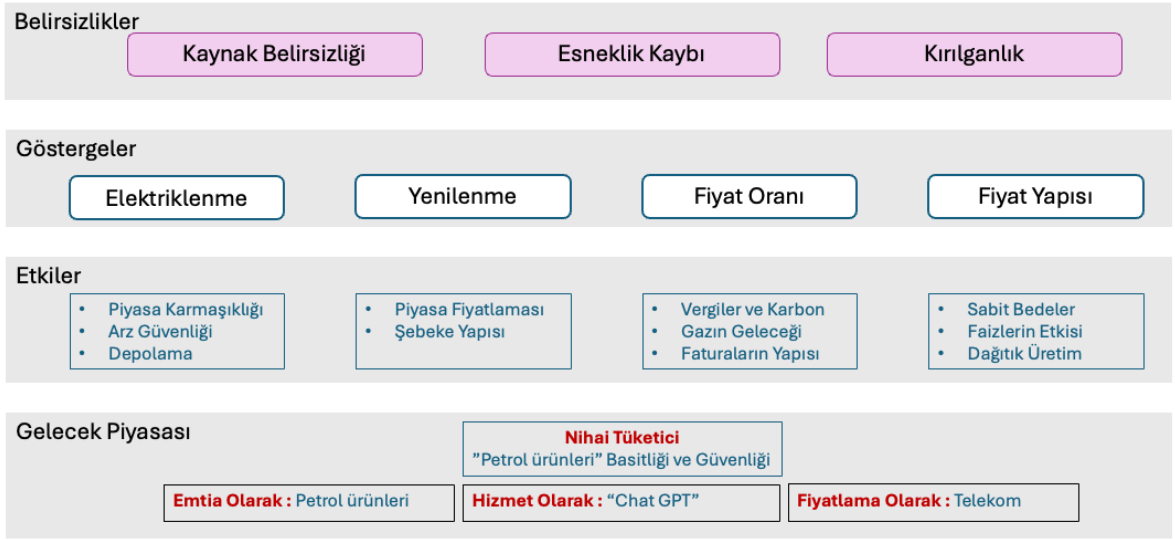


Enerji Piyasalarının Geleceği

Barış Sanlı, barissanli2@gmail.com

Özet

Bu makalede kısaca “Enerji Piyasalarının Geleceğine” dair analitik bir tartışma yapılmaktadır. Baz olarak bugünkü politik yapı ve hedefler ile enerjide özel olarak elektrik merkeze alınmıştır. 3 farklı seviyede yaklaşım ile, geleceğe dair piyasa yapısı ve aralarındaki muhtemel gelişmelere değinilmiştir. Makalenin şematik bir özeti aşağıda verilmiştir.



şekil 1 - Makale Özet řeması

Özet	1
Giriş	2
Göstergeler	3
1.Elektriklenme	3
2.Yenilenme (Rüzgar-Güneş Payı).....	4
3.Fiyat Oranı	6
4.Fiyat Yapısı	7
Etkiler	8
1.Elektriklenme	8
2. Yenilenme.....	11
3.Fiyat Oranı	12
4.Fiyat Yapısı	16
Tartışma	18

Giriş

Geleceğin enerji piyasaları bugünden daha kaotik olacaktır. Bunun bir temel sebebi var. Geçmiş biliniyor ve bugüne etkisi sınırlıdır. Ama gelecek daha bilinemediğinden, ileri doğru baktıkça bilinmezlikler artmaktadır. Geçmiş güvenlidir, zarar veremez. Ama gelecek alt edilmesi gereken artan sorunlarla doludur. Fakat enerji piyasalarının en temel özelliklerinden birisi de, kaotik ortamlarda bile daima ilginç çözümler üretebilmesi ve her daim maceralı, ilginç ve öğretici olmasıdır.

Enerji sistemlerinin iki ana hizmeti vardır. Eğer nihai tüketici sistemin kalbine yerleştirilirse bu iki ana hizmet şunlardır:

1. **Enerjinin dönüşümü:** Termodinamik gereğince enerji yoktan var edilemez veya yok edilemez. Pratikte tüm elektrik üretim santralleri birer elektrik dönüşüm santralleridir.
2. **Enerjinin uzay-zaman dönüşümü:** Kısaca bu dönüştürülen enerjinin, istenilen mekana (uzay) iletebilmesi ve istenildiği zamanda(zaman), talep edilen kadar tüketilebilmesinin sağlanmasıdır. Örneğin petrolde boru hatları ve gemilerle enerji kaynakları mekânsal olarak kaydırılırken, stoklar, depolar ile de zamansal kaydırma için esneklik oluşturulmaktadır.

Bunların gelecekte değişmeyeceği öngörülebilir. Şehirleşmenin artması ve gelişen ekonomilerdeki hizmet sektörü istihdamındaki artan ağırlık ile birlikte bakıldığında bedavaya nükleer füzyon da gelse, enerji hizmetleri bu iki temel elementin fiyatlandığı hizmetler olmaya devam edecektir. Bu değişmezlerin yanında 3 temel de artan bilinmezlik vardır.

Bugünkü politika vektörlerini baz alırsak 3 noktada matematiksel olarak belirsizlik çok daha yüksek olacaktır.

1. **Kaynak Belirsizliği:** Daha fazla enerji kaynağı doğanın belirsiz gücüne bağlı olacaktır. İnsanların fosil yakıtlara geçmesindeki en önemli sebepler, bu kaynaklara doğanın çılgın güçlerinin hükmedememesi ve enerji yoğunluklarının yüksek olmasıdır. Bugünkü gidişat ile, enerji sisteminin günlük akışını yer altından çok, yerüstünün belirsizliklerini yansıtacaktır. Yenilenebilirde daha iyi tahminler temelde bir geçici iyileşmedir, çünkü bir kömür santrali 30 günlük kaynağı sahasında depolayabiliyor. Bu kaynak yönetiminden kaynak tahminine geçişin kendisi bile sorunlar ve fırsatlardan biridir. Bu belirsizlik yeni piyasa yapılarını getirecektir.
2. **Esneklik Kaybı:** Bugün petrolde krizlerden korunmak için 90 gün stok tutuluyor. Gazda da ülkelerin kış stok seviyeleri fiyatları belirliyor. Elektrik hayatımızda bugünkünün %120 daha fazlası bir role sahip olacak ise, tüm enerji sistemi

toplam depolama fonksiyonu düşecektir. Elektrikte 15 günlük (Dunkelflaute süresi kadar) depolamaya ulaşmak ilk hedef olabilir. Elektrik piyasa işletmecilerinin portföylerinde enerji depolama mı, enerji üretim mi daha öncelikli olacaktır? Bu zamana göre değişecektir.

3. **Kırılganlık:** Elektrik sistemi artan yenilenebilir oranı ve altyapısı ile daha fazla mekânsal alana etki etmektedir. Bir büyük nükleer santral ile iki hatla Ankara'yı beslemek mümkün iken, geleceğin sisteminde 100000'lerce panel ve pilden, binlerce algoritma ile bu hizmet verilmeye çalışılacaktır. Kontrol edilemeyen parametre sayısı kaçınılmaz olarak artacaktır. Ayrıca enerji sisteminin mekan üzerindeki yüzölçümü artacağı için, doğa olaylarına rasgelme sıklığı da o oranda artacaktır. Bu da bizi daha federatif bir enerji sistemi ve çoklu borsa ve yapılara götürebilir.

Bugünkü ortamı bir girdi olarak alırsak, bu yazıda kısaca bir angörü(anlık öngörü-“nowcast”) yapılmaya çalışılacaktır. Konunun daha analitik ele alınabilmesi için de elektrikle ve belirli göstergelerle sınırlandırılmıştır. Enerjinin geleceğinde piyasaların nasıl şekillenebileceğini belirleyecek 4 gösterge önemlidir. Bunlar:

1. Elektriklenme (Elektifikasyon)
2. Yenilenme (Rüzgar-Güneş payının artışı)
3. Fiyat Oranı (Elektrik ile gaz fiyatının oranı)
4. Fiyat Yapısı (Elektrik fiyatlarının daha çok sabit sermaye yatırımı – CAPEX içermesi)

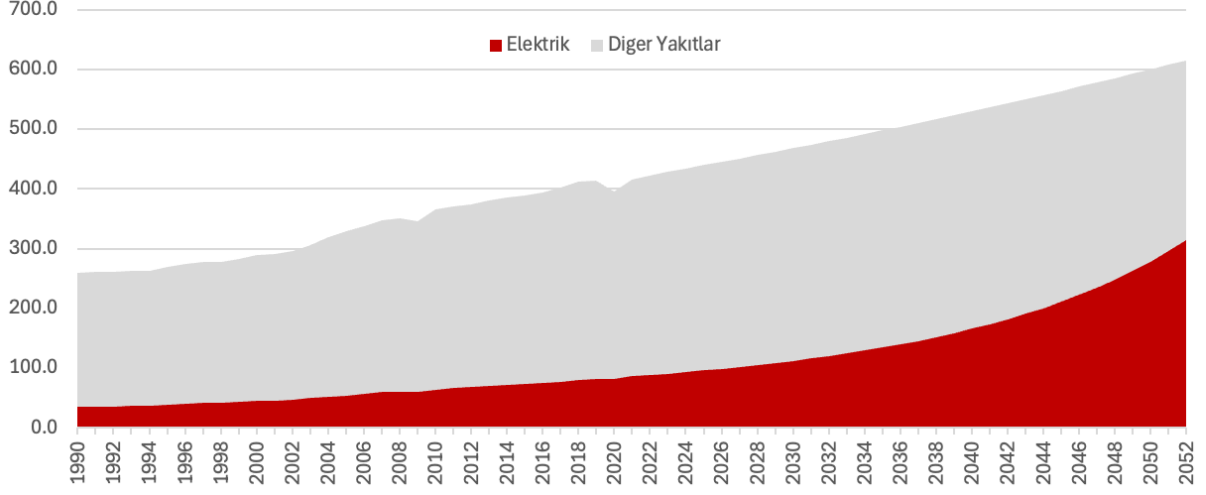
Öncelikle bu 4 gösterge kısaca anlatıldıktan sonra, bu göstergelerin etkilerine değinilecektir.

Göstergeler

1.Elektriklenme

Elektriğin toplam enerji tüketimindeki payı elektriklenme ile artacaktır. Hedefler doğrultusunda elektriğin payının artması sorunları kesinlikle arttıracaktır. Bir örnek olarak elektrikli arabalar yerine at ile yolculuk yapılsaydı, sorunlar daha az olacaktı. İnternet icat olmasa bu kadar sosyal medya, hırsızlık gibi sorunlar da yaşanmayacaktı. Bir teknolojinin gelişi, ilerleyişi problemleri ve fakat fırsat ve etkinliği de arttıracaktır. Burada iyimser olunacak kısım, bunları çözecek teknolojilerin de belki daha hızlı gelişmesidir.

Dünya Nihai Enerji Tüketiminin Gelişimi (10 Yıllık Büyüme Oranlarına Göre)



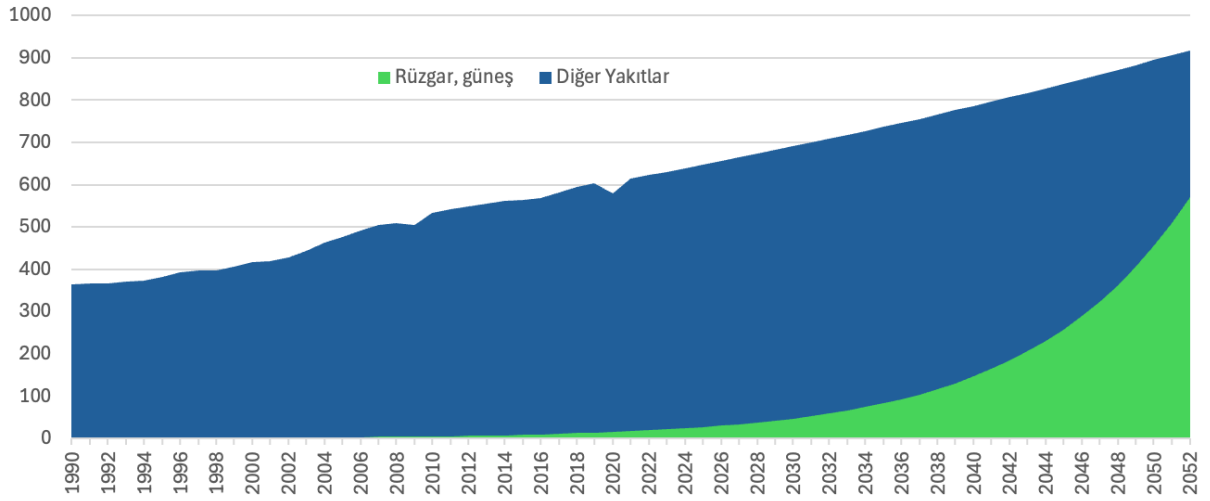
Şekil 2 - Dünyada Nihai Enerji Tüketimi ve Elektriğin Payının Gelişimi (1990-2022 IEA, 2023-2052 Yazar)

Bugün dünyada enerji tüketiminin %20-25'i elektriktir. Ülkelere göre bu oran değişmektedir. Ama net sıfır hedefleniyor ise, bu oranın en az %50'ye çıkması gerekmektedir. Enerji istatistiklerinin hesaplanmasındaki metodolojiden dolayı, elektrik petrolün yerini aldıkça nihai enerji tüketiminin de düşmesi beklenir. Fakat dünyanın geri kalanındaki artan tüketimin bunu dengeleyerek, dünyanın uzun dönemli enerji talebini takip ettiği varsayılmıştır.

2.Yenilenme (Rüzgar-Güneş Payı)

Eğer rüzgar ve güneş gibi kaynakların artışı, son 10 yıllık ortalamaları ile devam ederse, küresel enerji arzındaki paylar aşağıdaki grafikteki gibi olacaktır.

Dünya Birincil Enerji Arzının Gelişimi (10 yıllık Büyüme Oranlarına Göre)



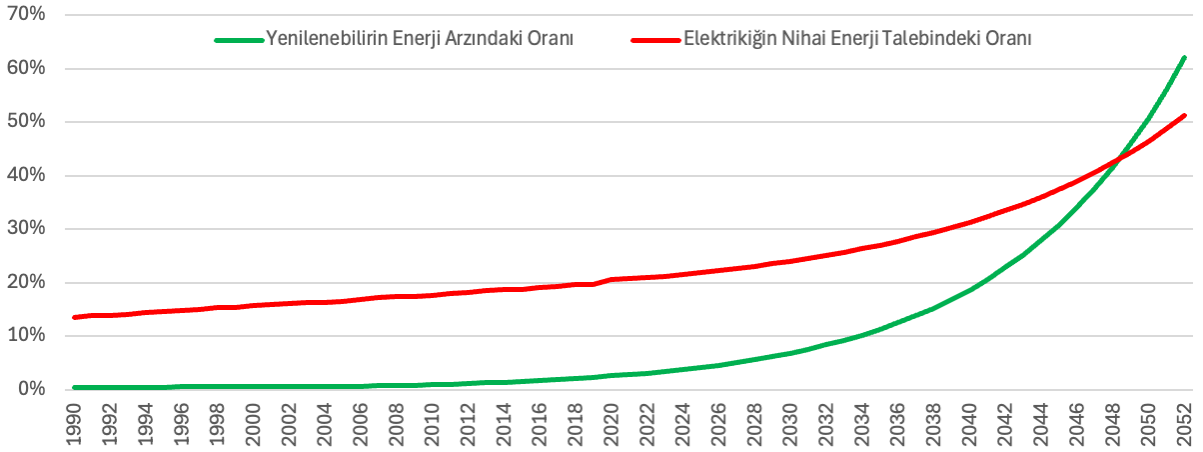
Şekil 3 - Dünya Enerji Arzı ve Yenilenebilir

Bu grafik için 1990-2022 veri seti için IEA Küresel Enerji İstatistiği¹ baz alınarak yapılan öngöründe dünya enerji arzının artışının ve yenilenebilir artışının ortalama son 10 yıldaki gibi devam edeceği öngörülmüştür.

Elektriklenme ve yenilenme göstergeleri kısmen birlikte hareket eden göstergelerdir. Fakat aynı anlama veya sonuca gelmemektedir. Örneğin çok farazi bir gelecekte, mümkün görünmese de nükleer füzyonun da bu hızla arttığı öngörülebilir. Artış için en önemli yeter şart mevcut kaynakların biri veya tamamında daha ekonomik olmak gelmektedir. Bu sübvansiyonlarla da seviye yükseltilebilir.

¹ <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TESbySource>

Yenilenebilirin Enerji Arzındaki ve Elektriğin Nihai Enerji Talebindeki Oranı



Şekil 4 - Yenilenebilir ve Elektrik Gelişimi

Fakat bu iki göstergenin birlikte hareketi, enerji sistem belirsizliklerini üssel olarak artırabilir. Yani birlikte hızlı artan iki göstergenin nihai risk etkisi toplamları değil çarpımları şeklinde olabilir.

3.Fiyat Oranı

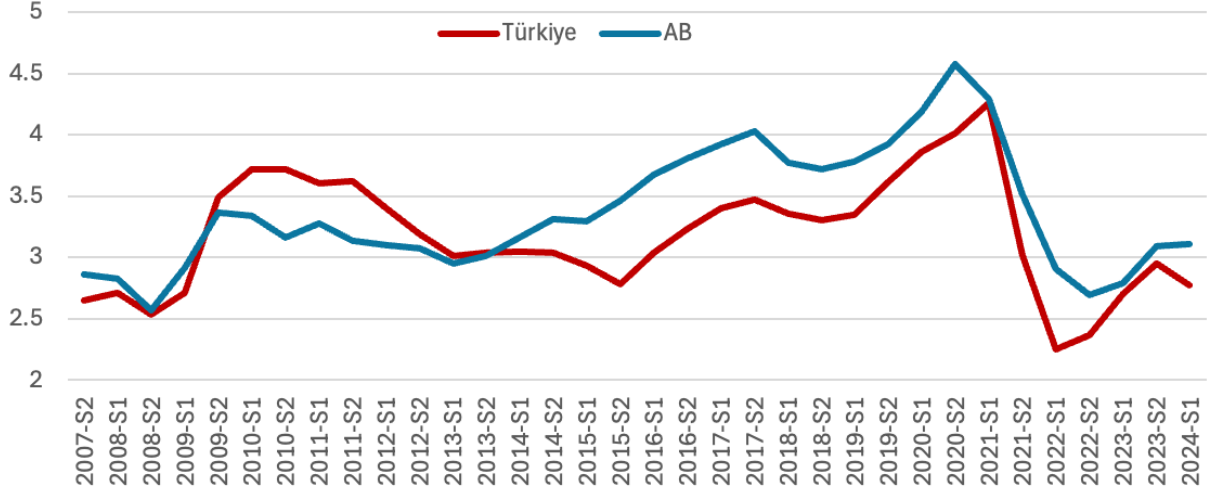
Bugün elektrik fiyatları Avrupa ve birçok ülkede, kWh olarak gaz fiyatlarının 3 misli civarındadır. Elektriğin daha pahalı bir yakıt olarak tüketiminin artacağını beklemek hayalcilik olur. Genelde Avrupa tarzı fazla düzenlemeci bölgelerde diğer yakıtların fiyatı karbon vergisi vs ile arttırılarak durum elektrik lehine düzeltilmeye çalışılsa da, mevcut fosil yakıtlar ile “temiz elektrik” fiyatı arasındaki makasın bu kadar açık kalması hedeflere zarar verir.

Özellikle sanayi dekarbonizasyonu, Asya ile rekabet edebilecek bir sanayi sektörü ve istihdam için ucuz elektrik çok önemlidir. Ama Jevons paradoksu² gereğince, bir kaynak daha verimli kullanılmaya başladıkça daha çok kullanılmaya başlar. Elektrik bu verimliliği getirecektir.

Aşağıdaki grafikte, Avrupa Birliği özelinde, Covid döneminde gaz fiyatları ucuzlayınca bu oran 4.5'lara kadar çıkmıştır. Yani elektrik gazdan 4.5 misli daha pahalı hale gelmiştir. Sonra Rusya-Ukrayna savaşında gaz fiyatları rekor kırınca da 3'lerin altına kadar düşmüştür.

² https://en.wikipedia.org/wiki/Jevons_paradox

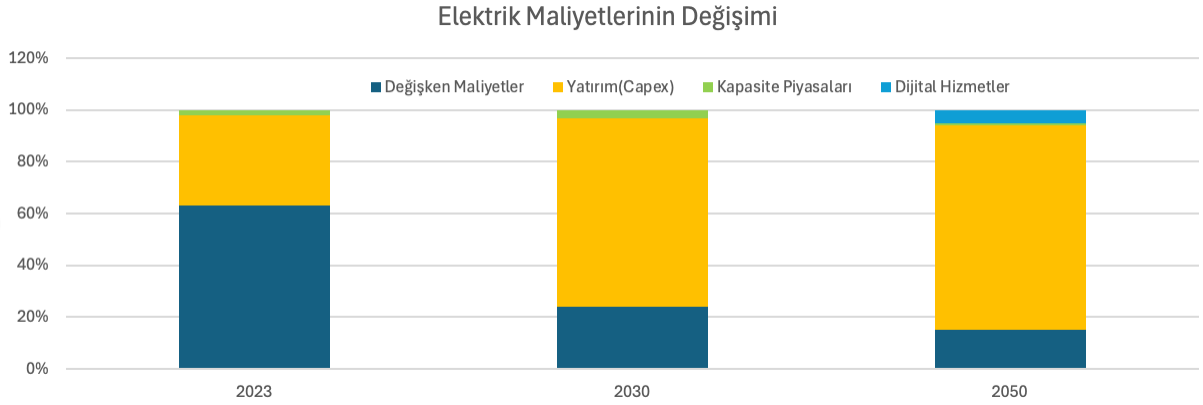
Elektrik/Gaz Fiyat Oranı - Vergili



Şekil 5 - Elektrik/Gaz Fiyat Oranı (Eurostat)

4.Fiyat Yapısı

Bugün ortalama olarak maliyetlerin %60'a yakın bir kısmı yakıt bedelleri iken, eğer net sıfır gerçekleşirse, maliyetlerin %80'i sermaye yatırımları olacaktır. En nihayetinde tüketicinin ödediği fatura da bunu yansıtacaktır. Eğer yakıt hacmi bu kadar daralacak ise, enerji piyasaları neyi fiyatlayacaktır?



Şekil 6 - Gelecekte Enerji Maliyet ve Fatura Yapısı

İşte burada da piyasanın daha çok zaman kaydırma(depolama, esneklik) ve bunun oynaklığını belirleyecek ürünlere kapı açacağını söylemek abartı olmaz. Çünkü sabit yatırımlar(iletim, depolama) için yapılabilecek en önemli ürün çeşitlendirmesi, ABD tarzı finansal iletim hakları (Financial Transmission Rights) veya belki depolama ile oluşabilecek finansal depolama hakları olabilir. Ama piyasanın “akış” kısmındaki

kaynakların belirsizliğinin fiyatlanmasına dair ürünlerde de artış beklemek doğru olacaktır.

Bu 4 ana göstergenin gelişimi ve ilerlemesi ile de mekanizmalar, süreçler ve yapılar değişmek zorunda kalacaktır. Hangi yöne doğru evrileceğinin bir formülü olmadığından burada deneme yanılmalarla ilerlemenin bir norm olacağını kabul etmek gerekiyor. Her bir göstergenin etkilediği piyasa yapılarının değişiminin incelenmesi gerekmektedir.

Etkiler

1.Elektriklenme

Elektriklenme ile birlikte 3 temel yapıdaki değişim öne çıkmaktadır. Tüketim tarafında elektrikli arabalardan, depolamaya, sanayi dekarbonizasyonundan yeni nesil ısı pompalarına kullanıcı portföyü değişecektir. Fakat bir diğer önemli konu ise, bu tüketimin diğer kaynaklardan ayrılarak geldiği için, diğer kaynaklarda sahip oldukları “belirlilik” ve “öngörülebilirliği” talep edecek olmalarıdır.

Burada yapısal değişiklikler

- a. Piyasa Karmaşıklığı
- b. Arz Güvenliği
- c. Depolama

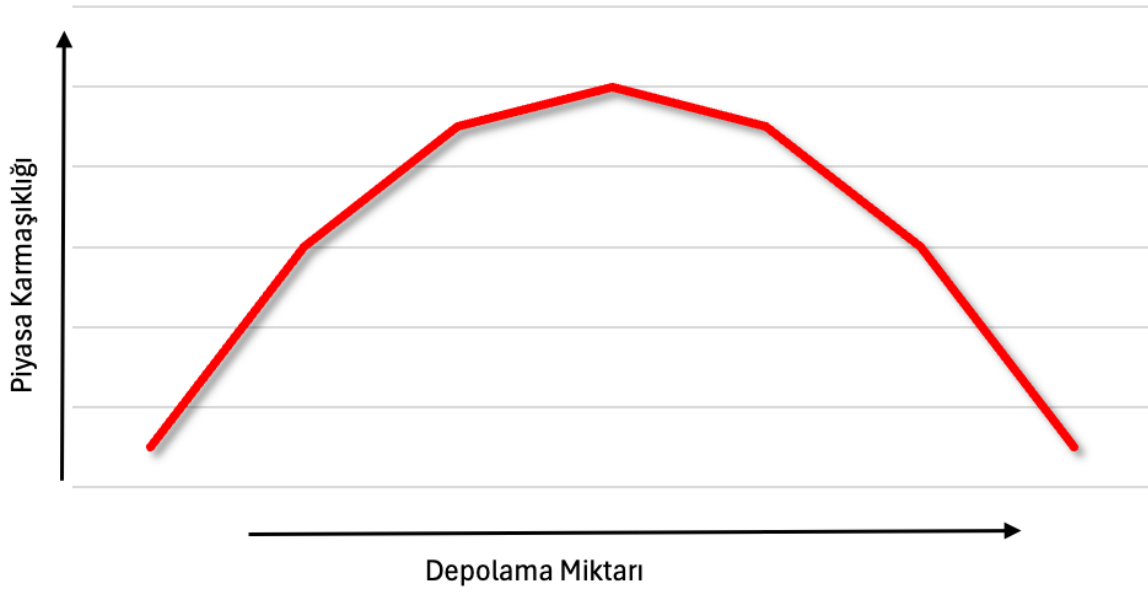
olarak 3’e ayrılabilir.

1.a. Piyasa Karmaşıklığı

Basit bir düşünsel egzersiz ile piyasa karmaşıklığının çizgisel olmadığı örneklenebilir. Örneğin, bugün elektrik piyasalarında depolama unsurları sisteme girmektedir. Bunlar “üretken olmayan şebeke varlıkları”dır.

Bugün İngiltere piyasasında bir pil sistemi birçok hizmetten gelir elde edebilmektedir³. Yani daha karmaşık gelir kaynakları ve mekanizmaları vardır. Bu hizmetlerin de karmaşıklığı azalacağına benzememektedir. Fakat geleceğe doğru, enerji sistemi düşünüldüğü gibi ilerlemeyebilir.

³ <https://timera-energy.com/blog/2024-bess-revenue-performance-a-tale-of-3-markets/>



Şekil 7 - Piyasa Karmaşıklığı ve Depolama Miktarı

Türkiye günde ortalama 1 TWh elektrik üretmektedir. Eğer Türkiye’de bugün için 58000 MW/1.000.000MWh depolama hizmeti olsa, saatlik elektrik piyasasına ihtiyaç kalır mı? Hatta depolama kapasitesi çok daha artsa, kimin hangi saatte ürettiği ne kadar anlamlı olabilir.

Kısaca sistemdeki zaman kaydırma hizmetleri arttıkça, piyasanın saatlik işlemesine gerek kalmamaktadır. Elektrik fiyatlarında olan “gerçek zaman primi”, depolama belirli bir seviyeye eriştikten sonra eriyerek, yerini depolama hizmetlerine bırakacaktır. Artık 15 dakikalık piyasalar veya yan hizmetlere kısmi ihtiyaç olacaktır. Fakat yukarıdaki grafikte gösterildiği gibi, o noktaya varana kadar sistem karmaşıklığının artmasını beklemek doğru olacaktır.

1.b. Arz Güvenliği

Arz güvenliği kavramının yönetiminde önceden planlama ve öngörme çok önemlidir. Ama sistemin daha fazla “doğanın belirsiz” güçlerine bırakıldığı bir ortamda, arz güvenliği yönetimi de farklılaşacaktır.

Burada dijitalleşme ve yapay zekaya önemli bir rol verilebilir. Tüm sanayi sektörlerindeki bu gelişmelere ve otomasyona elektrik sistemi de uzak değildir. Fakat ana soru bunun nasıl olacağıdır.

Yapay zeka destekli arz güvenliği yönetimi, muhtemelen belirsizliklerin artmasını daha kısa zamanda daha çok senaryo ile yönetilebilir hale getirecektir. Bugün bir insanın yapması zor olan “arıza gezdirme” gibi konularda tüm akış, hatlar ve ekonomik etkileri çok daha etkin değerlendirerek en optimum çözümü 10larca saat önden öngörebilir.

Diğer taraftan dağıtık enerji sistemlerinin artmasında muhtemelen limitler olacaktır. Çünkü elektrik sistemini bilenler için, kendi elektriğini üreten tüketicilerin önemli bir kısmı şebekeden kopmamakta, aylık faturalarla sadece “mahsuplaşabilmektedir”. Bu sebeple aslında sisteme hem enerji basma hem de çekme anlamında sistemi iki defa meşgul etmektedir.

Telekomünikasyon sisteminde sistemden indirme ve yükleme hızları farklı olmakta hatta bazen farklı da fiyatlandırılabilir. Eğer yeteri kadar dijital bir yapıya geçilirse benzeri durumlar elektrikte de gözlenebilir. Ama dağıtık sistemler, teknik seviyede tüketicilerin düşündüğü geleceği sağlamaktan uzaktadırlar. Aksine sistem onların yerine daha fazla dengeleme yapmakta ve iş yükü artmaktadır.

Bu kapsamda de arz güvenliğinde iki ayrı ilginç gelişme yaşanabilir. Bunlar

1. **Federatif Arz Güvenliği:** Bugün bu kavram çok da yabancı değildir. Bir sorun olduğunda bölgesel olarak elektrik kesilmekte veya dengelenmektedir. Fakat sistem topolojisinin dinamik olarak evrilebildiği bir noktada, bir bölge değil örneğin anlık “ekonomik etkinin” en az olacağı tüketici listeleri veya kesintilerin çok daha hızlı bir şekilde belirli alt bölgelere hapsedilmesi önemli olabilecektir.
2. **Arz Güvenliği Fiyatlaması:** Doğalgazda birçok ülkede kullanılan “kesilebilir kontratlar”ın daha gelişmiş bir yapısı ile tüketiciler diledikleri arz güvenliği seviyesini satın alabilirler. Bu aslında politik olarak kabul edilemez gözükse de, Netflix fiyatlaması modeli bir yapı kurulabilir. Yani “senede 6 saat kesinti bile istemiyorum” diyenler için 5\$/ay ile sabit ek hizmetler getirilebilir. Benzer durum büyük tüketiciler için de geçerli olacaktır. Aslında UPS ve jeneratör kullanımları tüketicinin zaten böyle bir değerlendirme yaptığını göstermektedir.

Son olarak belki inverter (evirici) payının artması ile eviricilerin sağladığı faydaların da hizmet alımına konu olması kaçınılmaz olacaktır. Eviriciler düşünüldüğünün aksine çok daha başarılı enerji hizmetleri sunabilir. Atalet gibi konularda gelişen teknoloji ile kinetik enerji tepkisi(atalet) bir şekilde simüle edebilir. Bu alan teknolojik gelişmeye en açık fakat en az ilgi çeken alanlardan biridir.

1.c. Depolama

Tüketicinin tüketimini değiştirerek esneklik getireceği beklentisi, marjinal bir faydanın ötesine gitmemiştir. Depolama ise sistemde hem üretici hem tüketici tarafına ek bir esneklik sunabilir. Burada birçok piyasa modeli de mümkündür.

Örneğin depolamada bir nevi yap-işlet modeli ile depolamanın kurulması ve hergün emre amade olarak “piyasa işletmecisine” sunulması zorunluluğu ile, enerji piyasaları altında günlük aktif bir “depolama piyasası” kurulabilir. Bu piyasa önce gün öncesi optimizasyonuna katılır. Kullanılmayan kapasite gün içi, oradan da artan kapasite anlık sistem işletmecisi kullanımına sunulabilir.

İkinci bir hizmet de tüketici tarafında olabilir. Pil entegre edilebilir sayaçlar ile tüketicilere aylık abonelik olarak depolama hizmetleri sunulabilir. Aylık GB hizmetleri gibi, 1 kWh depolama için 10 yıl kontrata aylık bedeller ile tüketici burada isteğine göre 1-2-3 kWh'lik depolama bedelleri seçebilir. Kısaca nihai tüketici için de bir depolama hizmetleri piyasasını uzak görmemek gerekmektedir.

2. Yenilenme

Yenilenebilirlerin artışı ile yeni mekanizma gereklilikleri de kaçınılmazdır. Çünkü elektrik piyasalarında asıl hedef rekabetçi bir piyasa yapısıdır. Fakat bugün yenilenebilirler birbiri ile rekabet etmemektedir. Bu sebeple 2 önemli nokta öne çıkmaktadır.

a. Piyasa Fiyatlaması

b. Şebeke Yapısı

2.a.Fiyatlama

Yenilenebilirlerin artışı ile birlikte temel sorunlardan biri fiyatlama değildir. Bu kaynaklar net sıfır maliyetli kaynaklardır. Mevcut marjinal fiyatlama 1949 yılına dayanan bir sistemdir⁴. Fakat son Draghi raporunda⁵ da görüldüğü üzere yenilenebilirin, “kriz sebebiyle rekor fiyat gören gaz” kadar para kazanması ve “infra marjinal” (marjinal ötesi) gelirler önemli bir problem olmaktadır.

Bir fiyatlama mekanizması olmadığından da yenilenebilir alım garantileri yıllardır devam etmektedir. Her ne kadar özel ikili anlaşmalar (Commercial PPA) gündemde olsa da burada 7/24 bir dengelenme⁶ olmamaktadır.

Bu sebeple bir “net sıfır piyasası” kurulması kaçınılmazdır. Bu piyasa büyük ihtimalle marjinal fiyata göre fiyatlamayacaktır. Net sıfır sistemlerde genelde toplu fiyatlama yapılmaktadır. Bunun da aylık, çeyreklik ve yıllık olması ihtimal dahilindedir.

Dolayısıyla gün öncesi piyasasının “net sıfır” ve fosil gün öncesi piyasaları diye ikiye ayrılması daha doğru bir fiyatlama yapısı sağlayarak, yenilenebilir fiyat düşüşlerinden nihai tüketicilerin de faydalanmasını sağlayacaktır. Aksi halde her saat marjinal fiyat oluşum sepetinde 1 MW bile gaz olduğu sürece, yenilenebilir fiyat düşüşleri nihai tüketici tarafından görülemeyecek, aksine piyasanın geri kalanında büyük bir rant birikecektir. Bunun da politik olarak yönetilmesi zor olacaktır.

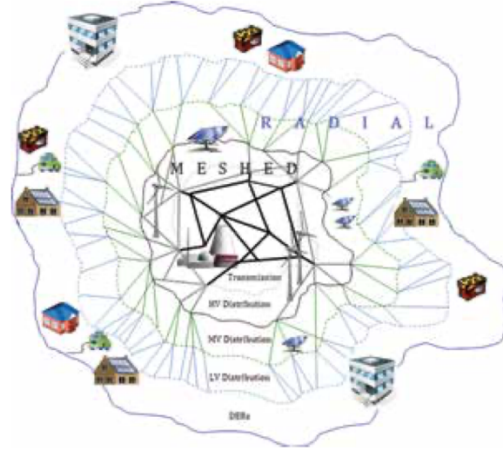
⁴ Boiteux, M. (1949). La tarification des demandes en pointe: Application de la théorie de la vente au cout marginal. Revue Générale de l'Electricité, 58, 321-340.

⁵ https://commission.europa.eu/topics/strengthening-european-competitiveness/eu-competitiveness-looking-ahead_en

⁶ <https://www.epa.gov/green-power-markets/247-hourly-matching-electricity>

2.b. Şebeke Yapısı

Eğer bu kadar yenilenebilir yapılacak ise, bugün iletim ve dağıtım ayıran gerilim seviyesi ne kadar anlamlı olacaktır. Çünkü iletim ve dağıtım ayrımı, elektriği taşıma ve tüketiciye ulaştırma hizmet ayrımını yansıtmaktadır. Ama her noktadan hem üretim hem tüketim yapıldığı bir dünyada şebeke yapısını farklı düşünmek gerekliliği kaçınılmaz olabilir⁷.



Şekil 8 - Gelecek Şebeke Topolojisi (Radyal ve Örgü)

Bir defa dağıtım “işletmecisi” hatta yerel piyasalar gibi yeni hizmetler kurulabilir. Fakat elektrik sistemlerinde hayal gücü sonsuz hizmete imkan verirken, bu hizmetler tüketici veya kullanıcı ile buluştuğunda basit olmak zorundadır. Bugün LMP, bölgesel marjinal fiyatlar, bir çok işletmeci tarafından gösterge olarak kullanılmaktadır. Muhtemelen dağıtım ve iletim işletmecilerinin görevleri birbirine yakınlaşacaktır. Bu da fiyatlama yapısını etkileyecektir.

Yeni teknolojiler ile sistem topolojisinin dinamik olarak değiştirilmesi de mümkün olabilecektir. Sistem işletmecilerinin elinde çok daha teknolojik, tabiri caiz ise bir “uzay teknolojisi” benzeri şebeke ve yönetimi olmak zorundadır. Çünkü şebeke yukarıdan aşağı değil, 3 boyutlu olarak hareketli olacaktır. Çünkü eskiden temel olarak belirsizlik tüketimdeyken, artık üretime geçmektedir.

Dolayısıyla bugünkü iletim-dağıtım kavramları, dal-budak şebeke yapıları, fiziksel şebeke varlıkları evrilmek zorunda kalacaktır.

3. Fiyat Oranı

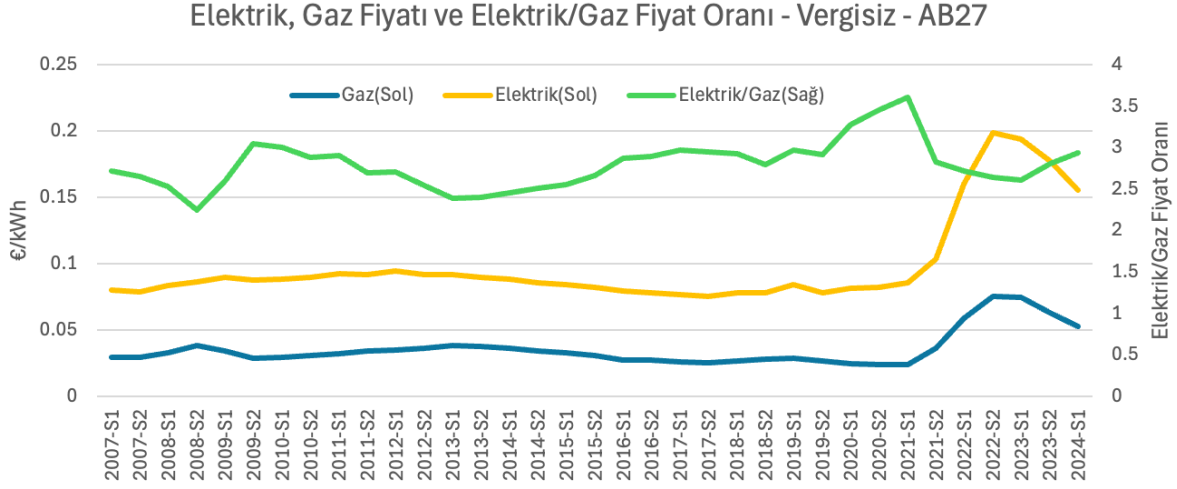
Eğer elektriklenmenin payı artmak zorunda ise, elektriğin ucuzlaması gerekecektir. Elektrik için en kritik sektör gerek konutlar ve sanayide ısıtma ve ısı sektörüdür. Buradaki en büyük rakibi de doğalgazdır. Eurostat verilerine⁸ göre AB27’de vergisiz olarak gaz,

⁷ <https://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2016/12/Utility-of-the-Future-Full-Report.pdf> (3.1)

⁸

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/envir?lang=en&subtheme=nrg.nrg_price&display=list&sort=category

elektrik fiyatı ve elektrik/gaz fiyat oranı aşağıdaki grafikte verilmiştir. Ortalama olarak bu oran 3 civarındadır.



Şekil 9 - Elektrik, Gaz Fiyatı ve Elektrik/Gaz Fiyat Oranı (Eurostat)

2050 yılına giderken bu oranın aşağı düşmesi, tercihen 1'in altına gelmesi gerekecektir. Bu elektrik talebini de arttırırken, verimlilik göstergelerini de elektriğin ve elektrikli tüketimin doğasından dolayı iyileştirecektir. Fakat bu hedefe erişmek için çetrefilli bir yol vardır.

3.a. Karbon vergisi ve Vergiler

İki fiyatı birbirine yaklaştırmamanın en kestirme yolu vergiler ile düzenleme yapmaktır. Fakat iki yakıtta böyle bir yaklaşımın öngörülemez sonuçları olabilir. Sadece vergiler değil yenilenebilir destek bedelleri de bir kaynaktan diğerine kaydırılabilir. Fakat bu geçişin 10 yıllar içerisinde ağır ağır yapılması gerekebilir ki tüketiciler kendilerini yeni duruma hazırlayabilsinler.

Bu vergiler ile ilgili gündemde olan en önemli konu karbon vergileridir. Karbon vergisi veya iklim vergisi veya herhangi bir vergiyi getirmekte teorik olarak bir sorun yoktur. Kanunla vergi çıkarılabilir. Fakat Fransa'daki "sarı yelekli" eylemlerinden, sanayilerin rekabet gücünü kaybetmesine kadar birçok komplikasyonu da beraberinde getirebilmektedir.

Karbon vergisi yaklaşımının temel sorunu fiyat yükselterek eşitlik sağlamaya çalışmasıdır. Peki Çin bu oyunu oynamazsa veya aynı seviyede oynamazsa, politika hedefine ulaşabilir mi? Ayrıca bu vergiler enerji yoksulluğunu da arttıracaktır.

Olumlu tarafında ise bu gelirlerin tekrar topluma geri dönüştürülmesi veya elektrik faturalarındaki yenilenebilir desteklerini azaltma rolü olabilir. Fakat konu uluslararası

ticaret olduğunda karbon vergilerini uygularken doğru okuma yapmak gerekmektedir. Konu emisyonlardan çok ticaret savaşlarına eğilirken, en temiz ürün bile sınırları geçmekte zorlanabilir.

Kısaca vergiler, karbon vergileri gibi araçlarla eşitliği sağlamak mümkündür. Ama bunlar tüm fiyat zeminini yukarı kaldırmaktadır ki, bu durumda elektriklenmeye zarar verebilir. Fakat bugünkü gidişatta karbon piyasalarının elektrik piyasalarının ayrılmaz bir parçası olması yakındır. Alternatifinde ise “iklim ve karbon fiyatlamasını(adaptasyon dahil)” ile maliyetleri sosyalize etmek daha eşitlikçi ama rekabetçi olmayan bir yöntem olarak görülmektedir.

Bunun yanında diğer emisyon araçları da zamanla sisteme katılabilir. Şu anda dünyada hidrojen emisyonları, metan emisyonları da gündemdedir. Karbon piyasası tek emisyon gaz piyasası olarak kalmayabilir.

3.b. Gazın Geleceği

Gazın geleceği konusunda en önemli soru artan yenilenebilir yatırımlarının gazı mı kömürü mü ikame ettiği. Birçok gelecek sorusuna çok temel ve basit bakmak faydalı olabilir. Gazın geleceğini gazın fiyatı belirler. Eğer gaz ve ticareti yapılan gaz (LNG vs) fiyatı 9-10\$/mmbtu seviyelerinde devam ederse kömür artışı durmaz. Yenilenebilirler gaz piyasasını zayıflatır.

Ama gaz fiyatlarının da düştüğü bir dünyada, gaz kömürü ikame ederek bir derece daha hızlı emisyon düşüşü sağlar. Bu sayede dünya önemli bir iklim bütçesi kazanmış olabilir.

Fakat gaz piyasaları anlamında temel bir sorun vardır. O da “benchmark”/gösterge fiyattır. Piyasanın geleceğini ölçen, biçen ve kesen bu gösterge fiyat mekanizması aslında herşeyin temelindedir.

Eğer makasın yanlış ucundan tutulursa, Avrupa’daki TTF gibi, 3-4 tacirin kendi aralarında yüksek likiditeli işlemleri sonucu toplam refahı eriten ve sanayileri iflas ettiren yüksek likiditeli ama sığ bir araca dönüşebilir. Kısa vadede Türkiye gaz piyasasındaki en büyük risk, ACER ve AB kurumlarının raporlama haricinde pek de izleme yapmadıkları TTF fiyatına yakınsamak olacaktır.

Fakat gösterge fiyat oluşturmak için yapılması gereken şey daha çok devlet kontrolü değil daha çok devletin hareketinin sınırlandırılmasıdır. Çünkü gösterge fiyat, nihai olarak piyasadaki kolektif bilginin özetidir. Eğer çok güçlü bir aktör, örneğin devlet, fiyat oluşumuna karışıyorsa, diğer oyuncular çekilecektir(“crowd out”). Bu da kısaca gösterge fiyat paradoksudur.

Yani ne kadar güçlü bir fiyat göstergesi isteniyorsa, o kadar devletten uzak olmalıdır. Ne kadar devlet gücü varsa, o kadar gösterge değildir. Devlet gücü, diğer tüm

girişimciliklerde olduğu gibi uyumsuzluk, rekabeti bozucu eylemler ve piyasa işleyişini etkileyen ekonomik olmayan hareketlere hızlı tepki vermede kendisini göstermelidir.

Bir diğer önemli nokta ise, gaz kapasitelerinin sürekli işlem görmesinin gerekliliğidir. Bu kapasitelerin sürekli işlem görebilmesi ticaret için kaçınılmazdır. Yani gaz piyasası sadece emtia değil, anlık nominasyon da verilebilen ürünlerin olduğu bir “kapasite” piyasası ile birlikte çalışmak zorundadır.

Geleceğe doğru tek bir gaz piyasasından söz edemeyiz. Belki biyometan, e-metan, hidrojen gibi diğer gaz türleri de işlem görebilecektir. Fakat geçiş döneminin İsviçre Çakısı⁹, doğal gaz olacaktır.

3.c. Faturaların Yapısı ve Ağırlığı

Bugün ortalama bir tüketici benzin alıyor, doğalgaz tüketiyor, elektrik kullanıyor ve üç ayrı fatura oluşuyor. Gelecekte bu üç fatura iki faturaya inebilir. Bu iki faturanın toplam miktarı ise bugün ile aynı kalsa, elektrik faturalarının miktar ve hacim olarak artacağını söylemek zor olmaz.

Elektrik şüphesiz bir yakıttan çok teknolojik bir ürün ve hizmettir. Telefon tarafından örnek vermek gerekirse, elektrikli hayat daha “yeni model” bir hayattır. 10 sene öncesine göre fiyatı artan ama teknolojik gelişmişliği çok daha hızlı artan cep telefonları da bir diğer örnektir. Semaverde çay kaynatmaktan, otomatik kahve makinelerine geçiş gibi hem maliyeti hem de maliyet başına faydayı arttırmaktadır.

Tabii ki burada ana etkenlerden biri fatura yapısıdır. Bir tüketici elektrikli arabası da varsa, birçok dağıtım şirketinden hizmet alabilmektedir. Ayrıca tüketici türleri ve kalemleri de bugünkü mevzuatsal yaklaşımın çok uzağında olacaktır. Birçok tüketici için elektrikli ulaştırma maliyetleri dönem dönem “konut” tüketimini aşabilecektir.

Fakat sonunda tüketicinin beklentisi, “elektrik fiyatı veya sistemini” hiç düşünmemektedir. Yani bu hizmetler arka planda ne kadar karmaşıklaşırsa karmaşıklaşsın, ön yüzde “Google” veya “Chat GPT” gibi sadece tüketicinin istediği hizmete odaklanmasıdır. Bu sebeple elektrik hizmetleri çok daha basit ve detaysız olacaktır.

Büyük ihtimalle, elektrik piyasalarında görülebilecek bir yenilik ise her tüketicinin bir akıllı “müşteri hizmetleri” görevlisi olması ve tüketiminin bu yapılar ile yönetilmesidir. Tedarikçi değiştirildiği gibi, “müşteri hizmetleri” servislerinin de değiştirilebildiği yapıların gelişmesi şaşırtıcı olmaz. Peki bu yapılar da aynı faturanın bir parçası olacak mıdır?

⁹ İlgili tabir Doç Dr Sohbet Karbuz’a aittir.

İlk başta anlatılan fatura yapısının daha sabit sermaye yatırımını yansıtan bir yapıya gelmesi, fatura belirsizliğini azaltabilecektir. Ama faturalarda dijital hizmetler diye bir kalem de eklenebilir.

4.Fiyat Yapısı

Piyasa fiyat yapısının geleceğinde, net sıfır marjinal kaynakların payı %60-70 olacak ise, yakıt bedellerinin faturaya etkisi sınırlı olacaktır. Bu da aslında büyük bir sabit bedel üzerinde çok değişen ama sınırlı bir değişken bedelli tarife ve fiyat demektir.

Yenilenebilir gelişimindeki en önemli başarı ve aynı zamanda sorunlardan biri maliyetin düşmesi değil, fiyatın da düşmesidir¹⁰. Çünkü fiyat düşüşü, getirileri ve getiri beklentilerini de düşürmektedir. Sonucunda fiyatın sürekli düşmesi de sağlıksız bir piyasayı gösteriyor olabilir. Normalde fiyat düşüşü yerine cep telefonlarındaki gibi teknoloji veya ek hizmet/fayda artışı beklenmesi doğru olacaktır.

Fiyat yapısında en önemli 3 konu başlığı ise

- a. Sabit Bedeller
- b. Faizlerin Etkisi
- c. Dağıtık Üretim'dir.

4.a. Sabit bedeller

Elektrik sistemi daha çok net sıfır marjinal maliyetli kaynaklar ve daha fazla altyapı yatırımı ile donatılacak ise, elektrik faturalarının daha kararlı olması beklenebilir. Orta uzun vadede 100% güneş olan bir sistemde, tüm elektrik faturasının %90'ı muhtemelen sabit bedel olacaktır. Bu da fatura yapısında ve fiyatlamasında sabit bedellerin artacak etkisini gösterecektir.

Bugün Fransa dahil bazı ülkelerde faturalarda asgari bir sabit ücret vardır. Sabit ücretler aslında tüketici için de rahatlatıcı olabilir, yani 12 ay boyunca ne ödeyeceğini bilerek ana hedef kriteri olan “elektriği hiç düşünmeme” amacı yerine gelmiş olacaktır.

Benzer şekilde daha önce belirtildiği gibi kendi elektriğini üretenlerin aylık mahsuplaşması bir sübvansiyon veya destektir. Olması gereken elektrikte olduğu gibi aylık veya saatlik dengelemedir. Çünkü bu kullanıcılar, sadece tüketici olan kullanıcılara göre daha fazla dağıtım hizmetlerine ihtiyaç duymaktadır. Eğer duymuyorsa, sistemden kopması en mantıklı harekettir.

Nihai tüketici tarafında yine telefon faturalarını baz alarak konuşma, SMS, internet, ek hizmet paketleri gibi paketler elektriğe de gelebilir. Örneğin 100 birimlik bir aylık pakette

- 1 kWh sayaca entegre depolama

¹⁰ <https://books.google.com.tr/books?id=odntEAAAQBAJ&printsec=frontcover>

- 3 kW balkon/çatı güneş paneli
- 100kWh aylık ücretsiz şarj hakkı
- 100 kWh'e kadar ücretsiz kullanım, sonra her kWh için 1 birim

gibi tarife paketlerini sabit bedellerle görmek sorun olmayabilir. Her bir paket ise ayrı iş kolları ve farklılaşan yeni oyuncular demektir.

Peki nihai tüketim tarafına faturalar daha sabit bedellere ve hizmet paketlerine dönecek ise, düzenleme kurumunun görevi nasıl evrilecektir? Bu konu için de değişen rekabet kriterlerinin yeniden belirlenmesi gerekecektir.

4.b. Faizlerin etkisi

Eğer sistemdeki sabit yatırım maliyetleri artacak ve faturalarda daha çok yer kaplayacak ise, bu yatırımların ana belirleyicisi olan faiz oranları önemli olacaktır. Elektrik bir yakıt olarak Avrupa eurosu, ABD doları ile daha çok belirlenirken, bir hizmet olarak banka faizleri ile fiyat artışları-düşüşleri görür bir hale gelebilir.

Eğer elektrik yatırımları bu seviyede artacak ve sistem daha fazla yakıtsız kaynaklar ve bakır kablo ve çelik trafolardan oluşacak ise, sistemin sabit sermaye yatırımı gereği çok daha yüksek olacaktır. Bu hizmetler için ise daha fazla bankacılık hizmetlerine ihtiyaç olacaktır.

Geçmişte birçok ülke yeşil bankalar gibi kavramları denedi. Ama elektrik yatırımlarına özel servisler, finansal hizmetler, borçlanma araçları ve hatta finansal kuruluşlar beklemek angörü itibari ile şaşırtıcı olmaması gerekir. Çünkü petrol, gaz, kömür elektrik yatırımlarının yerini belki sadece ısı ve elektrik yatırımları alacaktır. Bu yatırımların hacmi de bugünkünün 2-3 katı olabilir.

Ayrıca güneş ve rüzgarda 20 yıllık ticari ömür içerisinde yeni teknolojilerin gelmesi ile sürekli bir yatırım ihtiyacı olacaktır. Çok basit bir hesap ile 2040 yılı Türkiye talebini karşılayacak 400.000 MW güneş kurulu gücü olduğu farz edilse, her yıl 20.000 MW yeni güneş yatırımı 20 yıl boyunca yapılmak zorunda kalacaktır. Ayrıca buna her 10 yılda bir eskiyecek olan 300.000 MWh'lik depolama yatırımı da eklenebilir.

Toplam rakam olarak her yıl yapılması gereken yatırım miktarı çok daha yukarıları çıkabilir. Ama teknolojik gelişim bu hızda devam ederse, her yıl yapılması gereken yatırımın büyüklüğü de bugüne göre çok daha yüksek olacaktır. Türkiye gibi ülkeler için bu yatırımlar için ödenen faiz miktarı yüksek seviyelere çıkabileceği için finansal bir mekanizma kurulması da gerekecektir.

4.c. Dağıtık Üretim

Dağıtık üretim son yıllarda mikroşebekeler(microgrid) balkon güneşe daha da mikro seviyelere inmiştir. Üretimin dağıtık olmasından çok bunun kayıp kaçak ve maliyetleri

düşürüp düşürmediği önemlidir. Aylık olarak net tüketimi sıfır olan 20 km ötedeki bir köy evindeki güneş üretimi, saniyelik olarak bakıldığında büyük kayıplar oluşturabilir.

Dağıtık üretim, dağıtık fiyatlamayı getirmez ise bu fiyatların sosyalize edilmesi anlamına gelir. Fakat sistem kullanıcılarının, yatırımcılarının ve işletmecilerin nihai tüketime yansıtmasalar da bir bilgi sinyaline ihtiyaçları vardır. Bu sebeple dağıtık elektrik piyasaları verimli ve işlem maliyetlerinin daha düşük olduğu bir yapı olarak öne çıkabilir.

Dağıtık üretimin şebeke topografisini de değiştirmesi mümkündür. Çünkü belirli merkezlerde veya uzak noktalarda dağıtık üretim önceliklendirilerek, hat yapımı konusunda daha tasarruflu davranılabilir. Veya akışları tüketim veya depolama noktalarında yöneterek şebeke akışını aktif olarak değiştirebilir.

Dağıtık üretim dağıtık fiyatlar ve piyasa yapısında, eğer Merkez Bankaları dijital paralara geçerse, dijital “elektrik” paraları için de bir deneme alanı olabilir. Ama ticarileşme konusunda beklenen gelişmeler olmayabilir. Çünkü elektrik dün de olduğu gibi bugünde ölçekten çok etkilenen sektörlerden biridir.

Dağıtık üretim bu sebeple tüm sistem üretiminde %20-25 payları aşmakta zorlanabilir. Zaten mevcut elektrik sisteminde de büyük elektrik üretim üniteleri coğrafyaya dağınık şekildedir, ama sözü edilen dağıtık enerji sisteminde daha fazla tüketicinin kendi elektrik üretimi ve daha da önemli elektrik hizmetlerini karşılama anlamak gerekiyor. Bu da dağıtık üretimi, üretim-evirici-depolama paketi olarak düşünmeyi gerektirebilir. Yani geleneksel anlamda bir üretimden uzaklaşarak dağıtık enerji hizmetlerine geçilmesi mümkündür.

Tartışma

Diğer enerji piyasaları olan petrol, doğalgaz ve kömür gibi piyasalara bakarsak buradaki göreceli daralma fiyatların da düşeceği anlamına gelmeyebilir. Bunun en basit örneği, çok düşük talebi olan kömür veya kritik mineraller alanındadır. Talep düşük olsa da fiyatlar daha da yüksek ve oynak olabilmektedir.

Ayrıca dijitalleşme ile finansallaşma ile kitlesel finansal araçların bu piyasalarda yaygınlaşması kaçınılmazdır. Fakat bu araçlar da kendi içlerinde rekabet halindedir. Örneğin Covid öncesi gelecek kontratları daha önemliken, son dönemde opsiyon kontratlarının belirli enerji piyasalarındaki etkisi artmaktadır.

Geleceğin fiyat yapısı ve faturaları neye benzeyecektir? Bugün Türkiye’de petrol fiyatı bayiler hatta bölgeler arasında bile farklılaşabilmektedir. Benzer şekilde gaz fiyatları da bölgesel yatırım ve tüketim gelirlerini yansıtmaktadır. Elektrikte ise ulusal tarife mekanizması vardır. Fakat bu işin normali dünyada da Avrupa’da da farklılaşmış fiyatlar ile İngiltere örneğindeki gibi nihai tüketiciyi koruyacak yıllık fatura tavanları olabilir¹¹.

¹¹ <https://www.ofgem.gov.uk/energy-price-cap>

Özellikle elektrik piyasalarının geleceğine dair akademik çalışmalarda, inanılmaz karışık ve tüketicinin sürekli elektrik ticareti içinde olduğu sistemler tartışılmaktadır. Faturalar konusunda bile yapılan akademik çalışmalar ile gerçek faturalar arasında uçurumlar vardır. Bu sebeple iş biraz güneş paneli verimlilik yarışına benzemektedir. Akademi en verimli 12 katlı panel ile uğraşırken, sahadaki gerçeklik daha basit ve kontrol edilebilir teknolojik ilerlemeler ile ilgilenmektedir. Gelecek bu ikinci yolu takip etmektedir.

Norm analizi olarak, uzmanların kafasında planladıkları gelecek ile tüketicinin kabiliyetlerinin keşiştiği yer tüketicinin kabiliyetleridir. Bunun da telefon faturalarından bildiğimiz tek bir başarılı örneği vardır. Aylık veya yıllık sabit, toplu hizmet (x GB vs) fiyatlamadır. Hiçbir internet/telekom tüketicisi, Enron'un 2000'lerin başında öngördüğü gibi internet kapasitesinin("bandwith trading") ticaretini yapmamaktadır¹².

Elektriğin geleceğine yakıt ve hizmet olarak ayrı ayrı bakarsak, hizmet olarak "Google" veya "ChatGPT" gibi bir yapı beklemek mümkündür. Yani tüketiciye çok basit bir arayüz ile, arka fonda ne döndüğünü bilmesine gerek bırakmadan, anlık ne talebi varsa yalın olarak çözebilmesini sağlayacak aracı vermektir. Bunun için de "yapay sinir ağları" veya doğrusal cebir bilmesi beklenmeyecektir.

Yakıt olarak bakarsak ise bugünkü petrol ürün piyasası aslında elektrik piyasalarının geleceğidir. Arkada karmaşık spreadler, tanker ticaretleri, rafineri marjları, opsiyonlar, şeyl petrol, çatlatma vs çalışırken, sistem olarak herşey çok daha basittir. Petrol kuyusu yanında bir stok vardır, rafineri de bir sürü stok vardır, dağıtıcıda, petrol istasyonunda stok vardır. Tüketicinin arabasında da 35-70 litre bir stoklama için benzin deposu bulunur. İleride elektrik piyasalarında da üretimde, iletimde, dağıtımda ve nihai tüketimde depolama olduğunu görmek bizleri şaşırtmamalıdır.

Tüketici, kendini her daim petrol alıp-satarken, benzincoin ticareti ile günde 30 defa değişen benzin fiyatı ile bulmamaktadır. Bugünkü petrol ürünleri sisteminde tüm noktalarda depolama vardır. Devletler de sistematik olarak 90 günlük stoklar tutarak veya tutturarak "enerji güvenliği" şartını yerine getirmektedir. Tüketici ise pompaya gidip sadece benzin bedeli ödemektedir.

Tüketici için gelecek bu kadar güvenli ve basit olmak zorundadır.

¹² <https://www.quora.com/Why-did-Enrons-bandwidth-trading-business-fail>