

Enerji ve İklim Araştırmaları İnceleme Kitabı

Sabancı Üniversitesi İstanbul Uluslararası Enerji ve İklim Merkezi IICEC

Yönetici Özeti

IICEC Enerji ve İklim Araştırmaları İnceleme Kitabı, yakın geçmişte enerji politikaları üzerine yapılmış araştırmalara genel bir bakış sunuyor. Çalışmada, küresel enerji güvenliği, ekonomisi ve sürdürülebilirliği üzerine yapılmış 68 inceleme ve araştırma irdelenirken, enerji tartışmalarının karmaşık yönleri açığa çıkarılmaktadır.

Çalışmanın temel amacı enerji tartışmalarının karmaşıklığını olabildiğince çok açıdan, enerjinin çok disiplinli ve derinlemesine analiz gerektiren yapısı göz ardı edilmeden sergilemektir. Tek bir boyuta (örneğin mühendislik kavramları) odaklanan ve maliyet, iş modeli, tüketicinin benimsemesi gibi diğer boyutları ihmal eden analizler de yararlı olabilir fakat dengeli bir politika perspektifinden bakıldığında yetersiz kalacaktır.

Çalışma enerji sektörlerine göre düzenlenmiş olup fosil yakıt, nükleer enerji, yenilenebilir enerji, verimlilik önlemleri, yenilikçilik, iklim politikası ve bölgesel ekonomiler gibi temalara ayrılmıştır. Amacımız, çalışmanın enerji profesyonellerine incelemeye zaman bulamayacakları önemli politika çalışmalarının yararlarını özet bir biçimde sunmaktır. Bu araştırmaların daha kolay erişilebilir olmasını sağlayarak, küresel enerji politikası gündeminin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmayı hedefliyoruz.

Bu çalışmadaki incelemeler, dünya çapında kabul görmüş, kapsayıcı ve birçok konuyla yakından ilgisi olan, orijinallik ve politika gündemine genel katkı ölçütlerine bakılarak seçilmiştir. Çalışma, kesin bir değerlendirme yapmak ve somut enerji politikaları dayatmak yerine, okuyuculara konu ile ilgili çalışmalarını farklı perspektiflerden

inceleme ve değerlendirme imkânı sunması hedeflenmiştir.

Doğalgazda Öne Çıkanlar

Hızlı büyüyen bir fosil yakıt olan doğalgazın 2030 itibariyle kömür tüketimini de geçerek petrolden sonra ikinci büyük enerji kaynağı olması bekleniyor. LNG ticaretinin büyümesi, doğalgazın küresel rolündeki artışında etkili oldu. Artan doğalgaz talebinde öncü olan Çin ve Hindistan'ın net ithalatının, Avrupa Birliği düzeyine ulaşması beklenmekte. LNG ticareti, doğalgaz kontratları ve fiyatlandırmasında da değişikliklere yol açtı.

Doğalgaz, ham petrol gibi küresel, değerine kıyasla çok küçük bir maliyetle dünyanın her yerine sevk edilebilen bir meta haline henüz gelemiyse de, özellikle Avrupa'da bölgesel doğalgaz ticaret merkezlerinin ortaya çıkışı dikkat çekiyor. Bu merkezler piyasa derinliği, şeffaflığı ve likiditesine katkıda bulunmasına karşın, Doğu Avrupa gaz piyasasında gelişmeye hala yer var. Doğal- Gaz Ticaret Merkezi'nin özellikle Türkiye'de kurulması, enerji güvenliğini arttırmanın yanı sıra, bölgesel pazarın daha rekabetçi olmasını sağlayacaktır. Rusya'nın önemli bir tedarikçi olmayı sürdüreceği olması ile birlikte, bir ticaret merkezi kurulması

Gazprom'un ve diğer gaz tedarikçi tekeli önemli ölçüde zayıflatacaktır. AB'nin gazın gaz ile rekabetini arttırmak için ortaya koyduğu örnekler, Güneydoğu Avrupa'ya da genişletilmesi durumunda, özellikle Türkiye'de doğal gaz ticaret merkezi ve bölgeye hizmet veren bir ticaret borsası kurulması durumunda yeni iş fırsatları yaratacaktır. Türkiye, yaygın doğalgaz altyapısı ve giderek artan arz çeşitliliği nedeniyle, bölgesel bir fiyatlandırma noktası olmak için elverişli konumdadır. Bu özellikleriyle, fiziksel ticaret merkezi özelliklerini barındırması açısından komşu ülkelerden de ayrılır. Emtia ticaretinin önkoşullarının yerine getirilmesi için temel bazı gereksinimlerin karşılanması gerekse de, Türkiye'nin doğal gaz ticaret merkezi olması, Türkiye'nin yanı sıra Avrupa ve yakındaki doğalgaz

ihracatçılarına da yarar sağlayacaktır.

Gaz arzının güvenliğine yönelik kaygıların arttığı bir dönemde, Yüzer Depolama ve Gazlaştırma Ünitesi'nin (FSRU) devreye alınması, gaz ithalatçısı ülkelere beklenmedik arz kısıtlamalarına karşı güvence sunuyor. Birçok ülke gibi Türkiye de dünyadaki gaz arzı fazlasından yararlanmak, arz kaynaklarını çeşitlendirmek ve yoğun talep döneminde ortaya çıkan zaafı hafifletmek üzere FSRU'yu kullanımına geçti. Türkiye, FSRU'yu devreye almanın yanı sıra, yeni yönetmeliklerle yenilenebilir enerji ve kömüre verdiği teşvikleri de arttırarak enerji arzının güvenliğini arttırmaya devam ediyor.

LNG tedarikçileri arasında yeni oyuncular ortaya çıkmaya devam ediyor. Yeni gelen ülkeler piyasaya bol hacimde gaz sürerken, gaz tüketen ülkeler LNG pazarının giderek artan bir kısmını oluşturan spot LNG'den fayda sağlıyor. Yeni LNG kontratlarında varış noktası hükümlerinin azalmasıyla, LNG iyi işleyen bir pazardan kısa sürede satın alınabilecek bir metaya dönüşmekte. En büyük potansiyel tüketici olan Asya öncülüğünde küresel LNG pazarı genişlerken, pazara yeni katılan Avustralya ve ABD çok daha fazla likidite, esneklik ve bütünleşme getiriyor. LNG'nin tüketici tarafından bakıldığında, önemli LNG tüketicileri arasında olan Japonya'nın rolü, gerek tüketici gerek piyasa serbestleşmesine örnek olarak öne çıkıyor.

Petrolde öne Çıkanlar

2014'teki petrol fiyatı krizinin ardından, talep tarafında petrol tüketimine ilişkin bazı yapısal değişiklikler meydana geldi. Arz tarafında, kaya petrolü direncini korudu. Bununla birlikte arz riskleri varlığını sürdürürken, Libya, Nijerya ve Venezuela kaynaklı gerilimlerin küresel petrol pazarında uzun vadeli dengesizliklere yol açma olasılığı da devam ediyor.

Petrol piyasasının önemli arz merkezlerinden biri haline gelen ABD, petrol piyasasını dengeleme kapasitesine de sahip. Geçen yıllarda

başarı gösteren büyük petrol stokları ve konvansiyonel olmayan petrol üretiminin kanıtlanmış dirençliliği, büyük ve plansız petrol kesintilerinin bile fiyatlar üzerindeki etkisini hafifletiyor. Petrol güvenliğini temin etmenin yolu, ani ve ciddi fiyat sıçramalarından kaçınmak, zira sanayileşmiş ülkelerin ekonomilerine zarar veren, rafinerilerin hammadde bulamaması değil, meydana gelen fiyat sıçramaları. Büyük ticari stoklar, IEA'nın acil durum stokları ve kaya petrolü üreticilerinin hacimlerin hızla arttırabilme kabiliyeti, görece bir petrol güvenliği ve reel bazda düşük fiyat dönemi doğurmuştur.

Kaya petrolünün piyasa gücü, harcanan her dolardan maksimum fayda alma üzerine kurulu maliyet tasarrufu, iyi tasarım ve verimlilik önlemleri merkezinde geliştirilmiş olmasına bağlıdır. Kaya petrolü devrimi dünya petrol piyasasını şekillendirmeye devam etmekte, ABD'yi petrol piyasasının önemli tedarikçilerinden ve dünyanı en büyük rafine petrol ürünleri ihracatçılarından biri haline getirmektedir.

Kaya petrolü devrimiyle küresel petrol pazarının öncülerinden biri haline gelen ABD, Asya'daki talep artışının yüksekliği nedeniyle hala sağlam bir büyüme potansiyeline sahiptir ve geleceğe iyimser bakmaktadır. Ancak dünya petrol piyasası 2014'te meydana gelen petrol fiyatı düşüşünden hala tam toparlanamamıştır ve fiyat şokunun izlerini üzerinde taşımaktadır. Ölçülü toparlanma tekrar canlandırılmadığı takdirde, üretim tarafında yatırım eksikliği 2023 itibariyle küresel kapasite fazlasında hissedilmeye başlanacaktır.

Petrol ekonomisinin temel ilkeleri, bir yandan karmaşık konvansiyonel petrol projelerine yapılan yatırımın azalması, olgun petrol sahalarında üretimin düşmesi, büyük petrol ihracatçısı ülkelerde arz riskleri, düşük maliyetli ABD kaya gazı üretiminin genişlemesi ve dünya ekonomisinde toparlanmanın inişli çıkışlı gerçekleşmesidir. OPEC'in daha güçlü bir dünya ekonomisinin desteği olmaksızın düşük fiyatları yükseltmekte zorlanacak gibi görünmektedir. Orta ve uzun vadede ekonomik görünümün iyileşmesi, ABD'nin konvansiyonel olmayan petrol arzının ne kadar büyüteceğine bağlı

olarak petrol pazarının daralmasına yol açabilir. Çeşitli belirsiz etkenlerin arasında meydana gelebilecek ilişkiler sonucunda, petrol arz riski yüksek olan dar bir petrol pazarı tekrar ortaya çıkabilir. Bu durumda, gelecekte meydana gelen plansız arz kesintileri yine şiddetli fiyat sıçramalarına neden olarak sanayileşmiş ülkelerin ekonomilerine zarar verebilir. Dolayısıyla küresel stratejik petrol stoku bulundurulması öncelikli olmayı sürdürecektir. Stratejik petrol stoklarının bulundurulması ve koordinasyonu, Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) kilit sorumluluklarından biridir. IEA'nın OECD dışı büyük enerji tüketicisi ülkelerle ilişkilerini geliştirmesinin bir sebebi de budur. Zira dünya petrol tüketiminin yarısından fazlası OECD dışında gerçekleşmektedir.

Elektrik Piyasasında Öne Çıkanlar

Elektrik sektöründeki dönüşümle ilgili sorunlar ve stratejiler, elektrifikasyonda ve dijitalleşmede artışa paralel ilerlemektedir. Elektriğin dünyanın her köşesinde son tüketimdeki payı artarken, talebe bağlı üretimin gelenekselleşmiş rolü, yerini alan değişken yenilenebilir enerji karşısında hızla geriliyor.

Pek çok devlet daha temiz, verimli ve ekonomik enerji sağlamak için büyük baskı altında. Enerji arz güvenliğini en iyi sağlayan ise, verimli bir düzenleme ve denetleme altında çalışan, enerji gamındaki çeşitliliği koruyan elektrik piyasaları.

Herkese enerji sağlama amacına yönelik geniş bir elektrik altyapısının kurulması için çeşitli teknolojiler ve yeni iş modelleri geliştirildi ve iddialı planlar yürürlüğe alındı. Özellikle mini şebekeler ve şebeke dışı yenilenebilir enerjide yapılacak yenilikler, enerji yoksulluğunun en ağır yaşandığı Sahra Altı Afrika gibi bölgeler başta olmak üzere üçra yerleşimlerde elektriğe erişimi arttıracaktır.

Yeni teknolojiler, geçtiğimiz on yılda rekabet gücünü çok yükseltti. Rüzgar kaynağı iyi olan birçok bölgede, en ucuz elektrik kaynaklarından biri karasal rüzgar enerjisi oldu. Güneş enerjisinden elektrik üreten hücreler ise, zamanında rüzgar teknolojilerinin geçtiğine benzer bir ucuzlama sürecinden geçiyor. Yenilenebilir enerji, elektrik üreticilerinin maliyetlerini ve üretim kapasitelerini etkilemeyi sürdürürken, talep yönetimi ve diğer yenilikler, elektrik üretim profillerinin yük ile eşleştirilmesini iyileştirecek.

Elektrik üretiminin maliyeti üzerinde pek çok etken bulunduğu için, yakıtlar ve teknolojiler arasında maliyetlerin ölçümü için kullanılacak ortak bir yaklaşım, karmaşık hesaplamalara girmeden daha kolay kararlar alınmasını sağlayabilir. Seviyelendirilmiş Elektrik Maliyeti (LCOE) ve Seviyelendirilmiş Engellenen Elektrik Maliyeti (LACE), kısıtlarına rağmen ekonomik açıdan rekabetçi projelerin seçilmesinde yararlı olabilir. Değere uyarlanmış elektrik maliyeti (VALCOE) gibi ölçütler ise, planlamacılara ve devletlere elektrik sistemlerinin optimize edilmesi için daha iyi kaynaklar sunar.

Elektrikte yeniden yapılanma, 1990'lardan beri devam eden bir süreç. Enerji sektörünün, verimlilik artışı ve tüketicilere maliyette düşüş yönünde rekabet sağlayacak sağlam kurallar eşliğinde dönüşmesi gerekiyor. Ancak yeniden yapılandırmanın tek amacı "maliyet kaydırma" olursa, elektrik piyasasında yeni bir sarsıntı kaçınılmaz olur ve bu da yeni şoklara karşı zaafı arttıracaktır. Elektrik piyasalarının "daha rekabetçi" olması çeşitli anlamlara gelebilir. Ancak devlet politikalarının güçlü etkisi altında olmadan çalışabilen çok az serbest elektrik piyasa sistemi vardır. Bu politikalar, karşımıza düzenlemeler, tarifeler ve diğer mekanizmalar olarak çıkar. Amaçları da elektrik üretim kapasitesi, arz güvenliği, çevre performansı ve elektriğe erişime yeterince yatırım yapılmasını sağlamaktır.

Yenilenebilirde Öne Çıkanlar

Son yıllarda yenilenebilir enerjinin yaygın şekilde kullanılmaya

başlanması, karbon salınımının azalmasında ve yerel çevresel kirliliğin azaltılmasında ve enerjiye erişimin iyileştirilmesi önemli rol oynadı.

Yenilenebilir enerji, iklim politikasının temel unsurlarından biri. Uluslararası Enerji Ajansı'nın World Energy Outlook 2018 raporunda, toplam yeni kapasitenin üçte ikisinin yenilenebilir kaynaklı olduğu belirtiliyor. Bunların arasında en hızlı büyüyen ise, güneş enerjisi. 2018'de en fazla yenilenebilir kapasite kuruluşu yapan iki ülke olan Çin ve Hindistan, yenilenebilir enerji kullanımında dünya lideri haline geldi.

Yenilenebilir sektörünün rekabet kabiliyeti artıp teknoloji maliyetleri azaldıkça, yenilenebilir enerji yatırım rekorları kırmaya devam edecektir. Kapasite artışı ve devletlerin geniş sübvansiyonları sayesinde yenilenebilirin payı elektrik, ısınma ve ulaşım sektörlerinde artmayı sürdürecektir. Yenilenebilir enerjilerin hızla büyümesini mümkün kılan çeşitli özellikleri var: Düşük maliyet, devlet desteği, konut düzeyinden gigawatt şebeke kurulumuna kadar genişleyebilen ölçeği, bunlardan bazıları. Devletler ve şebeke operatörleri, yenilenebilir enerjileri farklı politikalar ile desteklemekte, bir başka deyişle yenilenebilir enerjide iletim yatırımının en yakındaki şebeke dağıtım merkezine kadar yapılması yeterli olmaktadır. Bunun ardından yapılması gereken yatırımlardan genellikle şebeke operatörü sorumludur. Küçük dağıtık üreticiler genellikle yatırım sübvansiyonu ve olumlu geri alım şartlarıyla desteklenmektedir.

Elektrik üretiminde çeşitliliğe gitmenin sonuçlarından biri olarak, termal ve diğer elektrik santralleri daha düşük kapasite katsayılarında çalışacak, ekonomik fizibilitesini korumak için ise kapasite artışına ihtiyaç duyulacaktır. Bu gelişmelerin meydana geldiği piyasalar ve hukuksal yapı birbirinden çok farklı olduğu için, elektrik sektörü yatırımcılarına çeşitli senaryolar sunabilir. Yenilenebilir enerjide artışın yanı sıra dikkat çeken trendler ise yüke göre üretim, elektrik depolama, akıllı sayaçlar, dijitalleşme ve diğer yenilikler. Bunlar,

değişken yenilenebilir enerji talebi geleceğin elektrik şebekelerinin karşılaşacağı sorunlara çözüm getirecektir.

Rüzgar ve güneş enerjileri elektrik üretimindeki konumunu konsolide etmişse de, biyo-yakıtlar ulaşım sektörünü benzeri ölçüde etkilememiştir. Şeker kamışı, bitkisel yağlar gibi gıda mahsullerinden üretilmeyen, "ikinci nesil" biyo-yakıtların geliştirilmesinde beklenen ilerleme istenilen seviyeye henüz gelmemiştir. Ulaşımında yenilenebilir enerjinin kullanımına ilişkin en umut verici gelişme, elektrikli araçların yaygınlaşmasıdır. BEV'lerin karbon salımı, konvansiyonel araçlara kıyasla önemli ölçüde düşük kalmakta ve bu şekilde elektrik sektöründe elde edilen emisyon düşüşlerinden ulaşım sektörü de yararlanabilecektir.

BEV satışlarında son zamanlarda görülen artış ve üreticilerin BEV modellerini çoğaltmaya yönelik çabalarına rağmen, ICE araçlara benzer bir yakıt ikmali deneyimi ve menzil sunabilen hidrojen yakıt hücreli araçlara (HFCV) ilgi giderek büyümektedir. HFCV'lerin yaygınlaşmasını destekleyecek hidrojen yakıt ikmali altyapısının kurulmasına daha yıllar olduğu için, BEV ile HFCV arasındaki rekabetin nasıl sonuçlanacağını kestirmek mümkün değil. Elektrik gibi, hidrojen de yenilenebilir veya nükleer enerji gibi düşük salımlı kaynaklardan ya da karbon yakalama, depolama ve kullanım yoluyla fosil yakıtlardan elde edilebilen bir enerji taşıyıcısıdır.

Nükleer Enerjide Öne Çıkanlar

Küresel iklim hedeflerine ulaşmak için nükleer enerjiye ihtiyaç duyulabileceği son yıllarda kabul görmeye başladı. OECD'de ekonomik açıdan sorunlu birkaç reaktör yapımına karşın, OECD dışında nükleer enerjiye ilgi de yatırımlar da artıyor. Nükleer, talebe uyarlanabilir ve düşük karbonlu bir teknoloji olarak emisyon azalımı, arz güvenliği ve az alan kullanım ihtiyacı gibi avantajlara sahip. Bu nedenle, enerji arzı güvenliği konusunda endişeleri olan ülkeler için önem taşıyan bir alternatif olarak öne çıkıyor.

Ancak fiziksel güvenliğiyle ilgili şüpheler devam diyor. Fukuşima Daiichi nükleer santral kazası, nükleer enerjiye güveni iyice sarsarak başarılı nükleer programlar yürütmekte olan ülkelerin yeni santraller yapmamasına veya mevcut olanları ekonomik ömürleri dolmadan kapatmasına yol açtı. Kamuoyunun nükleer enerjiye bakışı, sektörün büyümesini daha en başından etkilemişse de, önce 1977'deki Three Mile Island kazası, ardından çok daha ciddi sonuçlar doğuran Çernobil felaketiyle nükleerin kamuoyundaki itibarı iyice kötüye gitti. Ancak, nükleer güvenli ve güvenilir bir enerji olabilir. Modern GEN III+ tasarımların güvenlik özellikleri eski reaktörlere göre daha güvenilirdir.

Reaktör güvenliği artmış olsa da, nükleer tesislerin inşaatı ve işletmesinde de güvenlik kültürünün etkili olması şart. Güvenlik kültürünün oluşması için, güvenliğe her zaman mutlak öncelik verilmeli ve uygulanmalı. Nükleer enerjiye yeni geçen ülkelerde güvenlik kültürünün yerleştirilmesi özellikle önem taşıyan bir konu. Ülkenin nükleer sektörünün gözetimi için bağımsız bir düzenleyici kurum oluşması ve tesis yöneticilerinin, işletmenin her alanında iyi eğitilmiş kişilere rol vererek güvenlik konusunda tabandan tavana bir yol izlemeleri gerekmektedir.

Nükleer enerjiye en büyük engel oluşturan yeni santral inşaat maliyetinin yüksekliği, uzun zamandır değişmemesi nedeniyle nükleer enerjinin gelişimini olumsuz etkiliyor. Son yıllarda meydana gelen gelişmeler de nükleer enerjinin yayılma potansiyelini çok kısıtladı. Elektrik talebindeki artışın yavaşlaması, ikinci olarak da değişken yenilenebilir enerji üretiminde maliyetlerin düşmesi, nükleer enerjinin genişleme kapasitesini azalttı. Bununla birlikte OECD dışında nükleer kullanımının yayılması bekleniyor.

OECD ve dünyanın geri kalanında nükleer enerjinin tekrar rağbet görmesi, küçük modüler reaktörlere (SMR) bağlı olabilir. Anahtar teslim olarak üretilen bu ürünlerde elektrik şirketlerinin aldığı yatırım riskleri, konvansiyonel reaktörlerin sahada inşasına göre çok daha

düşük. Ünite büyüklükleri de çok daha az (50 ila 300 MW'lık tasarımlar ortaya çıkıyor). "Küçük porsiyonlar" halindeki nükleer enerji, birçok ülkenin elektrik ihtiyacını daha iyi karşılayabilecek durumda. Ayrıca reaktörler küçük olduğu için, doğal konveksiyonla soğutma gibi pasif güvenlik önlemlerine sahip. Farklı ülkelerde tasarımlar geliştiren çeşitli firmalar var ve birçok SMR tasarımının kendi ülkelerindeki düzenleyici kurumların sertifikasyon sürecini tamamlaması bekleniyor. Ticari SMR endüstrisinin 2025 yılı itibariyle ortaya çıkışı ise şaşırtıcı olmayacaktır.

Enerji Verimliliğinde Öne Çıkanlar

Enerji verimliliği, kapsayıcı ekonomik büyümeyi güvenceye alan sürdürülebilir, rekabetçi ve güvenli enerji politikaları ve yatırımlarının köşe-taşı stratejisi olagelmıştır. Enerji güvenliğini artırıp rekabetçiliği ve refahı yükseltirken karbon salımını kısabilmek için, enerji verimliliği önlemlerinin sıkı bir şekilde alınması zorunludur.

Verimlilik önlemleri ulaşım, konut ve sanayi sektörlerine uygulanabilir. Ulaşım sektörü, enerji verimliliğini arttırmak için en şeffaf fırsatlardan birisini sunar. Hatta içten yanmalı motorlu (ICE) araçların daha verimli hale gelmesi için büyük teknolojik ilerlemeler kaydedilmiştir. Ancak bu teknolojik ilerlemenin büyük kısmı daha ağır, büyük ve güçlü araçların üretilmesi için kullanılırken, yakıt ekonomisinde ya çok az iyileşme elde edilmiş, ya da hiç iyileşme olmamıştır. Teknolojik ilerleme olmasaydı, mevcut hafif ticari araç filosunun yakıt ekonomisi çok daha düşük kalırdı. Özellikle 1970'lerin enerji krizinin ardından, petrol tüketimini azaltmak için yakıt ekonomisine çeşitli kısıtlamalar getirilmişti. Bundan sonraki yıllarda dalgalı, genelde de çok düşük seyreden petrol fiyatları nedeniyle, yakıt ekonomisini iyileştirme baskısı hafiflemişti. Sera gazı salımının yol açtığı tehlikelerin daha iyi anlaşılmasının ardından, Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa Birliği ve diğer ülkeler yakıt ekonomisi standartlarını çok yükselttiler.

Efektif enerji talebinin ilk adımı, enerji verimliliğinin iyileştirilmesidir. Aydınlatma ve elektrikli cihaz enerji verimliliğinde elde edilen ilerlemelere rağmen, inşaat sektörünün yararlanamadığı önemli fırsatlar görülmektedir. Örneğin konvansiyonel teknolojiler kullanılarak ortalama iklimlendirme verimliliği kolaylıkla arttırılabilir, hatta ikiye katlanabilir. Yeni mali destek mekanizmaları ve zorunlu programların uygulanmasıyla, bina yalıtımı ve enerji yönetimini iyileştirmeye yönelik büyük potansiyeller açığa çıkarılabilir. Ancak bunun için etkili politika önlemlerinin alınması şimdiki kadar mümkün olmamıştır. Sebepleri arasında, inşaat sektörü üzerindeki karmaşık ve genellikle yerel düzeyde denetim yer almaktadır. Bina verimliliğini arttırıcı kapsamlı tadilatları uygulamak da zordur. Yeni binaları denetlemek daha kolaysa da, bunlar uzun yıllar boyunca toplam bina stokunun küçük bir kısmını oluşturacaktır, üstelik pek çok yerde bu düzenlemeler bile yeterli değildir.

Endüstride enerji verimliliğinin arttırılması, özellikle demir-çelik, kağıt ve kağıt hamuru, çimento, petrokimya ve cam sanayilerinde önemlidir. Bu sektörlerde mevcut en iyi teknolojilerin kullanılması, genel enerji verimliliğini arttıracaktır.

Dünya enerji tüketiminin yaklaşık üçte birinin sanayi kaynaklı olması nedeniyle, karbon salımının azaltılması amacıyla iddialı önlemlerin uygulanması hem bir önkoşul, hem de tüm devletlerin önceliği haline gelmiştir. Ancak mevcut çalışmalar, verimlilik önlemlerinin geliştirilmesi, uygulanması ve yaygınlaştırılmasındaki zorluklar nedeniyle belirlenen şartları karşılamakta zorlanmaktadır. Bu sorunun kaynaklarından biri, verimlilik önlemlerinin tam yararlarının anlaşılmanış ve önlemlere yeterli kurumsal desteğin verilmiyor olmasıdır.

Sonuçların takibi ve doğrulanması, enerji verimliliğinin başarılı uygulanması için yapılacak yatırımların en önemlileri arasındadır. Ayrıca verimliliğin fizibilitesi olan bir iş gelmesi için gerekli mali ve parasal teşvikler oluşturulmalıdır. Vergi indirimi, garanti programları

gibi önlemler, daha geniş ve başarılı bir yenilikçilik programının kapsamının genişletilmesinde büyük rol oynar.

Verimlilik önlemlerinin başarılı uygulanmasına örnek olarak, AB'nin 2020 itibariyle %20, 2030 itibariyle ise %30 verimlilik hedefleriyle en iddialı politika önlemlerinden birini getirdiğine değinmek gerekir. Ulaşım, konut ve sanayi sektörlerinde elde edilen önemli başarılarla rağmen, AB henüz bu hedefe ulaşamamıştır.

Enerji verimliliği, enerji "kaynakları" arasında yararlanamadığımız en büyüğüdür. Ancak enerji arzını pazarlamanın aksine, enerji tasarrufu yapmak için sağlam bir iş modeli bulmak kolay değildir.

Sera Gazı Politikaları ve Entegre Sera Gazı Teknolojisi Senaryolarında Öne Çıkanlar

Karbon yakalama, kullanım ve depolama (CCUS), fosil yakıt kaynaklarından yararlanırken karbon salımını azaltmanın bir yolu olarak pek çok devletin sera gazı azaltma stratejilerinde yer buluyor. Kömüre dayalı büyük ülkeler ve elektrik sektöründe doğalgazın giderek artan rolü düşünüldüğünde, iklim değişikliğinin en sert etkilerini ortadan kaldırmak için CCUS gerekli görülse de, dünya elektrik sektöründe karbon yakalama konusunda çok az ilerleme kaydedildi.

Türkiye büyük bir salım kaynağı olmamasına ve yenilenebilir enerjiye üretim kapasitesinde geniş yer vermesine rağmen, yerli kömür kaynaklarını kullanırken emisyonu azaltmak için CCUS'den yararlanabilir. Bu bölümde, Türkiye'nin bu konudaki fırsatlarını ele alan bir analiz de bulunmaktadır. Buna rağmen karbon yakalama teknolojisinin dünyadaki yeri henüz yeterince sağlam değildir. Elektrik sektöründe küresel kullanımı, gösterim amaçlı birkaç projeden ibarettir.

Doğalgazlı termik santrallerde, CCUS, toplanan karbonun ton başına maliyeti bakımından kömürlü santrallerden bile pahalıdır ve bunun başta düşük baca basıncı olmak üzere çeşitli sebepleri vardır. Ne var ki, elektrik üretiminde doğalgazın kömürden çok büyümesi beklenmektedir. CCUS'nin gazla birlikte kullanımı, küresel iklim hedeflerine ulaşılması için zorunlu olabilir. Doğalgazda CCUS maliyetini düşürmenin bir yolu, gaz türbinlerine göre çok düşük karbon yakalama maliyeti olacak katı oksit yakıt hücrelerinin kullanılmasıdır. Bunun uygulanabilmesi için, şebeke ölçeğinde katı oksit yakıt hücrelerinin (SOFC) gaz türbinlerine kıyasla tercih sebebi olmadan önce maliyet açısından daha rekabetçi ve güvenilir hale gelmesi gerekir. Çalışmada, CCUS ve SOFC'leri tartışan bir makaleye de yer verilmiştir. Diğer bir makale ise, doğalgazdan karbon yakalamaya çok farklı bir yöntem olan kimyasal döngüyü işlemektedir. Bu yenilikçi yaklaşım, baca gazı yakalamaya kıyasla maliyetleri düşürme potansiyeline sahiptir.

Karbon yakalamanın elektrik sektöründe fazla ticari uygulama şansı bulamamasının ardında çeşitli nedenler var. Karbon yakalamaya engeller arasında yüksek maliyetin yanı sıra, maliyet mühendisliğinin yapılmamış ve CCS'nin geleceğini gerçekçi bir şekilde öngörmeye yarayacak temel ekipman verisinin alınmamış olması yatıyor. CCS'den en yarar görececek durumda olan ülkelerde destekleyici bir politika çerçevesi oluşturulmadığı için CCS'nin yaygınlaşmasını sağlayacak şartlar yerine gelmemekte.

Düzenleme ve denetleme ortamı gibi, depolamaya ilişkin değerlendirmeler de yeterli değil. Az konuşulmasına rağmen varlığını hissettirmekte olan diğer bir sorun ise, enerji sektöründe piyasa reformları ve yenilenebilir enerjinin artan payı. Elektrik dakika bazında bir meta olarak fiyatlandırıldığı ve şebekeyi besleyen çok çeşitli yenilenebilir enerjiler olduğu sürece, termal elektrik üreticilerin daha esnek, yüke uyarlı bir faaliyet şekline geçmesi gerekecek. Ancak CCUS teknolojisi ve ekonomisi, taşıma basıncının korunması amacıyla karbondioksit üretiminin istikrarlı olması şart. Taban yük

üreticilerinin kapasite faktörleri daha değişken hale gelirse (bu tesislerin faaliyette kalması için sık sık kapasite ödemelerine başvurulmaktadır), bunların CCUS teknolojisine elverişliliği daha da azalacaktır.

Bölgesel Ekonomilerde Öne Çıkanlar

Türkiye enerji politikası, son kırk yılda ciddi bir yol aldı. Nükleer santrallerin kurulması, yenilenebilir kullanımı artması, yeni boru hatları ve FSRU'lar, düzenlemelere yoğun destek verilmesi gibi başarıları örnek gösterilebilir. Ancak bu başarılar, gelişmeye yer olmadığı anlamına gelmez. Enerji kaynaklarının yeterince verimli kullanılmaması, piyasanın serbestleşmesi ve özelleştirmeler, şebeke entegrasyonunda ki yetersizlikler gibi konular, piyasa yapısının optimize ve verimli olması için önem taşımaktadır. Maliyet bazlı fiyatlandırma, özel sektörden yeterli yatırımın gelmesi için gerekli duyulan, ekonomik açıdan cazip ve öngörülebilir bir enerji piyasası oluşmasını sağlayacaktır. Bu senaryoda devletin rolü azalmamakla birlikte, sosyal refahın sağlanacağı ve Türkiye'nin enerji politikasının üç temel unsuru olan arz güvenliği, yerelleşme ve piyasalarda öngörülebilirliğin elde edileceği şekilde ayarlanmaktadır. En hızlı büyüyen elektrik pazarlarından biri olan Hindistan, ekonomisindeki ve nüfusundaki büyüme paralelinde artan enerji talebini karşılamakta zorlanıyor. Ülke bu talebi karşılayabilmek için, geleneksel kaynakları ve yenilenebilir enerjileri de içeren çeşitli politikaları yürürlüğe aldı. Güneş enerjisinde henüz yararlanılmamış avantajları olduğunu kanıtlayan Hindistan'da güneş enerjisi değer zincirinin tüketim tarafındaki ürünleri, üretim tarafındakilere göre daha başarılı olurken üretim tarafına daha çok dikkat edilmesi gerektiği ortaya çıktı. Öte yandan, kömürlü termik santraller inşa ederek yerli kömür kaynaklarını kullanan ülkenin yenilenebilir enerji potansiyeli, sera gazı salımındaki artışı dengeleyebilecek gibi görünmüyor.

Suudi Arabistan, Vizyon 2030 programını duyurduktan sonra bu iddialı ekonomik programı uygulayabilmek için önemli adımlar

atmakta. Ülke ekonomisinin canlandırılıp bütçenin dengelenmesi için ilk adım olarak, enerji sübvansiyonunun yıldan yıla azaltılarak kaldırılması planlandı. Ülke 2014'teki petrol fiyatı düşüşünün yol açtığı sarsıntıdan toparlanmak için ekonomik reformları uygulamaya alırken yurtiçi tüketime yönelik enerji fiyatları yükseldi. Ancak hane refahının etkilenmemesi için yükseliş dikkatli bir şekilde yürütüldü. Bununla birlikte, rekabet ortamının iyileştirilmesi amacıyla önümüzdeki yıllarda yakıt fiyatlarının artmayı sürdürmesi bekleniyor.

Polonya, AB'nin en enerji verimsiz ülkelerinden biri olarak görülmele birlikte, ülke, enerji gamında yenilenebilirin rolünü arttırmayı, altyapısını ve verimsiz kömürlü termik santrallerini modernize etmeyi hedeflemektedir. Doğalgaz için bağımsız bir sistem operatörünün kurulması, yeni LNG terminallerinin açılması ve daha serbest bir enerji piyasasına doğru yol alınması, AB nezdinde olumlu görülen gelişmeler.

Macaristan son yıllarda karbon salımını azaltmak, yenilenebilir enerjinin payını arttırmak ve komşu ülkelerle gün öncesi piyasası kurmak gibi yollarla önemli aşama kaydetti. Ancak ülkenin politika gündeminde yer alan hedeflerin tutturulabilmesi için çeşitli politika değişikliklerine ihtiyaç duyuluyor. Macaristan'ın sıkı önlemler almaya başlaması gereken alanlar arasında enerji verimliliği, elektrik sektöründe rekabet ve piyasanın serbestleşmesi var.

Son yıllarda çeşitli doğalgaz boru hattı projeleri yürüten Yunanistan'da doğalgaz merkezi haline gelmek, politika gündeminin çok önemli bir maddesi. Güneş enerjisi payında AB'nin ikinci büyük ülkesi olan Yunanistan'ın gaz serbestleşme programı, piyasanın liberalleşmesinde aşama kaydedilmesini sağladı.

Elektrik üretim kapasitesinin çoğu doğalgaza ve yenilenebilir enerjiye bağlı olan ülkede karbon salımını azaltmak yönünde büyük bir potansiyel dikkat çekiyor. Enerji verimliliği önlemleri ve rekabetçi, finansal işlerliğe sahip piyasalar Yunanistan'da piyasayı işler kılacak adımlar atıyor.

Meksika h k metinin yakın zamanda başlattığı enerji reformları, ülkenin enerji sektörünü yerli ve yabancı yatırımcılara a mayı hedeflemektedir. Bir dizi reform ile Meksika'nın uluslararası enerji piyasasında, özellikle enerji ticaretindeki uluslararası konumunun iyileştirilmesi bekleniyor. Reformun başarılı olabilmesi için Meksika h k meti uygulamaların hızını ve etkilerini dikkatle takip etmekte.

Yenilik ve Inovasyonda  ne  ıkanlar

Teknolojik ilerlemeler ve yenilikler, birçok sektörde hiç kullanılmamış yeni potansiyelleri açığa çıkarıyor. Değişimin merkez  ss  önümüzdeki yıllarda teknolojik yeniliklerle, özellikle de dijitalleşmeyle ayrılmaz bir bağlantı içinde olacak.

Dijitalleşme, dünya enerji sistemlerinin güvenlik, üretkenlik ve verimliliğini arttırma vaatleriyle önceki yıllara nazaran çok daha fazla sektöre hitap etmekte. Ancak dijitalleşmeyle birlikte siber saldırı, ekonomik sarsıntı ve gizlilik ihlalleri riskleri de ortaya çıkıyor.

Giderek dijitalleşen enerji sistemleri, işleyişi değiştirmek konusunda büyük bir potansiyel taşımakta. Dijitalleşen enerji sistemleriyle, enerji teslimatı tam zamanında, tam ihtiyaç olan noktaya mümkün olan en düşük maliyetle yapılabilir.

Dijitalleşmenin en büyük etkisinin, gelişen otomasyon ve bağlantı seçenekleriyle otomobillerde görülmesi bekleniyor. Dijitalleşme aynı zamanda petrol, gaz, kömür ve elektrik sektörlerinde yararlı bir kaynak olarak yerini alacak. Elektrik sektöründe talep artışı, birçok devleti alternatif  z mler aramaya iterken, dijitalleşme gibi yenilikçi  z mler iyi bir zamanlama ile istenen direnci ve acil sorunlarla ilgili kontrol ve kıvraklığı sağlamaya başladı.