

TÜRKİYE'DE ve DÜNYADA KÖMÜR

2024



KÖMÜRDER
TÜRKİYE KÖMÜR ÜRETİCİLERİ DERNEĞİ

TÜRKİYE'DE ve DÜNYADA KÖMÜR

2024



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER	iv
TABLolar	v
YÖNETİCİ ÖZETİ	1
GİRİŞ	6
1. KÖMÜRÜN KISA TARİHİ	10
2. KÖMÜRÜN TANIMI, OLUŞUMU VE SINIFLANDIRILMASI	13
2.1. Kömürün tanımı ve oluşumu	13
2.2. Kömürün sınıflandırılması	13
3. KÖMÜRÜN KULLANIM ALANLARI	15
4. DÜNYADA SEKTÖRÜN GÖRÜNÜMÜ	19
4.1. Birincil enerji tüketimi ve kömürün payı	19
4.2. Dünya kömür üretimi	22
4.3. Dünya kömür tüketimi	25
4.4. Dünyada kömüre dayalı elektrik üretimi	26
4.5. Uluslararası kömür ticareti ve fiyatlar	27
4.5.1. Uluslararası kömür ticareti	27
4.5.2. Kömür fiyatları	29
4.6. Dünya kömür rezervleri	30
4.7. Sektördeki belirleyici oyuncuların kömür politikaları	32
5. TÜRKİYE'DE KÖMÜR SEKTÖRÜNÜN GÖRÜNÜMÜ	39
5.1. Birincil enerji tüketimi ve kömürün payı	39
5.2. Kömür üretimi	40
5.2.1. Taşkömürü üretimi	41
5.2.2. Linyit üretimi	42
5.2.3. Asfaltit üretimi	43
5.3. İthalat	44
5.3.1. İthalatın gelişimi	44
5.3.2. İthalat yapılan ülkeler	44
5.3.3. İthalat faturası	45
5.4. Kömür tüketimi ve sektörlere göre dağılımı	46
5.4.1. Sektörlere göre taşkömürü tüketimi	47
5.4.2. Sektörlere göre linyit tüketimi	50
5.4.3. Sektörlere göre asfaltit tüketimi	51
5.5. Elektrik üretiminde kömür kullanımı	52
5.5.1. Yerli kömüre dayalı elektrik üretimi	52
5.5.2. İthal kömüre dayalı elektrik üretimi	54
5.5.3. Kömüre dayalı termik santral yatırımları	55
5.6. Türkiye kömür rezervleri	56
5.6.1. Taşkömürü rezervleri	56
5.6.2. Linyit rezervleri	56
5.6.3. Yerli kömüre dayalı termik santral potansiyeli	59
6. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE TEMİZ KÖMÜR TEKNOLOJİLERİ	64
6.1. Temiz kömür teknolojileri alanındaki gelişmeler	64
6.2. Türkiye'de temiz kömür teknolojilerine ilişkin çalışmalar	69

7. YERLİ KÖMÜRLERİN TÜRKİYE ENERJİ TALEBİNE VE GENEL EKONOMİYE KATKISI	76
8. GENEL DEĞERLENDİRME, GELECEK ÖNGÖRÜLERİ VE KÖMÜR YATIRIMCISININ ÖNÜNDEKİ TEMEL SORUNLAR	82
KAYNAKLAR	92
KISALTMALAR	94
BİRİMLER	95
BİRİM DÖNÜŞÜMLERİ	95

ŞEKİLLER

Şekil 1 Kömürün sınıflandırılması	14
Şekil 2 Dünya birincil enerji tüketimindeki gelişim.....	19
Şekil 3 Kaynaklara göre dünya birincil enerji arzındaki değişim	20
Şekil 4 Bölgelere göre kömürün birincil enerji tüketimi içindeki payı	20
Şekil 5 Ülkelere göre kömürün birincil enerji tüketimi içindeki payı	21
Şekil 6 Dünya birincil enerji arzının kaynaklara göre gelişimi, UEA tahmini, Mevcut Politikalar Senaryosu.....	22
Şekil 7 Dünya kömür üretimi.....	22
Şekil 8 Ülkelere göre 2022 yılı kömür üretimleri.....	23
Şekil 9 Dünya linyit üretimi	24
Şekil 10 Avrupa linyit üretimi	24
Şekil 11 Ülkelere göre 2023 yılı kömür tüketimleri.....	25
Şekil 12 Dünya elektrik üretiminde kaynak paylarının gelişimi.....	26
Şekil 13 Dünya elektrik santral kapasitesinin kaynaklara göre gelişimi	26
Şekil 14. Ülkelere göre kömürün elektrik üretimindeki payı	27
Şekil 15 Ülkelere göre 2022 yılı kömür ithalatı.....	28
Şekil 16 Ülkelere göre 2022 yılı kömür ihracatı	28
Şekil 17 Buhar kömürü ihracatçıları, 2022	28
Şekil 18 Koklaşabilir kömür ihracatçıları, 2022	28
Şekil 19 Termal kömür fiyatları, Newcastle FOB futures, Kaynak: Investing.com.....	29
Şekil 20 Dünya kömür rezervlerinde ülke payları, 2021	30
Şekil 21 Antrasit ve bitümlü kömür rezervleri, 2021.....	30
Şekil 22 Alt bitümlü ve linyit rezervleri, 2021	30
Şekil 23 Fosil kaynakların kalan ömürleri	31
Şekil 24. AB kömür üretim ve tüketimi	32
Şekil 25. ABD kömür üretim ve tüketimi	34
Şekil 26. Çin kömür üretim ve tüketimi	34
Şekil 27. Hindistan kömür üretim ve tüketimi	35
Şekil 28. Çin hariç Asya-Pasifik kömür üretim ve tüketimi	36
Şekil 29 Türkiye birincil enerji arzının kaynaklara dağılımı	39
Şekil 30 Türkiye birincil enerji üretiminin kaynaklara dağılımı	39
Şekil 31. Türkiye kömür üretimleri	40
Şekil 32. Taşkömürü üretimleri	42
Şekil 33. Linyit üretimleri	42
Şekil 34. Asfaltit üretimleri	43
Şekil 35. Türkiye'nin kömür ithalatı	44
Şekil 36. Ülkelere göre kömür ithalatı.....	45
Şekil 37. Ülkelere göre kömür ithalatı.....	45
Şekil 38. Türkiye kömür tüketimi (miktar bazında).....	47
Şekil 39. Türkiye kömür tüketimi (ısıl değer bazında).....	47
Şekil 40. Türkiye kömür tüketiminin sektörel dağılımı (miktar bazında).....	48
Şekil 41. Türkiye kömür tüketiminin sektörel dağılımı (ısıl değer bazında).....	48
Şekil 42. Taşkömürü tüketiminin sektörel dağılımı	49
Şekil 43. Taşkömürünün sanayi alt sektörlerindeki tüketimi.....	49
Şekil 44. Linyit tüketiminin sektörel dağılımı	50

Şekil 45. Linyitin sanayi alt sektörlerindeki tüketimi	51
Şekil 46. Toplam kurulu güç içinde kömürün payı.....	53
Şekil 47. Brüt elektrik üretimi içinde kömürün payı	53
Şekil 48. Türkiye linyit kaynaklarının gelişimi	57
Şekil 49. Türkiye linyitlerinde kaynak- ısı değer ilişkisi	57
Şekil 50. Kömürden üre diyagramı	68
Şekil 51 Türkiye fosil kaynak/rezerv payları	76
Şekil 52. Kömür üretiminin toplam enerji üretimi içindeki payı	77
Şekil 53. Türkiye toplam enerji üretimi ile kömür üretiminin Türkiye enerji tüketimini karşılama oranları	77
Şekil 54. Kömür üretimiyle sağlanan enerjinin uluslararası piyasalardaki ticari değeri	78
Şekil 55. Yerli kömür üretiminin bulunduğu seviyede kalması durumunda enerji talebini karşılama oranı	83
Şekil 56. Yerli kömür üretiminin enerji talebinin %12'sini karşılması için gereken kömür üretim miktarları	84
Şekil 57. Yerli kömüre dayalı santral kapasitesinin toplam kurulu güç içinde %10,7 olan payını muhafaza edebilmek için işletmeye alınması gereken kömüre dayalı yeni kurulu güç	85

TABLOLAR

Tablo 1. Avrupa'da kömürden çıkış planlamaları	33
Tablo 2. En fazla kömür üreten ülkeler sıralaması	41
Tablo 3. En fazla kömür tüketen ülkeler sıralaması (2022).....	46
Tablo 4 Kuruluş ve kaynaklara göre kömüre dayalı kurulu güç	52
Tablo 5. Linyite dayalı büyük ölçekli termik santraller	54
Tablo 6. Yerli taşkömürü santralleri.....	54
Tablo 7. İthal kömüre dayalı termik santraller	55
Tablo 8. Proje ya da inşaat aşamasındaki kömüre dayalı termik santral lisansları	55
Tablo 9. Türkiye taşkömürü rezervleri	56
Tablo 10. EÜAŞ linyit kaynakları	58
Tablo 11. TKİ linyit kaynakları	58
Tablo 12. Elektrik üretimi amaçlı kullanılacak linyit sahaları	60
Tablo 13. Elektrik üretimi amaçlı kullanılacak bazı linyit sahalarının santral potansiyeli	61
Table 14. Türkiye'de temiz kömür teknolojilerine ilişkin bazı Ar-Ge çalışmaları	72
Tablo 15. Yerli kömür üretiminin toplam enerji talebini karşılama oranı	79
Tablo 16. Yerli kömürün enerji talebine katkısının %12,1'de sabit tutulabilmesi için gereken kömür üretim miktarları	84
Tablo 17. Yerli kömüre dayalı santral kapasitesinin toplam kurulu güç içinde %10,7 olan payını muhafaza edebilmek için işletmeye alınması gereken kömüre dayalı yeni kurulu güç	86





YÖNETİCİ ÖZETİ

Talep yavaşlamakla birlikte, dünyada kömür tüketimi hâlâ artmaya devam etmekte

- Son 20 yılda; dünya ticari enerji talebinin %33,8'i petrol, %28,4'ü kömür, %22,8'i gaz, %4,8'i nükleer ve %10,2'si hidrolik dâhil yenilenebilir enerji kaynakları tarafından karşılanmıştır. 20 yıllık sürecin ilk 10 yılı ile ikinci 10 yılı arasında kömürün payı bakımından önemli bir fark bulunmamaktadır. Kömürün payı dönem boyunca %25,5 ile %30 arasındaki dar bir aralıkta seyretmiştir. Bununla birlikte, sürecin ikinci diliminde küresel enerji tüketimindeki duraklama kömür talebinin miktar olarak daha yavaş artmasına neden olmuştur.
- 1999 yılından itibaren 15 yıl boyunca kesintisiz artan küresel kömür üretimi ilk defa 2014 yılında bir önceki yıla göre yaklaşık %1 oranında azalarak 8,2 milyar ton olarak gerçekleşmiş, 2016 yılında ise 7,5 milyar ton düzeyine kadar gerilemiştir. Sonrasında tekrar artışa geçen kömür üretimi 2022 yılında bir önceki yıla göre %8 oranında artarak 8,8 milyar tonla rekor kırmış olup, 2023 yılında 9 milyar tonun da üzerini gördüğü tahmin edilmektedir. Dünya kömür üretiminde yüzyılın başından bu yana geçen 22 yılda yaklaşık %87 oranında bir artış söz konusudur. Bununla birlikte, son 10 yıldaki üretim artışı %7,5 ile sınırlıdır.

Dünya kömür üretim ve tüketiminin yarısından fazlasını tek başına Çin gerçekleştirmekte

- 2022 yılı dünya kömür üretiminin %51,8'ini tek başına Çin gerçekleştirmiştir. Toplam on ülkenin küresel kömür üretimi içindeki payları %92 düzeyindedir. Küresel üretimin son 2 yıldır rekor düzeyleri görmesinde Rusya-Ukrayna savaşıyla birlikte ortaya çıkan yüksek enerji fiyatları ve enerji güvenliği endişeleri nedeniyle özellikle Çin, Hindistan ve Endonezya'daki üreticilerin üretimi arttırmaları etkili olmuştur. Bununla birlikte, genel olarak küresel kömür yatırımlarında bir duraklama söz konusudur, bu nedenle önümüzdeki yıllarda üretim artışının sınırlı olması muhtemeldir.
- 2013-2018 yılları arası dönemde yaklaşık 800 milyon ton civarında seyreden dünya linyit üretimi 2019 yılından itibaren gerileme eğilimine girmiş ve 2021 yılında 621 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Dünya linyit üretiminde en büyük pay 2022 yılında 131 milyon ton ile Almanya'nındır. Bu ülkeyi 92,3 milyon ton ile Türkiye izlemektedir.

Türkiye'nin 1 yılda tükettiği kömürü sadece 3 ülke 1 haftada tüketmekte

- 2022 yılı dünya kömür tüketimi yaklaşık 8,4 milyar ton düzeyindedir ve %53,7'si Çin tarafından gerçekleştirilmiştir. İlk 7 ülkenin küresel kömür tüketimindeki toplam payı %86 oranındadır. Türkiye'nin, 2022 yılı kömür tüketimi yaklaşık 130 milyon ton düzeyindedir ve bu miktarı sadece 3 ülke (Çin, Hindistan ve ABD) 1 haftada tüketmektedir. 2022 ve 2023 yıllarında kömüre olan talebin artmasında aynı dönemde doğalgaz fiyatlarının yüksek oranda artması, bu nedenle pek çok ülkenin daha ucuz olan kömüre yönelmesi etkili olmuştur.

- Uluslararası kömür ticaretinin ana eksenini Asya Pasifik Bölgesi'dir. Bu bölge, 2022 yılı itibarıyla ithalatın dörtte üçünü gerçekleştirmektedir. En büyük ithalatçı, -önceki yıllarda da olduğu gibi- yine Çin'dir. Sadece 4 ülkenin toplam ithalattaki payı %61 düzeyindedir. 2022 yılının en büyük 3 ihracatçısı Endonezya, Avustralya ve Rusya'dır. Bu 3 ülkenin toplam ihracat içindeki payı %75,5'dir.

Küresel elektrik üretiminde kömürlü santrallerin payı son 20 yılda sadece 3 puan geriledi

- 2002 yılında dünya toplam elektrik üretiminin %39'unu karşılayan kömürlü santrallerin payı 20 yıl sonra 2022 yılı itibarıyla %36 düzeyindedir. 2022 yılında dünyada mevcut toplam 8.643 GW elektrik santral kapasitesinin %26'sı kömüre dayalı santrallerdir. Kömürlü santral yatırımları özellikle rüzgâr ve güneş santralleri karşısında son yıllarda gerilemekle birlikte doğal gaz, hidrolik ya da nükleer seçeneklerine göre daha fazla tercih edilmektedir.
- Çok sayıda ülke elektrik üretiminde kömürü yüksek oranda kullanmaya devam etmektedir. Bunlar arasında, 2022 yılı itibarıyla; Güney Afrika Cumhuriyeti (%84), Hindistan (%74,3), Polonya (%71), Kazakistan (%67,4), Endonezya (%61,6), Çin (%61), Avustralya (%48), Almanya (%31,3) ve Japonya (%30) bulunmaktadır.

Avrupa'da, kömürü olmayan ülkeler kömürden çıkış planlamaları yapmakta!

- Son dönemde çok sayıda Avrupa ülkesi tarafından kömürden çıkış planlamaları ortaya konulmaktadır. Ancak pek çoğunun zaten önemli bir kömür rezervi bulunmadığı dikkate alındığında, söz konusu planlamaların iklim politikalarına ilişkin bir PİAR çalışmasından öteye gitmediği anlaşılmaktadır. Önemli miktarda işletilebilir kömür rezervleri olan Almanya, Polonya ve Çekya gibi ülkeler ise ya çıkış tarihi belirlememekte ya da çok ileri tarihleri açıklamaktadırlar. ABD'de ise büyük ölçüde kaya gazı üretim maliyetlerinde yakalanan avantaj nedeniyle kömürlü santrallerin gaz santralleri ile ikame edilme politikası sonucunda kömür tüketimi önemli ölçülerde gerilemektedir.

Çin'in politikalarındaki en küçük değişim, kömür endüstrisini doğrudan etkilemekte

- Son yıllarda, büyüme modelini düşük enerji yoğunluklu faaliyetler üzerine kurgulamakta olan Çin'de kömür tüketim artış hızı da önceki yıllara göre daha yavaş bir seyir izlemektedir. Ancak, bir yandan bu ülkedeki ekonomik faaliyetlerin ağırlıklı olarak kömüre dayalı sistemlerden oluşması diğer yandan kömür endüstrisinde istihdam edilenlerin sayısal büyüklüğü dikkate alındığında, dünyada ekonomisi en fazla kömüre bağımlı olan Çin'in bu yakıttan yakın zamanda vazgeçebilmesi çok da kolay değildir.
- Kömür tüketiminde Çin'in yerini doldurmaya aday ülke olan Hindistan, bir yandan yerli kömür üretimini artırma konusunda oldukça iddialı hedefler koyarken, diğer yandan özellikle elektrik ve demir-çelik sektörlerinin hızla artan talebini karşılamak üzere ithalatını da arttırmaktadır. Asya-Pasifik'te yüksek büyüme hızlarını sürdürebilmek ve bu amaçla ihtiyaç duydukları altyapıları inşa edebilmek için kömür kullanımlarını arttırmakta olan çok sayıda ülke bulunmaktadır. Çok genç kömürlü santral portföyüne sahip olan bu coğrafyanın tamamında son 10 yılda işletmeye alınan elektrik santrallerinin yüzde 40'ı kömüre dayalıdır ve bunlar aynı dönemde dünyada işletmeye alınan kurulu gücün yüzde 26'sını oluşturmaktadır. Bu rakamlarla, dünya kömür tüketiminin yakın zamanlarda hızla gerileyeceğini söyleyebilmek oldukça zordur.

Gelişmekte olan ülkelerde kömür hâlâ yoksulluktan kurtuluş ve toplumsal refah anlamına gelmekte

- Kömür, neredeyse iki yüzyıl boyunca en temel enerji kaynaklarından biri olma özelliğini korumuştur. Bu süreçte pek çok yeni enerji kaynağının ortaya çıkmasına ve özellikle çevresel etkileri nedeniyle son yıllarda yoğun bir şekilde tartışılmasına rağmen, dünya kömür kullanımından vazgeçememektedir. Dolayısıyla, günümüzde kömür, küresel enerji tüketiminin en önemli bileşenlerinden biridir.
- Kömürün geleceğine ilişkin yapılan analizlerde, sadece küresel ısınma ve iklim değişikliği olgularının merkeze alınarak öngörülerde bulunulması eksik bir yaklaşımdır. Aralarında Türkiye'nin de olduğu pek çok ülke için kömürden vazgeçmenin aynı zamanda enerji güvenliğinden ve giderek milli güvenlikten vazgeçmekle eşdeğer olduğu, kömürün hâlâ yoksulluktan kurtuluş ya da toplumsal refah anlamına geldiği unutulmamalıdır. Diğer taraftan, dünyada çok sayıda ülkede milyonlarca insan geçimlerini kömür üretimi, iletimi ya da dağıtımından sağlamaktadır. Bu nedenle, bu ülkeler için kömürden çıkış süreçleri, aynı zamanda ciddi ekonomik ve toplumsal sorunlarla karşılaşmak demektir. Kömürün kaderini uluslararası anlaşmalar değil, ulus devletlerin kendi çıkarlarını gözeterek tanımlayacakları enerji politikalarındaki tercih ve stratejiler belirleyecektir.

Türkiye enerji talebi artmaya devam etmekte

- Ülkemiz birincil enerji tüketimi son on yılda %35'e yakın artmıştır. 2022 yılında enerji arzının kaynaklara dağılımında ilk sırayı %28,6 ile petrol almaktadır. Petrolü %27,4 ile doğal gaz, %26,7 ile kömür (yerli kömür %11,7 ve ithal kömür %15), %10,8 ile jeotermal, rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir kaynaklar, %3,6 ile hidrolik ve %2,9 ile odun, hayvan ve bitki artıkları izlemektedir.
- Ülkemiz birincil enerji üretimi son on yılda %67 oranında artmıştır. 2022 yılı itibarıyla üretimin kaynaklara dağılımında %38,6 ile kömür ilk sırayı alırken, %33,1 ile jeotermal, rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları, %11,3 ile hidrolik, %8,9 ile odun, hayvan ve bitki artıkları, %7,4 ile petrol ve %0,7 ile doğal gaz izlemektedir.

Türkiye kömür üretim ve tüketimi -salgın yılı dışında- son 7 yıldır artmakta

- 2022 yılı satılabilir kömür üretimi bir önceki yıla göre %10,2 oranında artarak 95,3 milyon tonla rekor kırmıştır. Türkiye, son 10 yılda üretimi en fazla artan sekizinci ülkedir ve 2022 yılında dünyada en fazla kömür üreten on birinci ülke konumundadır. Türkiye, Almanya ve Çin'in ardından dünyada en fazla linyit üreten üçüncü ülkedir.
- Türkiye'nin kömür ithalatı, 2017 sonrası hız kesmiş, 2022 yılında 37,6 milyon ton ve 2023 yılında ise yaklaşık 36 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. İthal kömür santral yatırımlarındaki duraklama, ithalat hızının kesilmesindeki en önemli faktördür. Yatırımlardaki duraklamanın devam ettiği dikkate alındığında, ithalatın daha fazla artmayacağı öngörülebilmektedir. 2023 yılında ithalatın yaklaşık %70'i Rusya Federasyonu'ndan yapılırken, toplam 4 ülkeden yapılan ithalat toplam ithalatın %95'i düzeyindedir. Kömür ithalatının faturası; 2021 yılında 4,5 milyar dolar, 2022 yılında 8,5 milyar dolar ve 2023 yılında ise 5 milyar dolar olmuştur.
- Kömür tüketimi 2022 yılında bir önceki yıla göre %5,8 oranında artarak yaklaşık 130 milyon ton şeklinde gerçekleşmiş olup, Türkiye dünyada en fazla kömür tüketen dokuzuncu ülke konumundadır. Toplam kömür tüketimi içinde yerli kömürlerin payı 2022 yılı itibarıyla -miktar bazında- %71 ve ithal kömürlerin payı ise %29 düzeyindedir.

Yerli kömürün Türkiye enerji talebini karşılama oranı düşmekte

- Türkiye'nin 730 milyon tonu görünür olmak üzere yaklaşık 1,5 milyar ton taşkömürü ve önemli bir kısmı görünür rezerv niteliğinde toplam 20,4 milyar ton linyit kaynağı bulunmaktadır. Son yıllarda petrol ve doğal gaz aramalarında önemli kaynak keşifleri yapılmış olmasına karşın, kömürün fosil rezervler içindeki payı hâlâ %91 seviyesindedir. Buna rağmen, Son 10 yılda kömür üretimindeki artış yaklaşık %26 ile sınırlı kalmıştır. Bu nedenle, yerli kömürlerin ülkemiz birincil enerji talebini karşılama oranı 20 yıl önce %15 ve 10 yıl önce %13 seviyesindeyken bugün %12,1 düzeyine kadar gerilemiştir.
- Gelecek 20 yılda Türkiye enerji talebinin yıllık ortalama %2,2 artacağı varsayıldığında; kömür üretim yatırımlarındaki duraklamanın neden olduğu süreç aşılamadığı ve üretimlerin bugün olduğu noktada kalması halinde yerli kömürlerin Türkiye enerji talebini karşılama oranı 10 yıl sonra %9,5'a ve 20 yıl sonra ise %7,8'e kadar gerileyecektir. Bununla birlikte, enerji talebindeki artış oranı 2000-2020 ortalaması olan %3,1 olduğunda, kömür üretiminin enerji talebini karşılama oranı 10 yıl sonra %8,7'ye ve 20 yıl sonra ise %6,4'e gerileyecektir.
- Yerli kömürlerin enerji bileşimi içinde bugün mevcut konumunu muhafaza edebilmesi, yani toplam enerji talebinin en azından %12'sini karşılayabilmesi için yılda 3 ila 5,5 milyon ton aralığında bir kömür üretim artışının gerçekleştirilmesi gerekir.

Yerli kömürün elektrik kurulu gücü ve elektrik üretimi içindeki payı hızla gerilemekte

- Türkiye'de piyasaya arz edilen kömürlerin %90'a yakın bölümü elektrik santrallerinde tüketilmektedir. Bununla birlikte, son yıllarda Türkiye'de yerli kömüre dayalı santral yatırımları belirgin bir duraklama içindedir ve yerli kömürün ülkemiz elektrik kurulu gücü ve brüt elektrik üretimi içindeki payı hızla düşmektedir. Son 10 yılda işletmeye giren yerli kömüre dayalı termik santral kurulu gücü sadece 1.750 MW seviyesindedir ve aynı dönemde işletmeye alınan toplam Türkiye elektrik kurulu gücünün yaklaşık %6'sı kadardır. Dolayısıyla, yerli kömüre dayalı termik santrallerin toplam kurulu güç içindeki payı 20 yıl önce %20 ve 10 yıl önce %13,6 seviyesindeyken bugün %10,7 düzeyine kadar gerilemiştir.
- Toplam santral kurulu gücünün son 10 yılda olduğu gibi yıllık yaklaşık %5 oranında büyüyeceği dikkate alındığında, yerli kömüre dayalı santral portföyünün geliştirilememesi durumunda söz konusu santrallerin toplam içindeki payları 10 yıl sonra %6,5 ve 20 yıl sonra ise %3'ler seviyesine gerileyecek, dolayısıyla ülkemiz enerji denklemi içinden yerli kömürden elektrik üretimi neredeyse tamamen çıkmış olacaktır.
- Yerli kömür santrallerinin ülkemiz elektrik kurulu gücü içinde en azından mevcut %10,7 olan payını koruyabilmesi ise önümüzdeki 20 yıl boyunca her yıl ortalama 900 MW yeni kapasitenin işletmeye alınabilmesi ile mümkün olabilir.

Yerli kömür üretiminden çıkılması rasyonel değil

- Yerli enerji üretiminin artırılması, Türkiye için her zamankinden daha önemlidir. Bu çerçevede, yerli kömür kaynaklarının harekete geçirilmesi Türkiye'nin enerji bağımlılığına bir ölçüde çare olabilir. Son dönemlerde bu yönde çok sayıda tedbir alınmaya çalışılmakla birlikte, tam tersine, yerli kömürlerimizin enerji ihtiyacımızı karşılamadaki payı hızla gerilemektedir. Mevcut üretim düzeyi ile devam edilmesi halinde, yerli kömürün ülkemiz enerji talebini karşılamadaki payının her yıl biraz daha geriye düşeceği açıktır.
- Türkiye kömür üretimi 2022 yılı itibarıyla 95,3 milyon ton olup, bu miktar 19,6 milyon ton petrole karşılık gelmektedir. Üretilen kömürün enerji içeriğinin uluslararası piyasalardaki ticari değeri 14,8 milyar dolar olarak hesaplanmıştır. Son 5 yılda yurtiçi kömür üretiminin

Türkiye cari dengesine net katkısı ise 50 milyar dolara yakındır. Yani, yurtiçinde yapılan kömür üretimi sayesinde Türkiye'nin ihracat faturasının son 5 yılda 50 milyar dolar daha artması önlenmiş olmaktadır. Ancak, yerli kömür üretiminin değeri bununla sınırlı değildir. Kömür sektöründe 2022 yılı itibarıyla toplam 458 işyeri bulunmakta olup, bu işyerlerinde toplam 42.985 işçi istihdam edilmektedir. Bu istihdam, aileleriyle birlikte yaklaşık 250 bin kişiye karşılık gelmektedir.

- Diğer taraftan, kömür madenciliğinin doğrudan istihdam yaratma kapasitesinin yanında, kömüre dayalı diğer bölgesel sanayileri geliştirmek suretiyle dolaylı istihdam yaratma özelliği de bulunmaktadır. Kömür işletmeleri, çevrelerinde geniş bir istihdam alanı yaratır ve yapıldıkları bölgeler için önemli bir gelir kaynağı durumundadır. Genellikle kırsal alanlarda yapılıyor olmaları bakımından, ekonomik ve toplumsal eşitsizlikleri giderici etkileri ve dışsal fayda sağlama kapasiteleri son derece yüksektir. Yapılan çalışmalar; Türkiye'de kömür üretim sektörünün talebi arttığında, tüm diğer sektörlerdeki üretim artışının da oldukça yüksek gerçekleştiğini göstermektedir. Dolayısıyla, kömür üretimi gerilediğinde diğer sektörlerde de aynı oranda yüksek bir kaybın yaşanması söz konusu olmaktadır.

Yerli kömür stratejik/kritik madenler kapsamına alınmalı, yatırımların önündeki temel zorluklar hafifletilmeli

- Yerli kömüre dayalı santral yatırımlarına öncelik verilmemesi, bir taraftan kömürün stratejik/kritik maden niteliği diğer taraftan kömürlü santrallerin artan yenilenebilir santral portföyü karşısında baz yük santrali olma avantajı nedeniyle rasyonel olmayacaktır. Diğer taraftan, yenilenebilir santral teknolojilerinin ve bu teknolojilerde kullanılan kritik minerallerin az sayıda ülkenin elinde olmasının da ülkemiz için gelecekte büyük risk oluşturması muhtemeldir. Söz konusu ülkelerin, ellerindeki teknoloji ve mineral arzını istedikleri gibi düzenleyerek fosil yakıtlardan yenilenebilir kaynaklara dönüşüm sürecini kontrol edebilme imkânlarının olduğu gözden uzak tutulmamalıdır.
- Kömür aramaları sonucunda ortaya çıkarılan yeni rezervler dikkate alındığında, önemli bir santral potansiyeli ortaya çıkmıştır. Bu potansiyelin, işletmecilik, çevre ve iş güvenliği bakımından mevcut en iyi teknolojilerin kullanılarak harekete geçirilmesi amacıyla yerli kömüre dayalı yeni yatırımların önündeki temel zorlukların kamu idaresi tarafından hafifletilmesi ve yatırımcının ihtiyaç duyduğu desteklerin sağlanması ülkemiz asgari enerji güvenliği bakımından mutlak bir gerekliliktir.

GİRİŞ

Enerji ile ekonomik gelişme arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişki, yaklaşık 1,5 milyar insanın hala elektriğe erişemediği dünyamızda, enerji tüketiminin her yıl daha da hızlanarak artmasına neden olmaktadır. Enerjinin, dünyanın ve insanlığın geleceğindeki belirleyici konumu her geçen gün daha da artmakta; ucuz, kaliteli, zamanında ve güvenilir enerjinin teminine yönelik politika ve uygulamalar gerek küresel gerek ulusal düzeyde en önemli gündem maddelerini oluşturmaktadır. Bu çerçevede, katlanılabilir maliyetlerde, çevreyle uyumlu ve yeterli miktarlarda enerjinin tedariki günümüzün olduğu gibi geleceğimizin de en yaşamsal sorun alanlarından biri olarak karşımızdadır.

Ekonomik ve toplumsal kalkınmanın en temel araçlarından olan enerji kaynaklarının gelişimleri incelendiğinde; Sanayi Devrimi ile beraber kömürün, daha sonra kömürle birlikte petrol ve doğal gazın dünya ekonomileri üzerindeki belirleyici konumları açıkça görülebilmektedir. Günümüzde, her ne kadar yeni ve yenilenebilir kaynakların enerji arzı içerisindeki paylarının artırılmasına yönelik çabalar sürdürülmekteyse de, fosil kaynakların söz konusu ağırlıklarının bugün olduğu gibi gelecekte de devam ettirecekleri anlaşılmaktadır.

Kömür, insanlık tarihinin önemli bir kesitinde ekonomik ve toplumsal kalkınmanın temel araçlarından biri olmuştur. Son iki yüz yıldır dünya ekonomileri üzerinde belirleyici bir rol oynayan kömür, günümüzde de enerji kaynakları arasındaki başat konumunu korumaktadır. Bununla beraber, kömür, özellikle 1970'li yıllardan itibaren çevreye olan olumsuz etkileri nedeniyle tartışmaların da odak noktasında olmuştur. Ancak, tüm bu tartışmalara rağmen, dünya, kömür tüketiminden vazgeçmemekte, gelecek planları içerisinde kömürü çıkaramamaktadır.

Geçtiğimiz yüzyılın sonlarında dillendirilen kömürün sonunun geldiğine ilişkin tüm öngörüler 21. yüzyıla birlikte çökmüş ve tüm dünyada kömür üretimi ve tüketiminde patlama yaşanmıştır. Yeni yüzyılın ilk 22 yılında küresel enerji tüketimi yaklaşık yüzde 52 oranında artarken, yoğun çevreci hareketlere ve tüm iklim değişikliği tartışmalarına rağmen kömür tüketimindeki artış yüzde 64 ile daha yüksek bir düzeyde gerçekleşmiştir. Aynı dönemde küresel petrol tüketimindeki artış oranı sadece yüzde 23, doğal gaz tüketimindeki artış ise -kömür tüketiminde olduğu gibi- yüzde 64 oranındadır (Energy Institute 2023).

2000-2022 döneminde küresel enerji tüketiminde kömürün payı yüzde 23'ten yüzde 27'ye yükselirken, petrolün payı yüzde 36'dan yüzde 30'a düşmüş, doğal gazın payı ise yüzde 21'den yüzde 23'e çıkmıştır. Aynı dönemde küresel elektrik üretiminde kömürün payı %39'dan sadece 3 puanlık gerilemeyle %36'ya düşerken gazın payı %18'den %22'ye, hidrolik dâhil yenilenebilir enerjinin payı ise yaklaşık %19'dan %23'e yükselmiştir (IEA 2017; IEA 2023b).

Bununla birlikte, son yıllarda küresel kömür tüketiminde belirgin bir durgunluk yaşandığı da görülmektedir. Çin'in kömür tüketiminde 2000-2013 yılları arasında görülen yüksek artışlar yerini bir duraklamaya bırakmıştır. Aynı şekilde, ABD'nin ve Avrupa Birliği'nin tüketimleri de önemli ölçülerde gerilemiştir.

Kömürün geleceği üzerine etkili olan en önemli unsurlar arasında, başta güneş ve rüzgâr olmak üzere yenilenebilir enerji teknolojileri ile enerji depolama teknolojilerindeki gelişmeler bulunmaktadır. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın çalışmasına

göre; elektrik üretim maliyetleri son 10 yıllık dönemde güneş fotovoltaiklerinde %82, yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santrallerinde %47, kara üstü rüzgâr santrallerinde %40 ve deniz üstü rüzgâr santrallerinde ise %29 oranında gerilemiş, 2019 yılında yeni eklenen yenilenebilir kurulu güç kapasitesinin yarısından fazlası yeni eklenen kömüre dayalı kapasiteye göre daha düşük elektrik üretim maliyetleri elde edebilmiştir (IRENA, 2020). Dolayısıyla, enerji depolama teknolojilerindeki gelişimle birlikte değerlendirildiğinde, tüm bu süreç, enerji yatırımcılarının yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelmelerine ve fosil yakıtlardan, özellikle de kömürden uzaklaşmalarına neden olmaktadır.

Kömürü zorlayan bir diğer önemli faktör ise küresel iklim politikalarıdır. Bu çerçevede, 2015 tarihli Paris İklim Anlaşması, neredeyse tüm ülkelerin iddialı emisyon azaltım hedefleri koyduğu tarihi bir dönüm noktası olmuştur. O tarihten itibaren, fosil yakıtların, özellikle de kömürün önündeki bariyerler daha da yükselmiş, kömüre dayalı enerji yatırımlarının finansmanı ve dolayısıyla yapılabilirlikleri çok daha güçleşmiştir. Bu çerçevede, kömür sektörü bakımından bir diğer tehlike de karbon fiyatlama mekanizmalarıdır. Karbon emisyonlarını azaltabilmek amacıyla birçok ülke karbon emisyonlarını fiyatlandırma yoluna gitmektedir. Dünyada uygulanmakta olan karbon fiyatlandırma mekanizmalarının sayısı son on yılda iki kattan fazla artış göstermiş olup, bu mekanizmaların küresel düzeyde yaygınlaşması halinde kömürün finansmanı bakımından ciddi bir zorluk daha ortaya çıkmış olacaktır (Tamzok 2021).

Her ne kadar iklim değişikliği tartışmalarının odak noktasında yer alan kömürün çevreye olan etkileri son yıllarda önemli ölçülerde azaltılabılmış; partikül madde, kükürtdioksit, azot oksitler ve cıva gibi ağır metaller konusunda teknoloji ve inovasyon etkili çözümler sunabilmişse de yanma sonucunda ortaya çıkan ve küresel ısınmaya neden olan karbondioksit emisyonları çözülmesi gereken en önemli sorun olarak hâlâ endüstrinin önünde durmaktadır. Dolayısıyla, kömürün geleceği, pek çok parametrenin yanında temiz kömür teknolojilerinin gelişiminden de ciddi şekilde etkilenecek, rakip enerji kaynakları arasındaki yarışta sıralamayı belirleyecek en temel unsurlar arasında teknoloji de yer alacaktır.

Türkiye'ye gelince; ülkemiz sahip olduğu kömür kaynaklarından yararlanma noktasında son yıllarda sorunlar yaşamaktadır. Mevcut kömür sahaları yatırıma dönüştürülemedikçe, bu sahalar üzerinde yaratıcı ve sürdürülebilir mühendislik projeleri geliştirilememektedir. İthal kömür santralleri karşısındaki maliyet avantajları ile elektrik fiyatlarını dengelemeleri beklenen yerli kömür santralleri, teşvikler ve alım garantilerine rağmen -özellikle yüksek finansman maliyetleri nedeniyle- beklentileri karşılayamamaktadır.

Dolayısıyla, yerli kömürlerin Türkiye enerji sektöründeki rolü son yıllarda giderek zayıflamaktadır. Birincil enerji tüketimindeki payı 2000 yılında yaklaşık %16 iken 2020 yılında %10'lar seviyesine kadar gerilemiş, 2022 yılında %12 civarında gerçekleşmiştir. Yerli kömürün elektrik üretimindeki payı da son yıllarda azalmıştır. Son 10 yılda Türkiye'nin elektrik kurulu gücü yaklaşık 43.000 megavat artarken, bunun yalnızca %7,5'u yerli kömüre dayalı santral yatırımlarından gelmiştir. Sonuçta, yerli kömür santrallerinin toplam kurulu güç içindeki payı 2000 yılında dörtte bir oranındayken bugün bu rakam onda bir seviyesine kadar gerilemiştir.

Bundan sonra kömüre dayalı yatırımların gerçekleştirilmesi çok daha zor olacaktır. Yurtiçi sermaye, yerli kömür projelerine -içerdiği riskler nedeniyle- uzak durmaktadır. Yabancı yatırımcı ise bu alana neredeyse hiç girmemektedir. Diğer taraftan, küresel ısınma olgusuna karşı tüm dünyada alınmakta olan önlemler kömür yatırımlarını iyice zorlaştırmış, Paris İklim Anlaşması sonrası kömürün önündeki engeller daha da yükselmiş, pek çok finans kuruluşu kömür madenciliği ve kömürlü santrallerin finansmanından vazgeçmiştir. Dolayısıyla, kömür projelerinin kredi maliyetleri çok daha yüksek seviyelere gelmiş durumdadır. Nitekim Türkiye, yerli kömüre dayalı santral yatırımlarına finansman bulabilme noktasında uzun zamandır zorlanmaktadır.

Özellikle Avrupa ve ABD'den doğru yaygınlaşması beklenen karbon fiyatlama mekanizmaları ya da sınırda karbon vergisi gibi uygulamaların, ticaretinin önemli bir kısmını bu ülkelerle yapan Türkiye'yi etkilemesi ve sermayenin kömür yatırımlarından daha da uzaklaşması muhtemeldir. Kömür kaynaklarının çok büyük kısmı düşük kaliteli linyitlerden oluşan, üstelik giderek daha derinlerde ve daha zor koşullarda üretim yapmakta olan Türkiye'nin, mevcut kömür üretim maliyetlerinin üstüne bir de söz konusu vergilere katlanabilmesi oldukça zor görünmektedir.

Ancak, Türkiye'nin ciddi bir enerji güvenliği sorunu bulunmaktadır ve ithal kaynaklara bağımlılığı özellikle cari açık üzerine baskı yapmaya devam etmektedir. Bu nedenle, Türkiye'nin, yerli kömür rezervlerini doğru bir planlamayla değerlendirmesinde yarar bulunmaktadır. Türkiye, yerli kömürlerini, bir taraftan enerji güvenliğini tahkim etme amacıyla diğer taraftan artan yenilenebilir santral kapasitesini tamamlayacak baz yükü oluşturacak şekilde kullanabilmelidir.

Bu raporda, kömür sektörünün mevcut durumu ortaya konulmakta ve yerli kömürlerin yeni hedefler doğrultusunda değerlendirilme olanakları araştırılmaktadır. Bu amaçla, öncelikle dünyada kömür endüstrisinin görünümü ele alınmakta; küresel üretim, tüketim ve ticaretteki gelişmeler incelenmekte, küresel kömür endüstrisinde belirleyici olan ülkelerin kömür politikaları özetlenmektedir.

Raporun ikinci kısmında, Türkiye kömür sektörüne ilişkin istatistiksel bir bakış sunulmakta, ayrıntılı üretim, tüketim ve ithalat bilgileri verilmektedir. Ayrıca, Türkiye'de elektrik üretiminde kömürün rolüne odaklanılmakta ve hem devam eden hem de planlanan kömür yakıtlı elektrik santrali yatırımlarına ilişkin bir görünüm sunulmaktadır. Bu çerçevede, Türkiye'nin kömür kaynakları ve rezervleri hakkında bilgi verilmekte, elektrik üretimi amaçlı kaynak potansiyelinin üzerinde durulmaktadır.

Raporun sonraki bölümlerinde; Türkiye'nin genel ekonomisinde ve enerji talebinin karşılanmasında kömürün rolü değerlendirilmekte, dünyada ve Türkiye'de temiz kömür teknolojilerine ilişkin gelişmeler hakkında bilgiler verilmektedir. Son olarak, Türkiye kömür sektörünün önündeki riskler ortaya konulmakta, küresel kömür endüstrisindeki gelişmeler ile bunların Türkiye kömür sektörü üzerindeki etkileri değerlendirilmekte ve geleceğe ilişkin çıkarımlarda bulunmaktadır.



01 | KÖMÜRÜN KISA TARİHİ

Kömürün yanıcı özelliği, en az üç bin yıldır bilinmektedir. Milattan önce 1000 civarlarında Çinliler tarafından madeni para yapma amacıyla bakır ergitmede kullanılmış olduğuna ilişkin tarihsel veriler bulunmaktadır.

Kömür kullanımına dair en eski yazılı kayıtlardan biri, milattan önce 4. yüzyılda yaşayan Yunanlı filozof Aristoteles'e aittir. Aristoteles, yazılarında, kömürden siyah renkli bir kayaç olarak bahseder (World Coal Institute 2005). Kömürle ilgili bilgilere, Aristoteles'in öğrencisi Theophrastus tarafından MÖ 375 civarında taşlar üzerine kazınan metinlerde de rastlanmıştır (Brittanica 2024). Bu metinlerde, kömürden, "bu maddeler toprak gibi olmalarına rağmen odun gibi tutuşturularak yakılmaktadır" şeklinde bahsedilmektedir.

İngiltere'deki eski Roma harabelerinde bulunan kömür cürufları, Romalıların milattan sonra 400 yıllarından önce kömür enerjisinden yararlandıklarına işaret eden kanıtlardır. Milattan sonraki ilk birkaç yüzyılda kömürün Çin'de endüstride ve ısınmada kullanıldığına dair veriler oldukça yaygındır.

Orta Çağ'dan kalma kayıtlar ise Avrupa'daki ilk kömür madenciliğinin İngiltere kıyılarında mostra vermiş kömür damarlarından yapıldığını, toplanan kömürlerin deniz yoluyla Belçika'ya taşındığını göstermektedir (World Coal Institute 2005). Modern madencilik teknikleri; Almanya'da X. yüzyıldan, Fransa'da XI. yüzyıldan, İngiltere'de XII. yüzyıldan itibaren uygulanmaya başlanmıştır. Almanya'nın Duisburg kentinde bulunan 1129 tarihli kayıtlara göre, ilk modern kömür madenleri Silezya bölgesinde açılmış ve gelişmesini XIII. yüzyıla kadar sürdürmüştür. Çin'deki kömür üretim ve tüketim teknolojilerinin XIII. yüzyılda oldukça gelişmiş duruma geldiğine ilişkin bilgiler ise Marco Polo'nun gezi notlarında belirtilir (Brittanica 2024).

İngiltere'de XVI. yüzyılın ikinci yarısında, o dönemin temel enerjisi olan odun kaynaklarının tükeneneğine dair kaygıların artmasıyla birlikte ormanların korunması için kanunlar çıkarılmış; bu gelişmeler İngiliz kömür endüstrisinin atılımında önemli bir katalizör görevi görmüştür. XVII. yüzyıldan itibaren, sadece İngiltere'de değil kıta Avrupası'nda da ciddi boyutlara ulaşan odun kıtlığı ve enerjideki yüksek talep artışı nedeniyle, kömür, özellikle hanelerde ısınma amaçlı kullanılan odunun yerini almıştır.

Dolayısıyla, tarihsel bir ironi olarak, kömürün yaygın kullanımından ilk yarar sağlayan çevre olmuştur. Binlerce yıl boyunca ısınmada odun, saman ve tezek, aydınlatmada balina yağı, ulaşımda hayvan ya da rüzgâr, tarlada veya atölyede ise köle, hayvan, su ve rüzgâr gücüne başvurulurken, kömürün kullanımıyla beraber, bir taraftan kölelik yasalarının kaldırılmasının yolu büyük ölçüde açılmış, diğer taraftan balina nesli ve özellikle de büyük yerleşim yerlerinin çevresindeki ormanlar kurtulmuştur (Tamzok 2012).

18. ve 19. Yüzyıl Sanayi Devrimi, dünya tarihinde kömür talebinin sıçrama yaptığı dönem olarak ortaya çıkmıştır. 1700'lerin sonlarına doğru James Watt tarafından icat edilen ve kömürle çalışan buhar motoru, söz konusu talep sıçramasının arkasındaki en önemli dinamiklerden biri olmuştur. Bundan sonraki süreçte kömür; ulaştırma ve demir-çelik başta olmak üzere çok sayıda endüstrinin vazgeçilmez girdisi haline gelmiş, giderek ısınmada çok daha yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Pek çok tarihçi tarafından Sanayi Devrimi'nin merkezine yerleştirilen kömür, özellikle on dokuzuncu yüzyılın başlarından itibaren dünya ekonomisi üzerinde belirleyici bir rol oynamış ve günümüzün gelişmiş ülkelerinin yükselişleri, petrolün devreye girişine kadar büyük ölçüde kömüre bağımlı olmuştur (Tamzok 2012).

Başlangıçta ihtiyaç duyulduğu yere taşınan ve doğrudan orada yakılmak suretiyle kullanılan kömürün çevre kirliliği ve taşıma kaynaklı sorunlara neden olması, daha az kirlitici ve daha uygun maliyetlerle taşınabilen bir diğer enerji biçimine dönüştürülerek nakledilmesine yönelik araştırmaların tetiklenmesine yol açmıştır. Bu amaçla ilk geliştirilen teknolojiler kömürün gaza dönüştürülmesine imkân sağlamış ve kömürden elde edilen gaz boru hatlarıyla şehirlere nakledilmiştir. Böylelikle, on dokuzuncu yüzyıl Avrupa'sının pek çok kenti, ısınma ve aydınlanmasını doğrudan kömür ya da kömürden elde edilen gaz ile sağlamıştır.

Kömürden elde edilen bir başka enerji formu olan elektrik enerjisi, on dokuzuncu yüzyılın sonlarından itibaren sahne almıştır. Kömürün yakılmasıyla elde edilen söz konusu yeni enerji formu, kömürle karşılaştırıldığında hem çok daha çevrecidir hem de daha kolay ve düşük maliyetlerle taşınabilme özelliğine sahiptir. Thomas Edison'un New York'ta kurduğu dünyanın kömüre dayalı ilk elektrik üretim santrali 1882 yılında bu kente elektriği getirmiş, bundan böyle elektrik, kömürden elde edilen enerjinin en uygun taşıma yöntemi olarak yaşantımıza girmiştir.

Tüm bu gelişmelerin sonucunda, dünya birincil enerji tüketimi içindeki payı 1850'de %80'lerin üzerinde olan biyomas tüketimi, kömür kullanımının yaygınlaşmasına koşut olarak hızla düşerek 1970'lerden sonra %10'lar düzeyine kadar gerilemiştir. Buna karşın, kömür tüketimi de aynı oranda artmış ve daha yirminci yüzyılın başlarında %60'lara kadar yükselmiştir (Laherrère 2005).

Bu dönemde kömür; başta İngiltere, Almanya ve ABD olmak üzere, Batı ülkelerinin endüstrileşmelerinde en etkili unsurlardan biri olmuştur. Söz konusu dönemde, Sanayi Devrimi süreci ile kömür üretimi arasında karşılıklı etkileşim söz konusudur. Kömür, Sanayi Devrimi'nin enerjisini sağlamıştır. Ama aynı zamanda, Sanayi Devrimi sırasında ortaya çıkan yeni teknolojik keşifler de kömür madenciliğinin daha derinlerde, daha hızlı ve daha kolay yapılmasına neden olmuş, kömürün farklı kullanım alanları için işlenebilmesine imkân vermiş, demiryolu ve deniz ulaşımındaki gelişmeler kömür ticaretinin hızla artmasını sağlamıştır (Tamzok 2012).

Petrolün on dokuzuncu yüzyılın ikinci yarısındaki keşfi, başlangıçta kömürün krallığını fazlaca sarsmamıştır. Ancak, 1920'li yıllarda Texas ve Orta Doğu'da yeni petrol yataklarının bulunması ve özellikle ulaştırma sektöründe petrol kullanımının hızla artış göstermesi gibi gelişmeler, kömürün tahtını sallayacak sürecin ilk işaretleri olmuşlardır. 1960'lı yılların ortalarından itibaren kömürün dünya birincil enerji tüketimindeki payı petrolden sonra ikinci sıraya düşmüştür. Aynı süreçte doğal gaz tüketiminin de hızla artması sonucu kömürün toplam tüketim içindeki payı 1970'li yıllarda %25'ler civarına kadar gerilemiştir.

1970'li yıllar, o dönemde elektrik santrallerinin temel girdisi olan petroldeki fiyat artışlarının neden olduğu petrol krizleri dönemidir. Söz konusu krizler, özellikle elektrik üretiminde olmak üzere petrol kullanımının sınırlandırılmasına ve petrolün kömürle ikame edilmesi girişimlerinin hız kazanmasına yol açmıştır. Bu gelişmeler, kömür tüketim payındaki ciddi gerilemeyi 1970'li yılların ortalarından itibaren frenlemiş ve sonraki dönemlerde kömürün küresel enerji tüketimi içindeki payı yaklaşık %25 civarında sabit kalmıştır.

Bu dönemde küresel kömür talebini sınırlayan etkenler arasında ikisi önemlidir: Bunlardan ilki; toplumların çevresel konulara ilişkin artan duyarlılığıdır. Bu çerçevede, özellikle kömür tüketiminin kısıtlanmasını hedefleyen propaganda etkili olmuştur. Diğer ise, doğal gaz tüketimindeki hızlı artıştır. Petrol krizleri nedeniyle ağırlık verilen petrol aramaları sırasında geniş doğal gaz rezervlerinin bulunması ve bu gelişmeye koşut olarak birleşik gaz çevrim türbin (CCGT) teknolojisinin gelişimi ile sektördeki minimum üretim ölçeğinin düşmesi, doğal gaz çevrim santrallerinin giderek daha fazla tercih edilmesi sonucunu doğurmuştur.

Geçtiğimiz yüzyılın sonuna gelindiğinde, kömürün payı yüzde 22'ye kadar gerilemiştir. O yıllardan bakıldığında, gelecekteki küresel enerji denklemi içerisinde kömürün payının giderek artacağını öngörebilmek kolay değildir. Yapılan tahminler, kömürde sürekli bir gerilemeyi işaret etmektedir. Bununla beraber, sonraki gelişmeler bu beklentinin tam tersi yönde olmuştur: Küresel kömür tüketiminin gerileme dönemine girdiğine dair tüm öngörüler, yirmi birinci yüzyıla birlikte çökmüş, kömür üretim ve tüketiminde patlama yaşanmıştır. 1980'li yıllardan beri 4,0-4,8 milyar ton arasında seyreden ve geçtiğimiz yüzyılın sonunda yaklaşık 4,7 milyar ton olan yıllık küresel kömür üretimi 2000 yılından itibaren on dört yıl boyunca kesintisiz her yıl artmıştır. 2003 yılında 5 milyar tonu, iki yıl sonra 6 milyar tonu aşmış, 2013 yılında 8 milyar ton düzeyine kadar yükselmiştir. Daha sonra artış hızı azalan kömür üretimi bugün 9 milyar ton seviyelerini zorlamaktadır.

Neticede, kömürün yaklaşık 3.000 yıllık geçmişi incelendiğinde, farklı dönemlerde çeşitli iniş çıkışların olduğu görülmektedir. Fakat her şeye rağmen, kömür, en azından son 250 yıllık süreçte önemli bir enerji kaynağı olarak ülkelerin enerji sistemlerinde rol almayı başarmıştır.

02 | KÖMÜRÜN TANIMI, OLUŞUMU ve SINIFLANDIRILMASI

2.1. Kömürün tanımı ve oluşumu

Fosil yakıtlar içerisinde tanımlanan kömür; bitki kalıntıları ile inorganik minerallerin sıkışması ve katılaşması neticesinde oluşan ve mikroskobik organik bileşenlerden meydana gelen yanıcı, sedimanter ve organik bir kayadır. Temel olarak karbon (%50-98), hidrojen (%3-13) ve oksijenden oluşmuş olup, içeriğinde daha az miktarlarda nitrojen, kükürt ve diğer elementler bulunmaktadır. Ayrıca, az miktarda su ve yanma sonucunda kül haline gelen inorganik maddeleri de içerir.

Kömür, bataklık ve turbalık alanlarda biriken bitkisel tabakaların dönüşüme uğramış kalıntısıdır. Söz konusu tabakalar, üzerlerinde çeşitli çökeltilerin birikmesi ve yer hareketleri sonucunda derinliklere gömülmüşler ve diğer kaya tabakalarının arasında milyonlarca yıl ısı, basınç ve mikrobiyolojik etkilere maruz kalma sonucunda, fiziksel ve kimyasal değişikliklere uğrayarak -diğer sedimanter kayalar arasında damarlar şeklinde yer alan- kömürlere dönüşmüşlerdir. Tanımlanan bu süreç "kömürleşme" olarak adlandırılmaktadır. Kömür oluşumu, 360 milyon yıl ile 290 milyon yıl öncesine yayılan ve kömür çağı olarak bilinen Karbonifer Dönemi'nde başlamıştır.

Bugün kömürden elde ettiğimiz enerji, bitkilerin milyonlarca yıl önce fotosentez yoluyla depoladıkları güneş enerjisidir. Bitkilerin ölümünden sonra söz konusu enerji genellikle çürüme sırasında açığa çıkmaktadır. Ancak, kömür oluşumuna uygun koşullar ortaya çıktığında, çürüme süreci kesintiye uğramakta ve depolanan güneş enerjisinin açığa çıkması engellenmektedir. Söz konusu enerji, oluşan kömürün içinde hapsolmuştur.

2.2. Kömürün sınıflandırılması

Genel olarak, bir kömür yatağının kalitesi; kömürü oluşturan bitki örtüsünün tipine, bulunduğu derinliğe, bu derinlikte maruz kaldığı basınç ve sıcaklığa ve kömürün oluşum süresine bağlı olarak farklılık gösterir. Kömürleşme derecesi, kömürü oluşturan bitkilerin karbon elementine dönüşüm derecesi tarafından belirlenir. Bu bakımdan kömürler, en az karbon içeren kömürlerden en fazla karbon içeren kömürlere doğru sıralanırlar.

Kömürleşme sürecinde ilk ortaya çıkan turba, organik olgunluğu en düşük olan kömür sınıfıdır. Süreç ilerlediğinde turba, linyit ya da kahverengi kömür şeklinde isimlendirilen bir kömür çeşidine dönüşür. Sıcaklık ve basıncın milyonlarca yıl devam eden etkisi, önce linyitin organik olgunluğu daha yüksek olan alt bitümlü kömürlere ve daha sonra da alt bitümlü kömürlerin bitümlü ya da taşkömürü olarak isimlendirilen kömürlere dönüşümüne neden olur. Kömürleşme süreci, uygun koşullar ortaya çıktığında, organik olgunluğun en yüksek düzeyde olduğu antrasit oluşumuyla son bulur.

Linyit ve alt bitümlü kömürler gibi daha düşük dereceli (rank) kömürler tipik olarak daha yumuşak, ufalanabilir ve mat toprak görünümüne sahip maddelerdir. Yüksek nem seviyeleri ve düşük karbon içerikleri dolayısıyla düşük enerji içeriği ile karakterize edilirler (World Coal Institute 2005). Genellikle daha sert ve dayanıklı olan yüksek dereceli kömürler siyah, camsı bir parlaklığa sahiptirler. Daha düşük nem içerikleri vardır ve daha fazla karbon içerirler; dolayısıyla daha fazla enerji üretirler.

Kömürler; nem, kül, uçucu madde, sabit karbon, kükürt ve mineral madde içerikleri; jeolojik, petrografik, fiziksel, kimyasal ve termik özellikleri bakımından çeşitlilik gösterirler. Bu durum birçok ülkede kömürlerin birbirine benzer özellikler ve yakın değerler temelinde

sınıflandırılmasını zorunlu kılmıştır. Kömür yataklarının sınıflandırılmasında ayırt edici özellikler olarak kömürün enerji içeriği (ısı değeri) ve vitrinit yansıtma oranı gibi fiziksel niteliklerinin yanı sıra, nem içeriği (yatak nemi) veya uçucu madde oranı gibi kimyasal içeriklerinden de yararlanır.

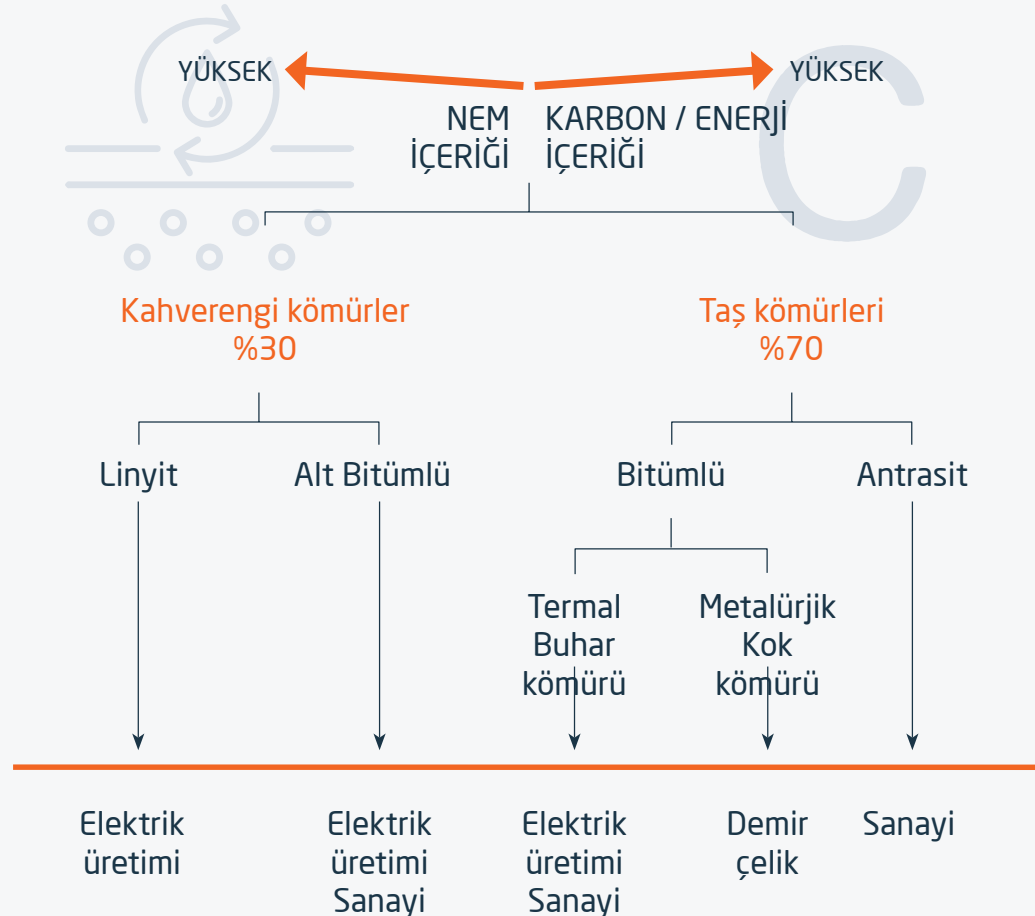
Avrupa Ekonomik Komisyonu (UN-ECE) tarafından yapılan kömür sınıflandırması iki geniş kömür kategorisini tanımlamaktadır (Şekil 1) (UN-ECE 1998):

i) Taşkömürü: Külsüz, nemli bazda üst ısıl değeri 5.732 kcal/kg'dan (24 GJ/t) az olmayan ve ortalama vitrinit değeri en az %0,6 olan kömürler ve ii) Kahverengi kömür: Üst ısıl değeri 5.732 kcal/kg'dan (24 GJ/t) az olan ve ortalama vitrinit değeri %0,6'dan yüksek olmayan kömürler.

Komisyonun tanımlamalarını esas alan Uluslararası Enerji Ajansı (UEA) ise UN-ECE gibi taşkömürünü antrasit ve bitümlü kömürlerin, kahverengi kömürü ise alt bitümlü kömür ve linyitin toplamı olarak ele almaktadır (IEA 2019). Ajansın, alt bitümlü kömür ve linyit tanımlamaları aşağıdaki gibidir:

i) Alt bitümlü kömür: Külsüz, nemli bazda üst ısıl değeri 4.777 kcal/kg (20 GJ/t) ile 5.732 kcal/kg (24 GJ/t) arasında olan topaklaşmayan kömürler ve ii) Linyit: Külsüz ve nemli bazda üst ısıl değeri 4.777 kcal/kg'dan (20 GJ/t) az olan topaklaşmayan kömürler.

Almanya Federal Yerbilimleri ve Doğal Kaynaklar Enstitüsü'nün (BGR) sınıflandırmasında ise 16.500 kJ/kg'dan (3.940 kcal/kg) daha az ısıl değere sahip kömürler linyit olarak adlandırılırken, 16.500 kJ/kg'dan daha yüksek ısıl değere sahip kömürler taşkömürü olarak değerlendirilmektedir (BGR 2020).



Şekil 1 Kömürün sınıflandırılması

03 | KÖMÜRÜN KULLANIM ALANLARI

Günümüzde, küresel enerji ihtiyacının %23,5'i kömürden karşılanmaktadır. Kömürün pek çok kullanım alanı bulunmaktadır. Bunlar arasında; elektrik üretimi, çelik üretimi ve başta çimento sektörü olmak üzere endüstriyel alanlar öne çıkmaktadır.

Elektrik üretimi

Kömür, dünya elektrik üretiminde en fazla kullanılan enerji kaynağı konumundadır. Küresel elektrik üretiminin yaklaşık %35'i kömürden elde edilmektedir. Tahminler, en az 2040 yılına kadar kömürün küresel elektriğin en az %20'sini karşılamaya devam edeceğini göstermektedir.

Sanayi sektörleri

Kömürün sanayideki kullanımı göz ardı edilemeyecek boyutlardadır. Küresel çelik üretiminin %70'i, çimento üretiminin %90'ı ve alüminyum üretiminin %60'a yakını enerji kaynağı olarak kömürü kullanmaktadır (Futurecoal 2024).

Kömür, yenilenebilir enerji kaynaklarının altyapısına da katkı sağlamaktadır. Örneğin rüzgâr türbinlerinde kullanılan çeliğin üretiminde koklaşabilir taş kömürü kullanılmaktadır. Benzer şekilde, güneş panellerinin üretimi ya da pil depolama teknolojileri genellikle kömürle çalışan yüksek sıcaklıktaki işlemleri gerektirmektedir. Dolayısıyla, yenilenebilir enerji teknolojileri çevresel sorunların çözümünün bir parçası olsa da, bunların üretimi ve işletilmesi hâlâ kömür gibi geleneksel enerji kaynaklarını kullanmaktadır.

Kömürün tarımda kullanımı

Kömürden gazlaştırma yoluyla üretilen amonyak, bitkilerin gelişiminde nitrojen kaynağı görevi görmektedir. Son 50 yılda amonyaklı gübre üretimi 176 milyon tona kadar yükselmiştir. Kömür, ayrıca, toprağı desteklemede humat kaynağı olarak da kullanılabilir. Bu alan, özellikle düşük dereceli kömürler için alternatif bir kullanım alanı sunar. Bu uygulamalar, bir yandan azotlu gübrelere olan bağımlılığı azaltmakta diğer yandan gıda üretimine önemli bir destek sağlamaktadır. Hüyük ürünlere olan talebin yıllık %10 arttığı Asya'da ve ABD'nin Kuzey Dakota gibi bölgelerinde linyit rezervlerinden hüyük ürünler elde edilmesine yönelik uygulamalar giderek yaygınlaşmaktadır.

Hidrojen üretimi

Yapılan araştırmalarda, 2050 yılına kadar dünya enerji talebinin %15'e yakınına karşılaması beklenen hidrojeni kömürden üretmenin maliyetinin, su elektrolizi yoluyla üretmeye göre üç kat daha ucuz olduğu ortaya konulmuştur. Dolayısıyla, bu konudaki çalışmaların ilerlemesiyle kömürden hidrojen üretiminin giderek yaygınlaşacağı söylenebilir. Nitekim dünyanın en büyük kömürden hidrojene dönüştürme projesi Çin'in Shaanxi merkezindeki Yulin'de yakın zamanda işletmeye alınmıştır. Tesisin yıllık 350.000 ton hidrojen üretim kapasitesi bulunmakta ve karbondioksit emisyonlarını yılda yaklaşık 220.000 ton azaltması beklenmektedir.

Kömürden kritik minerallerin kazanılması

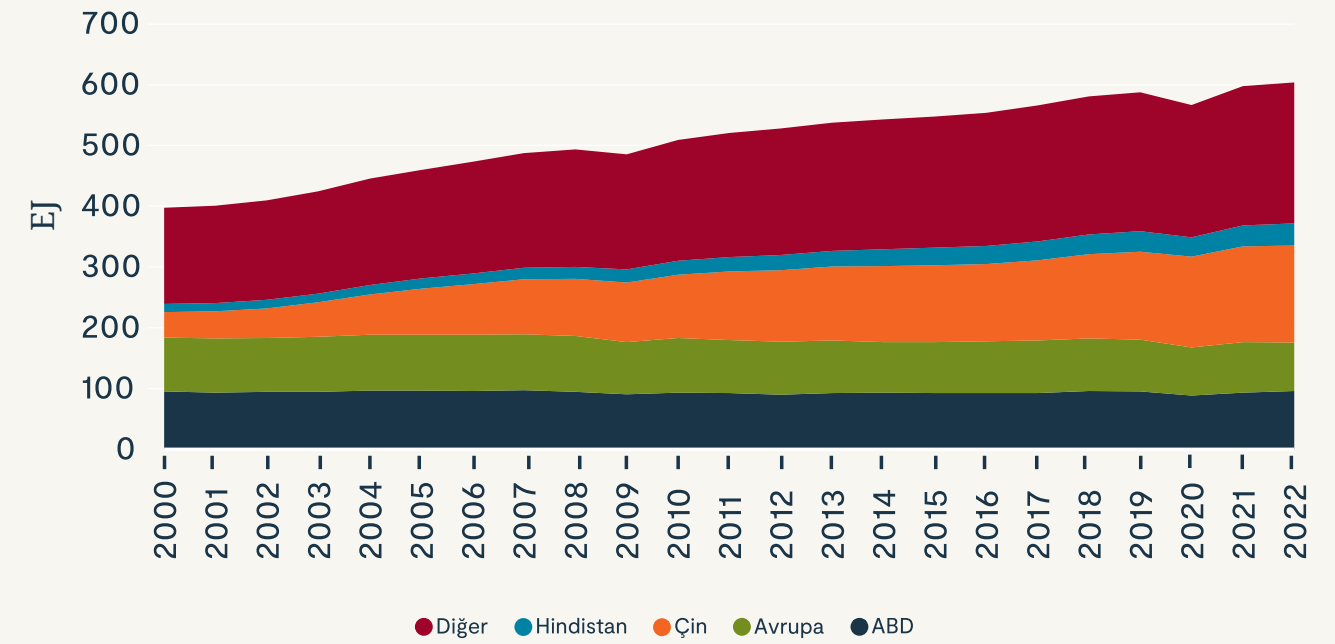
Kömür ve kömür atıkları, modern yaşam için vazgeçilmez olan kritik mineraller bakımından oldukça zengindir. Kritik mineraller; yenilenebilir enerji, elektrikli araçlar, havacılık, savunma ve sağlık hizmetleri gibi birçok modern teknolojinin geliştirilmesi ve işletilmesi için hayati öneme sahiptir. Ayrıca, kömür külü ya da kömür atıkları; alüminyum, kobalt, bakır, demir, kurşun, gümüş, nikel ve çinko dâhil olmak üzere çok sayıda temel metali içerir. Pek çok ülkede, kömürden nadir toprak elementleri ve kritik minerallerin elde edilmesine yönelik çok sayıda araştırma yürütülmektedir.



04 | DÜNYADA SEKTÖRÜN GÖRÜNÜMÜ

4.1. Birincil enerji tüketimi ve kömürün payı

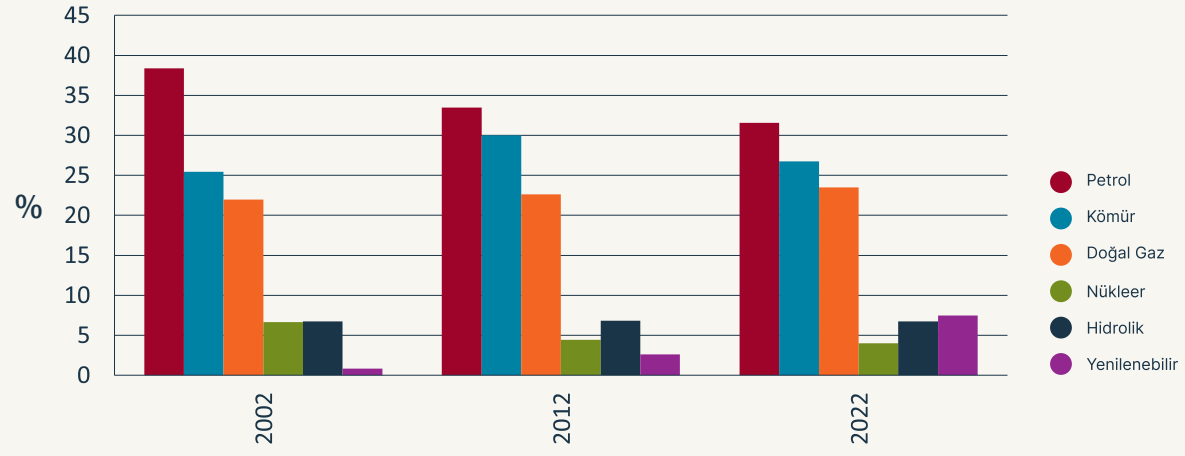
Dünya birincil enerji tüketimi, son 20 yılda %47 oranında artarak 2022 yılı itibarıyla 604 EJ (exajoule) düzeyine ulaşmıştır (Energy Institute 2023). Söz konusu dönemdeki tüketim artışının yaklaşık beşte dördü Asya Pasifik Bölgesi'nden kaynaklanmaktadır. Son 20 yılda, enerji tüketimi Çin'de 3,2 kat ve Hindistan'da 2,6 kat artarken bölgenin tamamında 2,3 kat artmıştır. Buna karşılık, aynı dönemde Avrupa Birliği'nde tüketim %10'a yakın gerilemiş, ABD'de ise yerinde saymıştır (Şekil 2). Enerji tüketimi son 20 yılın ilk 10 yıllık diliminde %30'a yakın artarken ikinci 10 yıllık diliminde artış hızı duraklamış ve sadece %14 seviyesinde gerçekleşmiştir.



Şekil 2 Dünya birincil enerji tüketimindeki gelişim

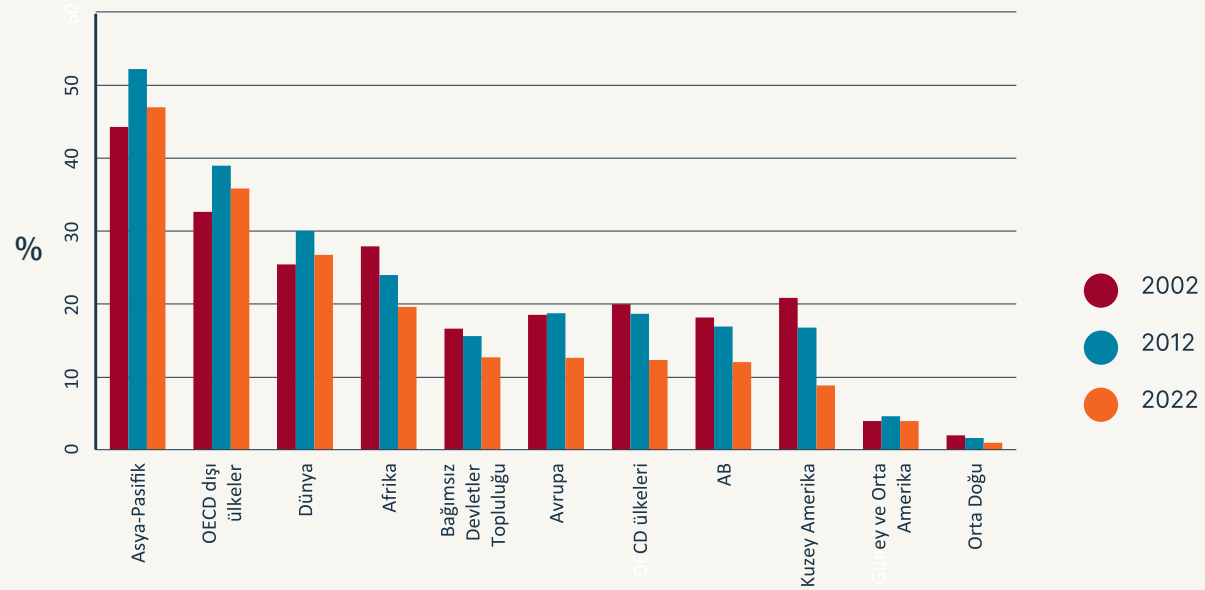
Son 20 yılda; dünya ticari enerji talebinin %33,8'i petrol, %28,4'ü kömür, %22,8'i gaz, %4,8'i nükleer ve %10,2'si hidrolik dâhil yenilenebilir enerji kaynakları tarafından karşılanmıştır (Şekil 3) (Energy Institute 2023). 20 yıllık sürecin ilk 10 yılı ile ikinci 10 yılı arasında kömürün payı bakımından önemli bir fark bulunmamaktadır. Kömürün payı dönem boyunca %25,5 ile %30 arasındaki dar bir aralıkta seyretmiştir. Bununla birlikte, sürecin ikinci diliminde küresel enerji tüketimindeki duraklama kömür talebinin miktar olarak daha yavaş artmasına neden olmuştur.

Son 20 yılda küresel enerji tüketimi içinde kömürün payındaki gelişim bölgelere göre farklılık göstermiştir. En büyük gerileme Kuzey Amerika'dadır. Bu bölgede kömürün payı 12 puan birden düşerek %8,8'e gerilemiştir. Aynı dönemde



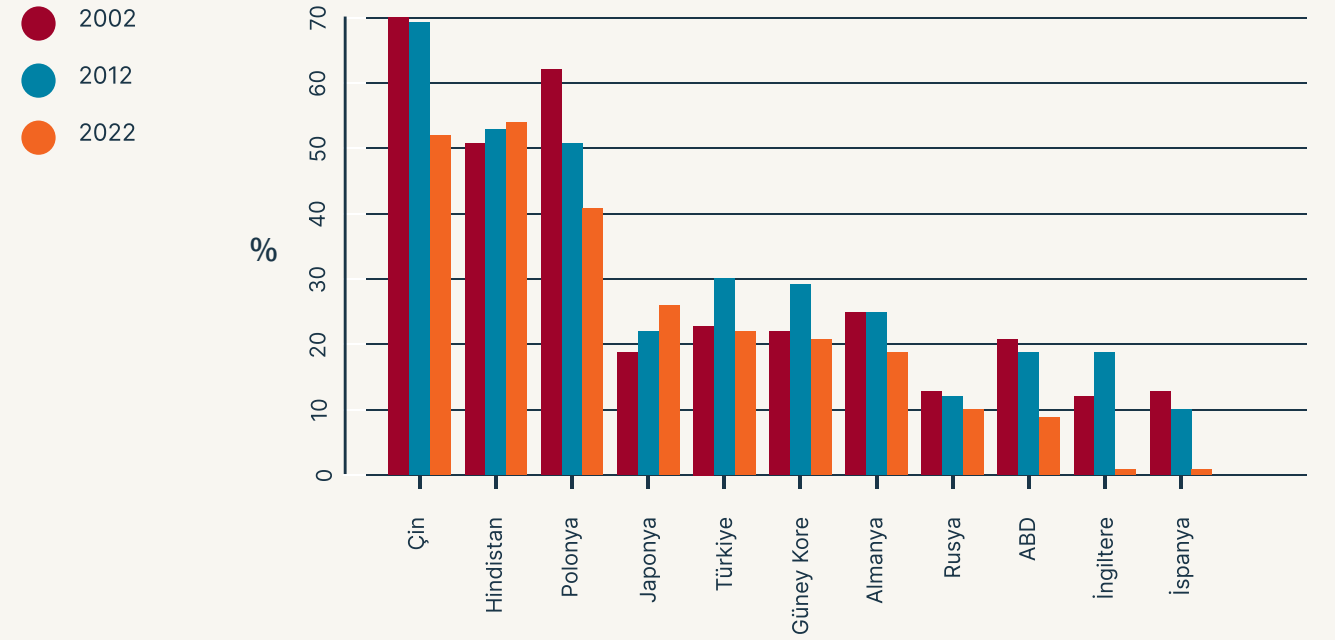
Şekil 3 Kaynaklara göre dünya birincil enerji arzındaki değişim

Avrupa'nın tamamında 6 puan düşmüş ve 2022 yılında %12,6 olmuştur. Asya Pasifik Bölgesi'nde ise yaklaşık 3 puanlık bir artış söz konusudur. Bu bölgede kömürün toplam tüketim içindeki payı 2002 yılında %44,3 seviyesindeyken 2012 yılında %52,2'ye kadar yükselmiş ve sonrasında 2022 yılı itibarıyla %47'ye gerilemiştir (Şekil 4).



Şekil 4 Bölgelere göre kömürün birincil enerji tüketimi içindeki payı

Son 10 yılda kömürün payındaki görece gerileme büyük ölçüde Çin'den kaynaklanmıştır. Bu ülkenin enerji tüketimi içinde kömürün payı 2012 yılında %68,7 seviyesindeyken 2022 yılında oran %55,5'e kadar düşmüştür. Son 10 yılda kömürün payındaki gerileme; İngiltere'de 16 puan, Polonya'da 11 puan, ABD'de 9 puan, Güney Kore'de 6,5 puan ve Almanya'da 6 puandır. Buna karşın, aynı dönemde kömürün payı Hindistan'da değişmezken Japonya'da yaklaşık 3 puan artmıştır (Şekil 5).

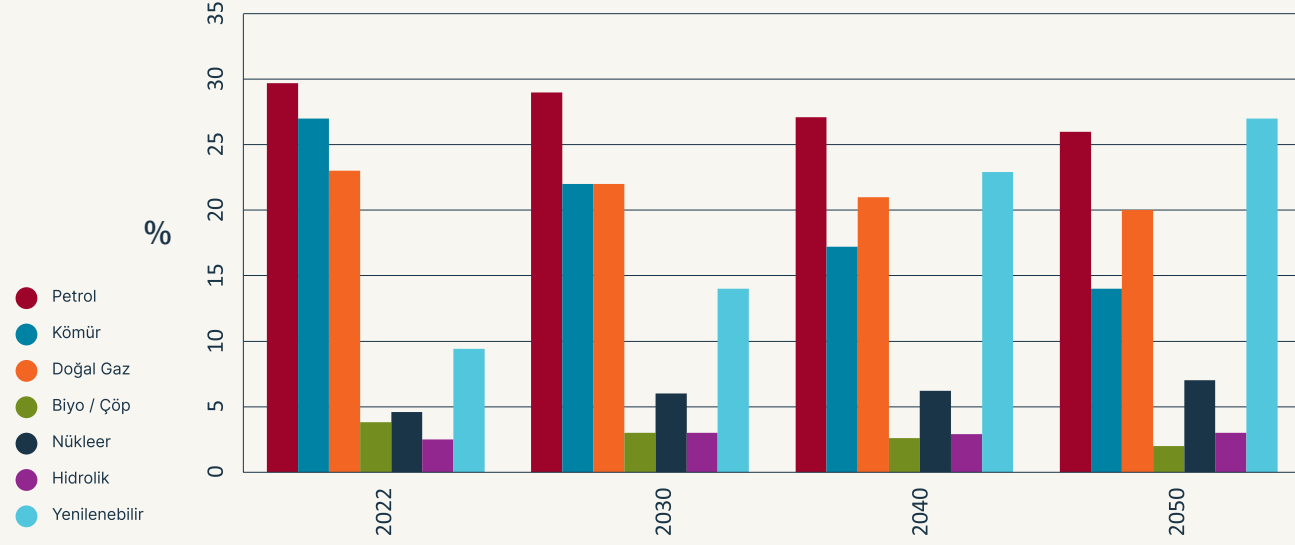


Şekil 5 Ünelere göre kömürün birincil enerji tüketimi içindeki payı

Neticede, fosil kaynak payının %80 düzeyinde neredeyse sabit kaldığı ve enerji tüketiminden kaynaklanan küresel CO₂ emisyonlarının 23.700 milyon ton seviyesinden yaklaşık %45 artışla 34.400 milyon ton düzeyine yükseldiği (Energy Institute 2023) bu yüzyılın ilk çeyreğinde kömür inişli çıkışlı bir seyir izlemiştir. Dönemin ilk 13 yılında dünyada kömürün payı hızla artmış, ancak son 10 yılda ise görünüm değişmiş ve küresel enerji tüketim hızının yavaşlamasıyla birlikte kömür talebinde de duraklamalar gözlenmiştir. Bu gelişmeye paralel olarak, önümüzdeki yıllarda küresel kömür tüketiminin giderek gerileyeceğine ilişkin tahminler yapılmaktadır. Bunların içinde Uluslararası Enerji Ajansı tarafından yapılan tahminler çarpıcıdır.

Ajansın, ülkelerin bugün yürütmekte oldukları enerji politikalarını dikkate alan bir senaryoyu temel alarak yaptığı çalışmasına göre; küresel kömür tüketimi önümüzdeki birkaç yıl içinde hızla düşmeye başlayacak ve 2040 yılında bugüne oranla yaklaşık yüzde 35 oranında daha az kömür tüketilecek. Böylelikle, kömürün enerji tüketiminde bugün %27 olan payının sadece 17 yıl sonra 2040 yılında %17'ye (Şekil 6), elektrik üretimindeki payının ise aynı dönemde %45'den %22'ye düşeceği tahmin edilmekte (IEA 2018).

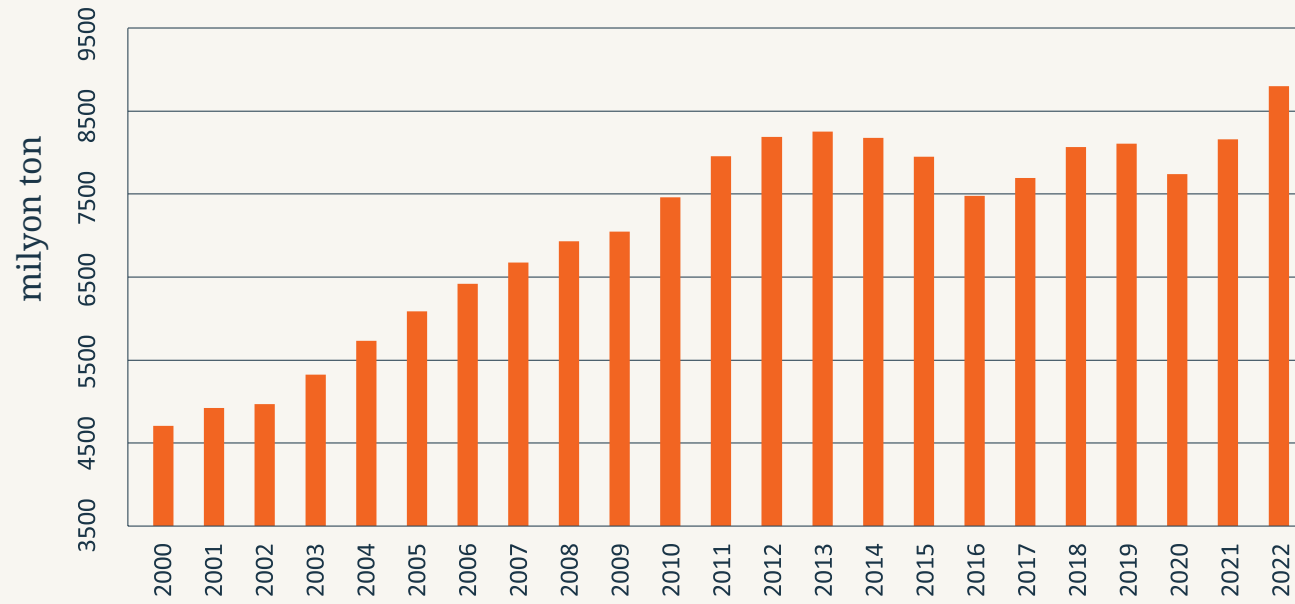
Ajansın, Paris Anlaşması çerçevesinde verilen taahhütlerin ya da net sıfır emisyon hedeflerinin gerçekleşeceğini varsayan senaryosunda ise kömürün payı 2040 yılında birincil enerjide de elektrik üretiminde de yaklaşık %12'ye kadar gerilemekte. Küresel sıcaklık artışının 1,5 santigrat derece ile sınırlandırıldığı üçüncü bir senaryoda ise kömür bundan 17 yıl sonra neredeyse tamamen dünyanın gündeminden çıkmakta.



Şekil 6 Dünya birincil enerji arzının kaynaklara göre gelişimi, UEA tahmini, Mevcut Politikalar Senaryosu

4.2. Dünya kömür üretimi

Dünya kömür üretimi yüzyılın başından bu yana geçen 22 yılda yaklaşık %87 oranında artmıştır (Şekil 7). Bununla birlikte, son 10 yıldaki üretim artışı %7,5 ile sınırlıdır.

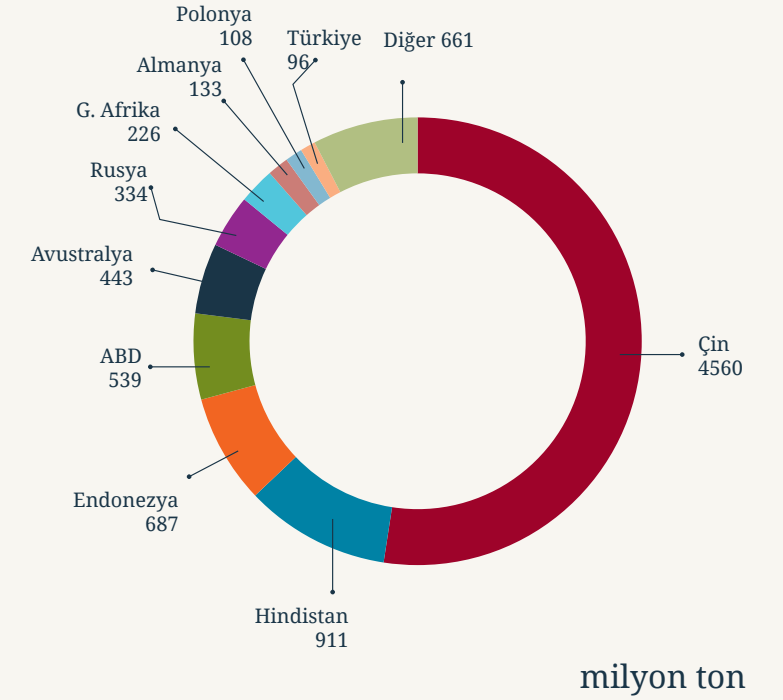


Şekil 7 Dünya kömür üretimi

1999 yılından itibaren 15 yıl boyunca kesintisiz artan küresel kömür üretimi ilk defa 2014 yılında bir önceki yıla göre yaklaşık %1 oranında azalarak 8,2 milyar ton olarak gerçekleşmiş, 2016 yılında ise 7,5 milyar ton düzeyine kadar gerilemiştir. Sonrasında tekrar artışa geçen kömür üretimi 2022 yılında bir önceki yıla göre %8 oranında artarak 8,8 milyar tonla rekor kırmış olup (Energy Institute 2023), 2023 yılında 9 milyar tonun da üzerini gördüğü tahmin edilmektedir.

Küresel üretimin son 2 yıldır rekor düzeyleri görmesinde Rusya-Ukrayna savaşıyla birlikte ortaya çıkan yüksek enerji fiyatları ve enerji güvenliği endişeleri nedeniyle özellikle Çin, Hindistan ve Endonezya'daki üreticilerin üretimi arttırmaları etkili olmuştur. Bununla birlikte, genel olarak küresel kömür yatırımlarında bir duraklama söz konusudur, bu nedenle önümüzdeki yıllarda üretim artışının sınırlı olması muhtemeldir. 2022 ve 2023 yıllarındaki rekor üretimlere karşın, dünyada kömür yakıtlı enerjiye yapılan yatırımlar son 7 yılda yaklaşık %15 düşmüştür. Son yıllardaki yeni projelerin çoğu, küresel kömür yatırımının yaklaşık %80'ini oluşturan Çin ve Hindistan'da gerçekleşmiştir (IEA 2023a).

2022 yılı dünya kömür üretiminin %51,8'ini (4,6 milyar ton) tek başına Çin gerçekleştirmiştir. Hindistan'ın payı %10,3 (910 milyon ton), Endonezya'nın payı %7,8 (687 milyon ton) ve ABD'nin payı %6,1 (540 milyon ton) oranındadır. Bu ülkeleri; Avustralya (443 milyon ton), Rusya Federasyonu (439 milyon ton), Güney Afrika Cumhuriyeti (226 milyon ton), Almanya (133 milyon ton), Polonya (108 milyon ton) ve Türkiye (96 milyon ton) izlemektedir (Şekil 8). Bu on ülkenin küresel kömür üretimi içindeki toplam payları %92 düzeyindedir.



Şekil 8 Ülkelere göre 2022 yılı kömür üretimleri

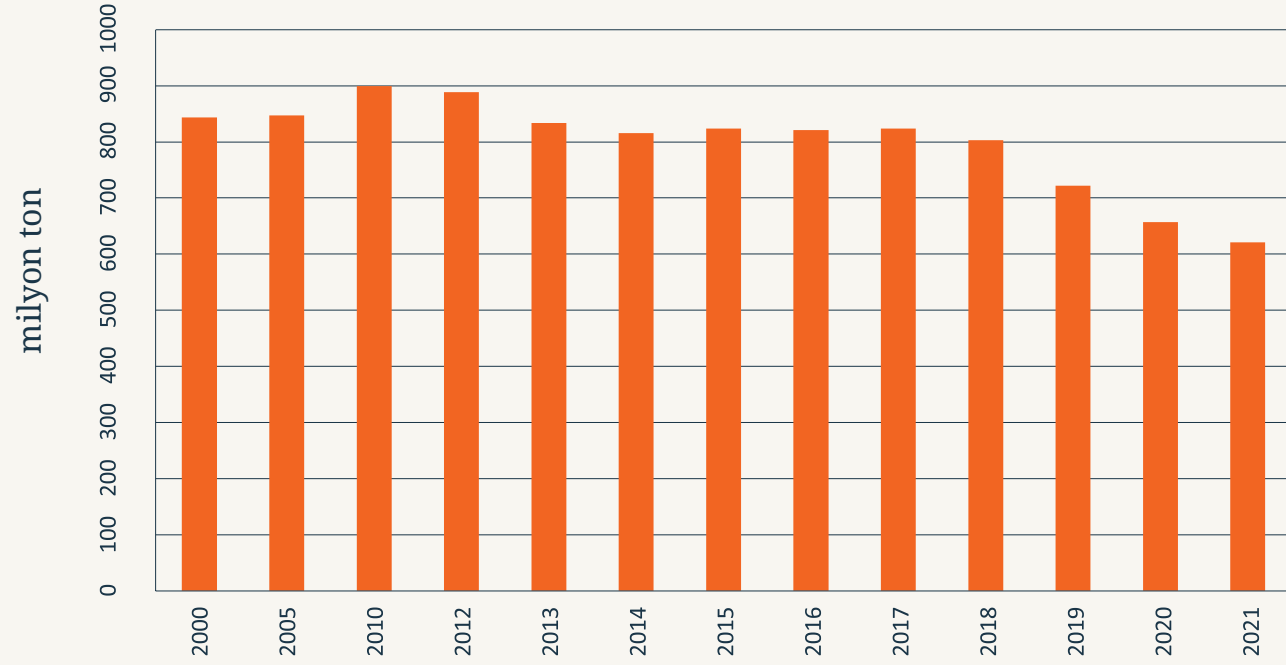
2022 yılında üretilen kömürün %80'i buhar kömürü, %16'sı kok kömürü ve kalanı ise linyittir (IEA 2023b).

Genel olarak, kömür üretimleri gelişmekte olan ülkelerde gelişmiş ülkelere göre çok daha yüksek oranda artış göstermektedir. Dünya kömür üretiminde, 2000-2023 döneminde en yüksek artış oranı %800 ile Endonezya'ya aittir ve 2000 yılında 77 milyon ton olan kömür üretimini 2022 yılında 687 milyon ton düzeyine kadar çıkarabilmiştir. Aynı dönemde kömür üretim artışları; Moğolistan'da %660, Vietnam'da %330, Çin'de %230, Hindistan'da ise %170 olmuştur. Buna karşın, aynı dönemde kömür üretimleri ABD'de %45 ve Avrupa'nın tamamında ise %35 oranında gerilemiştir.

Ancak, son 10 yıla baktığımızda; en yüksek kömür artışı %78 ile Hindistan ve %50 ile Endonezya'dadır. Bu ülkeleri %34 ile Türkiye izlemektedir. Çin'deki kömür üretimi ise önceki dönemlere göre büyük ölçüde hız kesmiş ve son 10 yılda sadece %16 oranında artmıştır.

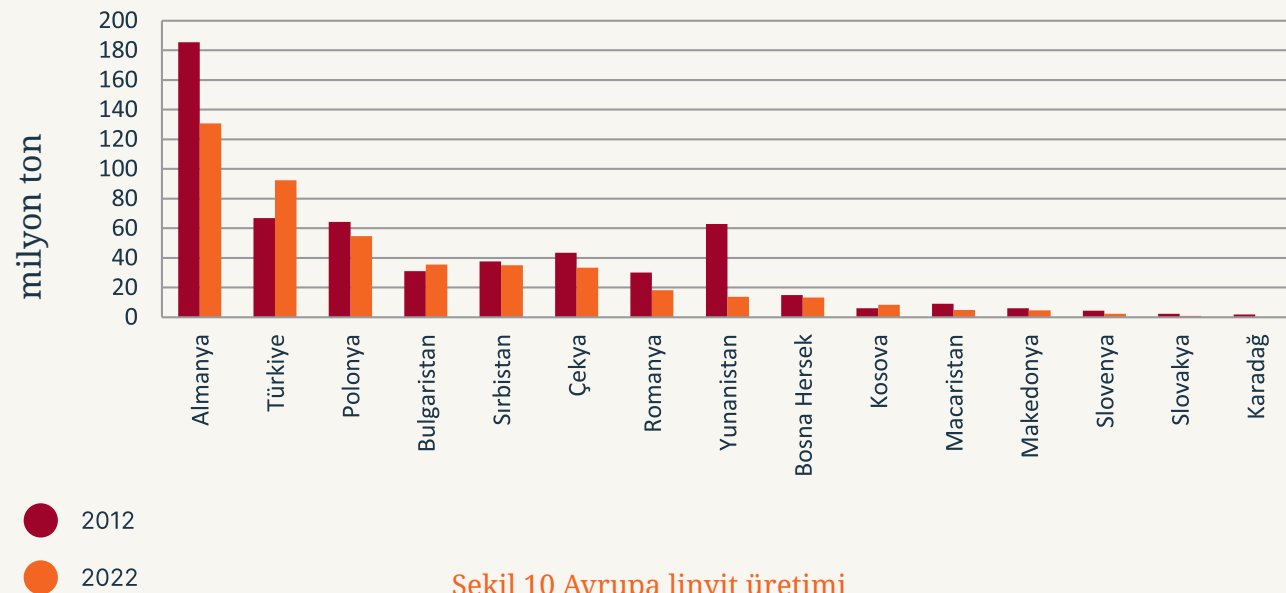
2013-2018 yılları arası dönemde yaklaşık 800 milyon ton civarında seyreden dünya linyit üretimi 2019 yılından itibaren gerileme eğilimine girmiş ve 2021 yılında 621

milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Şekil 9) (IEA 2023a). Dünya linyit üretiminde en büyük pay 2022 yılında 131 milyon ton ile Almanya'nındır. Bu ülkeyi 92,3 milyon ton ile Türkiye izlemektedir.



Şekil 9 Dünya linyit üretimi

Dünya linyit üretimindeki gerilemenin önemli bir bölümü AB ülkelerinden kaynaklanmaktadır. AB'nin 10 yıl önce 433 milyon ton olan linyit üretimi yaklaşık %30 oranında gerileyerek 2022 yılında 294 milyon tona kadar düşmüştür. Söz konusu 10 yılda linyit üretimleri Yunanistan'da %80, Romanya'da %40, Almanya'da %30, Çekya'da %23 ve Polonya'da %15 oranında gerilemiştir (Şekil 10) (Euracoal 2024). Avrupa kıtasındaki gerilemenin önümüzdeki yıllarda da devam etmesi beklenmektedir.



Şekil 10 Avrupa linyit üretimi

4.3. Dünya kömür tüketimi

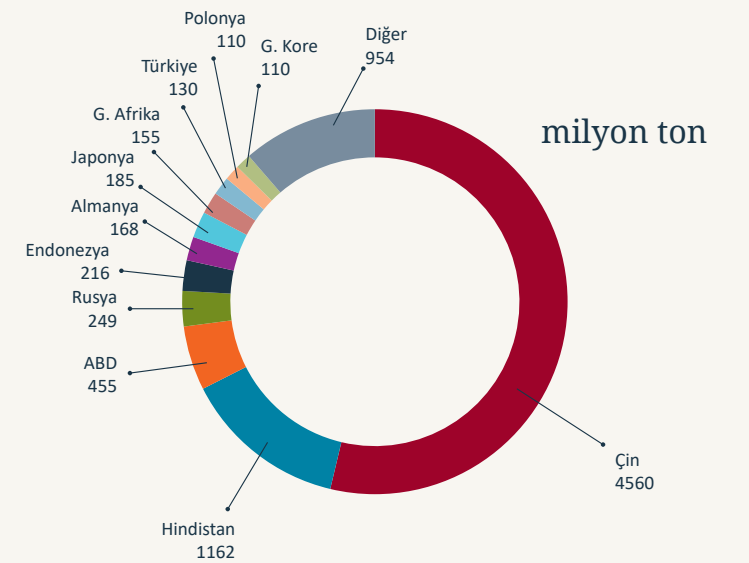
Dünya kömür tüketimi, yüzyılın başından itibaren hızla artarak yıllık 8,5 milyar ton düzeyinin üzerine çıkmıştır. Bununla beraber, kömürde asıl tüketim artışı 2000-2014 yılları arasında yaşanan ralli döneminde olmuştur. 2014 ve sonrasında ise küresel enerji tüketimindeki duraklamaya bağlı olarak kömür tüketimi de duraklamış ve büyük ölçüde yerinde saymıştır.

2000 yılı sonrasındaki küresel tüketim artışı çok büyük ölçüde başta Çin olmak üzere Asya-Pasifik Bölgesi'nin talebinden kaynaklanmıştır. Çin'in 2000-2022 dönemindeki kömür tüketim artışı -ısı değer bazında- %200 oranındadır. Aynı dönemde Endonezya'nın tüketimi %700, Hindistan'ın tüketimi %190 artış göstermiştir. Asya-Pasifik'in tamamında ise artış oranı %170 olmuştur. Ancak tüketim artışları son 10 yılda hız kaybederken Çin'deki artış sadece %9,5 ve Asya Pasifik'in tamamındaki artış ise %17 olarak gerçekleşmiştir (Energy Institute 2023).

Bununla birlikte, Batı'daki geleneksel kömür tüketicisi olan bazı gelişmiş ülkelerin tüketimlerinde ciddi gerilemeler söz konusudur. Örneğin, 2000-2022 yılları arasında kömür tüketimi ABD'de %56, Avrupa'nın tamamında %40 oranında azalmıştır.

Küresel kömür tüketimindeki artışta özellikle Asya-Pasifik Bölgesi'ndeki elektrik enerjisi talebi ciddi bir rol oynamıştır. Dünya elektrik üretimi, içinde bulunduğumuz yüzyılda yaklaşık 2 kat artarken Çin'in üretimi 6,5 kat, Asya-Pasifik Bölgesi'nin toplam elektrik üretimi ise yaklaşık 3,5 kat artmış, söz konusu üretimin %60'a yakını kömüre dayalı termik santrallerden elde edilmiştir (Energy Institute 2023). Kömür tüketiminin, gelişmekte olan ülkelerde gelişmiş ülkelere göre daha fazla artmakta oluşunun nedenleri arasında; yüksek ekonomik büyüme oranları ve artan elektrifikasyon ihtiyacı nedeniyle gelişmekte olan ülkelerin daha kolay ve daha ucuz ulaşabilecekleri kömürü tercih ederken başta Avrupa Birliği olmak üzere gelişmiş ülkelerin -rezervlerini büyük ölçüde bitirmiş olmalarının da etkisiyle- elektrik üretiminde giderek daha fazla doğal gazı ve yenilenebilir kaynakları tercih etmeleri gelmektedir.

2022 yılı dünya kömür tüketimi yaklaşık 8,4 milyar ton düzeyindedir ve %53,7'si (4,5 milyar ton) Çin tarafından gerçekleştirilmiştir. Aynı yıl Hindistan 1,2 milyar ton (%13,8), ABD 455 milyon ton (%5,4), Rusya 249 milyon ton (%3), Endonezya 216 milyon ton (%2,6), Japonya 185 milyon ton (%2,2), Almanya 168 milyon ton (%1,8) kömür tüketmiştir (Şekil 11) (Energy Institute 2023; Enerdata 2024; IEA 2023a). Bu ülkelerin küresel kömür tüketimindeki toplam payı %86 oranındadır. Türkiye'nin, 2022 yılı kömür tüketimi ise yaklaşık 130 milyon ton düzeyindedir. Türkiye'nin bir yıldaki toplam kömür tüketimini 3 ülke (Çin, Hindistan

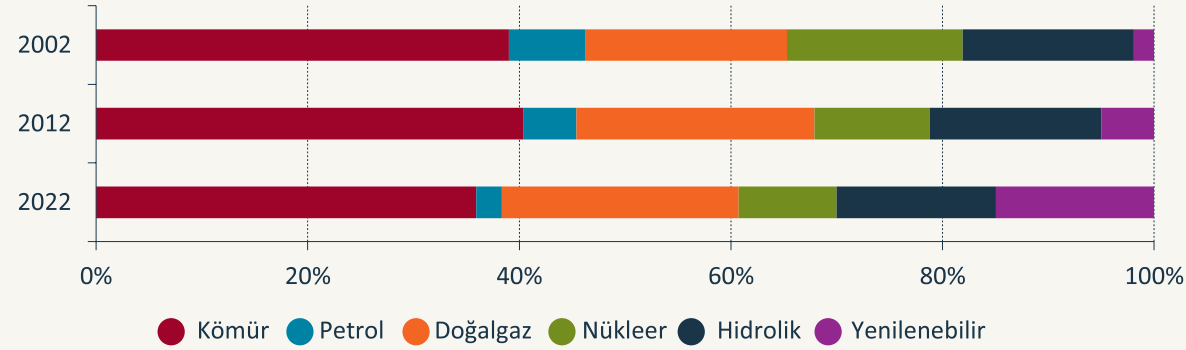


Şekil 11 Ülkelere göre 2023 yılı kömür tüketimleri

ve ABD) 1 haftada tüketmektedir. 2022 ve 2023 yıllarında kömüre olan talebin artmasında aynı dönemde doğalgaz fiyatlarının yüksek oranda artması, bu nedenle pek çok ülkenin daha ucuz olan kömüre yönelmesi etkili olmuştur. Kömür talebinin artmasını destekleyen bir diğer faktör ise 2022 yılında Avrupa'da nükleer enerji üretiminin düşmesidir. 2021 yılında linyit tüketimi ise toplam 680 milyon ton olmuştur. İlk sıra, uzun yıllardır olduğu gibi yine Almanya'nındır. Bu ülkeyi Türkiye ve Rusya Federasyonu izlemiştir.

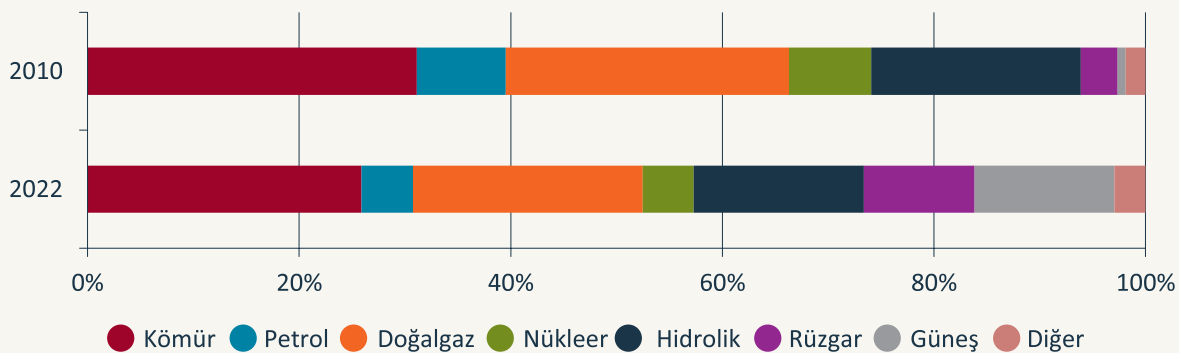
4.4. Dünyada kömüre dayalı elektrik üretimi

Kömür, elektrik üretimi amacıyla kullanılan yakıtlar arasında en yaygın olanıdır. Kömürün bu niteliğinin öngörülebilir bir gelecekte de değişmeyeceği tahmin edilmektedir. 2022 yılı itibarıyla dünya kömür üretiminin yaklaşık %65'i elektrik üretimi amacıyla kullanılmış, %28'i sanayi sektörlerinde ve geriye kalan %7'lik kısım ise ısınma ve diğer amaçlı olarak tüketilmiştir (IEA 2023a). 2002 yılında dünya toplam elektrik üretiminin %39'unu karşılayan kömürlü santrallerin payı 20 yıl sonra 2022 yılı itibarıyla %36 düzeyindedir (Şekil 12) (IEA 2023a).



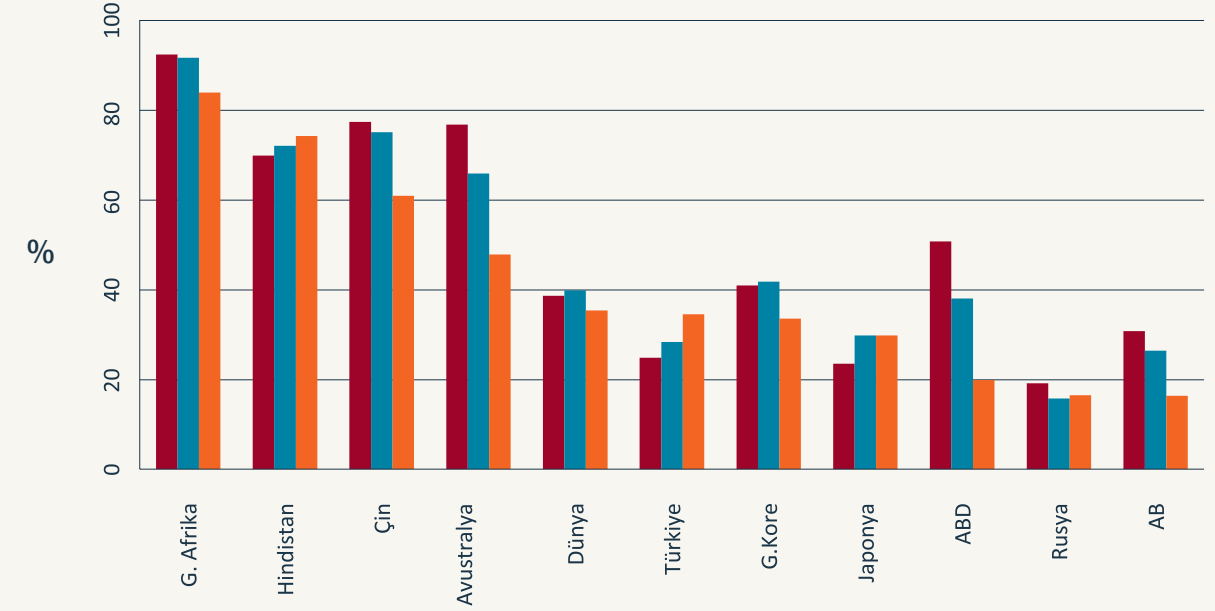
Şekil 12 Dünya elektrik üretiminde kaynak paylarının gelişimi

2022 yılında dünyada mevcut toplam 8.643 GW elektrik santral kapasitesinin %26'sı kömüre dayalı santrallerdir (Şekil 13). Bununla birlikte kömürlü santral yatırımlarının özellikle rüzgâr ve güneş santralleri karşısında son yıllarda gerilediği gözlenmektedir. Ancak yine de kömürlü santraller doğal gaz, hidrolik ya da nükleer seçeneklerine göre daha fazla tercih edilmektedir. Son 12 yılda dünyada işletmeye giren toplam 3.729 GW santral kapasitesinin %18'i (622 GW) kömürlü santraller, %14'ü (486 GW) doğal gaz santralleri, %11'i (365 GW) hidrolik santraller, %21'i (721 GW) rüzgâr santralleri ve %32'si güneş santralleridir (IEA 2023a).



Şekil 13 Dünya elektrik santral kapasitesinin kaynaklara göre gelişimi

Çok sayıda ülke elektrik üretiminde kömürü yüksek oranda kullanmaya devam etmektedir. Bunlar arasında, 2022 yılı itibarıyla; Güney Afrika Cumhuriyeti (%84), Hindistan (%74,3), Polonya (%71), Kazakistan (%67,4), Endonezya (%61,6), Çin (%61), Avustralya (%48), Almanya (%31,3) ve Japonya (%30) bulunmaktadır (Şekil 14) (Energy Institute 2023). Türkiye'de kömürün elektrik üretimindeki payı 2022 yılında %34,6 olmuştur.



Şekil 14. Ünelere göre kömürün elektrik üretimindeki payı

4.5. Uluslararası kömür ticareti ve fiyatlar

Dünya kömür ticaretinin neredeyse tamamı taşkömürüne ilişkindir. Linyit kömürlerinin ülkeler arasında taşınması ya da ticareti ekonomik olmamaktadır. Küresel ölçekte ticareti yapılan taşkömürünün iki ana kullanım amacı bulunmaktadır: Elektrik üretimi (buhar kömürü) ve demir çelik endüstrisinin kullanımı için kok üretimi (koklaşabilir kömür).

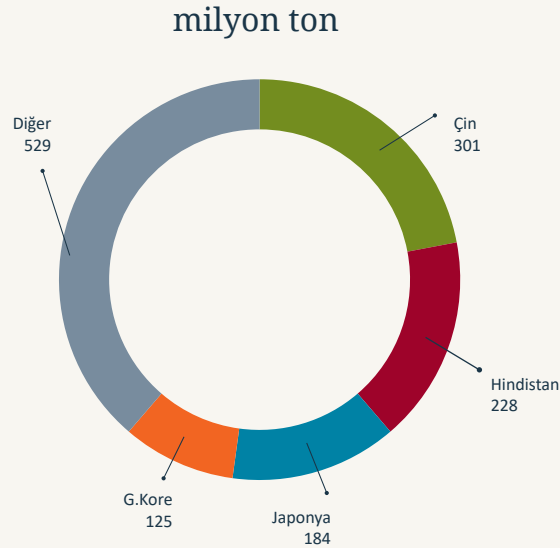
4.5.1. Uluslararası kömür ticareti

Dünya kömür ticareti, 2019 yılında ulaştığı 1.445 milyon tonluk rekor hacimden sonra yaşanan Covid-19 salgınının etkisi ile 2020 yılında 1.298 milyon ton seviyelerine kadar düşmüştür. Salgının etkilerinin yavaş yavaş toparlanmaya başlaması ile 2021 yılında kömür ticaret hacmi 1.333 milyon ton düzeyine çıkmış, 2022 yılında ise yaklaşık 1.367 milyon ton seviyesinde olmuştur. Söz konusu ticaretin 1.050 milyon tonluk kısmı (%76,8) buhar kömürü, 317 milyon tonluk kısmı (%23,2) metalürjik kömürdür (IEA 2023a).

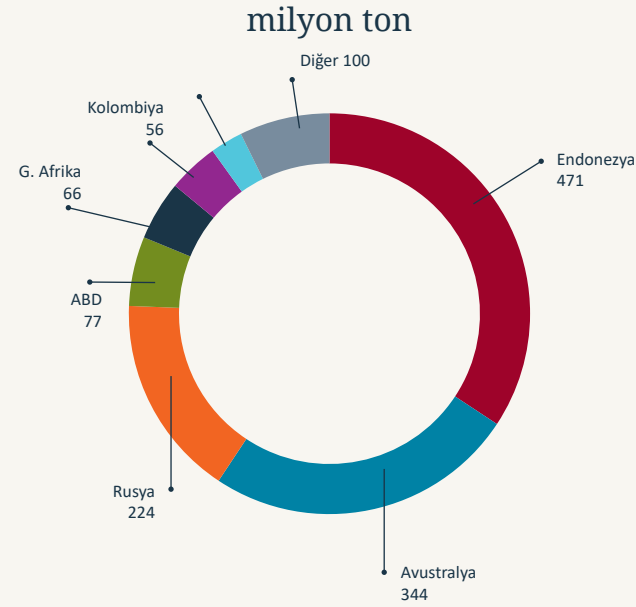
Uluslararası kömür ticaretinin ana eksenini Asya Pasifik Bölgesi'dir. Ancak 2021 yılında, Avrupa'da yükselen doğal gaz fiyatları kömüre olan talebi arttırmıştır. Örneğin Almanya'nın 2021 yılı ithalatı (38 milyon ton), Türkiye'yi (37 milyon ton) geçmiştir. Söz konusu yılda Avrupa, küresel kömür ticaretinin Asya Pasifik dışındaki en büyük ithalatçısı konumuna gelmiştir.

Asya-Pasifik Bölgesi 2022 yılı itibarıyla ithalatın dörtte üçünü oluşturmaktadır.

En büyük ithalatçı, -önceki yıllarda da olduğu gibi- Çin'dir. Çin'in ardından gelen Hindistan 228 milyon ton, Japonya 184 milyon ton ve Güney Kore 125 milyon ton ithalat yapmıştır (Şekil 15) (IEA 2023a).¹ Bu 4 ülkenin toplam ithalattaki payı %61 düzeyindedir. Diğer önemli ithalatçılar arasında; Vietnam, Malezya ve Tayvan bulunmaktadır. Türkiye'nin 2022 yılı kömür ithalatı ise 37,6 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.

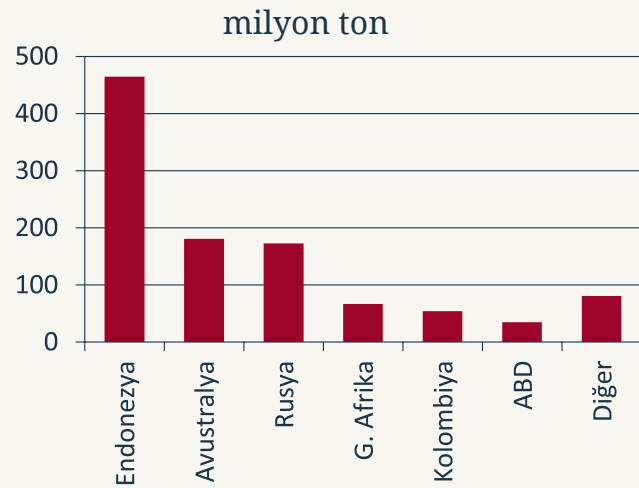


Şekil 15 Ülkelere göre 2022 yılı kömür ithalatı

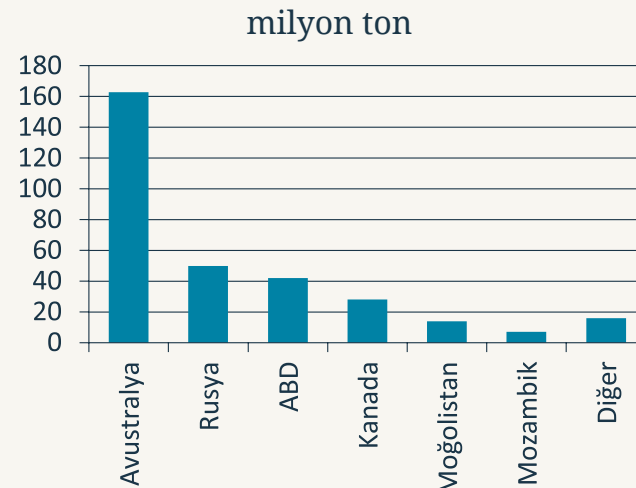


Şekil 16 Ülkelere göre 2022 yılı kömür ihracatı

2022 yılının en büyük 3 ihracatçısı Endonezya, Avustralya ve Rusya'dır. Küresel ihracat içindeki payları; Endonezya'nın %34,2, Avustralya'nın %25, Rusya'nın %16,3 seviyesindedir. Bu 3 ülkenin toplam ihracat içindeki payı %75,5'dir. Bu ülkeleri ABD (%5,6), G. Afrika Cumhuriyeti (%4,9) ve Kolombiya (%4,1) izlemektedir (Şekil 16). Buhar kömürünün %44'ünü tek başına Endonezya sağlarken, koklaşabilir kömürün %51'ini Avustralya tedarik etmiştir (Şekil 17, Şekil 18) (IEA 2023a).



Şekil 17 Buhar kömürü ihracatçıları, 2022



Şekil 18 Koklaşabilir kömür ihracatçıları, 2022

¹ Japonya ve Güney Kore gibi gelişmiş ülkeler yüksek kalorili kömür ithalatı yaparak, gazlaştırma/sıvılaştırma yoluyla kömürden katma değeri yüksek ürünler (petrokimyasallar, dizel, uçak yakıtı vs.) elde etmektedirler.

4.5.2 Kömür fiyatları

Kömür fiyatlarında 2016'dan 2018'e kadar devam eden artış eğilimi, 2019 yılında tersine dönmüş, 2020'nin başında ise fiyatların istikrara kavuşmasının ardından, Covid-19 salgınına bağlı talep baskılaması fiyatları aşağıya çekmiştir. Isıl değeri 6.000 kcal/kg olan termik kömürün Newcastle FOB fiyatları 2019'un başlarında 100 USD/ton civarında seyrederken, bir yıl sonra Ağustos 2020 sonlarında son 14 yılın en düşük seviyesi olan 46,5 USD/ton'dan işlem görmüştür. 2020'nin üçüncü çeyreğinde toparlanmaya başlayan termik kömür fiyatları 2021'in ilk beş ayında da artmaya devam etmiştir. Ancak, Çin'deki güçlü talebin karşılanamaması sebebiyle Mayıs 2021'de ani yükseliş yaşanmıştır. Ekim 2021'e gelindiğinde ise termik kömür fiyatı 230 USD/ton'a ulaşmış, ancak Çin'de yüksek üretim ve düşük talepten kaynaklı olarak Kasım ayında fiyatlarda %40 oranında gerileme olmuştur (IEA 2022).

Fosil yakıt fiyatları 2022'de önemli ölçüde artış göstermiş olup, en keskin artış doğalgazda görülmüştür. Bu durum, bazı bölgelerde kömür de dâhil olmak üzere daha rekabetçi seçeneklere olan talebi artırarak doğal gazdan uzaklaşılmasına neden olmuştur. Bununla birlikte, tekrar yükselen kömür fiyatları ve zayıflayan küresel ekonomik büyüme 2022 yılında genel kömür talebindeki artışı sınırlamıştır. 2022 yılında Rusya'nın Ukrayna'yı işgali; kömür ticaretinin dinamiklerini, fiyat seviyelerini, arz ve talep dengelerini değiştirmiştir (IEA 2023a). 2022'nin Eylül ayına gelindiğinde 430 USD/ton seviyelerini gören 6.000 kcal/kg Newcastle FOB fiyatları bu tarihten sonra tekrar düşerek 135 USD/ton düzeyine kadar gerilemiştir. 2024 Şubat ayında ise aynı kömür 120-145 USD/ton aralığında işlem görmüştür (Şekil 19) (Investing.com 2024). Cif Amsterdam-Rotterdam-Antwerp (ARA) kömür fiyatları ise 2022'nin en yüksek seviyesi olan 400 \$/tondan -Avrupa'da kömür ve gaz arzı nispeten rahatladığından- 2024 Şubat ayına gelindiğinde 100 \$/tonluk seviyeye kadar düşmüştür (Argusmedia 2024).

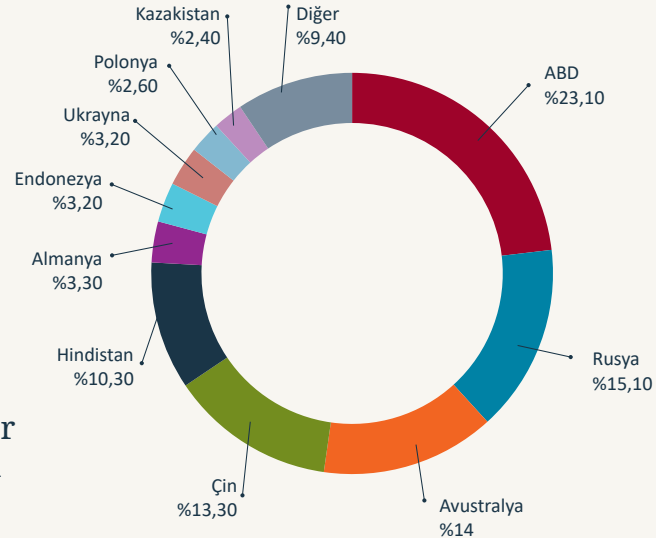


Şekil 19 Termal kömür fiyatları, Newcastle FOB futures, Kaynak: Investing.com

4.6. Dünya kömür rezervleri

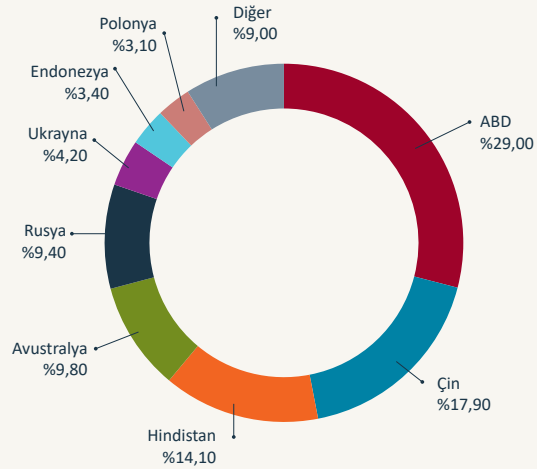
Dünya kanıtlanmış kömür rezervi 2020 yılı sonu itibarıyla toplam 1.076 milyar ton büyüklüğündedir (BGR 2022). Söz konusu rezervin; 756 milyar tonu antrasit ve bitümlü kömür, 320 milyar tonu alt bitümlü kömür ve linyit kategorisindedir.²

BGR tarafından 80'e yakın ülkede bulunduğu raporlanan dünya kömür rezervlerinin en büyük kısmı 249 milyar ton ile ABD'dedir. ABD'yi 162 milyar ton ile Rusya Federasyonu ve 150 milyar ton ile Avustralya izlemektedir. Diğer kömür zengini ülkeler arasında; Çin (143 milyar ton), Hindistan (111 milyar ton), Almanya (36 milyar ton), Endonezya (35 milyar ton), Ukrayna (34 milyar ton), Polonya (28 milyar ton) ve Kazakistan (26 milyar ton) bulunmaktadır. Dolayısıyla, dünya kömür rezervlerinin %90'dan fazlası bu 10 ülkenin elindedir (Şekil 20) (BGR 2022). Bu tabloda Türkiye'nin yeri ise yaklaşık 11,5 milyar ton ile on birinci sıradadır.³

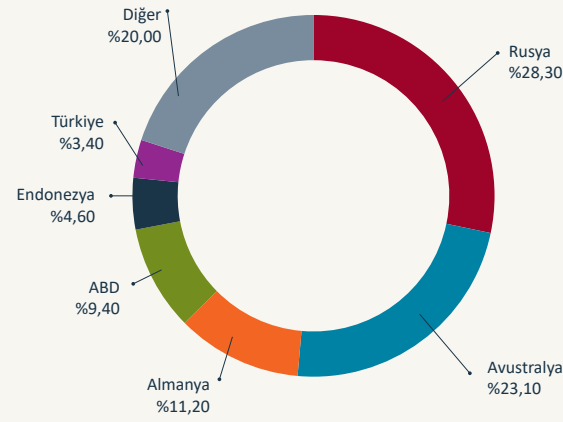


Şekil 20 Dünya kömür rezervlerinde ülke payları, 2021

Antrasit ve bitümlü kömür rezervleri 219 milyar ton ile en fazla ABD'de bulunmaktadır. ABD'yi 135 milyar ton ile Çin ve 106 milyar ton ile Hindistan izlemektedir (Şekil 21). Toplam 320 milyar ton büyüklüğündeki alt bitümlü kömür ve linyit rezervlerinin en büyük bölümü ise 90,5 milyar ton ile Rusya'da bulunmaktadır (Şekil 22). Bu ülkeyi 74 milyar ton ile Avustralya, 35,7 milyar ton ile Almanya, 30 milyar ton ile ABD ve 14,7 milyar ton ile Endonezya izlemektedir. BGR'ye göre, Türkiye, 11 milyar tonluk linyit rezervi ile bu kategoride altıncı sıradadır.



Şekil 21 Antrasit ve bitümlü kömür rezervleri, 2021

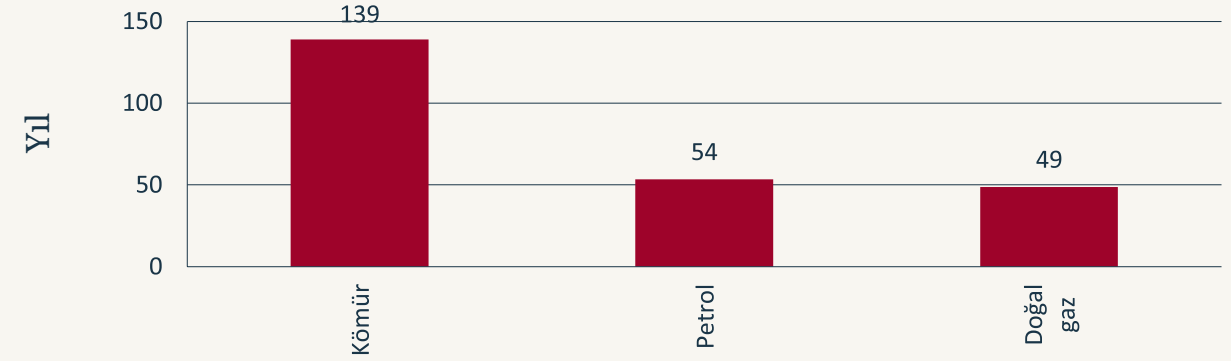


Şekil 22 Alt bitümlü ve linyit rezervleri, 2021

² Çalışmada; ıslak ve külsüz bazda alt ısı değerleri 5.700 kcal/kg'dan yüksek kömürler antrasit ve bitümlü kömür, 4.165 kcal/kg-5.700 kcal/kg arasında alt ısı değere sahip olanlar alt bitümlü kömür ve 4.165 kcal/kg'ın altında olanlar ise linyit kömürü şeklinde sınıflandırılmaktadır. Tanımlamalarda, metodolojide ya da değişik zaman dilimlerinde ortaya çıkan farklılıklar nedeniyle, kömüre ilişkin rezerv bilgilerine farklı kaynaklarda farklı şekillerde rastlayabilmek mümkündür.

³ Türkiye'nin kömür rezervlerinin yurt içi resmi kaynaklarda 20 milyar tonun üzerinde gösterilmesine karşın buradaki kaynak (BGR) bunun yaklaşık yarısı kadar bir rezerv rakamını vermektedir.

Mevcut kömür üretimi dikkate alındığında, küresel kömür rezervlerinin yaklaşık 139 yıl ömrü bulunduğu hesaplanmaktadır (Şekil 23). Bununla beraber, kömür rezervlerinin kalan ömrünün hesaplanmasında, günümüz koşullarında teknik ve ekonomik bakımdan kazanılabilir olan toplam 1.076 milyar ton büyüklüğündeki kömür rezervi temel olarak alınmaktadır. Almanya Federal Yer Bilimleri ve Doğal Kaynaklar Enstitüsü'ne göre, günümüz koşullarında henüz teknik ya da ekonomik bakımdan kazanılabilir olmayan 16,2 trilyon ton taşkömürü ile 3,7 trilyon ton alt bitümlü ve linyit, "kaynak" olarak yerkürede kullanılabileceği zamanı beklemektedir (BGR 2022).



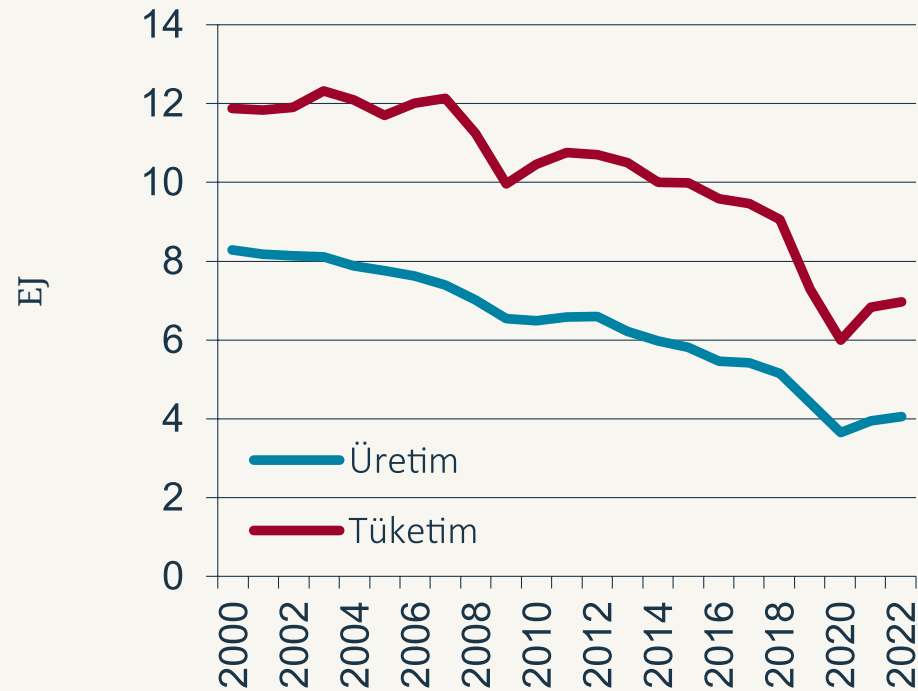
Şekil 23 Fosil kaynakların kalan ömürleri

4.7. Sektördeki belirleyici oyuncuların kömür politikaları

Kömür, dünyanın tükettiği enerjinin en az dörtte birini sağlamaktadır ve üstelik bu konumu elli yıldır neredeyse hiç değişmemiştir. Son birkaç yıldır hızının kesildiği doğrudur, ancak bu yavaşlama büyük ölçüde Kuzey Amerika ve Avrupa'dan kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, Asya-Pasifik tarafında çok daha farklı bir tablo söz konusudur. Neticede, küresel kömür endüstrisinde başat rol oynamakta olan ülkelerin son yıllarda birbirinden farklılaşan kömür politikaları bulunmaktadır.

Avrupa Birliği

Avrupa Birliği'nin toplam enerji tüketimi 2006 yılında tepe noktasını görmüş, sonrasında sürekli düşüş eğilimine girmiştir. Söz konusu yıldan bu yana tüketimdeki gerileme yaklaşık %15 oranındadır. Son yıllarda yenilenebilir kaynaklara ağırlık veren birliğin kömür üretimi de tüketimi de son 10 yılda yaklaşık %35 oranında gerilemiştir (Şekil 24).



Şekil 24. AB kömür üretim ve tüketimi

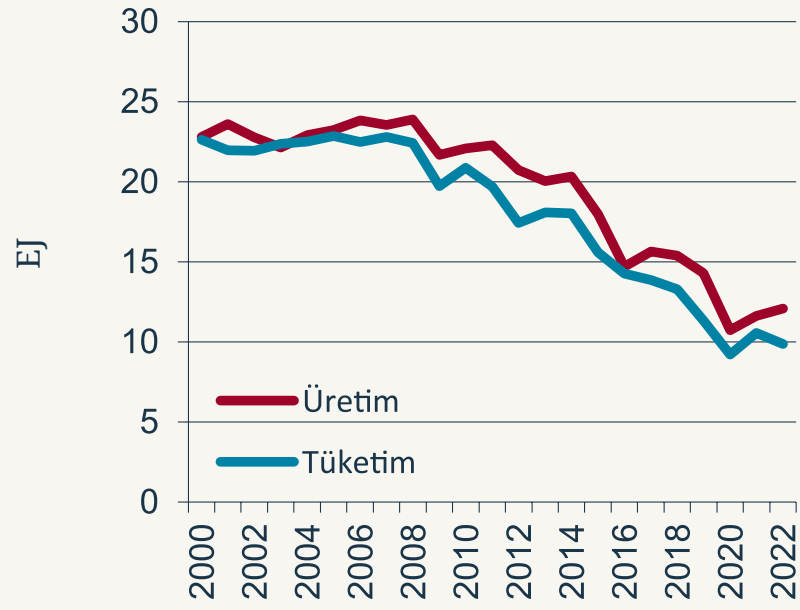
Kömür tüketimindeki gerilemede elektrik talebindeki artış hızının duraklaması ve yenilenebilir kaynakların teşvik edilmesine ilişkin politikalar etkili olurken bir diğer önemli faktör de AB'nin ekonomik olarak işletilebilir kömür rezervlerinin giderek azalması olmuştur. Bir yandan bu eski kıtada kömür rezervlerinin yıllar içinde giderek tükenmiş olması, diğer yandan fosil kaynağa olan ithalat bağımlılığının azaltılmak istenmesi, Avrupa içerisinde enerji dönüşümüne ilişkin süreçlerin giderek daha fazla teşvik edilmesine yol açmıştır. Son dönemde çok sayıda Avrupa ülkesi tarafından ortaya konulan kömürden çıkış planlamaları, büyük ölçüde bu rezerv yoksunluğundan da kaynaklanmaktadır (Tablo 1). Önümüzdeki yıllarda Avrupa Birliği içerisinde Almanya, Polonya ve Çekya dışında önemli miktarda kömür tüketen bir ülkenin kalmayacağı öngörülebilmektedir.

Çıkış tarihi	Ülke	Rezervleri ve üretimleri
2016	Belçika	Üretimi ya da ekonomik olarak kullanabileceği bir kömür rezervi yok
2020	İsveç	Üretimi ya da ekonomik olarak kullanabileceği bir kömür rezervi yok
2021	Portekiz	Üretimi ya da ekonomik olarak kullanabileceği bir kömür rezervi yok
2023	Avusturya	Üretimi ya da ekonomik olarak kullanabileceği bir kömür rezervi yok
2024	Birleşik Krallık	Üretimi ya da ekonomik olarak kullanabileceği bir kömür rezervi yok
2025	İspanya İrlanda Macaristan	Rezervi: 868 Mton taşkömürü+319 Mton linyit / Üretimi yok Üretimi ya da ekonomik olarak kullanabileceği bir kömür rezervi yok Rezervi: 276 Mton taşkömürü+2.600 Mton linyit / 2022 Üretimi: 4,9 Mton linyit
2027	Makedonya Fransa	Rezervi: 332 Mton linyit / 2022 Üretimi: 5 Mton linyit Üretimi ya da ekonomik olarak kullanabileceği bir kömür rezervi yok
2028	Danimarka Yunanistan	Üretimi ya da ekonomik olarak kullanabileceği bir kömür rezervi yok Rezervi: 2.876 Mton linyit / 2022 Üretimi: 14 Mton linyit
2029	Hollanda Finlandiya	Rezervi: 497 Mton taşkömürü / Üretimi yok Üretimi ya da ekonomik olarak kullanabileceği bir kömür rezervi yok
2030	Romanya Slovakya	Rezervi: 280 Mton linyit / 2022 Üretimi: 18 Mton linyit Rezervi: 135 Mton linyit / 2020 Üretimi: 1 Mton linyit
2033	Hırvatistan Slovenya Çekya	Üretimi ya da ekonomik olarak kullanabileceği bir kömür rezervi yok Rezervi: 56 Mton taşkömürü+315 Mton linyit / 2022 Üretimi: 3,2 Mton linyit Rezervi: 2.500 Mton linyit / 2022 Üretimi: 35 Mton linyit
2035	Karadağ	Üretimi ya da ekonomik olarak kullanabileceği bir kömür rezervi yok
2038	Almanya	Rezervi: 35.700 Mton linyit / 2022 Üretimi: 133 Mton
2040	Bulgaristan	Rezervi: 192 Mton taşkömürü+2.174 Mton linyit / 2022 Üretimi: 35,6 Mton linyit
?	Polonya Sırbistan	Rezervi: 22.464 Mton tşk+5.752 Mton lin. / 2022 Üretimi: 54 Mton tşk+53 Mton lin. Rezervi: 404 Mton tşk+7.112 Mton linyit / 2022 Üretimi: 35,1 Mton linyit

Tablo 1. Avrupa'da kömürden çıkış planlamaları

ABD

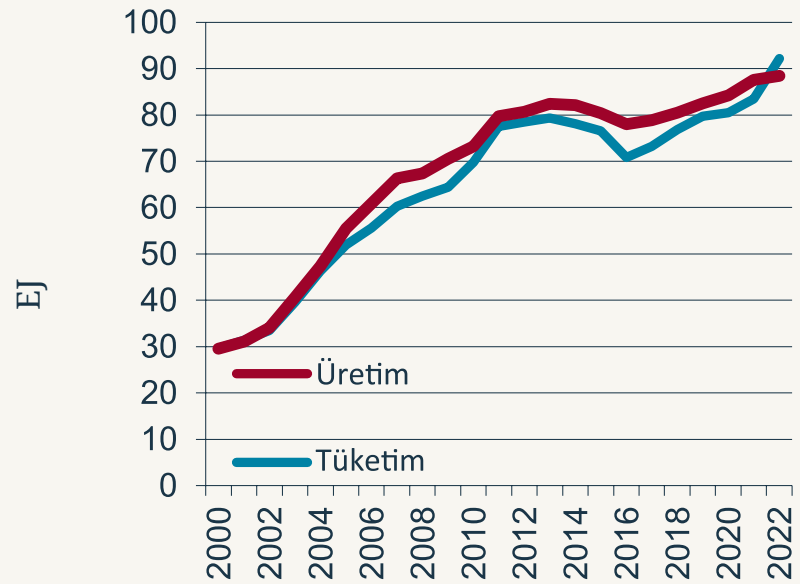
Dünyanın en büyük kömür rezervine sahip olan ABD'nin kömür üretim ve tüketimi son 10 yılda %40'a yakın düşmüştür. Ancak, bu gelişmenin nedeni -en azından başlangıçta- yenilenebilir kaynaklar değildir. ABD'de son dönemde kömürü ikâme eden yakıt, üretim maliyetleri büyük oranda düşen gaz olmuştur. 2010'lu yıllarla birlikte bu ülkede üretimi hızla artan kaya gazı, kömüre zorlu bir rakip olarak ortaya çıkmıştır. Üretim artışıyla birlikte ucuzlayan gaz, ABD elektrik üretiminde kömürü büyük ölçüde ikame etmiş, kömür talebini diğer pek çok faktörden daha keskin bir şekilde geriletmiştir. Bu politika sonucunda 10 yıl önce yaklaşık 1 milyar ton olan kömür tüketimi 2022 yılı itibarıyla 455 milyon ton civarına kadar gerilemiştir (Şekil 25). Kaya gazındaki gelişmelerin etkileri ABD ile sınırlı kalmamış, özellikle Avrupa'daki kömür tüketiminin gerilemesinde de önemli bir rol oynamıştır (IEA, 2016).



Şekil 25. ABD kömür üretim ve tüketimi

Çin

Çin'in ekonomi ya da enerji politikalarındaki en küçük değişim, kömür endüstrisini doğrudan etkilemektedir. Son yıllarda, büyüme modelini yüksek enerji yoğunluklu ekonomik faaliyetler yerine düşük enerji yoğunluklu faaliyetler üzerine kurgulamakta olan Çin ekonomisinde On Üçüncü Beş Yıllık Plan'la (2016-2020) başlayan (China Dialogue 2016) söz konusu değişim süreciyle birlikte enerji tüketimindeki yavaşlama son birkaç yıldır gözlenmektedir. Enerji tüketiminin arkasındaki itici güç olan elektrik üretimindeki artış hızı ise giderek azalmaktadır. Bu gelişmeye paralel olarak, bu ülkenin kömür tüketim artış hızında da önceki yıllara göre daha yavaş bir seyir izlenmektedir (Şekil 26).



Şekil 26. Çin kömür üretim ve tüketimi

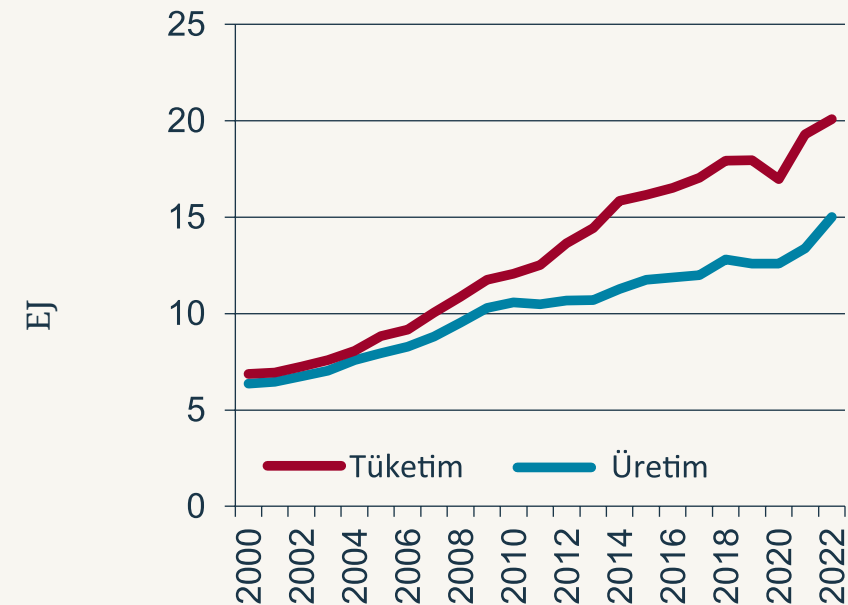
Bu ülkede; şehirlerdeki hava kalitesinin iyileştirilmesi, sanayide ve ısınmada kömürden gaza dönüşümün desteklenmesi, elektrik üretiminde yenilenebilir kaynaklara öncelik verilmesi ve temiz kömür stratejileri kapsamında kömürden sıvı, gaz ya da kimyasallara dönüşüme ağırlık verilmesi gibi bazı belirgin politika uygulamaları sürdürülmekte ve bu politikalar nedeniyle kömür talebi baskılanmaktadır. Ayrıca, devlet Başkanı Xi Jinping tarafından karbon emisyonlarını 2030 yılına kadar zirveye çıkarma ve 2060 yılına kadar "karbon nötr" olma sözü verilmesi de Çin'deki kömür tüketiminin önümüzdeki dönemlerde giderek düşürüleceğine işaret etmektedir (Tamzok 2021).

Dünyada güneş panellerinin %70'inden fazlasını, elektrikli araçların yarısını, güneş ve rüzgar elektriğinin üçte birini üreten ve yenilenebilir teknolojileri için gerekli olan pek çok hammaddeyi kontrol etmekte olan Çin için fosil yakıtlardan yenilenebilir kaynaklara geçiş sürecinin diğer ülkelere göre daha kolay olacağı açıktır. Ancak, bir yandan bu ülkedeki ekonomik faaliyetlerin ağırlıklı olarak kömüre dayalı sistemlerden oluşması diğer yandan kömür endüstrisinde istihdam edilenlerin sayısal büyüklüğü dikkate alındığında, dünyada ekonomisi en fazla kömüre bağımlı olan Çin'in bu yakıttan yakın zamanda vazgeçebilmesi çok da kolay değildir.

Hindistan

Kömür tüketiminde Çin'in yerini doldurmaya aday ülke olan Hindistan'ın kömür üretimi son 10 yılda %40'a, tüketimi ise %50'ye yakın artmıştır (Şekil 27). Bununla birlikte, Hindistan'ın kömür tüketimindeki artış, 2000'li yıllarda Çin'de görülen artış oranları kadar güçlü değildir.

Hindistan, bir yandan yerli kömür üretimini artırma konusunda oldukça iddialı hedefler koyarken, diğer yandan özellikle elektrik ve demir-çelik sektörlerinin hızla artan taleplerini karşılamak üzere ithalatını da arttırmaktadır.



Şekil 27. Hindistan kömür üretim ve tüketimi

Rusya

Küresel kömür üretiminin yaklaşık %5'ine sahip olan Rusya'nın kömür üretimleri son 10 yılda %30'a yakın artış göstermiştir. Enerji dönüşüm sürecinden muhtemelen en fazla zarar göreceği olan Rusya'nın kömür üretiminden kolay vazgeçmeyeceği açıktır.

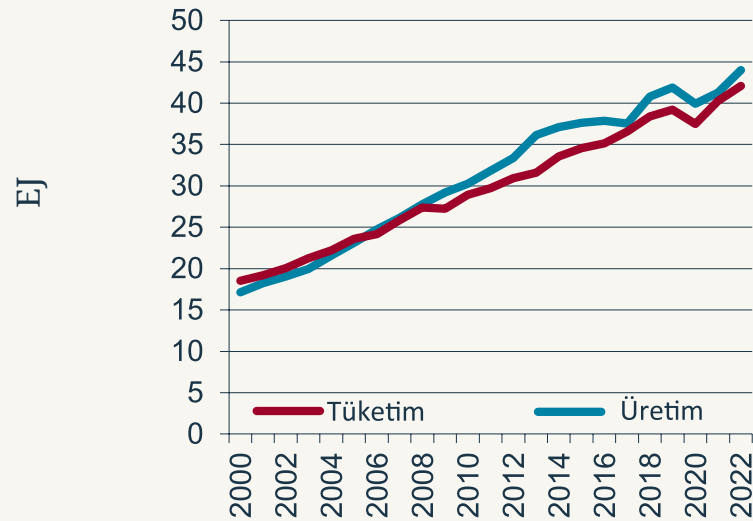
Kömürde Asya-Pasifik pazarını hedefleyen Rusya, ihracat altyapısını sürekli iyileştirmekte, özellikle Çin'den gelen talebi karşılamak üzere ülkenin doğusunda yeni kömür üretim merkezleri geliştirerek bu merkezleri doğudaki limanlarla entegre edecek altyapıyı geliştirmeye odaklanmaktadır.

Çin hariç Asya-Pasifik Bölgesi

Küresel kömür talebinin motoru, uzun yıllardan beri olduğu gibi yine Asya-Pasifik bölgesidir. 2023 yılında başta Avrupa Birliği ve ABD olmak üzere gelişmiş ülkelerde ciddi talep gerilemeleri beklenirken Asya-Pasifik tarafındaki talep artışlarının gelişmiş ülkelerdeki düşüşü fazlasıyla karşılaması öngörülmektedir.

Güneydoğu Asya'da kişi başına elektrik tüketimi halen düşük olan ülkelere gelecek elektrifikasyon talebi önümüzdeki yıllarda kömüre olan talebin en önemli kaynaklarından biri olmaya devam edecektir. Bu ülkeler arasında yer alan Endonezya, Malezya, Filipinler, Vietnam ve Pakistan'ın kömür talebi son 5-6 yılda yukarı yönlü hareketlenmiştir (Şekil 28). Japonya ve Güney Kore'de kömür talebini belirleyecek en önemli faktörler ise elektrik üretiminde nükleer kullanımı ve yenilenebilir enerji sektöründeki gelişmeler olacaktır.

Asya-Pasifik'te yüksek büyüme hızlarını sürdürebilmek ve bu amaçla ihtiyaç duydukları altyapıları inşa edebilmek için kömür kullanımını arttırmakta olan çok sayıda ülke bulunmaktadır. ABD ya da Avrupa'yla kıyaslandığında çok daha genç (bu bölgede kömür santrallerinin ortalama yaşı 15'in altında bulunmakta) kömürlü santral portföyüne sahip olan bu coğrafyanın tamamında son 10 yılda işletmeye alınan elektrik santrallerinin yüzde 40'ı kömüre dayalıdır ve bunlar aynı dönemde dünyada işletmeye alınan kurulu gücün yüzde 26'sını oluşturmaktadır. Bu rakamlarla, dünya kömür tüketiminin yakın zamanlarda hızla gerileyeceğini öngörebilmek oldukça zordur.



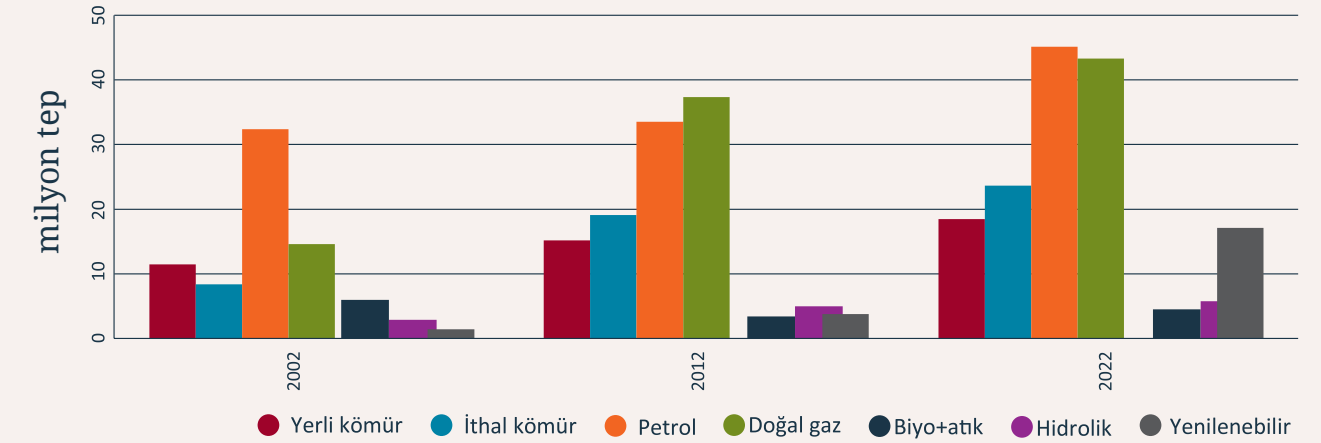
Şekil 28. Çin hariç Asya-Pasifik kömür üretim ve tüketimi



05 | TÜRKİYE'DE KÖMÜR SEKTÖRÜNÜN GÖRÜNÜMÜ

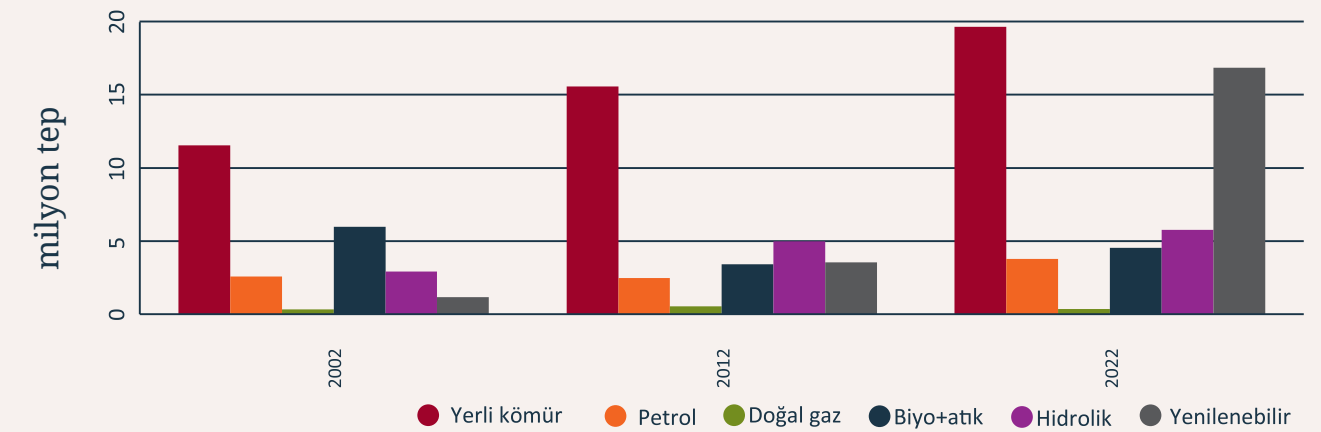
5.1. Birincil enerji tüketimi ve kömürün payı

Ülkemiz birincil enerji tüketimi son yirmi yılda ik kat ve son on yılda ise %35'e yakın artmıştır. Birincil enerji arzı 2022 yılında bir önceki yıla göre yaklaşık %1 gerileyerek 158 milyon tep olmuştur.⁴ Bu arzın kaynaklara dağılımında ilk sırayı 45,1 milyon tep (%28,6) ile petrol almaktadır. Petrolü 43,5 milyon tep (%27,4) ile doğal gaz, 42,1 milyon tep (%26,7) ile kömür, 17,1 milyon tep (%10,8) ile jeotermal, rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir kaynaklar, 5,7 milyon tep (%3,6) ile hidrolik ve 4,5 milyon tep (%2,9) ile odun, hayvan ve bitki artıkları izlemektedir (Şekil 29) (ETKB/EİGM 1970-2022). Kömür tüketiminde yerli kömür 18,4 milyon tep (%11,7) ve ithal kömür ise 23,7 (%15) milyon tep düzeyinde gerçekleşmiştir. 2022 yılında yerli kömür arzı; 89,8 milyon ton linyit, 1,4 milyon ton taşkömürü ve 1,6 milyon ton asfaltit olmak üzere toplam 92,8 milyon ton ve ithal kömür arzı ise 37,6 milyon ton şeklindedir.



Şekil 29 Türkiye birincil enerji arzının kaynaklara dağılımı

Ülkemiz birincil enerji üretimi son yirmi yılda %108 ve son on yılda ise %67 oranında artmıştır. 2022 yılı itibarıyla enerji üretimi bir önceki yıla göre %9'a yakın artarak 50,8 milyon tep şeklinde gerçekleşmiştir. Söz konusu üretimin kaynaklara dağılımında, 19,6 milyon tep (%38,6) ile kömür ilk sırayı alırken, bunu 16,8 milyon tep (%33,1) ile jeotermal, rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları, 5,7 milyon tep (%11,3) ile hidrolik, 4,5 milyon tep (%8,9) ile odun, hayvan ve bitki artıkları,



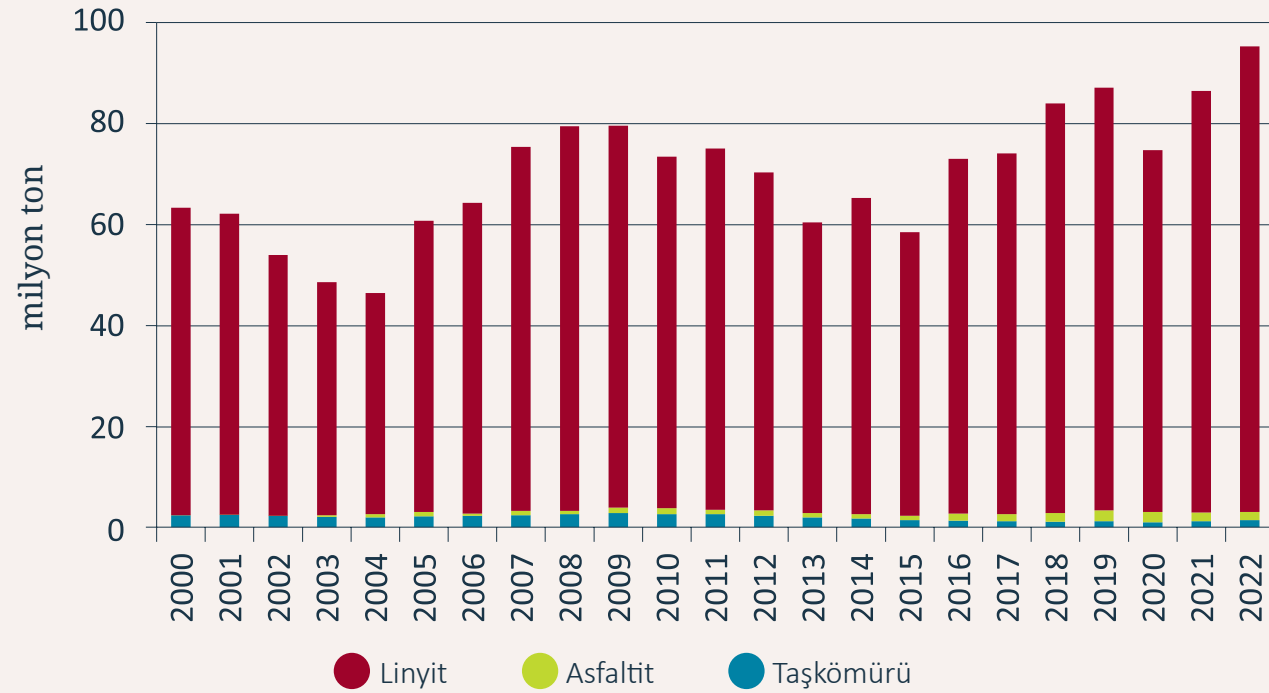
Şekil 30 Türkiye birincil enerji üretiminin kaynaklara dağılımı

⁴ Bu çalışmada veri tabanı olarak, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından derlenen Enerji Denge Tabloları kullanılmıştır. Farklı bir kaynak belirtilmediği takdirde, bu tablolardan alınan verilerin kullanımı söz konusu olacaktır. 2023 yılına ilişkin ETKB verileri, bu raporun hazırlandığı tarihte henüz yayınlanmamıştır.

3,8 milyon tep (%7,4) ile petrol ve 0,3 milyon tep (%0,7) ile doğal gaz izlemektedir (Şekil 30). Yerli kömür üretimi; 18,1 milyon tep (92,3 milyon ton) linyit, 0,8 milyon tep (1,4 milyon ton) taşkömürü ve 0,7 milyon tep (1,6 milyon ton) asfaltit şeklindedir (ETKB/EİGM 1970-2022).

5.2. Kömür üretimi

Türkiye kömür üretimi içinde bulunduğumuz yüzyılda inişli çıkışlı bir seyir izlemiştir. 2000 yılı itibarıyla yaklaşık 63 milyon ton olan satılabilir üretim 2004 yılında 46 milyon ton seviyesine kadar gerilemiş, daha sonra yükselişe geçerek 2008 ve 2009 yıllarında 80 milyon tona kadar yaklaşmıştır. Ancak sonrasında tekrar gerileyerek 2015 yılında 60 milyon tonun altına gelmiş, bu tarihten itibaren –salgın yılı olan 2020 haricinde- her yıl artan üretimler 2022 yılında 95,3 milyon tonla rekor kırmıştır (Şekil 31).



Şekil 31. Türkiye kömür üretimleri

2022 yılı satılabilir kömür üretiminin 1,4 milyon tonu taşkömürü, 92,3 milyon tonu linyit ve 1,6 milyon tonu asfaltit şeklindedir.⁵ Satılabilir üretimin petrol eşdeğeri karşılığı ise 822 bin tep taşkömürü, 18,1 milyon tep linyit ve 666 bin tep asfaltit olmak üzere toplam 19,6 milyon tep düzeyindedir.⁶

⁵ International Coal Classification of the Economic Commission for Europe (UNECE) tarafından belirlenen ve Uluslararası Enerji Ajansı tarafından da kabul edilen tanımlamalara göre; üst ısıl değeri 5.732 kcal/kg altındaki kömürler (alt bitümlü ve linyit) için "kahverengi kömür" terimi kullanılmaktadır. Bununla beraber, söz konusu terimin ülkemizde yaygın kullanımının bulunmaması nedeniyle, bu çalışmada kahverengi kömür yerine linyit terimi 4.165 kcal/kg altındaki üst ısıl değere sahip linyitlerle birlikte 4.165 kcal/kg-5.732 kcal/kg aralığındaki alt bitümlü kömürleri de kapsayacak şekilde kullanılmıştır. Taşkömürü, yine aynı kuruluş tarafından üst ısıl değeri 5.732 kcal/kg'dan yüksek olan antrasit ve bitümlü kömürler olarak tanımlanmaktadır. Asfaltit ise üst ısıl değeri 4.777-5.732 kcal/kg arasında olan, topaklaşma özelliği göstermeyen, sabit karbon içeriği düşük, uçucu madde miktarı ve nem içeriği yüksek kömür cinsi olarak tanımlanmakta ve bu tanım TÜİK ve ETKB tarafından da kullanılmaktadır. Asfaltitler TÜİK ve ETKB'nin çalışmalarında genellikle linyit içerisine dâhil edilmektedir.

⁶ Satılabilir üretim rakamlarına ilişkin olarak ETKB ve TÜİK istatistikleri arasında ciddi farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin 2022 yılı satılabilir kömür üretimi ETKB denge tablolarında 95,3 milyon ton iken TÜİK "Katı yakıtların üretim, ithalat, ihracat, teslimat ve stok değişim miktarları" tablosunda ise 82,3 milyon ton verilmiştir. (Kaynaklar: ETKB/EİGM 1970-2022; TÜİK 2022).

Tüvenan üretim ise, MAPEG verilerine göre, 2022 yılında 1,8 milyon ton taşkömürü, 102,1 milyon ton linyit ve 1,5 milyon ton asfaltit olmak üzere toplam 105,4 milyon ton olmuştur. MAPEG'e göre; linyit üretiminin %28,3'ü TKİ, %23,5'i EÜAŞ ve %0,3'ü diğer olmak üzere %52,1'i kamu ve %47,9'u ise özel sektör tarafından üretilmiştir. Bununla birlikte, kamu linyit üretimi çok büyük oranda özel sektör firmalarına yaptırılmaktadır. Taşkömürü üretimi ise %25 oranında rödevansçı firmalara yaptırılmakta, asfaltit üretimi tamamen özel sektör tarafından gerçekleştirilmektedir. Türkiye'nin, ayrıca, 180 bin ton civarında tüvenan bitümlü sist üretimi bulunmaktadır (MAPEG 2024).

Türkiye, 2022 yılında dünyada en fazla kömür üreten on birinci ülke konumundadır (Tablo 2) (Energy Institute 2023). Bir önceki yıla göre üretimi %10,2 oranında artmıştır. Son 10 yılda üretimi en fazla artan sekizinci ülkedir.

Tablo 2. En fazla kömür üreten ülkeler sıralaması

Ülke	Üretim (ton)	Pay (%)
Çin	4.560.000.000	51,8
Hindistan	910.900.000	10,3
Endonezya	687.400.000	7,8
ABD	539.400.000	6,1
Avustralya	443.400.000	5,0
Rusya	439.000.000	5,0
Güney Afrika Cumhuriyeti	225.900.000	2,6
Almanya	132.500.000	1,5
Kazakistan	118.000.000	1,3
Polonya	107.500.000	1,2
TÜRKİYE	95.300.000	1,1
Diğer	544.000.000	6,2

5.2.1. Taşkömürü üretimi

1970'li yıllarda yıllık 5 milyon ton seviyesine kadar çıkan, ancak 1980'li yıllardan itibaren sürekli düşen taşkömürü satılabilir üretimleri 2004 yılından sonra tekrar hareketlenmiş ve 2009 yılında 2,9 milyon ton düzeyine kadar yükselmiştir. Ancak 2009 sonrası tekrar düşme eğilimine giren üretim 2020 yılında 1,1 milyon ton ile son 95 yılın en düşük seviyesine kadar gerilemiştir (Şekil 32) (TTK 2023). Zonguldak Taşkömürü Havzası'nda 2022 yılı üretimi ise 1,4 milyon ton olmuştur.

Havzanın, Türkiye enerji talebine katkısı 2000 yılında yüzde 1,3 düzeyindeyken 2022 yılında binde 5 düzeyine kadar gerilemiştir.

Zonguldak Havzası'nda 2022 yılındaki toplam üretimin %76'sı Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) tarafından gerçekleştirilmiş, kalan miktar ise özel sektör firmalarına yaptırılmıştır.

Ancak, 2008-2011 yılları arasında yaklaşık 1 milyon ton seviyesini yakalayan özel sektör üretimleri de -TTK üretimlerinde olduğu gibi- daha sonra sürekli düşerek 2022 yılında 338 bin ton düzeyine kadar gerilemiştir. Zonguldak Havzası'nın karmaşık jeolojik yapısı yeraltında tam

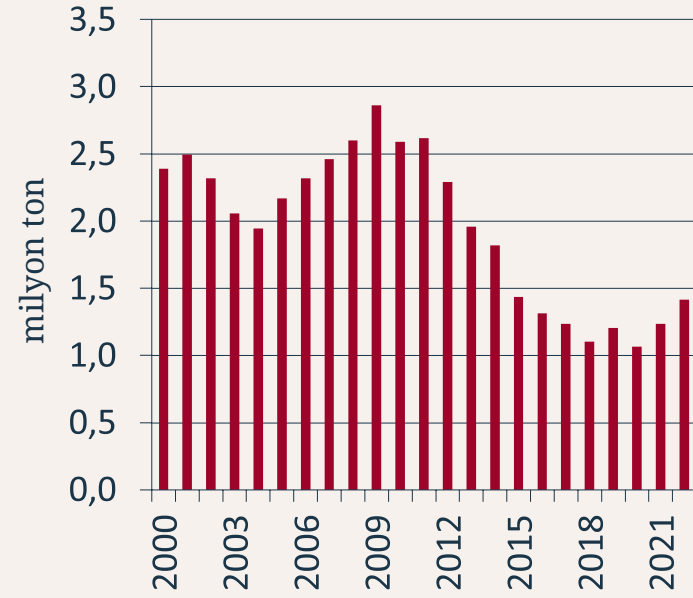
mekanizasyona gidilmesini engellemekte ve oluşan yüksek maliyetler ithal kömür fiyatlarıyla rekabet edemeyince üretimin gerilemesi de kaçınılmaz olmaktadır.

Türkiye'nin taşkömürü üretimi, toplam küresel üretimle karşılaştırıldığında neredeyse ihmal edilebilir düzeydedir. Dünya taşkömürü üretiminin 7 milyar tona yakın olduğu dikkate alındığında Türkiye'nin payı sadece on binde 1,6 olmaktadır.

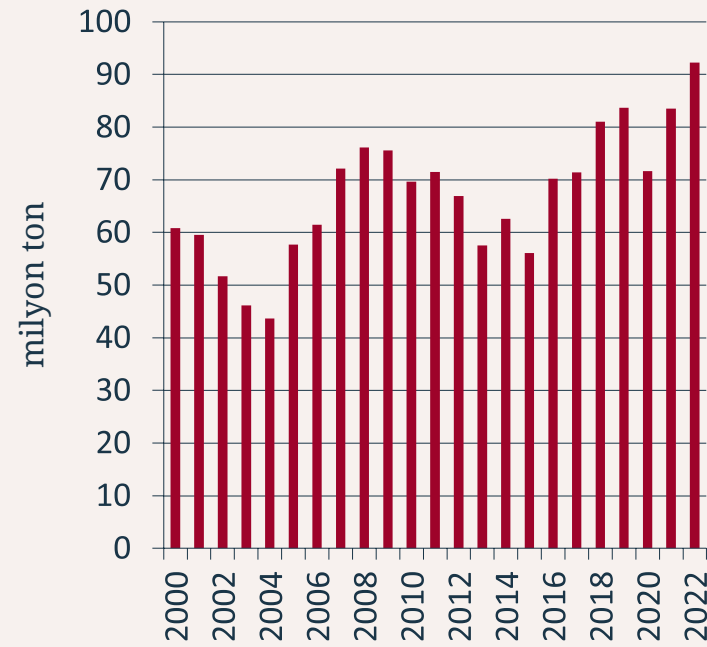
5.2.2. Linyit üretimi

Türkiye'de linyit üretimleri, petrol krizlerine bağlı olarak 1970'li yılların başlarından itibaren elektrik üretimine yönelik kömüre dayalı santral yatırımlarının başlamasıyla hızlanmıştır. 1976 yılında 10 milyon tonun üzerine çıkan linyit üretimi 1998 yılında yaklaşık 65 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Ancak, bu tarihten itibaren, özellikle doğal gaz "al ya da öde" anlaşmaları nedeniyle linyit üretimi sürekli azalarak 2004 yılında 43,7 milyon ton düzeyine kadar gerilemiştir. Bu tarihten sonra tekrar yükselen linyit üretimleri 2008 yılında 76 milyon ton ile o zamana

kadar olan en yüksek seviyesini görmüştür. Daha sonra tekrar düşmeye başlayan üretimler özellikle termik santral özelleştirmeleri sürecinde 56 milyon ton düzeyine kadar gerilemiştir. Özelleştirmeler sonrası tekrar yükselişe geçen satılabilir linyit üretimi 2022 yılında 92,3 milyon ton ile rekor kırmıştır (Şekil 33).



Şekil 32. Taşkömürü üretimleri



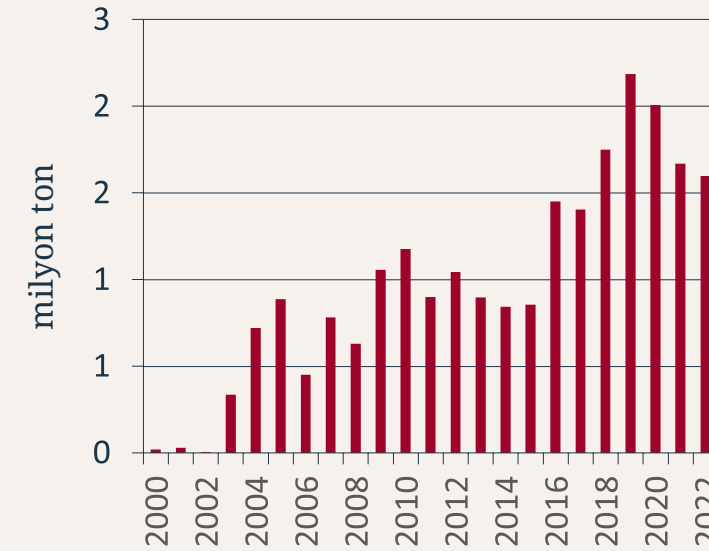
Şekil 33. Linyit üretimleri

Özelleştirmeler neticesinde Türkiye kömür sektörünün kamu ağırlıklı yapısı büyük ölçüde değişmiştir. 2011 yılında 44 milyon ton civarında kömür üretimi yapan sektörün lokomotif kuruluşu TKİ 2018 yılında sadece 22 milyon ton üretebilmiştir (TKİ 2023). TKİ'nin 2022 yılı satılabilir kömür üretimi, rödevanslı sahalarda ve ruhsat devri yöntemi ile özel sektör firmaları tarafından yapılan üretimler de dâhil edildiğinde 33,5 milyon ton olmaktadır. Ancak bu üretimin çok küçük bir bölümü TKİ'nin kendi öz imkânlarıyla gerçekleştirilmektedir. EÜAŞ için de benzer bir durum söz konusudur (EÜAŞ 2023). Tüm bu gelişmeler sonucunda yakın zamana kadar ülkemiz kömür üretiminin yaklaşık yüzde 90'ını gerçekleştiren kamu kuruluşları, yerlerini büyük ölçüde özel sektöre bırakmışlardır.

Türkiye, Almanya ve Çin'in ardından dünyada en fazla linyit üreten üçüncü ülkedir. Küresel üretimdeki payı %10 düzeyine yaklaşmaktadır.

5.2.3. Asfaltit üretimi

Türkiye asfaltit üretimleri uzun yıllar boyunca büyük oranda TKİ tarafından yapılmış, ancak üretim hacmi genellikle oldukça düşük düzeylerde kalmıştır. 2003 yılında Silopi Asfaltit Sahası'ndaki Harbul ve Silip filonlarını TKİ'den rödevans karşılığında alan Ciner Grubu'nun bu asfaltitlere dayalı Silopi Termik Santrali'nin kuruluşunu gerçekleştirmesiyle asfaltit üretimleri de önemli ölçüde artmıştır. Santralin işletmeye girişiyle birlikte 1 milyon tonun üzerine çıkan asfaltit üretimi 2019 yılında 2,2 milyon ton düzeyine kadar yükselmiştir. 2022 yılı üretimi ise 1,6 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Şekil 34).

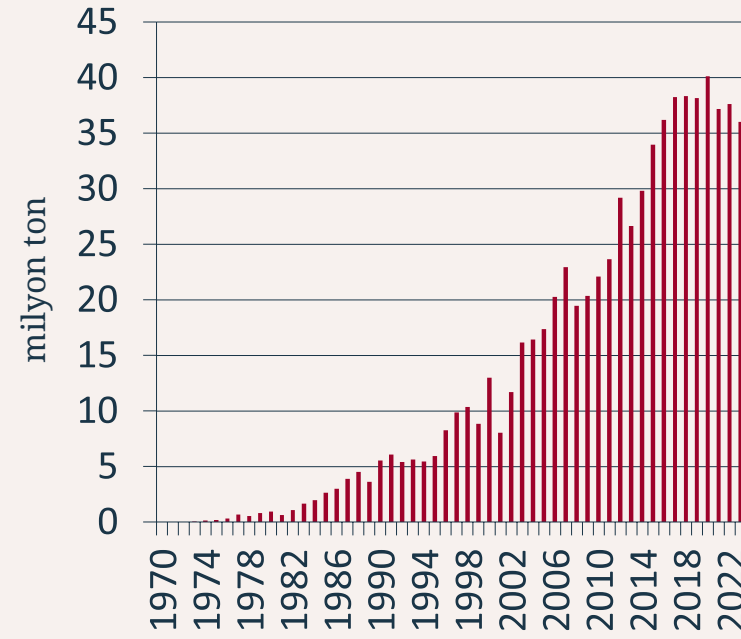


Şekil 34. Asfaltit üretimleri

5.3. İthalat

5.3.1. İthalatın gelişimi

1980'li yıllardan önce oldukça düşük miktarlarda başlayan Türkiye'nin kömür ithalatı, 1990'lı yılların sonlarında 10 milyon tonun ve 2000'li yılların ortalarında ise 20 milyon tonun üzerine çıkmıştır. Kömür ithalatındaki artış oranı 2007-2017 yılları arasındaki on yılda %67 düzeyindedir. Ancak ithalat, 2017 sonrası hız kesmiş ve 2017, 2018, 2019 yıllarında 38 milyon ton civarında seyretmiştir. 2020 yılında ise 40,1 milyon ton ile tepe noktasını görmüştür (Şekil 35). 2022 yılı ithalatı 37,6 milyon ton, 2023 yılı ithalatı ise yaklaşık 36 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 35. Türkiye'nin kömür ithalatı

Son yıllarda ithal kömür santral yatırımlarındaki duraklama, ithalatın hızının kesilmesindeki en önemli faktördür. Yatırımlardaki duraklamanın devam ettiği dikkate alındığında, ithalatın daha fazla artmayacağı öngörülebilir.

Türkiye'de ithal kömürün geleceğini büyük ölçüde küresel kömür piyasalarındaki gelişmeler belirleyecektir. Bu çerçevede, küresel kömür fiyatları ithal tüketimini etkileyecek en önemli parametreler arasında yer almaktadır. Fiyat artışının yönüyle ilgili olarak, Asya-Pasifik bölgesinde, özellikle Çin ve Hindistan'da bugün için yüksek belirsizlik taşıyan talebin geleceği ve ihracatçı ülkelerin bu talebe yönelik yatırım davranışları etkili olacaktır. Dünya kömür fiyatları ile yerli kömürün maliyeti arasındaki denge, yerli kömür projelerinin fizibilitesi ve dolayısıyla Türkiye kömür sektörünün geleceği açısından da önemlidir.

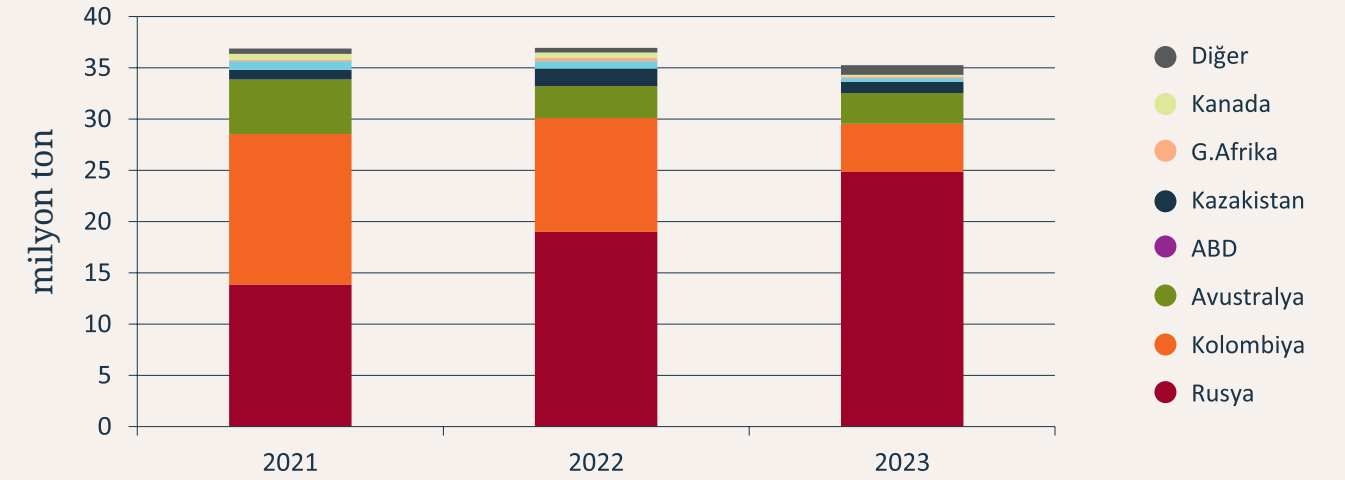
Önümüzdeki yıllarda Atlantik Bölgesi ithalatının çok daha azalacağını öngörmek mümkündür. Bölgenin en büyük üç tedarikçisi olan Kolombiya, Rusya ve Güney Afrika Cumhuriyeti, Türkiye'nin kömür ithalatının yüzde 80'inden fazlasını sağlamaktadır. Dolayısıyla, bu üç ülkenin yatırım davranışları Türkiye kömür sektörü tarafından yakından takip edilecektir. Bu noktada Türkiye açısından en büyük risklerden biri bu ülkelerin pazar yönelimlerini Atlantik bölgesinden Pasifik tarafına yoğunlaştırmalarıdır. Böyle bir gelişme, bu ülkelerdeki Avrupa hedefli yatırımların azalmasına ve Türkiye'ye bugün olduğundan daha maliyetli ithalat yapılmasına yol açabilir.

5.3.2. İthalat yapılan ülkeler

Türkiye'de kömür ithalatının yaklaşık %80'i Kolombiya ve Rusya Federasyonu'ndan yapılmaktadır. 2021 yılına kadar bu iki ülkeden yaklaşık eşit oranlarda

ithalat yapılmaktayken 2022 Şubat ayında ortaya çıkan Rusya-Ukrayna savaşı nedeniyle uygulamaya konulan Avrupa Birliği ambargolarıyla birlikte Rusya'nın ithalatımızdaki payı da hızla artmış ve 2022 yılında %51'e, 2023 yılında %70'e kadar yükselmiştir. Kolombiya'dan yapılan ithalat ise aynı oranda gerilemiştir (Şekil 36) (TÜİK 2024).

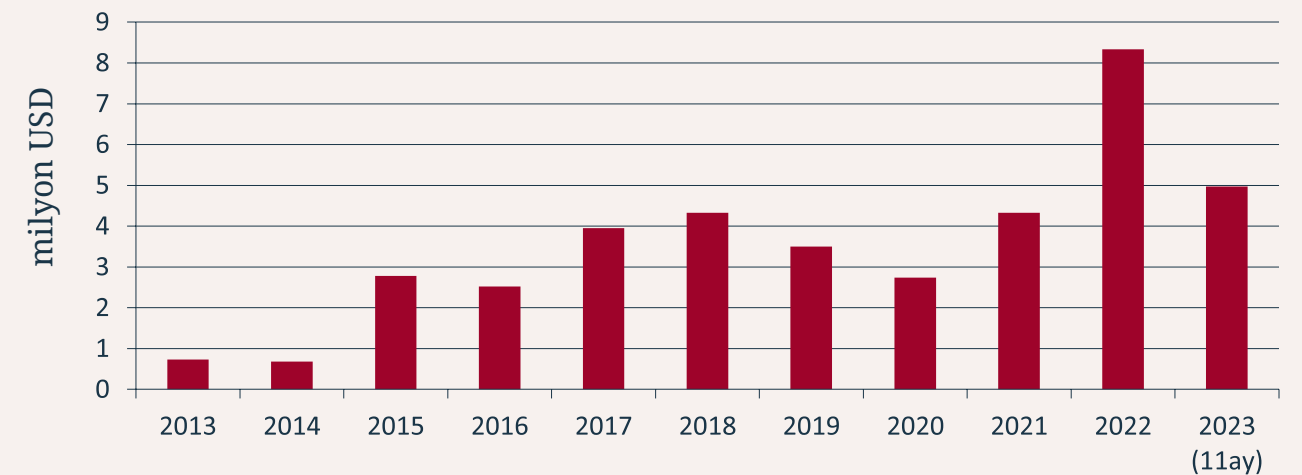
Rusya'dan yapılan ithalat son 3 yılda (2021-2023) sırasıyla 14 milyon ton, 19 milyon ton ve 25 milyon ton olurken Kolombiya'dan yapılan ithalat, sırasıyla, 14,7 milyon ton, 11 milyon ton ve 4,7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2023 yılında bu iki ülkeyi 3 milyon ton ile Avustralya ve 1,1 milyon ton ile ABD izlemiştir. 2023 yılında bu 4 ülkeden yapılan kömür ithalatı toplam ithalatın yüzde %95'i düzeyindedir.



Şekil 36. Ükelere göre kömür ithalatı

5.3.3. İthalat faturası

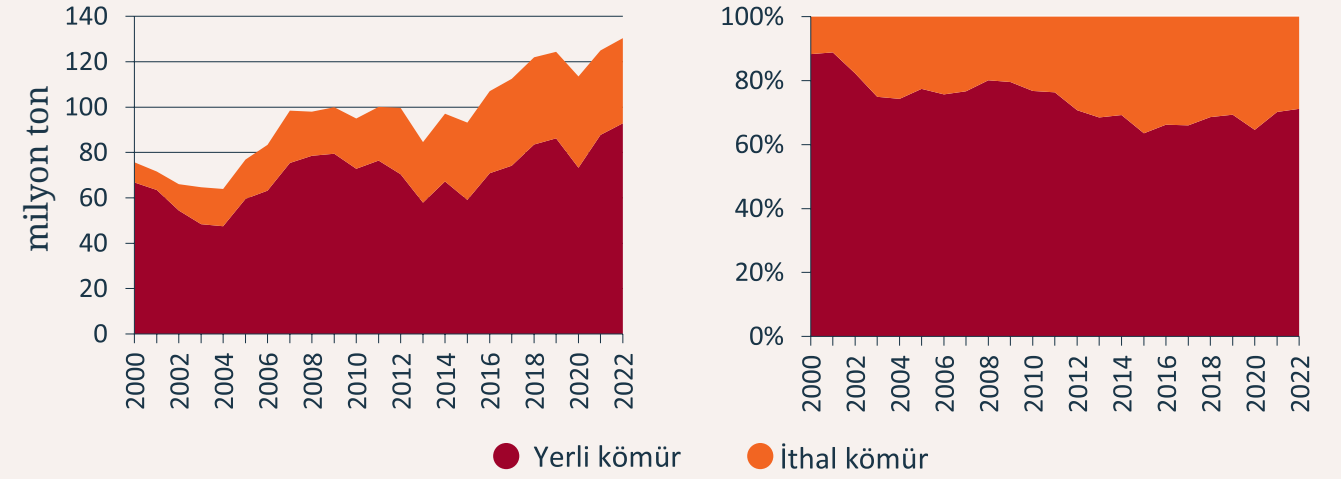
Uluslararası kömür fiyatlarında son yıllarda yaşanan oynaklık, Türkiye'nin her yıl ithalata ödediği döviz tutarlarında da farklılıklara neden olmaktadır. Son 3 yılda yapılan ithalat miktarı yaklaşık aynı olmakla birlikte döviz faturası; 2021 yılında 4,5 milyar dolar, 2022 yılında 8,5 milyar dolar ve 2023 yılında ise 5 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir (Şekil 37). 2023 yılında faturanın daha fazla kabarmasına engel olan en önemli neden ise Rusya'dan alınan kömürlerin uluslararası piyasalarda mevcut fiyatlardan oldukça aşağı seviyelerde olmasıdır.



Şekil 37. Ükelere göre kömür ithalatı

5.4. Kömür tüketimi ve sektörlere göre dağılımı

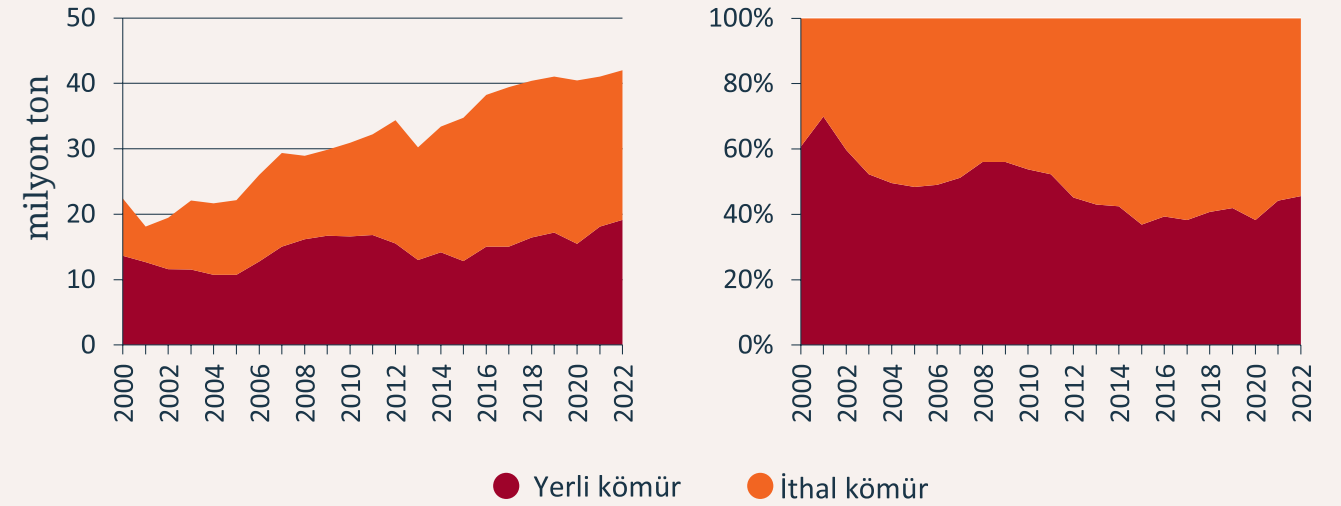
Türkiye'de kömür tüketimi 2000'li yılların başında yaklaşık 80 milyon ton seviyesindeyken 2004 yılında 64 milyon tona kadar gerilemiş, 2007-2015 yılları arasında ise -2013 yılındaki 85 milyon ton dışında- 90-100 milyon ton aralığında seyretmiştir. 2016 yılından itibaren 100 milyon ton seviyesini aşan tüketim 2022 yılında bir önceki yıla göre %5,8 oranında artarak yaklaşık 130 milyon ton şeklinde gerçekleşmiştir (Şekil 38). Türkiye, 2022 yılında dünyada -miktar bazında- en fazla kömür tüketen dokuzuncu ülke konumundadır (Tablo 3) (Energy Institute 2023). Isıl değer dikkate alındığında ise dünyadaki sıralaması on ikincilik olmaktadır ve son 10 yılda tüketimi en fazla artan ülkeler arasında onuncu sıradadır.



Şekil 38. Türkiye kömür tüketimi (miktar bazında)

Tablo 3. En fazla kömür tüketen ülkeler sıralaması (2022)

Ülke	Üretim (ton)	Pay (%)
Çin	4.520.000.000	53,7
Hindistan	1.162.000.000	13,8
ABD	455.000.000	5,4
Rusya	249.000.000	3,0
Endonezya	216.000.000	2,6
Japonya	185.000.000	2,2
Almanya	168.000.000	2,0
Güney Afrika Cumhuriyeti	155.000.000	1,8
TÜRKİYE	130.000.000	1,5
Polonya	111.000.000	1,3
Güney Kore	110.000.000	1,3
Diğer	954.000.000	11,3

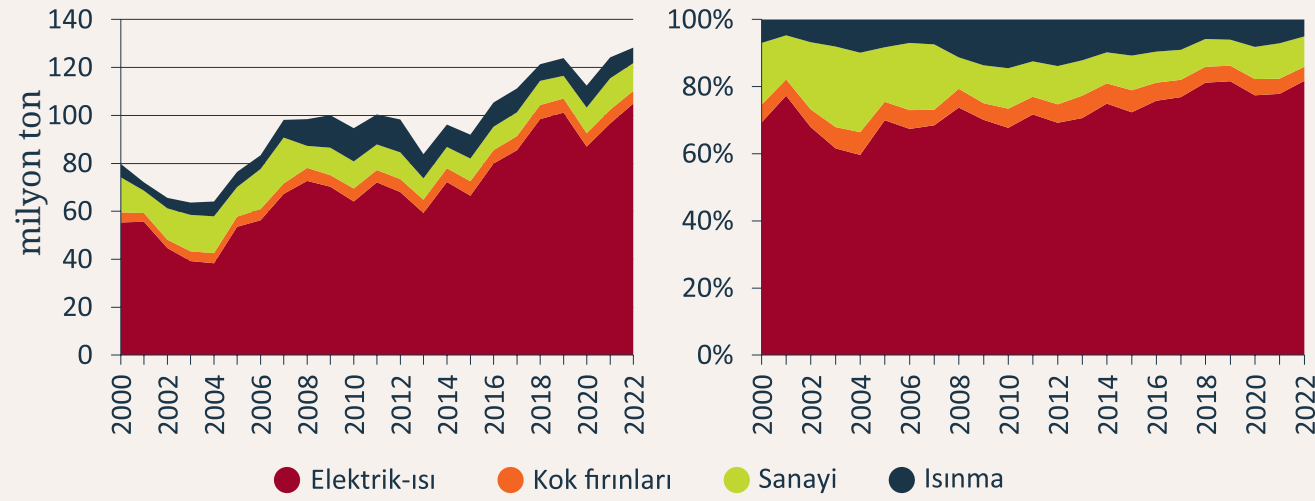


Şekil 39. Türkiye kömür tüketimi (ısıl değer bazında)

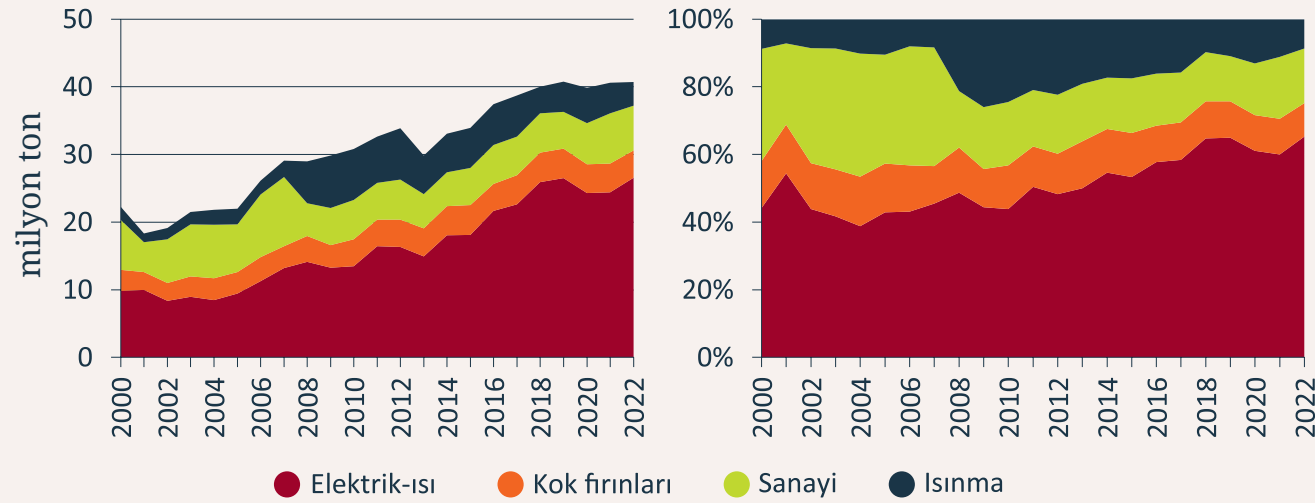
Toplam kömür tüketimi içinde yerli kömürlerin –miktar bazında– payı 2022 yılı itibarıyla %71 ve ithal kömürlerin payı ise %29 düzeyindedir (Şekil 38). Bununla beraber, -yerli kömürlerin ısıl değerlerinin ithal kömürlere göre çok daha düşük olması nedeniyle- eşdeğer petrol cinsinden bakıldığında durum tersine dönmektedir. Bu durumda, yerli kömürlerin payı %46 ve ithal kömürlerin payı ise %54 olmaktadır (Şekil 39).

Türkiye'de kömür tüketiminin sektörel dağılımında en büyük pay 1970'lerin sonlarından itibaren her zaman elektrik üretiminin olmuştur. 1980'lerin sonlarında %50 düzeyini geçen bu pay, 2022 yılında -miktar bazında- %82 düzeyindedir ve her geçen yıl artmaya devam etmektedir (Şekil 40).

Kömürün elektrik santrallerindeki payının artışına paralel olarak ısınma, sanayi ve kok fabrikalarındaki tüketim payları düşmüştür. Bugün, bu sektörlerin tüketim payları, sırasıyla; %5, %9 ve %4,1 düzeyindedir. Bununla beraber, tüketim paylarına ısıl değer (petrol eşdeğeri) olarak baktığımızda; elektrik santrallerinin payı %65,3, ısınmanın payı %8,6, sanayinin payı %16,2 ve kok fabrikalarının payı ise %9,9 olmaktadır (Şekil 41).



Şekil 40. Türkiye kömür tüketiminin sektörel dağılımı (miktar bazında)



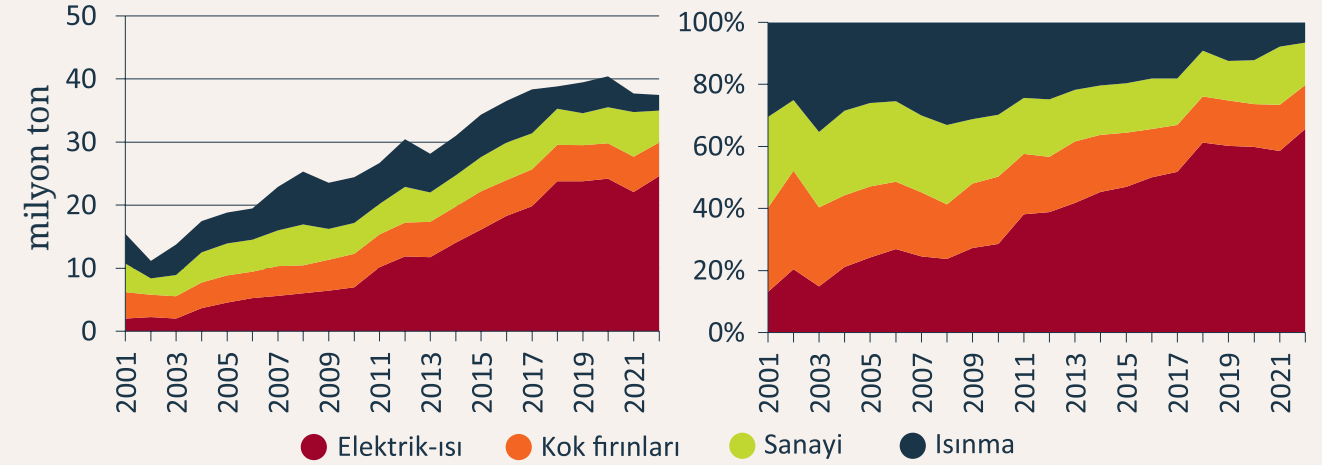
Şekil 41. Türkiye kömür tüketiminin sektörel dağılımı (ısı değer bazında)

5.4.1 Sektörlere göre taşkömürü tüketimi

Türkiye’de taşkömürü tüketimi 1980’li yıllara kadar ağırlıklı olarak Zonguldak Havzası’ndan üretilen yerli taşkömürüdür. 1970’li yıllarda gündeme gelen kömür ithalatı sonraki yıllarda hızlanarak artmış ve ithal kömürün tüketimi 1980’li yılların sonlarına doğru yerli taşkömürlerini geçmiştir. 2022 yılı itibarıyla yerli taşkömürlerinin payı oldukça düşük bir düzeydedir ve taşkömürü tüketiminin neredeyse tamamı artık ithal kömür şeklinde gerçekleşmektedir.

Türkiye’de taşkömürleri 1995 yılına kadar havagazı ve 2000 yılına kadar ulaştırma sektöründe tüketilmekle beraber, bugün elektrik santralleri, kok fabrikaları, sanayi ve ısınma şeklinde dört temel alanda tüketilmektedir. Tüketimin yarısından

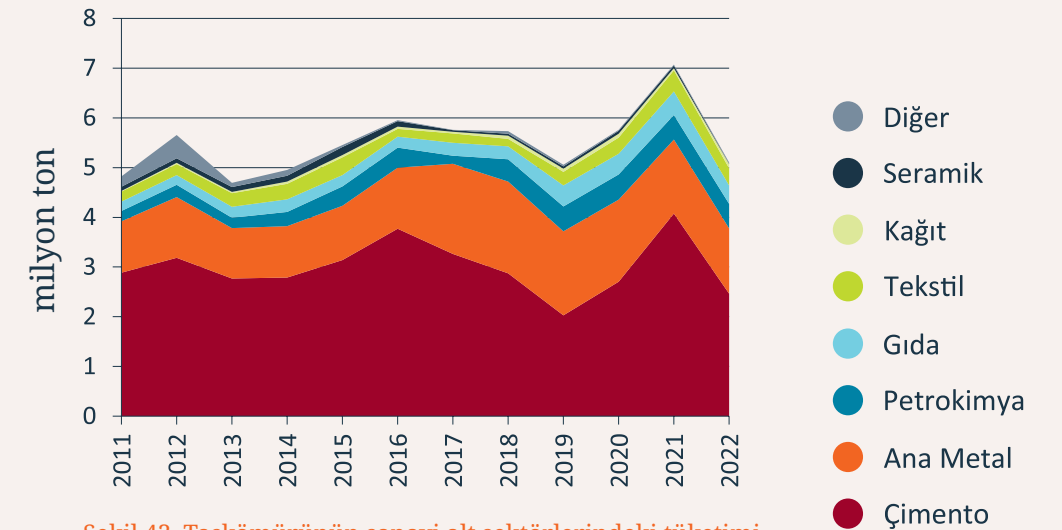
fazlası 1990’lı yılların ortalarına kadar kok fabrikalarında. Bununla beraber, bu tarihlerden sonra denge düzenli olarak elektrik santrallerine doğru gelişmiştir. 10 yıl önce 2012 yılında elektrik santrallerindeki tüketimin payı %39 iken 2022 yılında %66’ya yükselmiştir. Aynı dönemde kok fabrikalarının payı %18’den %14’e, sanayi tüketiminin payı %19’dan %14’e ve ısınmadaki tüketimin payı ise %25’den %7’ye gerilmiştir (Şekil 42).⁷



Şekil 42. Taşkömürü tüketiminin sektörel dağılımı

Taşkömürünün sanayi alt sektörlerindeki tüketiminin 2011-2022 yılları⁸ arasındaki gelişimi Şekil 43’de verilmektedir. 2022 yılı itibarıyla taşkömürünün sanayideki kullanımı %74 oranında iki ana sektördedir. En yüksek tüketim yeri %48 ile çimento fabrikalarıdır, bunu %26 ile ana metal sanayisi izlemektedir. Taşkömürünün toplam sanayi tüketimi, -2021 yılındaki 7 milyon tonluk tüketim hariç- 5 ile 6 milyon ton gibi dar bir aralıkta seyretmektedir.

Isınma amaçlı taşkömürü kullanımı ise 2018 yılına kadar 6-7 milyon tonluk bir aralıkta hareket etmiş, ancak 2018 yılından itibaren gerileme eğilimine girmiştir. 2022 yılında ısınma amaçlı taşkömürü tüketimi 2,5 milyon tona kadar düşmüştür.



Şekil 43. Taşkömürünün sanayi alt sektörlerindeki tüketimi

⁷ Enerji Denge Tablolarında özellikle geçmiş yıllara ilişkin verilerde zaman zaman hatalar tespit edilebilmektedir. Örneğin burada, taşkömürünün sanayi ve ısınmada tüketimiyle ilgili 1996-2007 tarihleri arasında doğal akışa uygun olmayan veriler tespit edilmiş olup bunlar belirli varsayımlara göre düzeltilmeye çalışılmıştır.

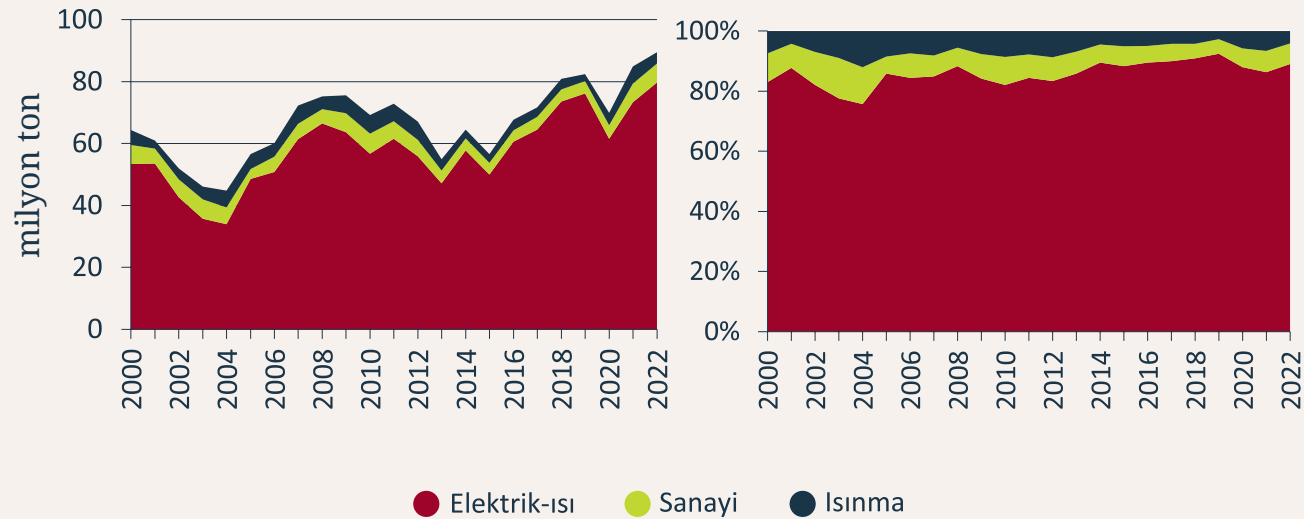
⁸ Denge tablolarında sanayi alt sektörlerindeki verilerin 2011 yılından itibaren daha detaylı verilmeye başlanması nedeniyle, bu çalışmada, alt sektörler bazındaki verilerin analizinin 2011 ve sonrası dönem temel alınmak suretiyle yapılması tercih edilmiştir.

Yerli taşkömürü tüketimi ise Zonguldak Havzası'ndaki üretimin düşmesine bağlı olarak gerilemiştir. Havzada TTK tarafından üretilen kömürlerin satışları üç sektöre yapılmaktadır: Kardemir ve Erdemir demir-çelik fabrikalarına, Çatalağzı Termik Santrali'ne (ÇATES) ve ısınma ağırlıklı olmak üzere muhtelif sektörler. 2022 yılı itibarıyla demir-çelik sektörünün payı %16,3, termik santralin payı %75,4 ve ısınma ile muhtelif payı ise %8,3 düzeyindedir (TTK 2023). Bununla beraber, bu üç sektörde tüketilen yerli taşkömürü miktarı 10 yıl öncesine göre yaklaşık %25 oranında azalmıştır.

5.4.2. Sektörlere göre linyit tüketimi

1970'li yıllara kadar linyitin %70'e yakın kısmı ısınma amaçlı konut ve işyerleri ile sanayi sektörlerinde tüketilmiştir. Ancak, daha sonraki yıllarda özellikle büyük kapasiteli termik santrallerin devreye alınmasıyla elektrik üretimindeki kullanım payı hızla yükselmiş ve sanayi sektörleri ile ısınmanın payı aynı oranda gerilemiştir. Linyit arzı 1998 yılında 64,5 milyon ton düzeyine kadar yükselirken elektrik santrallerine verilen linyit miktarı da 1979-1999 arası dönemde yaklaşık 11 kat artarak 1999 yılında 53,8 milyon ton olmuştur. 2000'lerin başlarında, özellikle doğal gaz "al ya da öde" anlaşmaları nedeniyle yıllık 44 milyon ton düzeyine kadar düşen toplam linyit arzı 2005 ve 2006 yıllarında işletmeye giren Afşin-Elbistan B ve Çan Termik Santrallerinin de etkisiyle 70 milyon ton düzeyinin de üzerine çıkmıştır.

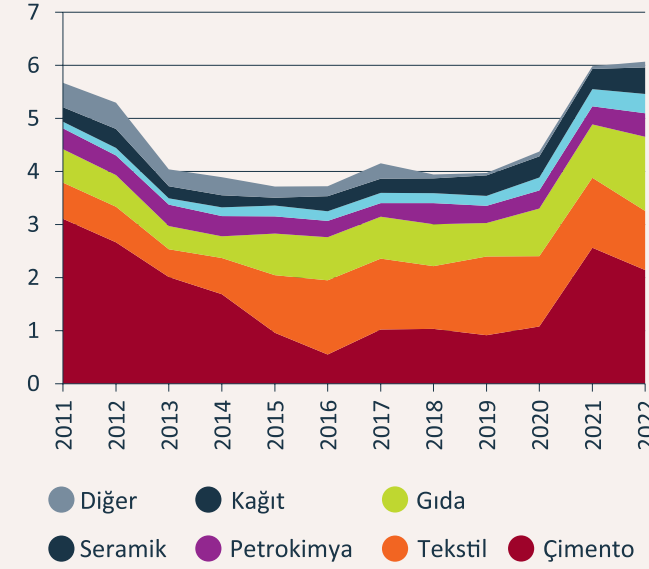
2022 yılı itibarıyla piyasaya arz edilen toplam 89,5 milyon ton linyitin 79,7 milyon tonu (%89) elektrik santrallerinde, 6,1 milyon tonu (%6,8) sanayi sektörlerinde ve 3,7 milyon tonu (%4,2) ise ısınmada tüketilmiştir. Isıl değer bazında ise elektrik üretiminin payı %74, sanayinin payı %16,5 ve ısınmanın payı ise %9,5 olmuştur (Şekil 44).



Şekil 44. Linyit tüketiminin sektörel dağılımı

Linyitin sanayi alt sektörlerindeki tüketiminin, 2011-2022 yılları arasındaki gelişimi Şekil 45'de verilmektedir. Bu noktada üç sektör ön plana çıkmaktadır. Bunlar, 2022 yılı itibarıyla sırasıyla; çimento (%35), gıda (%23) ve tekstil (%18) sektörleridir. 2014-2020 arasında kömür tüketimi açısından gerileme yaşanan çimento sektörü, 2021

ve 2022 yıllarında tekrar yükselişe geçmiştir. Genel olarak bakıldığında, linyitin sanayideki kullanımı son 3 yıldır artış eğilimindedir.



Şekil 45. Linyitin sanayi alt sektörlerindeki tüketimi

Yerli linyitlerin ısınma amacıyla kullanımı ise 1980'li yıllarda 10 milyon ton düzeyine kadar yükselmesine karşın 1987 yılından sonra sürekli düşerek 2001 yılında yaklaşık 2,5 milyon tona kadar gerilemiştir. Bu tarihten sonra, "ihtiyaç sahibi ailelere kömür yardımı" sosyal politikasının da etkisiyle linyitin ısınmadaki kullanımı tekrar yükselmiş ve 6 milyon ton düzeyini yakalamıştır. Son yıllarda istikrarsız seyreden ısınma amaçlı kömür tüketimi 2022 yılında 3,7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.

5.4.3. Sektörlere göre asfaltit tüketimi

Asfaltitler, 2009 yılına kadar sanayi sektörlerinde ve ısınma amaçlı olarak konut ve işyerlerinde tüketilmiş, 2009 yılından itibaren o tarihte işletmeye alınan Silopi Santrali'nin kömür ihtiyacını karşılamıştır. 2022 yılı itibarıyla yaklaşık 1,6 milyon ton asfaltit arzının %53'ü termik santralde, %28'i sanayide ve %19'u ısınma amaçlı olarak tüketilmiştir.

5.5. Elektrik üretiminde kömür kullanımı

Türkiye elektrik üretiminde yerli kömürlerin kullanımı her zaman öncelikli olmuş, ithal kömürlerin kullanımı ise 2000'li yıllardan itibaren gündeme gelmiştir. 2024 yılı Şubat ayı itibarıyla kömüre dayalı santral kurulu gücü 21.814 MW düzeyindedir. Bu santrallerin 10.194 MW'ı (%46,7) linyit, 10.374 MW'ı (%47,6) ithal kömür, 841 MW'ı (%3,9) yerli taşkömürü ve 405 MW'ı (%1,8) asfaltit santralidir (Tablo 4) (TEİAŞ 2024b; TEİAŞ 2024a).

Tablo 4 Kuruluş ve kaynaklara göre kömüre dayalı kurulu güç

	Elektrik Üretim AŞ		İşletme Hakkı Devri		Serbest Üretim Şirketleri		TOPLAM	
	Adet	MW	Adet	MW	Adet	MW	Adet	MW
Linyit	4	2.424	1	1.355	42	6.415	47	10.194
Yerli taşkömürü	-	-	-	-	4	841	4	841
Asfaltit	-	-	-	-	1	405	1	405
İthal kömür	-	-	-	-	16	10.374	16	10.374
Toplam	4	2.424	1	1.355	63	18.035	68	21.814

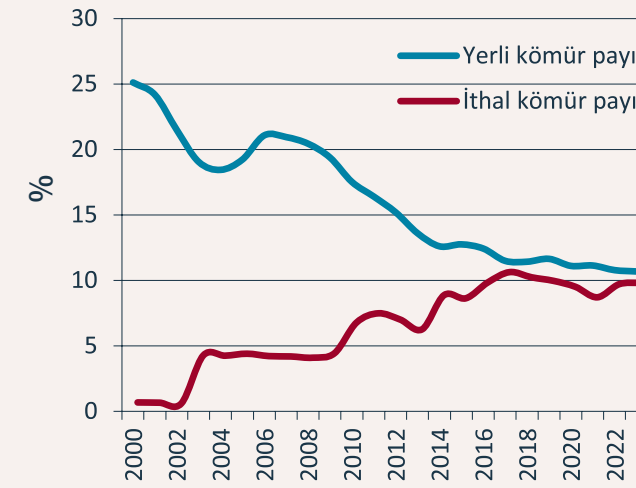
2024 yılı başı itibarıyla 106.635 MW büyüklüğündeki Türkiye elektrik kurulu gücü içinde yerli kömürün payı %10,7 (11.440 MW), ithal kömürün payı ise %9,7 (10.374 MW) düzeyindedir. 2023 yılında toplam 330,3 TWh brüt elektrik üretimi içinde ise yerli kömürün payı %14,8 (49 TWh), ithal kömürün payı %21 (69,3 TWh) olmuştur.

5.5.1. Yerli kömüre dayalı elektrik üretimi

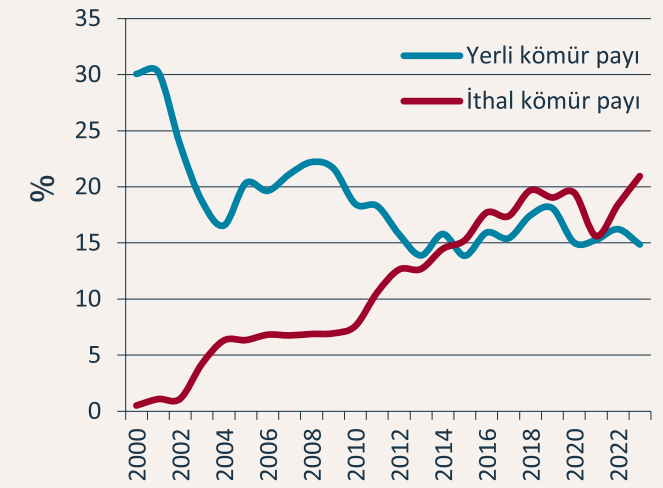
Türkiye elektrik üretimi içerisinde kömürlü santrallerin payı, 1960'lı yıllara kadar son derece yüksektir. Ancak, 1950'li yılların sonlarından itibaren yüksek kapasiteli hidrolik barajların ve 1967 yılından itibaren ise petrol ürünlerinin elektrik üretiminde yoğun şekilde kullanılması, kömürlü santrallerin payını 1970'li yıllar boyunca önemli ölçüde geriletmiştir. Bununla beraber, özellikle 1970'li yıllarda yaşanan iki büyük petrol krizinin etkisiyle elektrik üretiminde kömür kullanımı tekrar sığrama yapmış ve 1986 yılında kömürlü santrallerin payı %50'ler düzeyini tekrar yakalamıştır.

Bununla beraber, Türkiye elektrik üretiminde kömürün karşısına 1986 yılından itibaren yeni bir rakip çıkmıştır: Doğalgaz. Bu tarihten sonra doğalgazın elektrik üretimindeki payı sürekli artış gösterirken, yerli kömürlerin payı ise aynı oranda azalmıştır. 2000 yılından itibaren yerli kömüre bir diğer rakip ise ithal kömür olmuştur. Söz konusu yıldan itibaren ithal kömür santrallerinin elektrik üretimindeki payı hızla yükselmiş ve 2015 yılında yerli kömürün payını geçmiştir.

Yerli kömürün ülkemiz elektrik kurulu gücü ve brüt elektrik üretimi içindeki payı hızla düşmektedir (Şekil 46 ve Şekil 47). 1986 yılında %37,3 seviyesine kadar yükselen kurulu güç içindeki pay 2004 yılında %18,4 düzeyine gerilemiş, 2005 ve 2006 yıllarında devreye alınan Çanakkale Çan ve Afşin-Elbistan B santralleri ile %21'e kadar yükseltilebilmişse de daha sonra bu alanda yeni bir yatırımın devreye girmemesi nedeniyle 2013 yılında yerli kömürün kurulu güç içindeki payı %13,5 ve 2014 yılında ise %12,5 olarak gerçekleşmiştir. 2024 yılı başında ise %10,7 seviyesine kadar düşmüştür.



Şekil 46. Toplam kurulu güç içinde kömürün payı



Şekil 47. Brüt elektrik üretimi içinde kömürün payı

Ülkemiz elektrik üretiminde kullanılan yerli kömürler, ağırlıklı olarak düşük kaliteli ve linyit olarak ifade edilen kömürler olup, yerli taşkömürünün kullanımı 1989 yılında devreye alınan 300 MW kurulu gücündeki Çatalağzı B Santrali'yle sınırlıdır. Linyite dayalı büyük kapasiteli termik santrallerin yaygınlaşması 1973 yılından itibaren başlamıştır. Bu tarihten sonra 2000 yılına kadar, yerli kömüre dayalı büyük ölçekli termik santraller ardı ardına kurulmuştur. Bunlar arasında; Seyitömer, Tunçbilek B, Soma B, Yatağan, Yeniköy, Kemerköy, Afşin-Elbistan A, Çayırhan, Kangal ve Orhaneli santralleri bulunmaktadır.

Bununla beraber, 2000 ile 2005 yılları arasında yerli kömüre dayalı herhangi bir termik santral işletmeye alınamamıştır. Beş yıllık bir aradan sonra, 2005-2006 yıllarında 1.440 MW kurulu gücündeki Afşin-Elbistan B Santrali ile 320 MW kurulu gücündeki akışkan yatak teknolojisine sahip Çan Santrali devreye girmiştir.

Son yıllarda, çok sayıda tedbir ve teşvike karşın yerli kömüre dayalı termik santral yatırımları konusunda önemli bir gelişme sağlanamamıştır. Son 10 yılda işletmeye giren yerli kömüre dayalı santral kapasitesi yaklaşık 2.700 MW düzeyindedir. Bunlar arasında; Ciner Silopi Elektrik'e ait 3x135 MW gücündeki Silopi Asfaltit Santrali, Aksa Enerji'ye ait 2x135 MW gücündeki Göynük Santrali, Enerjisa'ya ait 3x150 MW gücündeki Tufanbeyli Santrali ve Kolin Enerji'ye ait 2x255 MW gücündeki Soma Kolin Termik Santrali bulunmaktadır.

Bugün, Türkiye'de, yerli kömür kullanan 52 adet elektrik santrali işletmededir. Bunlardan 19 adedinin kurulu kapasitesi 50 MW'ın üzerinde olup, diğerleri küçük kapasiteli otoprodüktör santrallerdir. 4 adet taşkömürü ve 1 adet asfaltit santrali dışındakilerin tamamı linyite dayalı santrallerdir (Tablo 5 ve Tablo 6).

Tablo 5. Linyite dayalı büyük ölçekli termik santraller

Santralin Adı	Mülkiyeti	Konumu	Kurulu Güç (MWe)
Afşin-Elbistan B	EÜAŞ	K.Maraş	1.440
Afşin-Elbistan A	Çelikler	K.Maraş	1.355
Soma	Konya Şeker	Manisa	990
Yatağan	Bereket Elsan	Muğla	630
Kemerköy	IC İçtaş	Muğla	630
Çayırhan	EÜAŞ	Ankara	620
Seyitömer	Çelikler	Kütahya	600
Soma Kolin	Kolin AŞ	Manisa	510
Kangal	Konya Şeker	Sivas	457
Adana Tufanbeyli	Enerjisa	Adana	450
Yeniköy	IC İçtaş	Muğla	420
Silopi (Asfaltit)	Park	Şırnak	405
Çan-2	ODAŞ	Çanakkale	330
Çanakkale Çan	EÜAŞ	Çanakkale	320
Tunçbilek B	Çelikler	Kütahya	300
Yunus Emre	TMSF	Eskişehir	290
Bolu Göynük	AKSA	Bolu	270
Orhaneli	Çelikler	Bursa	210
Polat	Polat AŞ	Kütahya	51

Tablo 6. Yerli taşkömürü santralleri

Santralin Adı	Mülkiyeti	Konumu	Kurulu güç (MW)
Çatalağzı	EÜAŞ	Zonguldak	300
İsdemir	İsdemir AŞ	Zonguldak	272
Erdemir	Erdemir AŞ	Zonguldak	195
Kardemir	Kardemir AŞ	Zonguldak	78
TOPLAM			845

5.5.2. İthal kömüre dayalı elektrik üretimi

Son yıllarda, yerli kömüre dayalı santral yatırımları konusunda beklenen gelişme sağlanamamakla beraber, ithal kömüre dayalı santral kapasitesi giderek artmıştır. 2000 yılına kadar Türkiye elektrik sisteminde ithal kömür santrali bulunmazken 2024 yılında söz konusu santrallerin kurulu güç kapasitesi 10.374 MW düzeyine ulaşmıştır.

2024 yılı başında işletmede olan toplam 10 adet ithal kömür santrali bulunmaktadır. Bunlardan 2 adedi küçük kapasiteli otoprodüktör santrallerdir (Tablo 7).

Tablo 7. İthal kömüre dayalı termik santraller

Santralin Adı	Mülkiyeti	Konumu	Kurulu Güç (MW)
ZETES TS	Eren Enerji	Zonguldak - Çatalağzı	2.790
Hunutlu TS	EMBA Elektrik Üretim	Adana	1.320
Cenal TS	Alarko Enerji	Çanakkale - Biga	1.320
İsken Sugözü TS	Steag Energy	Adana-Yumurtalık	1.210
İçdaş Bekirli TS	İçdaş Elektrik	Çanakkale - Biga	1.200
Atlas TS	Diler Holding	İskenderun	1.200
İçdaş Biga TS	İçdaş Elektrik	Çanakkale - Biga	405
İzdemir TS	İzmir Demir Çelik	İzmir - Aliağa	350
Çolakoğlu-2 TS	Çolakoğlu Metalurji	Kocaeli - Gebze	190
Aksa Akrilik Kimya TS	Aksa Akrilik Kimya	Yalova	145

5.5.3. Kömüre dayalı termik santral yatırımları

Son yıllarda Türkiye'de kömüre dayalı santral yatırımları belirgin bir duraklama içindedir. 2024 yılı Şubat ayı itibarıyla EPDK kayıtlarında toplam 3.280 MW büyüklüğünde 3 adet lisanslı kömüre dayalı santral yatırımı görülmektedir (Tablo 8) (EPDK 2023). Bunların ikisi ithal kömüre biri yerli kömüre dayalıdır ve henüz ciddi bir ilerleme kaydetmemişlerdir. Ayrıca, ön lisans almış kömüre dayalı 3 adet kojenerasyon yatırımı bulunmaktadır ve bunların toplam proje kapasiteleri sadece 38 MW gücündedir.

Tablo 8. Proje ya da inşaat aşamasındaki kömüre dayalı termik santral lisansları

Firma	Tesis adı	Kaynak türü	Konumu	Kurulu güç (MWe)	Fiili gerçekleştirme Ocak 2024 (%)
Polyak Eyz Enerji	Kınık TES	Yerli linyit	İzmir	700	0
Filiz Kirazlıdere	Kirazlıdere TES	İthal kömür	Çanakkale	1.260	16
Sarıkaya Karaburun	Karaburun TES	İthal kömür	Çanakkale	1.320	0
TOPLAM				3.280	

5.6. Türkiye kömür rezervleri

Türkiye'nin 730 milyon tonu görünür olmak üzere yaklaşık 1,5 milyar ton taşkömürü (TTK 2023) ve önemli bir kısmı görünür rezerv niteliğinde toplam 20,4 milyar ton linyit kaynağı (MTA 2024) bulunmaktadır. Bu kaynaklar, dünya kanıtlanmış kömür rezervlerinin %2'sini oluşturmaktadır. Son yıllarda MTA tarafından yürütülen arama ve rezerv geliştirme çalışmaları sonucunda, Türkiye'de ciddi bir kaynak artışı sağlanmıştır. Söz konusu çalışmalar halen de sürdürülmektedir.

5.6.1. Taşkömürü rezervleri

Taşkömürü rezervlerinin tamamı TTK ruhsatında bulunmaktadır (Tablo 9). Havzada bugüne kadar yapılan arama çalışmalarında, -1200 m derinliğe kadar tespit edilmiş toplam jeolojik rezerv 1,5 milyar ton olup, bunun %48'i görünür rezerv olarak kabul edilmektedir.

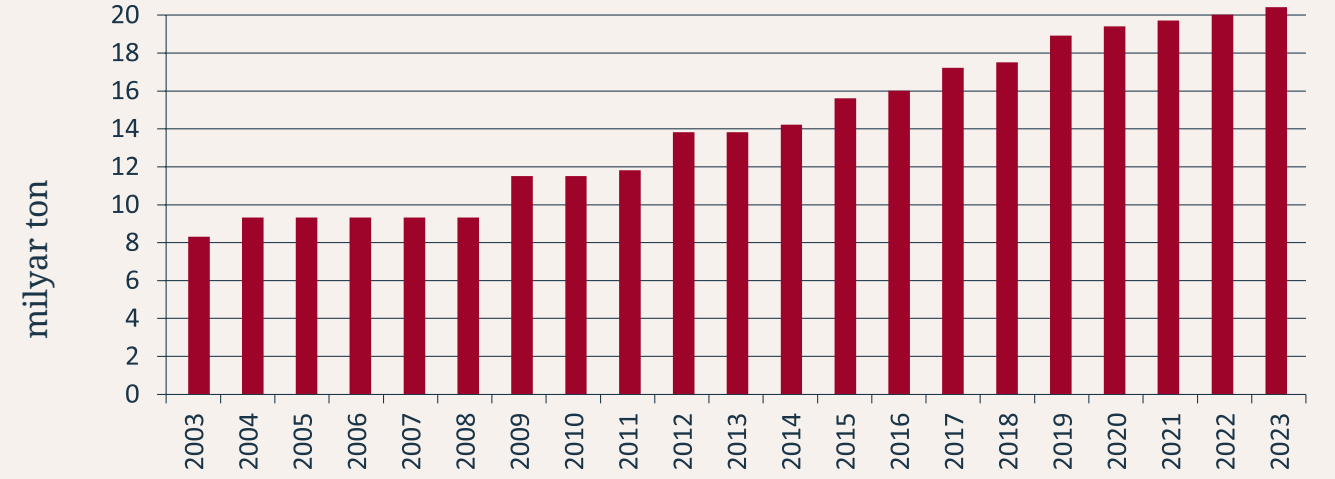
Tablo 9. Türkiye taşkömürü rezervleri

Müessese	Görünür (ton)	Muhtemel (ton)	Mümkün (ton)	Toplam (ton)
Armutçuk	6.345.428	14.407.491	7.883.164	28.636.083
Kozlu	62.353.726	40.539.000	47.975.000	150.867.726
Üzülmez	131.928.648	94.342.000	74.020.000	300.290.648
Karadon	127.643.082	159.162.000	117.034.000	403.839.082
Amasra	400.706.757	158.851.950	58.812.778	618.371.485
TOPLAM	728.977.641	467.302.441	305.724.942	1.502.005.024

Havzada koklaşabilir rezervler Kozlu, Üzülmez ve Karadon bölgelerinde yer almaktadır. Koklaşabilir taşkömürü rezervlerinin toplam rezervler içindeki payı yaklaşık %57'dir. Armutçuk bölgesinde yer alan rezervler; yarı-koklaşma özelliği, yüksek ısı değer ve düşük bünye külü içeriği ile hem koklaşabilir kömürlerle harmanlanarak hem de pulverize enjeksiyon (PCI) kömürü olarak demir-çelik fabrikalarında kullanıma uygun niteliktedir. Amasra bölgesi kömürlerinin koklaşma özelliği bulunmamasıyla birlikte, belirli oranlarda metalurjik kömürler ile harmanlandığında koklaşma özelliğini bozmamaktadır. Havza kömürlerinin alt ısı değeri 6.200 - 7.250 kcal/kg arasında değişmektedir.

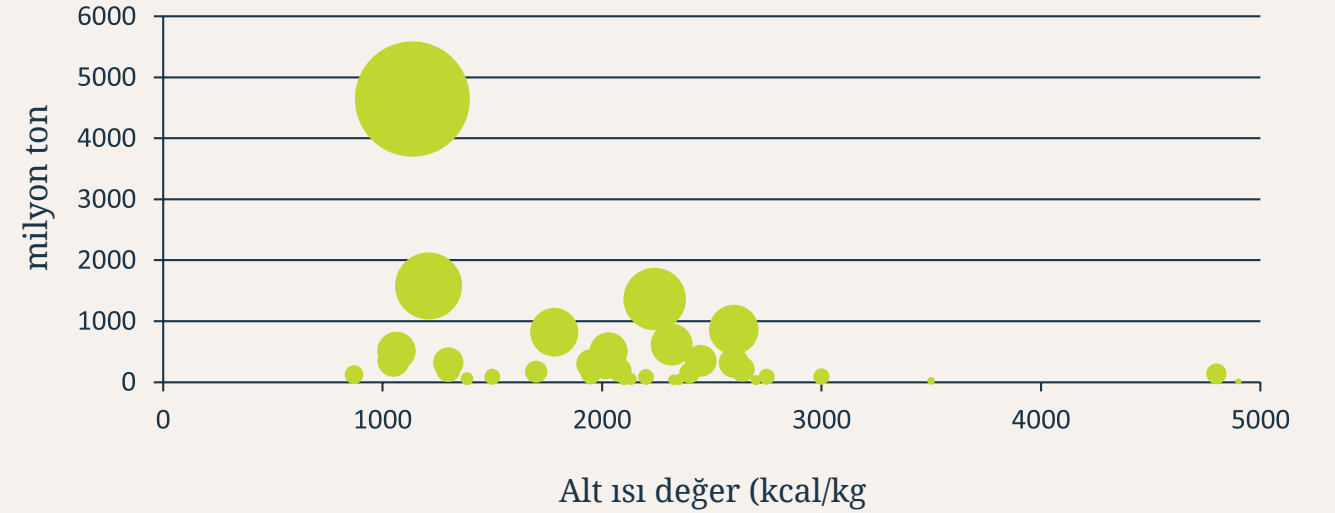
5.6.2. Linyit rezervleri

2005 yılına kadar 8,3 milyar ton olarak hesaplanan Türkiye linyit rezervlerinin çoğunluğu 1976-1990 yılları arasında bulunmuş, bu dönemden sonra kapsamlı rezerv geliştirme etüt ve sondajları yapılamamıştır. MTA tarafından 2005 yılında başlatılan yoğun kömür arama çalışmaları sonucunda 2022 yılsonu itibarı ile toplam 3.469.787 metre sondaj yapılarak; 7 adedi büyük rezervli (Karapınar-Ayrancı, Eskişehir-Alpu, Afyon-Dinar, Tekirdağ-Malkara, İstanbul-Silivri, Edirne-Merkez-Meriç, Muş) olmak üzere 29 adet yeni kömür sahası keşfedilmiştir. 3 adet sahada ise, rezerv artışı sağlanmıştır (Şekil 48) (MTA 2024).



Şekil 48. Türkiye linyit kaynaklarının gelişimi

Türkiye linyit rezervlerinin ısı değerleri oldukça düşüktür. Genel olarak 1.000 kcal/kg ile 4.200 kcal/kg arasında değişiklik göstermekle birlikte yaklaşık %90'ının alt ısı değeri 3.000 kcal/kg'ın altındadır (Şekil 49).



Şekil 49. Türkiye linyitlerinde kaynak- ısı değeri ilişkisi

Linyit rezervlerinin %40 ile en büyük kısmı EÜAŞ'nin ruhsatındadır. TKİ'nin payı %12,6 düzeyindedir. Kalan kısım ise özel sektörün uhdesinde ya da MTA⁹ elindedir. Ancak, söz konusu sahaların sadece yaklaşık 30 adedinde kömür rezervi 10 milyon tonun üzerindedir.

EÜAŞ rezervleri

EÜAŞ'nin elinde Türkiye linyit rezervinin yaklaşık %27'sine sahip olan Afşin-Elbistan Havzası dâhil olmak üzere 8 milyar tona yakın linyit kaynağı bulunmaktadır (Tablo 10). Halen EÜAŞ tarafından yürütülen fizibilite çalışmalarıyla söz konusu linyit kaynağının ne kadarının üretilebilir rezerv olduğu belirlenmeye çalışılmaktadır (EÜAŞ 2023).

⁹ MTA'nın elindeki rezervler MTA ruhsatında bulunmayıp, henüz Maden İşleri Genel Müdürlüğü ya da diğer bir kuruluşa aktarılmayan rezervlere karşılık gelmektedir.

Tablo 10. EÜAŞ linyit kaynakları

Saha	Görünür (Toplam kaynak (MTA verilerine göre))	Toplam kaynak (JORC/NI43 101 Standartlarına göre)	Toplam işletilebilir rezerv (JORC/NI43 101 Standartlarına Göre)
Afşin-Elbistan	2.659 Mton (1.131 kcal/kg)	G Sahası: 434 Mton (1.042 kcal/kg)	
Çayırhan	531 Mton (2.319 kcal/kg)	565 Mton (2.319 kcal/kg)	304 Mton (1.872 kcal/kg)
Tekirdağ-Çerkezköy	574 Mton (2.163 kcal/kg)	507 Mton (2.030 kcal/kg)	70 Mton (2.070 kcal/kg)
Konya-Karapınar	1.424 Mton (1.277 kcal/kg)	1.580 Mton (1.210 kcal/kg)	427 Mton (1.080 kcal/kg)
Afyonkarahisar-Dinar	819 Mton (1.783 kcal/kg)	1.482 Mton (1.520 kcal/kg)	2.659 Mton (1.131 kcal/kg)
Eskişehir-Alpu	1.365 Mton (2.240 kcal/kg)	B Sektörü: 134 Mton (2.500 kcal/kg)	
Tekirdağ- Malkara	676 Mton (1.987 kcal/kg)	1.193 Mton	İşletilmesi mümkün olmadığı için rezerv beyanı yok
TOPLAM	8.047 Mton		

TKİ rezervleri

TKİ'nin linyit kaynağı yaklaşık 2,5 milyar ton düzeyindedir ve büyük bir kısmı yapılan çalışmalarla görünür rezerv kategorisine alınmıştır (Tablo 11). TKİ rezervlerinin %8,3 oranındaki kısmı Soma Havzası'nda, %5,9'u Tunçbilek Havzası'nda, %1,9'u Çan Sahası'nda ve %21,2'si Afşin-Elbistan Havzası'ndadır. Kurumun rödevans yöntemiyle özel sektör firmalarına ihale ettiği sahalarda ise yaklaşık 1,6 milyar ton linyit kaynağı bulunmaktadır.

Tablo 11. TKİ linyit kaynakları

	Potansiyel (Mümkün) (Mton)	Belirlenmiş (Muhtemel) (Mton)	Ölçülmüş (Görünür) (Mton)	Hazır (Mton)	Toplam (Mton)
Ege Linyitleri İşletmesi			210.958	1.145	212.103
Garp Linyitleri İşletmesi			149.787	1.280	151.067
Çan Linyitleri İşletmesi			48.480	950	49.430
Afşin-Elbistan Linyitleri İşletmesi			544.000	0	544.000
Koord. ve Takip Müdürlükleri	7.449	506.471	1.095.424	0	1.609.344
TOPLAM	7.449	506.471	2.048.649	3.375	2.565.944

5.6.3. Yerli kömüre dayalı termik santral potansiyeli

MTA tarafından yapılan çalışmalar sonucunda derlenen Türkiye'nin önemli linyit havzaları ve sahaları listesi Tablo 12'de verilmektedir. Buna göre, Türkiye'de 100 milyon ton ve üzeri linyit rezervine sahip 20 havza/saha bulunmaktadır. Bununla beraber, Türkiye kömür varlıklarının tanımlanmasında uluslararası standartlardan farklı kavramlar kullanılmakta ve "kaynak" kategorisinde olması gereken kömürler sıklıkla "üretilebilir rezerv" kategorisinde gösterilmektedir. Gerçekten, toplam 22 milyar ton büyüklüğündeki kömür kaynağı, Türkiye'nin brüt kömür varlığıdır. Bu miktar, önemli ölçüde kanıtlanmış ve üretilebilir rezervi de içermekle beraber, tamamının bu nitelikte olmadığı dikkate alınmalıdır.

Özellikle 2005 yılı sonrasında gerçekleştirilen kömür aramaları sonucunda ortaya çıkarılan yeni rezervler de dikkate alındığında, mevcut kömürlü santrallere ilave olarak kurulabilecek yeni bir santral potansiyeli ortaya çıkmıştır. Tablo 13'de verilen santral kurulu güç potansiyeli olası kayıplar dikkate alınmadan tamamen MTA tarafından verilen brüt rakamlar üzerinden hesaplanmıştır. Gerçekten, verilen kaynak miktarının önemli bir bölümü teknik ya da ekonomik olarak işletilemeyecek kategoridedir ve bu nedenle söz konusu kömür kaynaklarından elde edilecek gerçek kurulu güç rakamları çok daha düşük olacaktır.

Tablo 12. Elektrik üretimi amaçlı kullanılabilir linyit sahaları

Havza/saha	Kaynak (milyon ton)	Ruhsat
Afşin- Elbistan	4.642	EÜAŞ
Konya-Karapınar	1.832	EÜAŞ
Tekirdağ-Malkara	1.533	EÜAŞ
Eskişehir (Alpu)	1.453	EÜAŞ, TKİ
İstanbul (Silivri)	1.100	ÖS
Afyon-Dinar	942	EÜAŞ
Manisa-Soma	861	TKİ, ÖS
Muğla	750	ÖS
Tekirdağ-Çerkezköy	574	EÜAŞ
Afşin - Elbistan (MTA)	515	MTA
Ankara-Beypazarı	498	EÜAŞ
Adana-Tufanbeyli	430	TKİ, ÖS
Muş-Merkez	400	
Konya(Beyşehir-Seydişehir)	348	TKİ
Kütahya-Tunçbilek	318	TKİ, ÖS
Sivas - Kangal	203	ÖS
Kütahya-Seyitömer	199	ÖS
Kırklareli-Pınarhisar-Vize	170	TKİ
Konya-İlgin	143	ÖS
Bolu - Mengen	143	ÖS
Tekirdağ - Saray	141	TKİ
Çankırı-Orta	123	ÖS
Bolu (Salıp.-Merkez)	98	ÖS
Çanakkale — Çan	92	TKİ
Edirne	90	ÖS
Bingöl — Karlıova	89	TKİ
Bursa (Keles-Orhaneli)	85	ÖS
Eskişehir(Koyunağlı)	57	EÜAŞ
Adıyaman-Gölbaşı	57	TKİ
Ankara (Gölbaşı)	48	ÖS
Bolu — Göynük	43	TKİ
Çorum-Dodurga	39	ÖS
Balıkesir	34	ÖS
Kütahya-Gediz	24	ÖS
Amasya-Yeniçeltek	20	ÖS
Yozgat — Sorgun	13	ÖS
Diğerleri	2.116	ÖS
TOPLAM	20.223	

Tablo 13. Elektrik üretimi amaçlı kullanılabilir bazı linyit sahalarının santral potansiyeli

Havza/saha	Ruhsat	Rezerv (Mton)	Santral kurulu güç potansiyeli (MW)	Kömür kalitesi	Madenciliğin zorluk derecesi
Afşin-Elbistan	EÜAŞ	4.642	10.000	Çok düşük	Düşük
Konya-Karapınar	EÜAŞ	1.832	4.500	Çok düşük	Yüksek
Eskişehir-Alpu	EÜAŞ	1.453	6.500	Düşük	Yüksek
Afyon-Dinar	EÜAŞ	942	3.500	Düşük	Çok yüksek
Tekirdağ-Malkara	EÜAŞ	1.533	6.000	Orta	Çok yüksek
Tekirdağ-Çerkezköy	EÜAŞ	574	2.300	Düşük	Yüksek
Adana-Tufanbeyli-Pınarlar	TKİ	323	700	Çok düşük	Orta
İstanbul-Çatalca	EÜAŞ	1.100	4.500	Düşük	Orta
Kırklareli-Pınarhisar-Vize	TKİ	170	450	Çok düşük	Orta
Tekirdağ-Saray	TKİ	141	400	Düşük	Orta
Bingöl — Karlıova	TKİ	89	150	Çok düşük	Yüksek
Adıyaman-Gölbaşı	ÖS	57	110	Çok düşük	Yüksek
Konya-İlgin	ÖS	143	450	Düşük	Yüksek
Amasya-Suluova	ÖS	79	270	Yüksek	Yüksek

Hesaplamalarda olası kayıplar dikkate alınmamış olup, kurulu güç değerleri tamamen brüt potansiyeli göstermektedir.



06 | DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE TEMİZ KÖMÜR TEKNOLOJİLERİ

Temiz kömür teknolojileri; yıkamadan sıvılaştırmaya, gazlaştırmadan karbon tutma ve depolamaya kadar çok geniş bir yelpazeyi tanımlamaktadır. Ancak, son yıllarda özellikle termik santral verimlerinin artırılması ve karbondioksit salımlarının azaltılmasına yönelik bir alanda yoğunlaşan kömür endüstrisi, buradaki teknolojik gelişmeleri neredeyse nefesini tutarak izlemektedir (Tamzok 2021).

Her ne kadar, son yıllarda kömürün çevreye olan etkileri bir ölçüde azaltılabılmış; partikül madde, kükürtdioksit, azot oksitler ve cıva gibi ağır metaller konusunda teknoloji ve inovasyon etkili çözümler sunabilmişse de yanma sonucunda ortaya çıkan ve küresel ısınmaya neden olan karbondioksit emisyonları çözülmesi gereken en önemli sorun olarak hâlâ kömür endüstrisinin önünde durmaktadır.

6.1. Temiz kömür teknolojileri alanındaki gelişmeler

Genel olarak, temiz kömür teknolojileri, kömürün hazırlanması ve kullanımında hem çevresel olarak kabul edilebilirliğini hem de verimliliğini artıran teknolojiler olarak tanımlanabilir. Temiz kömür teknolojileri ile kömür kullanımından kaynaklanan emisyonları, atıkları azaltıp, birim ton başına elde edilecek enerji miktarını artırmak, başka bir ifade ile daha az kömür kullanarak daha çok enerji üretmek mümkün olabilmektedir. Bu teknolojilere ilişkin dünyadaki gelişmeler aşağıda başlıklar halinde özetlenmektedir:

Santrallerde verimlilik iyileştirmesi ve emisyon kontrol teknolojileri

Yüksek Verimli Düşük Emisyonlu (HELE) Teknolojiler olarak tanımlanan bu alan, kömürden emisyonları en aza indirmek bakımından önemlidir. HELE kömürlü enerji sisteminde, geleneksel kömürlü termik santrallerde kullanılan temel bileşenler daha yüksek buhar sıcaklıkları ve basınçlarında çalıştırılarak verimlilikleri artırılır.

Santral verimlerinin geliştirilmesine yönelik teknolojik araştırmalar, temel olarak, aynı miktarda elektrik için daha az kömürün yakılmasını ve daha düşük karbondioksit salımını hedeflemektedir. Günümüzde kömüre dayalı santrallerde küresel ortalama termik verimi %37,5 düzeyindeyken, ultra süperkritik santrallerde yüzde %49'a varan rakamlar yakalanabilmektedir. Aradaki verim farkı kapandığında ise kömürlü santrallerden kaynaklanan küresel karbondioksit salımının yılda yaklaşık yüzde 20 oranında azaltılabileceği hesaplanmaktadır. Verimliliği artırarak kazanılan her yüzde puanı, CO₂'yi yüzde 2 puan azaltmaktadır. SO_x, NO_x ve partikül maddeye yönelik kontrol ekipmanlarıyla birlikte özellikle ultra süperkritik santraller çok daha düşük çevresel etkiyle daha fazla güç sağlayabilmektedirler (Futurecoal 2024).

Günümüzde 23 ülkede 380.000 MW'ı işletmede, 110.000 MW'ı inşaat halinde olmak üzere toplam 490.000 MW'lık ultra süperkritik HELE tesisi bulunmaktadır.

Süperkritik santrallerin ise 541.000 MW'ı işletmede, 32.000 MW'ı inşaat halindedir. Dünyada yeni inşa edilen kömürlü santral kapasitesinin %90'ından fazlası ultra süperkritik ya da süperkritik santrallerdir. Ancak daha az verimli olan kritik altı teknoloji santralleri hâlâ dünya kömür filosunun yarısından fazlasını oluşturmaktadır (Futurecoal 2024).

Endüstri, bunun da ötesinde verimlilik artışlarının elde edilebilmesi için daha ileri malzeme teknolojileri ve buhar çevrimi tasarımlarına dayalı "gelişmiş ultra süperkritik" santrallerin devreye alınabilmesini dört gözle beklemektedir. Araştırma ve geliştirme programları özellikle Çin, Avrupa, Hindistan, Japonya ve ABD'de sürdürülmekte birlikte, yüksek maliyetleri nedeniyle bu özellikte bir santral henüz işletmeye alınamamıştır. Ancak, söz konusu teknolojideki ilk ticari santrallerin on yıl içinde ve öncelikle de Hindistan'da devreye girmesi, sonrasında hızla Asya Pasifik Bölgesi'nde yaygınlaşması beklenmektedir.

Kömür gazlaştırma

Kömürün gazlaştırılması; elektrik üretimi, ısıtma ya da çeşitli kimyasalların üretimi gibi amaçlarla kullanılabilir sentetik doğal gaza (SNG) dönüştürülmesi işlemidir. Bu işlem, geleneksel kömür yakmaya göre çeşitli avantajlar sunar: Üretilen gazın kullanımdan önce arıtılması sayesinde kömürün yakılmasından kaynaklanan yerel hava kirliliği azaltılmaktadır. Gazlaştırma işlemi sırasında açığa çıkan CO₂ ve diğer sera gazlarının yakalanmasını ve kullanılmasını kolaylaştırır.

Kömür gazlaştırma teknolojilerinde tam yanma yerine kısmi yanma (oksidasyon) gerçekleştirilerek sentez gazı elde edilmektedir. Üretilen sentez gazından muhtelif kimyasallar (metanol, dimetil eter, hidrojen, olefinler, amonyak vb), sıvı yakıtlar (jet yakıtı dâhil) ile gaz motoru veya IGCC teknolojisi uygulanarak elektrik üretimi mümkün olmaktadır. Bu yönleriyle baktığımızda, petrolden üretilen ürünlerin hemen tamamı kömürden de üretilebilmektedir. Kömürün gazlaştırılması ile hidrojen üretimi de mümkün olmaktadır.

Dünyada işletmede olan pek çok gazlaştırma uygulaması bulunmaktadır. Endonezya'da, ülkenin sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ithalatını azaltmak ve kömür kaynaklarını optimize etmek için 2022 yılında 2,3 milyar dolarlık bir kömür gazlaştırma tesisinin inşaatı başlatılmıştır. Tesis, yılda 1,4 ton dimetil eter üretmek için 6 milyon ton düşük kaliteli kömür kullanacak ve Endonezya'nın LPG ithalatını yılda 1 milyon ton azaltacak şekilde tasarlanmıştır. Ekim 2022'de Hindistan'da Coal India Limited, dört büyük ölçekli kömür gazlaştırma projesi kurmak için Bharat Heavy Electricals Limited, Indian Oil Corporation Limited ve GAIL Limited ile anlaşmalar imzalamıştır. Hindistan, 2030 yılına kadar 100 milyon ton kömürün gazlaştırılmasını hedeflemektedir. Japonya'da Nakoso IGCC tesisi Nisan 2021'de ticari faaliyetine başlamıştır. Tesis, %48 net termal verimle çalışacaktır. Kömür yakıtlı enerji santrallerinden kaynaklanan CO₂ emisyonlarının küresel ortalaması 0,9 kgCO₂/kWh seviyesindeyken, bu tesiste 0,7 kgCO₂/kWh emisyon hedeflenmektedir (Futurecoal 2024).

Dünyanın pek çok ülkesinde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanan gazlaştırma teknolojisi bugün en hızlı gelişen enerji teknolojilerinden birisi haline gelmiştir. 28 ülkede 600'e yakın ticari ölçekte çalıştırılan gazlaştırma tesislerindeki gazlaştırıcı sayısı yaklaşık olarak 850 adettir.

Karbon Yakalama, Kullanma ve Depolama (CCUS) teknolojileri

Son yıllarda, santral teknolojilerindeki gelişmelerin etkisiyle özellikle Çin ve Hindistan'daki kömürlü santral verimliliklerinde önemli iyileşmeler olmuştur. Bu alanda alınacak mesafenin kömürün aleyhine işleyen dönüşüm sürecini tek başına engelleyebilmesi çok da mümkün görünmese de muhtemelen yavaşlatıcı yönde bir etkisi olacaktır. Süreci engelleyebilecek ve kömürün tahtına tekrar oturabilmesini sağlayacak gelişme ise ancak karbondioksit salımı sorununun kökten çözümüyle mümkündür. Bu noktada, endüstrinin en fazla umut bağladığı alan ise Karbon Yakalama, Kullanma ve Depolama (CCUS) teknolojileridir.

CCUS teknolojileri, enerji santralleri ve endüstriyel tesislerden kaynaklanan karbondioksit (CO₂) emisyonlarının %90'a kadarını yakalayabilmekte ve bunları yeraltında veya başka amaçlarla depolayabilmektedir. Bu teknoloji, atmosfere salınan karbondioksit miktarını azaltmak için tasarlanmış üç aşamalı işlemde oluşmaktadır. İlk adım, enerji santralleri, rafineriler ve diğer endüstriyel tesisler gibi kaynaklardan gelen CO₂ emisyonlarının yakalanmasını içerir. CO₂'yi yakalamanın ana yöntemleri yanma sonrası, yanma öncesi ve oksijen-yakıt yanmasıdır. CO₂ yakalandıktan sonra sıvı halde sıkıştırılır ve boru hattı, gemi, demiryolu veya karayolu ile taşınır. Son aşama, CO₂'in derin jeolojik formasyonlara, genellikle 1 km veya daha fazla derinliklere enjekte edilmesini içerir. Jeolojinin uygun olduğu tükenmiş petrol ve gaz rezervuarlarında, kömür yataklarında veya derin tuzlu akiferlerde kalıcı olarak depolanabilir.

CCUS'un küresel uygulamaları arasında; Kanada'daki Boundary Dam Elektrik Santrali önemlidir. Söz konusu santral, 2014 yılında faaliyete geçmesinden bu yana 4,5 milyon tondan fazla CO₂'i yakalayıp depolayabilmiştir. Kömür prosesinden kaynaklanan kükürt dioksit (SO₂) emisyonlarını %100'e, CO₂ emisyonlarını ise %90'a kadar azaltabilmektedir. Ayrıca, Japonya'da, sıvılaştırılmış CO₂'yi Kyoto-Kansai'deki kömür santralinden Tomokomai'deki CCUS projesine taşımaya da kapsayan Kansai Elektrik demonstrasyon projesinin 2027'de faaliyete geçmesi planlanmaktadır (Futurecol 2024). China Energy Investment Corporation'ın sahibi olduğu Taizhou kömür santrali ise Asya'nın en büyük CCUS tesisi olma özelliğini taşımaktadır. Çin'de yapılan araştırmalar, CCUS teknolojilerinin CO₂ emisyonlarını 2060 yılına kadar 1,8 milyar ton azaltma potansiyelinin olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Ancak, kömürün geleceğini şekillendirmede önemli bir rol oynaması beklenen CCUS teknolojilerinin kömürlü santrallerdeki ticari uygulamaları, -bir ölçüde kaydedilen ilerlemeye rağmen- maliyetlerin hâlâ son derece yüksek olması nedeniyle yaygınlaşmamıştır. CCUS teknolojisinin işletmede olan kömürlü santrallere adapte edilmesi ise bugün hâlâ ekonomik değildir.

CCUS teknolojileri bakımından bir diğer darboğaz ise karbondioksitin depolama yerlerine yüksek miktarlarda taşınabilmesi için yaygın bir ağ sistemine ihtiyaç duyulmasıdır. Dolayısıyla, taşıma altyapısının oluşturulması büyük ölçekli yatırımların yapılmasını gerektirmektedir. Ayrıca, karbondioksit depolanması konusundaki tereddütlerin henüz aşılamadığı görülmektedir; kaza ile de olsa atmosfere salınmayacağı konusunda küresel kamuoyu henüz ikna edilememiştir. Özetle, kömürlü santrallerde CCUS uygulamalarının ekonomik kullanılabilirliğine ilişkin olarak -hem yatırım hem finansman tarafında- ciddi tereddütler bulunmaktadır.

Bununla birlikte, eğer küresel sıcaklık artışı 2 derece veya daha düşük bir seviyede sınırlandırılacak ise CCUS uygulamalarının -özellikle küresel kömür tüketiminin dörtte üçünden sorumlu olan Asya Pasifik Bölgesi'nden başlamak üzere- yaygınlık kazanması mutlak bir gereklilik olarak görülmektedir. Nitekim CCUS teknolojileri olmadan küresel net sıfır salım hedefine ulaşmanın neredeyse imkânsız olacağı, Uluslararası Enerji Ajansı tarafından da sıklıkla vurgulanmaktadır. Dolayısıyla, CCUS, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) de tavsiyeleri doğrultusunda net sıfır emisyonla ulaşmak ve küresel sıcaklık artışını 1,5°C ile sınırlamak bakımından önemli bir teknolojidir.

Bu çerçevede, ABD ya da Avrupa coğrafyalarında da aslında kömür doğrudan dışlanmamakta, bunun yerine CCUS ve benzeri teknolojilerle birlikte kullanımı teşvik edilmektedir. Birleşmiş Milletler iklim değişikliği toplantılarında genellikle kömüre yapılan yatırımların, finansmanın ve teşviklerin durdurulması gerektiği vurgulanmakta, ancak özellikle CCUS ile birlikte yapılacak kömür yatırımlarına itiraz edilmemektedir.

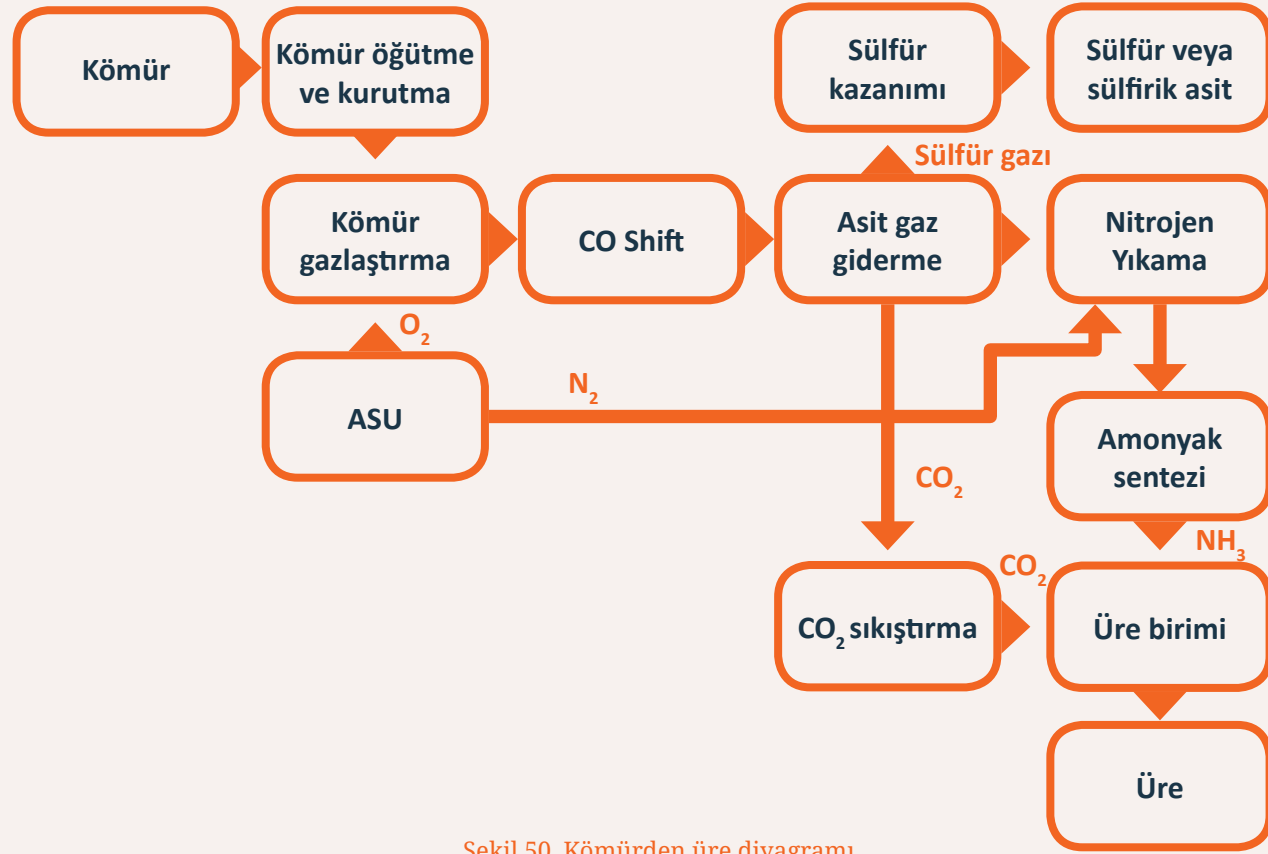
Bu noktada, kömürde CCUS uygulamalarının geleceğinin, büyük ölçüde karbon vergilerinin küresel düzeyde yaygınlaşmasına bağlı olacağını da söylemek gerekir. Benzeri uygulamaların küresel düzeyde artmasıyla CCUS uygulamaları giderek daha fazla gündeme gelecektir. Bununla beraber, söz konusu teknolojilerin ticari yapılabilirliklerinin hangi sürelerde mümkün olabileceği ve buna karşın kömüre rakip enerji kaynaklarının teknolojilerinde daha hızlı ve etkin gelişmelerin yaşanıp yaşanmayacağı, kömürün geleceği bakımından belirleyici unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kömürün yeraltında gazlaştırılması

Kömürü yeraltında, yani doğal olarak bulunduğu yerde gazlaştırmak ve oluşan gazı yüzeye çıkararak kullanmak mümkündür. Elde edilen gaz esas olarak H₂ ve CO karışımı olan sentez gazıdır. Kömürün yeraltında gazlaştırılması fikri 1860'lı yıllardan beri kullanılmaktadır. İlk ticari uygulamalar, Sovyetler Birliğinde 1950'lerde gerçekleştirilmiştir. Eski Sovyetler Birliği dışında, 1950'li yıllardan bu yana ABD, Avustralya, Çin, Hindistan, İngiltere, İspanya, Belçika gibi birçok ülkede konu ile ilgili üretim testleri yapılmış, pilot tesisler kurulmuştur.

Kömürün sıvılaştırılması

1973 petrol krizinden sonra kömürün sıvılaştırılmasına yönelik çalışmalara büyük ağırlık verilmiştir. Bunun sonucu olarak çok sayıda proses geniş ölçekli olarak test edilmiştir. Bu ise ikinci nesil sıvılaştırma teknolojilerinin gelişmesine yol açmış ve birçok sıvılaştırma prosesi ticari ölçekte uygulamaya sokulmuştur. Linyitler, aromatik karbon içerikleri düşük ve oksijen içerikleri yüksek olduğundan, fazla miktarda hidrojen tüketimine neden olmaları sebebiyle sıvılaştırma proseslerinde bitümlü kömürlere göre daha fazla sıvılaştırma potansiyeline sahiptirler.



Şekil 50. Kömürden üre diyagramı

Kömürden Sıvıya (CTL) teknolojisi, kömürü dizel veya benzin gibi sıvı yakıtlara dönüştürür. CTL öncelikle Çin ve Güney Afrika gibi kömür kaynaklarının bol olduğu ancak petrol rezervlerinin bulunmadığı ülkelerde kullanılmaktadır. CTL teknolojisi ile petrol ithalatına olan bağımlılığın azaltılabilmesi mümkün olmaktadır.

Kömürün biyokütle ile birlikte yakılması

Biyokütle, etanol veya biyogaz gibi yakıtlara dönüştürülebilen organik maddeleri ifade etmektedir. Biyokütlenin standart ya da sirkülasyonlu akışkan yataklı kazanlarda kömürle birlikte yakılması ve gazlaştırmada hatta çelik üretiminde biyo-kok olarak kullanılması ticari ölçekte mümkündür. Yakıt karışımında kömürün bulundurulması, karışımın ısıtma değerini artırması ve enerji dönüşüm verimliliğini yükseltmesi nedeniyle faydalıdır. Endonezya'da 2025 yılına kadar 52 adet kömürlü santralde bu uygulamanın başlatılması planlanmaktadır. Çin'de ise toplam 36 GW kapasitede kömürlü santral ikinci yakıt olarak biyokütle kullanılmaktadır (Futurecoal 2024).

Santral teknolojileri ve CCUS öne çıkmakla birlikte, kömüre ilişkin teknolojik araştırmalar bunlarla sınırlı değildir. Gazlaştırmadan sıvı yakıtların ya da kimyasalların üretimine, karbon fiber ya da nanomalzemelerin üretiminden kömürden nadir toprak elementlerinin eldesine, hidrojen üretiminden yeraltı kömür gazlaştırmaya kadar pek çok alanda teknolojik araştırmalar sürdürülmektedir. Tüm bunlardaki gelişmelerin hızı ve yönü kömürün geleceği üzerinde etkili olacaktır. Bununla birlikte, kömür tarafındaki teknolojik gelişmelerde, yenilenebilir tarafta olduğu ölçüde çarpıcı gelişmelerin yaşandığı

ve kömürün rahat bir nefes almasını sağlayacak düzeyde tatmin edici noktalara gelinebildiği söylenemez.

6.2. Türkiye'de temiz kömür teknolojilerine ilişkin çalışmalar

Türkiye'de mevcut kömürlerin çok büyük bir kısmı yıkama ve zenginleştirme işlemlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle, ülkemizde halen yüzün üzerinde kömür hazırlama tesisi faaliyette olup bunların kapasiteleri 50 ile 1.000 ton/saat arasında değişmektedir.

Türkiye'de temiz kömür teknolojileri alanında yapılan çalışmalar özellikle son 10-15 yıldır hız kazanmıştır. Bu çalışmalar aşağıdaki alanlarda yoğunlaşmaktadır:

- Kömür hazırlama, iyileştirme ve zenginleştirme,
- Kömür yakma teknolojileri,
- Kömürün gazlaştırılması, gazın temizlenmesi, sentetik gazdan elektrik, kimyasal ve sıvı yakıt üretimi,
- Yeraltındaki kömürün gazlaştırmayla üretimi,
- Kömürün farklı alanlarda kullanımı (alternatif ürünler elde edilmesi).

Başta TKİ ve TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü olmak üzere çeşitli kurum ve kuruluşlarda çeşitli tarihlerde yapılan bazı Ar-Ge çalışmaları aşağıda özetlenmektedir.

TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü'nün çalışmaları

- Kömür/biyokütle karışımlarının dolaşımli akışkan yataklı sistemlerde yakılmasına yönelik çalışmalar.
- MİLTES - Milli Termik Santral Projesi: Termik santral teknolojilerinin geliştirilmesi ve yerleştirilmesine yönelik olarak yerli linyitlere uygun, yüksek verimlilikli, düşük emisyonlu termik santral kazan teknolojilerinin araştırılması. Bu amaçla, Soma-A Santrali'nde dolaşımli akışkan yatak teknolojisi ile kazan tasarımlarını kapsayan çalışmalar.
- TKİ'ye ait Tunçbilek gazlaştırma pilot tesisinde gaz temizleme ve metanol üretimine yönelik tasarım çalışmaları.
- Dolaşımli akışkan yatak yakma sisteminde linyit ve biyokütlenin oksijence zengin ortamda yakılmasına (OKSİYANMA) yönelik çalışmalar.

TKİ tarafından yürütülen çalışmalar

- 2012 yılında TKİ'ye ait Tunçbilek sahasında 250 kg/s kapasiteli kömür gazlaştırma tesisi devreye alınmış, burada elde edilen sentez gazından metanol üretimi çalışmaları TÜBİTAK-MAM Enerji Enstitüsü işbirliğinde sürdürülmüştür. Bu tesiste, çeşitli yörelerden alınan kömürlerle gazlaştırma, gaz temizleme, gaz motoru ile elektrik üretimi ve metanol üretimi konularında pilot ölçekli Ar-Ge faaliyetleri yürütülmüştür. Sistemin, Türkiye'nin doğal gaz ihtiyacının neredeyse %10'unu karşılamaya yetecek miktarda 1-1,5 milyar m3/yıl SNG üretme potansiyeli araştırılmıştır.

- Yüksek Küllü Kömürlerin Elektrik Üretimi Amaçlı Gazlaştırılmasının Optimizasyonu- OPTIMASH Projesi: 2011 yılında başlayan ve Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı kapsamında yürütülen bu proje ile yüksek küllü kömürlerin elektrik üretimi için gazlaştırılmasının optimize edilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, hedeflenen yüksek küllü kömürlere uygun optimum gazlaştırma teknolojisi seçilmiştir. Seçilen teknoloji laboratuvar ölçekli gazlaştırıcılar kullanılarak değerlendirilmiştir. Hedeflenen kömürler fiziko-kimyasal parametreleri ve yıkanabilirlikleri açısından tam olarak karakterize edilmiştir. Seçilen kömürlerin gazlaşma kimyasal kinetiği belirlenerek modellenmiştir. Tüm bu bilgi ve veriler kullanılarak 1MW'lık bir pilot gazlaştırma tesisi modellenmiş, sayısal olarak simüle edilmiş, ayrıntılı olarak tasarlanmış, inşa edilmiş, devreye alınmış ve test edilmiştir. Pilot gazlaştırıcıyı besleyebilecek kapasitede bir kömür yıkama tesisi de tasarlanmıştır. Projede, Saray ve Tunçbilek kömürleri yüksek kül içeriklerinden dolayı seçilmiştir. Proje dâhilinde Türkiye linyitlerine ve benzer Hindistan linyitlerine (yüksek küllü, yüksek nemli ve düşük ısı değerli) en uygun gazlaştırma teknolojisi irdelenmiş ve bunun yüksek basınçlı dolaşimli akışkan yatak teknolojisi olduğuna karar verilmiştir. 10 bar basınçta çalışan ve 1 MWth gücünde bir demonstrasyon tesisi tasarlanmış, imal edilmiş ve Hindistan'ın Pune şehrinde kurularak 6 ay boyunca test edilmiştir.

- Biyokütle ve Kömür Karışımlarından Sıvı Yakıt Üretimi-TRİJEN Projesi: TÜBİTAK-KAMAG-1007 kapsamında desteklenen bu proje, TKİ ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi öncülüğünde 2009 yılında başlatılmıştır. Projenin amacı; kömür ve biyokütle karışımlarından daha ekonomik, verimli ve temiz sıvı yakıt üretmek, yüksek verimli ayrık ve merkezi enerji santralleri için teknolojiler geliştirmek ve sonuçları pilot ölçekte ortaya koymaktır. ELİ Soma'da linyit ve biyokütle karışımından sentez gazı üretimi, gaz arıtma, FT teknolojisi ile sıvı yakıt üretimi ve karbondioksit yakalamasının uygulandığı 250 kg/saat kapasiteli pilot tesis inşa edilmiştir. Pilot tesiste TKİ'nin çeşitli kömür sahalarından alınan kömür örneklerinin gazlaştırılmasıyla sentetik gaz elde edilmiş, sentez gazı zararlı gazlardan arındırılmış, şartlandırılmış, ortaya çıkan CO2 tutulmuş ve sentetik sıvı yakıt üretimi için uygun katalizörler geliştirilmiştir. Ayrıca çok değerli bir yan ürün olan sentetik mum da üretilmiştir. TKİ sahalarına ait kömür örneklerinin yanı sıra Elbistan kömürleri de incelenmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Entegre test çalışmaları sırasında 1.200 litre ham sıvı yakıt üretilmiştir.

- Konya-Ilgın'da kurulan 100.000 lt/ay kapasiteli tesiste 2012 yılından bu yana düşük kaliteli kömür ve leonardit kullanılarak hümik asit ve türevleri üretilmiş, sağlık ve kozmetik alanında yeni ürünler üzerinde çalışılmıştır.

- Amerikan Enerji Bakanlığı'na bağlı Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarı ile TKİ uhdesinde yer alan kömürlerin yeraltında gazlaştırılabilmesine yönelik fizibilite ve saha seçimi çalışmaları yürütülmüştür. Bu çalışma kapsamında önerilen 14 adet kömür sahasına (Soma-Eynez Derin Sahalar, Soma-Evciler Sahası, Tunçbilek Domaniç Derin Sahalar, Tunçbilek-Demirbilek Sahası, Muğla-Turgut Kömür Sahası, Bursa-Keles-Davutlar Sahası, Konya-Beyşehir Sahası, Adana-Tufanbeyli Sahası, Trakya-Çerkezköy Sahaları, Trakya-Edirköy Sahası, Trakya-Safaalanı Sahası, Trakya-Küçükyoncalı Sahası, Kırklareli-Vize Sahası) ilişkin kapsamlı bir çalışma gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışmada, her kömür sahası için m2 başına düşen sentez gazı hesabı yapılmış, bulunan değerler vasıtasıyla kömür sahalarının bu yöntemle gazlaştırılmasının ekonomikliği ve uygulanabilirliği araştırılmıştır.

- Kömür Küllerinden ve Kömür Yıkama Atıklarından Nadir Toprak Elementlerinin Kazanımı Projesi: Bu proje ile TKİ'ye ait sahalarda bulunan lavvarlardaki kömür yıkama atıklarındaki ve termik santrallerde yakma sonrası ortaya çıkan kömür küllerindeki nadir toprak elementlerinin araştırılması ve zenginleştirme ile saflaştırmayı içeren üretim prosesi oluşturulması amaçlanmıştır. Proje kapsamında; ELİ Dereköy lavvar tesisine ait HG Dryer numunesi, GLİ Ömerler lavvar tesisi kömür yıkama ünitesinden yıkama atığı ve Soma Termik Santrali'ne ait taban külü ve uçucu kül için temsili numune alım çalışmaları gerçekleştirilmiş, İTÜ Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü tarafından numuneler ile ilgili boyut, fiziksel ve kimyasal özelliklerin tespitine yönelik çalışmalar yapılmış, NTE içerikleri tespit edilmiştir.

Çeşitli üniversite, kurum ve kuruluşlarda temiz kömür teknolojilerine ilişkin yapılan önemli Ar-Ge çalışmalarından bazıları aşağıda özetlenmektedir (Tablo 14):

Table 14. Türkiye'de temiz kömür teknolojilerine ilişkin bazı Ar-Ge çalışmaları

Proje katılımcıları	Proje	Konu
TÜBİTAK MAM, TKİ	Biyokütle ve Kömür Karışımlarından Sıvı Yakıt Üretimi (TRIJEN)	Kömürün gazlaştırılması, sentez gazı saflaştırılması, CO2 tutulması ve sıvı yakıt üretimi
TÜBİTAK MAM, TKİ	Tunçbilek Gazlaştırma Sistemleri Optimizasyonu	Kömürün gazlaştırılması, gaz saflaştırılması, metanol üretimi
TÜBİTAK MAM, TKİ	Türk Linyitlerine Uygun Briketleme Koşullarının Belirlenmesi, Briketleme ve Paketleme Materyallerinin Geliştirilmesi	Kömürden briket
Hacettepe Üniversitesi, TÜBİTAK-MAM, TKİ	Kömür Yıkama Atıklarının Değerlendirilmesi	Kömür hazırlama/zenginleştirme
TKİ, Türkiye Çimento Sanayicileri Birliği	Hüyük Asitin Beton Kimyasal Katkısı Olarak Kullanımının Araştırılması	Kömürden yeni ürün
TÜBİTAK MAM, TKİ	Bitümlü Şistlerden Solvent Ekstraksiyonu Yoluyla Sıvı Yakıt Üretimi	Bitümlü şistlerden sıvı yakıt
TKİ, Fransa Ulusal Araştırma Merkezi, Hollanda Enerji Merkezi, THERMAX, IITM	Yüksek Küllü Kömürlerin Gazlaştırma Optimizasyonu (OPTIMASH)	Elektrik üretimi için kömür gazlaştırma
TTK, TPAO, TPIC	Kömürden Metan Gazı Üretimi	Kömürden metan gazı
İTÜ	Linyit ve biyokömürün Oksijence Zengin Ortamda Dolaşimli Akışkan Yataklı Yakma Sisteminde (OKSİYANMA) Yakılması	Kömür yakma teknolojileri
İTÜ	Yerli Kömürler İçin Yeraltı Kömür Gazlaştırma Teknolojilerinin Geliştirilmesi	Yeraltı kömür gazlaştırma
İTÜ	Saflaştırılmış Sentez Gazından Hafif Olefin Üretimi İçin Katalizör ve Reaktör Geliştirilmesi	Kömürden olefin eldesi
ODTÜ	Flexi-oxy Yakma Sistemiyle Yerli Yakıtların Değerlendirilmesi	Kömür yakma teknolojileri
ODTÜ, İTÜ, Ege Üniversitesi, Karabük Üniversitesi	Linyit ve Biyokömürün Sirkülasyonlu Akışkan Yataklı Yakma Sisteminde Oksijenden Zengin Ortamda Yakılması	Kömür yakma teknolojileri
TÜBİTAK MAM, Marmara Üniversitesi, İTÜ, Ege Üniversitesi	Oksijenden Zengin Ortamda Basınçlı Kömür, Biyokütle ve Biyokömür Yakma Teknolojilerinin Geliştirilmesi	Kömür yakma teknolojileri
TKİ, İTÜ, TENMAK	Kömür Küllerinden ve Kömür Yıkama Atıklarından Nadir Toprak Elementlerinin Kazanımı Projesi	Kömürden NTE eldesi

Türkiye'de kömür teknolojileri ile ilgili yukarıda bir kısmı özetlenen Ar-Ge projelerinin birçoğunun ticarileşme aşamasına geçişte sorunlar bulunmaktadır. Araştırma kurumları veya üniversiteler genel olarak temel Ar-Ge çalışmalarını yürütmekte, ancak ticarileştirme aşamasına sıklıkla başlanamamaktadır.

Linyit yataklarında bulunan leonarditlerin tarımsal amaçla kullanımı

Yukarıda değinilenlerin dışında, leonarditlerin tarımda kullanılmasına yönelik çalışmalar da Türkiye için önemli görülmektedir. Ülkemizde genç linyit yataklarının birçoğunda düşük-orta ve yüksek kalite düzeylerinde bulunan leonarditler Türkiye tarımında kullanılabilir. Leonardit kullanımı sonucunda; erozyonla toprak kaybı azalmakta, toprağın su tutma kapasitesi artmakta, suyun ve havanın toprak içindeki hareketi düzenlenmekte ve bitkilerin su alımı artmaktadır.

TKİ'nin linyit sahalarında kömür atığı olarak işlem gören leonarditlerin değerlendirilmesi amacıyla 2008 yılında Konya İlgün Kontrol Müdürlüğü bünyesinde Çavuşçugöl mevkiinde Hüyük Asit Pilot Üretim Tesisi kurulmuş, 2020 yılında ise söz konusu tesis Kütahya-Tunçbilek GLİ Müdürlüğüne taşınarak üretim faaliyetlerine burada devam edilmiştir. TKİ sahalarında leonardit arama tarama faaliyetleri sürdürülmekte olup, elde edilen sonuçlar raporlanmaktadır.

Türkiye'de temiz kömür teknolojilerinin gelecek planlaması

On İkinci Kalkınma Planı'nda, temiz kömür teknolojilerine ilişkin olarak beş yıllık (2024-2028) hedefler konulmuştur (Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı 2023): Bunlar;

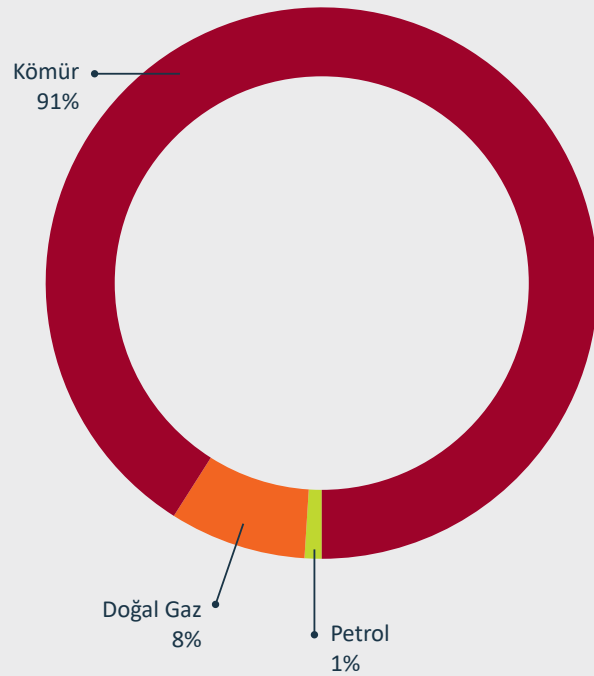
- Mevcut kömür yakıtlı santrallerde gerekli olan rehabilitasyonlar yapılarak çevresel etki ve verimlilik açısından iyileştirmeler sağlanacaktır.

- Kömürün hidrojen, metanol ve amonyak gibi daha çevreci şekilde kullanılabilmesine yönelik Ar-Ge faaliyetleri ve rezervlerimizin temiz kömür teknolojileriyle değerlendirilmesine yönelik çalışmalar yürütülecektir.



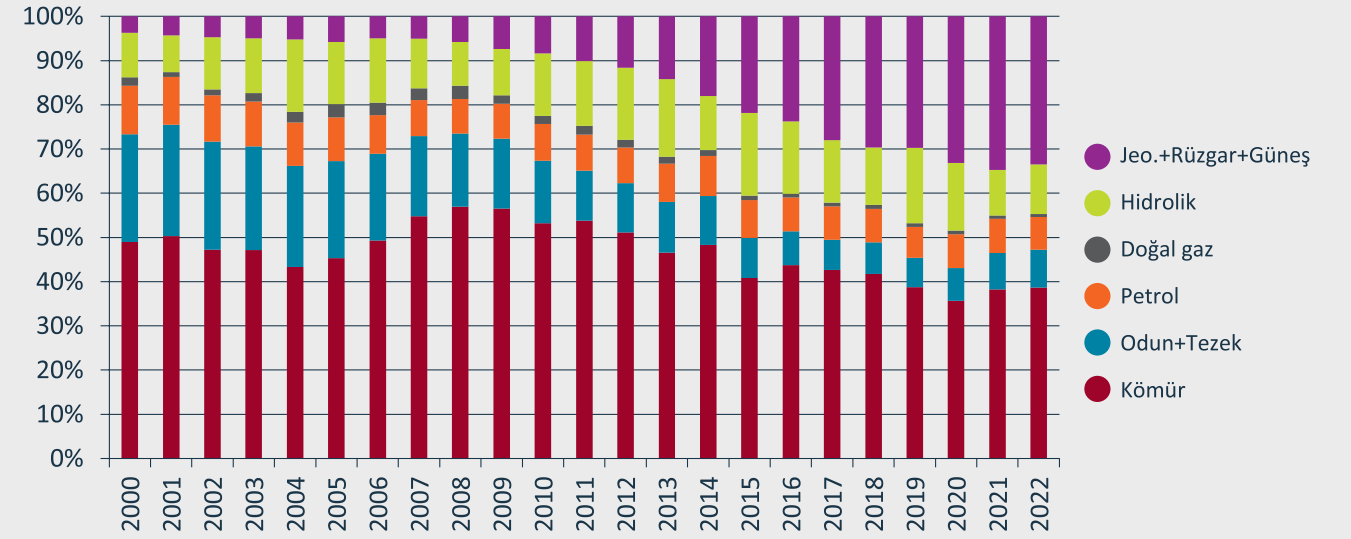
07 | YERLİ KÖMÜRLERİN TÜRKİYE ENERJİ TALEBİNE VE GENEL EKONOMİYE KATKISI

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre; 2022 yılı itibarıyla Türkiye'nin üretilebilir petrol rezervi yaklaşık 70 milyon ton ve üretilebilir doğal gaz rezervi ise yaklaşık 544 milyar m³'tür (ETKB 2024a; ETKB 2024b; TPAO 2023). Buna karşın kömür kaynağı 22 milyar ton civarındadır. Bu kaynakların enerji içerikleri dikkate alınarak petrol cinsinden karşılıkları hesaplandığında; yaklaşık 5 milyar tep kömür, 450 milyon tep doğal gaz ve 73 milyon tep petrol kaynağımızın olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 51). Dolayısıyla, Türkiye'nin toplam fosil kaynakları içinde kömürün payı %91 seviyesindedir.



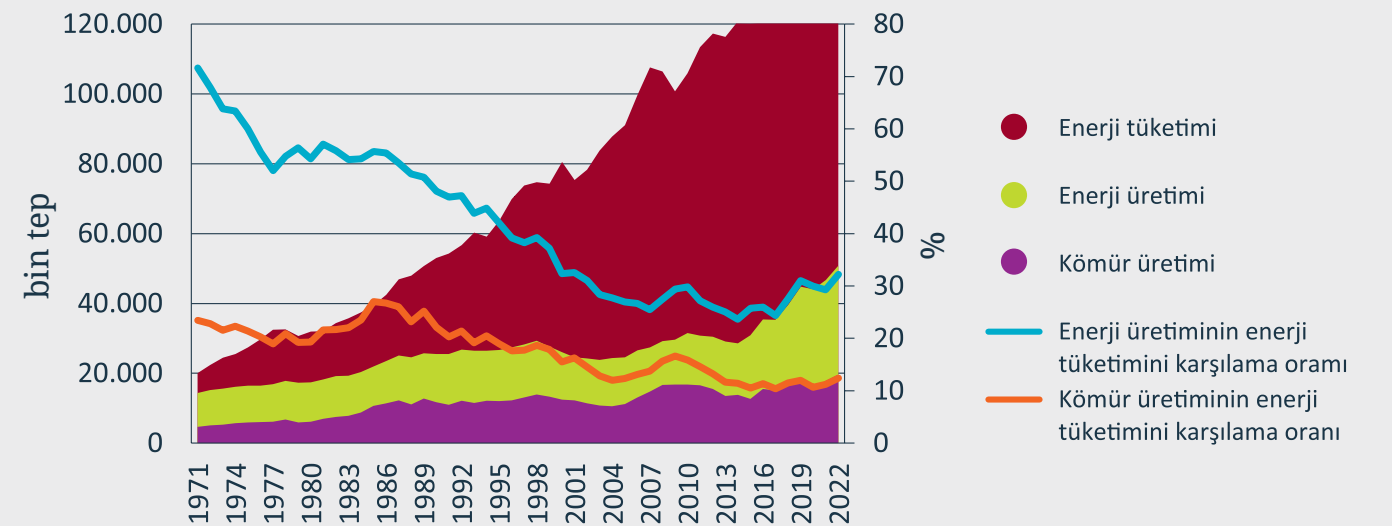
Şekil 51 Türkiye fosil kaynak/rezerv payları

Türkiye birincil enerji üretiminde yerli kömürlerin payı her zaman en yüksek oranda olmuştur. Özellikle 1970'li yıllarda başlayan linyite dayalı termik santral seferberliğini takiben yerli kömür üretimleri 1990'lı yılların sonlarına kadar düzenli olarak artmış ve 1998 yılında 67 milyon ton düzeyine kadar yükselmiştir. 2000'li yılların başında enerji üretimindeki payı %50 civarında seyreden yerli kömürlerin payı 2008-2009 yıllarında %60'lar seviyesine yaklaşmış, ancak bu tarihten sonra -önemli ölçekte yeni üretim kapasitelerinin yaratılmamış olması ve son dönemlerde özellikle yenilenebilir kaynakların üretimindeki artışlar nedeniyle gerileme eğilimine girmiştir. 2020 yılında %35 seviyesine kadar düşen kömür üretiminin payı 2022 yılında %38,6 düzeyindedir (Şekil 52). Bu dönemde, jeotermal, rüzgâr ve güneş yatırımları artış gösterirken kömür üretim yatırımlarının duraklaması, kömürün payındaki gerilemenin süreklilik kazanmasına neden olmuştur.



Şekil 52. Kömür üretiminin toplam enerji üretimi içindeki payı

Ülkemiz enerji tüketimi son on yılda yaklaşık %35 artış gösterirken, enerji üretimimiz ise %67 oranında artırılabilmiştir. Dolayısıyla, enerji üretimimizdeki artış enerji tüketimindeki artış hızının önemli ölçüde üzerindedir. Bu nedenle, yerli üretimin tüketimi karşılama oranı on yıl önce %26 düzeyindeyken 2022 yılı itibarıyla %32'ye yükselmiştir. Üretim artışı, çok büyük ölçüde yenilenebilir kaynakların üretimindeki hızlanmayla ilgilidir. Son 10 yılda jeotermal, rüzgâr ve güneş enerjisi üretimi %400'e yakın artarken kömür üretimindeki artış yaklaşık %26 ile sınırlı kalmıştır. Bu nedenle, yerli kömürlerin Türkiye enerji talebini karşılama oranı 20 yıl önce %15 ve 10 yıl önce %13 civarındayken 2022 yılı itibarıyla %12'ye doğru gerilemiştir (Şekil 53).



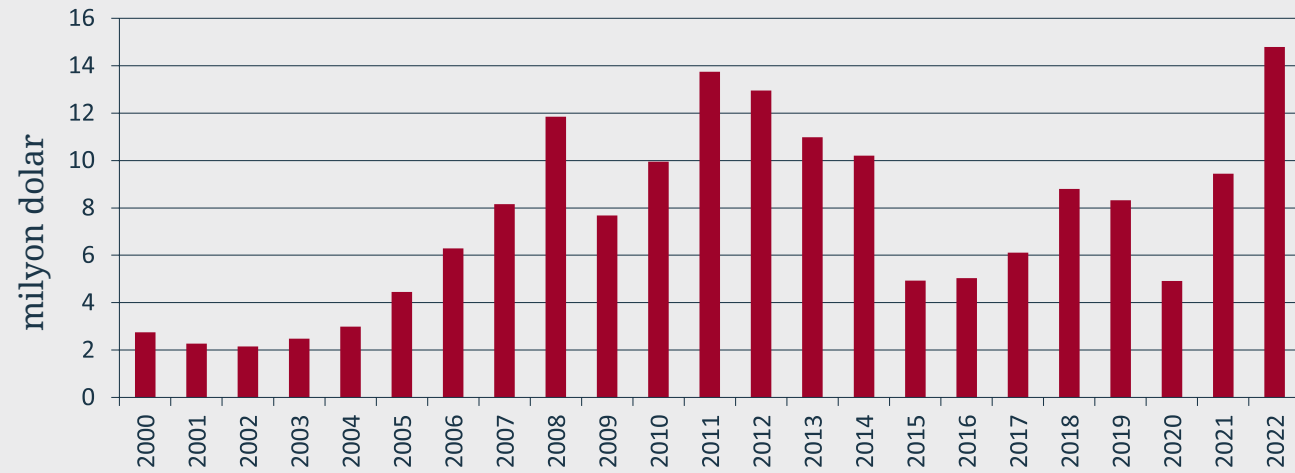
Şekil 53. Türkiye toplam enerji üretimi ile kömür üretiminin Türkiye enerji tüketimini karşılama oranları

Yerli kömürlerin elektrik üretimindeki kullanım payına ilişkin gerileme ise birincil enerjiye göre daha belirgindir. Yerli kömüre dayalı kurulu gücün toplam içindeki payı en yüksek oranda 1986 yılında %37,3 olmuş, daha sonra sürekli gerileyerek 2008 yılından sonra %20 bandının altına yerleşmiş ve 2023 yılında %10,7'ye kadar gerilemiştir. Yerli kömürlerin Türkiye toplam elektrik üretimi içindeki payı ise -doğal olarak- kurulu gücün gelişimine paralel bir yol izlemiştir. 2000 yılında yerli kömürden üretilen elektriğin toplam içindeki payı %30 seviyesindeyken 2023 yılında bu oran %14,8 olmuştur.

Yerli kömürlerin sanayi sektörlerinde kullanım payı son 10 yıldır yaklaşık %9-10 seviyelerinde seyretmektedir. Isınmadaki payı ise 10 yıl önce yaklaşık %9 seviyesindeyken 2022 yılında %5'in altına gerilemiştir.

Yerli kömür üretiminin Türkiye cari dengesine katkısı

Son 20 yıllık dönemde Türkiye'de yaklaşık 1,4 milyar ton linyit, 38 milyon ton taşkömürü ve 23 milyon ton asfaltit üretilmiştir. Türkiye kömür üretimi 2022 yılı itibarıyla 95,3 milyon ton olup, bu miktar 19,6 milyon ton petrole karşılık gelmektedir. Söz konusu yılda ortalama brent petrol fiyatının 100,9 USD/varil (Statista 2024) olduğu dikkate alındığında bir yılda üretilen kömürün enerji içeriğinin (yani kömürü üretmeyip ihtiyacımız olan aynı enerjiyi petrol formunda ithal etmek isteseydik) uluslararası piyasalardaki ticari değeri 14,8 milyar dolar (1 ton petrol = 7,46 varil) olarak hesaplanmaktadır (Şekil 54). Bu değer Türkiye toplam ithalatına oranı %4 ve enerji ithalatına oranı ise %15,3 olmaktadır. Son 5 yılda yurtiçi kömür üretiminin Türkiye dış ticaretine net katkısı ise 50 milyar dolara yakındır. Yani, yurtiçinde yapılan kömür üretimi sayesinde Türkiye'nin ithalat faturasının son 5 yılda 50 milyar dolar daha artması önlenmiş olmaktadır.



Şekil 54. Kömür üretimiyle sağlanan enerjinin uluslararası piyasalardaki ticari değeri

Ancak, yerli kömür üretiminin değeri bununla sınırlı değildir. Kömür sektöründe 2022 yılı itibarıyla 9'u kamu ve 449'u özel olmak üzere toplam 458 işyeri bulunmaktadır ve bu işyerlerinde; kamuda 8.631, özel sektörde ise 34.354 olmak üzere toplam 42.985 işçi istihdam edilmektedir. Bu istihdam, aileleriyle birlikte yaklaşık 250 bin kişiye karşılık gelmektedir.

Diğer taraftan, kömür madenciliğinin doğrudan istihdam yaratma kapasitesinin yanında, kömüre dayalı diğer bölgesel sanayileri geliştirmek suretiyle dolaylı istihdam yaratma özelliği de bulunmaktadır. Kömür işletmeleri, çevrelerinde geniş bir istihdam alanı yaratır ve yapıldıkları bölgeler için önemli bir gelir kaynağı durumundadır. Ayrıca, kömür madenciliği istihdam ağırlıklı bir sektör olması bakımından bölgelerarası göçü sınırlayıcı niteliktedir. Genellikle kırsal alanlarda yapıyor olmaları bakımından, ekonomik ve toplumsal eşitsizlikleri giderici etkileri ve dışsal fayda sağlama kapasiteleri son derece yüksektir. Faaliyetlerin gerektirdiği yol, su, elektrik, haberleşme gibi alt yapı gereksinimlerinin madencilik yapılan bölgeye getirilmesi ile söz konusu bölgede belirli düzeyde bir altyapı tesis edilmektedir. Söz konusu altyapı, kalkınmanın da temel unsurudur. Genel olarak, kömür üretim sektörünün diğer sektörlerle olan bağlantı ve etkileşimleri son derece yüksektir. Yapılan çalışmalar; Türkiye'de taşkömürü ve linyit üretim sektörünün talebi 1 birim arttığında, tüm diğer sektörlerdeki üretim artışının da oldukça yüksek gerçekleştiğini göstermektedir. Dolayısıyla, kömür üretimi gerilediğinde diğer sektörlerde de aynı oranda yüksek bir kaybın yaşanması söz konusu olacaktır.

Ayrıca, Türkiye'nin, tüm bir ekonomisini olumsuz etkileyen ciddi bir enerji arz güvenliği sorunu bulunmaktadır. Dolayısıyla, gerek enerji sorununu bir ölçüde hafifletmek, gerekse faaliyetlerin sağladığı katkılardan yararlanabilmek amacıyla, bu kaynaklarını kullanabilme hakkı da olmalıdır. Neticede, kömür üretiminin genel ekonomiye olan yukarıda değindiğimiz yararları nedeniyle kömürü olan ülkeler -eğer daha avantajlı bir diğer kaynakları da yoksa- kömür üretmeye devam etmektedir (Tablo 15).

Tablo 15. Yerli kömür üretiminin toplam enerji talebini karşılama oranı

Ülke	Karşılama oranı (%)
G. Afrika	66,7
Çin	55,5
Kazakistan	46,0
Endonezya	44,8
Hindistan	41,2
Polonya	39,4
Çekya	28,7
Avustralya	25,9
Vietnam	24,6
Ukrayna	15,4
Türkiye	11,8
Rusya	11,1
Romanya	10,0
Almanya	9,8



08 | GENEL DEĞERLENDİRME, GELECEK ÖNGÖRÜLERİ VE KÖMÜR YATIRIMCISININ ÖNÜNDEKİ TEMEL SORUNLAR

Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında önemli ilerlemeler kaydedilmesine karşın, fosil yakıtlar küresel enerji tüketiminde başat rol oynamaya devam etti. Günümüzde fosil yakıtların küresel enerji tüketimindeki payı hâlâ %80'lerin üzerindedir. Kömür, neredeyse iki yüzyıl boyunca en temel enerji kaynaklarından biri olma özelliğini korumuştur. Bu süreçte pek çok yeni enerji kaynağının ortaya çıkmasına ve özellikle çevresel etkileri nedeniyle son yıllarda yoğun bir şekilde tartışılmasına rağmen, dünya kömür kullanımından vazgeçmemektedir. Dolayısıyla, günümüzde kömür, küresel enerji tüketiminin en önemli bileşenlerinden biridir.

Paris Anlaşması'nın hedeflerini dikkate alan pek çok senaryoda, fosil yakıt talebinin kısa vadede zirve yapması, sonrasında hızla gerileyerek yerini yenilenebilir enerjilere bırakması beklenmektedir. Bununla beraber, söz konusu anlaşma temel alınarak yapılan tahminlerde dahi yenilenebilir kaynakların fosil yakıtları geçtiği tarih günümüzden ancak 30-40 sene sonrasında, yani 2050-2060 yıllarını göstermektedir. Ancak, mevcut politikaları dikkate alınarak yapılan daha gerçekçi analizlerde ise bu tarihler çok daha sonraki yılları işaret etmektedir.

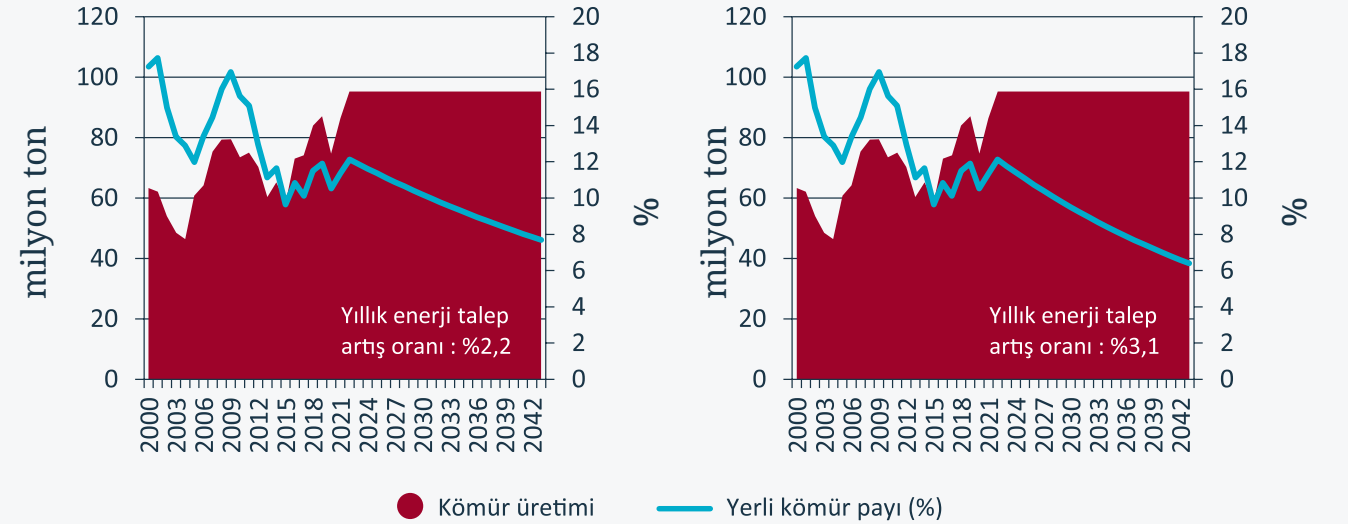
Kömürün geleceğine ilişkin yapılan analizlerde, sadece küresel ısınma ve iklim değişikliği olgularının merkeze alınarak öngörülerde bulunulması eksik bir yaklaşımdır. Aralarında Türkiye'nin de olduğu pek çok ülke için kömürden vazgeçmenin aynı zamanda enerji güvenliğinden ve giderek milli güvenlikten vazgeçmekle eşdeğer olduğu, kömürün hâlâ yoksulluktan kurtuluş ya da toplumsal refah anlamına geldiği unutulmamalıdır. Diğer taraftan, başta Çin, Hindistan ve Rusya olmak üzere dünyada çok sayıda ülkede milyonlarca insan geçimlerini kömür üretimi, iletimi ya da dağıtımından sağlamaktadır. Bu nedenle, bu ülkeler için kömürden çıkış süreçleri, aynı zamanda ciddi ekonomik ve toplumsal sorunlarla karşılaşmak demektir.

Şüphesiz, çevre, sağlık ya da iş güvenliğine ilişkin dışsal maliyetleri de dikkate alındığında kömür pahalı bir yakıt haline gelebilmektedir. Ancak, söz konusu maliyetler, gelişen/gelişmekte olan pek çok ülke tarafından göz ardı edilebilmektedir. Üstelik büyük ölçekli teşviklerin de verilebileceği enerji piyasalarında kömür hâlâ en ucuz enerji kaynakları arasındadır. Günümüzde, dünyada elektriğe erişimi olmayan hâlâ milyonlarca insan bulunmakta olup, bu insanların önemli bir bölümü için kısa sürede ve doğrudan yenilenebilir enerjilere geçebilmek çok da mümkün değildir. Dolayısıyla, kömürün kaderini uluslararası anlaşmalar değil, ulus devletlerin kendi çıkarlarını gözeterek tanımlayacakları enerji politikalarındaki tercih ve stratejiler belirleyecektir. Son olarak, teknoloji ve inovasyonun da kömürün geleceği üzerinde etkili olacağını ve bu alandaki gelişmelerin her an oyunu değiştirebileceğini akıldan çıkarmamak gerekir.

Yerli enerji üretiminin artırılması, Türkiye için her zamankinden daha önemlidir. Bu çerçevede, yerli kömür kaynaklarının harekete geçirilmesi Türkiye'nin enerji bağımlılığına bir ölçüde çare olabilir. Son dönemlerde bu yönde çok sayıda tedbir

alınmaya çalışılmakla birlikte, tam tersine, yerli kömürlerimizin enerji ihtiyacımızı karşılamadaki payı hızla gerilemektedir. Mevcut üretim düzeyi ile devam edilmesi halinde, yerli kömürün ülkemiz enerji talebini karşılamadaki payının her yıl biraz daha geriye düşeceği açıktır.

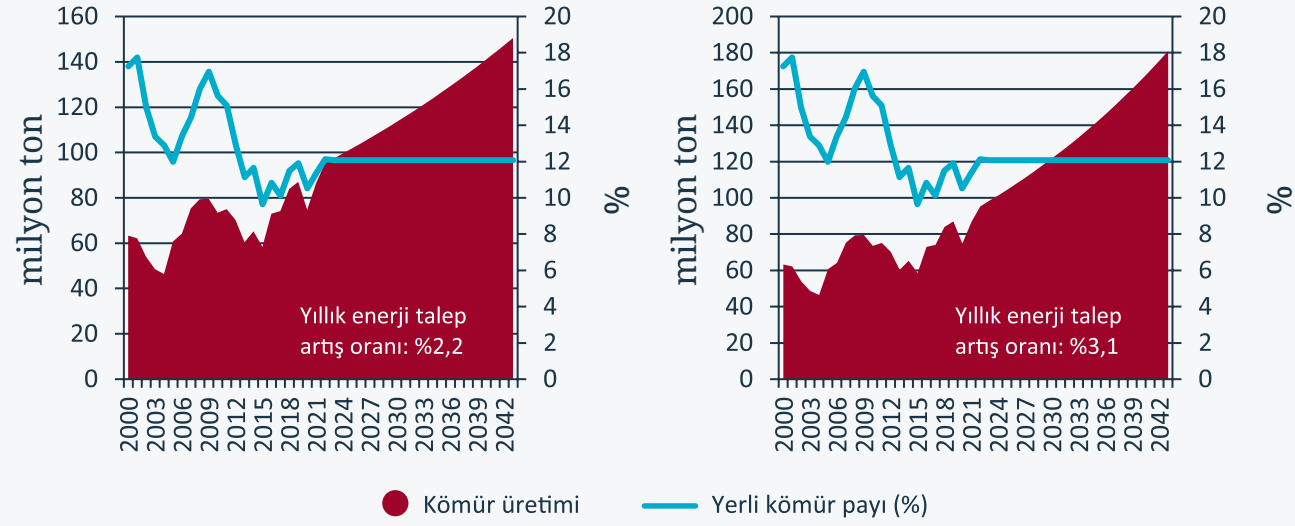
Yerli kömürlerin ülkemiz birincil enerji talebini karşılama oranı 20 yıl önce %15 ve 10 yıl önce %13 seviyesindeyken bugün %12,1 düzeyine kadar gerilemiştir. Zaman zaman kömür üretimleri yukarı yönlü hareketlense de bu eğilim sürekli olamamakta ve uzun vadede genel yön aşağı doğru gelişmektedir. Gelecek 20 yılda Türkiye enerji talebinin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan Türkiye Ulusal Enerji Planı'nda (ETKB 2022) öngörüldüğü gibi yıllık ortalama %2,2 artacağı varsayıldığında; kömür üretim yatırımlarındaki duraklamanın neden olduğu süreç aşamadığı ve üretimlerin bugün olduğu noktada kalması halinde yerli kömürlerin Türkiye enerji talebini karşılama oranı 10 yıl sonra %9,5'a ve 20 yıl sonra ise %7,8'e kadar gerileyecektir (Şekil 55). Bununla birlikte, enerji talebindeki artış oranı -iyimser bir tahmin olarak gördüğümüz- yıllık %2,2 değil de 2000-2020 ortalaması olan %3,1 olduğunda, kömür üretiminin enerji talebini karşılama oranı 10 yıl sonra %8,7'ye ve 20 yıl sonra ise %6,4'e gerileyecektir.



Şekil 55. Yerli kömür üretiminin bulunduğu seviyede kalması durumunda enerji talebini karşılama oranı

Bununla beraber, ülkemizin enerji kaynakları bakımından çok da zengin olmadığı dikkate alındığında, yerli kömürden vazgeçmenin gerek enerji arz güvenliği gerek ulusal güvenlik bakımından sorunlar yaratabileceği gözden uzak tutulmamalıdır. Bu çerçevede, yerli kömürlerin Türkiye için kritik/stratejik maden olarak tanımlanması ve ülkemizin enerji bileşimi içinde sabit ve sürekli bir yer alması en doğrusu olacaktır. Enerji bağımlılığı sorununa çözüm olması en muhtemel olan yerli kömürlerin 15-20 yıl sonra Türkiye'nin enerji talebinin yüzde 10'unu dahi karşılayamayacak bir noktaya gelmesi riski ciddi şekilde değerlendirilmelidir. Bununla birlikte, enerji talebinin gelecek 20 yılda yıllık ortalama %2,2 oranında artması durumunda yerli kömürlerin enerji bileşimi içinde bugün mevcut %12,1 oranındaki payını koruyabilmesi, her yıl 2 ila 3,2 milyon ton aralığında bir üretim artışını sağlayacak yatırımların gerçekleştirilebilmesi ile mümkün olacaktır.

(Şekil 56, Tablo 16). Enerji talep artışının yılda ortalama %3,1 olması halinde ise %12,1 oranını muhafaza edecek kömür üretim artışının yılda 3 ila 5,5 milyon ton aralığında olması gerekir.



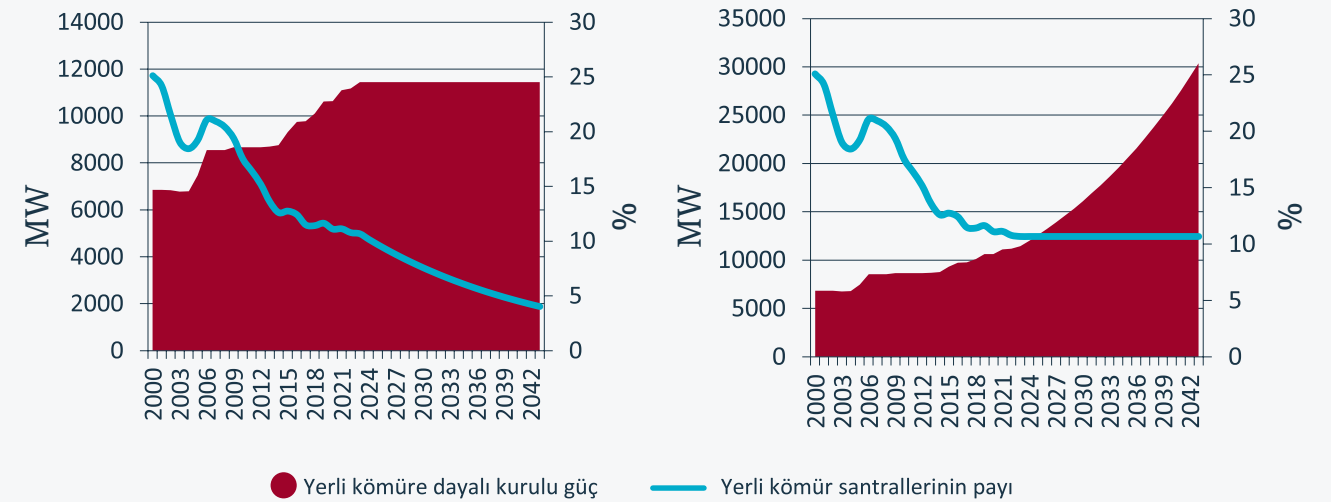
Şekil 56. Yerli kömür üretiminin enerji talebinin %12'sini karşılama için gereken kömür üretim miktarları

Tablo 16. Yerli kömürün enerji talebine katkısının %12,1'de sabit tutulabilmesi için gereken kömür üretim miktarları

Yıllar	Enerji talebi yıllık artış oranı: %2,2					Enerji talebi yıllık artış oranı: %3,1				
	Kömür üretimi (bin ton)	Kömür üretimi (bin tep)	Toplam enerji talebi (bin tep)	Kömürün talebi karşılama oranı (%)	Kömürün üretim artışı (bin ton)	Kömür üretimi (bin ton)	Kömür üretimi (bin tep)	Toplam enerji talebi (bin tep)	Kömürün talebi karşılama oranı (%)	Kömürün üretim artışı (bin ton)
2023	97.409	19.482	161.241	12,1	2.097	98.267	19.653	162.661	12,1	2.955
2024	99.552	19.910	164.788	12,1	2.143	101.313	20.263	167.703	12,1	3.046
2025	101.742	20.348	168.414	12,1	2.190	104.454	20.891	172.902	12,1	3.141
2026	103.980	20.796	172.119	12,1	2.238	107.692	21.538	178.262	12,1	3.238
2027	106.268	21.254	175.905	12,1	2.288	111.030	22.206	183.788	12,1	3.338
2028	108.606	21.721	179.775	12,1	2.338	114.472	22.894	189.486	12,1	3.442
2029	110.995	22.199	183.730	12,1	2.389	118.021	23.604	195.360	12,1	3.549
2030	113.437	22.687	187.772	12,1	2.442	121.679	24.336	201.416	12,1	3.659
2031	115.933	23.187	191.903	12,1	2.496	125.451	25.090	207.660	12,1	3.772
2032	118.483	23.697	196.125	12,1	2.551	129.340	25.868	214.097	12,1	3.889
2033	121.090	24.218	200.440	12,1	2.607	133.350	26.670	220.734	12,1	4.010
2034	123.754	24.751	204.850	12,1	2.664	137.484	27.497	227.577	12,1	4.134
2035	126.476	25.295	209.356	12,1	2.723	141.746	28.349	234.632	12,1	4.262
2036	129.259	25.852	213.962	12,1	2.782	146.140	29.228	241.905	12,1	4.394
2037	132.102	26.420	218.669	12,1	2.844	150.670	30.134	249.405	12,1	4.530
2038	135.009	27.002	223.480	12,1	2.906	155.341	31.068	257.136	12,1	4.671
2039	137.979	27.596	228.397	12,1	2.970	160.157	32.031	265.107	12,1	4.816
2040	141.014	28.203	233.421	12,1	3.036	165.121	33.024	273.326	12,1	4.965
2041	144.117	28.823	238.557	12,1	3.102	170.240	34.048	281.799	12,1	5.119
2042	147.287	29.457	243.805	12,1	3.171	175.518	35.104	290.535	12,1	5.277
2043	150.528	30.106	249.169	12,1	3.240	180.959	36.192	299.541	12,1	5.441

Diğer taraftan, yerli kömürlerin en önemli kullanım alanı olan elektrik üretimindeki payının da hızla gerilemekte olduğu gözlenmektedir. Bu alandaki yatırım ya da yatırım planlamalarının uzun zamandır neredeyse sıfır noktasında olması yerli kömürlerin geleceği bakımından büyük risk oluşturmaktadır. Son 10 yılda işletmeye giren yerli kömüre dayalı termik santral kurulu gücü sadece 1.750 MW seviyesindedir ve aynı dönemde işletmeye alınan toplam Türkiye elektrik kurulu gücünün sadece yaklaşık %6'sı kadardır. Dolayısıyla, yerli kömüre dayalı termik santrallerin toplam kurulu güç içindeki payı 20 yıl önce %20 ve 10 yıl önce %13,6 seviyesindeyken bugün %10,7 düzeyine kadar gerilemiştir. Toplam santral kurulu gücünün Türkiye Ulusal Enerji Planı'nda da öngörüldüğü gibi yıllık yaklaşık %5 oranında büyüyeceği dikkate alındığında, yerli kömüre dayalı santral portföyünün geliştirilememesi durumunda söz konusu santrallerin toplam içindeki payları 10 yıl sonra %6,5 ve 20 yıl sonra ise %3'ler seviyesine gerileyecek, dolayısıyla ülkemiz enerji denklemi içinden yerli kömürden elektrik üretimi neredeyse tamamen çıkmış olacaktır (Şekil 56). Bununla birlikte, bir taraftan stratejik/kritik maden niteliği diğer taraftan artan yenilenebilir santral portföyü karşısında baz yük santral olma avantajı nedeniyle böyle bir gelişimin rasyonel olmayacağı söylenmelidir. Diğer taraftan, yerli kömürlerin göz ardı edilerek yenilenebilir kaynaklara gereğinden fazla yüklenmesi durumunda ortaya çıkacak sorunların en büyüğü, baz yük ihtiyacından kaynaklanan sorun da olmayacaktır. Bir yandan yenilenebilir santral teknolojilerinin diğer yandan bu teknolojilerde kullanılan kritik minerallerin az sayıda ülkenin elinde olmasının da ülkemiz için gelecekte büyük risk oluşturması muhtemeldir. Söz konusu ülkelerin, ellerindeki teknoloji ve mineral arzını istedikleri gibi düzenleyerek fosil yakıtlardan yenilenebilir kaynaklara dönüşüm sürecini kontrol edebilme imkânlarının olduğu gözden uzak tutulmamalıdır.

Yerli kömür santrallerinin ülkemiz elektrik kurulu gücü içinde en azından mevcut payını koruması ise önümüzdeki 20 yıl boyunca her yıl ortalama 900 MW yeni kapasitenin işletmeye alınabilmesi ile mümkün olabilir (Şekil 57, Tablo 17).



Şekil 57. Yerli kömüre dayalı santral kapasitesinin toplam kurulu güç içinde %10,7 oran payını muhafaza edebilmek için işletmeye alınması gereken kömüre dayalı yeni kurulu güç

Tablo 17. Yerli kömüre dayalı santral kapasitesinin toplam kurulu güç içinde %10,7 olan payını muhafaza edebilmek için işletmeye alınması gereken kömüre dayalı yeni kurulu güç

Yıllar	Kömüre dayalı elektrik kurulu gücü (MW)	İşletmeye girmesi gereken kömüre dayalı yeni kurulu güç (MW)	Türkiye toplam kurulu gücü (MW)	Kömüre dayalı santrallerin payı (%)
2023	11.440	263	107.259	10,7
2024	12.012	572	112.622	10,7
2025	12.613	601	118.253	10,7
2026	13.243	631	124.166	10,7
2027	13.905	662	130.374	10,7
2028	14.601	695	136.893	10,7
2029	15.331	730	143.737	10,7
2030	16.097	767	150.924	10,7
2031	16.902	805	158.470	10,7
2032	17.747	845	166.394	10,7
2033	18.635	887	174.714	10,7
2034	19.566	932	183.449	10,7
2035	20.545	978	192.622	10,7
2036	21.572	1.027	202.253	10,7
2037	22.650	1.079	212.365	10,7
2038	23.783	1.133	222.984	10,7
2039	24.972	1.189	234.133	10,7
2040	26.221	1.249	245.840	10,7
2041	27.532	1.311	258.132	10,7
2042	28.908	1.377	271.038	10,7
2043	30.354	1.445	284.590	10,7

Afşin-Elbistan, Eskişehir-Alpu, Konya-Karapınar, Afyon-Dinar, Adana-Tufanbeyli gibi önemli kömür havzalarının mevcudiyeti dikkate alındığında, yukarıdaki hedeflerin ulaşılabilir olduğu değerlendirilmektedir. Bu kömür havzalarının hızla yatırıma dönüştürülmesiyle yerli kömürlerin enerji talebine katkısının önemli ölçüde artırılması mümkündür. Bununla beraber, yerli kömürler bakımından asıl problemleri olan taraf talep tarafı değil arz tarafıdır. Aşağıda, yerli kömüre dayalı yeni yatırımların önündeki zorluklar maddeler halinde ele alınmaktadır.

Ekonomi alanındaki zorluklar

Son birkaç yıldır, gerek Dünya'da gerekse Türkiye'de ekonomik sorunların ağırlaştığı bir dönem yaşanmaktadır. Küresel ekonomiye ilişkin bir duraklama uzun süredir gündemdedir ve ekonominin geleceğine ilişkin çok sayıda risk söz konusudur. Genel olarak dünyanın pek çok bölgesinde faizler yüksek seyretmektedir ve -salgın öncesiyle karşılaştırıldığında- bir likidite kıtlığı söz konusudur. Dünyanın ikinci büyük ekonomisi olan Çin'de ekonomik büyüme son yıllarda ciddi ölçüde azalmıştır ve benzer bir yavaşlama dönemi Avrupa Birliği bölgesi için de söz konusudur.

Küresel ekonomideki yavaşlamadan en çok etkilenen ülkeler arasında, ekonomik büyümesi uluslararası sermaye girişlerine bağlı olan Türkiye de bulunmaktadır. Ülkemizde ekonomik kriz, özellikle 2018 yılı Mayıs ve Ağustos aylarındaki ani döviz kuru ataklarından sonra iyice belirginleşmiştir. Döviz kurlarındaki sert yükselişi hızlı enflasyon artışı ve önce görece düşük, ardından yüksek faiz oranları izlemiştir. Dolayısıyla, Türkiye'nin önümüzdeki birkaç yıl daha düşük ekonomik büyüme rakamlarıyla karşılaşması oldukça muhtemeldir.

Mevcut ekonomik kriz enerji sektörünü de önemli ölçüde etkilemektedir. Pek çok kamu ihalesi durdurulmak ya da ertelenmek durumunda kalmıştır. Önümüzdeki yıllarda yaşanacak muhtemel durgunluğun süresi ve derinliği doğal olarak enerji/elektrik talebindeki yavaşlamanın düzeyini ve enerji firmalarının gelir seviyelerini de belirleyecektir. Yukarıda aktarılan ekonomik koşullarda bir taraftan talebin daralacağı diğer taraftan yeni yatırımlar için gereken sermayenin çok daha zor bulunacağı açıktır. Dolayısıyla, bu ortamda, kömür üretim yatırımları da olumsuz yönde etkilenecektir.

Enflasyon ve döviz kurundan kaynaklanan riskler

Son yıllarda, özellikle döviz kuru ve enflasyondaki hareketler çarpıcıdır. 2017 yılında dolar kuru ortalaması 3,6 TL/USD şeklindeyken 6 yıl sonra 2023 yılı ortalaması yaklaşık 23,7 TL/USD ve yılsonu kuru ise yaklaşık 29,4 TL/USD olmuştur. 2024 yılı Şubat ayı itibarıyla ise 30,7 TL/USD civarında seyretmektedir.

Tüketici Fiyat Endeksi (TÜİK-TÜFE, Yıllık % Değişim) 2022 Ocak ayında %48,7 ve 2023 Ocak ayında %57,7 seviyesindeyken 2024 Ocak ayında %64,9 düzeyine kadar tırmanmıştır (TCMB 2024a). Üretici Fiyatları Endeksindeki (TÜİK-ÜFE) gelişme ise; 2022 Ocak ayında %93,5, 2023 Ocak ayında %86,5 ve 2024 Ocak ayında ise %44,2 şeklinde seyretmiştir (TCMB 2024b).

Dolayısıyla, döviz kuru ve enflasyon oranları, gerek seviye gerekse oynaklık bakımından yatırımcı için büyük risk oluşturmaktadır. Söz konusu parametrelerin yeniden hareketlenip hareketlenmeyeceği hâlâ belirsizdir. Dolayısıyla, mevcut ortam, bırakın orta ya da uzun dönemi, kısa dönemli tahmin ya da plan yapmayı bile son derece güçleştirmektedir. Bu nedenle, önümüzdeki dönemler için söz konusu olacak bir kömür yatırımında enflasyon ve kur riskinden kaçınabilmek son derece güç olacaktır.

Finansman zorlukları

Kömür yatırımlarının önündeki bir diğer risk, sermayeye ilişkindir. Toplam kurulu gücün en azından yüzde 10'unun yerli kömür santrallerinden oluşması hedeflendiğinde önümüzdeki 10 yılda en az 15-20 milyar Dolar, yani yılda 1,5-2 milyar Dolar yatırım ihtiyacı bulunmaktadır. 70'li yıllardaki kömür yatırımları kamu tarafından finanse edilebilmiştir. Günümüzdeyse, kamunun bu alanda yatırım yapması mümkün görülmemekte ve yatırımların özel sektör tarafından gerçekleştirilmesi beklenmektedir. Ancak, özel sermaye, -kömür madenciliğinin içerdiği büyük ölçekli riskler nedeniyle- yerli kömüre yatırım yapma konusunda çekingen davranmakta, yeni yatırım gerektiren projelere sermaye koyma noktasında uzak durmaktadır. Yabancı sermaye ise bu alana neredeyse hiç girmemektedir.

Dünya Bankası, Avrupa Yatırım Bankası ya da Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası

gibi pek çok kuruluş, istisnai durumlar dışında kömür yakıtlı enerji santral yatırımlarına finansman sağlamayacaklarını duyurmuşlardır. Özel bankaların da bunları izlemesiyle kömür projelerinin finansman maliyetleri çok daha yüksek seviyelere gelmiş durumdadır. Dolayısıyla, Türkiye, yerli kömüre dayalı santral yatırımlarına yurt dışından finansman bulabilme konusunda uzun zamandır zorlanmaktadır. Diğer taraftan, yurtiçi bankaların da önemli bir bölümü -net sıfır emisyon hedefleri çerçevesinde- kömür yatırımlarına finansman sağlamaktan vazgeçtiklerini duyurmuşlardır. Bu bakımdan, kömür projelerine yurt içinden finansman bulabilmek de kolay görünmemektedir.

Rezerv ve madencilik riskleri

Son yıllarda yürütülen kömür arama ve rezerv geliştirme çalışmaları sonucunda önemli bir kaynak artışı sağlanabildiği doğrudur. Ancak, söz konusu kaynak miktarı, aslında brüt kömür varlığına işaret etmektedir ve tamamı işletilebilir nitelikte değildir. Rezervin önemli bir bölümü, ekonomik olarak işletilemeyecek kadar derindedir. Bir kısım kaynağın üzerinde yerleşim yerleri ya da alt yapı tesisleri bulunduğundan işletilebilmesi son derece zordur. Diğer taraftan, yerelde ciddi çevresel sınırlamalar söz konusudur. Kömür kaynaklarımızın ne kadarının teknik, ekonomik, politik ve çevresel olarak üretilebilir olduğu ise detay mühendislik çalışmalarıyla ve uluslararası kabul gören akreditasyon kuralları çerçevesinde tam olarak ortaya konulmuş değildir. Dolayısıyla Türkiye'de önemli bir kömür kaynağı mevcut olmasına rağmen, ekonomik olarak işletilebilir rezervin belirlenmesine yönelik kapsamlı ve detaylı çalışmalar yapılmadan proje geliştirilmesi halinde işletme döneminde önemli sorunlarla karşılaşılacaktır.

Kömüre dayalı santral projeleri, termik santral işletmeciliği ile kömür işletmeciliğinin bir arada bulunduğu bütünleşik projelerdir ve kömür işletmeciliği boyutu söz konusu projelerin en kritik ve riskli bölümünü oluşturmaktadır. Bu nedenle, mühendislik çalışmalarının varlığı, yüksek risk alacak olan kömür yatırımcısı için son derece önemlidir. Arama çalışmalarının, jeomekanik, hidrojeolojik etüt gibi mühendislik çalışmalarının, laboratuvar testlerinin gereği gibi yapılarak tamamlanmadan kömür sahalarında yatırıma girişilmesi, işletme döneminde ciddi sorunlara yol açmaktadır.

Kömür rezervlerimizden en yüksek ekonomik yararın elde edilmesini sağlamak amacıyla, kömür üretim faaliyetleri devam etmekte olan sahalarda mevcut proje ve planlamaların güncellenerek geliştirilmesi, henüz herhangi bir işletme projesi bulunmayan sahalarda işletme proje ve planlamalarının ortaya konulması, havza niteliği taşıyan bölgelerde ise havza madenciliğinin gerektirdiği orta ve uzun dönem planlamaları içeren ana master planlarının hazırlanması uygun olacaktır.

Kömür madenciliği genellikle kırsal bölgelerde yapılmak zorunda olduğundan, madencilik faaliyetleri için gerekli altyapının kurulması amacıyla ilave yatırımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye'nin kömür rezervlerinin neredeyse yarısı Türkiye'nin doğusunda, özellikle Afşin-Elbistan havzasında bulunmaktadır. Dolayısıyla bu bölgelerden üretilecek elektriğin talebin daha yoğun olduğu batı bölgelerine aktarılması ilave iletim yatırımlarını gerektirmektedir. Ayrıca, Türkiye'de madencilik sanayisi yeteri ölçüde gelişmiş değildir, dolayısıyla yatırım ve üretim maliyetleri bakımından dışa bağımlılık oranı yüksektir.

Diğer taraftan, Türkiye'nin kömür kaynaklarının %90'ından fazlası düşük kaliteli

linyitlerden oluşmakta olup, bu linyitlerin yaklaşık %60'ının alt ısıl değeri 2.000 kcal/kg'ın altındadır. Bu unsur, kömür üretim maliyetlerinin artmasında önemli bir faktördür. Soma ve Tunçbilek gibi kalitesi nispeten daha iyi olan kömür havzalarındaki rezervler tükendikçe madencilik faaliyetlerinin daha derinlerde ve daha zor şartlarda yapılması gerekmekte, dolayısıyla üretim maliyetleri artmaktadır.

Ülkemizdeki resmi dokümanlarda kömür konusuna, genel olarak, "enerji arz güvenliği" ve "yerli kaynaklara önem verilmesi" kapsamında yer verilmekte, enerji yönetimleri enerji arz güvenliği sorununun çözümü için enerji sisteminde yerli ve yenilenebilir kaynakların yer almasını hedeflemektedir. Önceki yıllarda yerli kaynaklara dayalı enerji yatırımlarının devletçe desteklenmesi amacıyla Yüksek Planlama Kurulu'nun 18.05.2009 tarih ve 2009/11 sayılı kararı ile "Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi" yayımlanmış (YPK 2009), bilinen linyit ve taşkömürü kaynaklarının tamamının 2023 yılına kadar elektrik üretim amacı ile değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaca yönelik olarak; TKİ tarafından da yatırım modelleri geliştirilmiş, yatırımcıya tahsis edilen linyit rezervi yanında termik santral inşaatı için süreler verilmiş ve elektrik üretiminden "kilovatsaat başına rödovans" yani devlet payı alınması öngörülmüştür. Söz konusu modelin uygulanmasıyla; Bolu Göynük'te AKSA Enerji'ye ait 270 MW, Soma Manisa'da Hidrojen Enerji'ye ait 510 MW ve Silopi Şırnak'ta ise PARK Enerji'ye ait 405 MW'lık termik santrallerin hayata geçirilebilmesi mümkün olmuştur.

Bu uygulamalardan elde edilen çıkarımlar ile söz konusu modelin geliştirilmesinde yarar bulunmaktadır. Bu çerçevede; kamunun ruhsat hukukunu elinde bulundurduğu kömür sahalarına ait işletme projeleri ve planlamaları, detay mühendislik çalışmaları uluslararası kabul gören akreditasyon kuralları çerçevesinde tam olarak ortaya konulmalı, ilgili bölgelere ait çevre düzeni planlarında maden işletmeciliği faaliyeti ve/veya termik santral tesisine yönelik kısıtlayıcı hükümler elden geçirilmeli, rasyonel olmayan gereksiz hususlar düzeltilmelidir. Bu kapsamda, ilgili idarelerin kömürlü santral projelerine yönelik kamu desteğini artırması, alım garantilerine ilişkin etkili modeller geliştirilmesi, izin süreçlerini kolaylaştırması ve bu projelerin planlama, finansman ve uygulama aşamalarında karşılaşılan engelleri azaltmaya yönelik tedbirler alması uygun olacaktır.

Diğer taraftan, kömüre dayalı yatırımların ülkemiz enerji güvenliği bakımından önem derecesi dikkate alındığında, kamu-özel işbirliği modellerinin de kurulacak olan ortak proje şirketleri aracılığı ile geliştirilmesi ve böylelikle temiz kömür teknolojilerine dayalı santral projelerinin bir an önce hayata geçirilmeleri mümkün olabilecektir. İlgili kamu kuruluşlarının mevcut statüleri buna imkân vermektedir.

Ayrıca, ülkemizdeki 17 özel bankadan 9'unun kömür yatırımlarına finansman sağlamayacaklarını açıklamış olmaları dikkate alındığında, finansmana ilişkin yeni modellerin geliştirilmesinde yarar bulunmaktadır. Bu konuda destek olabilecek kurumlar arasında Türkiye Varlık Fonu da bulunmaktadır. Fonun hedefleriyle yerli kömüre dayalı yatırım ihtiyacı örtüşmektedir. Yerli kömür yatırımlarına bir diğer finansman desteği ise; Hazine ve Maliye Bakanlığı ortaklığındaki Kalkınma Yatırım Bankası gibi kuruluşların projelere finansman imkânı sunması ile mümkün olabilecektir.

Sonuç olarak, sürdürülebilir enerji politikaları ve enerji arz güvenliği, ülkelerin

gelişimleri ile ekonomik ve ulusal güvenliklerinin temelini oluşturmaktadır. Bu nedenle enerji kaynaklarını kesintisiz, güvenilir, ucuz, temiz ve çeşitlendirilmiş kaynaklardan sürdürülebilir olarak sağlayabilmek ve verimli kullanmak, her ülkenin güvence altına alması gereken en önemli hususlardır. Ülkemizin XXI. yüzyıldaki başarısı, sürdürülebilir kalkınmasının önündeki en büyük engel olan enerjide dışa bağımlılık sorununu, elindeki kaynakları verimli, etkin ve çevre dostu bir şekilde değerlendirmesine bağlı olacaktır. Bununla beraber, yerli kömürlere yatırımın önünde duran ve yukarıda ana hatlarıyla değinilen zorlukların kamu idaresi tarafından hafifletilmesi ve yatırımcının ihtiyaç duyduğu desteklerin sağlanması bu hedeflere ulaşabilmek bakımından mutlak bir gerekliliktir.



KAYNAKLAR

- Argusmedia.com (2024), Argus Insight: Coal - Key global thermal coal market trends for 2024, Erişim: Şubat 2024.
- BGR (Federal Institute for Geosciences and Natural Resources of Germany), (2020), BGR Energy Study 2019 – Data and Developments Concerning German and Global Energy Supplies, Hannover.
- BGR (Federal Institute for Geosciences and Natural Resources of Germany), (2022), BGR Energy Study 2021 – Data and Developments Concerning German and Global Energy Supplies, Hannover.
- Brittanica (2024), Coal Mining, <https://www.britannica.com/technology/coal-mining>, Erişim: Ocak 2024.
- China Dialogue (2020), Climate and energy in China's 14th Five Year Plan – the signals so far. <<https://chinadialogue.net/en/energy/chinas-14th-five-year-plan-climate-and-energy/>>, Erişim: Şubat 2020.
- Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2023), On İkinci Kalkınma Planı - 2024-2028, Ekim 2023.
- Enerdata (2024). World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2023 - Coal and lignite domestic consumption. <https://yearbook.enerdata.net/coal-lignite/coal-world-consumption-data.html>, Erişim: Şubat 2024.
- Energy Institute (2023), Statistical Review of World Energy - 2023.
- EPDK (2023). Temmuz 2023 – İlerleme Raporu. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-86/elektriklisans-islemleri>, Erişim tarihi: Şubat 2024.
- ETKB (2022), Türkiye Ulusal Enerji Planı, 2022.
- ETKB (2024a), Petrol, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-petrol>, Erişim: Şubat 2024.
- ETKB (2024b), Doğal gaz, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-dogalgaz>, Erişim: Şubat 2024.
- ETKB/EİGM (1970-2022), Ulusal Enerji Denge Tabloları – 1970-2022.
- Euracoal (2011), Coal Industry Across Europe 2011, Brussels.
- Euracoal (2024), Euracoal Statistics - Coal and lignite production and imports in Europe, <https://euracoal.eu/info/euracoal-eu-statistics/>, Erişim: Şubat 2024.
- EÜAŞ (2023), EÜAŞ 2022 Yılı Faaliyet Raporu.
- Futurecoal (2024), Coal Facts, <https://www.futurecoal.org/coal-facts/>, Erişim: Şubat 2024.
- Futurecoal (2024), Sustainable Coal, <https://www.futurecoal.org/sustainable-coal/>, Erişim: Şubat 2024.
- Global CCS Institute, The Global Status of CCS: 2023 - Scaling Up Through 2030.
- IEA (2017) World Energy Outlook 2017, Paris.
- IEA (2018), World Energy Outlook 2018.
- IEA (2019), Coal Information 2019, Paris.
- IEA (2022), Coal Market Update - 2022, Paris.
- IEA (2023a), Coal 2023, Paris.
- IEA (2023b), World Energy Outlook 2023, Paris.
- Investing.com (2024), Newcastle coal futures, <https://www.investing.com/commodities/newcastle-coal-futures>, Erişim: Şubat 2024.
- IRENA (2020), Renewable Power Generation Costs in 2019, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- Laherrère, J., “Peak oil and other peaks”, Presentation at the CERN meeting, 3 Ekim 2005.

- MAPEG (2024), Maden İstatistikleri – Maden Üretim Değerleri, <https://www.mapeg.gov.tr/Sayfa/Madenistatistik>, Erişim: Şubat 2024.
- MTA (2024), Kömür Arama Araştırmaları, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/komur-arama-arastirmalari>, Erişim tarihi: Şubat 2024.
- Okutan, H. (1991), “Kömürün Gazlaştırılması”, Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri’, TKİ Didim Tesisleri, 16-18 Ekim 1991
- Pglobal (2014), Soma Bölgesi Kömür Madenciliği Üzerine Etki Analizi.
- Statista (2024), Average annual Brent crude oil price from 1976 to 2024, <https://www.statista.com/statistics/262860/uk-brent-crude-oil-price-changes-since-1976/>, Erişim: Şubat 2024.
- TCMB (2024a), Fiyat Endeksi (Tüketici Fiyatları) (2003=100), <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Istatistikler/Enflasyon+Verileri/Tuketici+Fiyatlari>, Erişim: Şubat 2024.
- TCMB (2024b), Fiyat Endeksi (Üretici Fiyatları) (2003=100), <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Istatistikler/Enflasyon+Verileri/Uretici+Fiyatlari>, Erişim: Şubat 2024.
- Tamzok, N. (2011), “Kömürün Geleceği”, TMMOB 8. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 2. Cilt, İstanbul, 17-19 Kasım 2011.
- Tamzok, N. (2012) “Jeopolitik ve Teknolojik Gelişmeler Perspektifinden Kömürün Geleceği”, TMMOB 8. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 17-19 Kasım 2012, İstanbul.
- Tamzok, N. (2021) “Dünya’da ve Türkiye’de Kömür Politikaları”, Kömür ve Enerji Çalıştayı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 20 Şubat 2021.
- Tamzok, N. (2021) Kömürün geleceği (III): Temiz kömür rüyası, Enerji Günlüğü, <https://www.enerjigunlugu.net/komurun-gelecegi-iii-temiz-komur-ruyasi-31959yy.htm>, Temmuz 2021.
- TEİAŞ (2024b), Yük tevzi bilgi sistemi günlük işletme neticeleri – kuruluş ve kaynaklara göre kurulu güç, Erişim: Şubat 2024.
- TEİAŞ (2024a), Türkiye Elektrik Üretim-İletim İstatistikleri, <https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>, Erişim: Şubat 2024.
- TKİ (2023). TKİ 2022 Yılı Faaliyet Raporu.
- TMMOB Makina Mühendisleri Odası (2017), Türkiye’de Termik Santraller.
- TPAO (2023), 2022 Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu.
- TTK (2023). 2022 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu.
- TÜİK (2022), Katı yakıtların üretim, ithalat, ihracat, teslimat ve stok değişim miktarları, 2021-2022, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Kati-Yakitlar-Aralik-2022-49693>, Erişim: Şubat 2024.
- TÜİK (2024). Dış ticaret verileri – Veri tabanları. <iz.tuik.gov.tr>, Erişim: Şubat 2024.
- UN-ECE (United Nations Economic Commission for Europe) (1998), International Codification System for Medium and High Rank Coals, New York, <https://unece.org/fileadmin/DAM/ie/se/pdfs/codee.pdf>.
- YPK (Yüksek Planlama Kurulu) (2009), Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi.
- World Coal Institue (2005), The Coal Resource - A Comprehensive Overview of Coal, London-UK.

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
AB28	Avrupa Birliği'ne üye 28 ülke
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
API	Argus/McCloskey's Coal Price Index
ARA	Amsterdam, Rotterdam and Antwerp
BGR	Almanya Federal Yerbilimleri ve Doğal Kaynaklar Enstitüsü
BP	British Petroleum
CCGT	Combined-Cycle Gas Turbine
CCUS	Carbon Capture Utilization and Storage
CIF	Cost, Insurance and Freight
ÇLİ	Çan Linyitleri İşletmesi
EİGM	Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
ELİ	Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
FOB	Free On Board
GELİ	Güney Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi
GLİ	Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi
IEA	International Energy Agency
İHD	İşletme Hakkı Devri
KİT	Kamu İktisadi Teşebbüsü
MAPEG	Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
ÖİB	Özelleştirme İdaresi Başkanlığı
R/P	Rezerv/Üretim Oranı (yıl)
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TENMAK	Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu
TMSF	Tasarruf Mevduatı Sigorta Fonu
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TTK	Türkiye Taşkömürü Kurumu
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜBİTAK/MAM	TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UEA	Uluslararası Enerji Ajansı
UN-ECE	United Nations Economic Commission for Europe
USD	United States Dollar
v.y.	veri yok
WCA	World Coal Association
WEO	World Energy Outlook

BİRİMLER

EJ	Exajoule
kJ	Kilojoule
Btu	British Thermal Unit
mton	milyon ton
GT	gigaton
tep	ton eşdeğer petrol
mtep	milyon ton eşdeğer petrol
tek	ton eşdeğer kömür (=0,7 tep)
mtek	milyon ton eşdeğer kömür
kcal	kilokalori (=10 ³ kalori)
kW	kilowatt (=10 ³ watt)
MW	megawatt (=10 ³ kW)
GW	gigawatt (=10 ³ MW)
TW	terawatt (=10 ³ GW)
kWh	kilowatt-saat (10 ³ watt-saat)
MWh	megawatt-saat (10 ³ kWh)
GWh	gigawatt-saat (10 ⁶ kWh)
TWh	terawatt-saat (10 ⁹ kWh)

BİRİM DÖNÜŞÜMLERİ

1 kcal = 4.1868 kJ = 3.968 Btu

1 kJ = 1,000 joules = 0.239 kcal = 0.948 Btu

1 Btu = 0.252 kcal = 1.055 kJ

1 varil petrol eşdeğeri (boe) = 5.8 million Btu = 6.119 million kJ

1 kW's = 860 kcal = 3600 kJ = 3412 Btu

1 EJ yaklaşık eşittir:

239 trilyon kcal: 948 trillion Btu

40 ton taşkömürü: 95 ton linyit ve alt bitümlü kömür

278 TWh elektrik



TÜRKİYE'DE ve DÜNYADA KÖMÜR



www.komurder.org