

IRAK'TA

ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİ VE GÜNEŞ ENERJİSİ POLİTİKALARI

AHMED KHUDHAIR ABBAS
DOÇ. DR. MUHAMMED ORAL

EĞİTİM
yayinevi

IRAK'TA ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİ VE GÜNEŞ ENERJİSİ POLİTİKALARI

Ahmed Khudhair Abbas, Doç. Dr. Muhammed Oral

Yayınevi Grubu Genel Başkanı: Yusuf Ziya Aydoğan (yza@egitimyayinevi.com)

Genel Yayın Yönetmeni: Yusuf Yavuz (yusufyavuz@egitimyayinevi.com)

Sayfa Tasarımı: Kübra Konca Nam

Kapak Tasarımı: Eğitim Yayınevi Tasarım Birimi

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı

Yayıncı Sertifika No: 76780

E-ISBN: 978-625-385-518-5

1. Baskı, Aralık 2025

Kütüphane Kimlik Kartı

IRAK'TA ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİ VE GÜNEŞ ENERJİSİ POLİTİKALARI

Ahmed Khudhair Abbas, Doç. Dr. Muhammed Oral

VI+97 s., 160x240 mm

Kaynakça var, izin yok.

E-ISBN: 978-625-385-518-5

Copyright © Bu kitabın Türkiye'deki her türlü yayın hakkı Eğitim Yayınevi'ne aittir. Bütün hakları saklıdır. Kitabın tamamı veya bir kısmı 5846 sayılı yasanın hükümlerine göre kitabı yayımlayan firmanın ve yazarlarının önceden izni olmadan elektronik/mechanik yolla, fotokopi yoluyla ya da herhangi bir kayıt sistemi ile çoğaltılamaz, yayımlanamaz.

EĞİTİM
yayınevi

Yayınevi Türkiye Ofis: İstanbul: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Atakent mah. Yasemen sok. No: 4/B, Ümraniye, İstanbul, Türkiye

Konya: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye
+90 332 351 92 85, +90 533 151 50 42
bilgi@egitimyayinevi.com

Yayınevi Amerika Ofis: New York: Eğitim Publishing Group, Inc. P.O. Box 768/Armonk, New York, 10504-0768, United States of America
americaoffice@egitimyayinevi.com

Lojistik ve Sevkiyat Merkezi: Kitapmatik Lojistik ve Sevkiyat Merkezi, Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye
sevkiyat@egitimyayinevi.com

Kitabevi Şubesi: Eğitim Kitabevi, Şükran mah. Rampalı 121, Meram, Konya, Türkiye
+90 332 499 90 00
bilgi@egitimkitabevi.com

İnternet Satış: www.kitapmatik.com.tr
bilgi@kitapmatik.com.tr

EĞİTİM YAYINEVİ
GRUBU

EĞİTİM
yayınevi

SALON
yayıncılık

Kitapmatik
İzmir

kitapmatik
Eğitim ve Kültür Bakanlığı
Eğitim Kurumları

EĞİTİM
kitabevi

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	V
-------------	---

I. BÖLÜM	1
----------------	---

1.1. Irak'ın Enerji Görünümü	1
1.2. Fosil Yakıtlar (Hidrokarbon Kaynaklar)	1
1.2.1. Petrol	2
1.2.2. Irak'ta Petrolün Tarihçesi	2
1.2.3. Petrol Rezervleri	3
1.2.4. Petrol Üretimi	5
1.2.5. Petrol Tüketimi	6
1.3. Doğal Gaz	6
1.3.1. Doğal Gaz Türleri	6
1.3.2. Irak Doğal Gazı	7
1.3.3. Irak'ta Doğal Gaz Rezervleri Ve Üretimi	8
1.3.4. Doğal Gaz Üretimi	9
1.3.5. Doğal Gaz Tüketimi	10
1.4. Irak'ta Yenilenebilir Enerji	11
1.4.1. Güneş Enerjisi	12
1.4.1.1. Irak'ta Güneş Radyasyonunun Gerçek Parlaklık Saatleri	15
1.4.1.2. Irak'ta Güneş Enerjisinin Bazı Kullanımları	15
1.4.2. Rüzgâr Enerjisi	18
1.4.3. Hidrolik Güç	22
1.4.3.1. Irak Hidroelektrik Santrallerinin Mekânsal Dağılımı	24
1.4.4. Biyokütle Enerjisi	26
1.4.5. Jeotermal Enerji	27

II. BÖLÜM	28
-----------------	----

1.5. Irak'ın Enerji Güvenliği	28
1.6. Irak'ta Elektrik Enerjisi Ve Elektrik Sektörünün Karşılaştığı Zorluklar	29
1.6.1. Elektrik Enerjisinin Önemi	30
1.6.2. Irak'ta Elektrik Sektörünün Karşılaştığı Zorluklar	30
1.7. Irak'ta Elektrik Enerjisi Üretiminin Analizi	32
1.7.1. Irak Elektrik Santrallerinin Coğrafi Dağılımı	34

1.7.1.1. Termik Santraller (Buhar Santralleri) (petrol ve doğal gaz).....	35
1.7.1.2. Gaz Santralleri.....	36
1.7.1.3. Dizel Santralleri	38
1.7.2. Irak Elektrik Enerjisi Üretim Kaynakları	39
1.7.3. Irak'ta Elektrik Enerjisi Sistemindeki Kayıplar	42
1.8. Irak Elektrik Enerjisi Tüketiminin Değerlendirilmesi	44
1.9. Irak'ta Elektrik Enerjisi Yönetiminin Başarısızlık Nedenleri.....	44
1.9.1. Irak Elektrik Enerjisi Talebini Etkileyen Faktörler.....	45
1.9.2. Irak'ta Elektrik Enerjisi Arz ve Talebi Arasındaki Uçurum	47
III. BÖLÜM	50
1.10. Dünyada Güneş Enerjisi Kullanımının Tarihsel Gelişimi	50
1.11. Güneş Enerjisi Alanında Küresel Yatırım Yönelimleri.....	54
1.12. Güneş Enerjisinin Dünyadaki Güncel Durumu	54
1.13. Güneş Fotovoltaik Enerjisi Alanında Lider Ülkeler	56
1.13.1. Çin'de Güneş Enerjisi.....	56
1.13.2. ABD'de Güneş Enerjisi.....	57
1.13.3. Japonya'da Güneş Enerjisi	59
1.13.4. Hindistan'da Güneş Enerjisi	60
1.13.5. Almanya'da Güneş Enerjisi	61
1.14. Irak'ta Güneş Enerjisi Yatırımını Etkileyen Faktörler.....	63
1.14.1. Güneş Işınımı	63
1.14.2. Güneş Işığının Geliş Açısı.....	64
1.14.3. Topografya	65
1.14.4. Sis	66
1.14.5. Bulutluluk.....	67
1.14.6. Sıcaklık.....	69
1.14.7. Atmosfer Basıncı	71
1.14.8. Rüzgâr.....	72
1.14.9. Yağış Miktarı.....	75
1.14.10. Toz Fırtınası	77
BULGULAR	79
SONUÇ.....	85
KAYNAKÇA	89

ÖNSÖZ

“Irak’ta Enerji Arz Güvenliği ve Güneş Enerjisi Politikaları” adlı bu çalışma, Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Coğrafya Ana Bilim Dalında Doç. Dr. Muhammed ORAL danışmanlığında hazırlanmış ve 23/09/2024 tarihinde savunularak başarılı olan **“Irak’ta Enerji Arz Güvenliği ve Güneş Enerjisi Politikaları”** adlı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Güneş enerjisi konusunun incelenmesi, elektrik enerjisinin gelişimini ilerletmek için ciddi bir adımdır. Zira güneş enerjisi gelecekte enerji krizi ile ilgili sorunların çözümü için umut verici bir kaynak olarak kabul edilmektedir. Nüfusun artması, teknolojik ilerleme ve enerjiye olan talebin artması sonucunda enerji ve buna bağlı olarak fosil yakıt fiyatlarındaki artış, dikkatlerin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesini zorunlu hale getirmiştir. Dünyada yenilenebilir enerji kullanımında önemli bir genişleme yaşanırken ve bazı ülkeler yüksek oranlara ulaşmışken, özellikle güneş enerjisi, bu alanda dünyaya ayak uydurmak amacıyla enerji ihtiyaçlarını yenilenebilir enerji projeleriyle karşılamaktadır. Dünya ülkelerinin gelişmesi, elektrik enerjisi üretme yöntemlerinin gelişmesiyle ölçülenmektedir. Elektrik enerjisini nükleer enerji ve güneş pilleri ile elde eden ülkeler de mevcuttur. Ayrıca elektrik enerjisini rüzgâr enerjisi ve diğer enerji üretim kaynakları yoluyla elde etmekte olanlar da vardır. Bunlar büyük küresel ülkelerin enerji üretme konusunda rekabet ettiğini ve bunun çevreye ve doğaya olan etkileri nedeniyle petrol ve doğal gaz kullanarak enerji üretiminden kısmen de olsa uzaklaştıklarını göstermektedir. Küresel ekonominin, Dünyada ve Irak’ta ekonomik kalkınma çarkını yönetmenin ana motoru elektrik enerjisi olduğundan, elektrik enerjisi sektörü birçok sorun ve engelle karşı karşıya kalmaktadır. Geçtiğimiz yüzyılın doksanlı yıllarının başından beri nüfusun karşılaştığı ve hâlen devam eden elektrik üretimi ve ithalatına ayrılan maliyetler, tüketiciye uygulanan elektrik tarifesini ile orantılı değildir. Bu çalışma, Irak’ta elektrik enerjisi görünümünü analiz etmeyi amaçlamaktadır. Bitki örtüsü ve nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu alanlarda mevcut olan güneş enerjisi potansiyeline rağmen bu kaynaktan sağlanan katkı, bölgesel elektrik arz açığını karşılamada halen sınırlı bir düzeydedir. Bu çalışmanın ilk bölümünde Irak’taki enerji beklentileri ele alınmıştır. İkinci bölümde Irak’ta enerji güvenliği ve enerji güvenliği politikalarına değinilmektedir. Üçüncü bölümde ise Irak’ın güneş enerjisi potansiyeli gösterilmiştir.

Araştırmanın Amacı Ve Önemi

Bu çalışma, Irak’taki elektrik enerjisi sektörünün güncel durumunu analiz etmeyi amaçlamaktadır. Elektrik enerjisi, ekonomik kalkınma sürecinde

temel bir unsur olup, birçok modern faaliyetin altyapısını oluşturmaktadır. Bu bağlamda, başta Irak olmak üzere dünya genelinde ülkelerin ulaşım, sanayi, tarım ve konut sektörlerindeki gelişmelerinin temel itici gücü olarak değerlendirilmektedir.

Irak, petrol ve doğal gaz kaynakları bakımından zengin bir ülke olmasına karşın, elektrik enerjisi arzında ciddi eksiklikler yaşamaktadır. Ayrıca Irak, yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir potansiyele sahip olan güneş enerjisi açısından da zengin bir ülke olmasına rağmen, bu potansiyel elektrik enerjisi üretimine yeterli düzeyde yansıtılamamıştır. Başta güneş enerjisi olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, hem elektrik üretimindeki açığın kapatılmasına hem de fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılmasına yönelik önemli bir çözüm olarak değerlendirilmektedir. Bu çerçevede çalışma, Irak elektrik sektörünün karşılaştığı sorunları ve özellikle güneş enerjisi başta olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma olanaklarını analiz etmeyi amaçlamaktadır.

Araştırmanın Yöntemi

Bu çalışmada nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Araştırma kapsamında, sektördeki yetkililerden ve konuyla ilgili uzman kişilerden nitelikli ve derinlemesine bilgiler elde edilmesi amaçlanmıştır; bu doğrultuda, amaçsal örnekleme yöntemlerinden biri olan ölçüt örnekleme yöntemi tercih edilmiştir. Bu kapsamda yarı yapılandırılmış görüşmeler hem yüz yüze hem de çevrim içi ortamda gerçekleştirilmiştir.

Toplamda 14 yetkili ile görüşme yapılmıştır. Bu kişilerden ikisi petrol sektöründe çalışmakta olup görüşmeleri çevrim içi ortamda gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Irak Elektrik Bakanlığından beş yetkili, Bağdat Üniversitesinden üç, Erbil Üniversitesinden ise dört akademisyenle yüz yüze görüşmeler yapılmıştır. Katılımcılar “K” harfi ile kodlanmış olup, her bir görüşme ortalama 25-30 dakika sürmüştür. Bunun yanında sektörde faaliyet gösteren ulusal ve uluslararası kurum ve kuruluşların verilerinden yararlanılmıştır.

Veri toplamada kullanılan sorular şu şekilde belirlenmiştir;

- *Irak'taki elektrik krizinin nedenleri nelerdir?*
- *Irak'ta elektrik üretiminde güneş enerjisinin kullanımına ilişkin çalışmalar nelerdir?*
- *Irak'ta elektrik enerjisi temini için ne gibi planlamalar yapılmaktadır?*

Kapsam Ve Sınırlılıklar

Bu araştırmanın kapsamını Irak'ın enerji sektörü oluşturmaktadır. Verilerin belirli yıllarla sınırlı olmasının nedeni, Irak'ta uzun yıllar süren işgal ve siyasi istikrarsızlık koşullarıdır.

I. BÖLÜM

1.1. Irak'ın Enerji Görünümü

Enerji, bir ihtiyaca binaen var olan bir işi gerçekleştirebilecek kuvvetleri verme yeteneğidir. Enerji ve sürdürülebilirliği tüketim açısından uygar toplumların temel bileşenleri arasında yer almakta ve enerji çeşitli ulaşım araçlarında kullanılmaktadır. (Hassan, 2014).

Irak, yenilenebilir enerji türleri açısından dünyanın en zengin bölgeleri arasında yer almaktadır. Ancak enerji kaynağı esas olarak petrole bağımlı durumdadır ve yenilenebilir kaynaklardan faydalanılmasının önüne geçilmiştir. Ülke kullanılabilir hidroelektrik enerji de dahil çeşitli yenilenebilir kaynaklara sahiptir. Arazi itibariyle kullanılmayan topraklarda güneş ışığının bolluğu, bazı bölgelerde yüksek rüzgâr hızı enerji üretim kaynaklarının çeşitlendirilmesinin ekonomik bir parçası haline gelebilecek durumdadır. Fakat aynı zamanda bu enerjinin fosil yakıtlara dayalı mevcut ulusal şebekeyle entegrasyonunun büyük bir zorluk olacağı da öngörülebilmektedir (Mills&Maryam, 2020).

Irak, diğer birçok ülkede olduğu gibi sınırlı üretim, mali ve idari yolsuzluklar ile elektrik şebekesinin bozulmasından kaynaklanan birçok aksaklık nedeniyle elektrik enerjisi temininde eksiklik yaşayan bir ülke konumundadır. İran'la yapılan savaş ve Körfez Savaşı sırasında Irak'ta elektrik altyapısı, yaptırımlara maruz kalırken yatırım ve ekipman eksikliği nedeniyle ciddi hasar oluşmuştur. Ülkede 2003'ten sonra artan talep ve nüfus artışı nedeniyle her geçen gün daha fazla elektrik enerjisine ihtiyaç duyulması nedeniyle birçok problem ortaya çıkmıştır. Enerji üretiminin artırılması, yalnızca günlük enerji açığını kapatmak için değil ekonomik kalkınmayı desteklemek için de gerekmektedir. Irak Elektrik Bakanlığı'na göre elektrik açığının 2020 yılından sonra 17.000 MW seviyesine ulaşacağı tahmin edilmektedir. Buna rağmen bugüne kadar yenilenebilir enerjiden özellikle de güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmek için gereken şekilde yararlanılmış değildir (el-'İkabî, 2019).

1.2. Fosil Yakıtlar (Hidrokarbon Kaynaklar)

Irak, 1930'da petrolün keşfedilmesinden bu yana, gerekli enerji ihtiyacının çoğunu karşılamak için büyük rezervleri sayesinde petrol ve doğal gazdan oluşan fosil enerji kaynaklarını kullanmaya başlamıştır. Bu iki kaynak ihtiyaçların gerektirdiği şekilde farklı oranlarda olmakla beraber birlikte kullanılmıştır.

1.2.1. Petrol

Çeşitli bileşimlere ve farklı doğal ve kimyasal özelliklere sahip, organik hidrokarbon bileşiklerinden oluşan karmaşık, heterojen bir maddedir. Ayrıca demir ve sodyum gibi bazı minerallerin yanı sıra kükürt, oksijen, nitrojen, su ve tuzlar gibi bazı safsızlıkları da içerir (Al-Dalfi, 2017).

Bu safsızlıkların varlığı, işleme ve rafinasyon prosesleri üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı istenmeyen unsur olarak değerlendirilmektedir. Bu sebeple solventlerle gaz ayırma, su ayırma, tuz ayırma, kükürt ayırma ve balmumu ayırma işlemleri maliyetleri artıran işlemlerdir. Tabloda petrolü oluşturan elementlerin yüzdelerinin genel ortalaması belirtilmektedir.

Tablo 1: Petrolü oluşturan elementlerin oranları

Unsur	Ağırlıkça %
Karbon	82 – 87
Hidrojen	11 – 15
Kükürt	0.2 – 4
Oksijen	1
Fosfor	%1'den az
Kül	0.05 – 0.11

Kaynak: Rasan, 1999

1.2.2. Irak'ta Petrolün Tarihçesi

Irak petrol endüstrisi, araştırma, maden arama, keşif ve daha sonra yabancı şirketler tarafından resmi üretim süreçlerinin gerçekleştirilmesi şeklinde çeşitli aşamalardan geçmiştir. 1901'de Irak'ta modern arama sondajları yapılmaya başlandı ve 1919'da İngiliz ve Fransız hükûmetleri arasında petrol görüşmeleri yapılmıştır. Bu görüşmeler Irak'taki petrol yatırımlarında, Fransa'nın Irak petrol imtiyazlarının %20-30'u arasında değişen bir yüzde elde etmesiyle sonuçlanmıştır. 1927 yılı, olağandışı bir şekilde çok sayıda petrol sahasının keşfedilmesine sahne oldu. 1934 yılında Irak'ta fiili üretim ve ihracat faaliyetlerine başlandı ve 1948 yılında da ilk kez güney bölgesinde jeolojik araştırmalarla arama çalışmaları yeni bir döneme girmiş oldu.

Irak'ta keşfedilen petrol sahası sayısı 71'e ulaşmış ve bunlardan 10 makro ölçekli saha ile birlikte yalnızca 22 sahadan yararlanılmıştır. Şu anda üretim yapılan petrol sahaları Basra ve Kerkük'te yoğunlaşmaktadır. İkinci sırada ise Meysan, Zî Kar, Bağdat, Selahaddin ve Ninova vilayetleri gelmektedir.

Diğer taraftan ülkedeki petrol sahalarının keşif süreci 20. yüzyılın ilk çeyreğine kadar uzanmaktadır. Ülkede ilk olarak Kerkük sahası 1927 yılında keşfedilmiştir. Bu keşif Irak petrol endüstrisinin temelini oluşturmuştur. Süreç içinde Irak'ta rezerv oranları yüksek çok sayıda petrol sahası keşfedilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2: Irak'taki petrol sahalarının keşif tarihleri ve rezervleri

Rezerv (milyar varil)	Keşif tarihi	Santral adı
4.00	1953	El-Rumeyla
12.00	1949	Garb-i el-kurna
7.70	1949	El-zubair
11.930	1975	Mecnun
8.780	1927	Kerkük
4.00	1959	Bayhasan
1.155	1959	Gambur
4.00	1962	Habaz
2.00	1969	Bezirgan
4.00	1971	Hilfiyat
9.00	1973	El-Nasiriye
11.00	1977	Şarki-Bağdat
1.00	1977	El-kayara
1.00	1958	Ayin-zale
1.00	1979	Ajiyil
1.00	1970	Abu-grab

Kaynak: Planlama Bakanlığı, Merkezi İstatistik Örgütü, Petrol İstatistikleri, 1994

1.2.3. Petrol Rezervleri

Irak, petrol üreten ülkeler arasında ayrıcalıklı bir konuma sahip olmasını sağlayan kanıtlanmış büyük petrol rezervlerine sahiptir. Kanıtlanmış petrol rezervleri, Irak Petrol Bakanlığındaki keşif ekiplerinin yanı sıra anlaşmalı bir dizi şirket tarafından yapılan keşifler de dahil olmak üzere 2001 yılında 115 milyar varildan 2011 yılında 143,1 milyar varile çıkmıştır (Irak Ulusal Yatırım Komisyonu, 2016).



Harita 1: Irak'ta yer alan petrol sahaları

Irak petrol rezervleri 2016 yılında artarak 148.766 milyar varil ham petrole ulaşmıştır. Ancak 2018 yılında petrol rezervlerinin miktarları azalmaya başlayarak 145.019 milyar varile düşmüştür. Bu artış ve düşüş, petrol çıkarılmasıyla ilgili faktörlerden kaynaklanan bir durumdur (OPEC, 2018). Şu anki haliyle 200 milyar varil olarak tahmin edilen Irak petrol rezervlerinin dörtte üçü Batı Kurna Sahası, Rumaila Sahası, Mecnun Sahası, Doğu Bağdat Sahası, Zübeyr Sahası, Bin Ömer Sahasında toplanmıştır (Salman, 2016). Irak petrolü, tüm sahalarının karada bulunmasıyla ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle üretim maliyetleri, Kuzey Denizi'nde bir varil üretmenin maliyeti ile karşılaştırıldığında, varil başına 0,95 ila 1,9 dolar arasında değişen fiyatıyla dünyanın en düşük seviyesidir. Tablo 3. petrol rezervlerinin miktarlarını göstermektedir.

Tablo 3: Irak'ın petrol rezervleri

Rezerv miktarı (milyar varil)	Yıl
144,211	2013
143,069	2014
142,503	2015
148,766	2016
147,223	2017
145,019	2018
145,019	2019
145,019	2020
145,019	2021

Kaynak: OPEC, 2018; OPEC, 2022

Böylelikle Irak, petrol rezervleri bakımından dünyada dördüncü sırada yer almaktadır.

Tablo 4: 2021 Yılı için dünyada kanıtlanmış en yüksek ham petrol rezervine sahip ülkeleri göstermektedir.

Yüzdelikleri	Petrol rezervleri (Milyar varil)	Ülkeler
23%	303,468	Venezuela
20%	267,192	Suudi Arabistan
15%	208,600	İran
11%	145,019	Irak
8%	111,000	Birleşik Arap Emirlikleri
7%	101,5000	Kuveyt
6%	80,000	Rusya
4%	48,363	Libya
3%	38,832	ABD
3%	37,050	Nijerya

Kaynak: OPEC, 2022

1.2.4. Petrol Üretimi

Irak'ta ham petrol üretimi, ülkenin yaşadığı ekonomik, politik ve sosyal değişimler nedeniyle istikrarlı bir görünüme sahip olmamıştır. Ağustos 1990'da Irak'ın Kuveyt'i işgal etmesinden sonra üretim en düşük seviyelere geriledi. Irak'ın 1996 sonlarında gıda karşılığı petrol programını da içeren Birleşmiş Milletler Kararı'nı (986 numaralı) kabul etmesiyle Irak petrol üretimi hızla artış gösterdi.

Irak Petrol Bakanlığı'nın açıkladığı verilere göre, petrol tesisi 2007'den 2013'e kadar 9 binin üzerinde terör saldırısına maruz kalmış ve bu durum üretimde yavaşlamaya neden olmuştur. 2016-2019 yıllarında, Irak Petrol Bakanlığı'nın yeni petrol sahaları geliştirmek ve keşfetmek amacıyla yabancı şirketlerle sözleşmeler imzalaması sonucunda üretim artmış ve günlük 4.647-4.576 milyon varil aralığına çıkmıştır (Al-Talqani, 2022). Tablo 5. Irak'ta ham petrol üretimini göstermektedir.

Tablo 5. Irak'ın Ham Petrol Üretimi

Yıl	Üretim Miktarı	Yıl	Üretim Miktarı
2000	2,201	2011	2,658
2001	2,586	2012	2,942
2002	2,227	2013	2,979
2003	1,500	2014	3,110
2004	2,000	2015	3,504
2005	1,900	2016	4,647
2006	1,957	2017	4,468
2007	2,183	2018	4,419
2008	2,281	2019	4,576
2009	2,349	2020	3,998
2010	2,359	2021	3,971

Kaynak: Irak Cumhuriyeti, Petrol Bakanlığı, Çalışmalar, Planlama ve Takip Dairesi, Bilgiler Bölümü, 2021; OPEC, 2022

1.2.5. Petrol Tüketimi

Irak'ın petrol ürünleri tüketimi 2003'ten sonra önemli ölçüde yükselmiştir. Bunun nedeni ise en büyük tüketici sektör olan ulaştırma sektöründe petrole olan talebin güçlü bir şekilde artmasıdır. 2015 yılında Irak'ta olduğu tahmin edilen nakliye araçları sayısının 3 milyon civarında artması nedeniyle tüketimin %60'ı bu sektörde gerçekleşmiştir. Buna ek olarak ülkenin uyguladığı ekonomik açıklık politikası ve ağır akaryakıt tüketimine bağlı olarak çok sayıda elektrik santrali kurulması ışığında ekonomik ve nüfus artış oranlarının yanı sıra şebekeye bağlı özel jeneratörler ve büyük dizel üniteler için yakıt olarak daha fazla miktarda gazyağı tüketir hale gelmiştir (Dawi&Abdul-Aali, 2017). 2014-2021 dönemi için petrol türevleri tüketim miktarları Tablo 6'da belirtilmiştir.

Tablo 6: Irak'ın petrol tüketimi

Tüketim (bin varil/gün)	Yıl
636,6	2014
643,3	2015
679,1	2016
750,1	2017
897,3	2018
919,7	2019
650,0	2020
804,9	2021

Kaynak: OPEC, 2021

1.3. Doğal Gaz

Doğal gaz, yeraltındaki kayaç formasyonlarında hem saf hâlde bağımsız rezervler hâlinde bulunabilmekte hem de petrol yataklarıyla ilişkili olarak ortaya çıkabilmektedir. En temiz fosil yakıt kabul edilen doğal gaz; renksiz, kokusuz ve yanıcı bir hidrokarbondur. Ancak olası sızıntıların tespit edilebilmesi için dağıtım aşamasından itibaren kendine özgü bir koku ile işaretlenmektedir.

1.3.1. Doğal Gaz Türleri

Irak'ta doğal gaz dünyada olduğu gibi iki şekilde yataklanmıştır.

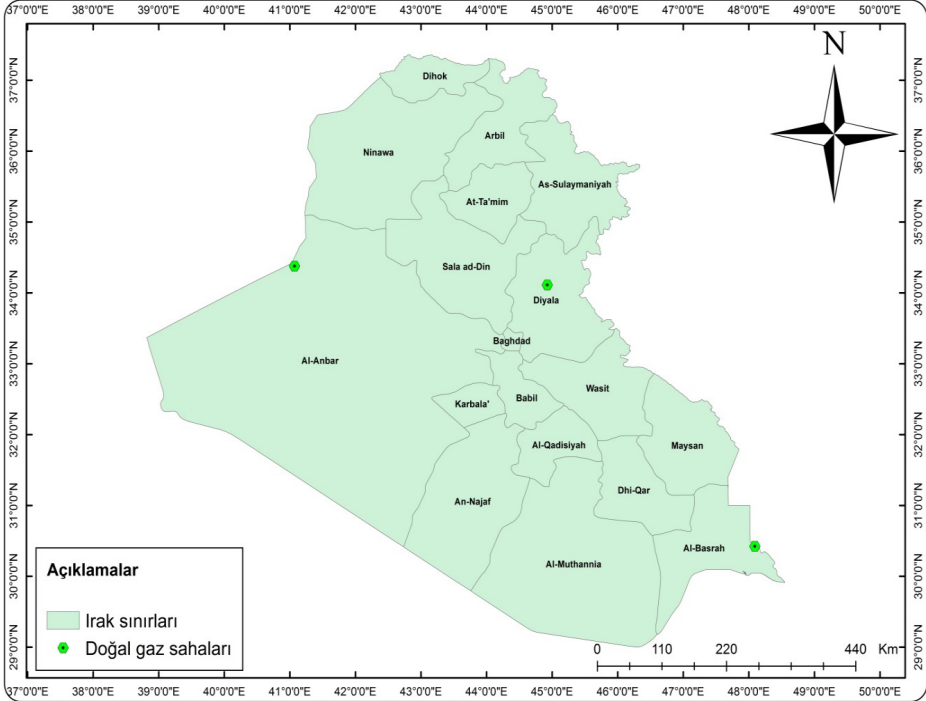
- 1- Musahip Gaz (Eşlik Eden Gaz / Associated Gas): Ham petrol üretimine eşlik ettiği için üretimi kontrol edilemeyen, basınç ve sıcaklık koşulları nedeniyle her bir varil petrolden çözünmüş bir miktar çıkan gazdır. Bu gazları korumak için, üretilen yağ, gaz ayrıştırma ve soğutma ünitelerine alınmaktadır. Musahip gaz üretim oranları, petrol üretim oranlarına bağlıdır ve bu tür gaz, Irak'taki ana doğal gaz kaynağıdır. Musahip gaz, serbest gaza kıyasla daha düşük bir metan yüzdesiyle daha yüksek oranda safsızlık içermektedir.
- 2- Serbest Gaz: Doğal gazın bağımsız rezervuarlarından çıkarılan gazdır. Üretimini kontrol edebilme kolaylığı ile ilişkili gazdan ayrılır. Yapısı

nedeniyle üretimi kontrol edilemeyen ilişkili gazdan farklı olarak üretimini ihtiyaca göre programlamak kolaydır. Arap dünyasında serbest gaz rezervleri mevcut olup bu tür gazın en büyük üreticisi Cezayir'dir ve onu Birleşik Arap Emirlikleri ile Katar takip etmektedir. Küresel düzeyde gaz rezervlerinin %40'ı musahip gaz, %60'ı ise musahip olmayan türdendir. Bu gaz türü temel olarak metan ve etan içerir ve metan oranı %70-100 arasında değişir. Bu gaz sahalarına örnek olarak Chamchamal, Artawi verilebilir (Abbas, 2003).

1.3.2. Irak Doğal Gazı

Irak doğal gazının büyük bir kısmının petrol üretimi ile ilişkilendirilen musahip tipte olması, dolayısıyla keşif ve üretimde petrol ile bağlantılı olması nedeniyle, Irak'taki doğal gaz, aralarındaki yakın ilişkinin sonucu olarak petrol çıkarma operasyonları ile ilişkilendirilmiştir. Gazın keşfi 20. yüzyılın başlarına kadar uzanmış, ancak Irak ekonomisinde önemli bir dönüm noktası olan Irak Petrol Şirketi aracılığıyla Kerkük vilayetinde Baba Gurgur kuyusunun keşfedilmesiyle 1927 yılında üretime başlanmıştır. Irak ekonomisinde petrol keşfi ile Irak'ın kuzeyinde birçok petrol ve gaz sahası ortaya çıkmıştır. Kaşım al-Ahmar, Kormor ve Chamchamal gaz sahalarının keşfi, bölgedeki sistematik arama ve sondaj çalışmalarının başlangıcını teşkil etmiştir. Irak 1927'de petrol üretmeye başladığında, petrol üretim süreciyle ilgili gazın büyük bir kısmı israf edilmiş ve yakılmış, kalan kısmı ise sınırlı bir aralıkta enerji üretmek için tarlalarda kullanılmıştır (OAPEC, 2009). Bu durum geçen yüzyılın altmışlı yıllarının sonlarına kadar devam etmiş, Kerkük petrol sahasına elektrik üretimi için doğal gazı dayalı bir kükürt çıkarma tesisi kurularak gaz kullanılmış ve ardından fazla gaz borularla Taji'ye aktarılmıştır. İç tüketime gaz sağlamak için tesis ve bazı endüstriyel birimler inşa edilmiştir (Abdel-Ridha ve Sabah, 2015). 80'li yıllar, Irak'ta bir dizi benzin istasyonunun kurulmasına tanık olmuştur. 1981'de Bağdat'taki ilk santral olan Al-Dora istasyonu 150 MW kapasiteye kadar dört istasyondan oluşmuş, 1982'de dört santral daha eklenmiş, ikisi Kerkük'te (Millat Abdullah istasyonu ve Dibs istasyonu) toplam kapasiteleri 350 MW, ikisi Musul'da (Musul benzin istasyonu ve Doğu Musul istasyonu) 250 MW toplam kapasiteyle kurulmuştur. Irak'ın güneyinde ise Basra'da toplam kapasitesi 80 MW olan bir santral (petrokimya istasyonu) kurulmuştur (Al-Shammari, 2014). Daha sonra üretim durmuş ve uzun süre devam etmemiştir. 1980-1988 yılları arasında süren İran-Irak Savaşı, petrol ve gaz sektöründeki tüm yatırım şirketlerinin faaliyetlerini durma noktasına getirmiş; elektrik santralleri ile diğer tesislere doğal gaz iletimini de kesintiye uğratmıştır. İran-Irak Savaşı'nın sona ermesinden sonra Irak hükûmeti, petrol ve gaz şirketlerini yeniden inşa etmeyi ve durduktan sonra yeniden başlatmayı görev edinmiş ancak 1991 yılında Irak'a uygulanan ekonomik abluka sonucunda petrol ve gaz

üretimi faaliyetleri yeniden durmuştur. 13 yıl süren Kuveyt işgalinin ardından Irak'ın Birleşmiş Milletler tarafından uygulanan uluslararası yaptırımlara maruz kalması ve ardından 2003 yılında Irak'ın ABD tarafından işgal edilmesi, bu işgalle altyapının yıkılması ile sonuçlanması ve beraberindeki sabotaj eylemleri bunun sebepleri olarak gösterilir. Yeni hükümet kurulduktan sonra, genel bütçenin finansmanında petrol sektörüne tam öncelik verilip tarım, genel, hafif ve orta sanayi ihmal edilmiş ve bu durum bir dengesizlik ve sadece petrol kaynağına bağımlılık durumu yaratmıştır.



Harita 2: Irak'taki musahip olmayan bağımsız doğal gaz sahaları

1.3.3. Irak'ta Doğal Gaz Rezervleri Ve Üretimi

Doğal gazın işletilmesinde ana ve etkili faktörlerden biri, Irak'taki kanıtlanmış gaz rezervlerinin büyüklüğüdür. 1987'de 1,000 trilyon m³ olan rezerv miktarının 1988'de 2,690 trilyon m³'e çıkarılmasına şahit olunan Irak, son zamanlarda doğal gaza olan ilgiyi artıran dünyanın en zengin ülkelerinden biridir (OPEC, 2000). İran-İrak Savaşı'nın ardından Irak'ın bir grup şirketle arama ve keşif sürecini yürütmek üzere anlaşmalar imzalaması sonucunda rezervler 2,690 oranlarında artışlara tanık olmuştur. Bu 2020'de 3,82 trilyon m³'e ulaşmasıyla ülkenin çoğu yerinde kesinleşmiş rezerv hacminde artışa imkân vermiştir (OPEC, 2020). Aynı zamanda Irak'ı toplam rezerv oranlarına göre yaklaşık %2 oranıyla dünyanın en büyük rezervleri arasında on birinci sıraya yükseltmiştir.

Tablo 7: 2010-2020 dönemi için Irak doğal gaz rezervleri (trilyon m³)

Yıllık büyüme oranı %	Miktar	Yıl
(0,3)	3,158	2010
0	3,158	2011
0	3,158	2012
0	3,158	2013
0	3,158	2014
0	3,158	2015
19,9	3,819	2016
17,6	3,744	2017
20,3	3,820	2018
20,3	3,820	2019
20,3	3,820	2020

Kaynak: OAPEC, 2020.

Petrol üretilen kuyuların sayısındaki artış ve bazı dönemler yatırım eksiklikleri nedeniyle doğal gazda bir rezerv artışı görülmemiştir. 2020 yılı ise gaz rezervlerinin artırılmasına yönelik çalışmaların yoğunlaşması ve rezerv oranlarının artırılmasına yönelik dördüncü (keşif) lisans turunun önemli rolü sonucunda rezerv miktarlarında artışa sahne olmuştur. Irak'ta potansiyel (keşfedilmemiş) gaz rezervinin yaklaşık 9,3 trilyon m³ olduğu tahmin edilmektedir. Bunun 4,6 trilyon m³'ünün serbest gaz, geri kalan miktarın 4,7 trilyon m³'ün ise musahip gaz türü olduğu tahmin edilmektedir (Abdel-Ridha, 2011).

1.3.4. Doğal Gaz Üretimi

Her ne kadar ticari nitelikte olmasa da Irak'ta doğal gaz üretimi 1927'den beri petrol üretimiyle paralel halde gelişmiştir. Öyle ki çıkarılan petrolün %70'i musahip gazdır. Bu nedenle, gaz üretimi miktarları petrol üretimiyle bağlantılıdır. Tablodan, doğal gaz üretiminin 2001'de Irak'ta 45,57 milyon varil petrol karşılığı olan 14.723 milyar m³ olduğu anlaşılmaktadır. Çünkü o yıl Irak, Kuveyt'in işgali olayı ve ekonomik ablukanın uygulanmasından sonra kendisine uygulanan yaptırımlara tabi durumdaydı. 2003 yılında ABD'nin Irak'ı işgal etmesi nedeniyle, Irak'taki petrol sektörünün önemine rağmen doğal gaz üretim miktarları azaldı. Ancak Irak hükûmetinin petrol endüstrisini eski konumuna getirme girişimleri güvenlik nedeniyle yavaş kalmış ve sekteye uğramıştır. 2008 yılında doğal gaz yükselmeye başlamış ve 17.520 milyar m³'e ulaşmıştır. 2012 yılında ise gaz üretimi 20.496 milyar m³'e çıkmıştır. Irak'ın gerçekleştirdiği lisanslama turlarının ardından doğal gaz üretimi 2019 yılında da artarak 32.699 milyar m³ seviyesine ulaşmıştır. Gaz üretimi en yüksek seviyelerine 2001-2019 döneminde ulaşmıştır (Petrol Bakanlığı, 2020:29). 2020 yılında Covid 19 pandemisi krizi, küresel talepteki gerileme ve birçok ekonomik ve hizmet faaliyetinin durması nedeniyle doğal gaz üretimi gerilemiştir. Petrol Bakanlığı, yerel ihtiyaçların karşılanması amacıyla elektrik üretimi başta olmak üzere

gazdan yararlanmanın her türlü yolunu sağlamaya çalışmış ancak bu çabalar yetersiz kalmıştır (Al-Samarrai, 2023). Irak'ta yakılan gaz miktarlarının 2016'da yıllık yaklaşık 16 milyar m³ olduğu tahmin edilmektedir. Bu yakılan miktar o yıl üretilen miktarın yarısına tekabül etmektedir (Al-Bayan Çalışma ve Planlama Merkezi, 2016).

Tablo 8: Irak'ta 2000-2020 dönemi doğal gaz üretimi

Yıl	Doğal gaz üretimi (Milyar m ³)	Yıl	Doğal gaz üretimi (milyar m ³)
2000	14,539	2011	18,692
2001	14,723	2012	20,496
2002	13,753	2013	21,390
2003	9,781	2014	22,361
2004	14,171	2015	24,316
2005	13,723	2016	29,326
2006	14,152	2017	29,870
2007	14,371	2018	31,358
2008	15,516	2019	32,699
2009	17,520	2020	28,738
2010	16,685		

Kaynak: Petrol Bakanlığı, 2000-2020.

1.3.5. Doğal Gaz Tüketimi

Petrole bağlı yüksek miktarlardaki gaz üretimine rağmen hammadde olarak doğal gaza dayalı sanayi tesislerinin sürekli sabotaj eylemlerine maruz kalması nedeniyle Irak'ta gaz sektörü hâlâ istenilen seviyenin altındadır. Irak, daha ziyade 2013 yılında elektrik santrallerini beslemek amacıyla İran ile imzalanan ve 850 milyon ft³ doğal gaz ithal ettiği anlaşmada olduğu gibi komşu ülkelerden ithalata yönelmiştir. Bu da doğal gaz politika ve yatırımlar sorunları ile israfının büyüklüğünü yansıtan ciddi bir göstergedir (Muhammad Abbas, 2015). 2004 yılında yakılan gaz miktarı 7.213 milyon m³'e, ardından 2014 yılında 8.981 milyon m³'e ulaştı. 2020 yılında ise 14.812 milyon m³'e çıkmış, bu da doğal gaz kullanımından istifade etme oranının azaldığının göstergesidir (Ativi, 2022). Irak'ta tüketilen gaz miktarları tabloda gösterilmektedir.

Tablo 9: Irak'ta (2020-2000) dönemi doğal gaz tüketim miktarları (milyon m³)

Yıl	Tüketim Miktarı	Yıl	Tüketim Miktarı
2000	10,023	2011	8,991
2001	10,451	2012	8,520
2002	10,417	2013	8,954
2003	5,542	2014	8,981
2004	7,213	2015	8,851
2005	7,083	2016	11,612
2006	6,979	2017	13,231

2007	7,372	2018	14,522
2008	9,275	2019	15,453
2009	10,140	2020	14,812
2010	9,313		

Kaynak: Petrol Bakanlığı, 2000-2020.

Tablo, Irak'ta doğal gaz tüketim miktarlarının yıllar içindeki değişimini göstermektedir. 2000 yılında tüketim 10,023 milyar m³'e ulaşmış, ancak 2003 yılında ABD'nin işgali nedeniyle tüketim önemli ölçüde azalarak 5,542 milyon m³'e gerilemiştir. 2004–2010 yılları arasında tüketim dalgalı bir seyir izlemiş, 2009 yılında yeniden 10 milyar m³ civarına ulaşmıştır. 2011-2015 döneminde tüketimde bir miktar düşüş görülürken, 2016 yılından itibaren tüketim yeniden yükselmiş ve 2019 yılında 15,453 milyon m³'e kadar çıkmıştır. 2020 yılında ise tüketim 14,812 milyon m³ olarak gerçekleşmiştir. Bu veriler, ülkenin doğal gaz talebinin ekonomik ve siyasi gelişmelerle doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

1.4. Irak'ta Yenilenebilir Enerji

Yenilenebilir enerjiler, tükenmeyen ve temiz/yeşil olarak kabul edilen enerji türleridir. Son yıllarda, Orta Doğu'da giderek artan şekilde (Suudi Arabistan, Kuveyt, Birleşik Arap Emirlikleri, Bahreyn ve Katar gibi) petrol ve doğal gaz açısından zengin ülkeler bile yerel enerji portföyüne yenilenebilir enerji eklemek için iddialı hedefler belirlemiş durumdadır. Yıllardır ekonomilerini yönetmek için büyük ölçüde fosil yakıtlara güvenen bu ülkeler yenilenebilir enerjiden yararlanmak için de iddialı hedefler benimsemiştir.

Irak, bazı yenilenebilir enerji türleri açısından dünyanın en zengin bölgeleri arasında yer almaktadır. Ancak enerji kaynağı olarak petrole bağımlıdır. Ülkenin hidroelektrik enerjisi, kullanılmayan araziler ve bazı bölgelerde faydalı olan rüzgâr hızları, bol güneş ışığı dahil olmak üzere çeşitli yenilenebilir kaynaklara sahiptir. Doğal gaz sektöründeki kronik kıtlık göz önüne alındığında yenilenebilir enerji kaynakları, üretim kaynaklarının çeşitliliğinin ekonomik bir parçası haline gelebilecek durumdadır. Bununla beraber yenilenebilir enerjinin fosil yakıtlara dayanan ulusal şebekeye entegrasyonu büyük bir zorluk teşkil etmektedir (Mehdi&Al-Yassiri, 2021). Elektrik Bakanlığı 2016 yılı faaliyet raporuna göre hidroelektrik enerjisinin toplam elektrik enerjisi üretimine yaklaşık 1502 MW katkı sağladığı görülmekte fakat bu bile oransal olarak %3,66 ile sınırlı bir katkı olarak kalmaktadır. Elektrik enerjisinin ithal edilmesi yenilenebilir enerjiye gerektiği gibi yatırım yapılmadığını göstermektedir. Elektriğe olan talebin artması ve özellikle yazın sıcaklığın 50 °C'yi aştığı yaz aylarında elektrik kesintisinden kaynaklı olarak toplumsal huzursuzluk oluşturmakta ve Irak hükûmetine güvenilir elektrik tedariki sağlaması için baskı yapılmaktadır. Ülkedeki enerji arz güvenliğini artırmak amacıyla yapılan araştırmalar güneş enerjisi endeksinin kuzeyden güneye güçlendiğini,

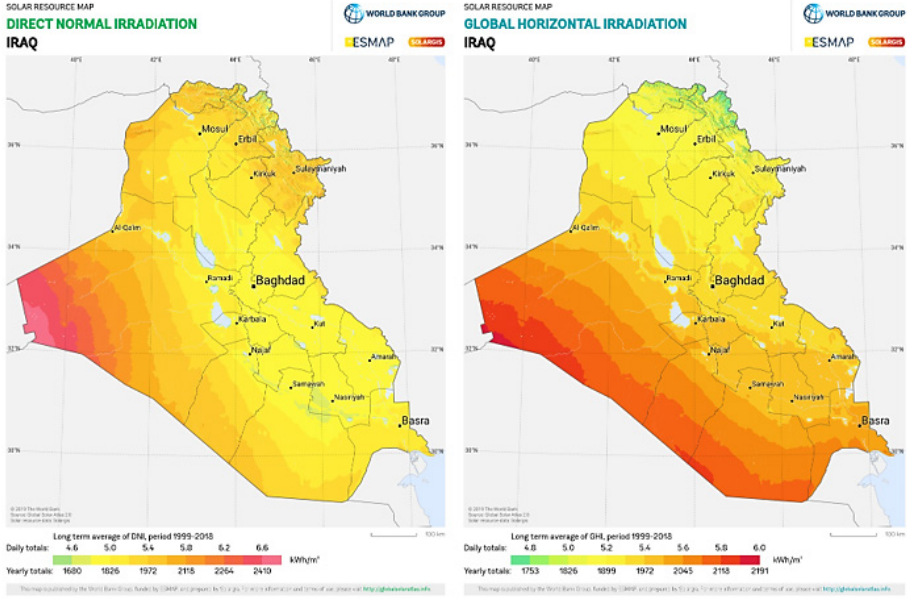
özellikle Irak'ın batı ve güney bölgelerinin güneş enerjisi üretimi için en iyi iklim koşullarına sahip olduğunu göstermiştir. Hem yüksek güneş enerjisi hem de rüzgâr enerjisi Irak'taki kırsal nüfus için yeterli enerjiyi sağlayabilecek kapasitededir (Al-Fatlawi, 2022).

1.4.1. Güneş Enerjisi

Irak, 1960 yılında güneş enerjisi ile su ısıtmak için ilk güneş kolektörünün kurulmasıyla güneş enerjisine önem vermeye başlayan gelişmekte olan ülkeler arasında yer almaktadır (El-Rubai, 1983). 1967'de Irak Meteoroloji Genel İdaresi, Bağdat şehrinin yatay yüzeyine düşen güneş radyasyonu miktarını ölçmek için girişimde bulunmuştur. Bu girişim güneş enerjisi üzerine bilimsel araştırmaların başlatılmasının başlangıcıydı. 1978 yılında Al-Mustansiriya Üniversitesindeki güneş enerjisi birimi, yatay yüzeydeki dağınık ve toplam radyasyon miktarını ölçmeyi başardı ve 1981 yılında Irak Meteoroloji Genel Müdürlüğü bu ölçümleri yaparak izledi (Habib, 1990). 1982'de Irak'ta yenilenebilir enerji yasası çıkarıldı ve Orta Doğu'da çatıya monte edilen ilk güneş panelleri 1986'da Bağdat'ta Al-Cadriya'daki Güneş Enerjisi Araştırma Merkezine kuruldu. Ancak otuz yıllık savaşlar ve ekonomik yaptırımlar, ülkedeki yenilenebilir enerji planlarının hayata geçmesini engellemiştir. 2009 yılında Irak Elektrik Bakanlığı, Bağdat sokaklarını aydınlatmak için 6 bin güneş enerjisiyle çalışan lamba yerleştirme planını açıklamış ancak küresel petrol fiyatlarının çökmesi ve 2014 yılında DEAS'ın ortaya çıkması nedeniyle bu plan hayata geçirilememiştir. Ancak 2014 yılında küresel petrol fiyatlarının düşmesi ve DEAS'ın ortaya çıkmasıyla bu plandan vazgeçilmiştir. 2017'de hükûmet, 2018'in sonuna kadar yaklaşık 700 MW güneş enerjisi santrali inşa etmek için kamu ve özel sektör arasında bir ortaklık projesi girişimi açıkladığında güneş enerjisine olan ilgi yeniden canlanmıştır. Küresel pazarda fotovoltaik ünitelerin fiyatlarının %75 oranında düşmesi özel jeneratörlerin ve özel şirketler tarafından işletilen üretim istasyonlarının yerine ızgara sisteminin dışındaki çatılara güneş panellerinin kurulmasını teşvik etmiştir (Estebanian, 2018).

Irak, yenilenebilir enerjiye yatırım yapma konusunda kendisine yüksek potansiyel sağlayan ayrıcalıklı bir coğrafi konuma sahiptir. Ülkenin konumu 29.5-37.27 kuzey enlemleri ile 38.45-48.45 doğu boylamları arasında uzanmaktadır. Bu da iklimin Irak'ın kuzeyinden güneye bölgeler arasında değişmesine yol açmıştır. Kuzeydoğu kesimlerde Akdeniz iklimi, orta ve güney Irak'ta bozkır iklimi ve çöl iklimi görülmektedir. İklim istasyonlarının coğrafi konumuna göre değişiklik göstermesine bağlı olarak Irak'ın yıllık toplam 4908-6250 MW/cm² yüksek güneş radyasyonu elde etmesine olanak sağlamaktadır. Irak'ın arazilerinin pek çoğunun düz olmasının yanında Irak'ın özellikle çöl alanlarının varlığıyla birlikte tüm şehirlerinde ve geniş alanlarda güneş pilleri kurmak için birçok sahaya yatırım yapma fırsatı mevcuttur.

Aşağıdaki harita, tablo ve şekillerde Irak'ın güneş radyasyonuna dair veriler yer almaktadır:



Harita 3: Irak'ta ortalama doğrudan (sol) ve yatay (sağ) güneş radyasyonu (günlük ve yıllık bazda)

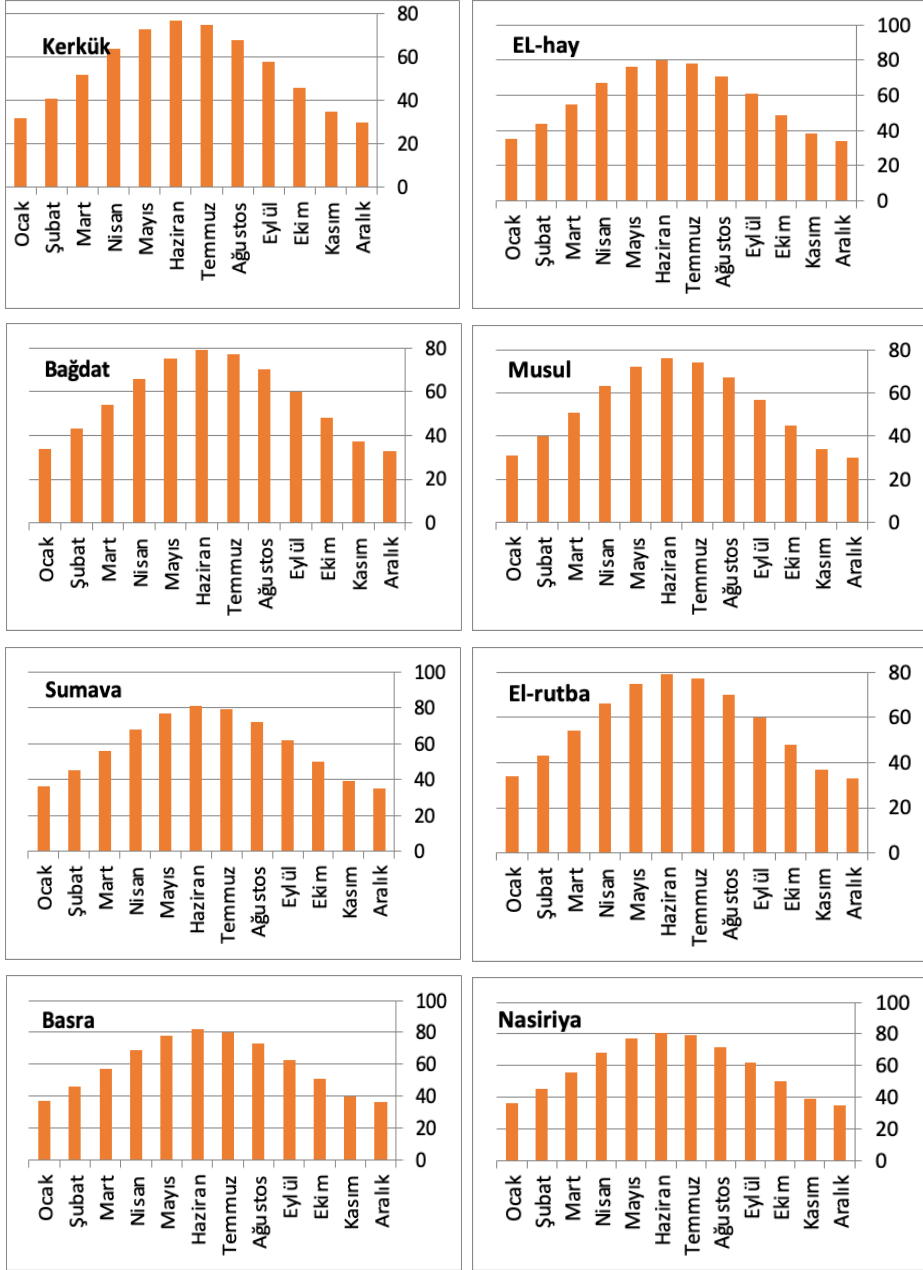
Kaynak: Global Solar Atlas, 2019

Sahip olduğu matematik konum sebebiyle Irak'ın güney kesimlerinde bulunan istasyonların, Irak'ın kuzey kesimlerinde bulunan diğer illere göre yüksek miktarda düşen güneş radyasyonu ve daha uzun bir parlaklık periyodu ile karakterize edildiği görülmektedir.

Tablo 10: Irak'ta aylık ortalama güneş radyasyonu insidans açıları (derece)

Santrali	Enlem dairesi	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Musul	36.19	31,41	40,41	51,41	63,41	72,41	76,41	74,41	67,41	57,41	45,41	34,41	30,41
Kerkük	35.28	32,32	41,32	52,32	64,32	73,32	77,32	75,32	68,32	58,32	46,32	35,32	31,32
Bağdat	33.18	34,42	43,42	54,42	66,42	75,42	79,42	77,42	70,42	60,42	48,42	37,42	33,42
El-hay	32.8	35,52	44,52	55,52	67,52	76,52	80,52	78,52	71,52	61,52	49,52	38,52	34,52
El-rutba	33.02	34,58	43,58	54,58	66,58	75,58	79,58	77,58	70,58	60,58	48,58	37,58	33,58
Sumava	31.32	36,03	45,03	56,03	68,03	77,03	81,03	79,03	72,03	62,03	50,03	39,03	35,03
Nasiriya	31.01	36,59	45,59	56,59	68,59	77,59	81,59	79,59	72,59	62,59	50,59	39,59	35,59
Basra	30.31	37,29	46,29	57,29	69,29	78,29	82,29	80,29	73,29	63,29	51,29	40,29	36,29

Kaynak: Ulaştırma Bakanlığı, Meteoroloji ve Sismik İzleme Genel Kurumu, İklim Dairesi, 2018.



Şekil 1: Irak'ta aylık ortalama güneş radyasyonu insidans açıları (derece)
 Kaynak: Ulaştırma Bakanlığı, Meteoroloji ve Sismik İzleme Genel Kurumu, İklim Dairesi, 2018'den yararlanarak oluşturulmuştur.

1.4.1.1. Irak'ta Güneş Radyasyonunun Gerçek Parlaklık Saatleri

Bununla gün içinde güneşin görülebildiği süre ifade edilmektedir. Güneş ışınları, gün doğumu ve gün batımında toz fırtınalarından, bulut ve sisin varlığından ve güneş radyasyonunun zayıflığından etkilenir. Bu nedenle, gerçek güneşli saatler sayısı her zaman teorideki parlaklık saatlerinden daha azdır.

Önceki tabloda belirtilen iklim istasyonları arasında ortalama gerçek parlaklık saatlerinde mekânsal ve zamansal bir değişiklik olduğu görülmektedir. Bu durum yıl içinde gökyüzünün bulutlarla kaplı olma yüzdesinin farklılığı ile toz fırtınalarının meydana geldiği gün sayısının farklılığından kaynaklanmaktadır.

İncelenen tüm iklim istasyonları (Musul, Kerkük, Bağdat, Al-Hay, Sumava, Nasiriyah ve Basra) için en yüksek ortalama gerçek parlaklık saatleri haziran ayı boyunca kaydedilmektedir. Bu dönemde bu santrallerde parlaklık saatleri 11,5 saate ulaşan Al-Rutba santrali hariç, sırasıyla 11.8, 12.2, 12.8, 12.1, 11.9, 10.5, 10.7 saat/güne ulaşmaktadır. Temmuz ayı boyunca en yüksek gerçek parlaklık saati kaydedilmiştir ve haziran ayında güneşin Yengeç Dönencesine dik gelmesi nedeniyle gündüz saatlerinin artması, nem oranının düşük olması, bulut ve sis olmaması parlaklık saatlerini artırmıştır.

Gerçek parlaklıktaki en düşük ortalama saat ise aralık ayında kaydedilmiştir. Gerçek parlaklığın saat sayısının azalmasının nedeni, kış mevsiminde güneşin Oğlak Dönencesine dik gelmesi nedeniyle gündüz saatlerinin az olması ve ayrıca güneş ışınlamını engelleyen bulutluluk oranlarıdır. Ayrıca yağmur ve nem, güneş ışınlamının emilmesine neden olmaktadır (Al-Zarkani, 2021).

Tablo 11. Irak'ta güneş radyasyonunun aylık ortalama saatleri (saat/gün) (2000-2021)

Santrali	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık oran
Musul	4.5	7.1	5.3	7.8	9.7	11.8	11.5	11.3	9.6	8.3	6.0	4.9	8.15
Kerkük	6.8	6.4	5.0	8.5	10.2	12.2	12.0	11.4	9.1	8.7	7.6	5.8	8.6
Bağdat	6.4	8.3	7.2	7.9	10.9	12.8	11.5	11.8	9.5	8.5	6.5	6.4	8.9
El-hay	6.7	8.6	7.2	8.1	10.2	12.1	10.9	11.1	9.9	9.0	6.5	7.1	8.9
El-rutba	5.0	7.2	7.8	9.2	9.8	10.3	11.5	11.4	10.4	7.3	6.0	3.9	8.32
Sumava	6.8	8.4	7.3	7.8	8.9	11.9	10.8	11.0	9.7	8.1	6.5	7.0	8.6
Nasiriya	6.3	7.7	6.5	7.1	9.2	10.5	9.7	10.5	8.0	7.9	5.9	6.7	8.0
Basra	6.0	7.9	6.8	7.1	9.5	10.7	10.7	11.8	10.0	8.9	6.8	4.4	8.39

Kaynak: Irak Cumhuriyeti, Ulaştırma Bakanlığı, Meteoroloji ve Sismik İzleme Genel Kurumu, İklim Dairesi, 2022

1.4.1.2. Irak'ta Güneş Enerjisinin Bazı Kullanımları

Irak'ta güneş enerjisi kullanılabilen ve birçok faaliyet ve alanda ondan faydalanılabilmektedir. Güneş enerjisine yatırım yapmaya, kullanmaya yıllar önce başlayan ve çeşitli sektörlerde istihdam oluşturan gelişmiş ülkeler vardır.

Ancak başta gelişmekte olan ülkeler olmak üzere dünyanın birçok ülkesinde güneş enerjisine ilgi hâlen olması gereken seviyenin altındadır. Irak, çeşitli alanlarda güneş enerjisi uygulamalarının genişlemesine tanık olmuştur. Bu uygulamalardan bazıları suyun tuzdan arındırılması, elektrik enerjisi üretimi, sokak aydınlatması, güvenlik kameraları, trafik işaretleri, tabelalar, tarımda, sanayide, kırsal bölgelerde vb. diğer kullanımlar olarak öne çıkmaktadır.

• Suyun Tuzdan Arındırılmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

Bu birçok ülkede güvenli içme suyu sağlamak için kullanılan yöntemlerden biridir. Basit olması sebebiyle birçok köyde ve özellikle kırsal bölgelere dağılmış az sayıda evden oluşan küçük topluluklarda kullanılmasıyla karakterize edilmektedir. Çöllerde ve elektrik dağıtım istasyonlarından uzak yerlerde elektrik enerjisine alternatif olan güneş enerjisinden de önemli bir kaynak olarak yararlanılmıştır. Suyu filtrelemek ve tuzdan arındırmak için güneş enerjisini kullanmanın iki yolu vardır; ilk yöntem, geleneksel enerjinin yerini alacak elektrik enerjisi üretmek için güneş panellerinin kullanılmasına dayanmaktadır. İkinci yöntem ise tuzlu suyun bir kısmını buharlaştırmak için güneş radyasyonu kullanılır ve ardından damıtılarak değerlendirilir.



Şekil 2: Babil şehrinde suyun tuzdan arındırılması için güneş panellerinin kullanılması

• Güneş Enerjisinin Sulama Sistemlerinde Kullanılması

Modern sulama sistemleri öncelikle su israfını azaltmaya odaklanmaktadır. Su kıtlığı özel olarak Irak'ta olmakla beraber genel küresel bir sorun haline gelmiştir. Bu nedenle damlama ve yağmurlama sulama sistemi de dahil olmak üzere modern sulama yöntemleri daha güvenilir bulunmaktadır. Bu sistem, su dağıtım borularındaki su itici pompayı çalıştırmak için esas olarak elektrik

enerjisine dayanmaktadır. Sistemin ihtiyaç duyduğu enerjiyi sağlamak için güneş enerjisini kullanmaktan daha uygun bir seçenek yoktur. Dolayısıyla alternatif kaynak olarak kullanılması, geleneksel elektrik enerjisi dağıtım kaynaklarına uzaklığı nedeniyle ihmal edilen geniş tarıma elverişli toprak alanlarının yeniden canlandırılmasına katkı sağlamaktadır. Güneş enerjisi, özellikle Babil şehrinde, özellikle Musayyib ilçesinde bulunan çiftliklerde bulunan güneş panelleri kullanan damla sulama sistemleri de dahil olmak üzere sulama sistemlerinde kullanılmıştır. Bu, aşağıdaki resimde (1) gösterilmektedir.



Şekil 3: Babil şehri-Musayyib ilçesinde damla sulama sistemlerinde güneş panellerinin kullanımı

- **Güvenlik Kameralarında Güneş Enerjisi Kullanımı**

Irak'ta güvenlik istikrarının sağlanması yönündeki olumlu gelişmeler, eyalet genelinde kapsamlı bir izleme sistemi için ileri teknoloji kullanımının acilen hayata geçirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu doğrultuda güvenlik birimleri, suç oranlarını kontrol altına almak ve azaltmak amacıyla çok boyutlu stratejiler geliştirmekte; bu kapsamda hızlı karar alma mekanizmalarını destekleyecek teknolojik altyapıyı etkin bir şekilde kullanmaktadır. Söz konusu altyapının temelini, enerji kesintilerinden bağımsız çalışabilen ve sürdürülebilir bir çözüm sunan güneş enerjili güvenlik kameraları oluşturmaktadır. Bu kameralar, başlıca arterler, kavşak noktaları, köprüler, kontrol noktaları ve yoğun insan trafiğine sahne olan alanlara konuşlandırılarak kapsamlı bir güvenlik ağı işlevi görmektedir.



Şekil 4: Güvenlik kameralarında güneş enerjisi kullanımı

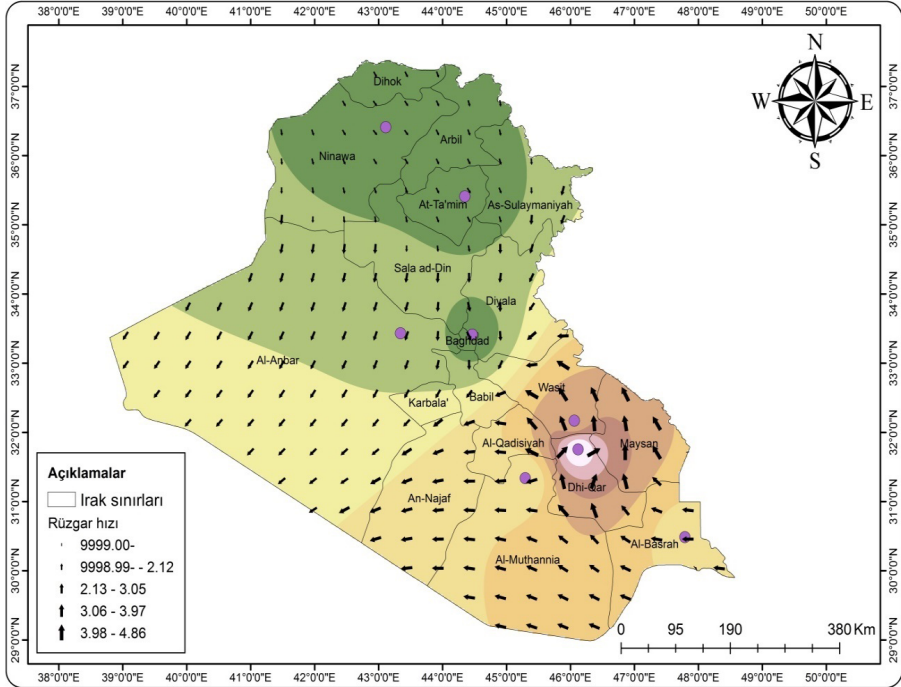
Elektrik sektörüyle ilgili olarak, Irak Elektrik Bakanlığı, BAE şirketi Masdar, Fransız Total şirketi ve Çinli enerji şirketi dahil olmak üzere birçok şirketle sözleşme imzalayarak 1000 MW'lık güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmeye başladığını duyurmuştur. Bu sözleşmeler dört ilde güneş enerjisi santrallerinin kurulmasını kapsamaktadır (100 MW Ninova, 350 MW Anbar, 450 MW Zikar, 110 MW Missan).

1.4.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi, yer yüzeyinin farklı derecelerde ısınmasıyla ortaya çıkan bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Yeryüzünde enlem, topoğrafya, bakı gibi faktörler farklı ısınma koşullarını oluşturur ve bu sıcaklık farkları aynı zamanda basınç farklılığına da neden olur. Böylece rüzgârın yüksek basınçtan alçak basınca doğru esmesiyle; yüksek, engebesiz nitelikteki tepe ve vadiler, dağ sıraları, kıyı şeritleri rüzgâr enerjisi için uygun sahalar olarak öne çıkarlar (Oral, 2020). Rüzgârlar, fazla enerjinin alt enlemlerden yüksek enlemlere taşınmasında önemli bir role sahiptir. Ayrıca nemin bir yerden başka bir yere aktarılmasında da rüzgâr etkili olur. Havanın yatay hareketi, enlem dairelerine göre sıcaklık dağılımının farklılığı, kara ve denizlerin dağılışı, dünyanın enlem daireleri arasındaki dönüş hızının farklılığı gibi birçok faktöre bağlıdır (Al-Azzavi, 2019).

Irak'taki rüzgâr enerjisi üretiminin miladı, 2010 yılında Bağdat'ta devreye alınan 20 KW kapasiteli ilk rüzgâr türbinine dayanmaktadır. Söz konusu

tarihten itibaren ülkede bu alandaki yatırımların kademeli olarak arttığı ve çeşitli bölgelerde yeni rüzgâr türbinlerinin kurulduğu gözlemlenmektedir. Irak'ın farklı bölgelerinde rüzgâr hızının mekânsal dağılım modeli, başta genel rüzgâr döngüsü, matematik konum ve arazi koşulları olmak üzere çeşitli faktörlerle ilişkilidir. Irak üzerinden esen rüzgârlar, yıl boyunca hafif ila orta şiddette rüzgârlar olarak nitelendirilmektedir. Irak, subtropikal kuşakta yer alması nedeniyle kış aylarında yüksek basınç, yaz aylarında ise alçak basınç sistemlerinin etkisi altındadır.



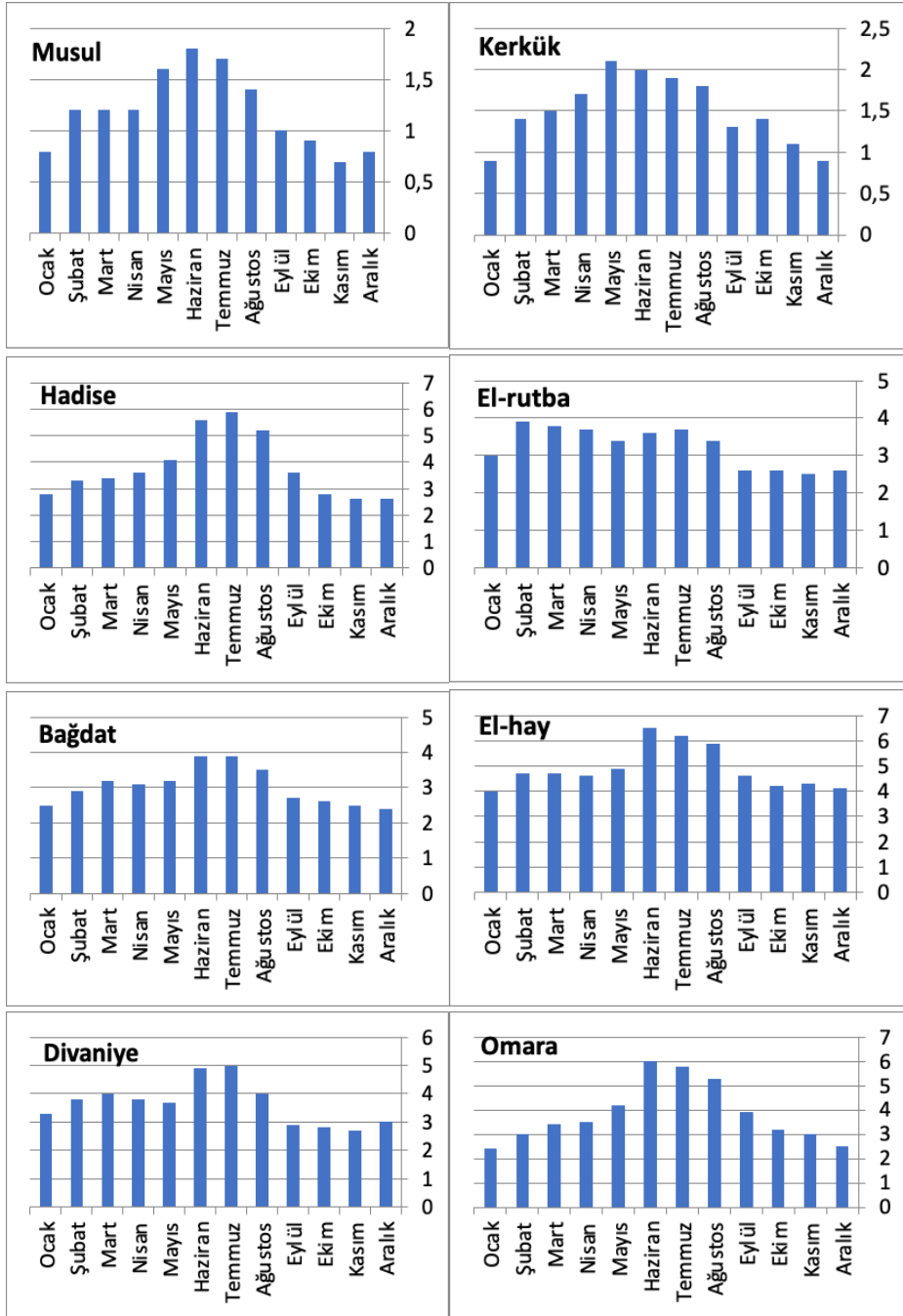
Harita 4: Irak'ta rüzgâr hızı (2020)

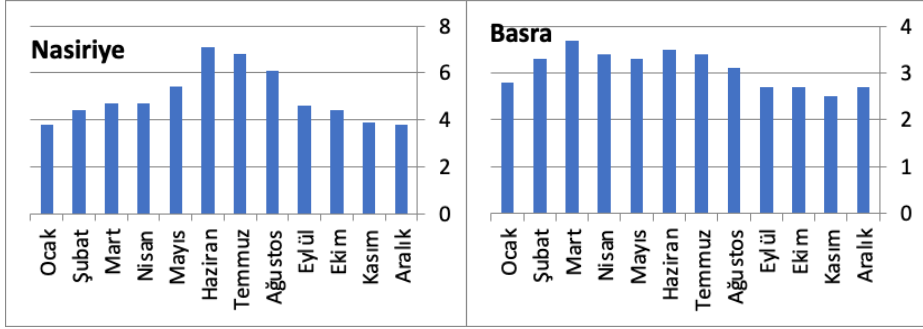
Rüzgâr hızlarının aylık ortalamaları, genel olarak kuzeyden güneye doğru kademeli bir artış eğilimi göstermektedir. Ancak bu genel eğilim, istasyonların konumsal özellikleri ve yerel faktörler nedeniyle hem mekânsal hem de zamansal ölçekte önemli farklılıklar sergiler. Örneğin, kuzey bölgelerindeki istasyonlar genelde daha düşük hızlar kaydederken, özellikle Musul istasyonu bu genel desenden belirgin bir sapma göstermektedir. Musul'un, rüzgârı kesici etkiye sahip geniş bir kentsel dokunun merkezinde ve bölgenin kuzeybatısında yer alması, onun Kerkük istasyonuna kıyasla daha düşük rüzgâr hızı ortalamaları kaydetmesinin temel nedenidir. Kerkük istasyonu ise, bölgedeki hakim kuzeydoğu rüzgârlarına daha açık bir konumda olmakla birlikte, yoğun doğal gaz kullanımından kaynaklanan yerel termal çöküntü alanlarının mikro iklimik etkisine de maruz kalmaktadır (Salloum, 2015).

Tablo 12: Irak'ta ortalama aylık ve yıllık rüzgâr hızı (metre/saniye)

Santral	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık oran
Musul	0,8	1,2	1,2	1,2	1,6	1,8	1,7	1,4	1,0	0,9	0,7	0,8	1,2
Kerkük	0,9	1,4	1,5	1,7	2,1	2,0	1,9	1,8	1,3	1,4	1,1	0,9	1,5
Hadise	2,8	3,3	3,4	3,6	4,1	5,6	5,9	5,2	3,6	2,8	2,6	2,6	3,8
El-rutba	3,0	3,9	3,8	3,7	3,4	3,6	3,7	3,4	2,6	2,6	2,5	2,6	2,3
Bağdat	2,5	2,9	3,2	3,1	3,2	3,9	3,9	3,5	2,7	2,6	2,5	2,4	3,0
El-hay	4,0	4,7	4,7	4,6	4,9	6,5	6,2	5,9	4,6	4,2	4,3	4,1	4,9
Divaniye	3,3	3,8	4,0	3,8	3,7	4,9	5,0	4,0	2,9	2,8	2,7	3,0	3,7
Omara	2,4	3,0	3,4	3,5	4,2	6,0	5,8	5,3	3,9	3,2	3,0	2,5	3,9
Nasiriye	3,8	4,4	4,7	4,7	5,4	7,1	6,8	6,1	4,6	4,4	3,9	3,8	5,0
Basra	2,8	3,3	3,7	3,4	3,3	3,5	3,4	3,1	2,7	2,7	2,5	2,7	3,1

Kaynak: Al-Dizi, 2013





Şekil 5: Irak'ta ortalama aylık ve yıllık rüzgâr hızı (metre/saniye)

Kaynak: Al-Dizi, 2013'ten yararlanılarak oluşturulmuştur.

Mevcut veriler ışığında, Irak'taki rüzgâr enerjisinden elektrik üretimine yönelik yatırımların potansiyelin oldukça gerisinde kaldığı görülmektedir. Ülkedeki bazı santrallerin aylık ortalama rüzgâr hızları 5,7 m/s'ye kadar çıkarak önemli bir kapasite vaat etmektedir. Özellikle Al-Nasiriyah ve Al-Hay gibi santrallerin yıl boyunca elektrik üretebilecek bir kapasiteye sahip olduğu değerlendirilir.

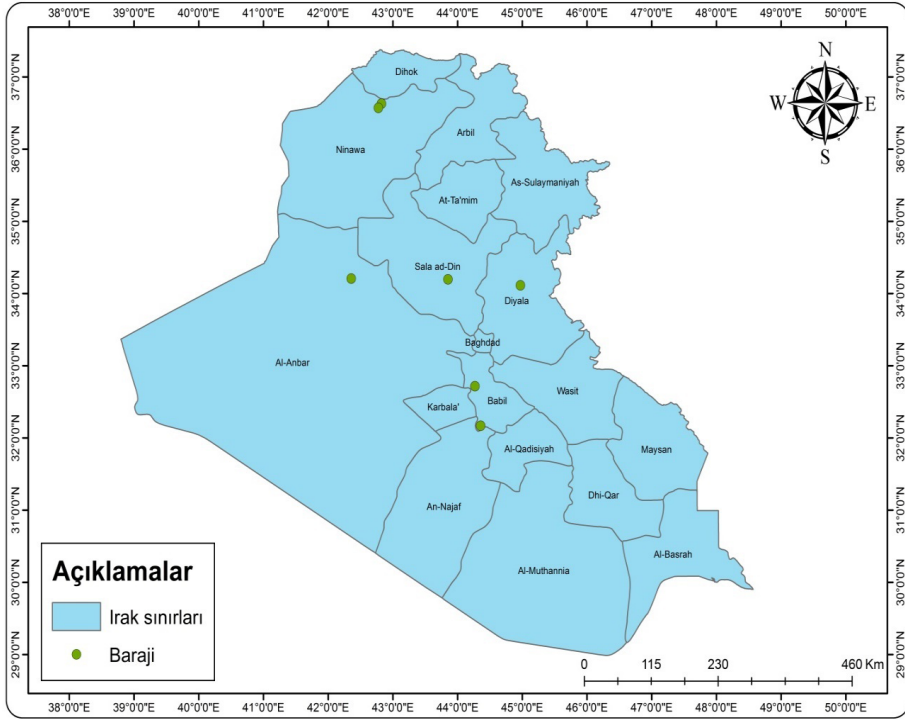
1.4.3. Hidrolik Güç

Su, insanlar için fizyolojik ihtiyaçların yanında enerji üretmek için de kullanılması hasebiyle önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Doğada enerji üretimi için iki tür hidrolik güçten bahsedilebilir. Biri akarsularla diğeri okyanuslarla ilişkilendirilir. Birinci tipte, bir akarsuyun üzerine doğrudan ya da akarsuyun önüne baraj kurmak suretiyle suyun türbinlere akmasıyla elektrik elde edilir. Hidroelektrik enerji, akarsu yatağının yükseklik farkına, yağışların bolluğuna ve suyun debisine bağlıdır.

İkinci sistem ise okyanusun hareketinden elektrik üretimini temel alır. Türbinler, gelgitlerin, dalgaların ve okyanus akıntılarının yarattığı kinetik enerjiyi, yenilenebilir bir kaynak olan denizel bir enerjiye dönüştürür.

Irak, özellikle ülkedeki dağlık ve dalgalı bölgelerde, kuzeyden güneye doğru uzanan ve dik bir eğimle karakterize edilen Dicle ve Fırat nehirleri ve bunların kollarının varlığından yararlanmaktadır. Dicle ve Fırat nehirleri ile kollarındaki potansiyel enerji miktarının yıllık 68,5 milyar KWh olduğu tahmin edildiğinden, ülke içinden geçen nehirler elektrik enerjisi üretimi için bir kaynak olarak kabul edilebilir. Her iki nehir ve kollarındaki mevcut su miktarına ilişkin tahminler değişiklik göstermekte olup bunun yıllık 69-72 milyar m³ arasında olduğu tahmin edilmektedir. Kuraklık yıllarında iki nehrin suyunun debisi azalarak 59,6 milyar m³'e düşmektedir. Dicle kolları da dahil olmak üzere bu sular için garanti edilen genel oran, Fırat Nehri için 14,2 milyar m³ ve Dicle Nehri için 31,1 milyar m³'tür ki bu da yıllık yaklaşık 45,3 milyar m³'e karşılık gelmektedir.

Dicle Nehri'nin Türkiye topraklarından alınan su miktarı %56, İran topraklarından %12 ve geri kalan %32 ise Irak topraklarından sağlanmaktadır. Fırat Nehri'nden gelen suyun yüzdesi Türkiye topraklarından %88, İran topraklarından %9 ve geri kalanı %3 Irak içindendir. Komşu ülkelerin akarsu miktarlarını kontrol etmesi, birçok proje ve barajın yapılması Irak açısından Dicle ve Fırat nehirleri üzerinde inşa edilen hidroelektrik santrallerin işletme verimliliğini olumsuz etkileyeceği belirtilebilir (Shanshou, 2014).



Harita 5: Irak'ta yer alan baraj göllerinin dağılışı

Irak'ta yağışlar düzensizlik, kıtlık ve mevsimsellik ile karakterizedir. Yağmur miktarı 50-100 mm arasında değişir ve bazen 120 mm'ye kadar çıkabilir. Irak ve kolları olan Dicle ve Fırat nehirleri, sıcaklığın 0°C altına düştüğü durumlarda kar şeklinde bir miktar yağış alır (kar yağışları Irak'ın sadece kuzey kesimlerinde dağlarda görülür). Kar sularının büyük bir bölümü yüzey ve yer altı sularına karışır. 1000 metre rakımda dağlarda kar yaklaşık iki ay kalabilir. Bu nedenle kar; akarsuları, akiferleri ve gölleri besleyen önemli bir kaynaktır.

Irak'ta yüzey suyu, kışın artan yağış ve ekim ayından itibaren yağmur miktarlarındaki dalgalanmalarla sürekli bir artış ve düşüş halindedir. Bu sebeple yüzey suları yıl boyunca düzenli değildir. Ancak sıcaklıkların yükselmesinin ardından biriken karlar erimeye başlar ve bu da Mayıs ayı sonuna kadar sürekli

sel baskınlarına neden olur. Su miktarları ise nem ve kuraklığa göre yıldan yıla değişmektedir. Örneğin Dicle ve Fırat nehirlerinin mevcut su miktarı önceki yıllara göre yıllık ortalama (1990-1995) dönemi için 88,68 milyar ve (1996-2003) dönemi için 53-93 milyar azalmıştır. Irak, yanlış sulama, komşu ülkelerin politikaları ve Irak'ın su kaynaklarını koruyabileceği bir su politikasının olmaması nedeniyle ciddi bir su kriziyle karşı karşıyadır (Al-Fatlawi, 2022).

1.4.3.1. Irak Hidroelektrik Santrallerinin Mekânsal Dağılımı

- Ninova Şehri: İlk santral Musul Barajı ana santralidir. Ninova'daki en büyük santrallerden biridir. Dicle Nehri üzerindeki Musul Barajı'na inşa edilmiştir. 4 üretim ünitesinden ve 750 MW tasarım kapasitesinden oluşmaktadır. Üretim kapsamı ise 2,989,651 MWh olarak gerçekleşmiş olup Irak'taki hidroelektrik santrallerin toplam üretiminin %60'ını oluşturmaktadır. İkinci santral ise barajın üzerine inşa edilen Musul Barajı santralidir. 60 MW tasarım kapasitesine sahip 4 üretim ünitesinden oluşmaktadır. 2019 yılı üretimi ise 284.933 MWh olup, hidroelektrik santralleri içinde toplam üretimin payı %6'dır. Üçüncü istasyon ise aynı alanda inşa edilen Al-Khazn Barajı pompa santralidir. Bu istasyon elektrik enerjisi üretmek için pompalama yapmaktadır. Ancak bu santral pompaj depolamalı hidroelektrik santral (PHES) formatında bir işleyişe sahip değildir. Toplam kapasitesi 240 MW olan iki üretim ünitesinden oluşmaktadır. 2020 yılı üretim kapasitesi ise 2794 MWh olup, Irak'ta faaliyet gösteren toplam hidroelektrik santrallerine katkı oranı %1'dir (Elektrik Bakanlığı, 2020).



Şekil 6: Musul barajı ve hidroelektrik santrali (Degla / Dicle) (Google Earth 2022)

- Salahuddin Şehri: Bu ilde Dicle Nehri üzerine inşa edilmiş, 3 üretim ünitesinden oluşan ve toplam tasarım kapasitesi 84 MW olan Samarra barajı kurulmuştur. Üretim ise 2020 yılında 370.548 MWh ulaşmıştır.

Hidroelektrik santralinin toplam üretimine katılım oranı %7'dir (Elektrik Bakanlığı, 2020).

- Diyala Şehri: Dicle Nehri üzerine kurulu bu ilde Hamrin hidroelektrik santrali inşa edilmiştir. 50 MW tasarım kapasitesine sahip iki üretim ünitesinden oluşmaktadır. 2020 yılında üretimi 294.239 MWh ulaşmış olup, Irak'ta faaliyet gösteren toplam hidroelektrik santrallerine katkı oranı %6'dır (Elektrik Bakanlığı, 2020).
- Anbar Şehri: Bu ilde Fırat Nehri üzerindeki Haditha Barajı'na Haditha hidroelektrik santrali inşa edilmiştir. Toplam 440 MW kapasiteli 5 elektrik enerjisi üretim ünitesinden oluşmaktadır. 2020 yılı üretim hızı 1.029.211 MWh olarak gerçekleştir. Toplam hidroelektrik santrallerine katkı oranı %21'dir (Elektrik Bakanlığı, 2020).
- Babil Şehri: Bu ilde Fırat Nehri üzerindeki Al-Hindiya Barajı'na Al-Hindiya istasyonu kurulmuştur. 15 MW tasarım kapasitesine sahip 4 üretim ünitesinden oluşmaktadır. 2020 yılı üretim kapsamı 413.334 MWh. Hidroelektrik santrallerin toplam üretimine %1 katkı oranı bulunmaktadır (Elektrik Bakanlığı, 2020).



Şekil 7: Al-Hindiya / Hint barajı ve hidroelektrik santrali (Google Earth 2022)

- Necef Şehri: Kufe hidroelektrik barajı bu ilde inşaatının başlangıcında Fırat Nehri üzerinde kurulmuş olup, toplam 5 MW kapasiteli 4 üretim ünitesinden oluşmuştur. Daha sonra iki ünite durdurularak devre dışı bırakılmış ve bu da tasarlanan kapasitesinin 3 MW azalmasına neden olmuştur (Zarkani, 2021). Üretimi ise 2020 yılında 4247 MWH ulaşmış olup, Irak'ta faaliyet gösteren toplam hidroelektrik santrallerindeki payı %1'dir (Elektrik Bakanlığı, 2020).



Şekil 8: Kufe barajı ve hidroelektrik santrali (Google Earth 2022)

1.4.4. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi kaynakları arasında tarımsal atıklar, orman atıkları, hayvan atıkları ve şehir atıkları yer almaktadır. Bu enerjiyi yakmadan elde etmenin yöntemleri, onu gaza dönüştürmek ve biyolojik olarak parçalanabilen atıklar da dahil olmak üzere diğer yararlı sıvı malzemeleri üretmektir (Ghanem, 2021).

Hayati niteliğe sahip olan enerji kaynaklarının çoğu Irak'ta mevcuttur. Bunlar yatırıma uygundur ve odun kömürü, yakacak odun ve kereste gibi bir kısmı halihazırda enerji amacıyla kullanılmaktadır. Restoranlarda büyük çapta yemek hazırlamak amacıyla kullanıldığı gibi kırsal kesimde de aynı amaçla değerlendirilmektedir. Hayvan atığı, bitkisel atık ve insan organik atığı ise elektrik enerjisi üretimi ve tarımsal ürünlere organik gübre sağlanmasında yatırım yapılabilecek bir kaynak oluşturmaktadır. Günümüzde hayvansal atıklar, bulunduğu alanlarda yaygın olarak organik gübre şeklinde ve çok sınırlı olarak da termal enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Şu ana kadar atıklardan faydalanacak gerçek bir politika yürütülmemiştir (Al-Taie, 2019).

Tablo 13: Irak'ta 2020 yılı için atık miktarı (ton)

Şehir	Evsel atık	Şehir	Evsel atık
Vasit	407,217	Ninova	681,402
Selahaddin	822,748	Kerkük	307,519
Necef	591,144	Diyala	622,656
Kadisiya	282,143	Anbar	633,372
Musanna	132,170	Bağdat Belediyesi	3,349,960
Zikar	1,248,156	Bağdat'ın banliyöleri	497,214
Meysan	302,723	Babil	450,298
Basra	1,009,889	Kerbela	555,918

Kaynak: Planlama Bakanlığı, 2020

Tablo 14: Enerjiye dönüştürülebilen atıklar (ton)

Atık türü	Miktar
Belediye atıkları (yiyecek, çöp)	891.301
Hayvanlar atıkları	254.174
Tarımsal atıklar	591.493
Endüstriyel atıklar	496.218

Kaynak: Planlama Bakanlığı, 2020**1.4.5. Jeotermal Enerji**

Bu enerji türü ana kaynak olarak yerin iç ısısıyla ortaya çıkar. Yerin iç ısısı tektonik ve volkanik sahalarda akiferlerde biriken suyu ısıtır ve bu su ya da su buharı çatlaklardan yeryüzüne ulaşır / çıkarılır.

Jeotermal rezervuarlarda yüksek sıcaklığa (150-200 °C) sahip olan sular volkanik ve tektonik sahâlarda yaygındır ve bunlar genellikle elektrik üretiminde kullanılır. Daha düşük sıcaklığa sahip olan jeotermal kaynaklar ise tarım, sanayi, sağlık / turizm gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Bu yenilenebilir enerji kaynağı geliştirilme ve ondan yararlanma olasılığını etkileyen çeşitli zorluklar ve sorunlara sahiptir. Araştırma ve kazı sorunu ile bunun gerektirdiği teknik ve malzeme kabiliyetleri bu güçlüklerin başında gelmektedir. Derin delme işlemi yüksek sıcaklık sorunuyla karşı karşıya kalıp sondaj ekipmanlarına zarar verebilir.

Irak'ta 2 metre derinlikte sıcaklık, yaz ve kış aylarında 28-25 °C arasında değişmektedir. Irak'ın batı bölgelerinde, derinliğe bağlı olarak artan yeraltı sıcaklıkları 300 °C'ye kadar çıkabilmekte ve bu yüksek entalpili jeotermal kaynak, elektrik üretimine yönelik buhar üretimi için uygun bir potansiyel oluşturmaktadır (Ahmed, 2011).

II. BÖLÜM

1.5. Irak'ın Enerji Güvenliği

Enerji, uluslararası politikadaki büyük önemi nedeniyle dünyanın çoğu ülkesinde ekonomik kalkınma sürecinin ana kaynağıdır. Enerji güvenliği kavramı, üreten ülkelere tüketen ülkelere göre farklılık göstermektedir. Üretici ülkelerde şöyle bilinmektedir: 'İhracatı artırmak için ülke çeşitliliğini sağlamak'. Tüketim yapan ülkelere ise 'enerji akışını sağlama yeteneği' şeklinde tanımlanır.

Enerji güvenliği, enerji kaynaklarının makul fiyatlarla kesintisiz ve sürekli akışının sağlanması anlamına gelmektedir. Dolayısıyla enerji güvenliği denildiğinde daha çok arz güvenliği anlaşılmaktadır.

Elektrik enerjisi tüm ekonomik, hizmet ve endüstriyel faaliyetlerde kullanıldığı için ekonominin ana motoru sayılmaktadır. Irak'ta elektrik sektörü, iletim ve dağıtım ağlarındaki gelişmelerin yanı sıra geçtiğimiz yıllarda (1980-1990) üretimde de hafif bir artışa tanık olmuştur. Veriler, üretilen elektrik enerjisinin 1980 yılında 8570 MW'tan 1985 yılında 11.278 MW'ye, 1990 yılında ise 14.982 MW'ye yükseldiğini göstermektedir. Üretimdeki bu artışın karşılığında çeşitli ekonomik sektör ve faaliyetlerde elektrik enerjisi tüketimi artmış, tüketim 1980 yılında 92.639 MWh'ye, 1990 yılında ise 258.872 MWh'ye ulaşmıştır (ed-Delimî, 1997).

1991 yılındaki Körfez Savaşı sırasında elektrik şebekesi birçok hava saldırısına maruz kalmış, elektrik şebekesinin yaklaşık %90'ı yok olmuş, ulaşım şebekeleri de etkilenmiş, birçok elektrik istasyonu hizmet dışı kalmıştır. 1991 yılındaki savaştan sonra işletme üniteleri 2425 MWh üretim kapasitesine sahip yaklaşık 50 üniteye sahip duruma gelmiştir. Öyle ki günlük elektrik kesintisi 18 saate çıkmıştır (Omran, 1997). 1991'den sonra ise Irak, ek santral inşa edememesine neden olan ekonomik yaptırımlara maruz kalmıştır. 1992 yılında Irak hükûmeti, elektrik enerjisine olan talebin artmasına karşılık, sağlanan enerjinin yetersiz kalması nedeniyle programlı bir kesinti sistemi uygulamaya başlamıştır. 2003 yılında ABD'nin Irak'ı işgal etmesi ve elektrik santrallerinin uğradığı hırsızlık eylemleri nedeniyle elektrik sisteminin altyapısı tahrip olmuştur. Bunun yanında sistematik bakım faaliyetleri de yürütülmemiştir.

1.6. Irak'ta Elektrik Enerjisi Ve Elektrik Sektörünün Karşılaştığı Zorluklar

ABD New York'ta Edison'un 1882'deki ilk elektrik santralinin kurulmasından sonra bu radikal teknolojik yenilik 1917'de Bağdat'a ulaşmıştır. Irak'taki ilk elektrik enerjisi üretimi, İngiliz kuvvetleri tarafından inşa edilen ve 1000 KW kapasiteye sahip Oba Hani dizel santrali ile başlatılmıştır.

1955 yılında Bağdat Elektrik Şirketinin mülkiyeti Irak hükûmetine devredilmiştir. Ekonomisi için termik santraller inşa etmek, ulusal şebekenin istikrarını sağlamak ve çevrenin temizliği için çalışan Bağdat Elektrik Kurumu adını almıştır. Uzmanların, işletmede petrol yerine doğal gaz kullanılmasını tavsiye etmesi, üretim ünitesi sayısının 49 üniteye ve üretim kapasitesinin 65 MW çıkmasını sağlamıştır. Irak ordusuna ve nispeten büyük ulusal endüstrilere günlük sınırlı sürelerle tedarik sağlamak için kullanılmakta ve merkezi Bağdat'ta bulunmaktadır. Talebin artması ve elektrik enerjisinin azalması nedeniyle 1960'lı yıllarda ülkenin farklı bölgelerine dağıtılan üç buhar tipi santralin kurulması gerekli hale gelmiştir. Sırasıyla 60, 80 ve 45 MW üretim kapasitesine sahip Dibs, Güney Bağdat ve Najibiya elektrik santralleri bu amaçla kuruldu (Al-Amiri, 2008).

Üretim, talep ve açık arasındaki dengenin bozulması nedeniyle geçen yüzyılın yetmişli yılların ortalarında ülkenin ilk büyük elektrik krizine girmesi, o dönemde hükûmeti acil ihtiyaçlarını yüksek işletme maliyetlerine rağmen gaz türbini kurarak karşılamaya yöneltti. Bağdat Elektrik Kurumu 1964 yılında Ulusal Elektrik Kurumu ile birleştirilmiştir. Irak şehirleri elektriği doğrudan ulusal şebekeden almaya devam etmiştir. Samarra elektrik santrali yetmişli yıllarda inşa edilmiş ve 84 MW üretim kapasitesine sahip hidroelektrik tipindeydi. Daha sonra Ulusal Elektrik Kurumu'nun yerini 159/1974 numaralı kanun uyarınca Genel Elektrik Kurumu almıştır. Elektrik sektörü tüm dönem boyunca (1955-1990) devletin tekelinde kalmıştır. Ağın temelleri askeri operasyonlarla birden fazla kez yok edilmiştir. Bu dönemde elektrik projelerinin uygulanma oranlarının yüksek olmasının yanı sıra, elektrik hizmetleri ülkedeki toplam konutların %90'ından fazlasına ulaşmıştır. Irak vatandaşlarının elektrik enerjisinden aldığı pay, komşu ülkeler ve Asya ülkelerinin altında olmasına rağmen 1989 yılında önemli bir artış göstererek 1700 KWh ulaşmıştır. Toplam elektrik enerjisi tüketimi seksenli yılların sonundan bu yana her dört beş yılda bir ikiye katlanması gerekmektedirken 1986-1989 arasındaki dönemde 14 kattan fazla arttı. 1990 yılında kurulu kapasite 9496 MW düzeyine ulaşmıştır. Bunun %25'i hidroelektrik kapasitelerden oluşmakta olup, elektrik santrallerinin kadrosunda 138 türbin ünitesi bulunmaktadır. Gaz kapasiteleri ise toplamın en az %15'ini oluşturmuş ve 1750 MW'ye ulaşmıştır (İmran, 2007).

Irak, doksanlı yıllarda hemen hemen tüm santrallerde üretim kapasitesinde belirgin bir düşüş yaşamıştır. Yakıttan üretim bileşenlerine kadar sektörün temel girdilerinde neredeyse tam bir kayba yol açan bu çöküşün neden olduğu zarar, elektrik sektöründe tam bir çöküş oluşturan Körfez Savaşı'nın etkisinin dörtte biri düzeyindedir. Bunun sonucunda doğal gazla dayalı termik santrallerde arıza oranı %96'ya, petrole dayalı termik santrallerde arıza oranı %85'e, hidroelektrik santrallerindeki arıza oranı ise %84'e ulaştı. Bu da ülkedeki santrallerin kullanabileceği üretim kapasitesinin 9416 MW'tan 1598 MW'ye düşmesine, elektrik kesintilerinin ise günde 18 saate vararak artmasına neden oldu. 2000-2001 döneminde arz ve talep arasındaki fark ise %35'e ulaştı (Al-Amiri, 2008).

1.6.1. Elektrik Enerjisinin Önemi

Elektrik enerjisi, günümüz toplumlarında günlük işlerin yürütülmesinde temel faktör olarak kabul edildiğinden büyük önem taşımaktadır. Çeşitli ekonomik alanlardaki gelişmeler tüm ekonomik faaliyetlerde olduğu gibi elektrik sektörüne bağlı olduğundan elektrik enerjisi ekonominin temel direği olarak kabul edilmektedir. Elektrik enerjisi, çeşitli çağdaş insan etkinliklerinin temel altyapısını temsil eder ve çoğu ülkede ekonomik kalkınma sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla toplumların övündüğü en önemli kültürel tezahürlerden biri olan ve bu toplumların gelişmişlik düzeyini gösteren elektrik enerjisine olan ilgi ülke geliştikçe artmaktadır. Gelişmiş ülkeler, elektrik enerjisinin endüstriyel sürecin temel unsuru olması nedeniyle çeşitli endüstrilerde üretimin sürekliliğinin sağlanmasına yönelik oluşan büyük ve sürekli ihtiyaçtan dolayı elektrik enerjisi üretiminde artış ve elektrik üretim kaynaklarının çeşitlenmesine tanık olmaktadır. Elektrik sektöründe ortaya çıkan herhangi bir sorun ise üretimin azalmasına ve üretim maliyetlerinin yüksek olmasına neden olmaktadır.

1.6.2. Irak'ta Elektrik Sektörünün Karşılaştığı Zorluklar

Irak'ta elektrik sektörü savaşlar, sabotajlar ve hırsızlıklar nedeniyle pek çok yıkıma maruz kalmış ve bu durum, sektörün faaliyetlerini büyük ölçüde kısıtlamıştır. Sektör, üretim kapasitesi ve talep hacmindeki dengesizliklerden zarar görmeye devam etmektedir. Bunun nedeni olarak da bir dizi faktörden bahsedilmesi gerekmektedir:

- **Eski Elektrik Sistemi:** Elektrik sistemi, tüm sistemin performansını doğrudan etkileyen istikrarsız politik koşullar nedeniyle nispeten eski bir teknoloji kullanmaktadır. Elektrik güç sistemi dört ana bölümden oluşur: Enerji Üretim Dairesi, Enerji İletim Dairesi, Enerji Dağıtım Dairesi, Merkezi Kontrol Dairesi. Bunlar elektrik enerjisi üretiminde istikrarın sağlanması, güçlü ve güvenli hale getirilmesi amacıyla organize ve

koordineli çalışan bir şirket gibidir. Bu sayede elektrikli aletler güvenli ve ekonomik bir şekilde tüketilebilir ve çalıştırılabilir. Irak'taki bu sistem, tüm kısımlarda istikrarın kaybolması ve bakanlığın bu süreçteki iki temel unsur olan üretim ve tüketim üzerindeki kontrolünü tamamen kaybetmesi, Elektrik Bakanlığı'nın istikrarı sağlayacak çözümler bulamaması veya uygulamaya koyamaması nedeniyle istikrarsız olarak tanımlanabilir (Abdul-Aali, 2018).

- Elektrik sistemindeki ekipmanların eskimesi ve sürekliliğinin sağlanması için bakım ve rehabilitasyon programlarına ihtiyaç duyulması, birçok santralin hizmet dışı kalmasına neden olmaktadır. Bu sorun mevcut santrallere uygun yakıtın sağlanamamasının yanı sıra santrallerde verim kaybına, su seviyelerinin düşmesine ve termik santrallerinin işleyişinin olumsuz etkilenmesine yol açmaktadır (Ulusal Kalkınma Planı, 2020).
- **Elektrik Ücretlerinin Tahsilatındaki Zayıflık:** Elektrik Bakanlığı, çeşitli sektörlerdeki hak sahiplerinden elektrik ücretlerinin düzenli bir şekilde tahsil edilememesi sorunuyla karşı karşıya kalırken, devlet dairelerinin Elektrik Bakanlığı'na ödenmeyen elektrik ücretleri borcu devam etmektedir. Bu durum, Elektrik Bakanlığı'nın gelir yetersizliği nedeniyle elektrik sistemine yönelik bakım ve rehabilitasyon çalışmalarını yürütmek konusunda isteksiz olmasına yol açmaktadır. Zayıf tahsilat, tüketicilerin elektrik ücreti ödemesini gerektiren özel yasal prosedürlerin uygulanmamasından kaynaklanmaktadır (Ulusal Kalkınma Planı, 2020). Ayrıca kanunun elektrik şebekesini ihlal edenleri sorumlu tutan hükümlerinin de yeterince uygulanmaması buna olanak sağlamaktadır. Elektrik Bakanlığı, medya yetkilisi aracılığıyla abonelerin %60'ının elektrik faturasını ödemediğini bildirmiştir. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre 2018'de özel jeneratörlerin geliri 4 milyar doları aşmıştır. Irak, özel jeneratörlere Alman tüketicilerin ödediğinin dört katını ödemektedir.
- **Elektrik Enerjisine Yatırımın Zayıf Olması:** Bunun nedeni elektrik sektöründeki yatırımlarla ilgili mevzuatın zayıf olmasıdır. Irak'ta güvenlik durumunun kötüleşmesi, yerel sermayenin yurt dışına kaçışına yol açmasının yanı sıra Irak ülke ortamı, yatırımı çekemeyen bir pozisyonudur.
- **İdari ve Mali Yolsuzluk:** Irak'taki idari ve mali yolsuzluk sorunu, 2003'ten sonra aşağıdakiler de dahil olmak üzere bir dizi faktör nedeniyle net bir şekilde ortaya çıkmıştır. Bu faktörler; hukukun üstünlüğü ilkesinin yokluğu ve zayıflığı, devlet gözetim kurumlarının zayıflığı ve bağımsızlığı ve dolayısıyla yolsuzluk olaylarını önleyememesi, yargının zayıflığı ve verilen kararları uygulayamaması şeklinde ifade edilebilir. Bunlar bir araya gelerek ekonomik kalkınma çabalarını sekteye uğratan

ve kamu parasının israfına yol açan olguyu ortaya çıkarmaktadır. İdari ve mali yolsuzluk, Elektrik Bakanlığı da dahil olmak üzere tüm Irak bakanlıklarını etkileyen bir sorun haline gelmiştir. Yolsuzluğun birçok biçimi vardır. Bunların en öne çıkanı zimmete para geçirme, rüşvet ve çalışanların görev sınırlarını aşmasıdır. Bakanlık, 2005'ten 2019'a kadar yaklaşık 64,9 milyar dolar harcama yapmasına rağmen elektrik sektörüne sürekli ve organize bir şekilde elektrik enerjisi sağlayamamıştır. Bunun nedeni, söz konusu bakanlıktaki idari ve mali yolsuzluklardır (Abdul-Aali, 2018). Uluslararası Şeffaflık Örgütü'nün yolsuzluk endeksine ilişkin raporuna göre Irak, 2004 yılında 145 ülke arasında 130. sırada yer alırken, 2019'da ise 180 ülke arasında 162. sırada yer almıştır.

- **Yakıt Sorunları:** Çoğu elektrik enerjisi üretim projesinde düzenli ve sürekli olarak yakıt ve petrol türevlerinin bulunmaması veya kıtlığı yaşanmakta, bu da bakanlıktan yakıt temin edilememesi nedeniyle ulusal şebekenin 3190 MW civarı yakıt kaybına yol açmaktadır. Yakıt sıkıntısı çeken santraller; Kayara, Okaz Al-Ghaziyeh, Al-Mansouriyah Al-Ghaziyah ve Al-Rumaila Al-Ghaziyah'dır. Elektrik santrallerine verilen yakıtın kalitesinin düşük olmasının yanı sıra, başta akaryakıt santralleri olmak üzere pek çok santral dizel veya ağır yakıt gibi alternatif yakıtlarla çalıştırılarak fiili üretimlerinin yaklaşık yarı yarıya azalmasına neden olmuştur. 2012 yılında elektrik enerjisindeki kayıplar 6230 MW ulaşmış; bunun 3000 MW uygunsuz yakıt kullanımından kalan kısmı olan 3230 MW ise elektrik kesintilerinden kaynaklanmıştır. Bazı santrallere yakıt hazırlanamaması sorunu ağır yakıtın gaz türbinleri üzerindeki etkisini azaltmak için kimyasalların kullanılması nedeniyle Elektrik Bakanlığı'nın ek meblağlar talep etmesine yol açmıştır ki sorun hâlâ devam etmektedir (Sultan, 2014).
- **Dicle ve Fırat Nehirlerinin Seviyelerinin Azalması:** Bu düşüş, toplam işletme santrallerinin %28'ini oluşturan hidroelektrik santrallerin verimliliğinin azalmasına neden olmuştur. Su kıtlığı nedeniyle ulusal sistemden 300 MW kayba neden olmuştur (Sultan, 2014).

1.7. Irak'ta Elektrik Enerjisi Üretiminin Analizi

2003 yılından sonra ABD operasyonlarına maruz kalan bölgelerde ana üretim ve dağıtım santralleri zarar görmüştür. Bu durum aynı zamanda elektrikli ev aletlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte bir arz-talep sorunu ortaya çıkarmıştır. Bu yüksek talebi ve gerekli elektrik enerjisinin sağlanamadığı açığı gidermek için bir yandan programlı elektrik kesintilerine başvurulmakta, diğer yandan Elektrik Bakanlığı tarafından ülke dışından elektrik ithal edilmektedir (Dawi&Abdul-Aali, 2017). 2004-2020 dönemindeki toplam üretim hacmi

aşağıdaki tabloda net olarak görülebilmektedir:

Tablo 15: 2004-2020 Dönemi elektrik enerjisi üretimi

Yıllar	Toplam üretim oranı (MW)	Değişim oranı %
2004	3455	-
2005	3288	-4.8
2006	3668	11.5
2007	3801	3.6
2008	4185	10.1
2009	5251	25.5
2010	5583	6.3
2011	6978	25
2012	6414	7.5 -
2013	8062	25.7
2014	9134	13.3
2015	9239	2.4
2016	10502	12.2
2017	10827	13.9
2018	13002	20
2019	14064	8
2020	14236	1

Kaynak: Irak Cumhuriyeti Elektrik Bakanlığı, Yıllık İstatistik Raporu

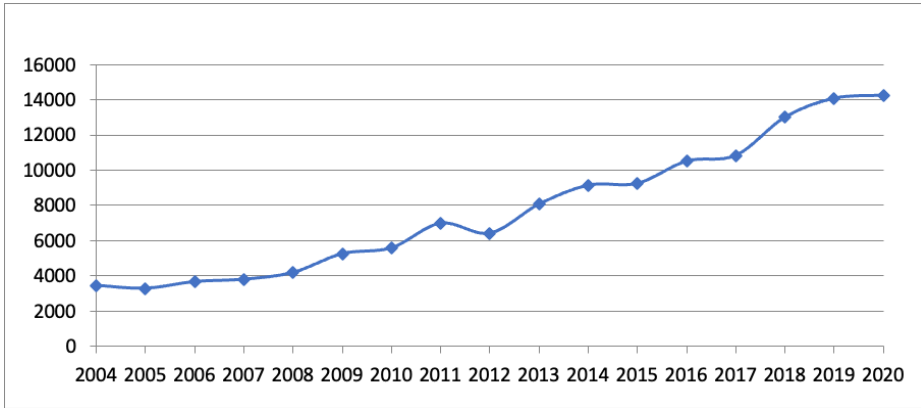
**Yıllık değişim aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır:*

Karşılaştırma Yılı – Baz Yıl * 100

Baz Yıl

Tablo verilerinden, elektrik enerjisi üretiminde bir dalgalanma olduğu, 2004 yılında elektrik enerjisi üretiminin yaklaşık 3455 MW'ye ulaştığı ve 2007'de 3801 MW'ye ulaştığı ancak hâlen bir dalgalanma olduğu görülmektedir. Elektrik enerjisine olan talebin karşılanamaması birçok elektrik enerjisi üretim tesisinin yedek parça ve bakım eksikliği nedeniyle tam kapasiteyle çalışamamasından kaynaklanmaktadır. Çoğu elektrik üretim santralinin eskimesinin yanı sıra bu dönemde santrallerde sabotaj operasyonları da yaşanmıştır. 2009 yılında üretilen

elektrik enerjisi yıllık artış oranı %25 ile 5251 MW'ye yükselmiştir. 2010 yılında üretim bir önceki yıla göre %6 artışla 5583 MW'ye ulaşmıştır. Ancak bu sektör, su seviyelerinin düşmesi de dahil olmak üzere karşılaştığı birçok zorluk nedeniyle düşük verimlilikten muzdarip olmaya devam etmiştir. Dicle ve Fırat nehirlerindeki hidroelektrik santrallerin verimliliği olumsuz etkilenmekte ve dolayısıyla elektrik enerjisi üretimi hâlâ talebi karşılayamaktadır. 2012 yılında üretim kapasitesi, 6978 MW ulaşan bir önceki yıla göre 6414 MW'ye gerilemiştir. 2013 yılında elektrik enerjisi verimliliği bir önceki yıla göre %26 artarak 8062 MW'ye ulaşmıştır. Bunun nedeni Irak hükûmetinin genel bütçede ayırdığı yatırım ödeneklerinin artmasıdır. Bu sektörü geliştirmek ve talebi karşılamak için verimliliğini artırmak amacıyla bütçe ayırmaya yönelik çalışmaların artması hayati olarak kabul edilmektedir. 2020 yılında elektrik enerjisi üretimi artmaya devam ederek 14.236 MW'ye ulaşmasına rağmen daha önce bahsedilen zorluklar ve sorunlar nedeniyle artan talebe kıyasla elektrik enerjisi üretimindeki açık devam etmiştir.



Şekil 9: 2004-2020 yıllarında üretilen elektrik enerjisi miktarı

Kaynak: Irak Cumhuriyeti Elektrik Bakanlığı, Yıllık İstatistik Raporundan yararlanılarak oluşturulmuştur.

1.7.1. Irak Elektrik Santrallerinin Coğrafi Dağılımı

Elektrik enerjisi üretim süreci, üretimin farklı kaynaklarına bağlı olarak ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir. Irak'ta elektrik enerjisi, buhar ve gaz santrallerini temsil eden geleneksel yakıtın (petrol ve doğal gaz) kullanılması veya hidroelektrik santralleri temsil eden su enerjisinin kullanılması gibi çeşitli kaynaklardan üretilmektedir. Ancak yenilenebilir enerji, özellikle güneş ve rüzgâr enerjisi, yıl boyunca yaygın ve sürekli olarak bulunmasına rağmen Irak'ın coğrafi konumu ve ikliminin doğası gereği elektrik enerjisi üretmek için kullanılamamaktadır.

1.7.1.1. Termik Santraller (Buhar Santralleri) (petrol ve doğal gaz)

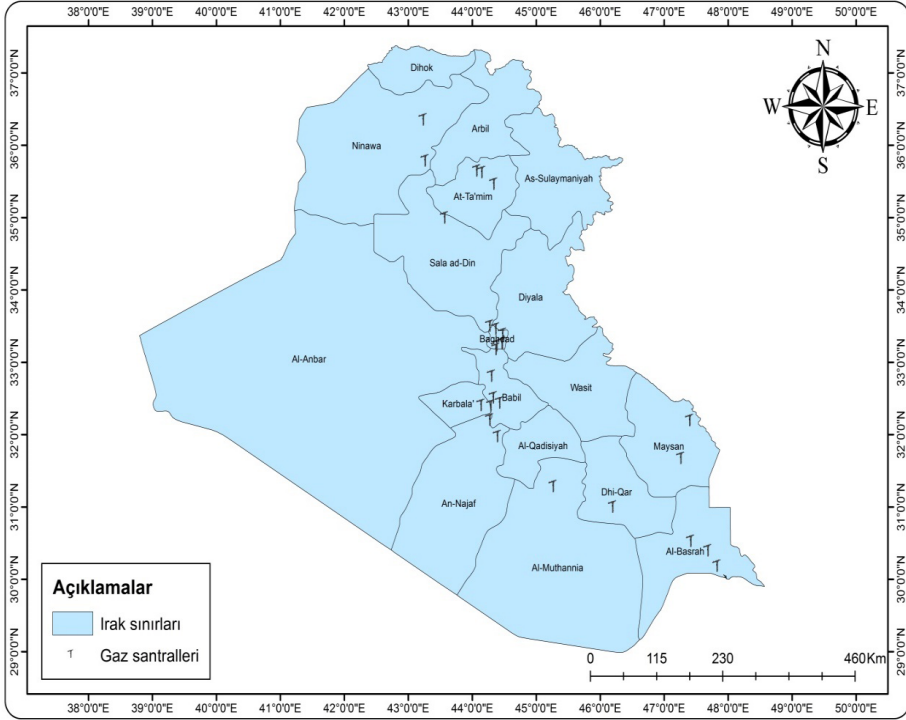
- Bağdat Şehri: Bağdat'ta Dora santrali ve Güney Bağdat santrali olmak üzere termik santrallerin sayısı ikiye ulaşmış durumdadır. Bağdat'taki toplam işletme ünitesi sayısı 7 birim olup bunlardan Dora santralinde 4 birim ve Güney Bağdat santralinde 3 birim bulunmaktadır. Her birinin işletme ünitesi sayısı ve tasarım kapasitesi farklılık göstermektedir. Toplam tasarlanan kapasite 805 MW ulaşmış ve Dora santrali 640 MW ulaşarak en yüksek tasarım kapasitesini temsil etmektedir. Güney Bağdat santralinin tasarım kapasitesi ise 165 MW ulaşmıştır (Farhan, 2019). Dora santralinin 2020 yılı üretimi 2.156.047 MWh ulaşırken, Güney Bağdat santralinin 2020 yılı üretimi 272.058 MWh ulaşmıştır.
- Babil Şehri: Bu şehirde Musayyib termik santrali bulunmaktadır ve elektrik enerjisi üretmek için 4 üniteden oluşmaktadır. Tasarım kapasitesi 1200 MW, 2020 yılındaki üretim kapasitesi ise 4.016.264 MWh (Elektrik Bakanlığı, 2020).
- Selahaddin Şehri: Bu şehirde Beji termik santrali bulunmaktadır. Santral 6 elektrik enerjisi üretim ünitesinden oluşmaktadır. Toplam kapasitesi 132 MW'dir. Üretim hacmi 2020 yılında sıfır olup bu durum ülkenin yaşadığı güvenlik koşullarından kaynaklanmıştır.
- Wasit Şehri: Wasit şehrinde santral 6 adet elektrik enerjisi üretim ünitesinden oluşmakta olup, tasarlanan kapasite 2540 MW ulaşmıştır. 2020 yılında üretim hacmi 14.840.827 MWh ulaşmıştır (Elektrik Bakanlığı, 2020).
- Basra Şehri: Basra şehrinde iki santral bulunmaktadır: Al-Necibiya santrali ve Al-Haritha santrali. Al-Necibiya buhar santrali, Irak'ın en eski elektrik santrallerinden biri olarak kabul edilmektedir. Necibiya santralinde iki adet elektrik enerjisi üretim ünitesi bulunmakta olup, toplam kapasitesi 200 MW, 2020 yılı üretim hacmi ise 313.456 MWh ulaşmıştır. Al-Haritha santrali Basra Valiliği'nin en büyük santrallerinden biri olarak kabul edilirken, 2020 yılı üretimi 1.359.398 MWh ulaşırken, santral toplam 400 MW kapasiteli iki üretim ünitesinden oluşmaktadır (Elektrik Bakanlığı, 2020).
- Zikar Şehri: Irak'ın en büyük santrallerinden biri olan bu valilikte Nasiriye buhar santrali bulunmaktadır. Bu santralda elektrik enerjisi üreten 4 ünite bulunmaktadır (Al-Kinani, 2010). Toplam kapasite 840 MW, 2020 yılı üretimi ise 3.045.879 MWh ulaşmıştır (Elektrik Bakanlığı, 2020).

1.7.1.2. Gaz Santralleri

- **Bağdat Valiliği:** Bağdat Valiliği'nde her biri tasarım kapasitesi ve üretim hacmi bakımından farklılık gösteren 8 elektrik üretim istasyonu bulunmaktadır. Bunların Güney Bağdat Birinci elektrik santralının toplam kapasitesi 246 MW'ye ulaşmıştır. 2020 yılında üretim 737.781 MWh olarak gerçekleşti. İkinci olarak Güney Bağdat İkinci elektrik santralının ise toplam kapasitesi 350 MW, 2020 yılı üretim hacmi ise 1.021.452 MWh ulaşmıştır. Bununla da Irak'ta faaliyet gösteren akaryakıt istasyonları arasındaki kapasitesi %2'lik dilimi oluşturmaktadır. Taji santralının toplam kapasitesi 318 MW olup, üretim hacmi 1.513.318 MWh'dir. 2020 yılında Kudüs gaz santralının toplam kapasitesi 1402 MW, üretim hacmi ise 4.467.420 MWh ulaşırken, toplam işletim istasyonları arasında katkı oranı %9 olmuştur. El-Sadr santralının toplam kapasitesi 658 MW olmuş, üretim kapasitesi de 2020'da 2.234.715 MWh kadar çıkmıştır. Doura ve Rasheed istasyonlarının ise üretimleri 2020 yılında 51.908 MWh şeklinde olmuştur (Elektrik Bakanlığı, 2020).
- **Babil Valiliği:** Babil Valiliği'nde üç adet gazla çalışan elektrik üretim istasyonu bulunmaktadır. İlk Hilla Gaz Santrali dört üretim ünitesiyle başlamış, daha sonra 2009 yılında bir üretim ünitesi daha eklenerek 5 üretim ünitesine sahip hale getirilmiştir. Tasarım kapasitesi 100 MW, toplam üretim ise 761.806 MWh ulaşmıştır. Musayyib gaz santralının toplam kapasitesi 500 MW'ye ulaşmaktadır. 2020 yılında üretim hacmi 903.300 MWh çıkmıştır. İkinci Hilla gaz santrali 2008 yılında kuruldu ve 2012 yılında faaliyete geçti. Tasarım kapasitesi 246 MW olup, 2020 yılında üretim hacmi 1.242.000 MWh olmuştur (Elektrik Bakanlığı, 2020).
- **Kerbela Valiliği:** Bu vilayette Kerbela ve El-Khairat elektrik santralleri olmak üzere iki elektrik santrali bulunmaktadır. 2012 yılında kurulan Kerbela santralının toplam kapasitesi 246 MW, 2020 yılındaki toplam yıllık üretimi 1.151.655 MWh ulaşmıştır. Al-Khairat gaz santrali 2011 yılında kurulmuş ve 2013 yılında üretime başlamıştır. Tasarım kapasitesi 1230 MW, üretim hacmi ise 4.767.038 MWh ulaşmıştır. Bu da, Irak'ta faaliyet gösteren toplam gaz santrallerinin %9'unu temsil etmektedir (Elektrik Bakanlığı, 2020).
- **Necef Valiliği:** Bu vilayette iki adet elektrik üretim istasyonu bulunmaktadır: Necef ve Al-Haidariya. Necef istasyonu 1975 yılında işletme aşamasına girmiştir. 2020 yılındaki toplam kapasite 301 MW, yıllık toplam üretim ise 2.304.510 MWh (Al-Taie, 2017). Haidariyah elektrik santralının toplam kapasitesi ise 660 MW olmuştur. 2020 yılında üretim hacmi 3.135.091 MWh ulaşırken, Irak'taki toplam akaryakıtlarla

çalışan elektrik üretim santralleri içindeki katkı oranı %6 olmuştur (Elektrik Bakanlığı, 2020).

- Kerkük Valiliği: Bu valilikte, toplam 311 MW kapasiteye sahip 13 üretim ünitesinden oluşan Mulla Abdullah gaz santrali adında bir santral bulunmaktadır (Al-Samarrai, 2014). 2020 yılında üretimi 1.493.925 MWh ulaşmış ve toplam işletme santrallerindeki katılım oranı %3 olmuştur (Elektrik Bakanlığı, 2020).
- Basra Valiliği: Basra Valiliği'nde gazla çalışan üç enerji santrali bulunmaktadır: Khor Al-Zubair, Shuaiba ve Rumaila enerji santralleri. Khor Al-Zubair istasyonunda toplam kapasite 498 MW'ye ulaşırken, 2020'deki üretim hacmi 2.705.293 MWh olmuştur. Shuaiba istasyonunun toplam kapasitesi 40 MW'ye ulaşmıştır (El-Muhammedi&Al-Fahdawi, 2015). 2020 yılında üretim hacmi 166.938'e çıkmıştır. Rumaila santralinin toplam kapasitesi 1460 MW iken, 2020 yılındaki üretim hacmi 3.541.270 MWh olmuştur (Elektrik Bakanlığı, 2020).
- Zikar Valiliği: Nasiriyah gaz santrali bu valilikte bulunmaktadır. 43 MW tasarım kapasitesine sahip elektrik enerjisi üreten bir ünite içerir. 2020 yılında üretim hacmi 157.109 MWh ulaşmış ve katkı oranı toplam işletme santralleri arasında %1 olmuştur (Elektrik Bakanlığı, 2020).
- El-Musenna Valiliği: Bu valilikte, toplam 43 MW kapasiteli bir gaz ünitesinden oluşan Sumava santrali adında bir gaz santrali bulunmaktadır. 2020 yılında üretim hacmi 25.349 MWh ulaştı ve toplam işletme santrallerine katkı oranı %1 olmuştur (Elektrik Bakanlığı, 2020).
- Maysan Valiliği: Bu valilikte iki santral vardır. Amara gaz santrali ve Bazarkan gaz santrali. Amara santrali elektrik enerjisi üreten dört ünitelerden oluşmakta ve tasarım kapasitesi 500 MW'dir. 2020 yılında üretimi 2.394.213 MWh ulaşmış ve toplam işletme santrallerine katkı oranı %5 olmuştur. Bazarkan santralinde toplam kapasitesi 163 MW olan elektrik enerjisi üretmek için üç ünite bulunmaktadır. 2020 yılında üretimi 494.513 MWh katkı oranı ise toplam işletme santrallerinin %1'ine ulaşmıştır. (Elektrik Bakanlığı, 2020).
- Ninova Valiliği: Bu vilayette iki gaz santrali bulunmaktadır. Musul santrali ve Ninova santrali. Musul santrali, 118 MW kapasiteye sahip 10 elektrik enerjisi üretim ünitesinden oluşmaktadır. 2020 yılında üretimi 342.463 MWh ulaşmış ve toplam işletme santralleri arasındaki katkı oranı %1 olmuştur. Ninova santrali toplam 213 MW kapasiteli 5 elektrik enerjisi üretim ünitesinden oluşmaktadır. 2020 yılında üretim hacmi 1.745.749 MWh ulaşırken, Irak'ta faaliyet gösteren toplam santraller içinde katkı oranı %3 olarak gerçekleşmiştir (Elektrik Bakanlığı, 2020).



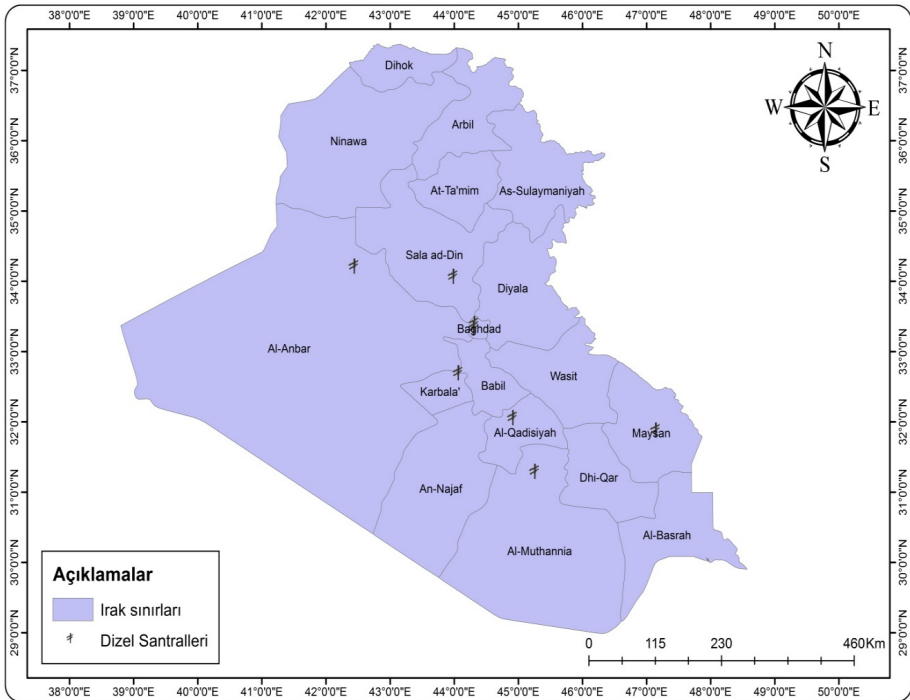
Harita 6: Irak'ta doğal gazla dayalı termik santrallerin dağılışı

1.7.1.3. Dizel Santralleri

- Bağdat Valiliği: Valilikte elektrik enerjisi üreten iki adet dizel enerji santrali bulunmaktadır. İlk elektrik santrali, 2020 yılında üretim hacmi 33.902 MWh ulaşan Shaheed Sabaa elektrik üretim istasyonudur. İkinci istasyon ise 54 MW kapasiteli Özgürlük Elektrik Santrali. Üretimi 81.224 MWh'dir (Elektrik Bakanlığı, 2020).
- Anbar Valiliği: Hadisa şehrinde bulunan Anbar Valiliği'nde Mukhles Kafi dizel santrali bulunmaktadır. Santralde 8 elektrik enerjisi üretim ünitesi bulunmaktadır ve kapasitesi 184 MW'dir. 2020 yılında üretim hacmi 578.557 MWh ulaşırken, dizel santralleri içinde toplam üretimdeki katkısı %9 olarak gerçekleşmiştir (Elektrik Bakanlığı, 2020).
- Selahaddin Valiliği: Selahaddin Valiliği'nde 6 üretim ünitesi içeren ve 102 MW kapasiteye sahip olacak şekilde tasarlanmış Samarra dizel santrali bulunmaktadır (Elektrik Bakanlığı, 2020). 2020 yılında üretim hacmi olarak 396.815 MWh ulaşılmış olup, bu santralin dizel santrallerinin toplamı içindeki üretim payı %6 olmuştur.
- Kerbela Valiliği: Kerbela'da, toplam 300 MW kapasiteli 12 elektrik enerjisi üretim ünitesi içeren Doğu Kerbela adında bir dizel santrali

bulunmaktadır. 2020 yılı üretim hacmi 1.643.177 MWh ulaşırken, Irak'taki dizel santralleri arasında toplam üretime katkısı %25 olarak gerçekleşmiştir (Elektrik Bakanlığı, 2020).

- El-Qadisiyah Valiliği: Bu valilikte iki adet dizel enerji santrali bulunmaktadır. Bunlardan ilki, Divaniye şehrinin doğusunda yer alan ve tasarım kapasitesi 200 MW ulaşan dizel enerji santralidir. Üretim hacmi 1.080.705 MWh çıkmıştır (Elektrik Bakanlığı, 2020). İkinci istasyon ise Divaniye şehrinin kuzeyinde bulunan ve toplam kapasitesi 200 MW olan dizel enerji üretim istasyonudur. 2020 yılında üretim hacmi 1.079.654 MWh olmuştur.
- Meysan Valiliği: Bu valilikte, 8 üretim ünitesi ve 200 MW kapasiteli Kuzey Amara dizel santrali adında bir dizel santrali bulunmaktadır. Üretim hacmi 1.105.738 MWh olup, Irak'taki dizel santrallerin içinde toplam üretimdeki payı %17 olarak gerçekleşmiştir (Elektrik Bakanlığı, 2020).



Harita 7: Irak'taki dizel yakıtla çalışan santrallerin dağılışı

1.7.2. Irak Elektrik Enerjisi Üretim Kaynakları

Irak'ta elektrik enerjisi petrol, doğal gaz ve su enerjisinin kullanımına dayalı olarak üretilmektedir. Elektrik enerjisinin kaynakları şu şekilde açıklanabilmektedir:

- Petrol: Irak'ta büyük ölçüde elektrik enerjisi kaynağıdır ve bu nedenle öncelikle elektrik enerjisi üretiminde ondan faydalanılmaktadır. Irak, 2019 yılında 150 milyar varil tutarında kanıtlanmış petrol rezervine sahip olup, bu rezerv Suudi Arabistan ve İran'dan sonra OPEC'in üçüncü büyük rezervi ve ikinci petrol kaynağıdır. Elektrik sektörü, yakıt olarak 2018 yılında yılda yaklaşık 8.385.000 litreye ulaşan yüksek oranda ham petrol tüketmektedir. Elektrik enerjisi üretim tesislerinde yakıt tüketim oranı, elektrik tüketimi oranının artmasıyla doğru orantılı olarak artmakta ve bu da yenilenebilir enerji kullanımı eksikliğinden kaynaklanmaktadır (Elektrik Bakanlığı, 2020). Elektrik üretimi için petrol talebi ile petrol rafineri endüstrileri arasındaki darboğazlar, Irak'ın elektrik ithalatı yapmasına sebep olmuştur. Bu da üretim ve ithalat prosedürlerindeki yanlış politikalar ve enerjinin yerel kullanımı nedeniyle para israfına neden olmuştur (Al-Saadi, 2019).
- Doğal Gaz: Teknik, ekonomik ve çevresel avantajlarından dolayı şu anda elektrik enerjisi üretiminde öne çıkan kaynaklardan biridir. Son yıllarda doğal gaz sektörüne gerçekleştirilen yatırımlar da bu durumu göstermektedir. Küresel ölçekte artan enerji talebi açısından doğal gaz stratejik bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. Irak'ın sahip olduğu büyük petrol ve doğal gaz rezervlerine rağmen Iraklılar, temel ihtiyaçlarını karşılayacak kadar elektrik enerjisi elde edememekte ve pahalı ve çevreyi kirleten dizel jeneratörler kullanmak zorunda kalmaktadır. Irak'ın 2019 yılı verilerine göre 3729 milyar m³ tutarında kanıtlanmış doğal gaz rezervi bulunmaktadır (OPEC, 2019). Irak'ın mevcut doğal kaynaklarını kullanamaması nedeniyle alternatif ve ithal yakıt kaynaklarına yönelmesi, yıllık 6-8 milyar dolar arasında yüksek bir maliyetle karşı karşıya kalmakta, bunun yanında elektrik kesintisinin maliyeti ise 40 milyar dolar olarak tahmin edilmektedir. Elektrik enerjisi arzındaki eksiklik, nüfusun refahını, ticari kuruluşların büyümesini ve bu kuruluşların işgücü piyasasına giren artan sayıda genç için sürdürülebilir iş fırsatları yaratma yeteneğini büyük ölçüde etkilemektedir (IBRD, 2019). Diğer taraftan ülkenin doğal gazının büyük bir kısmı yakılmaktadır (teknik bakımdan değerlendirme olanakları kısıtlı olduğu için). Irak, 2011 yılında gaz yakmanın azaltılmasına yönelik küresel girişime katılmış (Katar'dan sonra dünyada ikinci ülke) ve bazı petrol sahalarında yakılan doğal gazın izlenmesi, işlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla 2013 yılında Basra Gaz Şirketini kurmuştur. 2015 yılında Basra Gaz Şirketi, günde 500 milyon ft³ gaz işleme rekoruna ve günde 2650 ton sıvılaştırılmış petrol gazı üretimi rekoruna ulaşmayı başarmıştır (IBRD, 2015).

- İthalat: Irak'ta üretilen elektrik enerjisinin azalması, Irak hükûmetini komşu ülkelerden enerji ithal etmeye zorlamış ancak bu süreç bütçeye yeni bir yük getirerek döviz cinsinden fonların tükenmesine yol açmıştır. Bu da doğal olarak ülkenin ekonomik sürecini olumsuz etkilemiştir. Üstelik vadesi gelen ödemeler yapılmadığında arzın kesilmesi sonucu oluşan istikrarsızlık da bu meselenin bir diğer yönüdür. İran tarafıyla vadesi gelen ödemelerin yapılmaması nedeniyle İran'ın elektrik ihracatını durdurması olayı tam olarak buna örnektir. Ancak bunun ardından İran'dan elektrik enerjisi ithalatına yeniden başlandı ve İran Enerji Bakanı Rıza Ardakanian, “İran, son dönemde karşılaştığı elektrik krizinin sona ermesinin ardından Irak, Afganistan ve Pakistan’a elektrik ihracatına yeniden başladı” ifadesini kullanmıştır (Al-Khafaji, 2018). 2005-2019 döneminde ithal elektrik miktarı Irak'ta kayda değer oranda artış göstermiştir.

Tablo 16: İthal edilen elektrik miktarı (2005-2019)

Yıl	İthal edilen elektrik (MWh)
2005	1,149.343
2006	2,102.481
2007	2,196.184
2008	2,973.027
2009	6,722.050
2010	7,233.094
2011	10,170.234
2012	12,200.629
2013	12,250.551
2014	13,104.203
2015	11,964.878
2016	13,644.407
2017	14,644.650
2018	17,365.732
2019	22,411.874

Kaynak: Elektrik Bakanlığı, 2019

1.7.3. Irak'ta Elektrik Enerjisi Sistemindeki Kayıplar

Irak'ta enerji kayıplarının artmasına yol açan birçok etken bulunmaktadır. Elektrik enerjisinin çeşitli santrallerde üretilmesi, iklim koşulları ve iletim-dağıtım süreçlerindeki yetersizlikler, elektrik enerjisi israfının artmasına önemli ölçüde etki etmektedir. Bu sektördeki 'kayıp' kavramı, elektrik sistemlerindeki toplam enerji kaybını ifade eder. Söz konusu kayıplar; iletim şebekelerinde, trafolarında ve elektriğin tedarik ile tüketim noktaları arasındaki dağıtım sürecinde meydana gelmektedir (El-Muhammedi&Al-Fahdawi, 2015). Elektrik enerjisi dağıtım şebekelerinde ise iki temel nedenle kayıplar ortaya çıkmaktadır (Al-Janabi, Al-Shablawi, Al-Rifai, 2014):

- **Teknik nedenler:** Bu tür kayıplar, elektrik enerjisinin iletim şebekesinden dağıtım santrallerine iletilmesi işlemi sonucunda meydana gelmektedir. Elektrik enerjisini ileten tellerin yapıldığı malzeme türü, hatların eskimesi, elektrik akımı geçişine karşı dayanıklılığı, iletim-dağıtım mesafesi, yüksek sıcaklık (genleşme) gibi teknik özelliklere bağlıdır.
- **İdari nedenler:** Bu kayıplar, vatandaşların boş arazilere gelişigüzel konut yapımı ve dağıtım ağlarına uzak kalması bunun yanında elektrik sayaç okuyucularının tüketilen elektrik enerjisi miktarını tahminlere dayalı şekilde hesaplaması sonucu ortaya çıkan hatalı faturalandırmalardan kaynaklanmaktadır.

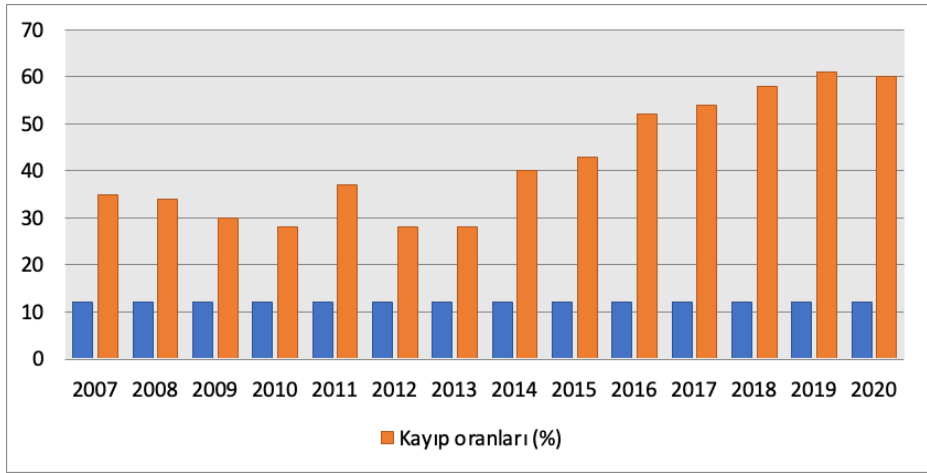
Tablo 17: 2007-2020 Dönemine ait elektrik enerjisi kayıpları (MWh)

Yıl	İletim müdürlüklerinden alınan enerji	Dağıtım müdürlüklerinden satılan enerji	Kayıp	Kayıp oranı (%)
2007	24,863,030	16,013,093	7,976,106	35
2008	29,742,670	19,598,127	7,701,970	34
2009	37,052,425	25,857,351	10,637,624	30
2010	38,625,151	27,443,762	12,375,110	28
2011	41,113,889	25,735,368	14,179,865	37
2012	49,122,501	35,075,355	9,182,383	28
2013	62,705,135	45,041,388	17,656,658	28
2014	71,299,854	43,993,346	28,849,028	40
2015	74,215,110	42,034,740	31,966,810	43
2016	81,157,243	38,635,804	42,529,506	52
2017	89,205,314	40,770,622	48,382,055	54
2018	95,419,033	39,593,993	55,775,132	58
2019	108,864,537	42,086,620	66,724,312	61
2020	110,564,948	44,498,692	67,446,237	60

Kaynak: Elektrik Bakanlığı, 2020 {*Kayıp oranları: $\frac{\text{Alınan enerji} - \text{satılan enerji}}{\text{Alınan enerji}} \cdot 100$* }

Üretim istasyonlarından üretilen ve elektrik enerjisi iletim müdürlüklerinden alınan elektrik enerjisi miktarında artış olduğu verilerden görülmektedir. Bu miktar, 2007 yılında yaklaşık 24.863.030 MWh ve 2020 yılında 110.564.948 MWh seviyesine ulaşmıştır. Ancak kayıp yüzdesinde de önemli bir artış olmuştur. 2007'de yaklaşık %35 olan oran, 2020'de %60 civarına ulaşmış olup bu oranlar kabul edilemez olarak değerlendirilmektedir. Zira kabul edilebilir kayı oranları %3-5 arasında değişmekte olup, bu oranların aşılması sistemin performansının düşük olduğunu ve dağıtım şebekelerinin performansında zayıflık olduğunu göstermektedir. Irak'ın yaşadığı savaşların yanı sıra terör saldırıları ve düzenli bakım yapılmayan elektrik enerjisi iletim ve dağıtım şebekelerini etkileyen hırsızlıklar (kaçak kullanım) için net çözüm ve stratejiler olmaması kayıp oranlarını artırmıştır.

Aşağıdaki grafik, Irak'ta 2007-2020 kabul edilebilir limit dahilindeki ve gerçekte var olan elektrik enerjisindeki kayıpların yüzdesini şekilde göstermektedir:



Şekil 10: Irak'ta 2007-2020 dönemde elektrik kayıp oranları

Kaynak: Elektrik Bakanlığı, 2020'den yararlanarak oluşturulmuştur.

Şebekedeki yüksek kayıp oranları, nihai tüketiciye aktarılan elektrik enerjisi miktarını düşürerek ekonomik sektörlerin enerji tedarikinde arz eksikliğine neden olmaktadır. Bu durum sektörleri, gereksinimlerini karşılamak örneğin jeneratör kullanımı gibi alternatif çözümlere itmektedir. Ayrıca kayıplar yalnızca tüketilen yakıt miktarında verimsizliğe yol açmakla kalmayıp, üretim maliyetlerinin artmasına ve dağıtım sistemi üzerinde önemli ekonomik yükler oluşturmasına da sebep olmaktadır.

1.8. Irak Elektrik Enerjisi Tüketiminin Değerlendirilmesi

Elektrik sektörü, vatandaşın can damarını temsil etmesi ve yaşam standardı, yaşam kalitesi ve ekonomik kalkınma ile ilgili birçok konuyu doğrudan ve dolaylı olarak etkiler. Elektrik kullanımı altyapının bileşenlerinden biri haline gelmiş ve tüketim oranı, yaşam standardının ve kentleşme derecesinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Irak'ta elektrik enerjisi üretimi ise bugüne kadar çözülemeyen bir sorun halindedir. Elektrik enerjisi tüketimi, ana üretim sorununun yanında bir başka sorunu da temsil etmektedir. Soğutma ve ısıtma cihazları olmak üzere elektrikli cihazların ithalatı nedeniyle 2003 yılından sonra elektrik enerjisine olan talebin artmasını beraberinde getirmiştir. Bu da elektrik enerjisi üretiminde kesintinin ortaya çıkmasına ve Elektrik Bakanlığı'nın programlı elektrik kesintisine başvurmasına neden olmuştur.

Konut sektörü elektrik tüketiminde en fazla payı alan kesimdir. Bunun nedeni yerel pazarların elektrikli ev aletleri ithalatına açılması, bireylerin yaşam standartlarının yükselmesi, orta sınıfın gelirlerinin iyileşmesi ve elektrikli ev aletleri alımlarında ciddi artış olmasıdır. Bu da gelişmiş bir tarife sisteminin yokluğunda (elektrik tüketiminin fiyatı), zayıf tahsilat ile tüketicinin tüketiminde iktisatlı olmaya yönelimin gerilediği bir ortamda gerçekleşmiştir. Konut sektörünü sanayi sektörü takip etmektedir. Sanayi sektörünün zayıf olduğunu gayri safi yurt içi hasılaya katkısının artırılması ve petrole olan bağımlılığın azaltılması için teşvik edilmesi gerektiğini göstermektedir. Tüketimdeki payı en düşük olan sektör ise tarımdır.

Irak'ta yaklaşık değerlerle elektrik tüketiminin sektörlere dağılımı şu şekilde belirtilebilir: *Konut (mesken) %60-70, Ticaret ve hizmet sektörü %15-20, Sanayi sektörü %10-15, Kamusal tüketim %5-10, Tarım sektörü: %2-3.* Bu tüketim değerlerine ek olarak elektrik sektöründe kayıp-kaçak oranlarının yüksek düzeyde olduğunu bir kez daha belirtmekte fayda vardır.

1.9. Irak'ta Elektrik Enerjisi Yönetiminin Başarısızlık Nedenleri

Irak'ta elektrik enerjisi sektörünün karşılaştığı zorluklar ışığında, enerji yönetiminin başarısız olmasına yol açan dört neden vardır:

- Talep tarafını yönetmeye yönelik tedbirlerin zayıf olması
- Acil talebin karşılanması için üretim kapasitesinin arttırılmasına önem verilmesi ama bunun yanında bakım ve yakıt çeşitliliğinin ihmal edilmesi, şebeke dağıtım hatlarının iyileştirilmemesi (iletim ve dağıtım hatları eski)
- Tarife sisteminin gelirleri tahsil edememesi
- Diğer yenilenebilir veya alternatif enerji kaynaklarına ilgi eksikliği

Sıradan kullanıcılar için tarife fiyatlarının sıfıra yakın olduğu göz önüne alındığında, tarife sisteminde reform yapılmadan artan talebin kontrol altına alınması da mümkün değildir (Mills&Maryam, 2020).

1.9.1. Irak Elektrik Enerjisi Talebini Etkileyen Faktörler

Elektrik enerjisi talebi, temel yapısı itibarıyla iktisadi açıdan diğer mal ve hizmetlere olan talepten farklılık göstermemektedir. Talep yasası, diğer koşulların sabit kaldığı varsayımı altında (ceteris paribus), bir malın talep edilen miktarı ile fiyatı arasındaki ters yönlü ilişkiyi ifade eder (Cassidy & Peters, 2010). Diğer mallarda olduğu gibi, elektrik talebi de tüketici geliri, elektrik fiyatı ve mevsimsel sıcaklık değişimleri gibi faktörlere bağlıdır; bu durum, elektrik enerjisi talebini ve hanehalkı tüketim alışkanlıklarını doğrudan etkilemektedir (Al-Barwari&Al-Hayali 2011). Söz konusu belirleyiciler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- **Nüfus:** Nüfus artışı, elektrik enerjisi tüketimini doğrudan şekillendiren temel dinamiklerden biridir. Artan nüfus, yalnızca tüketim hacmini büyütmeyle kalmamakta, aynı zamanda bu artan talebi karşılayacak üretim kapasitesinin de geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.
- **İklim:** Elektrik enerjisi tüketim miktarı, mekâna ve zamana bağlı olarak değişkenlik gösterir ve bu değişkenliği yaratan temel unsurlardan biri iklimdir. Yüksek ve düşük sıcaklık dereceleri, iklimlendirme amaçlı cihazların kullanımını tetiklemektedir. Tüketilen enerji miktarı ise, soğutma ve ısıtma sürelerinin uzunluğuna ve kullanılan cihazların teknik özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, soğutma ihtiyacının yüksek olduğu yaz aylarında elektrik tüketimi artarken, bu ihtiyacın azaldığı dönemlerde tüketim düşüş eğilimine girmektedir. Benzer şekilde, kış aylarında özellikle Irak'ın kuzey bölgesinde sıcaklıkların düşmesi, ısıtma cihazlarının kullanımına bağlı olarak elektrik tüketiminde bir artışa yol açmaktadır. İlkbahar ve sonbahar gibi ılıman mevsimlerde ise elektrik enerjisi tüketimi kayda değer ölçüde azalmaktadır (Abu Rahil&Al-Jashami, 2016).

Tablo 18: 2020 Yılında şehirlerin ulaştığı en yüksek puant yük

Ay	(MW) maksimum yük	Valilik	Genel Şirket
Eylül	1546	Rusafa	Bağdat dağıtımı
Temmuz	2188	El-Karkh	
Ağustos	1414	El-Sadır	
Ağustos	310	Doğu Anbar	
Mayıs	325	Ramadi dağılım	
Ağustos	185	Al-Furat Al-A'la	
Ağustos	780	Diyala	Kuzey dağıtımı
Şubat	1155	Ninova	
Şubat	872	Kerkük	
Şubat	562	Selahaddin	

Haziran	1052	Babil	Orta dağıtım
Ağustos	982	Kerbela	
Ağustos	931	Necef	
Haziran	484	Divaniye	
Temmuz	981	Vasit	
Ağustos	3732	Basra	Güney dağıtımı
Haziran	1382	Zıkar	
Ağustos	821	Meysan	
Temmuz	427	Musana	

Kaynak: Elektrik Bakanlığı, 2020

Tablodaki verilerden, 2020 yılı için maksimum yüke 8 ilde ağustos ayında ulaşıldığı görülmektedir. Bunun nedeni yaz aylarında sıcaklıkların yüksek olması ve klimaların kullanılması, dolayısıyla elektrik enerjisine daha fazla ihtiyaç duyulmasıdır.

- **Elektrik Tarifeleri:** Irak'ta elektrik fiyatlandırma politikasının bilimsel temellerden yoksun oluşu, sektördeki yapısal sorunların merkezinde yer almaktadır. Sektörde belirlenmiş tüketim aralıklarında uygulanan tek tip fiyatlandırma modeli, üretici sektörler, konutlar, ticari işletmeler ve diğer tüm tüketici grupları arasında ayırım yapmamaktadır. Oysa etkin bir fiyatlandırma mekanizması, sektör gelirlerinin artırılması ve elektrik altyapısının sürdürülebilir kalkınması için hayati öneme sahiptir. Devlet sübvansiyonlarının oranı ile elektrik tarifeleri arasında ters bir ilişki bulunduğundan, Elektrik Bakanlığı, hükûmet bütçesi üzerindeki mali yükü hafifletmek amacıyla sektörel bazda farklı tarifelendirme uygulamalarına yönelmiştir. 2020 yılı itibarıyla yürürlükte olan sektörel elektrik tarifeleri aşağıdaki tabloda özetlenmektedir:

Tablo 19: 2020 Yılı elektrik fiyatları

Enerji birim tarifesi: dinar (KWh)	Tüketim kategorisi
Konut sektörü	
10	1-1500
35	1501-3000
120	3001-4000
Ticaret ve hizmet sektörü	
60	1-1000
80	1001-2000
120	2001+
Sanayi sektörü	
60	Tüm Kategoriler
Kamu sektörü	
120	Tüm Kategoriler
Tarım sektörü	
60	Tüm Kategoriler

Kaynak: Elektrik Bakanlığı, 2020

Konut sektöründe ilk 1500 kWh'lik tüketim için getirilen 10 dinar gibi son derece düşük (sembolik denecek) fiyat, bu miktarın bir sosyal hak olarak görüldüğünü ve hanehalkına yönelik yüksek bir sübvansiyon uygulandığını göstermektedir. Bu, temel elektrik ihtiyacını karşılamayı hedefleyen bir sosyal refah politikasıdır. Tüketim arttıkça fiyatın katlanarak artması (35 dinar, 120 dinar), teoride tasarrufu teşvik etmek için kullanılan bir yöntemdir. Ancak, buradaki asıl amaç, yüksek tüketim yapan (dolayısıyla daha varlıklı olduğu varsayılan) hanelerden daha fazla gelir elde ederek, düşük gelirli hanelere yapılan sübvansiyonu kısmen finanse etmek olabilir.

Ticaret ve Hizmet Sektöründeki fiyatlar (60, 80, 120 dinar), konut sektörünün ilk iki bloğuna kıyasla daha yüksektir. Bu durum, ticari faaliyetlerin kâr amacı güttüğü ve elektrik maliyetlerini fiyatlarına yansıtabileceği gerekçesiyle, bu sektörde daha az sübvansiyon verildiği veya daha fazla gelir elde edilmeye çalışıldığı şeklinde belirtilebilir.

Sanayi ve Tarım Sektörlerinde Sabit (Tek) Tarife şeklinde 60 dinar olan sabit fiyat, açık bir ekonomik kalkınma ve üretim teşviki politikasıdır.

Kamu Sektörü için belirlenen 120 dinarlık tarife, tüm sektörler arasında en yüksek olanlardan biridir. Bu, beklenmedik bir durum gibi görünebilir. Ancak, bunun bir “fiyat” olmaktan ziyade bir “transfer ödemesi” olduğu düşünülebilir. Devletin bir kurumu (Elektrik Bakanlığı), diğer bir devlet kurumuna elektrik sattığı için bu fiyat, bütçe içi bir transfer şeklinde ele alınabilir. Gerçek bir mali disiplini sağlamadığı sürece bu uygulamanın anlamı sınırlıdır.

1.9.2. Irak'ta Elektrik Enerjisi Arz ve Talebi Arasındaki Uçurum

Irak'taki elektrik krizinin temel dinamiği, elektrik enerjisi arzı ile talebi arasında derinleşen bir dengesizlik olarak tanımlanabilir. Söz konusu açık, 2005 sonrası dönemde bir dizi yapısal faktörün etkisiyle daha da belirgin hale gelmiştir. Bu faktörler arasında ekonomik büyüme, nüfus artışı ve özellikle petrol ile doğalgaz gibi alternatif enerji emtialarının fiyatlarının, elektrik enerjisine kıyasla nispeten yüksek seyretmesi sayılabilir. Bu durum, yüksek kişi başı gelir ve sübvansiyonlu düşük elektrik fiyatlarıyla birleşince, hanelerde satın alma gücünü artırmış ve enerji tasarrufu kaygısı taşımadan elektrikli cihaz kullanımının yaygınlaşmasına zemin hazırlamıştır. Dolayısıyla, sınırlı düzeydeki elektrik arzına karşılık, talebin her sektörde hızla yükselmesi, sistem üzerinde kronik bir baskı oluşturmıştır. Söz konusu arz-talep açığının boyutları aşağıdaki tabloda görülebilmektedir:

Tablo 20: 2005-2019 Döneminde elektrik enerjisi arz ve talebi arasındaki fark (MW)

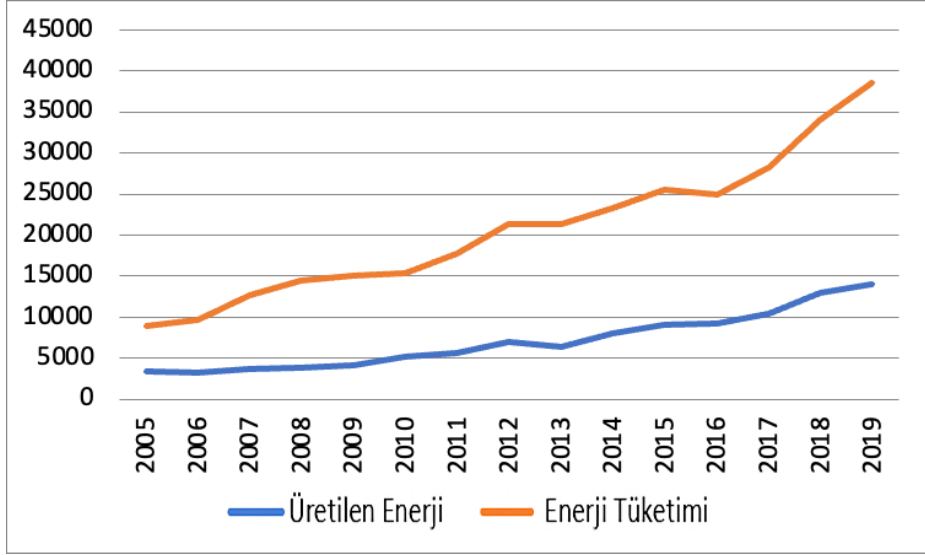
Yıl	Enerji Arzı	Enerji talebi	Açık
2005	3455	5442	-1987
2006	3288	6355	-3067
2007	3668	8966	-5298
2008	3801	10702	-6901
2009	4185	10886	-6701
2010	5251	10149	-4898
2011	5583	12251	-6668
2012	6978	14392	-7414
2013	6414	14945	-8531
2014	8062	15220	-7158
2015	9134	16385	-7251
2016	9239	15703	-6464
2017	10502	17750	-7248
2018	13002	21115	-10288
2019	14064	24530	-10466

Kaynak: Elektrik Bakanlığı, 2006; 2020

Bu dönemde Irak'ta üretilen ve tüketilen elektrik enerjisi miktarı genel olarak artış göstermiş olsa da, elektrik santrallerindeki verimlilik kayıpları ve iletim-dağıtım aşamalarındaki yüksek oranlı kayıplar neticesinde, arz ile talep arasında sürekli bir açık oluşmuştur. Söz konusu kayıplar, nüfus artışı ve yaygın sübvansiyon politikalarının da etkisiyle, ekonomik büyümeden bağımsız bir talep artışını tetiklemiş ve bu kısır döngüyü derinleştirmiştir.

2020 yılı itibarıyla, elektrik enerjisinin %60'tan fazlasını tüketen yerli sektörün (konut ve ticari) baskısıyla, arz açığının %50'nin üzerine çıktığı gözlemlenmektedir. Bu kronik arz yetersizliği, haneler ve işletmeleri özel jeneratör kullanımına yöneltmiş ve bu durum iki önemli sonucu beraberinde getirmiştir: Birincisi, jeneratörlerde kullanılan petrol türevlerine olan bağımlılık ve talep artışı; ikincisi ise, bu kaynakların yanmasından kaynaklanan hava kirliliğinde ciddi bir artıştır.

Aşağıdaki şekilde, söz konusu dönemdeki elektrik enerjisi arzı ile talebi arasındaki açık net olarak görülebilmektedir.



Şekil 11: 2005-2019 Dönemi Irak'ta sağlanan elektrik enerjisi ile ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi arasındaki fark

Kaynak: Elektrik Bakanlığı, 2006; 2020'den yararlanarak oluşturulmuştur.

III. BÖLÜM

1.10. Dünyada Güneş Enerjisi Kullanımının Tarihsel Gelişimi

Güneş ışınlarından enerji kaynağı olarak yararlanılmasının tarihçesi oldukça eskidir. Güneş enerjisinden bir güç kaynağı olarak ilk yararlanan kişi Arşimed'dir. Arşimed, M.Ö. 215 yılında Sicilya'yı kuşatan Romalılara karşı içbükey aynalardan faydalanarak güneş ışınlarını gemilere odaklamış ve bu sayede düşman gemilerini yakmıştır (Oral, 2020). Ancak modern anlamda güneş enerjisi teknolojilerindeki gelişmeler 18. ve 19. yüzyıllarda başlamıştır. 1767 yılında İsviçreli bilim insanı Horace de Saussure, dünyanın ilk güneş kollektörünü geliştirmiştir. 1891'de Aleksandr Stoletov ilk güneş pili icat etmiş, 1894'te ise Melvin Severy güneş hücresini geliştirmiştir. 1959'da Hoffman Electronics, %10 verimlilikte çalışan ilk ticari güneş pili üretmiştir. 1967 yılında güneş pilleri, uzay aracı *Soyuz 1*'de kullanılmış; 1977'de ise ABD Başkanı Jimmy Carter, Beyaz Saray'da güneş panellerinin kullanımını başlatarak sembolik anlamda bu teknolojinin önemine ve kullanılabilirliğine dikkat çekmiştir.

Güneş enerjisi teknolojilerinin ilk uygulamaları, 17. yüzyılda Fransa'da başlamıştır. Bu dönemde bilim insanı Ehngrad, ışınları merceğin odağında toplayarak seramik malzemeleri eritebilmek amacıyla 76 cm çapında bir mercek üretmiştir. 18. yüzyılda ise deneysel çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bilim insanı Kaskini tarafından 112 cm çapında bir ayna üretilmiş ve bu ayna, demiri eritmek için gerekli olan sıcaklığın 1000 °C üzerinde bir sıcaklık sağlamıştır (Karabulut, 2003). 1784 yılında Fransız bilim insanı Antoine Lavoisier, her birinin çapı 130 cm olan iki mercekten oluşan bir güneş fırını geliştirmiş ve bu fırın ile platini 1760 °C sıcaklıkta eritmeyi başarmıştır (Al-Rubaie, 1983). 19. yüzyılda İngiltere'de güneş enerjisi cihazları üzerine yoğun araştırmalar yapılmasına rağmen, dönemin teknolojik yeteneklerinin kısıtlı olması nedeniyle bu çalışmalar uygulamaya geçilememiştir. Ancak ilerleyen yıllarda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir:

- 1861: Fransız bilim insanı Auguste Mouchet, güneş enerjisiyle çalışan ilk buhar motorunun üretimine öncülük etmiştir.
- 1872: Charles Wilson, Şili çölünde günlük 24.000 litre kapasiteyle suyu tuzdan arındırmak için kullanılan bir cihaz üretmeyi başarmıştır.

- 1875: Fransız Abel Biver, güneş enerjisiyle çalışan bir baskı makinesi üretimi gerçekleştirmiştir (Badran, 1986).

Aynı dönemde ABD’de John Ericsson, buhar motorları tasarlayarak üretmiş ve bu motorları gümüş kaplı cam pulları içeren yansıtıcı silindirik yüzeyler aracılığıyla güneş enerjisiyle çalıştırmıştır. Ericsson bu motorlar sayesinde 2 KW kapasiteli bir su pompasını da çalıştırmayı başarmıştır. 1898 yılı, bilim insanı Henry Bessemer tarafından Almanya’da 305 cm çapında bir güneş fırınının inşa edilmesine sahne olmuş; bu fırın metalleri eritmek amacıyla kullanılmıştır (Al-Qubaisi, 1978).

20. yüzyıl güneş enerjisi teknolojilerinin gelişiminde kritik bir dönem olmuştur. Yüzyılın başlarında, 1904 yılında ABD’nin St. Louis kentinde, sıvı amonyak kullanan bir ısı transfer sistemiyle çalışan 5 KW kapasiteli bir güneş enerjisi tesisi inşa edilmiştir. Aynı dönemde, Rus bilim insanı V. A. Zayersky güneş enerjisiyle çalışan bir elektrik cihazı geliştirmiştir. Ancak, I. ve II. dünya savaşları arasındaki dönemde, küresel siyasi istikrarsızlıklar nedeniyle güneş enerjisi araştırmalarında bir durgunluk yaşanmıştır.

Savaşların sona ermesinin ardından, 1940’ların sonlarından 1950’lerin başlarına uzanan süreçte, alana olan ilginin yeniden canlandığı ve kurumsallaşmanın arttığı gözlemlenmiştir. 1949’da Washington’da düzenlenen Bilimsel Gelişme Konferansı’nda güneş enerjisi kullanımının önündeki ekonomik zorluklar tartışılmıştır (Al-Rubaie, 1983). 1954 yılında ise Güneş Enerjisi Derneği (The Solar Energy Society) kurulmuş, bu dernek alanında önemli konferanslar düzenlemiş ve *Güneş Enerjisi (Solar Energy)* dergisini yayımlayarak bilgi yayılımında merkezi bir rol oynamıştır. Dernek, faaliyetlerini Sovyetler Birliği, İngiltere, Şili, Hindistan, Avustralya ve Yeni Zelanda gibi ülkelerde açtığı şubeler aracılığıyla genişletmiştir.

Teknolojik kilometre taşları ise şu şekilde devam etmiştir:

- 1958: Güneş pilleri, ABD’nin Vanguard I uydusunda iletişim ekipmanlarına güç sağlamak üzere uzayda ilk kez başarıyla kullanılmıştır.
- 1960: Japonya, su ısıtma amacıyla 25.000’den fazla güneş enerjili cihaz kullanmaya başlamıştır.
- 1961: İtalya, su ısıtma sistemleriyle donatılmış çok sayıda güneş enerjili konut inşa etmiştir.
- 1962: Kanada’nın Medicine Hat şehrinde güneş enerjisiyle çalışan bir soğutma sistemi geliştirilmiştir.

1962-1973 döneminde, bol ve ucuz petrol arzı, enerji güvenliğine sorun teşkil eden bir kaynak olarak görülmemesi güneş enerjisi teknolojilerinin geliştirilmesine yönelik araştırma faaliyetlerinin ve finansal yatırımların marjinalleşmesine yol açmıştır. Buna diğer yenilenebilir enerji teknolojileri

de dahildir. 1973 petrol krizi ise enerji politikalarında köklü bir dönüşümü tetikleyerek hem yenilenebilir enerji teknolojilerine hem de nükleer enerjiye yönelik ilgiyi artırmıştır.

1986-1999 döneminde, fotovoltaiik hücre verimliliğinde yaklaşık %15'lik bir artış kaydedilmiş ve güneş enerjisinin küresel elektrik arzına katkısı %11 oranında artmıştır. Bu gelişmelere önemli bir örnek olarak, İsveç'te 250 KW kapasiteli bir çift termal fotovoltaiik sistemin devreye alınması gösterilebilir. 21. yüzyılın başlarında ise konsantre güneş enerjisi teknolojilerinde büyük ölçekli projeler öne çıkmıştır. 2002 yılında Belçika'da, her biri 5,5 metre genişliğinde 48 sıra aynadan oluşan doğrusal odaklı (linear fresnel) bir sistem kurulmuştur (Al-Badri, 2004).

ABD'de kurulu güneş enerjisi kapasitesi, 2004'te 751 MW iken, 2024'te 177 GW civarına ulaşmıştır. Bu yirmi yıllık sürede 237 kat civarında bir artış demektir (IRENA, 2025). Bu güneş enerjisi yatırımlarının içinde büyük çaplı (arazi) ve daha minimal (çatı vb.) PV uygulamaları, yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) uygulamaları (ayna konfigürasyonuna dayalıdır) bulunmaktadır. Tüm bu yatırımlar enerji, istihdam ve teknoloji bağlamında ABD'ye çok önemli katkılar sağlamıştır.

Gelişmekte olan ülkelerde özellikle altyapı yaşlanması yaşayan ülkelerde güneş hücreleri önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin, Endonezya'da 1991 yılında 10.000'den fazla güneş hücresi kurulmuştur. Bunun amacı sürekli elektrik kesintileri yaşayan bölgelere elektrik sağlamaktır (Tümertekin&Özgüç, 2007).

Arap ülkeleri ise bol güneş ışığına rağmen, bu alandaki teknolojik yavaşlık ile petrol ve doğal gazın ucuz olmasından dolayı potansiyelin tam kullanımına ilişkin yetersizliklere sahiptirler. Bu durum, sektörü pratikte su ısıtma ve istisnai olarak elektrik üretimi gibi dar bir alana hapsedmiştir.

Arap dünyasında güneş enerjisinden yararlanmaya yönelik ilk girişimler 1913 yılında Mısır'da Şuman Beuys tarafından 75 KW kapasiteli en büyük güneş enerjili buhar istasyonunun inşa edilmesiyle gerçekleşmiştir. 1927 yılında Cezayir'in Bouzaraa bölgesinde büyüklük bakımından üçüncü büyük güneş fırını inşa edilmiş ve fırın, fotokimya araştırmalarında kullanılmıştır. 1968 yılında Filistin'de içbükey dairesel şekilli plastik reflektörler kullanılarak 3,5 KW kapasiteli bir termal güneş enerjisi istasyonu inşa edilmiştir (Khalifa, 1984).

1973 yılında Moritanya'da, su pompalamak amacıyla kullanılan 3 KW kapasiteli ilk güneş enerjisi kompleksi inşa edilmiştir. Daha sonraki yıllarda Moritanya'nın Intaakat bölgesinde su pompasının çalıştırılmasında güneş pilleri kullanılmıştır. Ürdün'de güneş enerjisi ısıtıcıları üreten ilk atölye 1976 yılında

kurulmuş, bu sayı 1980'li yıllarda 20'ye ulaşmıştır. Aynı dönemde güneş pilleri, iletişim birimlerinde de kullanılmaya başlanmıştır (OAPEC, 1982).

1977 yılında Birleşik Arap Emirlikleri'nde (BAE), Al-Ain ve Dubai bölgelerinde yer altı suyunu çıkarmak amacıyla bir Fransız şirketi tarafından birkaç güneş enerjili pompa ünitesi kurulmuştur. Bu girişim, Emirliklerde güneş enerjisinin kullanıldığı ilk uygulama olmuştur (OAPEC, 1985).

Benzer şekilde, 1978 yılında Tunus'un Al-Hindi Al-Zaytoun bölgesinde ilk kez bir su pompası kurulmuş ve kullanılmaya başlanmıştır. Bu adımı, 1980'li yıllarda 34 KW kapasiteli güneş pilleriyle çalışan bir enerji santralinin inşası izlemiştir. 1980 yılında Katar'da, deniz suyunun tuzdan arındırılması amacıyla 11 KW üretim kapasiteli fotovoltaiik hücreler kullanılmıştır.

Suudi Arabistan'da ise 1982 yılında Jubaila köyünde, 350 KW kapasiteli güneş pilleriyle çalışan bir sistem kurulmuştur. Yaklaşık 25 milyon dolar maliyetle inşa edilen bu sistem, 30.000'den fazla kişiye elektrik sağlamıştır. Aynı yıl Fas'ta da, toplam maliyeti 10 milyon Fas dirhemi olan 10 farklı güneş enerjisi projesi hayata geçirilmiştir (OAPEC, 1982).

Birleşik Arap Emirlikleri'nde güneş enerjisi ilk kez 1984 yılında Umm Al Nar Adası'nda, 15.000 ton/gün kapasiteyle deniz suyunun tuzdan arındırılmasında kullanılmıştır. Aynı yıl, Al-Wajn bölgesinde yer altı suyunun tuzdan arındırılması amacıyla 500 ton/gün kapasiteli bir sistem kurulmuş ve bu proje, Alman Deutsche firması tarafından 12,9 milyon dolar maliyetle gerçekleştirilmiştir (OAPEC, 1985).

1985–1990 döneminde Ürdün'ün çeşitli bölgelerinde, toplam 480 ton/gün kapasiteye sahip yaklaşık 21 adet güneş enerjisiyle çalışan su pompası kurulmuştur. 1991 yılına gelindiğinde ise toplam 79 ton/gün kapasiteli yaklaşık 99 pompa istasyonu faaliyete geçirilmiştir (Amr, 1995).

Sudan'da, yakıt sıkıntısı yaşayan Kordofan bölgesinde 1994 yılında Birleşmiş Milletler iş birliğiyle güneş fırınlarının kullanımı başlatılmıştır (Hood, 1995). 2007 yılında ise Fas'ın Beni Matar bölgesinde 472 MW kapasiteli bir güneş enerjisi santralinin inşasına başlanmış; aynı dönemde Dubai Emirliği'nde bulunan Deniz Feneri binasında 4.000'den fazla güneş paneli kullanılmıştır (Al-Attar, 2010).

Dünyanın topoğrafik özellikleri nedeniyle güneş ışınlarından tam anlamıyla yararlanmak her bölgede mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, güneş enerjisinde temel hedef, mevcut ışımdan en yüksek düzeyde verim elde edebilmektir (Oral, 2020).

1.11. Güneş Enerjisi Alanında Küresel Yatırım Yönelimleri

Gelişmiş ülkelerin, güneş pillerinin üretim ve uygulama alanlarını genişletmek amacıyla araştırma, geliştirme ve uygulama düzeyinde yoğun yatırımlar yapmasıyla birlikte, bu alandaki küresel yatırımlar da önemli ölçüde artmıştır. Bu yatırımların temel amacı, güneş pillerinin maliyetini düşürmek, verimliliklerini artırmak ve üretim süreçlerini kolaylaştırmaktır (Doğanay&Altaş, 2013). Sanayileşmiş ülkeler, araştırma ve geliştirme merkezleri aracılığıyla 1 watt'lık üretim maliyetini 1 dolara kadar indirme yönünde çalışmalar yürütmektedir.

1975 yılında ilk güneş panellerinin watt başına maliyeti yaklaşık 115,3 dolardı. 2010 yılına gelindiğinde bu fiyat watt başına 2,15 dolara, 2021 yılına gelindiğinde ise sadece 0,27 dolar seviyelerine inmiştir. En önemli yeşil teknolojilerden birinin maliyetinde son 10 yılda neredeyse %90 oranında önemli bir düşüş gerçekleşmiştir (Avenston, 2023).

Güneş enerjisinin tükenmeyen bir yenilenebilir kaynak olması ve özellikle güneş kuşağı bölgelerinde yüksek erişilebilirliğe sahip bulunması, bu kaynağı küresel enerji sorununa yönelik önemli bir alternatif çözüm haline getirmektedir (Doğanay&Coşkun, 2017).

Güneş pili üretiminde uzmanlaşan çok sayıda uluslararası şirket bulunmaktadır. Bunlar arasında Almanya merkezli Solar, Fransa'dan Volt Watt, İtalya'dan Atyar Solar, Kanada'dan Aster Power, Brezilya'dan Heli Dynaica gibi şirketlerin yanı sıra; Çin, ABD ve Japonya merkezli firmalar ile çeşitli çok uluslu şirketler de bu alanda faaliyet göstermektedir.

1.12. Güneş Enerjisinin Dünyadaki Güncel Durumu

Sürekli artan enerji talebinin mevcut kaynaklarla karşılanamaması, alternatif enerji kaynaklarının bulunması ve geliştirilmesi yönündeki çalışmaları hızlandırmıştır. Zira klasik yöntemlerle, özellikle de fosil yakıtlara dayalı olarak gerçekleştirilen enerji üretimi ve tüketimi, doğada geri dönüşmesi imkânsız zararlara yol açmaktadır.

İklim değişikliği ve enerji üretim süreçlerinin yol açtığı sorunlar, antropojenik kaynaklı küresel bir problem olarak sürdürülebilirliği ön plana çıkarmaktadır. Bu bağlamda, uluslararası hukuk çerçevesinde çeşitli düzenlemelerin tesis edilmesi, enerji teknolojileri ve kaynak tercihlerinde sürdürülebilirlik kriterlerinin öncelenmesi ve enerji verimliliği politikalarının küresel ölçekte yaygınlaştırılması giderek daha kritik bir önem arz etmektedir. Ancak ortaya konulacak politikaların dengeli ve tutarlı olması gerekmektedir.

2011 yılı güneş enerjisi pazarında büyümenin yaşandığı, yaklaşık 30 GW'lık operasyonel kapasitenin eklendiği, küresel toplam kapasitenin %74 oranında artarak yaklaşık 70 GW'ye ulaştığı bir yıl olmuştur. Avrupa Birliği,

İtalya ve Almanya liderliğindeki küresel enerji pazarını ele geçirirken ve diğer birçok pazarda genişlemeye devam ederken, Çin hızla Asya'da büyük bir güneş enerjisi üreticisi haline gelmiştir (Al-Aqabi& Al-Musavi, 2019).

2012 yılında dünyadaki toplam kümülatif kurulu fotovoltaik kapasiteler 100 GW'nin üzerine çıkmıştır. Bu, 2011 yılındaki toplam kurulu güçlerin %43,3'ünü temsil etmektedir. Almanya, 2012 yılında toplam kurulu fotovoltaik kapasitesinin 2011 yılına göre %30 artışla 32,6 GW'ın üzerine çıkmasıyla ilk sırada yer almıştır. Onu, toplam kurulu fotovoltaik kapasitesinin 2011'deki yaklaşık 12,8 GW'ye kıyasla %27'lik bir artışla 2012'de 16,2 GW'ye ulaştığı İtalya takip etmektedir (REN21, 2013).

2013 yılında toplam fotovoltaik kapasite 138 GW'ye, 2014 yılında ise dünyadaki toplam kurulu enerji kapasitesi 177 GW'ye ulaşmıştır. Toplam kurulu kapasite 2013 ile 2014 arasında yaklaşık %23 artmış ve 2015 yılında yaklaşık değerler itibarıyla Çin'de 11 GW, Japonya'da 10 GW ve ABD'de 6 GW ilave kapasite artışı görülmüştür (REN21, 2015). Asya, 2013'ten bu yana yeni güneş PV kurulumlarında lider konumdadır ve 2020'deki tüm yeni kurulumların %60'ına katkıda bulunmaktadır. Çin, bu gelişmeler için Asya'daki yeni fotovoltaik tesislerin üçte ikisini üstlenmiştir (Allam, 2019). Bu arada Vietnam dikkat çeken bir büyümeyle Asya'nın en büyük ikinci pazarı haline gelmiştir. Asya dışındaki pazarlar da güneş enerjisi kurulu gücü ve teknolojileri konusunda gelişmeye ve genişlemeye devam etmiştir.

2020 yılı itibarıyla enerji piyasaları fotovoltaik enerjiye yönelmiştir. Dünya genelinde 707 GW'tan fazla güneş PV sistemi kurulmuş olup, bu durum 2010 yılından itibaren teknolojiye 16 kattan fazla büyüme anlamına gelmektedir. 2020 yılında yaklaşık 127 GW yeni kurulum gerçekleştirilmiş ve bu kapasite artışı, aynı yıl içerisinde tüm yenilenebilir enerji teknolojileri arasında en yüksek büyüme oranına sahip tür olmuştur (El-Sayed, 2023). 2020 yılında güneş enerjisi olan talep, çok sayıda ülkede elektrik enerjisi üretiminde en rekabetçi seçenek haline geldiğinden artmıştır. Dünyadaki toplam kurulu fotovoltaik enerji 2024 itibarıyla 2,247 GW'ye ulaşmıştır (REN21, 2020; REN21, 2024).

Tablo 21: Dünyadaki Fotovoltaik Güneş Enerjisinin Toplam Kümülatif Kapasitesi (2010-2024) (GW)

Yıl	PV'lerin Kümülatif Kapasitesi
2010	39
2011	70
2012	100
2013	138

2014	178
2015	231
2016	308
2017	411
2018	515
2019	628
2020	774
2021	947
2022	1,186
2023	1,645
2024	2,247

Kaynak: REN21, 2020; REN21, 2024

1.13. Güneş Fotovoltaik Enerjisi Alanında Lider Ülkeler

1.13.1. Çin'de Güneş Enerjisi

Çin'de yenilenebilir enerjilerin düzenlenmesine yönelik kapsamlı bir çerçeve olan Yenilenebilir Enerji Yasasını 2009 yılında kabul ederek iddialı politika ve düzenlemelerle yenilenebilir enerjileri desteklemektedir (Jenny, 2015). Uzmanlar, Çin Parlamentosu tarafından onaylanan bu yasaı “temiz enerji alanında yerli ve yabancı yatırımları çeken bir yasa” olarak nitelendirmiştir. Çin, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına geçişi hızlandırmanın ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan büyük faydalar sağlayacağını erken fark etmiştir. Çin hükümeti, bu geçişin geleneksel enerji kaynaklarının azalması nedeniyle değil, kullanımıyla ilgili maliyet ve risklerdeki göreceli artışın devam etmesi nedeniyle gerekli ve kaçınılmaz olduğundan emin oldukları için tercih etmiştir (Al-Kayyat, 2008).

Çin ayrıca, kurulum sürecini engelleyen finansal ve düzenleyici engelleri ele alarak güneş enerjisi kurulumunu hızlandırmak için proaktif bir süreç yürütmüştür. Bu çaba ve planlar sonucunda, güneş enerjisi kurulu gücü 2008 yılında 253 MW'den, 2012'de yaklaşık 7 GW'ye ulaşmıştır (IRENA, 2015; IRENA, 2025). Çin, fotovoltaik hücrelerin ve güneş panellerinin en büyük üreticisi konumundadır.

Çin'de büyük ölçekli fotovoltaik (large scale PV / LS-PV) santraller için uygun arazi alanı oldukça sınırlıdır. Çin'de LS-PV santralleri için uygun araziler toplam kara alanının yalnızca %25,19'unu oluşturmaktadır. Çin'deki güneş

radasyonu mekânsal olarak oldukça heterojendir; batı ve kuzey bölgelerde daha güçlüdür. Tibet, Qinghai, Sincan (Xinjiang) ve Gansu eyaletleri bol miktarda güneş enerjisi kaynağına sahiptir (Zhang et al, 2020). Xinjiang, Inner Mongolia, Yunnan, Qinghai, Shandong, Hebei, Gansu, Shanxi, Ningxia, Hubei, Shaanxi, Guizhou, Guangdong, Jiangxi, Jiangsu, Guangxi, Anhui, Zhejiang, Sichuan, Henan, Hunan, Heilongjiang, Tibet, Liaoning, Jilin eyaletleri güneş enerjisi kurulu gücünün yoğunlaştığı bölgelerdir (Statista, 2025). Bu doğrultuda Çin, güneş enerjine yönelik gerçekleştirdiği yatırımlarla 2015 yılında 43,5 GW güneş enerjisi kurulu gücü ile birinci sıraya yükselmiş ve geçen on yıllık sürede kurulu güçte hemen ardından gelen ülkelerle (ABD, Almanya, Hindistan, Japonya gibi) devamlı olarak farkı açmıştır. Öyle ki 2020 yılında yaklaşık 254 GW olan Çin'in güneş enerjisi kurulu gücü 2024 yılında 887 GW'ye ulaşmıştır.

Tablo 22: 2013-2024 dönemi için Çin'de PV kurulu gücü (GW)

Yıl	Kurulu Güç	Yıl	Kurulu Güç
2013	17.748	2019	204.575
2014	28.388	2020	253.418
2015	43.538	2021	306.403
2016	77.788	2022	392.436
2017	130.801	2023	609.920
2018	175.016	2024	887.099

Kaynak: IRENA, 2023; IRENA, 2025

1.13.2. ABD'de Güneş Enerjisi

ABD, fosil yakıtlar, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarını içeren oldukça çeşitlendirilmiş bir elektrik üretim portföyüne sahiptir. Ancak enerji karması hâlen büyük ölçüde fosil yakıtlar tarafından domine edilmektedir ve yenilenebilir enerji toplam enerji üretiminin yaklaşık %11'ini oluşturmaktadır (EIA, 2023). Son yıllarda güneş enerjisi üretim ve dağıtımındaki hızlı artış göz önüne alındığında, projeksiyonlar 2050 yılına kadar yenilenebilir enerji üretiminin önemli bir kısmının güneş enerjisinden sağlanacağını ve bu oranın yenilenebilir enerji üretiminin yaklaşık %48'ine ulaşabileceğini göstermektedir (SEIA & Wood Mackenzie, 2023).

Güneş enerjisi, ABD'de ölçeklenebilirliği ve sürdürülebilirliği sayesinde önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak büyük bir potansiyel ortaya koymuştur. 2022 yılı itibarıyla 111.535 GW kurulu kapasiteye ulaşan ABD, bu kapasiteyle dünyanın en büyük ikinci güneş enerjisi üreticisi konumundadır (IRENA, 2022).

2000’li yılların başından itibaren güneş enerjisi endüstrisinin, uzmanlaşmış bir üretim alanından baskın bir enerji kaynağına dönüşmesiyle birlikte, ABD’de güneş enerjisi sektörü için uzun süredir devam eden bir “altın dönem” yaşanmaktadır. Ülkedeki güneş enerjisine yönelik kurulum sayısı hızla artmış; 1 milyonuncu kurulumun ardından, bu sayı üç yıldan kısa bir sürede 2019’da 2 milyona, 2021 yılında ise 3 milyon kurulum düzeyine ulaşmıştır (Al-Masoudi, 2022).

2012 yılında hayata geçirilen Kaliforniya’daki Katalina Güneş Enerjisi Projesi, ABD’de 100 MW elektrik üretim kapasitesini aşan (toplamda 110 MW) ilk bağımsız güneş enerjisi santrali olmuş ve Kaliforniya’daki güneş enerjisi yatırımlarının önünü açmıştır.

2000’li yıllarda güneş enerjisinin hızla gelişmesinin ve ticarileşmesinin en önemli nedenlerinden biri, fotovoltaiik enerji maliyetlerindeki keskin düşüştür. Bu süreçte ABD güneş enerjisi sektörü 2019 yılında %43 oranında büyümüş ve 2020 yılında 19,2 GW DC kapasiteyle rekor düzeye ulaşmıştır.

2021 yılı itibarıyla, ABD’de kurulu güneş enerjisi kapasitesi en yüksek eyalet, 31.872,79 MW ile Kaliforniya’dır. Kaliforniya’yı, sırasıyla 9.311,01 MW ile Teksas ve 7.132,32 MW ile Kuzey Carolina takip etmektedir (Abdel-Gawad, 2022). Bununla birlikte, eyaletlerin toplam elektrik üretimi içinde güneş enerjisinin payı (% olarak) sıralaması bu kapasite verilerinden farklılık göstermektedir. Bu göstergeye göre önde gelen eyaletler; %22,69 ile Kaliforniya, %18,4 ile Massachusetts ve %15,83 ile Hawaii’dir. Kurulu güç kapasitesi sıralamasında sekizinci ve on altıncı olan Massachusetts ve Hawaii’nin bu listede üst sıralarda yer alması, bir eyaletin fiziksel büyüklüğü ve toplam enerji talebi gibi faktörlerin, güneş enerjisinin enerji karışımındaki nispi önemi üzerinde belirleyici bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, mutlak kapasite açısından en yüksek üretime sahip olmayan bazı eyaletlerin, kendi iç enerji portföylerinde güneş enerjisinin payını kayda değer bir seviyeye çıkarabildiği görülmektedir.

Öte yandan, 2020 yılındaki yıllık yeni fotovoltaiik (PV) kapasite ilaveleri incelendiğinde ise, en fazla kurulumu gerçekleştiren eyaletlerin başında 3.904 MW ile Kaliforniya, 3.425 MW ile Teksas ve 2.822 MW ile Florida’nın geldiği görülmektedir. Sonraki yıllarda da kurulu güç kapasitesi belirgin bir artış göstermiştir. IRENA 2024 verilerine göre ise ABD güneş enerjisi kurulu gücü 180 GW’ye yaklaşmıştır.

Tablo 23: ABD’de 2013-2024 dönemi için PV kurulu gücü (GW)

Yıl	Kurulu Güç	Yıl	Kurulu Güç
2013	11.039	2019	59.829
2014	16.445	2020	74.693
2015	22.479	2021	93.911
2016	33.676	2022	111.535
2017	43.012	2023	139.926
2018	50.229	2024	177.594

Kaynak: IRENA, 2023; IRENA, 2025.

1.13.3. Japonya’da Güneş Enerjisi

Enerji güvenliğine ilişkin kaygılar, Japonya’daki enerji politikalarının gelişiminde itici ve belirleyici bir güç olmuştur. 1973 Petrol Krizi’nin ardından, Japonya’nın enerji sepetinde petrolün ağırlığı hızla azalmış ve hükûmet, enerji güvenliği sorununa olası bir çözüm olarak nükleer enerjiye giderek daha fazla yönelmiştir. Bu doğrultuda nükleer enerjinin birincil enerji arzındaki payı 1970 yılında %0,3 iken, 1985 yılında %9,3’e, 2000 yılında ise %14,1’e yükselmiştir.

Buna paralel olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine yönelik çabalar da sürdürülmüştür. 2000 yılı itibarıyla yenilenebilir enerjinin toplam enerji içindeki payı yaklaşık %0,7 düzeyine ulaşmış, bu gelişme yenilenebilir enerji alanında araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin temelini güçlendirme fırsatı yaratmıştır. Japon hükûmeti, özellikle 2000’li yılların başından itibaren fotovoltaiik enerji teknolojilerine yönelik yoğun araştırma ve geliştirme yatırımları gerçekleştirmiştir (Li, Xu, Shiroyama, 2019).

Araştırma ve geliştirme sayesinde Japon fotovoltaiik modülleri, teknolojik ve fiyat avantajları elde ederek fotovoltaiik enerji üretim pazarının çoğuna hâkim olmalarını sağlamıştır. Japonya’daki fotovoltaiik endüstrisi, Japonya’nın fotovoltaiik alanında lider ülkeler arasında yer almasına yol açan güçlü bir büyüme dönemine tanık olmuştur. 2006 yılında Japonya, fotovoltaiik hücre ve modül pazarına hâkim durumda olup dünyadaki fotovoltaiik üretim kapasitesinin %40’ından fazlasına katkıda bulunmuştur. 2007 yılında Japonya ve Almanya, fotovoltaiik ürünler pazarının %50’sinden fazlasını elde etmiştir (İbrahimi, 2010). Japonya, 2013 ve 2014 yıllarında ise fotovoltaiik enerji üretim pazarında dünyada ikinci sırada yer almıştır.

Japon kurum ve kuruluşlarına göre (METI ve ISEP) 1990 yılında güneş enerjisi kurulu gücü 0,03 GW iken, kurulu kapasite 2005 yılında 1,5 GW’ye yükselmiştir. 2010 yılında toplam kurulu güç 4,9 GW’ye çıkmıştır. 2016

yılında ise Japon güneş enerjisi kurulu gücü 39 GW'ye ulaşmıştır (Matsubara, 2018). 2017 yılında ise kümülatif kapasite yaklaşık 7 GW ilaveyle 49 GW görülmüştür. Bu da onu küresel toplamın %12,2'si ile Çin ve ABD'nin ardından dünya üçüncüsü haline getirmiştir (Hisour, 2015). IRENA 2024 verilerine göre Japonya'nın güneş enerjisi kurulu gücü 2024'te 90 GW'ye yaklaşmıştır.

Tablo 24: 2013-2024 dönemi için Japonya'da PV kurulu gücü (GW)

Yıl	Kurulu Güç	Yıl	Kurulu Güç
2013	13.599	2019	63.192
2014	23.339	2020	68.665
2015	34.150	2021	74.191
2016	42.040	2022	78.833
2017	49.500	2023	87.068
2018	56.162	2024	89.601

Kaynak: IRENA, 2021; IRENA, 2023; IRENA, 2025

1.13.4. Hindistan'da Güneş Enerjisi

Hindistan, 1980 yılında dünyada Yenilenebilir Enerji Kaynakları Bakanlığı'nı kuran ilk ülke olarak, yenilenebilir enerji alanındaki öncü rolünü erken bir tarihte teyit etmiştir. Bu kurumsal yapılanma, özellikle güneş enerjisi sektöründe kaydedilen somut ilerlemelerle birleşince, Hindistan'ın bu alanda küresel bir lider olarak öne çıkmasının temelini atmıştır. Söz konusu Bakanlık, ülke genelinde güneş enerjisi yatırımlarını teşvik etmek amacıyla bölgesel eşitsizlikleri gidermeye yönelik bir mali destek politikası izlemiş; güneş enerjisi santrali kurulumları için Hindistan'ın kuzeydoğu eyaletlerinde %70, diğer bölgelerde ise %30 oranında fotovoltaiik (PV) destek sağlamıştır (Sasikumar & Jayasubramaniam, 2013).

Hindistan'da güneş enerjisi endüstrisi, enerji güvenliğini güçlendirme ve enerji arzını iyileştirme yönündeki kararlı hükümet politikalarının desteğiyle dikkat çekici bir büyüme kaydetmiştir. Aynı zamanda, şebeke altyapısına erişimi kısıtlı bölgelerdeki yerel enerji ihtiyaçlarını karşılamak üzere, şebekeden bağımsız (off-grid) güneş enerjisi çözümlerinin geliştirilmesine de devam edilmektedir (Kumari& Kumar Singh, 2017). Tüm bu gelişmeler ışığında, güneş enerjisinin Hindistan'ın ulusal enerji planlarında önümüzdeki yıllarda ana unsurlardan biri olmaya devam edeceği öngörülebilir.

Hindistan, coğrafi konumu itibarıyla güneş enerjisi alanında muazzam bir potansiyele sahiptir. Ülke arazisine ulaşan yıllık toplam güneş radyasyonu yaklaşık 5.000 trilyon kWh seviyesindedir ve ülkenin büyük bölümü günlük

m² başına 4-7 kWh enerji almaktadır. Özellikle Rajasthan, Gujarat, Madhya Pradesh, Maharashtra, Haryana, Pencap, Batı Bengal, Orissa ve Jharkhand eyaletleri, coğrafi konumlarının elverişliliği nedeniyle yüksek miktarda güneş radyasyonu almakta ve bu da onları güneş enerjisi yatırımları için önemli bölgeler haline getirmektedir (Hindistan Yeni ve Yenilenebilir Enerji Bakanlığı, 2022).

IRENA verilerine göre, Hindistan'ın güneş enerjisi kurulu gücü 2011 yılında 5,6 GW iken, 2012'de 9,7 GW'ye yükselmiştir. Kapasitedeki en belirgin sıçramalardan biri 2016 yılında, büyük ölçüde Çin menşeli fotovoltaiik (PV) hücre fiyatlarındaki düşüşün tetiklediği 9.651 MW'lık bir artışla gerçekleşmiştir. Bu büyüme eğilimi istikrarlı bir şekilde devam etmiş; kurulu güç 2020'de 39 GW'ye 2024'te ise 97.576 GW'ye ulaşmıştır. Bu performans, Hindistan'ı güneş enerjisi kapasitesi bakımından Çin, ABD ve Japonya'nın ardından dünyada dördüncü sıraya taşımıştır.

Tablo 25: 2013-2024 dönemi için Hindistan'da PV kurulu gücü (GW)

Yıl	Kurulu Güç	Yıl	Kurulu Güç
2013	1.446	2019	34.681
2014	3.444	2020	39.043
2015	5.365	2021	49.342
2016	9.651	2022	62.804
2017	17.923	2023	73.051
2018	27.125	2024	97.576

Kaynak: IRENA, 2021; IRENA, 2023, IRENA, 2025

1.13.5. Almanya'da Güneş Enerjisi

Almanya, yıl boyunca yağışlı bir iklime ve gündüz saatlerinin yaklaşık üçte ikisinde bulutlu bir gökyüzüne sahip olmasına rağmen, güneş enerjisinden elektrik üretiminde dünyanın önde gelen ülkeleri arasında yer almayı başarmıştır. Bu başarının temelinde, umut vaat eden güneş enerjisi teknolojilerine odaklanan bir endüstriyel sektörün gelişimi ve 2000 yılında yürürlüğe giren Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu (EEG) yatmaktadır. Söz konusu kanun, yalnızca yenilenebilir enerji kaynaklarına özgü düzenlemeler getirerek; iklim değişikliğiyle mücadele etmeyi, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmayı ve yenilenebilir enerji alanındaki bilimsel araştırmaları teşvik etmeyi amaçlamaktadır (Al-Bili, 2020).

Bu destekleyici politika ortamı sayesinde, Almanya'daki fotovoltaiik (PV) enerji sektörü son yıllarda kayda değer bir büyüme gerçekleştirmiştir. Alman güneş teknolojileri pazarının cirosu birkaç yıl içinde yaklaşık 450 milyon

Euro'dan yaklaşık 4,9 milyar Euro'ya yükselirken, sektördeki istihdam da 2017 yılı itibarıyla 50.000'in üzerinde çalışana ulaşmıştır.

Almanya, güneş enerjisinden yararlanma alanında en gelişmiş ülkeler arasında sayılmaktadır. 2006 yılında yaklaşık 3.000 MW olan kurulu güç, 2008 yılında 6.000 MW'yi aşmış ve 2011 yılında güneş enerjisi kurulu gücünün 25 GW'ye ulaşmasıyla dünyada birinci sırada yer almıştır. Almanya 2014 yılına gelindiğinde ise 40 MW düzeyine yaklaşmıştır (IRENA, 2015;IRENA, 2021).

Almanya, 2012'de Yenilenebilir Enerji Kanunu'nu değiştirerek güneş enerjisindeki hızlı büyümeyi durdurdu. Bu değişiklikle, yeni kurulacak santrallere yönelik teşvikler (sabit alım tarifesi) 10 MW ile sınırlandı ve bu durum güneş enerjisi piyasasında küçülme oluşturdu.

Almanya'da Sinn-Fettenerg Solar Park, Vinciro di Solar Park, Libros Santrali (53 MW kapasiteli, 15.000 haneye elektrik sağlayan ve 2009'da 238 milyon dolara kurulan) ve Strasskirchen Güneş Santrali (54 MW kapasiteli bir fotovoltaik santral) gibi çok sayıda büyük ölçekli santral bulunmaktadır. Bununla birlikte, ülkede güneşten elektrik üretiminin büyük bölümü, hanelerin çatılarına kurulan ve üretilen elektriğin bir kısmını öz tüketimde kullanan küçük ölçekli sistemlerden (dağıtık üretim) kaynaklanmaktadır. Strasskirchen ve benzeri büyük santrallerin payı, toplam güneş enerjisi üretiminin yalnızca %10-15'ini oluşturmaktadır (Marzouki, Ramdani, Bouguerra, 2021).

Almanya'da güneş enerjisi kümülatif kapasitesi IRENA verilerine göre 2015 yılında 39.222 GW'ye ulaşırken, 2017'de 42.291 GW'ye yükselmiştir. 2021'de 4 GW fotovoltaik sistem kurulmuş ve Almanya'daki fotovoltaik enerjiye katkı sağlayarak toplam elektrik enerjisi üretiminin %9'unu oluşturmuştur. 2022 yılında ise Almanya'da 4,9 GW fotovoltaik sistem kurulurken, fotovoltaik enerjinin katkısı Almanya'daki toplam elektrik üretiminin yaklaşık %11'ine ulaşmıştır. Almanya'nın güneş enerjisi kurulu gücü 2024'te yaklaşık 90 GW'dir.

Tablo 26: Almanya'da 2013-2024 dönemi için PV kurulu gücü (GW)

Yıl	Kurulu Güç	Yıl	Kurulu Güç
2013	36.708	2019	48.912
2014	37.898	2020	53.669
2015	39.222	2021	59.371
2016	40.677	2022	66.552
2017	42.291	2023	74.882
2018	45.156	2024	89.943

Kaynak: IRENA, 2021; IRENA, 2023; IRENA, 2025.

1.14. Irak'ta Güneş Enerjisi Yatırımını Etkileyen Faktörler

Yenilenebilir enerji üretiminde iklim özellikleri büyük rol oynamakta olup fosil enerjiden yenilenebilir enerjiye geçişte güvenilebilecek en önemli faktörlerden biri de başta güneş ışıınımı olmak üzere iklim unsurlarıdır. Irak, yenilenebilir enerji dönüşümü araçları üzerinde etki yaratabilecek iklim elemanlarının belirlenmesine ek olarak onu enerjiye yatırım yapmaya uygun hale getirecek biçimde analiz edilmelidir. Yaz aylarında yüksek güneş ışıınımı değerleri temiz enerji üretimine katkıda bulunarak yine yaz aylarında talebi artan elektrik enerjisi üzerindeki yükü azaltabilir.

Irak'ın en önemli iklim özellikleri şu şekilde ifade edilebilir:

1.14.1. Güneş Işıınımı

Güneş enerjisi, fiziksel bir ortam gerektirmeksizin iki cisim arasında, saniyede 300 bin kilometre hızla yayılan elektromanyetik dalgalar şeklinde iletilir. Güneş ışıınımı, dünyanın nihai enerji kaynağı olarak kabul edilmekte ve atmosferden yeryüzüne ulaşan toplam enerjinin %99,97'sinden fazlasını sağlamaktadır (Abdul Hussein, 2019).

Irak'taki yıllık ortalama güneş ışıınımı değerlerinin incelendiği tablo, ülke genelinde bu ortalamanın $377,8 \text{ W/m}^2$ olduğunu göstermektedir. Maksimum ışıınım değeri 520 W/m^2 ile Basra istasyonunda kaydedilirken, en düşük yıllık ortalama değeri 409 W/m^2 ile Musul bölgesinde gözlemlenmiştir. Musul'daki bu nispeten düşük değeri, santralin dağlık ve yüksek bir topoğrafyada konumlanmasından kaynaklanmaktadır.

Kış mevsimi, ortalama mevsimsel ışıınımın $226,4 \text{ W/m}^2$ 'ye kadar düştüğü, güneş enerjisi potansiyelinin en düşük olduğu dönemdir. Bu azalışın temel nedenleri; güneş ışıınlarının geliş açısının daralması, kış aylarında yaygınlaşan bulut örtüsü ve tekrarlayan atmosferik çöküntülerdir. Yıllık en düşük değeri $218,5 \text{ W/m}^2$ ile yine Musul santralinde kayıt altına alınmış olup, en düşük aylık ortalamalar Aralık ve Ocak aylarında görülmektedir. Bu aylardaki genel ortalama sırasıyla $241,5 \text{ W/m}^2$ ve $260,6 \text{ W/m}^2$ 'dir. Musul santrali, ocak ayında 179 W/m^2 ile en düşük aylık değere ulaşırken, Bağdat santralinin aynı aydaki en yüksek değeri 333 W/m^2 olarak ölçülmüştür.

Yaz aylarında ise güneş ışıınım miktarı belirgin şekilde artarak mevsimlik ortalama $518,3 \text{ W/m}^2$ 'ye ulaşmaktadır. Al-Hay, Rutbah ve Sumava santralleri, sırasıyla 743 , 742 ve 735 W/m^2 değerleriyle en yüksek ışıınım oranlarını kaydetmişlerdir. Bu artışın ardındaki başlıca meteorolojik ve astronomik faktörler; Güneş'in Yengeç Dönencesi'ne dik konuma gelmesiyle ışıınım açılarının optimize olması ve gün uzunluğunun maksimum seviyeye ulaşmasıdır. 21 Haziran yaz gündönümünü takip eden ve gökyüzünün genellikle bulutsuz

olduğu temmuz ayı, 544,2 W/m²'lik ortalama ile en yüksek aylık güneş ışıını değeri sahne olmuştur.

Tablo 27: Irak'ta toplam güneş ışıının aylık ve yıllık oranları (W/m²)

İstasyon	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık oran
Musul	189	379	373	460	560	640	614	558	477	344	235	179	409
Kerkük	214	379	373	472	576	673	654	611	581	375	255	192	437
Bağdat	214	308	451	519	569	628	614	584	512	404	396	237	444
El-hay	256	352	489	555	657	727	743	683	578	460	346	290	511
El-rutba	278	344	453	559	645	724	742	651	557	363	311	248	489
Sumava	309	354	484	549	632	703	735	692	576	455	371	288	512
Nasiriya	292	386	464	544	596	605	614	590	535	434	238	181	456
Basra	333	379	497	565	670	684	726	643	593	487	356	317	520

Kaynak: Ulaştırma Bakanlığı, Meteoroloji ve Sismik İzleme Genel Kurumu, İklim Dairesi Başkanlığı, 2020

1.14.2. Güneş Işığının Geliş Açısı

Güneş ışıını ile Dünya yüzeyi arasındaki açı, güneş ışıınlarının yeryüzüne ulaşma eğimini ifade eder. Bu açı, enerji miktarını belirlemede kritik bir rol oynar. Zira güneşin yükselme açısı (zenit açısı) ile yüzeyin yansıtma katsayısı (albedo) arasında ters bir ilişki bulunmaktadır. Güneşin yükselme açısı ne kadar düşükse, yansıma katsayısı o kadar yüksek olur. Örneğin, sabah güneş doğduğunda yükselme açısının düşük olması nedeniyle yansıma katsayısı büyüktür; bu katsayı, öğle vakti güneş en yüksek noktasına ulaştığında en düşük değeri iner ve gün batımına kadar tekrar artış gösterir (Abu Sammour, 2000).

İşının geliş açısı, Dünya yüzeyine ulaşan güneş enerjisi miktarının belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Radyasyonun süresi, gün uzunluğu ile ilişkiliyken; şiddeti doğrudan geliş açısına bağlıdır. Güneş enerjisinin yoğunluğu, güneşin yükselme açısı 90 °C olduğunda (tepe noktası) en yüksek seviyededir. Bu açı daraldıkça enerji yoğunluğu azalır ve açı sıfıra yaklaştığında ise pratik olarak kaybolur. Yaz aylarında ölçülen yüksek ışıını değeri, Güneş'in Yengeç Dönencesi'ne doğru olan hareketi ve sonucunda güneş ışıınlarının geliş açısının genişlemesi ile açıklanmaktadır (Al-Tamimi, 2017).

Tabloda gösterildiği üzere, mevsimlere bağlı olarak değışen güneş ışıını geliş açıları, yüzeye ulaşan gerçek enerji miktarını doğrudan etkiler. İstasyonlara (Musul, Bağdat, Rutbah, Al-Hayy, Basra) ait veriler incelendiğinde, ilkbahar döneminde sırasıyla 62,85° - 65,86° - 66,02° - 66,8° - 68,84° olan ortalama geliş açıları, yaz aylarında artış göstererek 72,68° - 75,69° - 75,85° - 76,72° - 78,56° değeri ulaşmaktadır. Sonbahar mevsimiyle birlikte açıları daralmaya başlar (sırasıyla 45,01° - 48,02° - 48,18° - 49,12° - 50,95°) ve kış mevsiminde en düşük değeri iner (34,19° - 37,2° - 37,36° - 38,16° - 40,07°). Kış aylarındaki

bu düşüş, ışınların eğik gelmesi, atmosferde daha uzun bir mesafe katetmek zorunda kalması ve bunun sonucunda daha fazla oranda saçılma ve yansımaya uğramasından kaynaklanmaktadır.

Son olarak, güneş ışınımının geliş açısının, güneş panellerinin yerleştirilme yönü ve eğimi üzerinde doğrudan etkisi bulunmaktadır. Zira panellerden elde edilecek verim, yüzeye ulaşan ve panele dik gelen radyasyon miktarıyla doğru orantılıdır.

Tablo 28: Irak iklim santrallerinin ortalama mevsimsel güneş radyasyonu açıları

İstasyon	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Musul	62.85	72.68	45.01	34.19
Kerkük	63.76	73.59	45.92	35.1
Bağdat	65.86	75.69	48.02	37.2
El-hay	66.8	76.72	49.12	38.16
El-rutba	66.02	75.85	48.18	37.36
Sumava	67.48	77.29	49.67	38.81
Nasiriya	68.03	77.86	49.70	40.05
Basra	68.84	87.56	50.95	40.07

Kaynak: Ulaştırma Bakanlığı, Meteoroloji ve Sismik İzleme Genel Kurumu, İklim Dairesi Başkanlığı, 2018

1.14.3. Topografya

Güneş ışınımının yüzeyler tarafından soğurulma miktarı, yüzeyin eğim açısına göre belirgin biçimde değişir. Gün doğumu ve gün batımı sırasında güneş ışınlarının daha yatay gelmesi nedeniyle, dik yüzeyler yatay yüzeylere oranla çok daha fazla ışınlam alır.

Örneğin, güneş ışınlarının düz bir zeminle 20 derecelik bir açı yaptığı bir durumda, eğer yüzey 20 derecelik bir eğime sahipse, ışınların yüzeye yaptığı efektif açı 40 dereceye çıkarak enerji alım verimliliği artmaktadır (Al-Shaaban, 2005).

Topoğrafik yapı da güneş enerjisi alımını doğrudan etkiler. Güneşe dönük (bakan) yamaçlar, hem doğrudan hem de dağınık radyasyonu aynı anda alırken; güneşe ters (karşı) yamaçlar sadece dağınık radyasyon alabilmekte ve güneşlenme süreleri daha kısa olmaktadır. Dolayısıyla, bir yüzeyin eğim derecesi ve güneşe yönelik olması (bakı) arttıkça, absorbe ettiği enerji miktarı da artar. Bunun tersi geçerli olup, eğimin ve bakının azalmasıyla enerji alımı düşer. Sonuç olarak, düz araziler, uygun eğim ve bakıya sahip alanlara kıyasla daha düşük miktarda enerji absorbe eder. Arazinin homojen ve düz olması, güneş ışınımındaki mekânsal değişimi en aza indirgerken; engebeli ve dağlık

araziler, yüzey özellikleri ve bakı farklılıkları nedeniyle radyasyon dağılımında büyük değişkenlik göstermektedir (Al-Shaaban, 2005).

Güneş enerjisi projeleri için uygun arazi seçiminde bir dizi kriter göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlar arasında, güneş ışınlarını minimize düzeyde yansıtan yüzey özellikleri ve sağlam bir zemin yapısı yer almaktadır. Zeminin taşıma kapasitesi, ister küçük ölçekli isterse de büyük hacimli santraller olsun, güneş paneli temellerinin güvenli bir şekilde atılabilmesi için hayati öneme sahiptir. Ayrıca, proje sahasının, sistem altyapısına ve panellere zarar verebilecek güçlü depremler gibi doğal afet risklerine maruz kalmaması da temel bir gerekliliktir (Al-Saadi, 2020).

1.14.4. Sis

Sis, çapları 5 ila 70 mikron arasında değişen ve atmosferde asılı duran su damlacıklarından oluşan bir meteorolojik olaydır. Genellikle sıcaklığın düştüğü ve rüzgâr hızının azaldığı sabahın erken saatlerinde oluşmakta, güneşin doğuşunu takip eden bir ila iki saat içinde ise dağılmaktadır (Al-Mousawi, 2009). Görüş mesafesini düşüren bu olgu, gökyüzünün açık rengini beyazımsı bir tona dönüştürerek netliğini azaltır ve dolayısıyla Dünya yüzeyine ulaşan güneş ışınımı miktarında önemli bir azalmaya yol açar.

Sisin pek çok türü bulunmakla birlikte, Irak'ta en yaygın gözlemlenen türü radyasyon sisidir. Bu sis türü, Dünya yüzeyinin gece boyunca radyasyon yoluyla ısı kaybetmesi ve termal iletim yoluyla yüzeyin hemen üzerindeki hava tabakasının soğuması sonucu oluşur. Radyasyon sisi, artan toprak nemi ve Irak'ın soğuk hava kütlelerine maruz kalması nedeniyle özellikle kış aylarında ve ilkbahar ile sonbahar ekinokslarında görülür. Sis, toz ve gaz parçacıklarını yere yakın atmosfer tabakasında hapsederek bunların yayılımını sınırlandırır. Ayrıca, yağmur suyundaki yabancı madde ve partikül konsantrasyonunun artmasına da katkıda bulunur (Al-Hasani, 1976).

Tablodaki verilerin analizi, Irak'taki sis olgusu gün sayılarının hem zamansal hem de mekânsal olarak belirgin bir değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. En yüksek yıllık toplam sisli gün sayısı 11,60 gün ile Musul santralinde kaydedilirken, en düşük değer 3,50 gün ile Rütbe santralinde gözlemlenmiştir. Aylık dağılım incelendiğinde, sis olaylarının soğuk aylarda arttığı ve en yüksek frekansın aralık ve ocak aylarında kaydedildiği görülmektedir. Örneğin, Musul santralinde bu aylardaki ortalama sisli gün sayıları sırasıyla 4,1 ve 3,6 gün olarak gerçekleşirken; Bağdat santralinde 3,0 ve 4,0 gün, Basra santralinde ise 1,8 ve 1,9 gün olarak kayıt altına alınmıştır. Bu iki ayda sis oluşumunu tetikleyen başlıca faktörler arasında, yüksek nem oranları, sık ve uzun süreli hava çöküntüleri, gecelerin uzunluğu ve sakin rüzgâr koşullarının hâkim olması sayılabilir. Sıcak ve nemli hava kütlelerinin soğuk kutupsal hava ile karşılaşması, radyasyon sisinin oluşumuna elverişli bir ortam yaratmaktadır.

Buna karşılık, yılın sıcak aylarında (mayıstan eylüle kadar) sis olayları önemli ölçüde azalır. En düşük sis frekansı haziran ve eylül aylarında gözlemlenmiş olup, Musul santralinde bu aylarda ortalama sisli gün sayısı 0,1-0,2 gün aralığındadır. Bağdat santralinde ise aynı aylarda sistematik bir sis olayı kaydedilmemiş, Surra santralinde ise ortalama 0,1 gün olarak raporlanmıştır. Bu düşüşün temel nedeni, yükselen sıcaklıklar ve termal çöküntülerin hareketliliğinin artmasıdır; bu durum atmosferik kararsızlığı artırarak sis oluşumunu engelleyen meteorolojik koşulları ortaya çıkarmaktadır.

Tablo 29: Irak'ta sis durumunun aylık oranları ve yıllık toplam sıklığı (gün)

İstasyon	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık oran
Musul	3.6	1.2	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.5	4.1	11.6
Kerkük	1.9	0.4	0.6	0.5	0.3	0.2	0.1	0	0	0.2	0.3	1.4	5.9
Bağdat	4	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8.5
El-hay	1.9	0.7	0.2	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0	0.4	1.6	5.1
El-rutba	0.75	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.25	3.5
Sumava	1.8	0.7	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.7	1.3	5.9
Nasiriya	1.6	0.7	0.3	0.6	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.6	1.3	6.8
Basra	1.8	0.7	0.3	0.5	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.7	1.9	6.9

Kaynak: Ulaştırma Bakanlığı, Meteoroloji ve Sismik İzleme Genel Kurumu, İklim Dairesi Başkanlığı, 2020

Yukarıdaki bulgular ışığında, sisin güneş enerjisi potansiyeli üzerinde iki temel olumsuz etkisinin olduğu görülmektedir. Birincisi, güneş ışınımının bir bölümünü atmosferde saçılıma uğratarak yeryüzüne ulaşmasını engellemesi ve bu yolla maksimum sıcaklık değerlerinin yükselmesini sınırlandırmasıdır. İkincisi ise, karasal radyasyonun bir kısmını bloke ederek uzaya geri yansımaları önlemesidir (Al-Jubouri, 2016). Bu durum, enerji dengesi üzerinde karmaşık bir etki yaratmaktadır.

Ayrıca sis, fotovoltaik sistemlerin verimliliği üzerinde de doğrudan bir olumsuz etkiye sahiptir. Güneş ışınlarının yüzeylere ulaşmasını engelleyerek, güneş panellerinin elektrik üretme kapasitesini önemli ölçüde azaltır. Bulutlu ve sisli hava koşulları, panellere ulaşan direkt ışınım miktarını düşürdüğü için enerji üretiminde belirgin kayıplara yol açar.

1.14.5. Bulutluluk

Güneş ışınlarının dünya yüzeyine ulaşmadan önce atmosferde soğurulduğu, yansıtıldığı ve saçıldığı, dolayısıyla ışınımın tamamının yeryüzüne ulaşmadığı bilinmektedir. Bu süreçte, ışınların geçmek zorunda kaldığı atmosferik katmanın kalınlığı ve havadaki bulut miktarı belirleyici bir rol oynamaktadır (Al-Samarrai, 2008).

Bulutlar, atmosferdeki su döngüsünün temel ögelerinden biridir ve su damlacıkları ya da buz kristallerinden oluşur. Yükselen hava akımları yoğunlaşmayı başlatarak bulutların oluşmasını sağlar.

Bulutlar, yeryüzüne ulaşan güneş ışınımının miktarını ve dağılımını düzenlemede, aynı zamanda termal radyasyonun uzaya kaçışını kontrol etmede kritik bir işleve sahiptir. Soğurma, yansıtma ve saçılma yoluyla, güneş ışınımının önemli bir kısmı yeryüzüne ulaşmadan dağılır. Bulutlu gün sayısı arttıkça yeryüzüne ulaşan net güneş ışınımı miktarı azalır; bulutluluk azaldığında ise bu miktar artar. Dolayısıyla, güneş enerjisi sistemlerinin kurulum aşamasında, bulutlu gün sıklığı ve ortalama bulut örtüsü yüzdesi dikkatle hesaplanmalıdır. Zira bulut örtüsü, fotovoltaik hücrelere ulaşan direkt ışınım miktarını sınırlayarak sistem verimliliğini doğrudan etkiler (Al-Jabara, 2012). Bu bağlamda, gökyüzünün bulutluluk oranı arttıkça, güneş enerjisine dayalı elektrik üretim potansiyeli ve yatırımın verimliliği azalır. Kısaca, bulutluluk ile yüzeye ulaşan güneş ışınımı miktarı arasında ters yönlü bir ilişki bulunmaktadır.

Tablodaki veriler incelendiğinde, yıllık ve aylık ortalama bulutluluk oranlarının, alçak basınç sistemlerinin etki süresine bağlı olarak hem zamansal hem de mekânsal farklılıklar gösterdiği görülmektedir. En yüksek yıllık ortalama bulutluluk 2,95 okta ile Musul istasyonunda kaydedilirken, en düşük oran 2,30 okta ile Al-Hay istasyonunda gözlemlenmiştir. Bu dağılım, Irak'ın soğuk dönemlerde etkisi altına girdiği alçak basınç sistemlerinin bölgesel etkisiyle açıklanmaktadır (Al-Mousawi, 2017).

Aylık bulutluluk oranları ise ekim ayından mayıs ayına kadar olan dönemde nispeten daha yüksek seyretmekte, en yüksek değerler aralık ve ocak aylarında gözlemlenmektedir. Bu aylarda Musul istasyonundaki oran 4,6-4,7 oktaya ulaşırken, Basra istasyonunda 3,3-3,4 okta olarak kayıt altına alınmıştır. Basra'daki bu nispeten düşük değer, bölgede hava çöküntülerinin daha az görülmesi ve Akdeniz kaynaklı siklonik sistemlere daha kapalı bir konumda bulunmasıyla ilişkilendirilebilir.

Bulutluluk oranları, mayıstan eylüle uzanan dönemde ise belirgin bir düşüş eğilimine girmekte ve en düşük seviyelere haziran ve temmuz aylarında ulaşmaktadır. Örneğin, bu aylarda Musul istasyonunda 0,8-1,5 okta, Basra istasyonunda ise 1,1-1,5 okta aralığına kadar gerilemektedir. Bu azalış, Irak'ı etkisi altına alan alçak basınç sistemlerinin sona ermesi ve bölgenin subtropikal yüksek basınç kuşağının etkisine girmesi sonucunda atmosferik kararlılığın artmasıyla açıklanmaktadır.

Tablo 30: Irak'ta Aylık ve Yıllık Ortalama Bulutluluk Oranları (okta)

İstasyon	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık oran
Musul	4.7	4.5	3.9	3.8	3	1.5	0.8	0.9	1.3	2.8	3.6	4.6	2.95
Kerkük	3.9	3.9	3.6	3.5	2.9	1.2	0.9	0.9	1.4	2.7	3.2	3.9	2.67
Bağdat	3.8	3.5	3.6	3.6	3	1.3	0.8	0.9	1	2.8	3	3.7	2.58
El-hay	3.9	2.8	2.7	2.7	2.5	1.3	0.8	0.8	1.1	2.4	2.7	3.9	2.30
El-rutba	3.3	3.3	3	3	2.8	1.1	0.9	0.8	1.2	2.7	2.9	3.7	2.39
Sumava	3.5	3.1	3.2	3.4	2.7	1.6	0.9	0.9	1.4	2.6	2.7	3.3	2.44
Nasiriya	3.1	2.8	2.7	2.9	2.5	1.5	1.9	1.9	1.2	2.4	2.7	2.9	2.38
Basra	3.4	2.9	2.9	3.5	2.7	1.5	1.1	1.3	0.9	2.4	2.9	3.3	2.40

Kaynak: Ulaştırma Bakanlığı, Meteoroloji ve Sismik İzleme Genel Kurumu, İklim Dairesi Başkanlığı, 2020

1.14.6. Sıcaklık

Sıcaklık, insanı ve tüm faaliyetlerini doğrudan etkilemesi nedeniyle en önemli iklim elemanları arasında yer alır; aynı zamanda diğer iklim elemanları ile biyolojik sistemi de şekillendirmektedir.

Isı, diğer iklim elemanları üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkisi sebebiyle iklimin en önemli bileşeni kabul edilir. Güneş ışınımının yanı sıra, yenilenebilir enerji üretiminde de kullanılabilmekte ve termal enerjiye dönüştürülebilmektedir. Güneş ışığı, atmosferdeki temel ısı kaynağı olduğundan, güneş enerjisi sistemleri aracılığıyla sudan elektrik enerjisi üretimine kadar pek çok süreçte güneş radyasyonundan ayrı düşünülemez (Al-Sarraf, 2000). Yenilenebilir enerji alanındaki çalışmalarda, bu kaynağın doğrudan kullanılabilir olması, sıcaklık unsurunun dikkate alınmasını zorunlu kılmaktadır. Ayrıca sıcaklık, güneş ışınımının miktarı ve yoğunluğu hakkında da önemli bir gösterge sunar.

İncelenen istasyon verilerine göre, sıcak ve soğuk mevsimler arasında belirgin bir sıcaklık farkı olduğu görülmektedir. Irak'taki istasyonlarda ortalama yıllık maksimum sıcaklık 30,6°C'dir. Yıllık en yüksek sıcaklık değerleri ise istasyonlara göre değişkenlik göstermektedir. Basra istasyonu, güneyde konumlanması, astronomik enlemi, güneş ışınlarına dik açığa yakınlığı ve deniz seviyesinden daha alçak olması gibi nedenlerle 33,5°C ile en yüksek yıllık ortalamaı kaydetmiştir. Bu değerler kuzeye doğru gidildikçe düşme eğilimi göstermektedir. En düşük ortalama sıcaklıklar ise Bağdat'ta 30,9°C, Musul'da 27,5°C ve Rutba'da 27,1°C olarak ölçülmüştür.

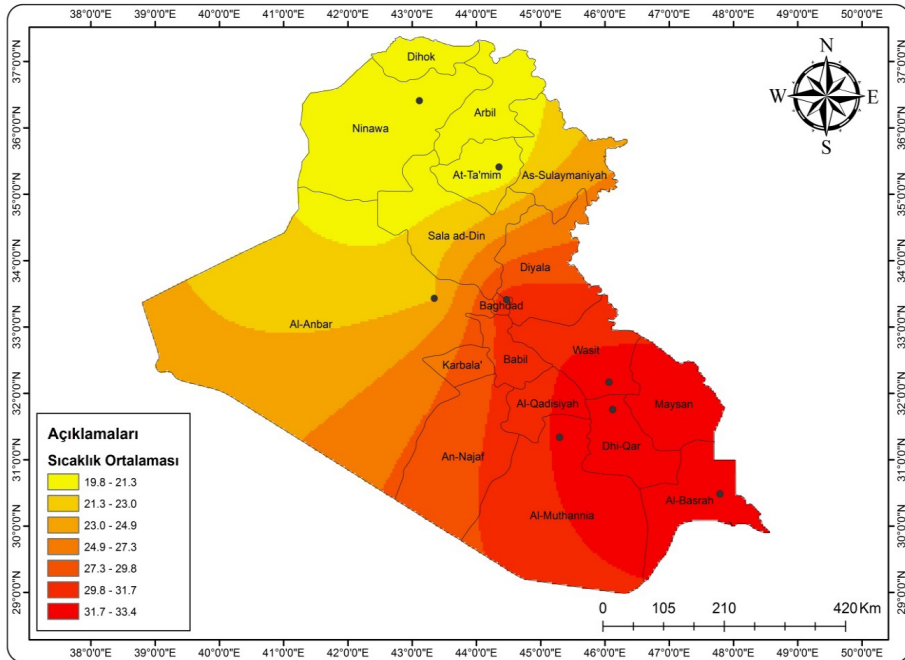
Maksimum sıcaklıkların aylık ortalamaları da incelenen istasyonlar arasında farklılık göstermekte olup, en yüksek değerler temmuz ve ağustos aylarında gözlemlenmiştir. En yüksek sıcaklık Basra'da 46,4-46,6°C, Bağdat'ta 44,0-44,5°C, Musul'da ise 42,9-43,1°C'ye ulaşmıştır. Bu durum, gün uzunluğunun

ve gerçek güneşlenme süresinin artmasıyla birlikte, güneş ışınlarının bu aylarda dik veya dikine yakın açıyla gelmesinden kaynaklanmaktadır. Tüm bu faktörler, yeryüzüne ulaşan net ısı miktarının artmasına yol açmaktadır (Al-Samarrai, 2009). En düşük ortalama yüksek sıcaklık ise ocak ayında Musul'da 12,8°C, Bağdat'ta 16,0°C, Rutba'da 13,7°C ve Basra'da 18,4°C olarak kaydedilmiştir. Bu aydaki düşüş, soğuk hava sistemlerinin sıklığının artması, bulutlu gün sayısının çoğalması ve gerçek güneşlenme süresinin azalmasıyla açıklanabilir.

Tablo 31: Irak'ta yüksek sıcaklıkların aylık ve yıllık ortalamaları (°C)

İstasyon	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık oran
Musul	12.8	15.1	19.5	15.7	33.0	39.6	43.1	42.9	38.3	31.1	14.6	14.6	27.5
Kerkük	14.1	16.0	20.6	27.0	34.2	40.3	43.7	43.2	38.5	31.3	22.6	16.3	29.0
Bağdat	16.0	18.9	24.0	30.4	36.8	41.7	44.5	44.0	40.1	33.5	23.7	17.7	30.9
El-hay	17.1	17.1	25.0	31.8	38.5	43.3	45.4	45.3	42.0	35.3	25.6	19.1	32.4
El-rutba	13.7	15.7	20.1	26.5	31.8	36.5	39.2	39.1	36.0	29.5	21.0	15.6	27.1
Sumava	17.3	20.3	24.3	31.9	38.0	42.4	44.6	44.3	41.0	34.8	25.0	19.0	32.0
Nasiriya	17.9	20.7	26.2	32.3	39.2	43.5	45.7	45.8	42.6	35.9	26.1	19.7	33.0
Basra	18.4	21.2	26.2	33.0	39.7	44.2	46.4	46.6	42.8	36.5	26.7	20.2	33.5

Kaynak: Ulaştırma Bakanlığı, Irak Meteoroloji ve Sismik İzleme Genel Kurumu, İklim Dairesi, 2020



Harita 8: Irak'ta sıcaklık ortalamaları (°C)

Tablodan açıkça görüleceği üzere, incelenen istasyonlardaki minimum sıcaklık değerlerinin yıllık ortalaması 16,5°C olarak ölçülmüştür. En düşük

ortalama minimum sıcaklıklar, aralık, ocak ve şubat aylarında kaydedilmiş olup sırasıyla 3,9°C, 2,4°C ve 3,6°C'ye kadar düşmüştür. Bu aylardaki düşüşün temel nedenleri arasında kutupsal hava kütlelerinin bölgeye etkisi, güneş ışınlarının geliş açısının daralması ve atmosferik dalgalanmaların artışı gösterilebilir (Al-Shujairi, 2015). Buna karşılık, minimum sıcaklıklar haziran, temmuz ve ağustos aylarında belirgin bir artış göstererek sırasıyla 21,6°C, 25,3°C ve 24,5°C seviyelerine ulaşmıştır.

Tablo 32: Irak'ta minimum sıcaklıkların aylık ve yıllık ortalamaları (°C)

İstasyon	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık oran
Musul	2.4	3.6	7.1	11.3	16.4	21.6	25.3	24.5	19.5	14	7.7	3.9	13.1
Kerkük	4.8	6.0	9.7	14.7	22.8	25.9	29	28.5	24.2	19.1	11.4	6.5	16.3
Bağdat	4.3	6.1	10.2	15.6	20.8	24.1	26.3	25.5	21.5	16.7	10	5.7	15.6
El-hay	6.7	8.6	13	18.2	24.1	27.7	29.5	29.1	25.2	20.2	13	8.5	18.6
El-rutba	2.5	3.8	7.4	12.6	16.9	21.1	23.6	23.6	20.2	15.0	8.5	4.3	13.3
Sumava	6.2	8	12.1	17.9	23.3	25.9	28	27.3	24.2	19.7	12.4	7.8	17.7
Nasiriya	6.5	8.5	13.1	18.9	24.2	27.1	29	28.5	24.9	20.1	13	8.1	18.5
Basra	7.9	9.8	14.1	20	25.8	28.3	30.1	29.2	25.6	22.1	14.2	9.3	19.6
Aylık ortalama	5.1	6.8	10.8	16.1	19.2	25.2	27.6	27.0	23.1	18.3	11.2	6.7	16.5

Kaynak: Ulaştırma Bakanlığı, Irak Meteoroloji ve Sismik İzleme Genel Kurumu, İklim Dairesi, 2020

1.14.7. Atmosfer Basıncı

Dünyayı saran hava tabakasının yeryüzüne ve cisimlere uyguladığı ağırlığın etkisiyle ortaya çıkan basınca atmosfer basıncı denir. Birim yüzeye düşen havanın ağırlığıdır. Atmosferik basınç değerleri sıcaklıkla ters orantılıdır; sıcaklık arttıkça basınç düşer, sıcaklık azaldıkça ise basınç artar. Dolayısıyla, atmosfer basıncının mevsimsel ve coğrafi dağılımı, güneş radyasyonu miktarını ve hava akım sistemlerini doğrudan etkilemektedir (Al-Samarrai, 2009). Atmosferik basınç ile rüzgâr birbiriyle yakından ilişkili olup, rüzgârın hızı ve yönü üzerindeki belirleyici etkisi nedeniyle temel bir iklim unsuru olarak kabul edilmektedir. Bu sayede, Irak iklimini genel olarak etkileyen basınç sistemlerini ve özel olarak da rüzgâr hızı ile yönünü anlamak mümkün olmaktadır.

Tablodaki veriler, Irak'taki yıllık ortalama atmosfer basıncının sıcaklıkla ters orantılı olduğunu açıkça göstermektedir. Musul istasyonunda yıllık ortalama basınç 1011,9 milibar olarak kaydedilirken, Nasiriye istasyonunda bu değer 1010,4 milibara, Basra istasyonunda ise bölgenin güneyde konumlanması ve yüksek sıcaklıkları nedeniyle 1010,0 milibara kadar düşmektedir. Irak üzerindeki hava basıncı, kış aylarında etkili olan Azor Yüksek Basıncı ve Asya Termik Yüksek Basıncı'nın etkisiyle artış göstermektedir. Musul ve

Basra istasyonları, sırasıyla 1020,0 ile 1018,4 milibar aralığındaki değerlerle en yüksek hava basıncına ulaşmaktadır. Kış mevsiminde Irak genelinde hava basıncı, kuzeyden güneye doğru yüksekten düşüğe bir eğilim sergilemekte ve bu durum sıcaklığın aynı yönde artmasıyla ilişkili görünmektedir. Ocak ayı, hava basıncının en yüksek değerlerine ulaştığı aydır. Bu ayda, Musul istasyonunda ortalama 1021,1 milibar ile en yüksek basınç kaydedilirken, en düşük ortalama değer 1019,4 milibar ile Basra istasyonunda gözlemlenmiştir.

Yaz aylarında ise Irak'taki tüm istasyonlarda hava basıncı, kuzeyden güneye doğru kademeli olarak azalmaktadır. Yaz mevsimi ortalaması 1000,8 milibar seviyesinde gerçekleşirken, Musul istasyonunda ortalama 1001,4 milibar, Basra istasyonunda ise ortalama 999,0 milibar olarak kaydedilmiştir. Temmuz ayı, atmosferik basıncın en düşük seviyelere indiği aydır. Rutbah istasyonu 1001,0 milibar ile bu aydaki en yüksek değere ulaşırken, en düşük değer 996,9 milibar ile Basra istasyonunda kaydedilmiştir. Atmosfer basıncındaki bu düşüş, Irak'ı yaz aylarında etkisi altına alan Hint Termik Alçak Basıncı'ndan (Termik Muson) kaynaklanmakta ve ülke genelinde sıcaklıkların yükselmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Tablo 33: Irak'ta aylık ve yıllık ortalama atmosfer basıncı (milibar)

İstasyon	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık oran
Musul	1021.1	1018.6	1015.6	1012.6	1009.5	1003.6	999.5	1001.1	1007.5	1014	1019	1021	1011.9
Kerkük	1020.7	1018.5	1015.4	1012.4	1009.5	1003.4	999.3	1000.8	1007.3	1013.9	1018.9	1020.4	1011.7
Bağdat	1020.2	1017.7	1014.7	1011.5	1008.4	1003.4	999.4	1000.1	1007	1013.2	1018.4	1020	1011.1
El-hay	1019.5	1017.6	1014.5	1011	1007.7	1003	997.9	999.5	1005.8	1012.6	1017.7	1019.4	1010.5
El-rutba	1019.7	1017.3	1014.6	1011.3	1008.7	1005.1	1001	1003	1008	1013.6	1018.4	1019.7	1011.7
Sumava	1019.4	1017.4	1014.6	1011.2	1007.8	1003.2	999.1	1000.6	1006.6	1012.7	1017.7	1019.6	1010.8
Nasiriya	1019.4	1017.6	1014.1	1010.5	1007.6	1002.4	998.5	1000	1005.7	1012.6	1017.4	1019.3	1010.4
Basra	1019.6	1017.7	1014.2	1010.6	1007	1001.5	996.9	998.8	1005	1012.3	1017.3	1019.2	1010
Aylık ortalama	1019.9	1017.8	1014.7	1011.3	1008.2	1003.2	1000.2	1000.4	1006.6	1013.1	1018.1	1019.8	1011

Kaynak: Irak Cumhuriyeti, Ulaştırma Bakanlığı, Meteoroloji ve Sismik İzleme Genel Kurumu, Al-Manah Dairesi, 2020

1.14.8. Rüzgâr

Rüzgâr, meteoroloji istasyonlarında günlük olarak ölçülen ve en temel iklim unsurlarından biri olarak kabul edilen bir olgudur. Yatay yöndeki hava hareketi olarak tanımlanan rüzgâr, iki bölge arasındaki atmosfer basıncı farkından kaynaklanır ve yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru gerçekleşir (Khalil, 2004). Bu yatay hava hareketi, farklı coğrafi bölgeler arasındaki sıcaklık, nem ve atmosferik basınç farklarını dengelemeye yönelik bir işleve sahiptir.

Rüzgâr enerjisinin nihai kaynağı aslında Güneş'tir. Güneş'in Dünya üzerindeki her bölgeye farklı miktarlarda enerji iletmesi, sıcaklık ve dolayısıyla atmosfer basıncında bölgesel farklılıklar oluşturur. Rüzgârın var olması ve esiş şiddeti, tamamen bu temel sürecin bir sonucudur.

Irak'ta ise rüzgârın yönü ve hızı, coğrafi konum, basınç sistemleri ve mevsimsel geçişler gibi çeşitli faktörlerden etkilenerek önemli değişkenlik gösterir.

• Rüzgâr Yönü

Irak'ta rüzgâr yönleri, beş deniz arasında yer alan coğrafi konumu da dâhil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Ayrıca, ülke topraklarının büyük bölümü, kuzey ve doğuda yer alan, kuzeybatıdan güneydoğuya uzanan dağ sıralarıyla çevrili geniş bir havza yapısına sahiptir. Yılın büyük bölümünde hakim olan kuzeybatı rüzgârları, düşük nem ve ılıman sıcaklıklarla karakterize edilir. Irak, kış aylarında yüksek basınç sistemlerinin ve Akdeniz kökenli alçak basınç sistemlerinin etkisi altına girer. Bu nedenle, ülke genelinde kuzeybatı, kuzeydoğu, güneybatı ve güneydoğu gibi farklı rüzgâr türleri gözlemlenmektedir (Al-Bayati, 1995).

Kuzeydoğu rüzgârları, yarı-kutupsal karasal bölgelerden kaynaklandığı için kurak karakterli olup sıcaklıklarda belirgin düşüşlere neden olmaktadır. Soğuk yerel rüzgârlar Irak'ın kuzeydoğu kesimlerini etkilerken, güneydoğu yönlü rüzgârlar ise sıcak ve nemli bir hava kütlesi getirerek alçak basınç sistemlerinin (siklon) oluşumuna katkıda bulunabilmektedir. Bu tür hava sistemlerinin yol açtığı olumsuz hava koşulları ve toz fırtınaları, doğal olarak güneş enerjisi panellerinin verimliliğini de düşürmektedir (Al-Nouri&Al-Sakini, 2014).

Yaz aylarında ise subtropikal yüksek basınç sisteminin etkisiyle kuzeybatı rüzgârları Irak üzerinde tekrar hakim hale gelir. Bu dönemde, Hindistan yarımadasındaki mevsimsel termal alçak basıncın uzantısı da Irak'ın büyük bir bölümünü etkisi altına alır. Bunun yanı sıra, ülkenin kurak ve yüksek sıcaklıkların görüldüğü güneybatı kesimlerinde güneybatı rüzgârları da etkili olmaktadır.

• Rüzgâr Hızı

Rüzgâr hızı, hareket halindeki havanın birim zamanda aldığı yol olarak tanımlanır. Bu hız; dünya'nın dönüşü, güneşin konumu, kara ve deniz dağılımı ile yeryüzü şekilleri gibi bir dizi faktörden etkilenmektedir (Al-Shaaban, 1996).

Irak, kışın yüksek basınç ve yazın düşük basınç sistemlerinin etkisi altındadır. Bu iki sistem, genellikle güçlü rüzgârların oluşumuna katkıda bulunmaz. Bunun istisnası, özellikle kış ve ilkbahar mevsimlerinde Irak'ı etkisi altına alan ve Akdeniz kökenli siklonik sistemler gibi basınç alanlarına bağlı olarak aktif rüzgârların gözlemlendiği hava olaylarıdır.

Irak'taki rüzgâr hızının zamansal ve mekânsal dağılımı nispeten kararlı bir örüntü sergiler. Gün içinde öğle saatlerinden itibaren yüzeyin ısınması ve konveksiyonel hareketliliğin artmasıyla rüzgâr hızında bir yükseliş gözlemlenir. Buna karşılık, geceleri yer radyasyonu nedeniyle yüzeyde soğuyan hava tabakasının daha yoğun ve kararlı hale gelmesi sonucunda rüzgâr hızı en düşük seviyelerine iner (Al-Jubouri, 2003).

Tablo 34: Irak'ta ortalama aylık ve yıllık rüzgâr hızı (metre/saniye)

İstasyon	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık oran
Musul	1.6	2	2.2	2.5	2.6	2.1	2.2	2.0	1.8	1.6	1.3	1.2	1.9
Kerkük	1.9	2.6	2.5	2.6	2.4	2.1	2.2	2.1	1.7	1.6	1.6	1.4	2
Bağdat	2.3	2.7	2.9	3.3	3.4	3.5	4.3	3.9	2.7	2.6	2.3	2.1	3
El-hay	3.5	4.1	4.2	4.4	4.4	5.3	5.6	4.8	4.3	3.7	3.7	3.5	4.2
El-rutba	2.7	2.9	3.9	3.8	3.5	3.7	4.5	3.5	2.7	2.6	2.5	2.7	3.2
Sumava	2.5	2.7	3.4	3.6	3.4	3.9	4.1	3.7	2.6	2.2	2.1	2.3	3
Nasiriya	3.3	3.8	4.4	4.6	4.8	5.7	5.3	5.1	4.1	3.1	2.9	2.8	4.1
Basra	3.1	3.7	4	3.9	4.6	5.1	5.3	4.7	3.8	2.7	2.9	2.8	3.8
Aylık ortalama	2.6	3.0	3.4	3.5	3.6	3.2	4.1	3.7	2.9	2.5	2.4	2.3	3.1

Kaynak: Irak Cumhuriyeti, Ulaştırma Bakanlığı, Meteoroloji ve Sismik İzleme Genel Kurumu, İklim Dairesi, 2020

Tablodaki veriler, yıllık ortalama rüzgâr hızının Irak'ta kuzeyden güneye doğru arttığını göstermektedir. Musul istasyonunda 1,9 m/s olan ortalama hız, Rutba istasyonunda 3,2 m/s'ye yükselmekte ve en yüksek değer olan 4,1 m/s'ye Nasiriye istasyonunda ulaşmaktadır. Bu coğrafi dağılımın temel nedeni, kuzey kesimlerde yüksek rakımlı arazilerin rüzgâr için doğal bir bariyer oluşturması ve hızını kesmesidir. Rüzgâr hızındaki bu düşüş, enerji üretimi potansiyelini sınırlandırırsa da, kuzey bölgelerini elektrik şebekesine zarar verebilecek kum fırtınalarına karşı koruyan olumlu bir işleve sahiptir. Öte yandan, orta ve güney Irak'taki düz topoğrafya ve engebesiz arazi yapısı, rüzgâr hızının artmasına katkıda bulunmakta ve bu bölgelerde rüzgâr enerjisi yatırımları için uygun koşullar oluşturmaktadır.

Mevsimlik ortalama hız 2,4 m/s olarak gerçekleşirken, Musul'da 1,6 m/s, Bağdat'ta 2,3 m/s ve Nasiriye'de 3,8 m/s ölçülmüştür. Şubat ayında en yüksek hız 4,1 m/s ile El-Hay istasyonunda kaydedilmiştir. Yaz aylarında ise yüksek sıcaklıklar ve Hint musonunun etkisiyle rüzgâr hızı belirgin şekilde artmakta, mevsimlik ortalama 3,5 m/s'ye, Nasiriye'de ise 5,3 m/s'ye kadar yükselmektedir. Temmuz ayında zirve yapan aylık ortalama 4,1 m/s'ye karşılık, El-Hay istasyonunda 5,6 m/s ile en yüksek değer gözlemlenmiştir.

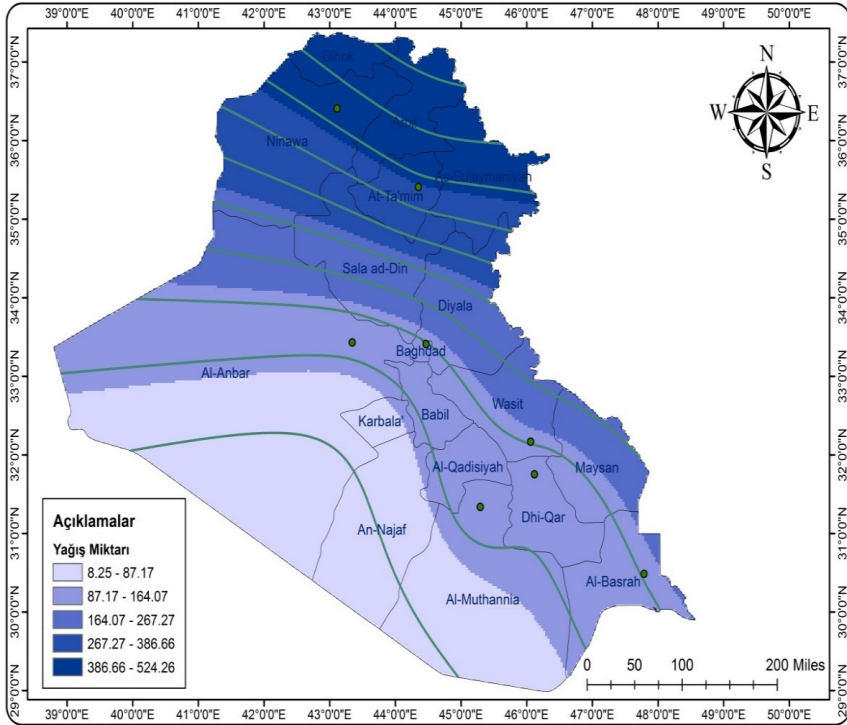
Genel manada, güney ve batı bölgelerde gece-gündüz sıcaklık farkının yüksek olması ve çöl iklimi özellikleri (bitki örtüsünün zayıf olması), rüzgâr

hızlarının artmasına sebep olurken kuzey bölgelerde bu değerler daha düşük kalmaktadır. Alan yazından elde edilen verilere göre panel sıcaklığı 25°C 'nin üzerine çıktığında verimlilik düşmektedir. Bununla birlikte yüksek hızlı ve toz taşıyan rüzgârlar, panele ulaşan güneş ışınım miktarını azaltarak fotovoltaik sistemlerin enerji üretim kapasitesini olumsuz etkilemektedir.

1.14.9. Yağış Miktarı

Yağış, atmosferdeki su buharının yoğunlaşması sonucu oluşan ve yerçekimi etkisiyle yeryüzüne düşen sıvı veya katı su kütlelerini ifade eder. Bu olay, sağanak, sürekli yağmur, çisenti veya kar şeklinde gerçekleşebilir (Al-Mousawi, 2009). Meteorolojik tanıma göre, çapı 0,5 mm'den büyük olan su damlaları yağmur olarak sınıflandırılır.

Irak'ta yağış rejimi, ekim ayından mayıs sonuna kadar etkili olan Akdeniz siklonik sistemleri tarafından belirlenmektedir. Yağışlı mevsimin başlangıcı, ekim ayının ikinci yarısında ülkeye ulaşan alçak basınç sistemleriyle bağlantılı olup, bu dönemde yağışlar seyrek ve düşük şiddettedir. Yağış miktarı aralık ve ocak aylarında zirve yapmakta, mart ve nisan aylarında azalma eğilimi göstermekte ve mayıs ayından itibaren belirgin şekilde kesilmektedir (Al-Shâlâsh, 1995).



Harita 9: Irak'ta Yağış Miktarı (mm)

Tablodan anlaşılabacağı üzere, yıllık toplam yağış miktarı Irak'taki farklı meteoroloji istasyonları arasında belirgin farklılıklar göstermektedir. Ülkenin kuzey bölgelerinde, Akdeniz kökenli alçak basınç sistemlerinin etkisi ve yüksek rakımın sağladığı orografik koşullar nedeniyle yağış miktarı artış eğilimindedir. Bu durumun somut bir göstergesi olarak Musul istasyonu 419,4 mm ile en yüksek yıllık toplam yağışı kaydederken, güneye doğru gidildikçe bu değerler düşmekte ve en düşük yıllık toplamı Rutba ile Sumava istasyonlarında sırasıyla 115,3 mm ve 114,4 mm olarak ölçülmektedir. Güney bölgelerdeki yağış azlığının temel nedeni, bu alanlarda çoğunlukla görülen alçalıcı hava hareketleridir. Ayrıca, bölgenin Batı Çölü'nün kenarında konumlanması nedeniyle nemli deniz etkilerinden yeterince yararlanamaması da diğer bir etkidir.

Irak'ta toplam yağışın %50'sinden fazlası kış mevsiminde düştüğü için bu mevsim, esas yağış sezonu olarak kabul edilmektedir. Bu durum, bölgenin kış aylarında yoğunlaşan siklonik hava sistemlerinin etkisi altında kalmasından kaynaklanmaktadır. Ülke genelinde kış mevsimi ortalama yağış miktarı 103,9 mm olarak gerçekleşirken, mevsimlik toplam yağışın en düşük olduğu istasyon 47,7 mm ile Rutba olarak kayıtlara geçmiştir.

Tablo 35: Irak'ta ortalama aylık ve yıllık yağış miktarı (mm)

İstasyon	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık oran
Musul	76.4	69.2	70.3	53.1	22.4	0	0	0	0	13	45	70	419.4
Kerkük	75.8	69	57.1	51.4	21.8	0	0	0	0	9.2	38	61	383.3
Bağdat	27.8	25.1	23.3	19	7	0	0	0	0	4.4	16.1	25	147.7
El-hay	29.3	22.7	21.5	21	7.4	0	0	0	0	4.1	22.6	23.7	152.3
El-rutba	14.6	15.4	19	18	11	0	0	0	0	6.7	12.9	17.7	115.3
Sumava	21.3	17.9	17	13.3	6.4	0	0	0	0	3.2	15.7	19.6	114.4
Nasiriya	24	18.2	17.1	14.2	7.3	0	0	0	0	3.2	15.6	22.3	121.9
Basra	34.1	24.3	19.1	18.5	6.4	0	0	0	0	3	19.9	27.1	152.4
Aylık ortalama	37.9	32.7	30.5	26	11.2	0	0	0	0	5.8	23.2	33.3	200.8

Kaynak: Irak Cumhuriyeti, Ulaştırma Bakanlığı, Meteoroloji ve Sismik İzleme Genel Kurumu, İklim Dairesi Başkanlığı, 2020

Kış mevsimindeki en yüksek toplam yağış, 215,6 mm ile Musul istasyonunda kaydedilmiştir. Aynı mevsimde diğer istasyonlarda da farklı değerler gözlemlenmiş; Kerkük istasyonunda 205,8 mm, Basra istasyonunda ise 85,5 mm ölçülmüştür. Ocak ayı, Irak genelinde ortalama 49,5 mm yağış ile yağış miktarının zirve yaptığı aydır. Bu ayda Musul istasyonu 76,4 mm ile en yüksek yağışı kaydederken, diğer istasyonlarda da farklı miktarlarda yağışlar gözlemlenmiştir.

Yaz mevsiminde ise atmosferik koşulların stabil olması ve başta Akdeniz kökenli siklonik sistemler olmak üzere yağış getiren sistemlerin bölgeye ulaşmaması nedeniyle hemen hemen hiç yağış görülmez. Bu nedenle yaz mevsimi, Irak'ta belirgin bir kuraklık dönemi olarak kabul edilmektedir. Akdeniz siklonları, genel atmosferik dolaşımın bir parçası olarak Orta Avrupa üzerinden kuzey yollarını izlemekte ve 60° kuzey enlemine kadar ulaşabilmektedir (Al-Zangana, 1999).

Yağışın güneş enerjisi sistemleri üzerinde iki yönlü bir etkisi bulunmaktadır. Bir yandan, yağmurlu günlerde yoğun bulut örtüsü nedeniyle güneş panellerine ulaşan ışınım miktarı azalmakta ve elektrik üretim kapasitesi düşmektedir. Öte yandan, yağmur suyu panellerin yüzeyini temizleyerek toz ve kir birikimini gidermekte, böylece panel verimliliğini ve uzun vadeli enerji üretim kapasitesini artırmaktadır (Al-Bayati, 2016).

1.14.10. Toz Fırtınası

Toz fırtınası, derin atmosferik alçak basınç sistemleriyle ilişkili şiddetli rüzgârlar tarafından yer yüzeyinden kaldırılan toz ve kum taneciklerinin atmosferde yoğun bir şekilde birikmesi olarak tanımlanır. Toz fırtınaları, kurak ve yarı kurak bölgelerde yaygın olarak gözlemlenen ve sıcak-kurak mevsimlerde sıklığı artan meteorolojik olaylardır (Moussa, 1995). Irak, geniş çöl arazilerine sahip olduğu için bu durumla sık karşılaşmaktadır.

Toz fırtınalarının oluşumu, düşük atmosfer basıncı, yüksek sıcaklık ve genellikle 15-25 km/saat aralığındaki rüzgâr hızlarıyla doğrudan ilişkilidir. Rüzgâr hızının 7 m/s'nin (yaklaşık 25 km/saat) üzerine çıkması, toz kalkışı için kritik eşik değer olarak kabul edilir (Hadid, 2009). Bu koşullar, yükselici konvektif hava hareketlerini güçlendirerek toz partiküllerinin atmosfere taşınmasına ve uzun mesafelere yayılmasına neden olur.

Tablodan görüleceği üzere, yıllık ortalama toz fırtınası gün sayısı en yüksek 19,7 gün ile Nasiriye istasyonunda kaydedilirken, en düşük değer 5,5 gün ile Musul istasyonunda gözlemlenmiştir.

Tablo 36: Irak'ta toz fırtınalarının toplam aylık ve yıllık sıklığı (gün)

İstasyon	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık oran
Musul	0.5	0.3	0.2	0.6	0.5	0.3	0.7	0.2	0.4	0.6	0.8	0.4	5.5
Kerkük	0.3	0.4	0.7	0.9	0.1	0.2	0.6	0.5	0.1	0.3	0.9	0.6	5.6
Bağdat	0.5	0.6	0.4	0.1	0.3	1.6	0.9	0.2	0.4	0.3	0.5	0.5	6.3
El-hay	0.9	0.9	1.2	0.3	0.9	1.5	1.7	2.9	0.5	1.9	0.4	0.3	13.4
El-rutba	1.1	0.6	0.1	0.8	2.1	0.4	0.7	2.6	0.5	1.3	0.6	1.4	12.2
Sumava	0.9	0.8	0.6	1.1	0.2	1.4	2.9	1.3	1.4	1.5	0.1	0.6	12.8
Nasiriya	0.7	1.2	1.6	2.2	2	3.1	3.2	3.1	1.7	0.4	0.3	0.2	19.7
Basra	0.3	0.5	1.1	1.5	1.5	2.3	2.8	2.2	1.2	0.5	0.2	0.2	13.3
Aylık toplam	5.2	5.3	5.9	7.5	7.6	10.8	13.5	13	6.2	6.8	3.8	4.2	88.8

Kaynak: Irak Cumhuriyeti, Ulaştırma Bakanlığı, Meteoroloji ve Sismik İzleme Genel Kurumu, İklim Dairesi Başkanlığı, 2020

Toz fırtınalarının en düşük sıklıkta gözlemlendiği dönem kış mevsimidir. Bu mevsimde Irak genelinde toz fırtınası toplam sıklığı 14,7 gün olarak kaydedilmiştir. Aynı dönemde Musul istasyonunda toplam 1 gün ile en düşük değer gözlemlenirken, Rutba istasyonunda toplamda 3,1 gün ile en yüksek değer kayda geçmiştir. Bu mevsimdeki nispi azlığın temel nedeni, artan yağış miktarına bağlı olarak toprak neminin yüksek olması ve toprak partikülleri arasındaki kohezyonun artmasıdır. Bu durum, siklonik sistem geçişlerine eşlik eden rüzgârlara rağmen toz taneciklerinin atmosfere kalkışını büyük ölçüde engeller. Kış mevsimi içinde en yüksek aylık ortalama 5,3 gün ile şubat ayında gerçekleşirken, istasyonlar bazında en düşük değer 0,9 gün ile El-Hay istasyonunda görülmüştür.

Yaz aylarında ise toz fırtınası gün sayısında belirgin bir artış gözlemlenmekte ve toplam sıklık 37,3 güne kadar yükselmektedir. Bu artışın temel nedeni, yüzeyin aşırı ısınması ve yağış yokluğuna bağlı olarak toprak neminin azalması, dolayısıyla toprak yapısının zayıflayarak kolayca parçalanabilir hale gelmesidir. Bu dönemde Musul istasyonu toplam 1,2 gün ile en düşük toplamı kaydederken, Nasiriye istasyonu toplam 9,4 gün ile en yüksek değere ulaşmıştır. Toz fırtınalarının toplam sıklığının en yüksek olduğu aylar sırasıyla 13,5 ve 13,0 gün ile temmuz ve ağustos olup, Nasiriye istasyonu temmuz ayında 3,2 gün ile en yüksek aylık değeri kaydetmiştir.

Toz fırtınaları, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini doğrudan etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Panellerin yüzeyinde biriken toz partikülleri, gelen güneş ışınımının önemli bir bölümünü yansıtarak fotovoltaik enerji üretim kapasitesini düşürür (Al-Adhari, 2022). Alan yazındaki araştırmalar, panel yüzeyindeki toz birikiminin enerji üretim verimliliğini %20 ila %50 oranında azaltabileceğini göstermektedir. Özellikle uzun süre temizlenmeyen panellerde, toz birikimine bağlı olarak sıcak nokta (hot spot) oluşumu gözlemlenmekte ve bu durum hücrelerde kalıcı hasara yol açabilmektedir.

BULGULAR

Araştırma sonuçları nitel araştırma yöntemine göre ilgili kişilere yöneltilen üç soru temel alınarak oluşturulmuş ve bu sorular çerçevesinde analiz edilmiştir. Katılımcılar “K” olarak kodlanmıştır.

Irak’ın elektrik sektöründeki kronik kriz, çok boyutlu ve birbiriyle bağlantılı yapısal sorunlardan kaynaklanmaktadır. Katılımcı görüşleri şu şekilde temalandırılmıştır:

Elektrik Enerjisi Altyapısının Yetersizliği

K1, Irak’ın elektrik sektöründeki bozulmayı değerlendirerek şu tespitte bulunmuştur: “Irak’ta elektrik üretimindeki düşüş, iletim ve dağıtım ağlarında kullanılan eski sistemden kaynaklanmaktadır.” Mevcut durumda, elektrik enerjisinin iletim şebekesinden dağıtım santrallerine iletilmesi sürecinde kullanılan ekipmanların sürekli çalışır durumda tutulabilmesi için iletim ağları ve dağıtım santrallerinin düzenli bakım ve rehabilitasyonuna yönelik programlar bulunmamaktadır. Bu durum, hizmet dışı kalan santral sayısının artmasına neden olmaktadır.

K1’in vurguladığı üzere, Irak’ın elektrik sektörü, eski ve verimsiz bir sisteme dayanmaktadır. Üretimdeki düşüşün temelinde, iletim ve dağıtım ağlarının teknolojik olarak geri kalmışlığı yatmaktadır. Enerjinin iletim şebekesinden dağıtım santrallerine aktarılmasını sağlayan ekipmanların sürekli çalışır durumda kalabilmesi için gerekli olan düzenli bakım ve rehabilitasyon programlarının bulunmaması, sistemin giderek daha fazla hizmet dışı kalmasına ve santral kapasite kayıplarına yol açmaktadır.

Ayrıca yerli sanayinin gerekli ekipmanların üretimini gerçekleştirememesi altyapı yetersizliğini oluşturan bir başka sorundur. K10, “Irak’ta elektrik sektörü; transformatör, kablo ve kule gibi ihtiyaç duyulan ekipmanları üretecek kamu veya özel fabrikaların bulunmaması nedeniyle yetersiz kalmaktadır,” demiştir. Söz konusu fabrikaların olmayışı, Irak’ın işgal sürecinde elektrik altyapısının tahrip olmasıyla ilişkilidir.

Elektrik sektöründeki yapısal yetersizliğin bir diğer boyutu, K10’un altını çizdiği gibi, sektörün ihtiyaç duyduğu transformatör, kablo ve kule gibi kritik ekipmanları üretecek kamu veya özel fabrikaların bulunmamasıdır. Bu durum,

2003 işgali sonrasında tahrip olan altyapının yeniden inşasını ve teknoloji transferini engelleyerek sektörün dışa bağımlılığını artırmaktadır.

Enerji Güvenliği Sorunu

K5, şu ifadeyi kullanmıştır: “Irak, petrol zengini bir ülke olarak görülse de, elektrik enerjisi üretim projelerinin çoğunun petrol türevleriyle sürekli desteklenememesi nedeniyle sorunlar yaşanmaktadır.” Elektrik üretim santralleri; borulardaki korozyon nedeniyle yakıt sızıntıları, mevcut iletim hatlarındaki kazalar ve ham petrole yönelik sabotaj, gasp ve hırsızlık eylemlerinden olumsuz etkilenmektedir. Irak, petrol zengini bir ülke olmasına rağmen, elektrik üretim projelerinin petrol türevleriyle sürekli olarak beslenememesi ciddi bir sıkıntı yaratmaktadır. Bu durum, yakıt sızıntılarına yol açan boru korozyonları, mevcut iletim hatlarındaki kazalar ve ham petrol taşıma altyapısını hedef alan sabotaj, gasp ve hırsızlık eylemleriyle daha da derinleşmektedir.

Bunun yanında Irak açısından kaynak israfı enerji güvenliğini tehdit eden unsurların başında gelmektedir. K7’ye göre, “İlgili gazın sürekli yakılması, Irak’ı elektrik santrallerini işletmek için komşu ülkelerden gaz ithal etmeye yöneltmiş; ithal edilen gazın istikrarsız olması ise elektrik enerjisi üretimini etkilemiştir.” Irak’ın sahip olduğu enerji rezervlerine rağmen, nüfusun çoğunluğu temel elektrik ihtiyacını karşılayacak enerjiye ulaşamamakta ve bu durum dizel jeneratör kullanımını zorunlu kılmaktadır. İthal gazın yıllık maliyetinin 6-8 milyar dolar arasında olduğu tahmin edilmekte olup, üretilen gazın yaklaşık %65’inin yakıldığı ve Irak’ın bu açıdan dünyada dördüncü sırada yer aldığı belirtilmektedir.

Enerji üretimindeki kaynak israfı ve dışa bağımlılık stratejik bir dezavantaj olarak durmaktadır. İlgili doğal gazın sürekli olarak yakılması (flaring)—Irak’ın bu alanda dünyada dördüncü sırada yer aldığı belirtilmektedir—ülkeyi santrallerini çalıştırmak için komşu ülkelerden gaz ithal etmek zorunda bırakmıştır. Yıllık maliyeti 6-8 milyar dolar arasında tahmin edilen ve arzı istikrarsız olan bu ithal gaz, elektrik enerjisi üretimini doğrudan etkilemekte; nüfusun çoğunluğu temel ihtiyaçlarını karşılayamadığı için dizel jeneratörlere yönelmektedir.



Şekil 12 :Doğu Bağdat petrol sahasında yanan gaz

Kaynak: Planet Labs, 2021

Bunun yanı sıra iklim değişikliği ve su yönetimi politikalarından kaynaklanan su kıtlığı, hidroelektrik enerjiyi de olumsuz etkilemiştir. K9, “Dicle ve Fırat nehirlerinin su seviyelerindeki düşüş sonucu Irak’ta yaşanan su kıtlığı, hidroelektrik santrallerin verimliliğini azaltmış ve ulusal sistemden 400 MW’lık bir kapasite kaybına yol açmıştır” şeklinde açıklamada bulunmuştur. Su, Irak’ın gelecekteki refahını belirleyen temel unsurlardan biridir. Su kıtlığı nedeniyle artan su ve enerji talebi, önümüzdeki yıllarda Dicle ve Fırat’a su akışının azalmaya devam edecek olması endişesini beraberinde getirmektedir. Hidroelektrik enerjinin toplam elektrik üretimindeki payının orta düzeyde kalması ve diğer kaynaklardan elde edilen üretimin %2’yi geçmemesi beklenmektedir.

Dicle ve Fırat nehirlerindeki su seviyelerinin düşmesi, hidroelektrik santrallerin verimliliğini azaltmış ve ulusal sistemden 400 MW’lık bir kayba neden olmuştur. Suyun elektrik üretimine katkısının orta düzeyde bir oranda kalması beklenmekte ve toplam üretim içindeki payının %2’yi geçmemesi, enerji çeşitlendirmesindeki başarısızlığı da gözler önüne sermektedir.

Yolsuzluk ve Zayıf Tahsilat

K14, “Elektrik Bakanlığı başta olmak üzere tüm Irak bakanlıklarını etkileyen mali ve idari yolsuzluk, elektrik sektörünün tahribatında ana etken olarak görülmektedir. Yaklaşık 60 milyar dolar harcanmasına rağmen sektörün ekipman eksikliği devam etmektedir,” ifadesini kullanmıştır. Irak’ta yolsuzluğun temelinde; hukukun üstünlüğü ilkesinin zayıflığı, denetim

mekanizmalarının yetersiz ve bağımsız olamaması ile yargı sisteminin etkin işlememesi yatmaktadır. Tüm bu faktörler, ekonomik kalkınma çabalarını baltalamakta ve kamu kaynaklarının israfına yol açmaktadır.

Nihayetinde, tüm bu sorunların merkezinde K14'ün vurguladığı yönetim krizi yatmaktadır. Elektrik Bakanlığı da dâhil olmak üzere tüm bakanlıkları etkileyen yaygın mali ve idari yolsuzluk, sektörün çöküşünün ana nedeni olarak kabul edilmektedir. Hukukun üstünlüğünün zayıflığı, denetim mekanizmalarının etkinsizliği ve yargı sisteminin yetersizliği, 60 milyar doları aşan harcamalara rağmen ekipman eksikliği çekilen bir sektör tablosunun ortaya çıkmasına neden olmuş; bu durum kamu kaynaklarının israfına ve ekonomik kalkınma çabalarının baltalanmasına yol açmıştır.

Diğer taraftan tahsilat işleyişindeki yetersizliklerle ilgili K6, şu değerlendirmeyi yapmıştır: “Çeşitli sektörlerdeki abonelerin düzenli elektrik ücreti ödememesi, Elektrik Bakanlığı’nın tahsilat sorunu yaşamasına neden olmaktadır. Ayrıca devlet daireleri de Elektrik Bakanlığı’na olan borçlarını zamanında ödeyememektedir. Bu durum, Bakanlığın bakım çalışmalarını aksatmasına yol açmaktadır. Tahsilattaki zayıflık; ulusal şebekeyi ihlal edenlere yönelik yasal hükümlerin ve aboneleri düzenli ödeme yapmaya zorlayan prosedürlerin etkin şekilde uygulanamamasından kaynaklanmaktadır. Elektrik faturasını ödemeyen abone oranının %60’a ulaştığı belirtilmektedir.”

K6’nın işaret ettiği üzere, Elektrik Bakanlığı, çeşitli sektörlerdeki faydalanıcıların ve devlet dairelerinin düzenli elektrik ücreti ödememesi nedeniyle ciddi bir tahsilat sorunu yaşamaktadır. Abonelerin yaklaşık %60’ının faturalarını ödemediği bir ortamda, bakım ve yatırım için gerekli finansman oluşturulamamakta; ulusal şebekeyi ihlal edenlere yönelik yasal hükümlerin ve prosedürlerin zayıf uygulanması ise bu kısır döngüyü derinleştirmektedir.

Güneş Enerjisi Politikaları ve Yatırım Çabaları

Irak’ta başta konut sektörü olmak üzere çeşitli sektörlerde yaşanan elektrik kesintileri, arz-talep dengesindeki kronik sorunları gözler önüne sermektedir. Elektrik enerjisinin sürekli ve istikrarlı bir şekilde sağlanamamasının yanı sıra, tüketim miktarlarında da tutarsızlıklar gözlemlenmektedir. Bu olumsuz tabloya karşın, Irak’ın yerel elektrik ihtiyacını karşılamaya yetecek düzeyde güneş radyasyonu potansiyeline sahip olduğu belirtilmektedir (Al-Masoudi, 2018). Güneş paneli teknolojilerinin yaygınlaşması, aynı zamanda elektrik santrallerinden kaynaklanan kirleticilerin başta karbondioksit emisyonları olmak üzere çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltma potansiyeli taşımaktadır.

Irak hükûmeti, bu potansiyeli değerlendirmek amacıyla çeşitli güneş enerjisi yatırım planlarını hayata geçirmektedir. Aşağıda, bu kapsamdaki santral projelerine ilişkin bir tablo sunulmuştur:

Tablo 37: Irak'ta güneş enerjisi santrali yatırım planları

Üretim kapasitesi	İstasyon Adı	Şehir
30 MW	Ebu Garib Santrali	Bağdat
30 MW	Sawah Güneş Santrali	Al-Mutana
100 MW	Necef Güneş Santrali	Necef
100MW	Wasit Güneş Santrali	Vasit
15 MW	Diyala Güneş Santrali	Diyala
100 MW	Babil Güneş Santrali	Babil

Kaynak: Irak Ulusal Yatırım Komisyonu, 2018

Sektör paydaşları, bu yöndeki çabaları çeşitli açılardan değerlendirmektedir. K13, “Elektrik Bakanlığı, 655 MW güneş enerjisi üretimine yönelik ihâlenin ilk turunu başlattı ve Babil, Vasit, Kerbela, El-Müsenna ve Divaniye valiliklerindeki projelere uluslararası ve yerel şirketleri katılmaya davet etti,” şeklinde açıklamada bulunmuştur.

K4 ise, Bakanlığın daha kapsamlı bir stratejisini şu sözlerle aktarmıştır: “Elektrik Bakanlığı, aralarında Abu Dhabi Future Energy Company’nin de bulunduğu çeşitli şirketlerle sözleşmeler imzalayarak, 1500 MW elektrik üretmeyi hedefleyen üç yenilenebilir enerji projesini hayata geçirmektedir. Başta güneş enerjisi olmak üzere yenilenebilir kaynaklara yönelim, elektrik arzındaki açığı azaltmaya yönelik bir çabadır. Bu projeler, ilk etabında güneş enerjisinden 755 MW elektrik üretmeyi hedefleyen bir program kapsamında yer almaktadır.”

Yatırımların yanı sıra, dağıtılmış üretim ve yerel katılımı teşvik eden girişimler de bulunmaktadır. K11, “2022’de Irak hükûmeti, bazı vilayetlerdeki evlerin çatılarına toplam maliyeti 1,17 milyar Irak dinarı tahmin edilen 8.000 KW’lık güneş paneli kurulmasını öngören dört yıllık bir pilot program başlattı,” demiştir. Bu tür girişimler, doğrudan finansman ve sübvansiyonlar aracılığıyla çatı üstü güneş enerjisi pazarının gelişimini teşvik etmekte ve yerel sanayi ile güneş enerjisi şirketleri arasındaki iş birliklerini desteklemektedir.

K9 da, kamusal alandaki dönüşüme işaret ederek, “Elektrik Bakanlığı, hükûmet binalarını güneş enerjisiyle çalışacak şekilde dönüştürmeyi hedefliyor ve bu kapsamda ilk etapta 90 milyar dinar tahsis edildi. Bakanlık, Bağdat ve diğer valiliklerde bulunan 290 okul da dâhil olmak üzere toplam 550 hükûmet binasının dönüştürülmesine başladı,” ifadesini kullanmıştır.

Uluslararası iş birliklerine bir örnek olarak K12 şunları belirtmiştir: “Elektrik Bakanlığı, 2023 yılında Fransız Total Energy şirketi ile Basra Valiliği’nde 1.000 MW güneş enerjisi üretimi amacıyla bir sözleşme imzaladı. Ayrıca şirket, Basra’daki Artawi sahasında da bir güneş enerjisi santrali kuracak.”

İletim ve Dağıtım Altyapısının Güçlendirilmesi

Elektrik sektörü, diğer tüm ekonomik sektörlerin gelişimi için temel altyapıyı oluşturmaktadır. Bu doğrultuda Irak Elektrik Bakanlığı, üretim, iletim ve dağıtım aşamalarında kapasite artırımını hedefleyen kapsamlı planlar geliştirmiştir.

K3 şu şekilde ifade etmiştir; “Elektrik Bakanlığı, toplam kapasiteleri 3000 MW olan 7 adet gaz santralinin kurulum ve işletim süreçlerini tamamlamak üzere çalışmalarını sürdürmektedir. Ayrıca, basit çevrimli enerji tesislerinin kombine çevrim santrallerine dönüştürülmesi ve 2028 yılına kadar büyük kapasiteli 5 buhar üretim tesisi inşasının tamamlanması planlanmaktadır. Bu projeler, şebeke işletme verimliliğinin ve sistemin genel üretim kapasitesinin artırılmasına yöneliktir.”

Ulaştırma sektörüne ilişkin altyapı yatırımları hakkında K14 şunları ifade etmiştir:

“Elektrik Bakanlığı, iletim sistemini güçlendirmek amacıyla 9 adet 400 kV santral inşası ve 85’ten fazla 132/33 kV iletim hattı kurulmasını içeren bir dizi proje başlatmıştır. Ayrıca, yük merkezlerine yakın konumlarda 3 x 90 MVA (megavolt amper) kapasiteli iletim santralleri ve 500 MVA kapasiteli oto transformatörler tesis edilmiş; 132 kV ve 400 kV hatlarda termal iletken kullanımıyla sistem kapasitesi artırılmıştır.”

Dağıtım şebekesindeki iyileştirmeler ise K8 tarafından şu şekilde aktarılmıştır:

“Bakanlık, dağıtım kayıplarını azaltmak amacıyla Bağdat ve diğer illerde 500 bin haneye yönelik hava hatlarının yeraltı kablolarına dönüştürülmesi çalışmalarını yürütmektedir. Bu kapsamda 400’den fazla yeni 33/11 kV dağıtım istasyonu kurulmuş, 200’den fazla mevcut istasyon rehabilite edilmiş, 400.000 konutluk yeni yerleşim alanları için şebeke altyapısı tamamlanmış ve ülke genelinde 7 operasyon ve kontrol merkezi devreye alınmıştır.”

Nihai olarak, K9 Bakanlığın orta vadeli stratejisine dair şu açıklamayı yapmıştır: “Bakanlığın 2022-2027 dönemini kapsayan beş yıllık merkezi planı mevcuttur. Bu plan, mevcut ulusal üretim kapasitesine 7000 MW’lık yeni kapasite ekleyerek toplam arzı artırmayı hedeflemekte olup, 2025 yılı itibarıyla 5500 MW’lık kısmının devreye alınması öngörülmektedir”.

SONUÇ

Bu tez çalışmasında Irak'ın enerji arz güvenliği, özellikle elektrik sektöründeki kronik sorunları ve bu sorunların potansiyel bir çözüm yolu olarak güneş enerjisinin rolü incelenmiştir. Elde edilen bulgular, dünyanın en büyük hidrokarbon rezervlerinden birine sahip olan Irak'ın, kendi vatandaşlarına istikrarlı, sürekli ve uygun fiyatlı elektrik enerjisi sağlamakta şaşırtıcı bir başarısızlık yaşadığını ortaya koymaktadır. Bu paradoksun altında ABD'nin işgal süreci ve sonrası, yaptırımlar, siyasi istikrarsızlık, yönetim zaafı ve kaynak yönetimindeki yapısal hatalar yatmaktadır. Çalışmanın sonuç bölümü, aşağıda belirtilen bağlamlarda ele alınmıştır.

Bir Enerji Paradoksu

Irak, enerji görünümü itibarıyla tipik bir “enerji paradoksu” yaşamaktadır. Bir yanda, 145 milyar varil aşan kanıtlanmış petrol ve 3,8 trilyon m³'ü aşan doğal gaz rezerviyle küresel enerji piyasalarında kritik bir oyuncu konumundadır. Diğer yanda ise, ülke içinde, günlük hayatı ve ekonomik faaliyetleri felç eden, saatlerce süren elektrik kesintileriyle karakterize edilen derin bir enerji krizi hüküm sürmektedir.

Fosil Yakıtlara Bağımlılık ve Yaratdığı Kısır Döngü

Tezin ilk bölümünde detaylandırıldığı üzere, Irak'ın enerji sektörü neredeyse tamamen petrol ve doğal gazla bağımlıdır. Elektrik üretiminin büyük çoğunluğu, termik santraller (gaz ve dizel) aracılığıyla bu kaynaklardan sağlanmaktadır. Ancak bu bağımlılık, bir dizi olumsuz sonucu beraberinde getirmiştir:

Yakılan Gaz ve Ekonomik Kayıp

Üretilen doğal gazın neredeyse yarısı, yetersiz altyapı ve işleme kapasitesi nedeniyle yakılarak israf edilmekte, bu da ülkeye yıllık milyarlarca dolar kaybettirmekte ve ciddi çevresel zarara yol açmaktadır. Ayrıca santrallere sağlanan yakıtın kalitesizliği veya düzensizliği, üretim kapasitesinde düşüslere ve ekipmanlarda aşınma dolayısıyla arızalara neden olmaktadır.

İthal Bağımlılık

Kendi doğal gazını verimli kullanamayan Irak, elektrik santrallerini beslemek için İran'dan doğal gaz ve elektrik ithal etmekte, bu da enerji güvenliğini

komşu ülkelerin politikalarına bağımlı hale getirmekte ve dış ticaret dengesini olumsuz etkilemektedir.

Elektrik Sektöründeki Yapısal Çöküş

2005 yılında yaklaşık 2.000 MW olan arz-talep açığı, 2019 yılına gelindiğinde 10.000 MW'ın üzerine çıkmıştır. Mevcut üretim, artan nüfus, kentleşme ve yaz aylarındaki yoğun iklimlendirme ihtiyacı karşısında yetersiz kalmaktadır. Elektrik enerjisi sistemindeki kayıp-kaçak oranları, 2020 yılında %60'ı aşmıştır. Bu, dünyadaki kabul edilebilir oranların (%3-5) çok üzerinde olup, hem teknik altyapının (eski iletim hatları, trafolar) hem de idari zaafıların (yasadışı bağlantılar, zayıf faturalandırma ve tahsilat) bir yansımasıdır. Üretilen her 100 birim enerjinin 60'tan fazlası nihai tüketiciye ulaşmamakta, bu da sektörün mali sürdürülebilirliğini imkansız kılmaktadır. Santrallerin büyük kısmı eski teknolojiyle çalışmakta, yedek parça ve düzenli bakım eksikliği nedeniyle tam kapasite çalışmamaktadır. ABD işgali, siyasi istikrarsızlıklar ve sabotajlar da altyapıya geri dönülmez zararlar vermiştir.

Bunun yanında sembolik denecek kadar düşük olan elektrik tarifeleri ve yaygın sübvansiyonlar, tüketicilerde tasarruf bilinci oluşturmamakta, aksine israfı teşvik etmektedir. Zayıf tahsilat ve devlet dairelerinin ödenmeyen borçları, Elektrik Bakanlığı'nın gelirlerini ciddi şekilde kısıtlamakta, bu da bakım ve yatırım için gerekli fonların oluşmasını engelleyerek kısır döngüyü beslemektedir. Diğer taraftan sektör, yolsuzluk, kayırmacılık ve şeffaflık eksikliğinden derinden etkilenmiştir. Yatırımların etkin bir şekilde yönetilememesi, bütçeden ayrılan muazzam kaynaklara rağmen (2005-2019 arası ~65 milyar dolar) somut bir iyileşme sağlanamamasının temel nedenidir.

Güneş Enerjisi: Fırsatlar ve Riskler

Coğrafi konumu itibarıyla Irak, güneş enerjisi üretimi için dünyanın en elverişli bölgeleri arasında yer almaktadır. Ülke genelinde yıllık toplam güneş ışıını 4908-6250 MW/cm² aralığındadır. Bu değerler, fotovoltaiik (PV) sistemler için son derece verimli ve ekonomik üretim yapılabileceğini göstermektedir. Yıllık ortalama gerçek güneşlenme süresi, birçok bölgede günde 8 saatin üzerindedir ve yaz aylarında 12 saate kadar çıkabilmektedir. Özellikle batı (El-Rutba) ve güney (Basra, Nasiriye) bölgeleri, en yüksek potansiyele sahip alanlardır. Irak'ın sahip olduğu geniş çöl ve boş araziler, büyük ölçekli güneş enerjisi santrallerinin (GES) kurulması için ideal altyapıyı sunmaktadır. Bu potansiyel değerlendirildiğinde, güneş enerjisinin sadece elektrik açığını kapatmakla kalmayacağı, aynı zamanda şu stratejik faydaları sağlayacağı öngörülebilir: fosil yakıt bağımlılığını azaltarak enerji arz güvenliğini artırır, yakıt ithaline olan ihtiyacı azaltır, dış ticaret dengesini iyileştirir, sera gazı emisyonlarını ve hava kirliliğini azaltır, uluslararası iklim taahhütlerine uyum sağlanmasına yardımcı olur, ulusal şebekeden uzak kırsal bölgelere elektrik

sağlayarak bölgesel kalkınmayı destekler, GES'lerin kurulumu, bakımı ve işletilmesi alanlarında yeni istihdam alanları oluşur.

Ancak, bu potansiyelin gerçeğe dönüşmesinin önünde önemli engeller bulunmaktadır. Sık yaşanan toz fırtınaları ve kum fırtınaları, güneş panellerinin verimliliğini düşürmekte ve bakım maliyetlerini artırmaktadır. Yüksek yaz sıcaklıkları da PV panel verimliliğini olumsuz etkileyebilmektedir. Ayrıca siyasi istikrarsızlık, bürokrasi ve yolsuzluk algısı, uluslararası ve yerel yatırımcılar için ciddi bir caydırıcı faktördür. Bunun yanında güneş enerjisi projeleri yüksek başlangıç yatırımı gerektirir. Irak'ta yatırımı teşvik edecek net, şeffaf ve uzun vadeli politikaların eksikliği söz konusudur. Şebeke entegrasyonu, enerji depolama sistemleri ve proje geliştirme konularında yerel teknik bilgi birikimi ve uzmanlık da yetersizdir. Yatırım ve üretim için yenilenebilir enerjiye özgü, şebekeye bağlantı, satın alma garantileri (Feed-in Tariff) ve enerji alım anlaşmaları (PPA) gibi konularda net bir yasal çerçeve bulunmamaktadır.

Entegre ve Çok Boyutlu Bir Strateji

Irak'ın enerji krizinden çıkışı ve güneş enerjisi potansiyelini hayata geçirebilmesi için kısa, orta ve uzun vadeli adımlardan oluşan, birbiriyle uyumlu ve kapsamlı bir stratejiye ihtiyaç vardır. Öncelikle, mevcut en verimli termik ve hidroelektrik santrallerde acil bakım ve rehabilitasyon programları başlatılmalı, kayıp üretim kapasitesi hızla geri kazanılmalıdır. Teknik kayıpları azaltmak için iletim ve dağıtım hatlarında hedeflenen modernizasyon projeleri hayata geçirilmeli. İdari kayıplarla mücadele için akıllı sayaç sistemlerine geçiş hızlandırılmalı, yasadışı bağlantılar etkin bir şekilde denetlenmeli ve cezalandırılmalıdır. Doğal gaz yakma oranlarını azaltmaya yönelik projeler (Basra Gaz Şirketi gibi) desteklenmeli ve genişletilmeli, elektrik santrallerine kaliteli ve sürekli yakıt tedariki sağlanmalıdır.

Mevcut şebekeye entegre, 50-100 MW ölçeğinde büyük GES projeleri (Total, Masdar gibi şirketlerle imzalanan anlaşmaların hızla hayata geçirilmesi) ve çatı tipi dağıtık sistemler için pilot bölgeler oluşturulmalıdır. Bu projeler, teknolojinin yerel koşullara uygunluğunu test edecek ve yatırımcıya güven verecektir. “Yenilenebilir Enerji Yasası” çıkarılarak, şebekeye bağlantı, enerji alım garantileri ve vergi teşvikleri gibi konular net şekilde belirlenmelidir.

Kamu-Özel Ortaklığı (PPP) modelleri teşvik edilmeli, uluslararası kalkınma bankaları ve yeşil fonlardan yararlanılmalı, yerel bankalar aracılığıyla düşük faizli kredi olanakları sağlanmalıdır. 2030 ve 2050 için ciddi hedefler konulmalıdır (örneğin, 2030'a kadar kurulu gücün %20-25'inin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması gibi). Bu tür hedefler güneş enerjisi santrallerinin yanı sıra, rüzgâr ve atık-çöp gazından enerji üretimi gibi diğer yenilenebilir kaynakları da kapsamalıdır.

Değişken ve dağınık yenilenebilir kaynakları entegre edebilmek için şebekenin dijitalleştirilmesi ve esnekliğinin artırılması hayati önem taşımaktadır. Enerji depolama sistemlerine (pil depolama, pompalı hidro depolama) yatırım yapılmalıdır. Ayrıca sosyal adaleti gözeten, ancak israfı caydıran kademeli bir tarife yapısına geçilmelidir. Düşük gelirli haneler hedef alınarak doğrudan nakit transferi gibi yöntemlerle korunabilir. Enerji verimliliği standartları getirilmeli, tasarruflu cihaz kullanımı teşvik edilmelidir. Üniversiteler ve meslek okulları ile iş birliği yapılarak güneş enerjisi mühendisliği, teknikerliği ve bakım personeli yetiştiren programlar başlatılmalıdır. Uzun vadede, güneş paneli montajı ve bileşen üretimi gibi yerel sanayilerin gelişimi teşvik edilmelidir. Elektrik Bakanlığı'nda ve bağlı kuruluşlarda şeffaflık ve hesap verebilirliği artıracak reformlar yapılmalı, yatırım süreçleri dijitalleştirilerek yolsuzluk fırsatları minimize edilmelidir.

Bu bağlamda enerji sektöründeki mevcut kriz, sadece bir elektrik kesintisi sorunu değil, aynı zamanda bir yönetim, ekonomi ve kalkınma krizidir. Fosil yakıtların sağladığı kısa vadeli gelirlere bel bağlamak, ülkeyi daha da kırılgan hale getirmektedir. Buna karşılık, güneş enerjisi, Irak'ın coğrafi olanaklarından gelen stratejik bir avantajdır. Bu potansiyeli harekete geçirmek için siyasi irade, koordineli bir planlama, uluslararası iş birliği ve toplumsal bir uzlaş gerekmektedir. Ancak, yapılacak yatırımlar yalnızca megavatlar ölçüsünde ele alınmamalıdır. Gerçekleştirilecek yatırımlar aynı zamanda Irak'ın gelecek nesilleri için enerji güvenliğini temin eden istikrarlı, sürdürülebilir ve bağımsız bir enerji geleceği inşa etmek anlamına gelecektir.

KAYNAKÇA

- Abbas, A. (2003). *Irak'ta doğal gaz endüstrisi (enerji coğrafyasında bir çalışma)*. Bağdat Üniversitesi. Sanat Fakültesi.
- Abdel-Gawad, R. (2022). Petrol ülkelerinde yenilenebilir enerjiye yönelik modern eğilimler (Analitik çalışma). *Damanshour Üniversitesi Ticaret Fakültesi Dergisi*, 10, 103–137.
- Abdel-Ridha, N. J. (2011). *Petrol ekonomisi*. Dar Ihya' al-Turath al-Arabi.
- Abdel-Ridha, S., & Nabil, J. (2015). *Irak'ta petrol ve gaz endüstrisi mevcut ve gelecek trendler (2000-2020)*. Emirates Stratejik Araştırmalar ve Araştırma Merkezi.
- Abdul Hussein, O. G. (2019). Toz fırtınalarının Irak'ın orta ve güney bölgelerine ulaşan toplam güneş radyasyonu üzerindeki etkisi. *Bağdat Üniversitesi Sanat Fakültesi Sanat Dergisi, Eğitim Fakültesi*, 347–372.
- Abdul-Aali, A. (2018). Yatırım Anlaşması (Üretim, Bakım ve Rehabilitasyon) kapsamında Irak'ta elektrik üretimi beklentileri. *Gulf Economist*, 34(38), 79–110.
- Abu Rahil, A. H., & Al-Jashami, S. H. (2016). İklimin mevsimsel değişimi ve bunun Irak'ta enerji tüketimiyle ilişkisi. *İslam Üniversitesi Koleji Dergisi, Al-Najaf Al-Ashraf*, 1(37), 175–177.
- Abu Sammour, H. (2000). *Fiziki coğrafya bilimine giriş*. Al-Safaa Yayınevi.
- Ahmed, Z. A. (2011). *Dünyada iklim değişikliği ve etkilerini azaltmak için yenilenebilir enerjinin kullanımı*. Kufe Üniversitesi. Kız Eğitim Fakültesi Yayını. 153.
- Al-Adhari, S. (2022). İklim özelliklerinin güneş panellerinin verimliliği üzerindeki etkisi. *Kufa Üniversitesi Sanat Fakültesi Dergisi*, 1(33), 233–258.
- Al-Amiri, H. (2008). Basra şehrinde elektrik enerjisi üretiminin gerçekliği ve geleceğe yönelik beklentileri. *İdari Araştırmalar Dergisi*, 2(4), 195–223.
- Al-Aqabi, Z., & Al-Musavi, R. (2019). Irak'ta yenilenebilir enerjinin gerçekliği ve beklentileri (Brezilya deneyiminden yararlanma olasılığı). *Wasit Üniversitesi, Yönetim ve Ekonomi Fakültesi Dergisi*, (11)34, 222–228.
- Al-Azzavi, A. M. M. (2019). *İklim elementlerindeki mevsimsel değişikliklerin Irak'taki kuraklığın şiddeti üzerindeki etkisinin analizi*. Tikrit Üniversitesi. Beşerî Bilimler Eğitim Fakültesi.
- Al-Badri, D. S. (2004). *Yeni tip güneş yoğunlaştırıcıları kullanarak güneş hücrelerinin verimliliğinin artırılması*. Tikrit Üniversitesi. Eğitim Fakültesi.

- Al-Barwari, A. A. H., & Al-Hayali, Y. H. J. (2011). Ninova Valiliği'ndeki elektrik talebinin gerçekliği ve 2015 yılına kadar gelecekteki eğilimleri, konut sektörü: Bir vaka çalışması. *Bölgesel Araştırmalar Dergisi*, 7(22), 123–148.
- Al-Bayan Çalışma ve Planlama Merkezi. (2016). *Irak, petrol ve gaz raporu, 2025'e kadar önümüzdeki on yıl için gelecek projeksiyonları dahil*.
- Al-Bayati, H. (1995). *İklim faktörü olarak arazinin etkisi nedeniyle Irak'ta hâkim yerel rüzgârlar*. Irak Genel Meteoroloji Kurumu.
- Al-Bayati, M. (2016). *Bağdat şehrinde güneş pillerinin kullanımına ve verimliliğine ilişkin bir iklim değerlendirmesi*. İbn Rüşd Eğitim Koleji. Bağdat Üniversitesi.
- Al-Bili, M. (2020). Dünyada yenilenebilir enerjilere yapılan yatırımların gerçekliği: Uluslararası deneyimler ışığında çevre ekonomisinin riskleri: Bir model olarak Almanya. *Cezayir Güvenlik ve Kalkınma Dergisi*, 9(2), 24–36.
- Al-Dalfi, S. (2017). *Orta Doğu'ya yönelik Amerikan stratejisinde petrolün rolü (Irak petrolü)*. Al-Mustafa Uluslararası Üniversitesi. Beşerî Bilimler Koleji.
- Al-Dizi, A. (2013). *Antik ve modern dönemde Irak iklimi*. Kültür Bakanlığı. Genel Kültür İşleri Evi.
- Al-Fatlawi, J. (2022). Sürdürülebilir kalkınmanın yenilenebilir enerji gerçekliği üzerindeki etkisi- analitik bir çalışma. *Al-Qadisiyah Üniversitesi, Yönetim ve Ekonomi Fakültesi Dergisi*, 1(65), 340–344.
- Al-Hasani, F. (1976). Irak ikliminin sınıflandırılmasında modern yöntemler. *Irak Coğrafya Derneği Dergisi*, 8, 61–78.
- Al-Jabara, H. (2012). *Güney Irak valiliklerinde yenilenebilir enerjinin kullanımı (Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi)*. Basra Üniversitesi. Sanat Fakültesi.
- Al-Janabi, A., Al-Shablawi, S. A., & Al-Rifai, M. (2014). Babil Valiliği'nde elektrik tüketimi. *Coğrafi Araştırma Dergisi*, 19, 151–174.
- Al-Jubouri, A. (2003). *Selahaddin Valiliği'ndeki iklim unsurlarının ve bazı hava olaylarının coğrafi analizi*. Tikrit Üniversitesi. Eğitim Fakültesi.
- Al-Jubouri, S. (2016). *İklim coğrafyası*. Al-Raya Yayınevi.
- Al-Kayyat, M. M. (2008). Çin ve Alternatif Enerji Seçeneği: Bir Çıkış Yolu Bulma Krizi. *Uluslararası Politika Dergisi*, 1(171), 30–48.
- Al-Khafaji, H. (2018). *Irak'ta elektrik: Sorunlar ve çözümler*. Al-Bayan Araştırma ve Planlama Merkezi.
- Al-Kinani, A. (2010). *Irak'ın güney bölgesinde elektrik enerjisi üretimi ve tüketimi (Sanayi coğrafyasında bir çalışma)*. Bağdat Üniversitesi.

- Allam, N. (2019). *Uluslararası tüccarlardan sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde Mısır'da yenilenebilir enerji teknolojisinin yenilikçiliği ve rekabetçiliği*. Ulusal Planlama Enstitüsü.
- Al-Masoudi, K. H. (2018). *Yenilenebilir enerji projelerine yatırım*. Arap Miras Evi.
- Al-Masoudi, K. H. (2022). Yenilenebilir Enerji ve Sürdürülebilir Kalkınmanın Sağlanmasındaki Rolü: Bir Model Olarak Çin Deneyimi. *Milaf Araştırma ve Çalışmalar Dergisi*, 7(2), 77–90.
- Al-Mousawi, A. S. T. (2009). *Coğrafya hava ve iklim*. Dar Al-Diyaa Printing.
- Al-Mousawi, A. S. T. (2017). *Irak iklimi*. Al-Mizan Press.
- Al-Nouri, S., & Al-Sakini, A. (2014). Irak'ta rüzgâr hızının olasılığı ve elektrik enerjisi üretimindeki rolü (Enerji coğrafyasında bir çalışma). *Al-Mustansiriya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18, 357–372.
- Al-Qubaisi, H. (1978). *Dünyada güneş enerjisi*. Arap Kalkınma Enstitüsü Yayını.
- Al-Rubaie, N. (1983). *Güneş enerjisine yatırım için bilimsel ufuklar*. Bağdat Üniversitesi. Kültür ve Enformasyon Bakanlığı Yayını.
- Al-Saadi, H. (2019). *Irak'ta elektrik enerjisi israfı, ekonomik çalışma*. Kerbelâ Üniversitesi. Yönetim ve Ekonomi Fakültesi.
- Al-Saadi, M. (2020). *Bağdat Valiliği'nde güneş enerjisi kullanma olasılığının değerlendirilmesi ve elektrik enerjisi sektöründe sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasındaki rolü*. Bağdat Üniversitesi. Sanat Koleji.
- Al-Samarrai, M. (2014). *Selahaddin Valiliği'nde elektrik enerjisi üretimi ve iletimi*. Tikrit Üniversitesi.
- Al-Samarrai, Q. (2008). *Hava ve iklim prensipleri*. Al-Yazouri Basım ve Yayınevi.
- Al-Samarrai, Q. (2009). Irak'ın iklimi: Geçmiş ve günümüz. *Al-Adab Dergisi*, 50, 109–138.
- Al-Samarrai, Z. F. A. (2023). Irak gaz sektörünün boyutları. *Irak Üniversitesi İslam Araştırmaları ve Çalışmaları Merkezi*, 1(58), 570–583.
- Al-Sarraf, S. (2000). *Çevre ve iklim bilimi*. Dar Al-Kutub Basım ve Yayın Vakfı.
- Al-Shaabani, S. (2005). *Irak'ta bazı şiddetli hava olaylarının tekrarı*. Basra Üniversitesi. Sanat Koleji.
- Al-Shâlâsh, H. (1995). *Irak'ın iklim bölgelerini belirlemek için bazı aritmetik kriterleri kullanmak*. Riyad Üniversitesi. Sanat Koleji.
- Al-Shammari, R. (2014). Irak'ta elektrik enerjisi üretiminin gerçekliği ve doğal gaz kullanılarak geleceğe yönelik beklentiler. *Al-Qadisiyah Üniversitesi. Al-Qadisiyah İnsan Bilimleri Dergisi*, 17(4), 273–308.

- Al-Shujairi, O. (2015). *İklim değişikliği göstergeleri ve bunların Wasit Valiliği'ndeki su gerçekliği üzerindeki etkisi*. Bağdat Üniversitesi. İbn Rüşd Beşeri Bilimler Eğitim Fakültesi.
- Al-Taie, A. (2017). *Irak'ın orta Fırat vilayetlerinde elektrik enerjisi üretimi, iletimi ve tüketiminin mekânsal analizi*. Kufa Üniversitesi.
- Al-Taie, A. (2019). Irak'ta sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için bir araç olarak yeşil enerji. *El-Kadisiyah Üniversitesi Sanat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 471–506.
- Al-Talqani, H. A. (2022). Irak'taki Petrol Endüstrisinin Gerçekliği ve Gelecekteki Gereksinimleri: Gelecek Çalışmaları. *Dar Al-Hikma Dergisi*, 20, 59-75.
- Al-Tamimi, N. (2017). *Irak'taki toplam güneş radyasyonu değerlerini tahmin etmek ve tahmin etmek için optimal yöntemin kullanılması*. Bağdat Üniversitesi. Eğitim Fakültesi.
- Al-Zangana, J. S. (1999). *Irak'ın hava durumu üzerindeki termal depresyonların etkisi*. Bağdat Üniversitesi. Sanat Fakültesi.
- Al-Zarkani, Z. (2021). Irak'ta güneş enerjisi yatırımının coğrafi potansiyeli. Al-Qadisiyah Üniversitesi. *Journal of the College of Arts*, 15(3), 36–65.
- Amr, M. (1995). *Kırsal kalkınma alanında güneş enerjisi ve uygulamalı teknolojilerin kullanımına ilişkin gereksinimler*. Arap Devletleri Birliği Arap Tarımsal Kalkınma Örgütü, Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları Çalıştay, 4–21.
- Ativi, A. (2022). Irak'ta doğal gaz endüstrisi- Gerçeklik, zorluklar, beklentiler. *Kufe Üniversitesi, Yönetim ve Ekonomi Fakültesi*, 13(9), 476.
- Avenston. (2023). *History of solar energy prices*. <https://avenston.com/en/articles/pv-cost-history/>
- Badran, İ. (1986). Ürdün'de enerji. Amman Üniversitesi. Sanat Fakültesi.
- Cassidy, E., & Peters, G. (2010). *Enerji kaynakları, teknoloji ve topluma giriş* (S. S. Al-Damluji, Çev.). Arap Birliği Çalışmaları Merkezi.
- Dawi, A. & Abdul-Aali, A. (2017). Enerji Stratejisi kapsamında Irak'taki enerji sektörünün geleceği (2012-2030). *Gulf Economist*, 33, 1-50.
- Doğanay, H., & Altaş, N. T. (2013). *Doğal kaynaklar*. Pegem Akademi. Ankara.
- Doğanay, H., & Coşkun, O. (2017). *Enerji kaynakları*. Pegem Akademi. Ankara.
- ed-Delimî, U. A. (1997). Irak'ta elektrik enerjisi ve kalkınma. Bağdat Üniversitesi Sanat Fakültesi.
- El-Muhammedi, N. S. H., & Al-Fahdawi, A. S. F. (2015). Irak'taki gaz yakıtlı elektrik santrallerinde mevsimsel sıcaklık değişimleri ve yakıt tüketimiyle ilişkileri. *Anbar Üniversitesi Beşeri Bilimler Dergisi*, 1, 292–309.

- El-Sayed, R. (2023). Maliyet rekabetçiliği yoluyla yenilenebilir enerjideki küresel eğilimler (Güneş ve rüzgâr enerjisine uygulandığı şekliyle). *Nil İşletme Bilimleri Dergisi*, 3(5), 278–314.
- Energy Information Administration (EIA). (2023). *Monthly energy review: Electricity generation from renewable sources*. U.S. Department of Energy.
- Estebanian, H. (2018). *Irak'ta güneş enerjisi başlangıçtan tazmine*. El-Bayan Araştırma ve Planlama Merkezi.
- Farhan, S. (2019). *Bağdat Valiliği'nde sıcak mevsimin sıcaklığı ve elektrik enerjisi tüketimine etkisi*. Al-Mustansiriya Üniversitesi.
- Ghanem, A. H. (2021). *Tavuk çiftlikleri için biyokütle enerjisinden yeşil enerjinin ölçülmesi ve yönetimi ve rekabet avantajı elde etmedeki rolü*. El-Mustansiriya Üniversitesi. İşletme ve Ekonomi Fakültesi.
- Global Solar Atlas. (2025). *Iraq (2019)*. <https://globalsolaratlas.info/download/iraq>
- Google Earth. (2022). *Musul barajı ve hidroelektrik santrali, Hint barajı ve hidroelektrik santrali, Kufe barajı ve hidroelektrik santrali*. <https://earth.google.com/web/search/>
- Habib, A. A. M. (1990). Irak'ta Güneş Enerjisi: Enerji Coğrafyası Üzerine Bir Çalışma. *Irak Coğrafya Derneği Dergisi*, 24, 25–46.
- Hadid, A. (2009). *Yerel iklim*. Milli Kütüphane. Dar Al-Kutub For Printing And Publishing.
- Hassan, H. (2014). *İran ve enerji güvenliği*. Al-Nahrain Üniversitesi. Siyasal Bilgiler Fakültesi.
- Hindistan Yeni ve Yenilenebilir Enerji Bakanlığı. (2022). *Federal bütçe 2022-2023: Hindistan güneş enerjisi yolculuğuna çıkıyor*. Enformasyon ve Yayıncılık Bakanlığı.
- Hisour. (2015). *Japonya'da yenilenebilir enerji*. <https://www.hisour.com/data/solar-power-in-japan/>
- Hood, A. (1995). *Arap kırsalında güneş enerjisinin evsel amaçlar için kullanımı*. Arap Tarımsal Kalkınma Örgütü Basını.
- International Bank for Reconstruction and Development (IBRD). (2015). *Program document for a proposed loan in the amount of US\$1,200 million to the Republic of Iraq for emergency fiscal stabilization, energy sustainability, and state-owned enterprise transparency development policy financing* (Report No: 97938).
- International Bank for Reconstruction and Development (IBRD). (2019). *Iraq electricity services reconstruction and enhancement project* (Report No: PAD2601).

- Irak Cumhuriyeti Elektrik Bakanlığı. (2019). *Yıllık istatistik raporu*. Bilgi ve Sistemler Dairesi Başkanlığı. Merkezi İstatistik Dairesi.
- Irak Cumhuriyeti Elektrik Bakanlığı. (2019). *Yıllık istatistik raporu*. Proje Geliştirme ve Takip Dairesi Başkanlığı. Merkezi İstatistik Dairesi.
- Irak Cumhuriyeti Elektrik Bakanlığı. (2020). *Yıllık istatistik raporu*. Planlama ve Etüt Dairesi Başkanlığı. İstatistik Dairesi.
- Irak Cumhuriyeti Petrol Bakanlığı. (2020). *İstatistik merkezi*.
- Irak Cumhuriyeti Planlama Bakanlığı. (1994). *Petrol istatistikleri*. Merkezi İstatistik Örgütü.
- Irak Cumhuriyeti Planlama Bakanlığı. (2020). *2018-2020 yıllarına ait ulusal kalkınma planı*. İstatistik Dairesi.
- Irak Cumhuriyeti Ulaştırma Bakanlığı. (2018). *İklim verileri (güneş radyasyonu insidans açıları)*. Meteoroloji ve Sismik İzleme Genel Kurumu. İklim Dairesi.
- Irak Cumhuriyeti Ulaştırma Bakanlığı. (2020). *İklim verileri*. Meteoroloji ve Sismik İzleme Genel Kurumu. İklim Dairesi.
- Irak Cumhuriyeti Ulaştırma Bakanlığı. (2022). *İklim verileri (güneş radyasyonu)*. Meteoroloji ve Sismik İzleme Genel Kurumu. İklim Dairesi.
- Irak Cumhuriyeti. (2016). *Irak ulusal yatırım komisyonu yasası no. (13)*.
- Irak Cumhuriyeti. (2018). *Irak ulusal yatırım komisyonu raporu (Electricity sector, investment projects in renewable energy field)*. https://investpromo.gov.iq/wp-content/uploads/2018/06/2.-Electricity-Sector-all-provinces-2018.pdf?utm_source
- IRENA. (2015). *Renewable energy capacity statistics*. IRENA Publication. Abu Dhabi. United Arab Emirates.
- IRENA. (2021). *Renewable energy statistics*. IRENA Publication. Abu Dhabi. United Arab Emirates.
- IRENA. (2022). *Renewable energy statistics*. IRENA Publication. Abu Dhabi. United Arab Emirates.
- IRENA. (2023). *Renewable energy statistics*. IRENA Publication. Abu Dhabi. United Arab Emirates.
- IRENA. (2025). *Country rankings (2000-2024)*. <https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Capacity-and-Generation/Country-Rankings>
- İbrahimi, A. (2010). *Seçilmiş ülkelerde yenilenebilir enerji gerçeği*. İktisadi Bilimler Fakültesi. Cezayir.

- İmran, K. M. (2007). Irak'ta elektrik enerjisi talebinin gerçekliği, model olarak güney bölgesi. Basra Üniversitesi, Basra ve Arap Körfezi Araştırmaları Merkezi. *Gulf Economist Dergisi*, 24(14), 189–220.
- Jenny, C. (2015). *China's fast track to a renewable future*. RE100 China Analysis.
- Karabulut, Y. (2003). *Enerji kaynakları*. Hilmi Usta Matbaacılık. Ankara.
- Khalifa, A. (1984). *Soğutma kulesi ve düz güneş kollektörü kullanarak su damıtması*. Teknoloji Üniversitesi. Makine Mühendisliği.
- Khalil, S. (2004). *Irak iklimini etkileyen bazı hava sistemlerinin hareketini tahmin etme yöntemleri*. Al-Mustansiriya Üniversitesi. Fen Fakültesi.
- Kumari, M., & Kumar Singh, P. (2017). Impacts of solar power in India: A review. *International Journal of Research & Review (IJRR)*, 4(5), 55–64.
- Li, A., Xu, Y., & Shiroyama, H. (2019). Solar lobby and energy transition in Japan. *Energy Policy*, 134, 110950.
- Marzouki, M., Ramdani, M., & Bouguerra, K. (2021). Cezayir'de sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için bir mekanizma olarak yenilenebilir enerji stratejisi - Temel küresel deneyimlerin incelenmesi. *Economic Notebooks Dergisi*, 12(1), 91–104.
- Matsubara, H. (2018). *Renewable energy policies and the energy transition in Japan*. Sven Saaler, FES Representative in Japan.
- Mehdi, K. & Al-Yassiri, A. (2021). Irak'ta yenilenebilir enerjinin gerçekliği ve geleceği ve bundan elektrik üretiminde yararlanma olasılığı. Kufe Üniversitesi. *Yönetim ve Ekonomi Fakültesi*, 17(2), 45–62.
- Mills, R., & Maryam, S. (2020). *Irak'a güç vermek: Irak'taki elektrik sektörünün karşı karşıya olduğu zorluklar*. Al-Bayan Araştırma ve Planlama Merkezi.
- Moussa, A. (1995). *Fırtınalar ve kasırgalar*. Dar Al-Fikr.
- Muhammad Abbas, I. (2015). Irak'taki doğal gaz endüstrisinin ekonomik boyutlarının analizi. *Maysan Üniversitesi, Yönetim ve Ekonomi Fakültesi*, 1(20), 14–46.
- OAPEC. (1982). *Katar belgeleri (Sudan, Moritanya ve Ürdün)*. İkinci Arap enerji konferansı. Doha. Qatar.
- OAPEC. (1982). *Ülke raporları (Suudi Arabistan, Fas)*. İkinci Arap enerji konferansı. Doha. Qatar.
- OAPEC. (1985). *BAE belgeleri (Cezayir)*. Üçüncü Arap enerji konferansı. Algiers. Republic of Algeria.
- OAPEC. (2009). *Arap ülkelerinde doğal gaz kaynaklarının geliştirilmesi*. Kuwait. State of Kuwait.

- OAPEC. (2020). *Yıllık istatistik raporu*. Kuwait. State of Kuwait.
- Omran, H. H. (1997). *Irak'ın güney valiliklerinde elektrik enerjisi üretimi ve iletimi*. Tikrit Üniversitesi. Eğitim Fakültesi.
- OPEC. (2000). *Yıllık istatistik bülteni*. OPEC Publication. Vienna. Austria.
- OPEC. (2018). *Yıllık istatistik bülteni*. OPEC Publication. Vienna. Austria.
- OPEC. (2019). *Yıllık istatistik bülteni*. OPEC Publication. Vienna. Austria.
- OPEC. (2020). *Yıllık istatistik bülteni*. OPEC Publication. Vienna. Austria.
- OPEC. (2021). *Yıllık istatistik bülteni*. OPEC Publication. Vienna. Austria.
- OPEC. (2022). *Yıllık istatistik bülteni*. OPEC Publication. Vienna. Austria.
- Oral, M. (2020). *Gücün coğrafi bağlamı*. Pegem Akademi. Ankara.
- Prest, A. R. (1962). *Public finance in underdeveloped countries*. Weidenfeld & Nicolson.
- REN21. (2013). *Renewables global status report*. REN21 Publication. Paris. France.
- REN21. (2015). *Renewables 2015 global status report* (C. Lins, Sunucu). <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- REN21. (2020). *Renewables global status report*. REN21 Publication. Paris. France.
- REN21. (2024). *Renewables global status report*. REN21 Publication. Paris. France.
- Salloum, F. (2015). Irak'ın iklim öğelerinde ve toz olaylarında iklim değişikliği göstergelerindeki varyasyon. *Bağdat Üniversitesi, Eğitim Fakültesi*, 7(18), 198–226.
- Salman, T. (2016). Petrol gelirlerinin Irak ekonomik kalkınmasına etkisi. *Babylon Üniversitesi Dergisi, Fen ve Uygulamalı Bilimler Koleji*, 24(4), 351–370.
- Sasikumar, N., & Jayasubramaniam, P. (2013). Solar energy system in India. *IOSR Journal of Business and Management*, 7(1), 61–68.
- Shanshoul, A. (2014). Irak'taki hidroelektrik istasyonlarının mekansal analizi ve bunları etkileyen faktörler (enerji coğrafyasında bir çalışma). *16*(27), 322–353.
- Solar Energy Industries Association (SEIA) & Wood Mackenzie. (2023). *U.S. solar market insight report 2023*.
- Statista. (2025). *Capacity of operational solar power farms in China as of February 2025, by province/municipality*. <https://www.statista.com/statistics/1314696/solar-power-capacity-in-china-by-province/>

- Sultan, R. (2014). Irak'ta elektrik enerjisi: gerçeklik ve gelecek beklentileri. *Irak Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 12(41), 71–99.
- Tümertekin, E., & Özgüç, N. (2007). *Ekonomik coğrafya (küreselleşme ve kalkınma)*. Çantay Kitabevi. İstanbul.
- Zhang, Y., Ren, J., Pu, Y., & Wang, P. (2020). Solar energy potential assessment: A framework to integrate geographic, technological, and economic indices for a potential analysis. *Renewable Energy*, 149, 577–586.