



Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, (İSMUS), VIII/1 (2023), s. 59-78

MENA BÖLGESİ GÜNEŞ ENERJİ POTANSİYELİ*

Mehmet ATAŞ**
İdris SARISOY***

Özet

Bu çalışmanın amacı, fosil enerji kaynakları çevreyi olumsuz etkileri ve dışa bağımlı ülkeler için enerji arz güvenliği riski nedeniyle her geçen gün yenilebilir enerji üretiminin artmasına bağlı olarak Orta Doğu ve Kuzey Afrika (MENA) ülkelerindeki yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerji potansiyelinin ortaya konmasıdır. Güneş enerji potansiyeli bakımından dünyanın en önemli bölgelerinden biri olan MENA ülkelerinde bu konuda kayda değer yatırımlar vardır. Güneş enerjisi yatırımları, belli bir dönem sonra tükeneceği belirtilen fosil enerji kaynakları için son derece önemli bir alternatif oluşturma potansiyeli taşımaktadır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda MENA bölgesi güneş enerji potansiyelinin dünya ortalamasından yüksek olduğunun yanı sıra en yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip ülkenin Mısır, en düşük potansiyele sahip ülkenin ise Lübnan olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Güneş Enerji Potansiyeli, Yenilenebilir Enerji, MENA*
JEL Sınıflandırması: O13, Q42, Q47

* Bu çalışma, Marmara Üniversitesi Ortadoğu ve İslam Ülkeleri Araştırmaları Enstitüsü Orta Doğu Ekonomi Politikası Anabilim Dalı Doktora Programında devam eden "MENA Ülkelerindeki Güneş Enerji Yatırımlarının Finansman Maliyetlerinin Farklı Finansman Modellerine Göre Analizi" başlıklı doktora tez çalışmasından yararlanılarak üretilmiştir.

** Marmara Üniversitesi Ortadoğu ve İslam Ülkeleri Araştırmaları Enstitüsü, Doktora Öğrencisi, mehmet.atas@marun.edu.tr, ORCI: 0000-0003-2531-3364

*** Prof. Dr. Marmara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, isarisoy@marmara.edu.tr, ORDIC: 0000-0002-6682-1958.

THE SOLAR ENERGY POTENTIAL OF MENA REGION

Abstract

The aim of this study is to reveal the solar energy potential from renewable energy sources in the Middle East and North Africa (MENA). Due to the negative effects of fossil energy sources on the environment and the risk of energy supply security for foreign-dependent countries, the increase in renewable energy production continues day by day. There are significant investments in this regard in MENA countries, which has one of the most important regions of the world in terms of solar energy potential. Solar energy investments have the potential to create an extremely important alternative to fossil energy sources, which are stated to be depleted after a certain period. As a result of the evaluations, it is seen that the solar energy potential of the MENA region is higher than the world average, and the country with the highest solar energy potential is Egypt, and the country with the lowest potential is Lebanon.

Keywords: *Solar Energy Potential, Renewable Energy, MENA*

JEL Classifications: O13, Q42, Q47

Giriş

Sanayi devrimi ile hızlı bir sanayileşme sürecine giren dünyada enerji ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Enerji talebi her ne kadar sanayileşme süreciyle birlikte artmaya başlasa da sanayileşme öncesinde insanlar birçok alanda enerjiye ihtiyaç duymaktaydı. Önceleri üretim, insan ve hayvan gücü ile yapılırken zamanla su ve rüzgâr gücü keşfedilerek, üretimde kullanılan enerji yapısı değişmeye başlamıştır. Özellikle değirmenlerde, evlerde ve demir işleme atölyelerinde kullanılan su ve rüzgâr enerjisi buna örnek gösterilebilir.

Sanayi devrimi ile birlikte makineleşmede artış başlamış ve ilk olarak buhar gücü ile çalışan makineler icat edilmiştir (Sezgin ve Budak, 2022: 84) Bu makineler için gerekli olan yüksek miktardaki enerji fosil yakıtlardan sağlanmıştır. Fosil yakıtlardaki yüksek enerji potansiyeli, iktisadi gelişmenin en önemli unsurlarından birini oluşturmaktadır. Fosil yakıtlardan elde edilen enerji, ilk aşamada iktisadi kalkınmanın kısa zamanda gerçekleşmesinde çok önemli rol oynarken, zamanla bu enerji kaynaklarının tüketiminden ortaya çıkan küresel ısınma, çevre kirliliği gibi birçok olumsuz sonuca neden olmuştur (Akova, 2008: 33). Fosil yakıtların tüketimi sonucunda meydana gelen CO2 emisyonunun mevcut sera gazlarının %76'sını oluşturduğu görülmektedir (IEA, 2012). Bu sera gazı artışına bir çözüm bulmak için bir araya gelen birçok ülkenin 1997 yılında Kyoto Protokolünü imzalaması ile birlikte yenilenebilir enerji vurgusu yapılmış ve gelişmiş ülkelerin karbon dioksit emisyonunu sınırlamaya yönelik bir dizi yükümlülükler açıklanmıştır (Silva, 2011: 2). Ayrıca, fosil yakıtların tükenmeye başlaması ve enerji arz güvenliğindeki sıkıntılarla birlikte alternatif enerji kaynaklarının önemi artmıştır. Bunlardan en önemlilerini yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmaktadır.

Dünya genelinde bu enerji dönüşümü ile ilgili birçok adım atılmaktadır. Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SGD) arasında 7. hedef olarak belirlenen "Uygun fiyatlı ve Temiz enerji" hedefi kapsamında 2030 yılı hedefleri belirlenmiştir. Bu hedefler kapsamında ; modern enerjiye evrensel erişim, toplan enerji tüketiminde yenilenebilir enerji tüketiminin payının artırılması, enerji verimliliğindeki iyileşmenin iki katına çıkarılması, 2020 yılı itibarı ile herkese modern ve sürdürülebilir enerji hizmetleri sunabilmek için altyapının genişletilmesi ve teknolojinin geliştirilmesi için en az gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan küçük ada devletleri ve gelişmekte olan kara ile çevrili ülkeler için 100 milyar ABD doları destek olunması bulunmaktadır (UN, 2022).

Kullanım bakımından mazisi çok eskilere dayanan yenilenebilir enerji kaynakları günümüz insanları için alternatif enerji kaynaklarının en başında gelmektedir. Özellikle iklim anlaşması ile birlikte getirilen CO2 emisyon salınımlarının azaltılmasına yönelik uygulamalarla birlikte yenilenebilir enerji kaynakları her geçen gün daha da önemli hale gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına bakıldığında, özellikle MENA gibi global ısınım ve güneş ışını alma süresi açısından avantajlı olan bölgeler için güneş enerjisi ön plana çıkmaktadır (Jalilvand, 2012: 4). Güneş enerjisinin sınırsız ve kaynağının ücretsiz olması hasebiyle MENA gibi konum avantajı olan bölgelerde yatırımcıların karlılığı artmakta ve bu sayede enerji teknolojilerinin gelişimi sağlanmaktadır.

Son dönemlerde meydana gelen enerji tüketimindeki artış neticesinde ihtiyaç duyulan enerji için güneş enerjisi önemli bir alternatif sağlamaktadır. Özellikle elektrik iletimi için

gerekli olan aktarım şebekesine ihtiyaç duymayan ve gerekli enerjiyi enerjinin gerekli olduğu yerde üretebilme avantajına sahip güneş enerjisi önemli bir avantaj sağlamaktadır (Prasad vd., 2016: 588). Bu bağlamda değerlendirildiğinde MENA bölgesinde fosil kaynak bağımlılığının azaltılması ve çevre dostu enerjiye geçişin sağlanması için güneş enerjisi önemli bir kaynak haline gelmektedir.

Enerji üretiminin en önemli belirleyicilerinden biri, enerji kaynağı potansiyelidir. Enerji yatırımlarının başlaması ve devamı, belli bir düzeyde enerji üretimi sonucunda elde edilecek kar ile mümkündür ve süreklilik kazanır. Enerji rezerv-potansiyel tespitinden sonra enerji üretim kararı netleşebilir. Bu tespitten hareketle, güneş enerjisi bakımından önemli bir potansiyeli sahip olduğu kabul edilen MENA bölgesindeki güneş enerjisi potansiyelinin ülkeler düzeyinde ortaya konması bu çalışmanın temel amacını oluşturmakta ve “MENA ülkelerinin güneş enerji potansiyelinin hangi düzeyde olduğu” çalışmanın cevabını aradığı temel soru olacaktır. Çalışmada, elde edilen istatistik veriler amaca uygun şekilde düzenlenecek ve ilgili veriler ışığında araştırmanın temel sorusuna yanıt bulunacaktır.

Çalışma üç temel bölümden oluşacaktır. Bunlardan ilkinde yenilenebilir enerji ve güneş enerjisinin kavramsal çerçevesinin yanı sıra dünyada güneş enerjisi kapasitesi ve potansiyeli incelenirken; ikinci bölümde konu ile ilgili yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde ise MENA bölgesi güneş enerjisi kapasitesi ve potansiyeli ele alınacaktır. Ortaya çıkan sonuçların değerlendirilmesi ise çalışmanın sonuç bölümünde yer alacaktır.

1. Dünya'da Güneş Enerjisi

Enerji kaynakları, doğada hazır bulunan (petrol, kömür, doğalgaz, rüzgâr, güneş vb.) birincil enerji kaynakları ve birincil enerji kaynaklarının fiziksel olarak değişim geçirmesi ile meydana gelen (elektrik, hidrojen, vb.) ikincil enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılır. Birincil enerji kaynakları da kendi içerisinde yenilenemeyen (petrol, doğalgaz, kömür vb.) ve yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgâr, hidro, güneş, vb.) olarak ikiye ayrılmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynakları, kullanımları durumunda tükenen ve bir daha kullanılamayan enerji kaynakları iken yenilenebilir enerji kaynakları ise tükenmeyen ve defalarca kullanılabilen kaynaklardır (Adıyaman, 2012: 8).

Yenilenebilir enerji kaynakları güneşten dünyaya yansıyan ışık ve sıcaklığın etkisi ile meydana gelen doğa olaylarından kaynaklanmaktadır. Güneşin çekirdeğinde yer alan hidrojen gazının helyum gazına dönüşmesi ile meydana gelen füzyon işlemi neticesinde güneşte sürekli olarak bir ışıma enerjisi ortaya çıkmaktadır. Güneşte meydana gelen bu kimyasal reaksiyonların sürekliliği sayesinde güneş sürekli bir füzyon reaktörü görevi görmektedir. Bu süreçte bir saniyede yaklaşık 386x106 EJ (Eksa Joule) (1 EJ: 22,7 MTEP) enerji üretilmekte ve bu enerji ışıma şeklinde uzaya yayılmaktadır. Dünyadan daha eski olan güneşin bu işleme milyonlarca yıl daha devam edeceği düşünülmektedir. Bu özelliği ile güneş sınırsız bir enerji kaynağı niteliği taşımaktadır (Canka ve Kılıç, 2015: 30). IEA (2011) raporuna göre 90 dakika içerisinde dünyaya gelen güneş ışını enerjisi dünyanın 1 yıllık enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir.

Hem temiz enerji kaynağı hem de tükenmeyen bir kaynak olması açısından yenilenebilir enerji kaynakları her geçen gün daha da önemli hale gelmektedir. Yenilenebilir enerji

kaynaklarından güneş enerjisi üretimi, PV ve CSP yöntemleri ile gerçekleştirmektedir. PV yönteminde yarı iletken maddeden yapılan güneş pilleri yüzeylerine düşen güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Bu sayede güneşten yansıyan enerji yüklü fotonlar doğrudan elektrik enerjisine dönüşmektedir (Akova, 2008: 29). İkinci bir yöntem olan CSP'de ise geniş bir alanda kurulan aynalar ve güneş takip sistemleri güneşten gelen ışınları tek bir noktaya yönlendirilerek klasik enerji santrallerinin (buhar türbini vb.) ihtiyaç duyduğu ısıyı sağlayarak enerji üretir (enerji.gov.tr).

Gelişen teknoloji ve refah düzeyinin artışı ile her geçen gün enerjiye olan talep artmaktadır. Günümüz dünyasında enerji kaynaklarına sahip olmak ülkeler için önemli bir güç kaynağı haline gelmiştir. Özellikle 1973'te meydana gelen petrol krizi ile birlikte enerji bağımlılığı olan ülkelerin alternatif enerji kaynaklarına yönelimleri hızlanmıştır. Fosil yakıtlara bağımlılığın meydana getirdiği çevresel zararlar, küresel ısınma, fosil yakıtların tükenme riski ve iklim değişikliği gibi konular alternatif enerji kaynaklarına yönelimi daha da hızlandırmıştır. Enerji bağımlılığı olan ülkelerin enerji arz güvenliğini sağlamak, sürdürülebilir enerji politikalarına sahip olmak ve dışa bağımlılığı azaltmak için yenilenebilir enerji kaynakları stratejik bir konu haline gelmiştir (Martinopoulos ve Tsalikis, 2018: 802).

Yenilenebilir enerjinin stratejik önemini kavrayan ülkeler, bu alanda gerekli hukuki düzenlemeler yapmışlar, yatırımların desteklenmesi için hibe-teşvik, yatırım kredileri ve alım garantileri gibi mekanizmalarla daha hızlı bir gelişme elde etmişler; yatırımlar da yoğun olarak güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi alanlarında gerçekleştirilmiştir.

Dünya genelinde yenilenebilir enerji üretiminin bir önceki yıla göre %9,1 artarak 2021'de 257 GW'a ulaştığı görülmektedir. Bu artışta 133 GW (+%19) artışla güneş enerjisi en yüksek artışı gösterirken, onu sırası ile 93 GW (+%13) ile rüzgâr enerjisi, biyoenerji 10 GW (+%8), hidroelektrik enerji 19 GW (+%2) ve jeotermal enerji 1,6 GW takip etmektedir. Dünyada yenilenebilir enerji üretimine bakıldığında ise; güneş ve rüzgâr enerjisinin 2021 yılında yenilenebilir enerji kapasitesi artışında, net yenilenebilir enerji ilavelerinin %88'ini oluşturarak dünya genelinde en yüksek artışı gösterdiği görülmektedir. 2019 yılında güneş ve rüzgâr enerji üretiminin sırasıyla %23 ve %12 arttığı görülürken, bu iki enerji kaynağının 2015'ten bu yana yenilenebilir enerji üretiminin %71'ini oluşturarak en büyük paya sahip oldukları görülmektedir (IRENA, 2022a). Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam nihai enerji tüketimindeki payı 2019 yılında yüzde 17,7'ye ulaşarak 2010 yılına göre yüzde 1,6 puan artmıştır (UN, 2022).

Dünyada yenilenebilir üretim kapasitesine bakıldığında ise 2020 yılında 261 GW (+%10,3) artışın olduğu görülmektedir. Kapasite artışında güneş enerjisinin 127 GW (+%22) artış ile ilk sırada yer aldığı, bunu sırasıyla 111 GW (+%18) ile rüzgâr enerjisi, hidroelektrik enerji 20 GW (+%2), biyoenerji 2 GW (+%2) ve jeotermal enerji 164 MW ile takip etmektedir. Güneş ve rüzgâr enerjisi net yenilenebilir ilavelerin %91'ini oluşturarak en büyük paya sahip oldukları görülmektedir. Bu büyüme ile 2020 yılına kadar meydana gelen net yenilenebilir ilave enerji kapasite artışı meydana gelmiştir (IRENA, 2022a, IRENA, 2022b).

Sonsuz bir enerji kaynağı olan güneş enerjisi aynı zamanda çevre dostu ve yenilenebilir enerji kaynağıdır. Özellikle fosil yakıtlar açısından fakir olan ülkeler için alternatif enerji kaynaklarının başında gelmektedir. Dünyada 100'den fazla ülkede kullanılan güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları arasında en hızlı büyüyen enerji üretim teknolojilerine sahip-

tir. Güneş enerjisine son dönemlerde sadece fosil yakıtlar açısından fakir ülkelerin değil, körfez ülkeleri gibi fosil yakıt açısından zengin ülkelerinin de ciddi yatırımlar yaptıkları görülmektedir.

Güneş enerji kaynağını daha iyi anlayabilmek için bu kaynağın avantaj ve dezavantajlarının bilinmesi gerekmektedir. Tablo 1'de güneş enerjisinin avantaj ve dezavantajları verilmiştir.

Tablo 1: Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Güneş Enerjisinin Avantajları-Dezavantajlar

Avantajlar	Dezavantajlar
. Sınırsız ve bedava enerji kaynağıdır.	. İklim şartlarından etkilenir.
. Çevreye olumsuz etkisi yoktur.	. Teknolojik gelişme henüz yeterli değildir.
. Fosil yakıtlara bağımlılığı azaltır.	. Yatırım maliyetlerinin yüksektir.
. Enerji arz güvenliğini sağlar.	. Sadece gündüz enerji üretebilmektedir.
. Elektrik şebekesi olmayan yerlerde kullanılabilir.	. Depolama maliyetleri yüksektir.
. Proje inşa süresi kısadır.	. Toplumsal bilinç henüz tam değildir.
. Dağıtım maliyeti yoktur.	
. Uzun ömürlü kullanım avantajına sahiptir.	

Kaynak: Elibüyük, vd., 2017: 57; Cebeci, 2017: 76.

2. Literatür

Literatüre bakıldığında MENA bölgesinin geneli için yapılan güneş enerji potansiyeli, seçili ülke grupları ve sadece bir ülke özelinde ve ayrıca güneş enerjisi ve sürdürülebilirlik konularında çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Ayrıca

Literatür incelemesi, MENA bölgesi güneş enerji potansiyelini konu alan çalışmalar üzerinden ve kronolojik sıralama ile yapılmıştır. Böylece zaman içinde bu iki değişkeni konu alan çalışmaların hangi yöntem ile ülkeleri ve bölgeleri araştırma konusu yaptığı, bölgeye ya da ülkeye özgün farklılıkların olup olmadığı kolaylıkla fark edilebilecektir.

Trieb ve Müller-Steinhagen (2008) yaptıkları çalışmalarında MENA bölgesi tatlı su talebi için uzun vadeli bir senaryo sunmakta ve mevcut yenilenebilir su kaynaklarının daha iyi kullanımı ve güneş enerjisiyle çalışan deniz suyunun tuzdan arındırılması ile bunun nasıl karşılanabileceğini incelemektedir. Çalışma sonucunda CSP, büyük ölçekli deniz suyunun tuzdan arındırılması için fosil yakıtlara sürdürülebilir bir alternatif sunabileceği, ancak gerekli tatlı su üretim oranlarına zamanında ulaşmak için pazara girişin hemen başlaması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Tsikalakakis, Tomtsi vd., (2011) yaptıkları çalışmalarında seçilmiş MENA ülkelerinde enerji piyasasının genel yapısı, PV aracılığıyla güneş enerjisinden yararlanma ve kırsal elektrifikasyon konuları araştırılmıştır. Sonuç olarak MENA bölgesinin güneş enerjisi santrallerinin yaygın bir şekilde uygulanması için umut vaat ettiği ortaya konulmuştur.

Wills (2012) yaptığı çalışmasında MENA bölgesinde güneş enerjisinin kullanımı için arzu edilen olasılıkları incelemektedir. Sonuç olarak güneş enerjisinin MENA'da bir büyüme alanı olacağını, halihazırda ekonomik olarak karlı olan birçok güneş enerjisi üretim stratejisi ve yatırım maliyetlerindeki düşüşün daha fazla yeni alan açılacağını ortaya koymuştur.

Beták, Súi vd., (2012) yaptıkları çalışmalarında Avrupa ve MENA'nın çoğu ülkesindeki uzun vadeli yıllık güneş enerjisi kaynakları hakkında bilgi vererek, PV güç üretim potansiyeli ülke düzeyinde derecelendirilmiştir. Çalışma sonucunda MENA bölgesi ülkelerinin Avrupa ülkelerinden daha yüksek potansiyele sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Pitz-Paal, Amin, vd., (2012) yaptıkları çalışmalarında CSP geliştirilmesindeki zorlukları ve bunun Avrupa ve MENA'daki düşük karbonlu elektrik sistemlerine katkıda bulunma potansiyelini araştırmışlar ve analiz sonucunda ticari dağıtımın artan bir oranda devam etmesi ve teknoloji geliştirmeyi teşvik eden destek mekanizmaları aracılığıyla CSP'nin 2020'lerde bir noktada fosil yakıtlı elektrik üretimi ile maliyet açısından rekabetçi olması gerektiği sonucuna varılmış; Avrupa ve MENA bölgesindeki politika yapıcılara CSP'nin nasıl değerlendirileceğine ilişkin öneriler sunmuşlardır.

Trieb, Schillings, vd., (2012) yaptıkları çalışmalarında Türkiye de dahil olmak üzere MENA'dan Avrupa'ya olası güneş enerjisi ithalat koridorları analiz edilmiş ve meydana gelecek muhtemel sonuçlar incelenmiştir. Çalışmada yedi MENA ülkesinde uzaktan algılama analizinden elde edilen toplam hesaplanabilir güneş enerjisi üretim potansiyeli yaklaşık 538.000 TWh/yıl olarak hesaplanmış, CSP santralleri için uygun olan arazinin %0,2'sinden daha azının, 2050 yılında Avrupa'da beklenen elektrik talebinin %15'ini karşılamaya yeterli olacağı ortaya konulmuştur.

Moser, Trieb ve Fichter (2013) yaptıkları çalışmalarında yenilenebilir enerjilerin potansiyel değerlendirilmesine dayalı uzun vadeli su ve elektrik talebi senaryoları geliştirmişlerdir. Çalışma sonucunda konsantre güneş enerjisi ve tuzdan arındırma tesislerinin konuşlandırılması için uygun bir çerçevenin oluşturulması konusunda karar vericiler için temel bilgiler sağlanırken, düşük maliyetli su ve elektrik gereksinimlerini karşılamak ve su kıtlığıyla ilgili çatışmaları önlemek için su ve elektrik arzında bir paradigma değişikliğine mümkün olan en kısa sürede başlamanın gerekli olduğunu belirtmişlerdir.

Abdellatif (2013) yaptığı çalışmasında Mısır'da güneş enerjisi kullanımının potansiyellerini ve sınırlamalarını eleştirel bir şekilde analiz etmektedir. Sonuç olarak sürdürülebilir ve yeşil bina yaklaşımına örnek olarak mikro yenilenebilir enerji tedarik sistemlerini mimari tasarımlara uygulanması ve zorlu çöl koşullarına uygun teknolojilerin geliştirilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu belirtmiştir.

Gairaa ve Bakelli (2013) yaptıkları çalışmalarında güneş radyasyon bileşenleri veri tabanı kullanarak Ghardaia bölgesindeki (güney Cezayir) güneş enerjisi potansiyelini analizinde güneş enerjisinin geleneksel enerjiye alternatif bir kaynak oluşturabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Najafi, Ghobadian, vd., (2015) yaptıkları çalışmalarında İran'daki güneş enerjisinin kaynağını, durumunu ve geleceğini (hedeflenen enerji üretim miktarları) incelemişler; İran'da yılda yaklaşık 300 açık güneşli gün ve metrekare başına ortalama 2200 kW-h güneş radyasyonu olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Shouman ve Ezz (2016) yaptıkları çalışmalarında CSP'lerin Avrupa ve MENA'daki pazar potansiyelini araştırılmışlar; CSP trendleri, CSP pazar gelişimi ve tahminlerinin yanısıra Avrupa, MENA'da elektrik üretimi için CSP dağıtımının görünümünü ayrıntılı olarak ortaya koymuşlardır.

Griffiths ve Mills (2016) BAE çatı güneş enerjisi PV'si, bir MENA enerji sisteminin giderek daha sürdürülebilir bir enerji üretimi karışımına doğru evrimi için bir vaka çalışması yapmıştır. Çalışma sonucunda çatı üstü güneş enerjisi PV'sinin ekonomik olarak uygun bir teknoloji seçeneği olabileceğini ve dolayısıyla teknoloji maliyetleri düşmeye ve tarife reformları ivme kazanmaya devam ettikçe bölgesel enerji stratejilerinin giderek daha fazla önemli bir parçası haline geleceğini ortaya koymuşlardır.

Bassam (2017) yaptığı çalışmasında MENA bölgesinin, sürekli yüksek güneş radyasyonu, güneşli gün sayısının fazla olmasından dolayı potansiyelin çok yüksek olması nedeniyle güneş enerji potansiyeli olarak dünyanın en yüksek potansiyeline sahip bölgelerden biri olduğunu ortaya koymuştur.

Hâkim ve Gill (2017) yaptıkları çalışmalarında MENA bölgesinden seçilmiş ülkelerin potansiyellerinden bahsetmiş ve yenilenebilir enerjiye geçiş sürecinde karşılaşılabilecekleri sorunları tartışmışlardır.

Abdeladim, Bouchakour, vd., (2018) yaptıkları çalışmalarında son yıllarda MENA ülkelerinde yenilenebilir elektriğin enerji piyasalarına entegrasyonunu araştırmışlar; MENA bölgesi ülkelerinin belirledikleri yatırım hedeflerine tam olarak uymasalar da önemli ölçüde bu hedeflere ulaştıkları ortaya tespit etmişlerdir.

Zubair, Awan, vd., (2019) yaptıkları çalışmalarında Suudi Arabistan'ın PV enerji çıktıları, seviyelendirilmiş enerji maliyeti (LCOE) ve net şimdiki maliyet (NPC) bazında Avrupa Ülkeleri, Çin, Hindistan ve Pakistan gibi potansiyel PV enerji müşterisi ile karşılaştırmışlar; Gwadar (Pakistan), (Antalya) Türkiye, Karaçi (Pakistan) ve Ahmedabad (Hindistan), sırasıyla 5,2 ¢/kWh, 5,5 ¢/kWh, 6,2 ¢/kWh ve 7,5 ¢/kWh LCOE ile ekonomik olarak uygulanabilir seçenekler oldukları; Avrupa ülkelerinin, yük eğrilerine ve NPC'ye dayalı olarak Suudi Arabistan'dan PV enerji ihracatı için uygun olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Cantoni ve Rignall (2019) yaptıkları çalışmalarında Fas Güneş Planı'nı incelemek için güneydoğu Fas'ta kurulacak bir güneş enerji santralinin arazi temini ve teknolojik karar verme süreçlerini STS/kritik coğrafya yaklaşımı kullanarak incelemişlerdir. Sonuç olarak Fas hükümetinin merkezi gücü kullanarak yeni kurulacak enerji santrallerinin lokasyonlarının ve kullanılacak teknolojilerin belirlenmesi üzerinde önemli rol oynadığı tespit edilmiştir.

Kherbiche, Ihaddadene, vd., (2021) yaptıkları çalışmalarında Cezayir'in iç bölgesi M'Sila'nın güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmeyi ve şu anda piyasada bulunanlar PV ve CSP teknolojileri arasından hangisinin daha verimli olduğunu incelemişlerdir. Sonuç ola-

rak M'Sila'nın, önemli ölçüde potansiyel enerjiye sahip olması nedeniyle CSP ve PV kurulumu için elverişli bir alan olduğu ve çok kristalli PV modüllerinin maksimum verimli olacağı sonucuna ulaşmışlardır.

Mevcut literatür incelendiğinde çalışmaların yoğunluklu olarak MENA bölgesinde yer alan belirli ülke gurupları ya da tek tek ülkeler için gerçekleştirildiğini görmekteyiz. Ayrıca bu çalışmalarda CSP ve PV teknolojilerinden genelde biri ile yapıldığı görülmektedir. Genel literatürden farklı olarak bu çalışmada bütün MENA bölgesi ülkelerinin hem PV hem de CSP açısından güneş enerjisi üretim potansiyelinin genel bir görünümü ortaya konulmuştur. MENA bölgesi ülkelerinin tamamını kapsamaya ve güneş enerji potansiyelini teknoloji ayrımı olmadan bütüncül olarak ele alması açısından literatüre özgün ve farklı bir katkı sağlaması beklenmektedir.

3. MENA Bölgesi Güneş Enerji Kaynağı Potansiyeli

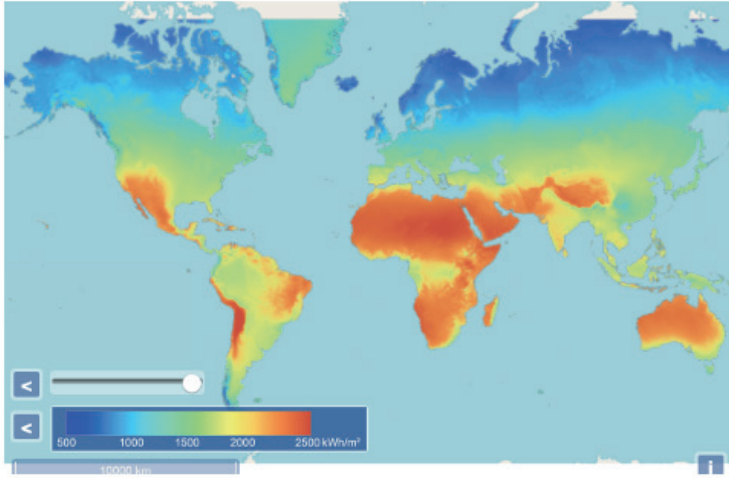
2010'da MENA bölgesinde enerji üretiminde yenilenebilir kaynakların oranı %2 civarında iken 2012'de bu bölgede toplam kurulu enerji kapasitesi 185.000 MW civarında olduğu, bunun da 19.000 MW'ı (ya da %10'u) yenilenebilir kaynaklara ait olduğu görülmektedir. Bu oranın 2035'e doğru %12'ye çıkacağı tahmin edilmektedir (IFC, 2015; WB, 2013; IEA 2012). Söz konusu bölgede yenilenebilir enerji sektörüne 2012'de 2,9 milyar dolar yatırım yapılmış ve bu rakam 2011 ile kıyaslandığında yatırımın %40 oranında ve 2004'e göre de 6,5 kat arttığını göstermektedir. Bunun yanı sıra, 2007'de MENA ülkelerinin ancak 5'inde yenilenebilir enerji hedefi benimsemişken, 2013'te ise tüm bölge ülkeleri tarafından benimsendiği görülmektedir (WB, 2013). Bu gelişmeler MENA bölgesinde yenilenebilir kaynaklara olan ilginin yıldan yıla artmakta olduğunu göstermektedir.

MENA bölgesi yenilenebilir enerji açısından değerlendirildiğinde küresel yenilenebilir kaynak potansiyelinin yaklaşık %45'inin bu bölgede olduğu düşünülmektedir (Jalilvand 2012). Dünya Bankası verilerine göre toplam güneş enerjisinin %22-26 kadarlık kısmının MENA bölgesinde olduğu tahmin edilmektedir. Söz konusu bu oran yılda 1-2 milyon varil petrolden üretilen enerjiye eşdeğerdir. Diğer bir bakış açısıyla 2015 yılı verileri baz alınarak yapılan diğer bir değerlendirmede MENA bölgesinin güneş, enerji potansiyelinin elektrige olan küresel talebi karşılamaya yetecek düzeyde olduğu tahmin edilmektedir (IFC, 2015).

MENA bölgesi bulunduğu coğrafi konum itibari ile dünyada güneş enerji potansiyeli en yüksek bölgelerden biridir. Güneş enerji potansiyelini, güneşli gün sayısı, radyasyon miktarı, güneşin geliş açısı gibi birçok etmen etkilemektedir. Bu bağlamda değerlendirildiğinde MENA bölgesi gerek iklim gerekse konum itibari ile çok yüksek bir güneş enerjisi potansiyel taşımaktadır.

Şekil 1'de MENA bölgesindeki güneş enerji potansiyelini göstermektedir. Şekil 1'deki koyu kırmızı ve açık kırmızı renkleri ile gösterilen bölgeler güneş ışımından en fazla yararlanabilecek bölgelerdir. Mavi ve açık mavi ile gösterilen bölgeler güneş ışımından yararlanma açısından daha az avantajlıdır. Haritaya bakıldığında MENA bölgesinin radyasyon değerinin 2000-2500 arasında değiştiği görülmektedir. Neredeyse bölgenin tamamının dünyanın en yüksek güneş enerji potansiyeline sahip alan içerisinde yer aldığı görülmektedir. Bazı bölgelerde güneş enerji potansiyelinin 2000 kWh/M2 olduğu görülmektedir. Bu potansiyel bile kuzey veya güney kutbuna daha yakın olan ülkelerin üretim miktarından fazladır.

Şekil 1. MENA Bölgesi Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası/Haritası



Kaynak: Europa, 2022

MENA bölgesinde güneş enerjisi büyüme hızının önümüzdeki beş yıl içinde, son beş yıla göre ikiye katlanarak 15 GW'den 32 GW'ın üzerine çıkması beklenmektedir. Kapasite artırımının dörtte üçünden fazlası Birleşik Arap Emirlikleri (BAE), Suudi Arabistan, İsrail, Mısır ve Fas'ta gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. İklim hedeflerini ve fosil yakıt çeşitlendirme ihtiyaçlarını karşılamak için PV'nin maliyet etkinliği bu artışta önemli bir rol oynamaktadır. PV, bölgenin yenilenebilir kapasite büyümesinin üçte ikisinden fazlasını oluşturmaktadır (IEA, 2021: 81).

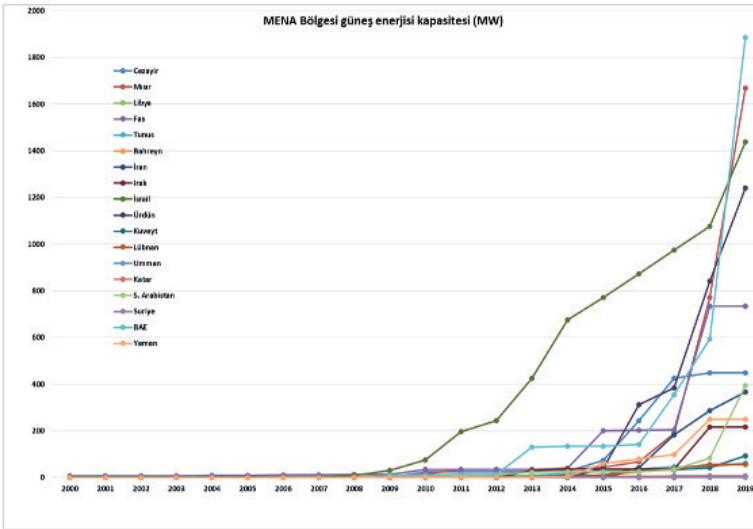
MENA'nın net fosil yakıt ihraç eden ülkelerde gerçekleşen güneş enerjisi büyümesinin yenilenebilir enerji içerisindeki payı 2015-2020 yılları arasında %40 iken 2021-2026 yılları arasında %67'ye çıkması beklenmektedir. Bu artışın nedeni olarak güneş enerjisi yatırım maliyetlerinin 2015-2021 yılları arasında geçen altı yıllık süre içerisinde %80 oranında azalması gösterilebilir. Bu maliyet düşüşlerinin en önemli nedeni rekabetçi bağımsız elektrik üreticisi ihaleleridir gösterilebilir. Ayrıca düşük arazi maliyetleri ve düşük maliyetli devlet destekli finansman imkanları ülkeye özgü koşullara bağlı olarak bu yatırım hızı daha da artabilir (MEES, 2020).

MENA ülkeleri gelecek beş yıl içinde enerji sektöründeki yatırımlarını artırmak için iddialı hedefler belirlemişlerdir. Suudi Arabistan 58 milyar dolar, Mısır 36 milyar dolar, BAE 25 milyar dolar, Cezayir 24 milyar dolar ve Irak 23 milyar dolar ile istikrarlı bir enerji geçişini sağlamak için en yüksek yatırım hedeflerini planlayan ilk beş ülke arasında yer alıyor (APICORP, 2021: 19). Ancak Irak gibi bazı ülkelerde yaşanan siyasi istikrarsızlıklar, politik belirsizlikler, vb. bu hedeflerin gerçekleşmesinin önünde önemli sorunlar oluşturmaktadır. Ayrıca Arab Petroleum Investments Corporation'a (APICORP, 2021) göre pandemi döneminde fosil yakıt fiyatlarında yaşanan düşüş ile fosil yakıt ihracatçısı ülkelerin girdikleri ekonomik darboğaz yatırımların azalmasına neden olabilir. Bu etmenlerin yanı sıra azalan elektrik talebi ve yetersiz şebeke altyapısı da geçişin yavaşlamasına neden olmaktadır.

Dünya güneş enerji atlasına bakıldığında MENA bölgesinin dünya ışınlam değerleri ve güneşli gün sayısı ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir. MENA bölgesi güneş enerji potansiyeli yüksek bir bölgedir. Dünya genelinde yeşil enerjiye geçiş ile ilgili mutabakatların ardından birçok MENA ülkesinin de bu alanda ciddi yatırımlar yaptıkları görülmektedir.

Şekil 2'de MENA ülkelerinin 2000-2018 yılları arasında kurulu güneş enerji güç kapasitesi gelişimleri görülmektedir. Buna göre Mısır, Ürdün, BAE ve İsrail gibi ülkelerde hızlı yükseliş görülmektedir. İlgili verilere bakıldığında Suudi Arabistan'ın 2018'den 2019'a kadar kapasitesini 4 katından fazla attığı, bunu sırası ile 3 katından fazla artış ile BAE ve 2 katından fazla artış ile Mısır'ın takip ettiği görülmektedir. Suriye, Libya, Bahreyn, Ürdün ve Katar kapasite artışında en düşük performansı gösteren ülkeler olarak ortaya çıkmaktadır.

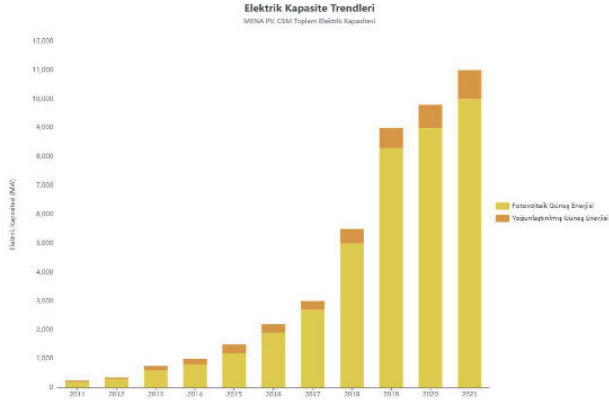
Şekil 2. MENA Ülkelerine Göre Kurulu Güneş Enerjisi Elektrik Kurulu Güç Kapasitesi (2000-2019, MW)



Kaynak: IRENA, 2022a kaynağından araştırmacı tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 3'te MENA bölgesinde 2011-2021 yılları arasında güneş enerjisi kurulu güç kapasitesi gelişimi görülmektedir. Şekil 3'te de görüldüğü gibi güneş enerjisi kurulu güç kapasitesi istikrarlı olarak artmıştır. 2011'de 1.000 MW'ın çok altında olan kurulu güç kapasitenin 2021'de 11.000 MW'ı geçtiği görülmektedir. Şekil 3'te güneş enerji kurulu güç kapasitesinin hem PV üretim yöntemi hem de CSM üretim yöntemi ile üretilen 2 türünün toplamı verilmektedir. Her iki üretim şeklinde de kapasite artışı görülsede PV yöntemindeki artış miktarı çok daha fazladır. En büyük artış da 2018-2019 yılları arasındadır. PV üretiminin hem maliyet açısından daha düşük olması hem de hızlı bir şekilde kuruluyor olabilmesinin bunda etkin bir rol aldığı düşünülmektedir.

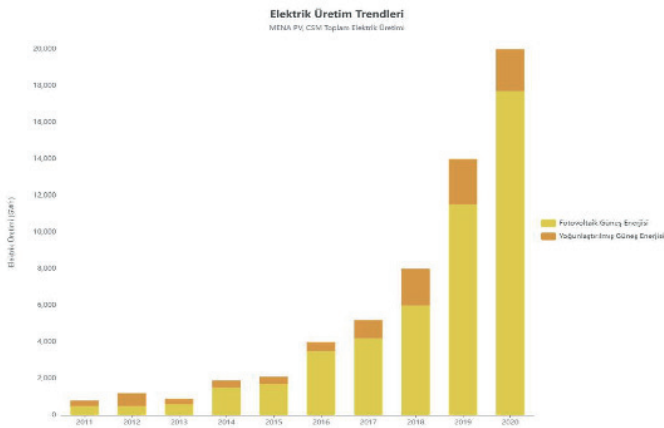
Şekil 3. MENA Bölgesi Yıllara Göre Kurulu Güneş Enerjisi Güç Kapasitesi (2011-2021, MW)



Kaynak: IRENA Statistic, 2022b

Şekil 4'te MENA bölgesi 2011-2021 dönemi güneş enerji üretiminin hem PV hem de CSM üretim yöntemi ile üretilen 2 türün toplamından oluşan kurulu güneş enerjisi santrallerinin üretim kapasitesi görülmektedir. 2011'de 1.000 MW'ın çok altında olan kapasitenin 2021'de 20.000 MW'ı geçtiği görülmektedir. Her iki üretim şeklinde de üretim artışı görülse de PV yöntemindeki artış miktarı çok daha fazladır. Şekil 4 de bakıldığında en yüksek güneş enerjisi üretim artışının 2018-2019 yılları arasında olduğu görülmektedir. Bu artışın nedeni olarak PV teknolojisinin sağladığı proje kurulum kolaylığı ve düşük proje maliyetleri gösterilebilir.

Şekil 4. MENA Bölgesi Yıllara Göre Kurulu Güneş Enerjisi Üretim Kapasitesi (2011-2020, MW)



Kaynak: IRENA Statistic, 2022c

Tablo 3'te ortalama güneşlenme süresi, horizontal ışınım, direk ışınım ve sıcaklık değerleri hem MENA bölgesi hem de ülkeler bazında verilmiştir. Veriler hem yatay düzlemde ışınım hem de her zaman güneş ışınlarına dik olan bir düzlemde aylık ışınım (direkt) ışınlama ile 1 m2 alanda üretililecek enerji (kWh-Ay) bilgilerini içermektedir.

Tablo 3. MENA Bölgesi Güneş Enerjisi Üretim Verileri

	Güneşlenme Süresi (Saat/Yıl)	Horizontal Işınım (H(h)_m ²) ²	Direk ışınım (Hb(n)_m ²) ³	Sıcaklık T2m ⁴
MENA	3269,11	2236,19	2385,98	23,22
Cezayir	3266	2312,80	2642,67	24,29
Mısır	3710	2407,61	2719,51	23,65
Libya	3176	2338,39	2634,01	21,93
Fas	3155	2254,17	2550,77	21,53
Tunus	3180	2153,98	2395,48	21,83
Bahreyn	3355	2255,23	2269,07	28,16
İran	2822	2201,07	2378,54	16,84
Irak	3240	2059,78	2134,05	24,89
İsrail	3311	2056,93	2188,12	18,49
Ürdün	3306	2166,84	2462,50	19,02
Kuveyt	3000	2191,97	2214,33	26,36
Lübnan	2940	1917,49	1998,98	10,68
Umman	3493	2414,84	2458,31	28,99
Katar	3433	2277,28	2307,46	28,65
Suudi Arabistan	3596	2344,68	2396,84	26,50
Suriye	3037	2041,24	2200,11	19,08
BAE	3509	2332,58	2398,23	28,86
Yemen	3315	2524,64	2598,79	28,28

Kaynak: Europa, 2022

¹ Bu veriler araştırmacı tarafından 2005-2020 Avrupa komisyonu Photovoltaic Geographical Information System verileri derlenerek hazırlanmıştır.

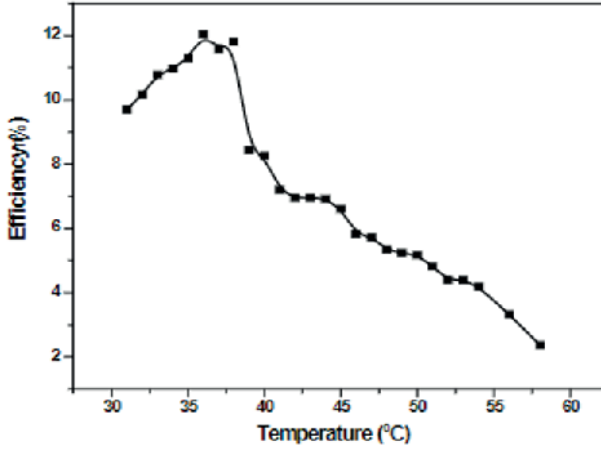
² H(h)_m: Yatay düzlemde ışınım (kWh/m2/mo)

³ Hb(n)_m: Her zaman güneş ışınlarına dik olan bir düzlemde aylık ışın (direkt) ışınlama (kWh/m2/mo)

⁴ T2m: 24 saatlik ortalama sıcaklık (santigrat derece). T2m 2005-2020 yıllarını kapsayan günlük sıcaklık değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Katkar vd., (2011) yaptıkları araştırmaya göre güneş panellerinin maksimum verime ulaştığı nokta 35°C'dir. Bu noktadan sonra sıcaklık miktarı arttıkça verim de düşmektedir. Şekil 5'te görüleceği üzere sıcaklık 35°C dereceye yaklaştıkça verim de artmaktadır.

Şekil 5. Güneş Panelinin Verimliliğinin Sıcaklığa Bağlı Değişimi



Kaynak: Katkar vd., 2011: 71

MENA bölgesinde güneşlenme süresi açısından, Mısır yıllık 3.710 saat güneşlenme süresi ile en uzun güneşlenme süresine sahiptir. Bunu sırası ile Suudi Arabistan, BAE, Umman, Katar, Bahreyn, Yemen, İsrail, Ürdün, Cezayir, Irak, Tunus, Libya, Fas, Suriye, Kuveyt, Lübnan ve İran takip etmektedir. MENA bölgesinin ortalama güneşlenme süresi 3.269,11 saat iken Cezayir, Irak, Tunus, Libya, Fas, Suriye, Kuveyt, Lübnan ve İran bu ortalama değerinin altında kalmaktadır.

MENA bölgesinde horizontal ışınım değerleri açısından, Yemen 1 m² alanda üretilebilecek enerji 2524,64 (kWh-Ay) ile en fazla enerji potansiyeline sahip ülkedir. Bunu sırası ile Umman, Mısır, Suudi Arabistan, Libya, BAE, Cezayir, Katar, Bahreyn, Fas, İran, Kuveyt, Ürdün, Tunus, Irak, İsrail, Suriye ve Lübnan takip etmektedir. MENA bölgesinin horizontal ışınım değerleri açısından ortalama 1 m² alanda üretilebilecek enerji 2.236,19 (kWh-Ay) iken İran, Kuveyt, Ürdün, Tunus, Irak, İsrail, Suriye ve Lübnan ortalama değerinin altında kalmaktadır (Tablo 3).

MENA bölgesinde direk ışınım değerleri açısından, Mısır 1 m² alanda üretilebilecek enerji 2719,51 (kWh-Ay) ile en fazla enerji potansiyeline sahip ülkedir. Bunu sırası ile Cezayir, Libya, Yemen, Fas, Ürdün, Umman, BAE, Suudi Arabistan, Tunus, MENA, İran, Katar, Bahreyn, Kuveyt, Suriye, İsrail, Irak ve Lübnan takip etmektedir. MENA bölgesinin direk ışınım değerleri açısından ortalama 1 m² alanda üretilebilecek enerji 2.385,98 (kWh-Ay) iken İran, Katar, Bahreyn, Kuveyt, Suriye, İsrail, Irak ve Lübnan ortalama değerinin altında kalmaktadır (Tablo 3).

MENA bölgesinde yıllık sıcaklık değerleri açısından, Umman 28,99°C derece en yüksek yıllık ortalama sıcaklık değerine sahipken, bunu sırası ile BAE, Katar, Yemen, Bahreyn, Suudi Arabistan, Kuveyt, Irak, Cezayir, Mısır, MENA, Libya, Tunus, Fas, Suriye, Ürdün, İsrail, İran ve Lübnan takip etmektedir. MENA bölgesinin ortalama sıcaklık değeri 23,22°C iken Libya, Tunus, Fas, Suriye, Ürdün, İsrail, İran ve Lübnan'ın bu değer altında kaldığı görülmektedir (Şekil 5). MENA bölgesinde özellikle yaz aylarında yaşanan yüksek sıcaklık değerlerinden dolayı panel verimlilikleri de düşmektedir.

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Enerji ilk çağlardan günümüze kadar insan oğlunun hayatını idame ettirebilmesi için en önemli faktörlerden biridir. Yediğimiz yemeğin pişirilmesinde, ulaşımda, iletişim araçlarında vb. birçok alanda enerji kullanılmaktadır. Hayatımızın her aşamasında ihtiyaç duyduğumuz enerji günümüzde nüfus artışı, sanayideki gelişmeler ve teknolojik ilerlemeler ile birlikte her geçen gün daha fazla ihtiyaç duyduğumuz ve talep ettiğimiz bir olgu haline gelmiştir.

Günümüzde ihtiyaç duyulan enerjinin önemli bir kısmı fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtların sağladığı avantajların yanında çevre kirliliği, küresel ısınma, arz güvenliği sıkıntıları, tükenbilir olması gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Özellikle son yıllarda meydana gelen küresel ısınma nedeniyle ciddi iklim değişiklikleri meydana gelmekte ve bu da dünyayı ve insanlığın geleceğini tehdit etmektedir.

Fosil yakıtların sebep olduğu çevresel yıkım neredeyse geri dönülemez hale gelmiştir. Bu olumsuz tabloya bir çözüm olarak son zamanlarda yenilenebilir enerji kaynakları gösterilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları çevre dostu, enerji arz güvenliğine çözüm, sürdürülebilir olması ve her geçen gün düşen yatırım maliyetleri ile alternatif bir çözüm haline gelmektedir.

MENA bölgesi yenilenebilir enerji kaynakları açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır. Özellikle global güneş ışınım derecesi ve güneşlenme süresi olarak dünyadaki bir çok bölgeden daha avantajlıdır. MENA bölgesi ülkelerinin çevresel sorunlar ve fosil yakıtların tükenme riskini lehe çevrilmesi için güneş enerjisi önemli bir potansiyel taşımaktadır. Özellikle fosil kaynaklar açısından zengin olan MENA ülkelerinin ekonomilerinin önemli ölçüde bu kaynaklara bağlı olması sürdürülebilir büyüme açısından da önemli riskler oluşturmaktadır. Ekonomik açıdan gelir kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve tek bir kaynağa bağlı kalınmaması bu riskleri de azaltacaktır.

Özellikle fosil yakıtlarının ülke içerisindeki enerji talebinin karşılanması için kullanılan payının güneş enerjisi ile karşılanması bu kaynakların tükenmelerini yavaşlatacak ve fosil yakıt arzı açısından bu ülkelere daha uzun dönem fırsatlar sunacaktır. Ülkelerin kendi iç tüketimleri için güneş enerjisi potansiyellerini kullanmaları durumunda hem nitelikli istihdama katkı sağlanacak hem de yaşanan çevre sorunları azalacaktır.

MENA bölgesinin dünya güneş enerjisi üretim potansiyelinin üzerinde bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. MENA bölgesi bu potansiyel ile dünya enerji talebinin önemli bir bölümünü, diğer bir ifadeyle aşırı talep artışı karşılayacak miktardadır. Bölgenin tamamı göz önüne alındığında güneş enerji potansiyeli açısından en avantajlı ülkenin Mısır, en düşük potansiyele sahip ülkenin de Lübnan olduğu görülmektedir. Lübnan bu potansiyele rağmen dünya ortalamasının üzerinde yer almaktadır. Bunun yanı sıra kurulacak yeni santraller sayesinde istihdam artışı, nitelikle beşeri sermaye oluşumu ile bölge ekonomisine de önemli katkı sağlama potansiyeli taşımaktadır. Bu potansiyel sayesinde gelecekte yenilenebilir enerji kaynakları açısından fakir olan ülkelere enerji ihracatı yapılabilir ve ülke ekonomisi açısından önemli gelirler elde edilebilir.

Dünyada her geçen gün artan enerji talebini karşılamak için artık fosil yakıtların yetersiz olduğu ortadadır. Sadece sürdürülebilirlik açısından değil çevreye verdiği zararlar açısından da fosil yakıtlar ciddi risk oluşturmaktadır. Son yıllarda meydana gelen yenilenebilir enerji kaynaklarındaki teknolojik ilerlemeler beraberinde ciddi maliyet düşüşleri, daha efektif santral kurumları ve daha verimli teknolojilerin gelişimini de hızlandırmıştır. Bu gelişmeler ışığında sürdürülebilir enerji arzı ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması ve bu kaynakların nasıl değerlendirileceğinin incelenmesi elzemdir.

Kaynakça

- Abdeladim, K., Bouchakour, S., Hadj Arab, A., Ould Amrouche, S., & Yassaa, N. (2018). Promotion of renewable energy in some MENA region countries. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 154, 012003.
- Akova, İ. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları* (1. bs). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- El Bassam, N. (2017). Technologies and Options of Solar Energy Applications in the Middle East. *Water, Energy & Food Sustainability in the Middle East*, 193-221.
- Benali, L. R., Al-Ashmawy, R., & Shatila, S. Z. (2021). Mena Energy Investment Outlook Overcoming the Pandemic. <https://www.apicorp.org/wp-content/uploads/2021/12/MENA-Energy-Investment-Outlook-2021-2025.pdf> adresinden edinilmiştir.
- Beták, J., Šúri, M., Cebecauer, T., & Skoczek, A. (2012). solar resource and photovoltaic electricity potential in EU-MENA region. In *Proceedings of the 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, 4623-6. https://dgem.nl/files/file/Sustainability_reports/EU/EUPVSEC2012_Solar_resource_potential_EU_MENA_region_2012.pdf adresinden edinilmiştir.
- Cantoni, R., & Rignall, K. (2019). Kingdom of the Sun: a critical, multiscalar analysis of Morocco's solar energy strategy. *Energy Research & Social Science*, 51, 20-31.
- Cebeci, S. (2017). *Türkiye'de güneş enerjisinden elektrik üretim potansiyelinin değerlendirilmesi* (Uzmanlık Tezi). Kalkınma Bakanlığı, Ankara.
- EİGM. (2022). Güneş, <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes>
- Elibüyük, U., Üçgül, İ., & Acar, M. (2017). Güneş Enerjisinin Çevreye Olumlu ve Olumsuz Etkilerinin Değerlendirilmesi, 7. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu, 56-58.
- European Commission (2022). *Photovoltaic Geographical Information System*. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html adresinden edinilmiştir.
- Gairaa, K., & Bakelli, Y. (2013). Solar Energy Potential Assessment in the Algerian South Area: Case of Ghardaïa Region. *Journal of Renewable Energy*, 2013, 1-11.
- Griffiths, S., & Mills, R. (2016). Potential of rooftop solar photovoltaics in the energy system evolution of the United Arab Emirates. *Energy Strategy Reviews*, 9, 1-7.
- IEA (2011). World Energy Outlook 2011 – Analysis. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2011> adresinden edinilmiştir.
- IEA (2012). World Energy Outlook 2012 – Analysis. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2012> adresinden edinilmiştir.
- IEA (2021). Renewables 2021 – Analysis, <https://www.iea.org/reports/renewables-2021>

IEA (2022). International Energy Agency data statics. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-sets/?filter=renewables> adresinden edinilmiştir.

IRENA (2021). Renewable capacity highlights 2021. www.irena.org/publications. adresinden edinilmiştir.

IRENA (2022). Solar energy, *Irena statistic 2021 (database)*. <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Solar-energy> adresinden edinilmiştir.

IRENA (2022). Renewable capacity highlights 2022. www.irena.org/publications adresinden edinilmiştir.

Jalilvand, D. R. (2012). *Renewable energy for the Middle East and North Africa: policies for a successful transition*.

Katkar, A. A., Shinde, N. N., & Patil, P. S. (2011). Performance & evaluation of industrial solar cell wrt temperature and humidity. *International Journal of Research in mechanical engineering and Technology*, 1(1), 69-73.

Kherbiche, Y., Ihaddadene, N., Ihaddadene, R., Hadji, F., Mohamed, J., & Beghidja, A. H. (2021). Solar Energy Potential Evaluation. Case of Study: M'Sila, an Algerian Province. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 16(8), 1501-1508.

Martinopoulos, G., & Tsalikis, G. (2018). Diffusion and adoption of solar energy conversion systems – The case of Greece. *Energy*, 144, 800-807.

Moser, M., Trieb, F., & Fichter, T. (2013). Potential of Concentrating Solar Power Plants for the Combined Production of Water and Electricity in MENA Countries. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 1(2), 122-140.

Mufid Hakim, M., & Yousif Gill, M. (2017). Potential of Solar Energy in selected Countries from the MENA Region-A Review PumpHeat View project High temperature thermal energy storage (HT-TES) View project Potential of Solar Energy in selected Countries from the MENA Region-A Review. *Conference: Proceedings of the 5th Conference on Contemporary Problems of Power Engineering and Environmental Protection At: Gliwice. Poland*. <https://www.researchgate.net/publication/332531226> adresinden edinilmiştir.

Najafi, G., Ghobadian, B., Mamat, R., Yusaf, T., & Azmi, W. H. (2015). Solar energy in Iran: Current state and outlook. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 931-942.

Pitz-Paal, R., Amin, A., Oliver Bettzuge, M., Eames, P., Flamant, G., Fabrizi, F., Holmes, J., vd. (2012). Concentrating Solar Power in Europe, the Middle East and North Africa: A Review of Development Issues and Potential to 2050. *Journal of Solar Energy Engineering*, 134(2).

Prasanna, M. G., Sameer, S. M., & Hemavathi, G. (2014). Financial Analysis of Solar Photovoltaic Power plant in India. *IOSR Journal of Economics and Finance*, 1, 9-15.

Sezgin, F. H., & Budak, Y. (2022). İnsani Gelişmişliğin Büyüme Etkisi: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler Karşılaştırması. *İstanbul İktisat Dergisi*, 72(1), 81-104.

Shouman, E., Ezz, H., & Shouman, E. R. (2016). Forecasting transition electricity solar energy from Mena to Europe. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(5), 3029-3040.

Silva, S., Soares, I., & Pinho, C. (2012). The impact of renewable energy sources on economic growth and CO2 emissions : a SVAR approach. *University of Piraeus. International Strategic Management Association*, 15(4), 133-144.

Trieb, F., & Müller-Steinhagen, H. (2008). Concentrating solar power for seawater desalination in the Middle East and North Africa. *Desalination*, 220(1-3), 165-183.

Trieb, F., Schillings, C., Pregger, T., & O'Sullivan, M. (2012). Solar electricity imports from the Middle East and North Africa to Europe. *Energy Policy*, 42, 341-353.

Tsikalakakis, A., Tomtsi, T., Hatziargyriou, N. D., Poullikkas, A., Malamatenios, Ch., Giakoumelos, E., Jaouad, O. C., vd. (2011). Review of best practices of solar electricity resources applications in selected Middle East and North Africa (MENA) countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 2838-2849.

Wills, D. A. (2012, Mayıs). *Solar Energy in MENA: An International Perspective*. The University of Arizona., Arizona. <https://repository.arizona.edu/handle/10150/244821> adresinden edinilmiştir.

Worldbank (2013). Renewables 2013 Global Status Report. https://collaboration.worldbank.org/content/usergenerated/asi/cloud/attachments/sites/collaboration-for-development/en/groups/energyaccess/documents/jcr:content/content/primary/blog/renewables_2013_-_gl-oQnh/Renewables-2013-Global-Status-Report-REN21-...pdf adresinden edinilmiştir.

Zubair, M., Awan, A. B., Praveen, R. P., & Abdulbaseer, M. (2019). Solar energy export prospects of the Kingdom of Saudi Arabia. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 11(4), 045902.