

4.Aile

- ▶ *Fermionlar*: madde parçacığı
- Kuvarklar & Leptonlar

yeni kuvarklar

yeni leptonlar

lepto-kuvarklar

yeni bileşenler

bileşik modeller

BBK

- ▶ *Ayar kümesi yapısı*
- ayar bosonlar: kuvvet taşıyıcılar

Ayar Kümesi K

yeni ayar bosonları

Küçük Higgs

- ▶ *EZ Bakışım Kırılması*
- Higgs bosonu ile kütle kazanımı

Dinamik Bakışım Kırılması

2HÇM

yeni sayıllar

yeni EZBK yöntemleri

Teknirenk

- ▶ *3+1 uzay-zaman*

yeni boyutlar

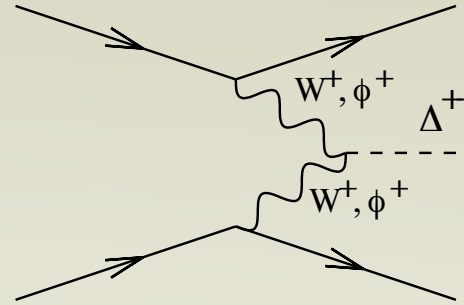
RS modelleri

ADD modelleri

# Yeni Sayılar $q=\pm 2$

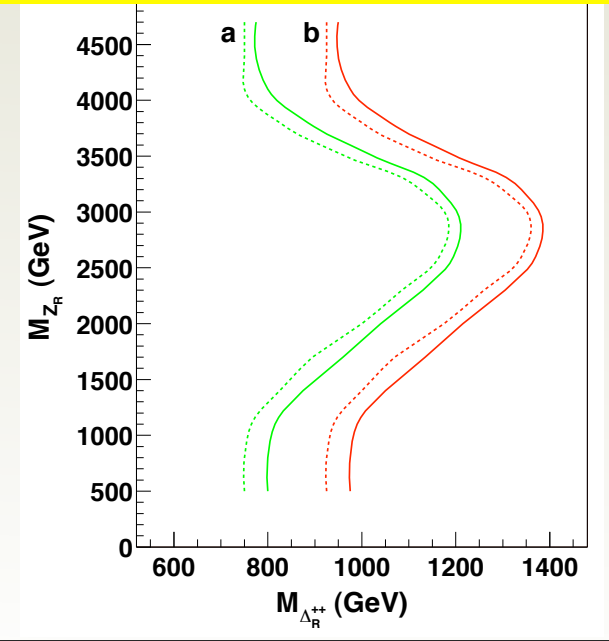
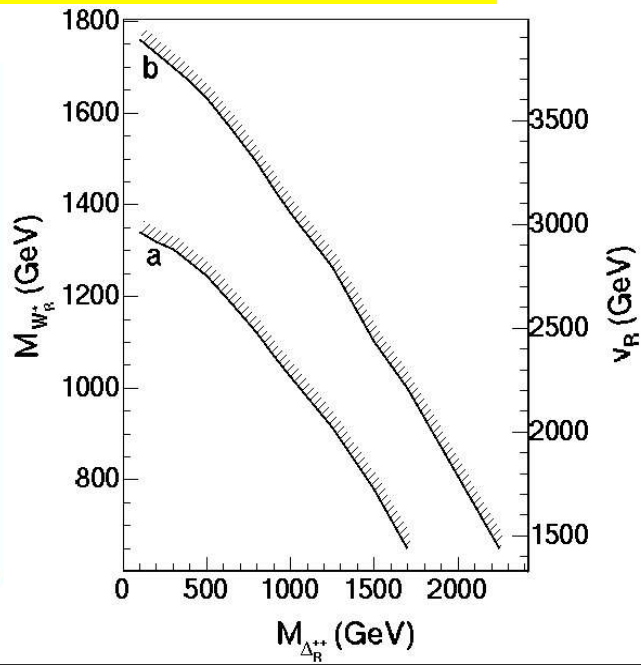
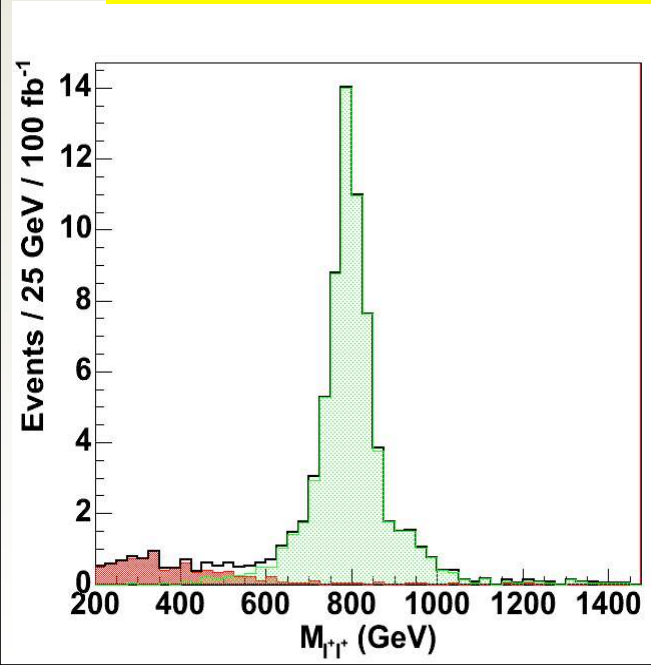
SN-ATLAS-2005-049

- Öngören: Küçük Higgs, LRSM
- Üretilmesi:  $q$ - $q$  yokolmasında çift &  $W$  kaynaşmasından tek
- Bozunması: lepton çiftleri
  - Hızlı MC temelli çalışma
  - $W^+_R$  &  $\Delta^{++}$  kütlesi en az 10olay için tarandı
  - $e, \mu$  &  $\tau$  kanalları ayrı ayrı çalışıldı
  - 100(a) & 300(b)  $\text{fb}^{-1}$  sonuçları verilmiş



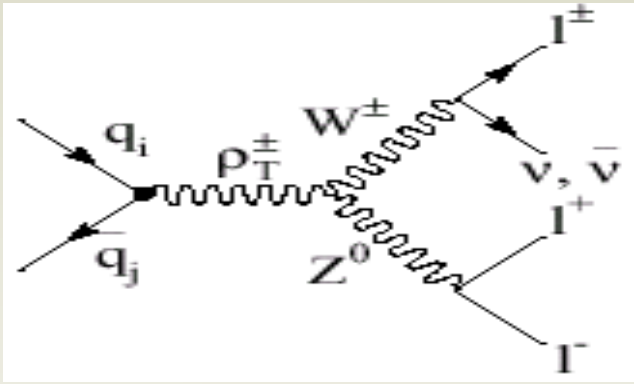
tek üretimi  $m_{W^+}$  kütlesine bağlı olarak  $\sim 1.8\text{TeV}$ 'e ulaşır.

çift üretimi reach 1.1 TeV depending on  $m_{Z_R}$  with 3 and 4 leptons



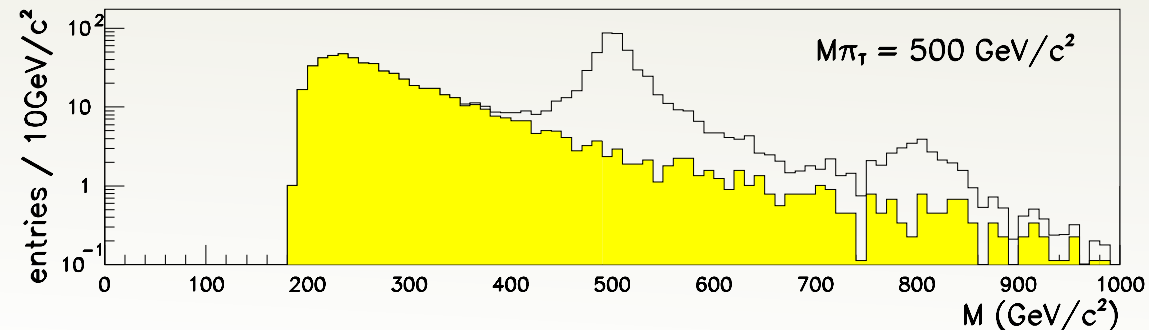
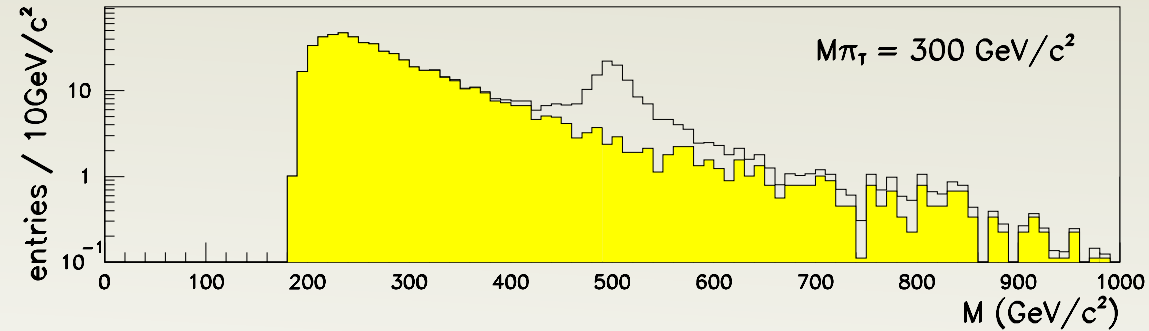
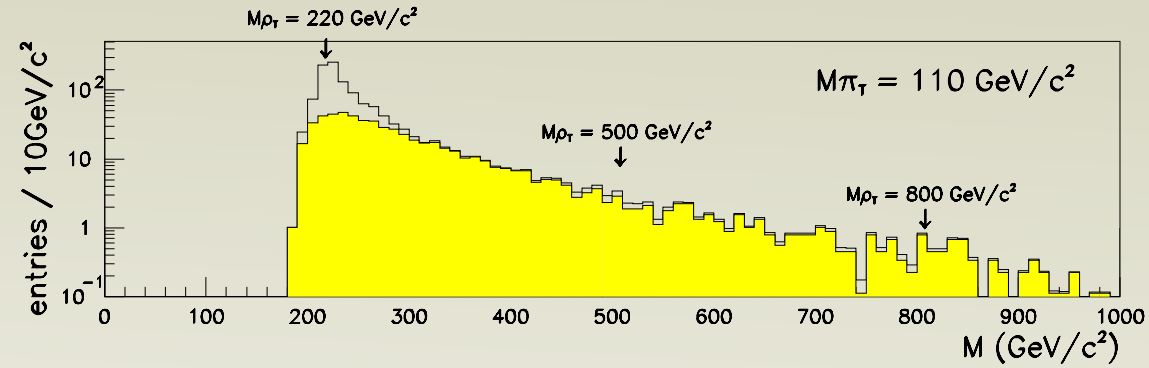
# Yeni EZBK sayıl olmadan

- Öngören: Dynamical BK modelleri, teknirenk
- Üretilmesi: from q-q yokolması
- Bozunması: boson çiftleri



- Hızlı MC temelli çalışma
- farklı  $\pi_T$  için,  $\rho_T$  kütle taraması

Farklı model ayarlarına göre,  $30\text{fb}^{-1}$  veri ile keşif yapmak mümkün.





# Yeni EZBK: Üstün Bakışım (SUSY)

• Madde ve kuvvet taşıyıcılar arasında gözlemlenen “dönü” bakışımından vazgeçelim: **bütün SM parçacıklarına ü-eşler önerelim.**

- İnce ayar, KM gibi sorunları çözer

• ÜSBA gözlenmedi: üparçacıklar ağır: bakışım kırılmış

• Zengin olaybilim ( $R_{\text{parity}}$  ile bile):

- parameters # büyük: MSSM\* durumu >100

- bol BK seçeneği: MSSM, mSUGRA, GMSB, AMSB..

• Ortak özellikler:

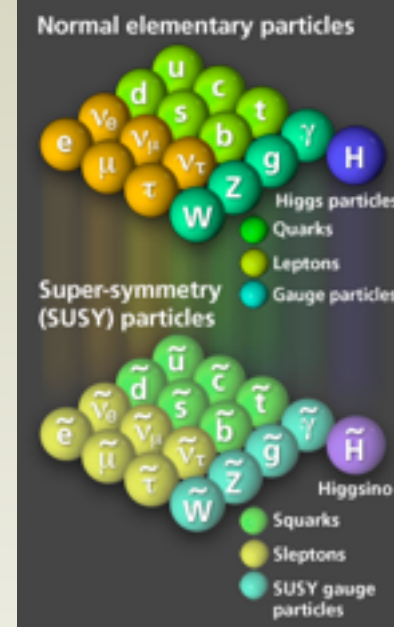
5 parameters

6 parameters

- parçacıkların ardarda bozunması yüksek  $p_T$ li cisimlere yol açar,

- kararlı EHÜP algılanmadan kaçar: büyük  $E_T^{\text{eksik}}$ .

Arananlar: jetler +  $E_T^{\text{eksik}}$  ve leptonlar + jetler +  $E_T^{\text{eksik}}$



\*

#parameters=124, kaynak: SN-ATLAS-2006-058



# Yeni EZBK: mSUGRA

SN-ATLAS-2007-049

mSUGRA'nın EHÜPü KM adaydır.

- model WMAP verisi ile uyumlu olmalıdır.

R-parity çift üretimini gerektirir.

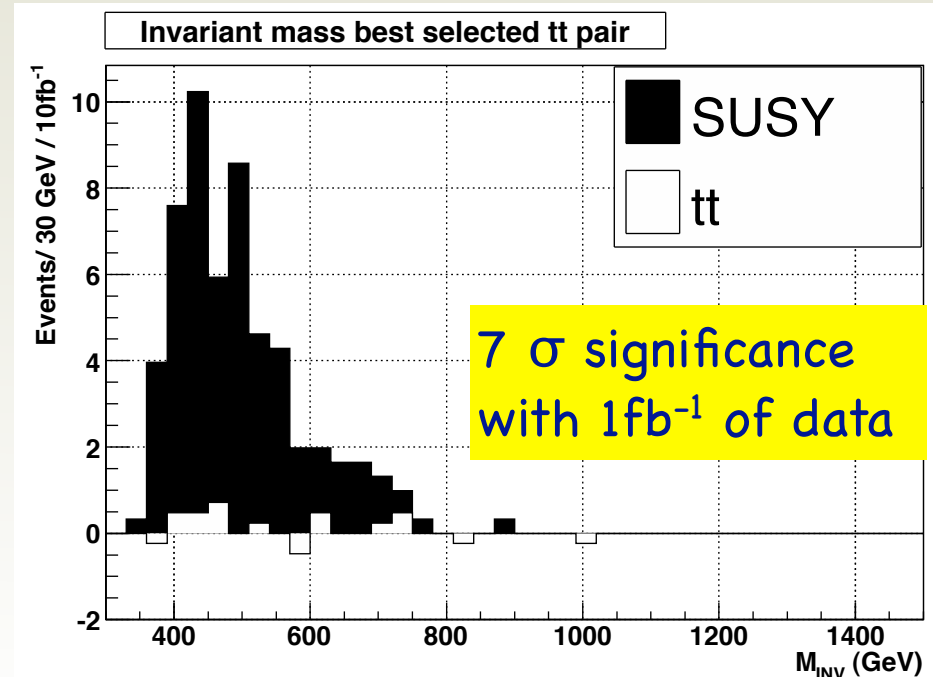
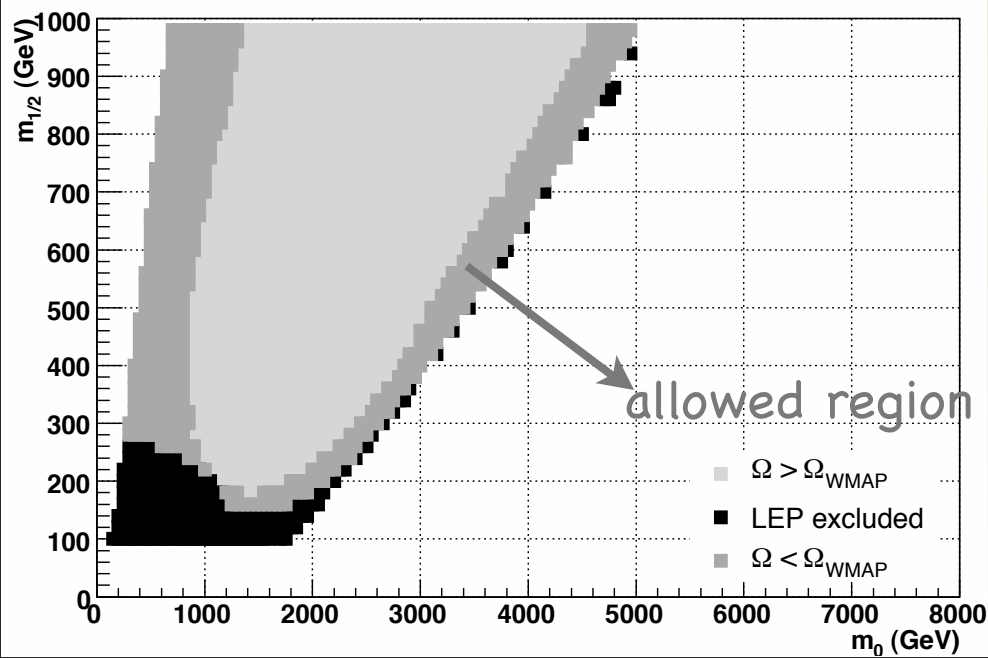
- Hızlı MC temelli çalışma

- $m_{1/2}$ - $m_0$  parameter uzayı taranmış

$$pp \rightarrow \tilde{g}\tilde{g} \quad \begin{aligned} \tilde{g} &\rightarrow \tilde{\chi}^+ t\bar{b} \\ \tilde{g} &\rightarrow \tilde{\chi}^- \bar{t}b \\ \tilde{g} &\rightarrow \tilde{\chi}^0 t\bar{t} \end{aligned}$$

jetler +  $E_T^{\text{eksik}}$

ISAJET 7.71  $m_t = 175$  GeV,  $\tan\beta = 54$   $A=0$  GeV  $\mu > 0$



# Yeni EZBK: GMSB

SN-ATLAS-2001-004

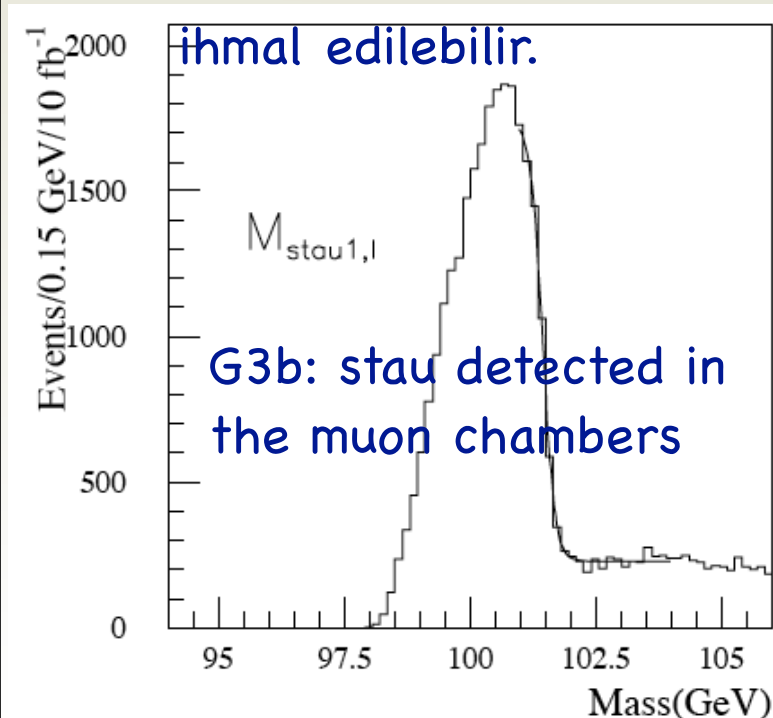
- Susy kırılma ölçeği, zayıf ölçeğe yakındır.
- EHÜP gravitino olur, ÇDYA<sub>(FCNC)</sub> yoktur.
- Model değişkenlerin değeri & SEHÜP<sub>(NLSP)</sub> ile mihenk noktaları belirlenir

- Hızlı MC temelli çalışma @ G3 (SEHÜP stau'dur.)
- G3b: NLSP is yarı-kararlı
- G3a: NLSP derhal bozunur

$$\tilde{q} \rightarrow \tilde{\chi}_{1,2}^0 q \rightarrow \tilde{\ell} \ell q \rightarrow \tilde{\tau}(\tau) \ell \ell q \rightarrow \tilde{G} \tau(\tau) \ell \ell q$$

leptons + jets +  $E_T^{\text{eksik}}$

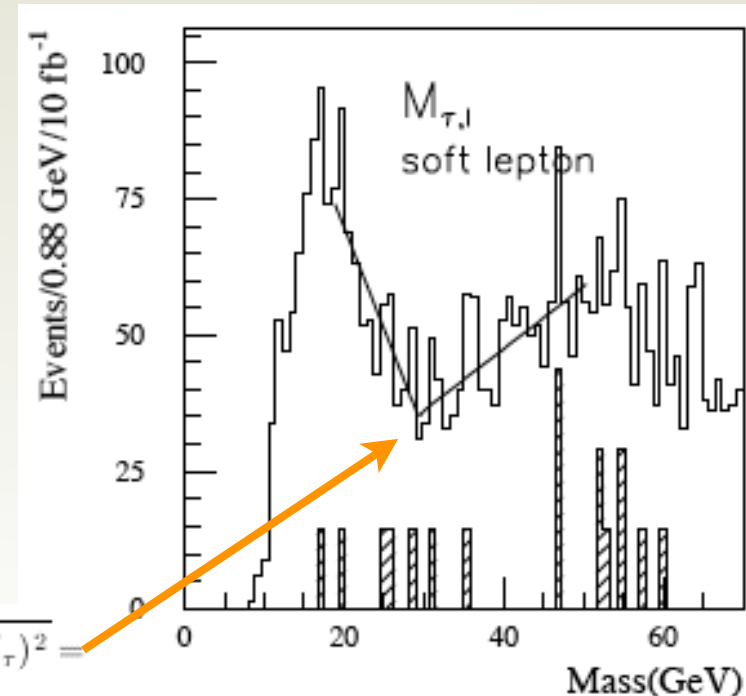
SM ardaan



Birkaç  $\text{fb}^{-1}$  ile her iki durumda da harika sinyal

G3a: stau decays before detection but dips can be calculated & fit:

$$M_{\tau l}^{\text{max}} = \sqrt{M_{lR}^2 - (M_{\tilde{\tau}_1} + M_{\tau})^2}$$



# SM'den SM ötesine

4.Aile

- ▶ *Fermionlar*: madde parçacığı
- Kuvarklar & Leptonlar

yeni kuvarklar

yeni leptonlar

lepto-kuvarklar

yeni bileşenler

bileşik modeller

BBK

- ▶ *Ayar kümesi yapısı*

Ayar Kümesi K

- ayar bosonlar: kuvvet taşıyıcılar

yeni ayar bosonları

Küçük Higgs

- ▶ *EZ Bakışım Kırılması*

- Higgs bosonu ile kütle kazanımı

Dinamik Bakışım Kırılması

yeni sayıllar

yeni EZBK yöntemleri

Teknirenk

2HÇM

- ▶ **3+1** uzay-zaman

yeni boyutlar

RS modelleri

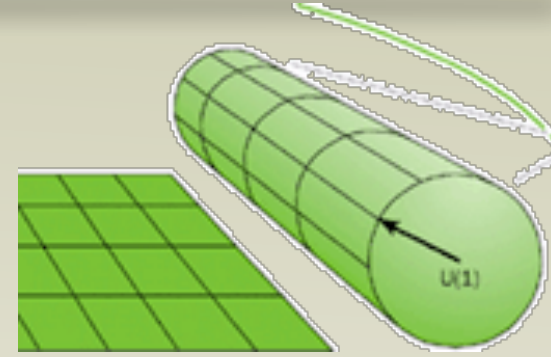
ADD modelleri

# bazı EB kavramları

## ► Geniş Ek Boyutlar (GEB, ADD):

- tıkızlanmış, düz
- $M_{Pl}^2 \sim R_n M_S^{2+n}$ ,  $M_S$ : sicim ölçeği
- Graviton yığında (bulk)

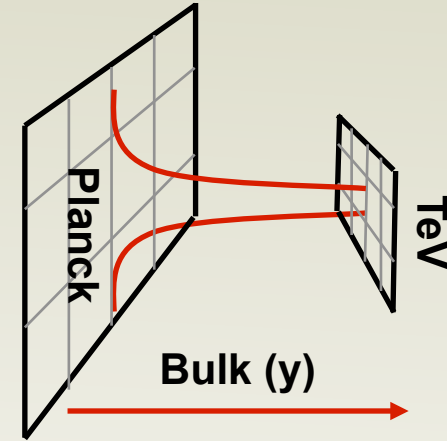
Arkani-Hamed, Dimopoulos, Dvali  
Phys Lett B429 (98)



## ► TeV-1 Ek Boyutlar (DDG):

- $M_T$  : tıkızlanma ölçeği
- Ayar & Higgs bosonlar da yığında

Dienes, Dudas, Gherghetta  
Nucl Phys B537 (99)



## ► Bükülmüş Ek Boyutlar (RS):

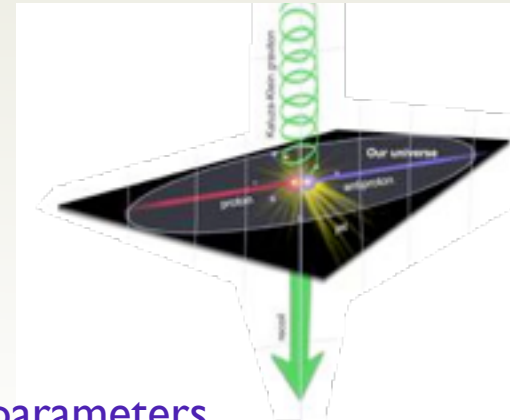
- 2-zarlı çözüm : RS tür 1
- $k/M_{Pl}$ ,  $k$ : eğrilme, bükülme çarpanı
- dar 2dönülü tınlaşım: Graviton

Randall, Sundrum  
Phys Rev Lett 83 (99)

## ► Evrensel Ek Boyutlar (UED):

- KK-sayısı korunumu
- $M_T$  ve kesim ölçeği  $\Lambda$
- Bütün SM parçıklar yığında
- Bir çok KK spectra (ÜSBA beklentileri gibi)

Appelquist, Cheng, Dobrescu  
Phys. Rev. D 64 (01)



$G^{ab}, M_C, R$  : model parameters

# EB: graviton

SN-ATLAS-2001-005

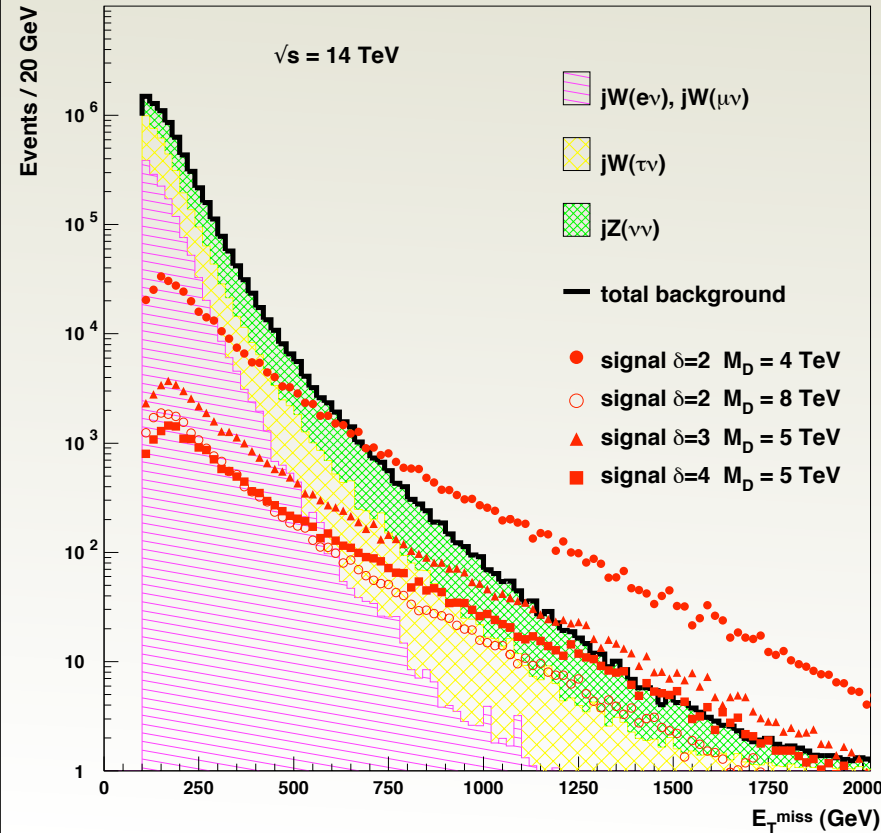
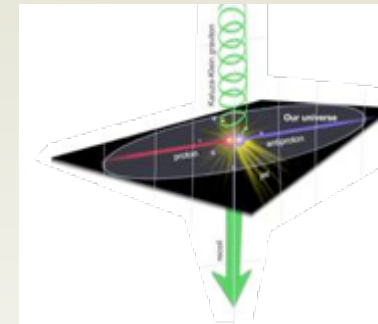
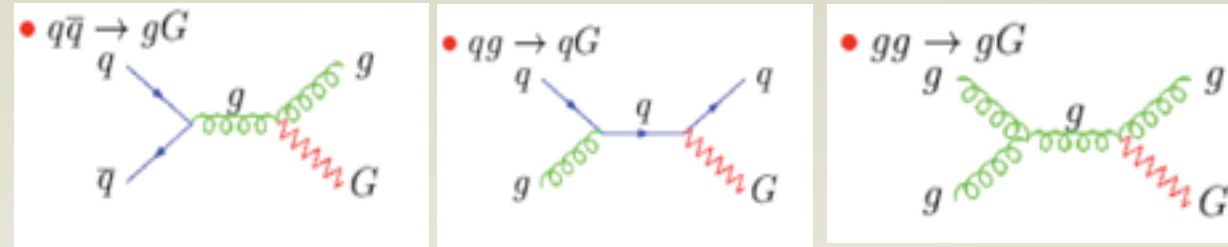
Öngören: tüm ED modelleri

Üretilmesi: q-q yokolması, q-g/g-g kaynaşması

Bozunması: - (kararlı)

$$gg/gq/q\bar{q} \rightarrow gG$$

- Hızlı MC temelli çalışma
- #EB=2,3,4 & EB ölçeği taranmış

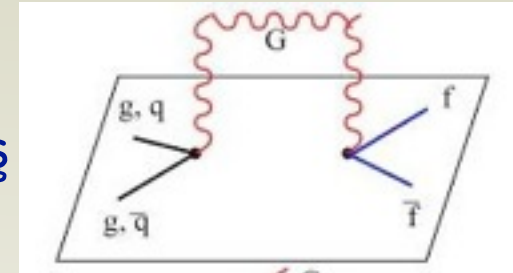


$M_{\text{Pl}(4+d)}$	$\delta=2$	$\delta=3$	$\delta=4$
30fb	7.7	6.2	5.2
100fb	9.1	7	6

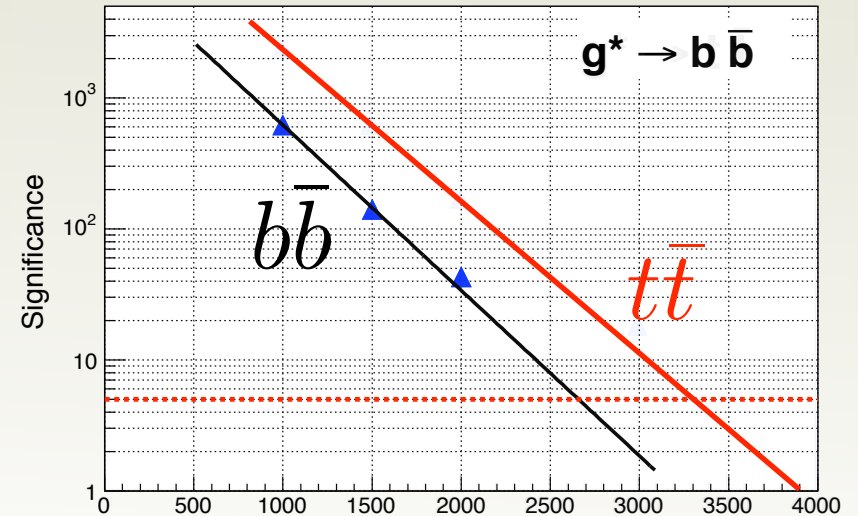
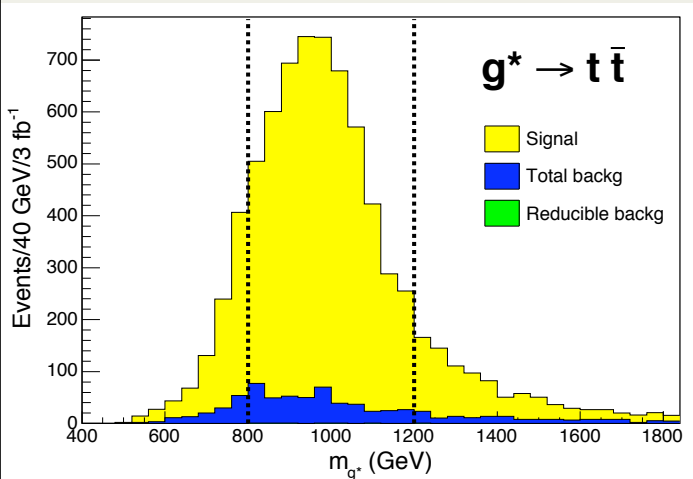
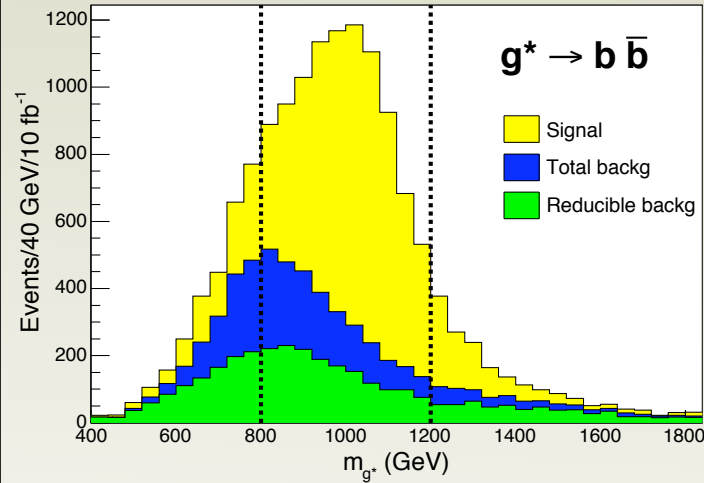
# EB: uyarılmış gluonlar

- Öngören:  $\text{TeV}^{-1}$  EBlar (DDG)
- Üretilmesi: q-q yokolmasından
- Bozunması: ağır kuvark çiftleri

$$q\bar{q} \rightarrow g^* \rightarrow t\bar{t} \rightarrow b\bar{b}$$



- Hızlı MC temelli çalışma
- $g^*$  kütlesi [1..3] TeV arası taranmış



300  $\text{fb}^{-1}$  veri ile 3.3 TeV'e  $5\sigma$  ile erişme olanağı var.

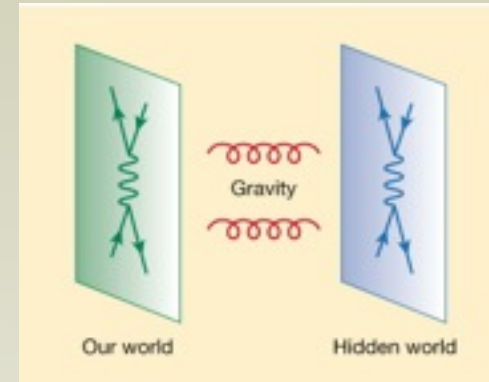
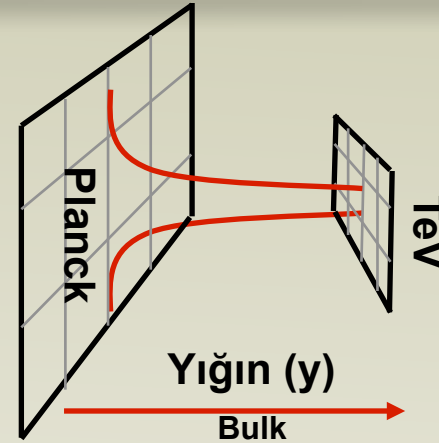


# Bükük Ek Boyutlar

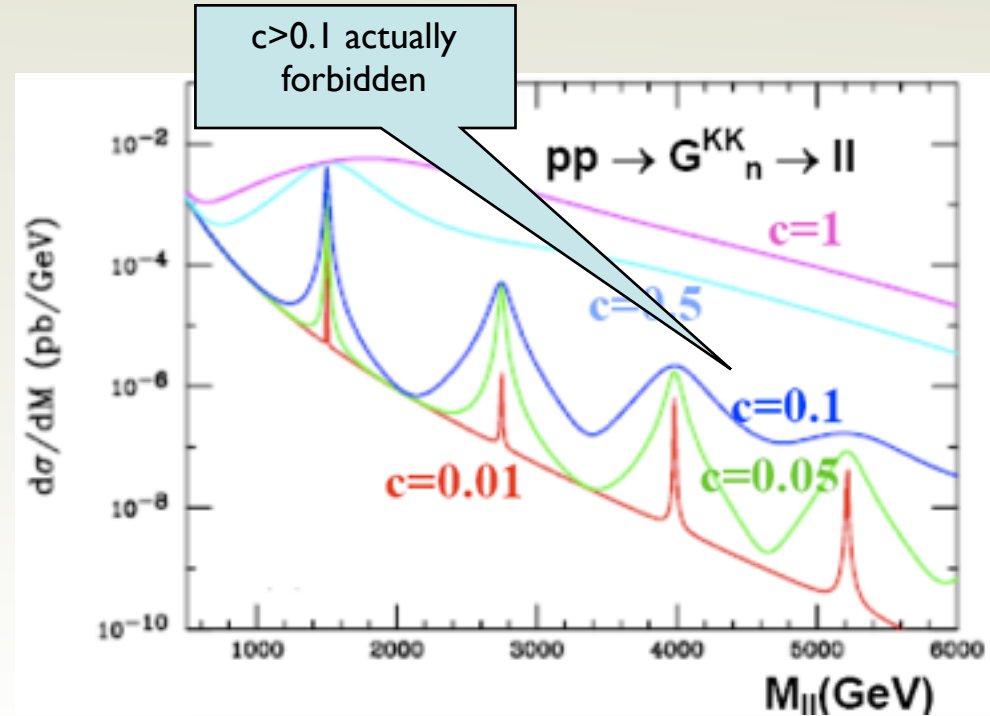
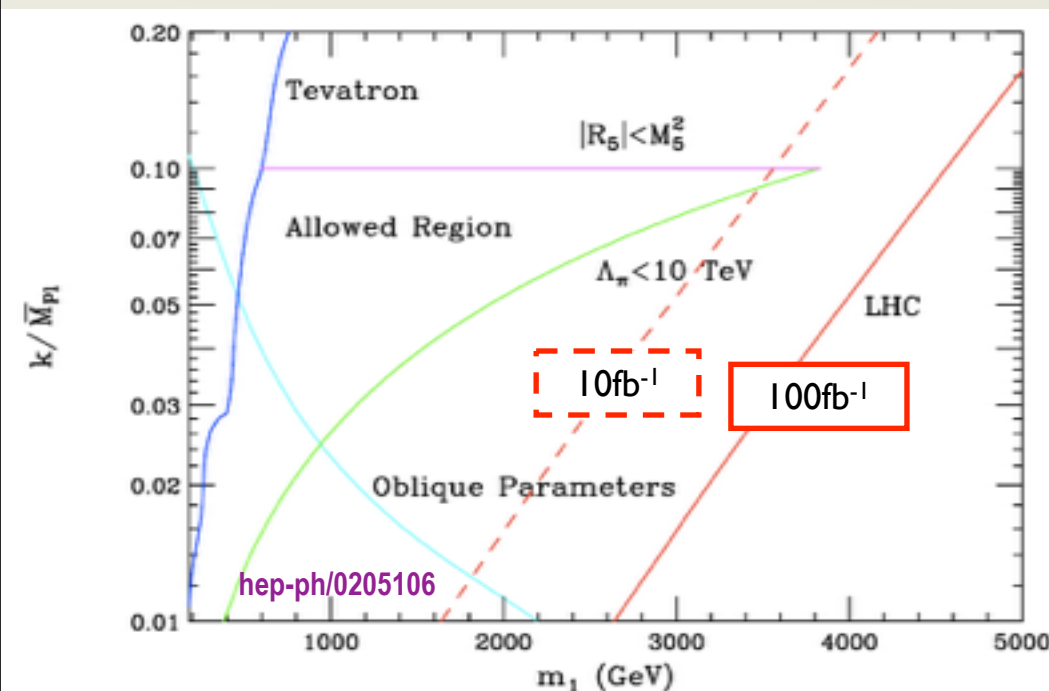
## Randall Sundrum (Tür I)

- ▶ Zar metriği yığındaki konumunun işlevi olarak verilir.
- ▶ Eşleşme sabiti:  
 $c = k/M_{pl}$ ,  $k$ : eğrilik ölçeği
- ▶ epey ayırık, dar genişliği olan graviton kütle dizisi çıkar, kütle değeri:

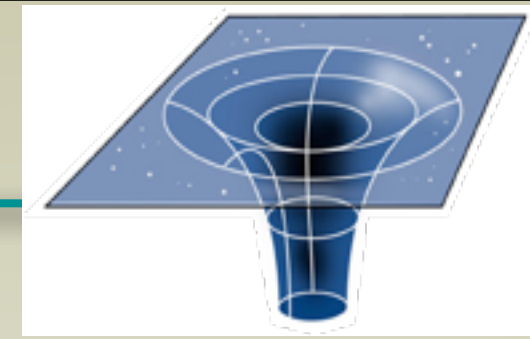
$$m_n = kx_n e^{krc\pi} \quad (J_1(x_n) = 0)$$



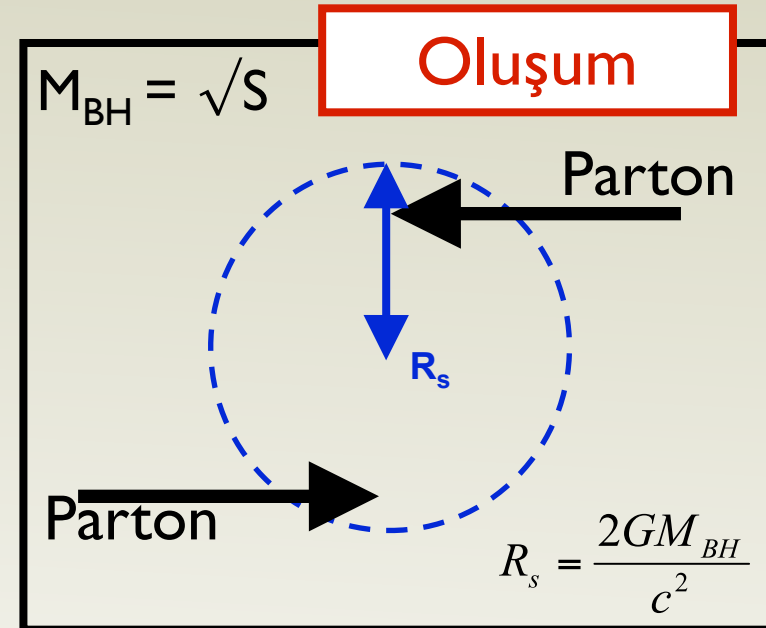
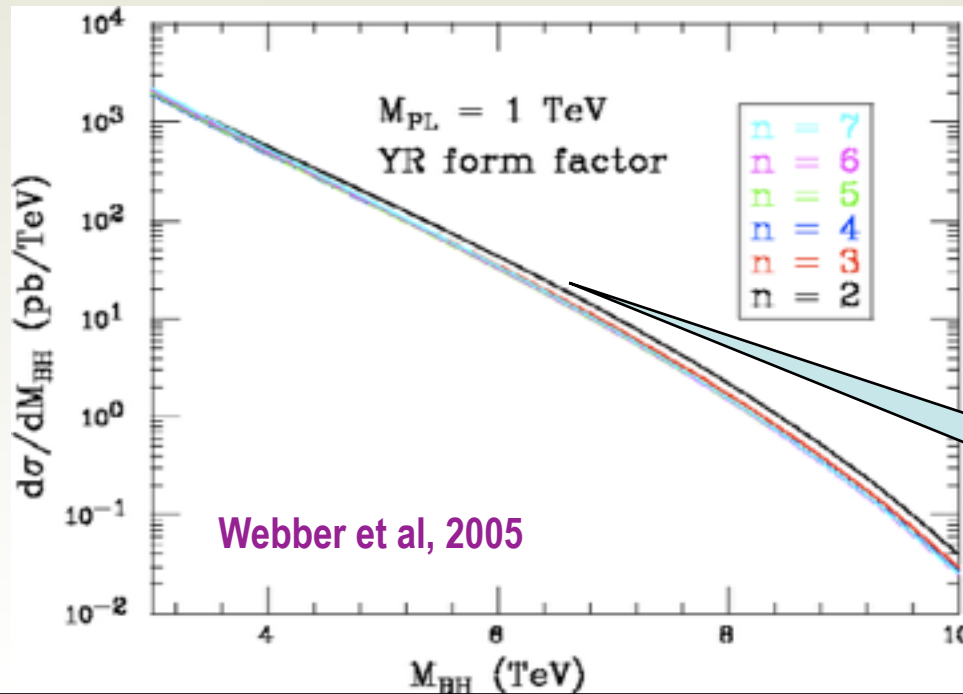
$$ds^2 = e^{-2ky} \eta_{uv} dx^u dx^v - dy^2$$



# mini Kara Delikler



- EB modellerinden gelir
- $E_{KM} > M_{Pl}$  olduğunda üretilir
- $M_{BH}$ ,  $M_{Pl}$ 'e yaklaştıkça yerçekiminin Kuantum kuramı gerekir.
- $\sigma \sim \pi R_s^2 \sim 1 \text{ TeV}^{-2} \sim 10^{-38} \text{ m}^2 \sim O(100) \text{ pb}$
- BHÇ, 1 Hz sıklık ile Karadelik üretebilir.



If the impact parameter of a 2-parton collision  $<$  Schwarzschild radius  $R_s$ , then a black hole with  $M_{BH}$  is formed.



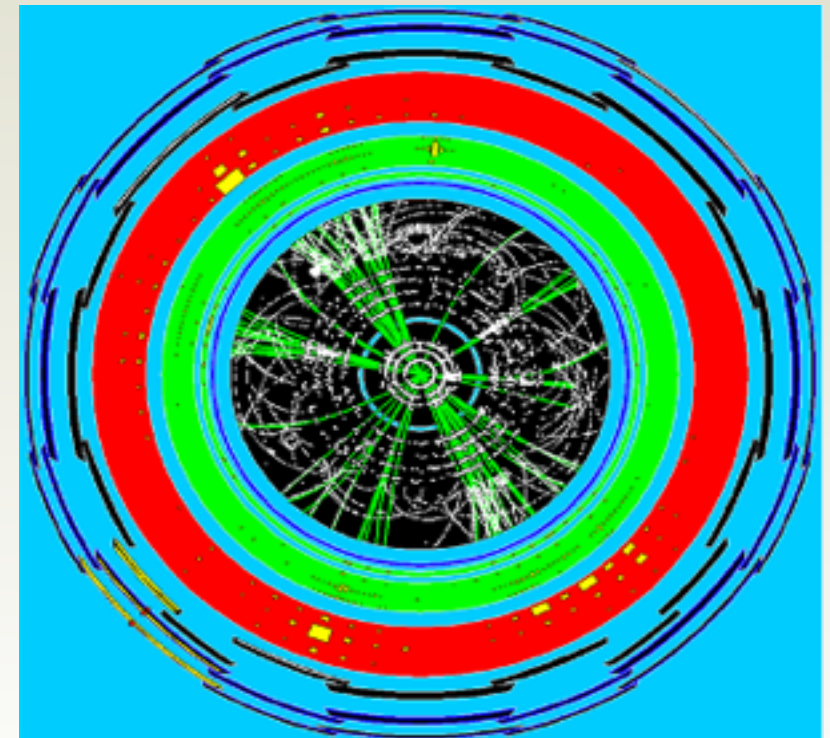
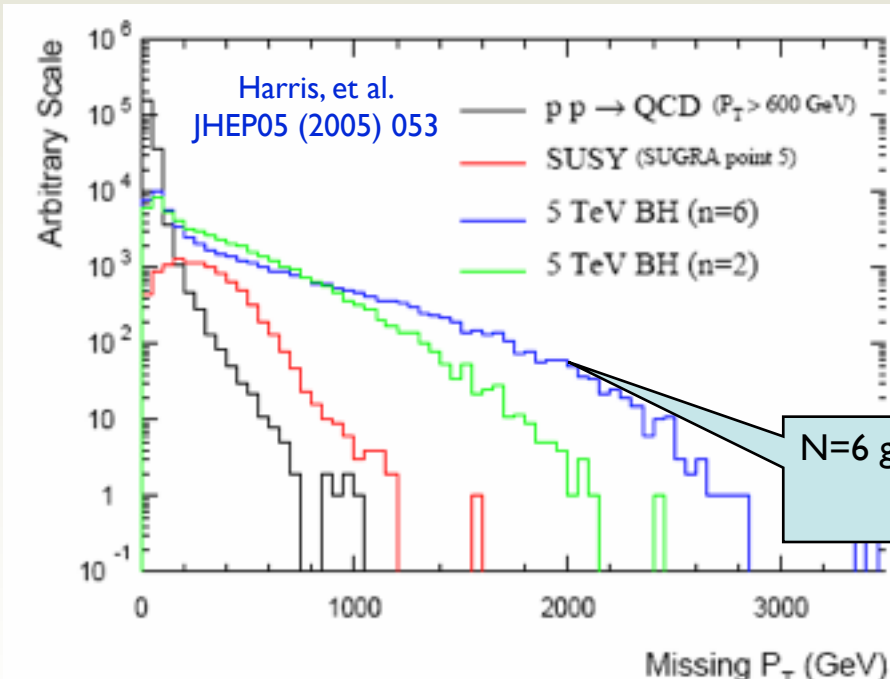
# mini KD Algılanması

## ► Ayırt edici özellikler

- KD yarıömrü  $\sim 10^{-27} - 10^{-25}$  saniye!
- Eşit olasılık ile bütün parçacıklara Hawking Yayınlamı ile bozunur (aynı bir karacisim gibi)
- $t, W, Z$  ve  $H$  bozunumlarıyla buharlaşır: (hadron : lepton) = (5 : 1)

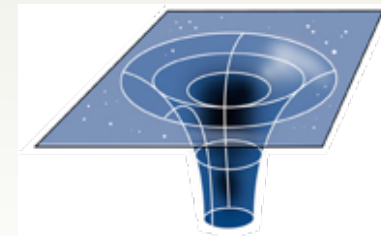
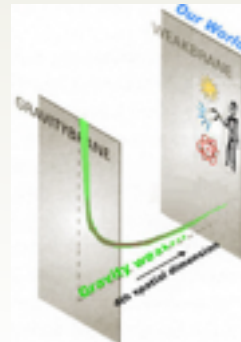
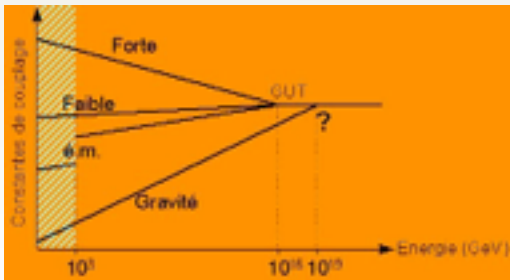
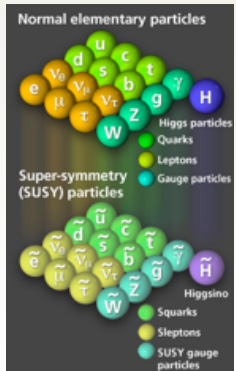
6.1 TeV  $M_{BH}$

Bozunum



# Özet

- BHÇ deneylerinin SMÖ doğayı bulma özgüçleri vardır.
- Küçük bir SMÖ olasılık kümesine baktık;
  - bazı modeller (ör: Saklı Vadi, parçacık olmayan) konuşulmadı,
  - farklı modelleri ayırt edebilmek önemli, fazla konuşulmadı
  - SMÖ modellerden SM araştırmalarına etki konuşulmadı.
- Sadece özet sonuçlar gösterildi
  - Çoğu basılmış bilimsel veya halka açık sonuçlar verildi
  - Çoğunlukla Hızlı MC benzetim sonuçları verildi.
- Hangi kuramın doğayı daha iyi açıkladığını bize deneyler gösterecek.

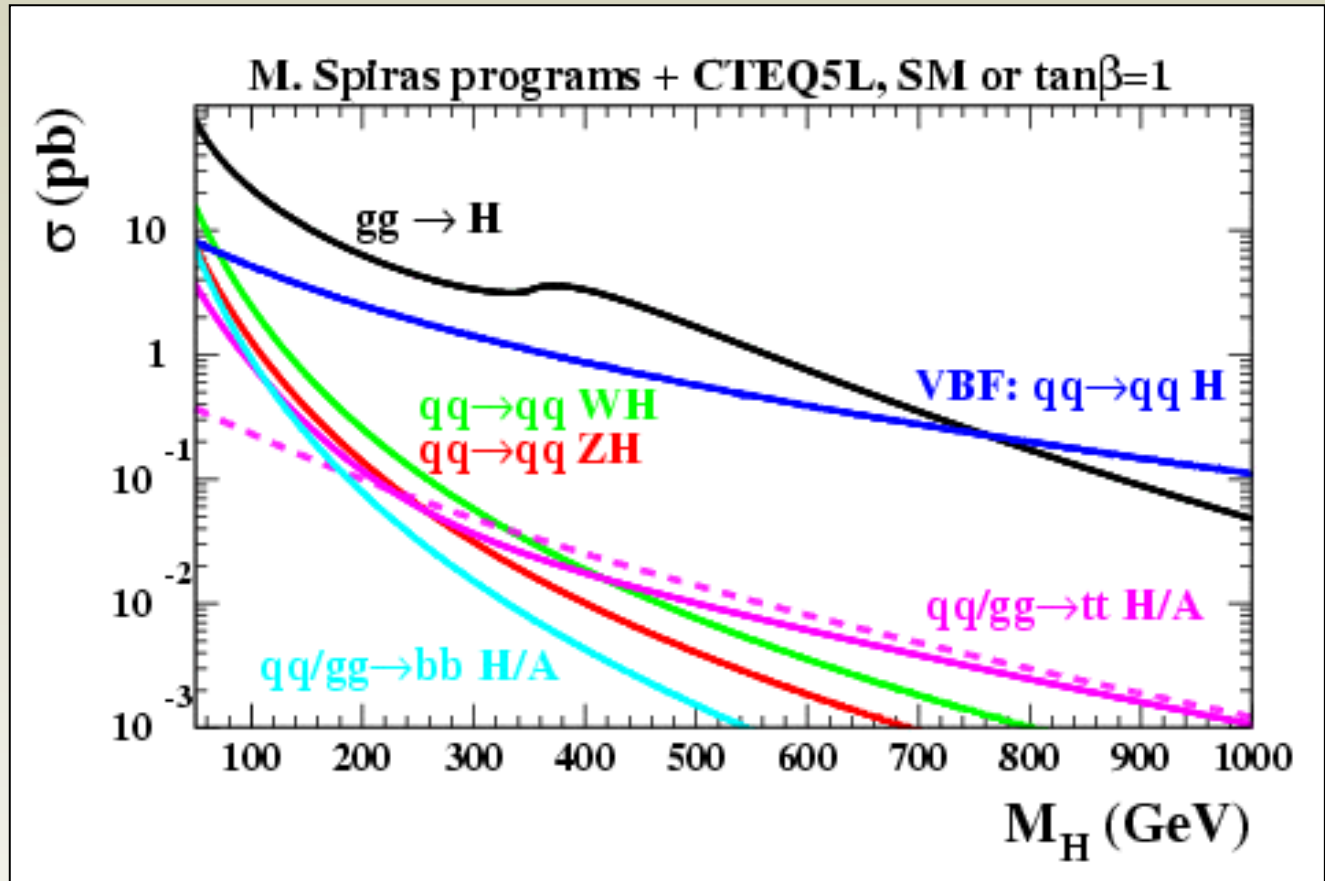


## ► Ek Sayfalar:

- \* Higgs Araştırmaları hakkında
- \* Üstün Bakışım hakkında

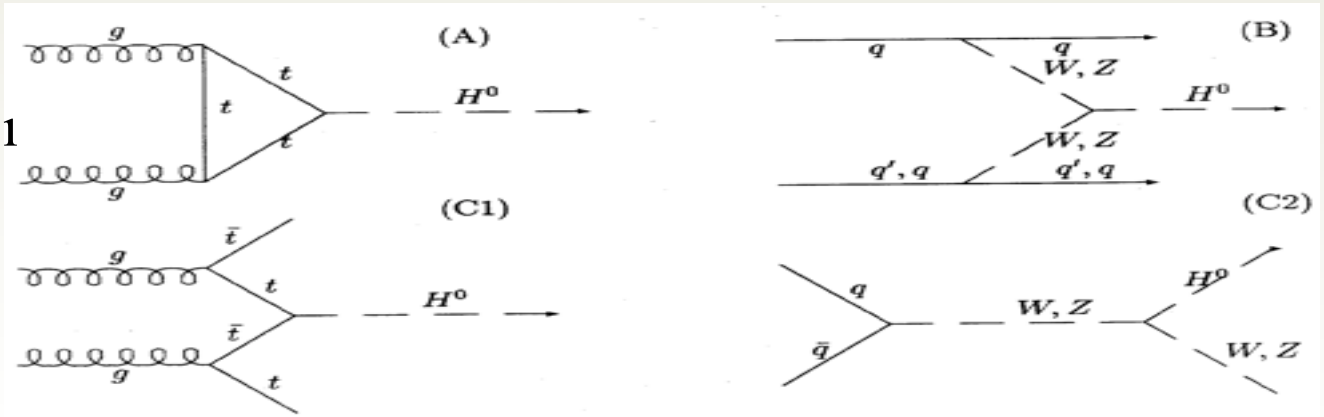
# Higgs üretimi

HPFBU 2011



gg  
kaynaşması

ekli  
ttH

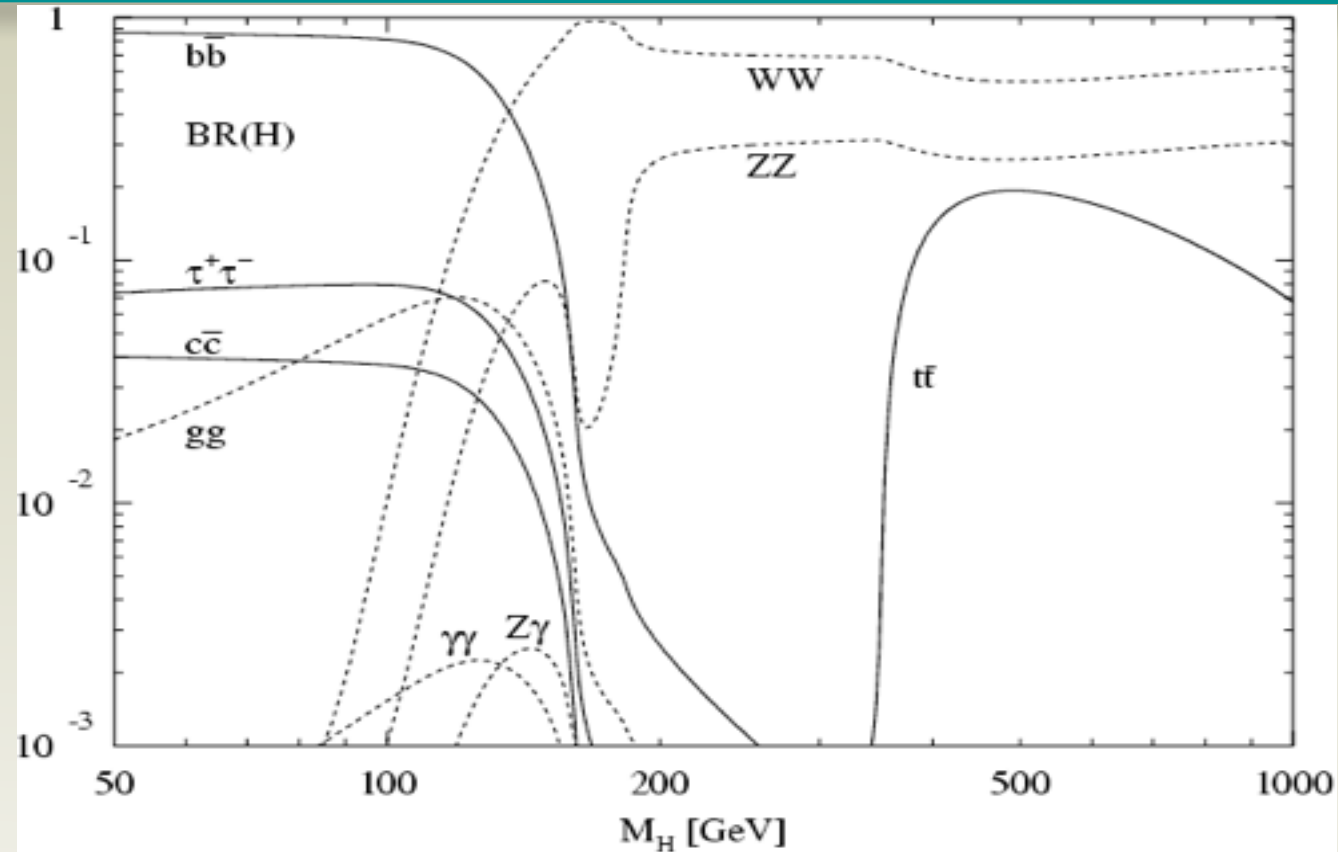


VBF WW/ZZ  
kaynaşması

ekli WH, ZH

# Higgs bozunması

BR



Düşük kütle

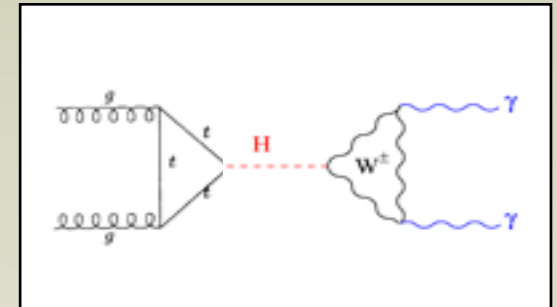
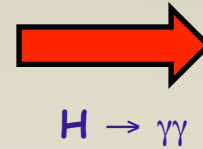
$H \rightarrow \gamma\gamma$   
 $ttH, H \rightarrow bb$   
 $qqH, H \rightarrow \tau\tau$  VBF

Yüksek kütle

$H \rightarrow ZZ$  (\*),  $Z \rightarrow 4\ell$  altın keşif kanalı  
 $qqH, H \rightarrow WW$  (\*) VBF

# Düşük kütlede ararsak

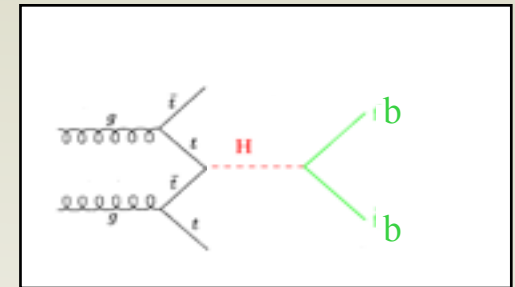
1.  $H \rightarrow \gamma\gamma$   $S/B \sim 10^{-2}$  despite  $BF \sim 10^{-3}$



2.  $ttH$  ( $WH, ZH$ ) with  $H \rightarrow bb$  (b-tagging, 4 b-jets)  
DIFFICULT due to systematic errors



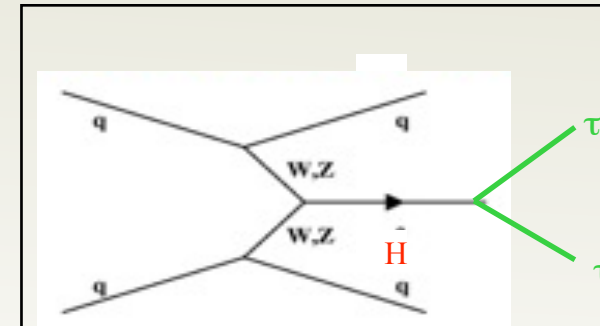
$ttH \rightarrow tt bb \rightarrow b\ell\nu bjj bb$



3.  $qqH \rightarrow qq\tau\tau$  VBF : jets over  $|\eta| < 5$  forward jet tag +  
central jet veto for  $\tau$  ID



$qqH \rightarrow qq\tau\tau$

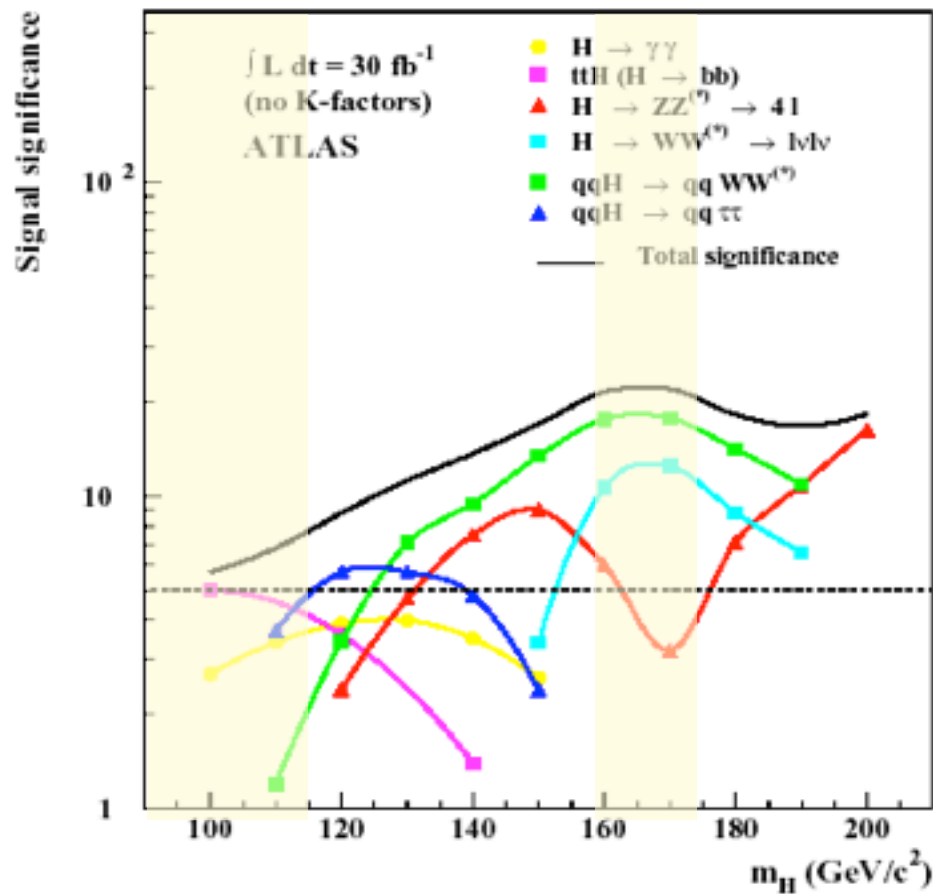
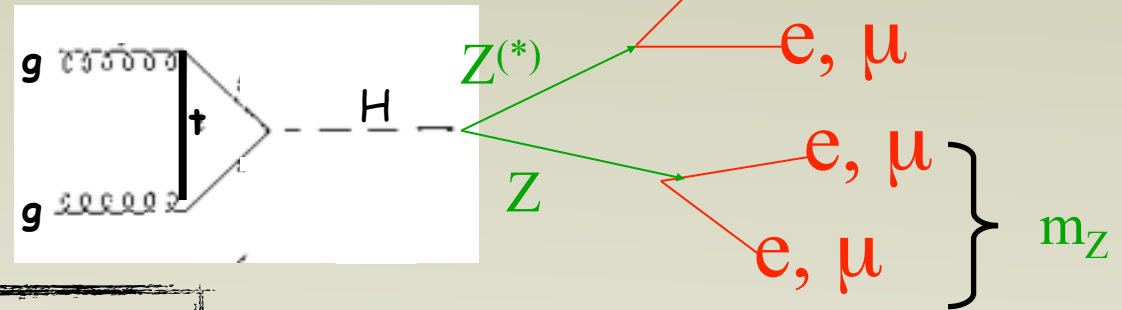




# Altın Kanal

$$130 \leq m_H < 700 \text{ GeV}$$

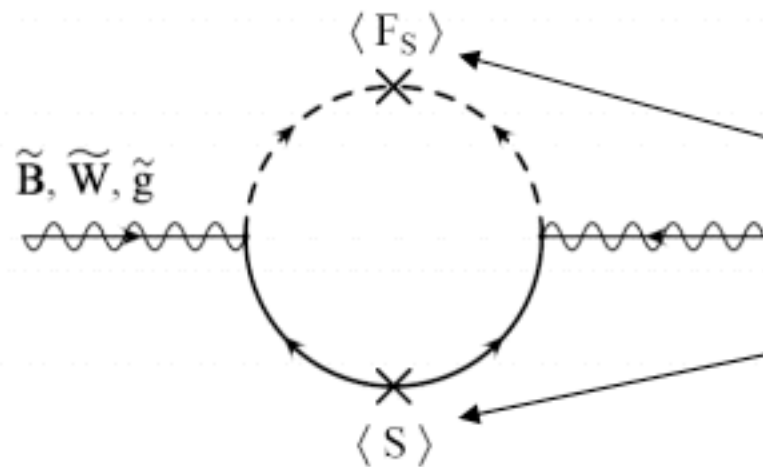
$$H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4 \text{ leptons}$$



Discovery with less than  $10 \text{ fb}^{-1}$  for  
 $130 < m_H < 160 \text{ GeV}$ ,  $2m_Z < m_H < 550 \text{ GeV}$

combining various channels for  $m_{\text{Higgs}} < 200 \text{ GeV}$   
 exclusion from LEP and Tevatron shown in shaded  
 areas

# GMSB susy



Masses of the gauginos are produced via couplings to a massive messenger sector

Parameters (general model has 124):

- $\Lambda$ : Breaking scale
- $M$ : Mass scale of the messengers
- $\tan\beta$ : Ratio of Higgs vacuum expectation values
- $N$ : Number of messenger chiral supermultiplets
- $\text{sign}(\mu)$ : Sign of the Higgs mass parameter
- $C_{\text{grav}}$ : Scale factor of the Gravitino mass → lifetime of NLSP



# mSUGRA

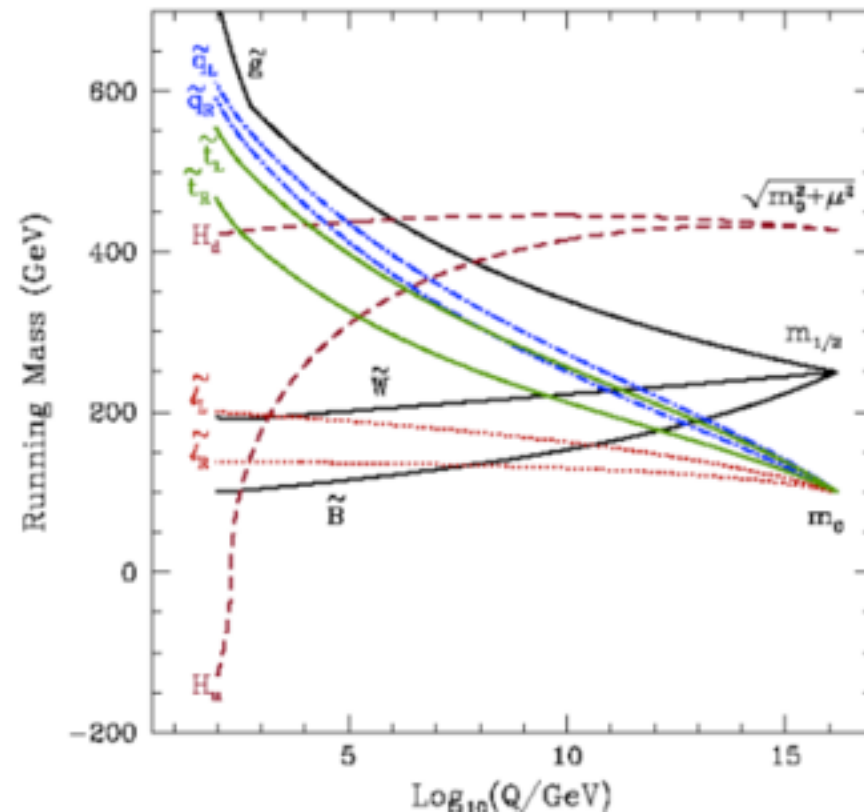
Observed CDM  
density

$$\Omega_m h^2 = n_{\text{LSP}} \times m_{\text{LSP}}$$

LSP Relic Density

## ► 5 Parameters

- $m_0$  : sayıl kütle
- $m_{1/2}$  : gaugino kütle
- $A_0$  : H sf sf eşleşme sabiti.
- $\tan\beta$  : 2 H'nin vakum beklenen değeri oranı
- $\text{sgn}(\mu)$  : H kütle değişkeninin işareti



# Sözlük

- ▶ Kesim : cut -off
- ▶ compact(ification) : tıkız(lanma)
- ▶ extra : ek
- ▶ warp : büküm
- ▶ potential : özgüç
- ▶ spin : dönü
- ▶ excitation : uyarım
- ▶ fusion : kaynaşma
- ▶ phenomenology : olaybilim
- ▶ bulk : yığın