

## Türkiye Elektrik Piyasasında Fiyat Oluşumu : Excel Tabanlı bir Elektrik Fiyat Modeli

Bariş Sanlı, Uluslar arası Enerji Ekonomisi Derneği Üyesi

Bu makale de yazılan tüm görüşler yazarın kendi görüşü olup, hiçbir şekilde ilgili/ilişkili veya üyesi olduğu kurum, kuruluş ve derneklere atfedilemezler. Yazışma adresi: [barissanli2@gmail.com](mailto:barissanli2@gmail.com)

Bu makalenin İngilizce versiyonu: <http://www.barissanli.com/calismalar/2014/bsanli-tpm-2014agu.pdf> adresinden ulaşılabilir.

Model dosyası: <http://www.barissanli.com/calismalar/2014/TPM-v2.xls>

Bu makale, Türkiye’de elektrik fiyatları nasıl oluşuyor, yap işlet devretler devreden çıkarsa fiyatlar ne olur, rüzgarın tam estiği dönemle hiç esmediği dönem arasında fiyat farkı nedir gibi sorulara hızlı ve gerçeğe yakın cevap arayanlar için hazırlanmış olan Excel Tabanlı bir fiyat modelini anlatmaktadır.

### Fiyat Modeli

Ekonomi kuralları gereğince fiyat arz ve talebin kesiştiği noktada oluşur. Bu makale için bu basitleştirmeyi yapmak çok önemlidir. Çünkü gerçek anlamda Türkiye elektrik piyasasının modellenmesi için ne ekonometrik modeller ne de yapay sinir ağları yeterli olmayacaktır.

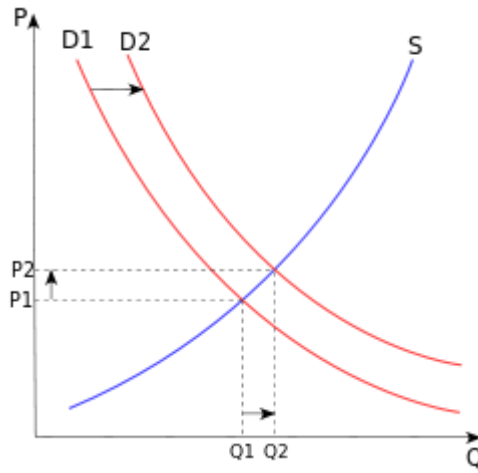
Özellikle elektrik piyasasında “kıyma makinesi” mantığı ile veriyi işleyip model yapma mantığı fazlaca rağbet görmektedir. Ama sisteme bir adım geriden baktığınızda, çok iyi okul mezunu, çok zeki insanların her birinin ayrı teklif setleri verdiği bir piyasada, piyasa hareketleri birkaç denklem veya desene oturtulamaz. Bunun bir istisnası vardır ki, o da tüm bu tacirlerin hepsi benzer modelleri kullanıyor veya benzer kaynaklardan besleniyorsa gerçekten de hesaplanabilir bir desenden söz edilebilir.

Bu karmaşıklık içinde, bir T-cetveli gibi kullanabilen modellere de ihtiyaç vardır. Eğer kompleksiteyi modellemekte başarısız kalıncaksa, daha ana hatlara bağımlı kavramsal modeller faydalı olacaktır. Bu yazıdaki model böyle bir modeldir.

Model kısaca, piyasa içi ve piyasa dışı üreticilerin marjinal maliyetlerinden bir arz eğrisi hesaplayıp, bunu istenen talep noktası ile kesiştirerek bir fiyat hesaplıyor. Burada hesaplanan fiyat, Uzun Dönemli Marjinal Maliyet mantığına göre hesaplanan fiyattır. Temelde eğitimsel olarak kullanılması planlanmıştır.

Uzun dönemli marjinal maliyetlerde, bankalara ödenecek kredi ödemeleri de teklifin fiyatının içine dahil edilir. Gerçek piyasa işletiminde, bu her saat bu şekilde olmamaktadır. Katılımcılar bazı saatlerde bu marjinal fiyatların altında, sadece işletme ve yakıt giderleri ile de çalışmak isteyebilirler. Buna da kısa dönemli marjinal maliyet diyoruz. Kısa dönemde bu fiyat kabul edilebilir olsa da, uzun dönemde yatırımın geri dönüşü de hesaba katılmalıdır.

Bir diğer nokta ise arz eğrisinin standart bir arz eğrisi olmasına rağmen talep eğrisinin dik bir doğru olmasıdır. Şekil 1’de “S” ile gösterilen eğri bir arz eğrisidir. Elektrik modelinde üretimini en düşük marjinal maliyetten piyasaya sunanların arka arkaya eklenmesi ile oluşur. Fakat elektrik talebi esnek değildir. Bu yüzden elektrik talebi Şekil 1’deki D1,D2 yerine düz bir çizgi şeklinde oluşturulmuştur.

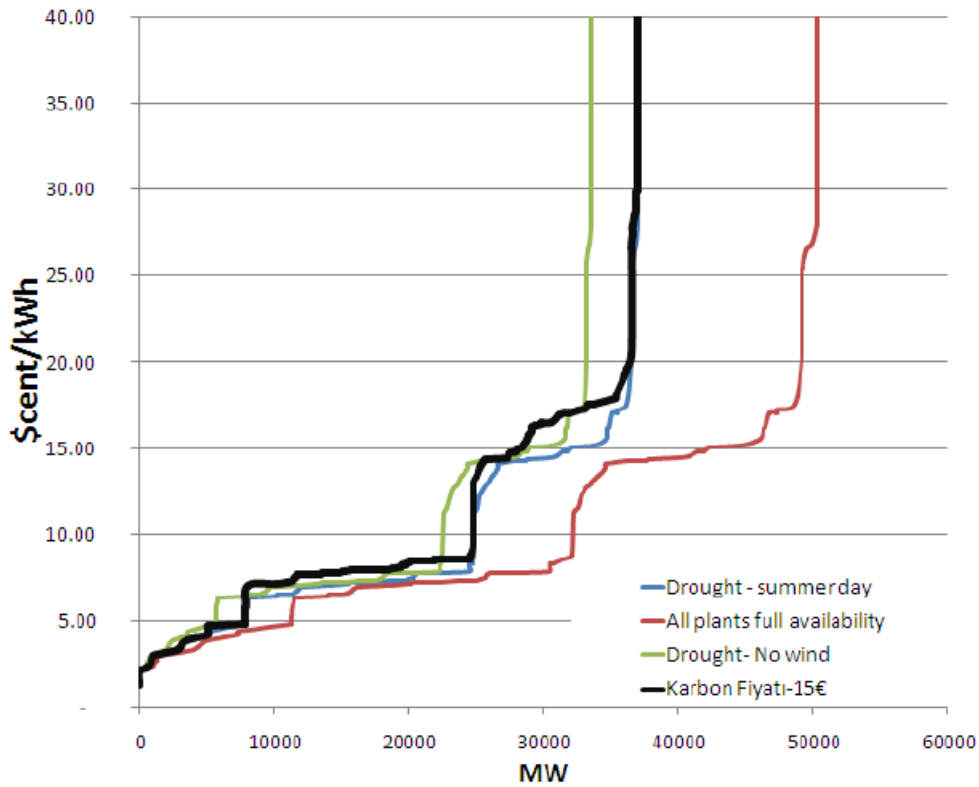


Şekil 1 – Ekonomik teoriye göre arz ve talep eğrileri

### Önceki Çalışmalar

2010 yılında bazı uzmanların, hangi tüketici sisteme ne kadar yük getiriyor ve kim kimi sübvansede ediyor soruları üzerine hem bir arz hem de bir talep modeli tasarlanmıştır. Bu modellerden arz eğrisi [1] ve talep profili [2] çalışmaları önce Excel’de yapıldı. Bu iki modelde de makrolar kullanılıyordu ve çalışması biraz zaman alıyordu. Söz konusu model üzerinden arz eğrisini dinamik olarak değiştirme ve çalıştırma şansı yoktu.

Yine de model çalışmaları açısından eğrinin nasıl hareket ettiğini göstermesi, karbon fiyatlarının etkisini göstermesi açısından oldukça faydalı oldu ve bir çok sunumda da sonuçları kullanıldı. Şekil 2’de söz konusu model sonuçları gösterilmektedir.



Şekil 2 – İlk makro tabanlı arz modeli sonucu, Barış Sanlı

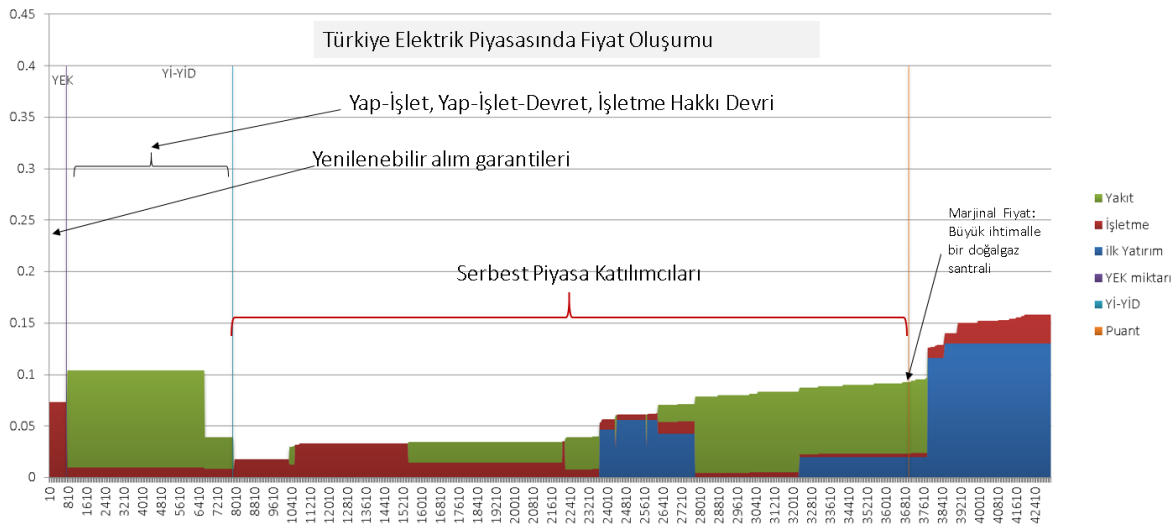
Söz konusu iki modelle yapılan çalışmalarda çıkan fiyatlar başka çalışmalar ile yapılan fiyatların uzağında çıkmamış ve en azından kolay kullanılabilir bir fiyat modeli oluşmuştur. Fakat model gerçeklikten biraz uzaktır.

### Türkiye Elektrik Piyasasında Arz Eğrisi

Modelin doğru olmamasının altında yatan en önemli sebep piyasanın aslında hibrit bir piyasa olmasıydı. Yani 2001 öncesi dönemde alım garantileri ile sözleşmeleri gereği sürekli üretim yapmak ve devlet kuruluşu TETAŞ'a satmak zorunda olan, Yap-İşlet, Yap-İşlet-Devret ve İşletme Hakkı Devri sözleşmeleri vardı. Bu sözleşmeler(yani santraller) her gün mutlaka üretim yapıyordu ve piyasa fiyatlarının üstünde de olsa üretimleri ikili anlaşmalar ile güvence altındaydı.

Diğer taraftan 2010'dan sonra giderek artan bir yenilenebilir girişi de piyasayı etkilemeye başladı. İlk etkileri 2012'de görülen rüzgar gibi kaynaklar, 2014'te elektrik fiyatlarında önemli bir etkiye sahip oldular. Bir çok piyasa raporunda rüzgar konusundaki öngörüler de yer alıyor.

Problemin çerçevesini çizersek; arz eğrisine hiç katılmayan garantili kontratlar var, bir de yenilenebilir alım garantileri kapsamında garantili kontratlar var. Geri kalan üretim ise serbest piyasa da ekonomik fiyat oluşum mekanizmaları ile oluşuyor. Mevcut model Şekil-3'te gösterilmektedir.



Şekil 3- Türkiye Elektrik Piyasasında Fiyat Oluşumu, Barış Sanlı, 2014

### Model Kabulleri

Model bir gerçekliğin kavramsallaştırılmış halidir, dolayısıyla gerçek değildir. Fakat gerçeğe atıfta bulunan kabulleri vardır. Bu kabullerin bir kısmı gerçeğe yakın değerler, bir kısmı ise bilinçli olarak gerçeğe alakası olmayan(ticari sır kapsamında olduğu için) değerlerdir.

1. Fiyat oluşumu: Fiyat 3 parçadan oluşmaktadır. Tüm hesaplamalar ABD \$'ı üzerinden yapılarak CP çalışma sayfasındaki C22 hücresindeki kur ile TL'ye dönüştürülmektedir.
  - a. Yatırım maliyeti:
    - i. 7 yıldan genç santraller için kurulum maliyetini 7 yılda ödeyebileceği düşünülerek hesaplanan kWh başına kredi ödemesine ayrılacak pay
    - ii. 7 yıldan yaşlı santraller için santralin tüm maliyetini geri ödedeği öngörülerek yatırım maliyeti 0 olarak alınır.

- b. İşletme maliyeti: İşletme maliyeti her bir kaynak için Amerikan Enerji Bakanlığı çalışmalarından derlenmiş, fakat santral yaşlandıkça “ana” sayfasının N106 hücreesindeki “Degradation” eskime oranı ile arttırılmıştır.
  - c. Yakıt maliyeti: Mevcut piyasa yapısını yansıtmaması açısından devletin Yi-YİD santrallerine uyguladığı ve diğer katılımcılara uyguladığı fiyatlar ayrıştırılmıştır. Excel dosyasındaki rakamlar gerçek değildir. Gerçek değerler için internette araştırma yapılması yeterlidir.
2. Santral/Ünite kabulleri: Bu tip bir modelde her bir ünite bazında marjinal fiyat hesaplanması gerekir. Bunun yerine bir diğer kolaycılığa kaçarak, o sene için devreye giren aynı yakıtı kullanan tüm santraller tek bir üniteymiş gibi değerlendirildi. Aynı yılda devreye alınan tüm santrallerin aynı teknolojiye sahip olduğu varsayıldı.
  3. Termik santrallerin gruplaması: Termik santraller fiyat belirlemede özellikle baz yükte etkili olduğundan, kontrol panelinden de görüleceği üzere 5 ayrı termik santral vardır:
    - a. EÜAŞ Linyitler: Yerli kömür kullanır, performansları düşük kabul edilmiştir.
    - b. EÜAŞ Doğal gaz santralleri
    - c. YİD/Yİ Doğal gaz santralleri: yüksek çalışma saatlerine sahiptirler
    - d. Yİ İthal Kömür
    - e. Serbest Üreticiler
  4. Sayısal Değerler: Tüm sayısal değerler “ana” isimli çalışma sayfasında mevcuttur. Bu çalışma sayfasında her bir teknoloji bazında kurulum, işletme ve yakıt maliyet hesaplama ve dönüşüm tabloları bulunmaktadır.

### Excel Dosyasının Yapısı

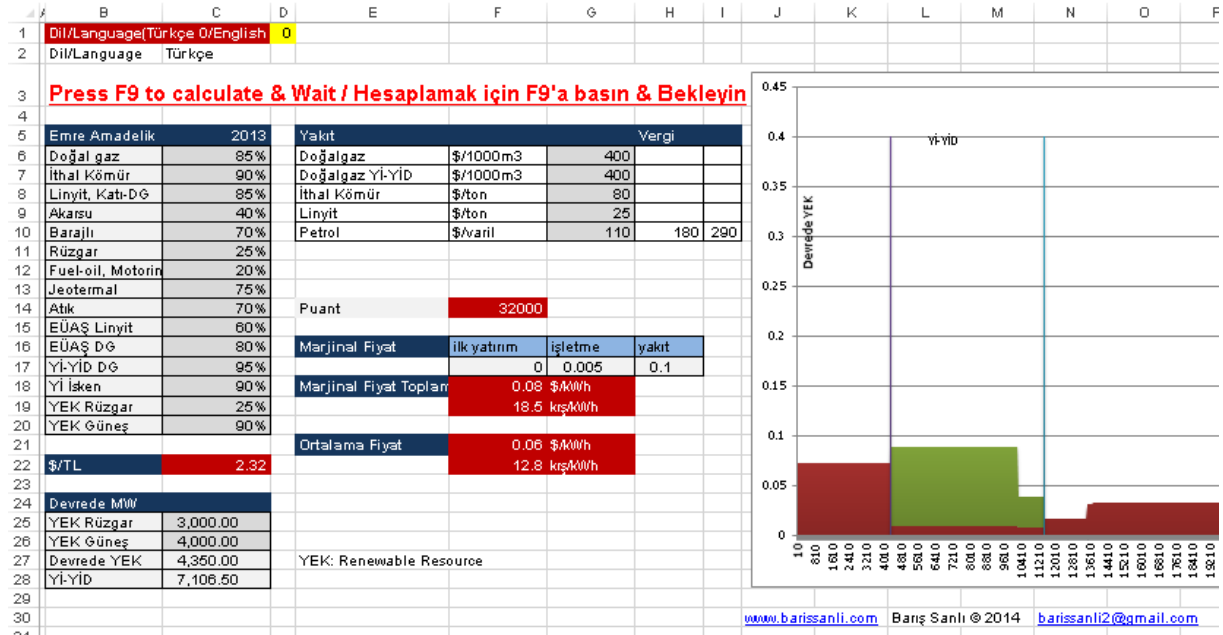
Excel dosyasında hiçbir makro veya güvenlik sorunu oluşturabilecek izleme, kopyalama kodu yoktur. Tamamen “rank” komutunu kullanarak dinamik olarak hesaplama yapar. Intel Core i5 bilgisayarlarda sonuçları en geç 3 saniye içinde gösterebilmektedir.

Excel Dosyası 5 çalışma sayfasından oluşur.

1. *Info*: Burada kısaca dosyanın nasıl kullanılacağı anlatılmaktadır.
2. *CP*: (Control Panel’in kısaltması) Tüm girişler bu sayfaya yapılır. Dil ayarları, emre amadelik kabulleri, kur, yakıt fiyatları, talep çizgisinin keseceği nokta ve sonuçlar bu sayfada gözükür. Bu sayfada üç rakam hesaplanır:
  - a. Marjinal Fiyat ve kırılımları (ilk yatırım, işletme ve yakıt): Puant değerinde oluşan fiyat kırılımı
  - b. Marjinal Fiyat toplamı: Puant değerinde oluşan marjinal fiyat kırılımının toplamı
  - c. Ortalama Fiyat: Tüm bir eğride 0’dan Puant’a kadar oluşan ortalama fiyat hesaplanır.
3. *ana*: Tüm hesaplamalar kabuller bu sayfadadır
4. *dinamik\_ana*: Bu sayfada “ana” da oluşan tablolar sütunlar haline getirilir
5. *nihaitablo*: Grafik ve toplam sıralamanın oluşturulduğu sayfadır.
6. *dil*: İngilizce ve Türkçe seçeneklerinin “CP”:D1 hücreesindeki değerlere göre okunduğu çalışma sayfasıdır.

### Kontrol Paneli : “CP” Sayfası

Kontrol panelinde 5 giriş noktası vardır. Bu noktalar Şekil 4’te görülmektedir.



Şekil 4- Kontrol Paneli

- **Emre Amadelik:** C6'tan C20'ye kadar emre amadelik değerleri vardır. Kısaca o teknolojiye sahip veya o cins santrallerin yüzde kaç oranında devrede olduğu buraya girilir.
- **\$/TL :** Dolar/TL kuru
- **Devrede MW:** Burada sadece YEK Rüzgar(C25) ve YEK Güneş (C26) değerleri girilir altındaki değerler otomatik hesaplanır.
- **Yakıt fiyatları:** G6'dan G10'a kadar yakıt fiyatları girilir.
- **Puant:** F14 hücresinde talebin arz eğrisini hangi noktada kesmesi isteniyorsa o değer girilir. Buradaki değere göre alt satırlardaki fiyat hesaplamaları yapılır.
- **Dil Seçeneği:** D2 hücresine 0 girilirse sayfa Türkçe, 1 girilirse İngilizce olur. Bu çalışmanın yapılmasındaki sebeplerden biri de yabancı yatırımcılara da anlaşılabilir bir araç sunmaktır.

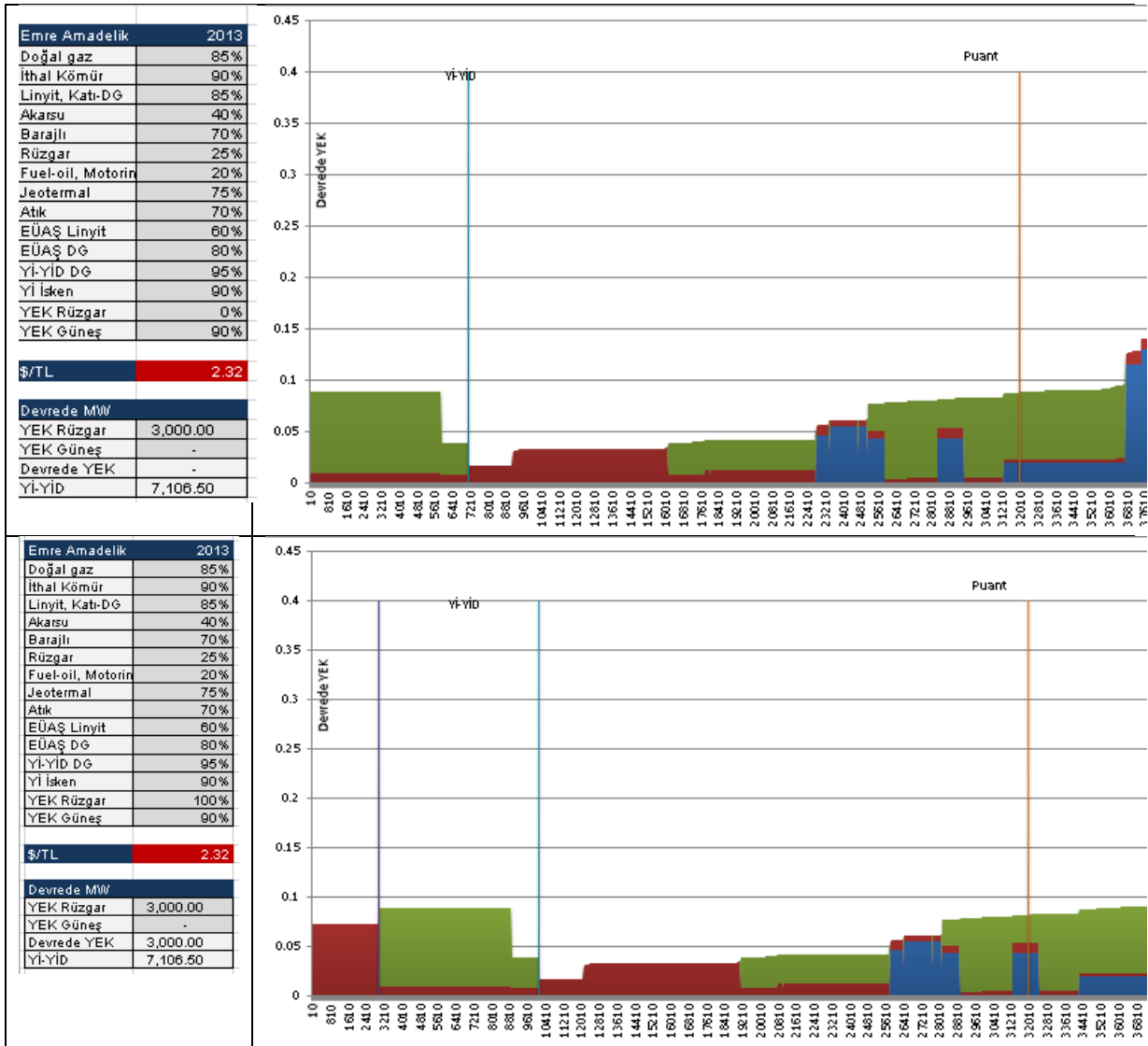
### Bazı Örnek Çalışmalar

Örnek 1: Türkiye'de 3000 MW rüzgarın esmesi ve esmemesi arasındaki fiyat farkı nedir?

Cevap 1:

Excel dosyamızda CP'de önce C19'a sıfır değerini gireriz. YEK Güneş'i de sıfırlamamız gerekir. C26'ya da sıfır değeri gireriz. Şekil 5'teki üst satırdaki görüntüyü elde ederiz. Marjinal fiyat 20.3 kış/kWh olarak gerçekleşir.

Ardından rüzgarı %100'e çıkarırız. Bunun içinde C19'a 100% (İngilizce veya Türkçe sayı formatına göre farklı) değerini gireriz. Marjinal fiyat 19 kış/kWh olarak aşağı yönlü düşer.



Şekil 5 – Rüzgarın estiği ve esmediği durumda oluşan fiyat (Üst satır rüzgar esmiyor, alt satır rüzgar esiyor)

Yani rüzgarın daha fazla devreye girmesi fiyatları düşürücü yönlü bir etki yapıyor ki, bu da fiyatları 20.3 krş/kWh'den 19 krş/kWh'lere düşürdü.

Gerçekte de fiyat düşüşleri görülmektedir. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü uzmanları tarafından yayınlanan raporda, aşağıdaki şekil 6'da görüldüğü üzere rüzgar üretimi (kırmızı çizgi) yukarı çıktıkça, sistem marjinal fiyatının (yeşil çizgi) aşağı yönlü hareketi gösterilmiştir.



Ama bazı santraller sadece nakit girdisi sağlamak için bu rakamın altında da çalışabilirler ki gerçek hayatta bu şekilde olur.

## Sonuç

Elektrik piyasasındaki etkileri daha rahat gözlemek isteyenler için gerçeğe yakın fakat gerçeğin birebir aynısı olmayan modellerin kullanılması da bir avantaj sağlayabilir. Daha önceki modellerden farklı olarak bu model aslında eğitim amaçlı olarak tasarlandı. Makro barındırmaması, hem İngilizce hem Türkçe olması sebebiyle de bir çok kişinin ilgisini çekti.

Bu modeli, Türkiye elektrik piyasasını sadece bir arz/talep eğrisi olarak değil, hibrit yapısı da göz önüne alarak, alım garantili 2001 öncesi santraller ve Yenilenebilir alım garantilerini (YEK) de aynı grafikte gösterebilen ve gerçek yapıya yakınsayan bir çalışma olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Modelin gelişimi devam etmekle birlikte, bazı bilgisayarlarda yavaş çalışması durumunda otomatik hesaplama kaldırılarak çalıştırılması tavsiye olunur.

Barış Sanlı

## Referanslar

[1] Türkiye Elektrik Arz Eğrisinin Modellenmesi, Barış Sanlı, Mehmet Güler, <http://www.barissanli.com/calismalar/2011/temmuz2011-TurkiyeElektrikArzEgrisininModellenmesi-bsanlimguler.pdf>

[2] Türkiye Elektrik Profil Analizi , Barış Sanlı, <http://www.barissanli.com/calismalar/2012/bsanli-TurkiyeElektrikProfilAnalizi.pdf>