

ELEKTRİK İHTİYACININ SAĞLANMASINDA HİBRİT YENİLENEBİLİR ENERJİ SİSTEM TASARIMI: BURSA TEKSTİL FABRİKASI ÖRNEĞİ

Melike YALILI KILIÇ * 

Sümeyye ADALI * 

Melek AYDIN * 

Alınma:12.08.2022; düzeltme:07.10.2022; kabul: 19.10.2022

Öz: Günümüzde artan enerji maliyetleri tüm sektörlerde olduğu gibi tekstil sektöründe de enerjinin verimli kullanımını gündeme getirmektedir. Üretim sürecinde yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı geleneksel yakıtlara kıyasla düşük maliyet değerlerine sahip, tükenmez ve yerli enerji kaynağı olması dolayısıyla enerji üretiminde önemli bir yer tutmaya devam edecektir. Güneş enerjisi, barındırdığı yüksek potansiyel dolayısıyla evsel ve endüstriyel kullanım için en çok tercih edilen yenilenebilir enerji kaynağı olarak önemini korumaktadır. Bu çalışmada Bursa Demirtaş Organize Sanayi Bölgesinde (DOSAB) bulunan bir tekstil fabrikasının elektrik ihtiyacının karşılanması amacıyla HOMER Pro programı kullanılarak şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem tasarımları gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemin fabrika için en uygun sistem olduğuna karar verilmiş olup, kurulacak sistemin net bugünkü maliyeti 2.625.139.000 TL (151.654.477,2 \$), basit geri dönüş süresi ise 14,04 yıl olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Sanayi, Tekstil, Üretim, Elektrik, Homer Pro

Hybrid Renewable Energy System Design To Provide Electricity Needs: Bursa Textile Factory Example

Abstract: Today, increasing energy costs bring the efficient use of energy to the agenda in the textile sector as well as in all sectors. The use of renewable energy sources in the production process will continue to occupy an important place in energy production as it is an inexhaustible and domestic energy source with low cost values compared to traditional fuels. Solar energy maintains its importance as the most preferred renewable energy source for domestic and industrial use due to its high potential. In this study, grid-connected and off-grid photovoltaic system designs were carried out using the HOMER Pro program in order to meet the electricity needs of a textile factory located in Bursa Demirtaş Organized Industrial District (DOID). As a result of the study, it was decided that the off-grid photovoltaic system was the most suitable system for the factory, and the net present cost of the system to be installed was determined as 2,625,139,000 TL (\$ 151,654,477.2) and the simple payback period was determined as 14.04 years).

Keywords: Renewable Energy, Industry, Textile, Production, Electricity, Homer Pro

* Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059, Nilüfer/Bursa
İletişim Yazarı: Melike YALILI KILIÇ (myalili@uludag.edu.tr)

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve artan nüfus ile birlikte enerji tüketimi son yüzyılda önemli oranda artış göstermiştir. Sanayileşmenin etkisiyle üretim faaliyetlerinin artması da enerji ve kaynak tüketimini arttırmıştır. Enerji ihtiyacının karşılanmasında kullanılan fosil yakıtlar çevreye büyük ölçüde zarar vermektedir. Sınırlı düzeyde olan fosil yakıt kaynaklarının önümüzdeki yıllarda enerji ihtiyacını karşılama noktasında yetersiz kalacağı için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim hızla artmaktadır.

Doğadaki tüm enerji kaynakları güneşten türemiştir. Güneş enerjisi sınırsız, düşük maliyetli, çevre dostu yenilenebilir bir enerji türüdür. Güneş enerjisi, karbondioksit emisyonlarının azalmasını ve enerji maliyetlerinin düşürülmesini sağlayarak yaşanabilir bir çevre, temiz enerji ve konfor sağlar. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en yüksek potansiyele sahip enerji türü olup, dünyanın gereksinim duyduğu enerjinin büyük bir bölümü güneş enerjisi aracılığıyla karşılanmaktadır (URL 1, 2022).

Enerji, üretim ile alakalı her alanda önemli bir yere sahiptir. Üretimde enerji maliyeti tüm girdi maliyetlerinden daha fazla oranda etkilidir. Ülkemizde enerji bedelinin yüksek olduğu göz önüne alınırsa doğal kaynaklardan elde edilecek enerji büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde nüfus ve gelişmişlik düzeyinin artışı özellikle sanayi sektöründe oluşan enerji talebini büyük oranda arttırmaktadır (Ener Ruşen ve Koç, 2019). Üretim maliyetleri açısından ham maddeden sonra ikinci sırada yer alan enerji maliyetlerinin düşürülmesi sektördeki firmaların rekabet etme gücünü arttırmaktadır (Cabak, 2018). Ülkemizde sektörlere göre elektrik tüketim değerleri incelendiğinde, 2020 yılında elektriğin %45,7 oranı ile en yüksek sanayi sektöründe tüketildiği bildirilmektedir (TUİK, 2022a). Sektör genelinde üretimde yaşanan artış ve fabrika geliştirme çalışmalarıyla birlikte elektrik talebinde de artış yaşanmaktadır (Tabak, 2021). Fabrikalarda üretim faktörünü oluşturan enerjinin birim maliyetinin yüksek değerlerde olması, işletme sahiplerini enerji maliyetlerini azaltmak amacıyla tesislerin kendi enerjisini üretme noktasında yenilenebilir enerji sistemleri kurulumuna teşvik etmektedir (Baş ve ark., 2017).

Tüm sanayi sektörlerinde olduğu gibi tekstil sektöründe de üretimde enerjinin maliyeti önemli bir yer almakta olup, enerji maliyetlerinin minimum düzeyde tutulması hedeflenmektedir. Özellikle son dönemde enerji arzında meydana gelen olumsuz durumlar neticesinde artan enerji bedelleri, tekstil sektörünü de olumsuz olarak etkilemektedir. Sektörün çevre üzerinde oluşturduğu baskının da yüksek olduğu düşünüldüğünde temiz enerji kullanımının, üreticilere hem çevresel hem de ekonomik açıdan büyük avantajlar sağlayacağı öngörülmektedir.

Tekstil sanayi, geçmişten günümüze kadar farklı amaç ve çeşitlilikte ürün üretimi gerçekleştirimi ile birçok ülke özelinde lokomotif sektör olma özelliği taşımaktadır. Ülkemizde de üretimde sağladığı katma değer, istihdam oluşturma gücü ve uluslararası ticaretteki payı göz önüne alındığında tekstil endüstrisi önemli bir yere sahiptir. Enerjinin yoğun ve verimsiz kullanımı nedeniyle sektörün enerji tasarrufu açısından yüksek potansiyel barındırdığı bildirilmektedir. Verimsiz enerji kullanımı, üretimde enerji maliyetlerinin payını artırmakta olup, sektör özelinde verimlilik sağlamaya yönelik yapılan çalışmalar önem kazanmaktadır (Güven, 2019).

Ülkemizde tekstil sektörü ihracatta ve toplam enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. Ülkemizde 1980'li yılların başlarında yapılan yatırımlar neticesinde gelişmeye başlayan tekstil ve konfeksiyon sektöründe, 1990'lı yılların başında önemli gelişmeler yaşanmıştır. Mevcut durumda enerji ihtiyacının artışına rağmen kaynakların yetersiz oluşu sektörü enerjide dışa bağımlı hale getirmiştir. Sektörde enerji maliyetinin toplam maliyetin yaklaşık %14'ünü oluşturduğu bildirilmektedir. Tekstil sanayisinde ısı ve elektrik enerjisi yoğun olarak kullanılmakta olup; elektrik enerjisi üretim, aydınlatma, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme vb. ünitelerde başlıca kullanım alanı bulmaktadır (İkiz ve Öztürk 2003; Çınar, 2008).

Literatür taraması yapıldığında HOMER Programı kullanılan hibrit sistemlerin optimizasyonu ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Bhattacharjee ve Acharya (2015) yaptıkları çalışmada eğitim binası elektrik ihtiyacı için hibrit sistemde analiz yaparken HOMER yazılımını kullanmışlardır. Shahzad ve ark. (2017) Pakistan'daki bir çiftliğin elektrik ihtiyacını karşılamak için Fotovoltaik (PV)/biyokütle hibrit enerji sisteminin tasarımında HOMER programından yararlanmışlardır. Çalışmada biyokütle potansiyeli ve maliyeti, güneş ışınım miktarı ve farklı yükler için hassasiyet analizi de gerçekleştirilmiştir. Khan ve ark. (2017) Hindistan'da birkaç bölgede telekomünikasyon uygulamalarında hibrit bir sistem oluşturmak için bileşen seçimi ve boyutlandırılmasında HOMER programından yararlanmışlardır. Çalışma sonucunda PV-rüzgar-dizel-batarya hibrit sistemin, kurulumu düşünülen diğer hibrit sistemlere göre birim elektrik enerjisi maliyeti açısından daha uygun değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Kasaeian ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada, İran'da bir köyün elektrik ihtiyacını PV/biyogaz/biyodizel hibrit sistem ile sağlamak için HOMER programından yararlanmışlardır. Duman ve Güler (2020), Türkiye'de çatı üstü şebekeye bağlı PV sistemlerin ekonomik analizini gerçekleştirmek için HOMER programını kullanmışlar ve önerdikleri model uygulanabilir bulunmuştur. Birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de farklı tüketici grupları için farklı besleme tarifesi oranlarının belirlenmesi gerektiği görülmüştür. Perakende elektrik fiyatları ve PV kurulum maliyetleri konut, ticari ve endüstriyel tüketiciler için farklılık gösterirken, besleme tarifesi oranı herkes için sabittir. Türkiye'de besleme tarifesi oranı, çatı üstü PV hedeflerine ve PV kurulum maliyeti, perakende elektrik fiyatı ve şebeke gereksinimi gibi parametrelerdeki değişikliklere göre yıllık olarak da güncellenebilmektedir.

Bu çalışmada, Bursa Demirtaş Organize Sanayi Bölgesinde (DOSAB) yer alan bir tekstil fabrikasının elektrik ihtiyacının karşılanması amacıyla HOMER Pro programında şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız PV sistem tasarımları gerçekleştirilmiştir. Uygulanan analizler sonucunda fabrika için kurulabilecek en uygun enerji sistemine karar verilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışma konusu olan tekstil fabrikası, Bursa DOSAB'da 2002 yılından beri üretime devam etmektedir. Yaklaşık 450 çalışanı olan fabrika, 4.150 m² bir alanda iplik üretimi gerçekleştirmektedir. Fabrikada ev tekstili (perde, döşeme, yatak kumaşı ve halı), moda, teknik uygulamalar (dış mekan ve askeri) ve otomotiv kumaşları üretilmektedir. Yurt içinde büyük bir pazar payına sahip olan fabrika Amerika, Hindistan, İtalya ve birçok Avrupa ülkesine ihracat yapmaktadır. Yıllık üretim kapasitesi 16.000 ton değerinde olan fabrikada ham madde olarak polyester ve polipropilen kullanılmaktadır. Fabrika üretim tesisinde farklı amaçlara hizmet eden çok sayıda elektrikli alet yer almaktadır. Fabrikanın hedefleri sürekli gelişim ve büyüme üzerine olduğu için, üretim maliyetlerini azaltmak ve karlılığı arttırmak adına kendi enerjisini üretmesi büyük önem arz etmektedir.

Dünya genelinde yaygın olarak kullanılan hibrit enerji simülasyon programı olan HOMER Pro, birçok farklı sektörde mikro şebeke tasarımı için küresel bir standart olarak kabul edilmektedir. Programda hibrit sistemleri oluşturmak amacıyla farklı enerji kaynak kullanımları değerlendirilmekte olup, tasarlanan sistemlerin şebekeye bağlı veya şebekeden bağımsız şekilde yıllık periyotta (8.760 saat) modelleme çalışması gerçekleştirilmektedir. Simülasyon sonucunda programdan elde edilen sonuçlar teknik ve ekonomik açıdan değerlendirilmek üzere tablolar halinde sunularak yatırım için uygun sisteme karar verilmektedir. Sistem tasarımlarının değerlendirilme aşamasında programın gerçekleştirdiği benzetim, optimizasyon ve duyarlılık analizleriyle tasarlanan sistemler daha anlaşılır hale gelmektedir (Bolat, 2021; Tabak, 2021).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında örnek olarak ele alınan fabrikanın 2021 yılı elektrik enerjisi tüketim değerleri incelenerek (Tablo 1) enerji sistemi tasarımları gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Fabrikaya ait elektrik tüketim değerleri

Aylar	Elektrik Tüketimi (kWsa)	Ortalama Elektrik Tüketimi (kWsa/gün)	Tutar (TL)
Ocak	1.951.016,4	62.936,01	993.364,66
Şubat	1.944.564,9	69.448,75	1.023.369,16
Mart	1.910.547,9	61.630,58	1.032.771,61
Nisan	2.160.576,3	72.019,21	1.283.453,48
Mayıs	2.053.288,2	66.235,10	1.222.569,28
Haziran	2.010.494,4	67.016,48	1.412.130,01
Temmuz	2.283.451,5	73.659,73	1.587.383,13
Ağustos	2.489.533,8	80.307,54	1.989.809,49
Eylül	2.619.819,6	87.327,32	2.187.189,15
Ekim	2.429.807,4	78.380,88	1.820.950,71
Kasım	2.524.192,5	84.139,75	2.442.196,63
Aralık	1.344.120	43.358,71	1.431.854,59
	Toplam = 25.721.412,90	Yıllık ortalama = 70.538,34	Toplam = 18.427.041,90

Tablo 1 incelendiğinde, 2021 yılında en yüksek elektrik tüketiminin 2.619.819,6 kWsa ile eylül ayında; en düşük elektrik tüketiminin ise 1.344.120 kWsa ile aralık ayında meydana geldiği görülmektedir. DOSAB'a ait radyasyon, açıklık indeksi ve rüzgar hızı değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

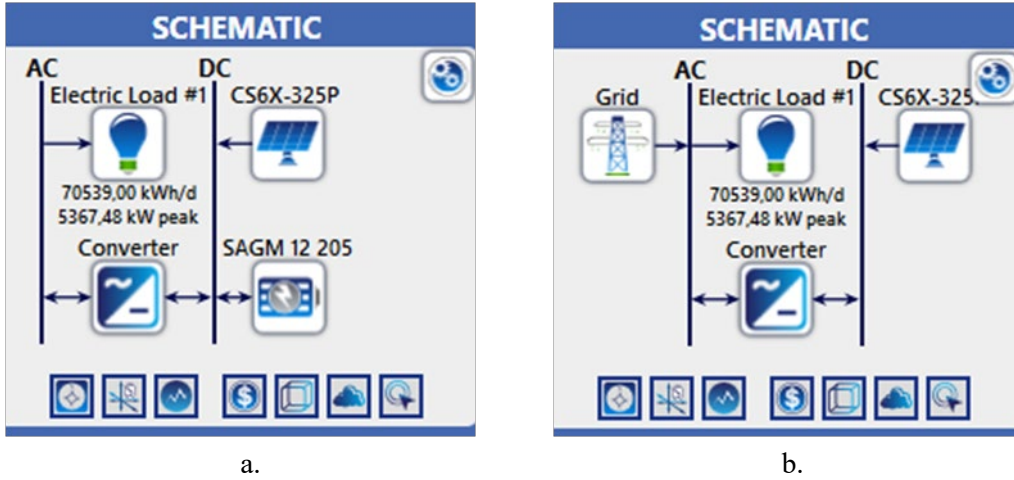
Tablo 2. DOSAB'a ait radyasyon, açıklık indeksi ve rüzgar hızı değerleri (NASA, 2022)

Aylar	Radyasyon (kWsa/m ² /gün)	Açıklık indeksi	Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)
Ocak	1,670	0,398	5,840
Şubat	2,310	0,413	6,270
Mart	3,490	0,460	5,420
Nisan	4,460	0,465	4,800
Mayıs	5,910	0,536	4,280
Haziran	6,710	0,579	4,270

Tablo 2. DOSAB'a ait radyasyon, açıklık indeksi ve rüzgar hızı değerleri (Devam)

Temmuz	6,790	0,602	5,070
Ağustos	5,930	0,587	5,200
Eylül	4,690	0,568	4,910
Ekim	2,990	0,485	5,560
Kasım	1,880	0,418	5,500
Aralık	1,390	0,369	5,740

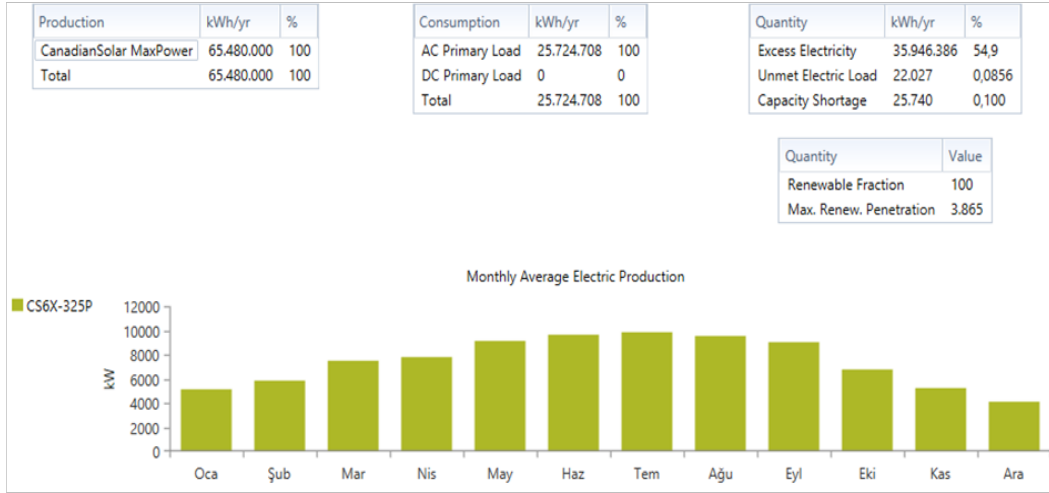
Çalışma kapsamında incelenen fabrikada yenilenebilir enerji sistem tasarımları şebekeden bağımsız ve şebekeye bağlı olarak ele alınmıştır. Şebekeye bağlı olan sistemde elektrik üretiminde PV panellerden, şebekeden bağımsız sistemde ise PV panellerle birlikte şebeke bağlantısından yararlanılmıştır. Tasarlanan sistemler için yenilenebilir fraksiyon oranı duyarlılık analizi sonucunda %30 olarak hesaplanmıştır. Sistemlerin ekonomik analizinde enflasyon oranı %36,08 (TUİK, 2022b), nominal faiz oranı %14 (TCMB, 2022) kabul edilmiştir. Şekil 1'de fabrika için oluşturulan hibrit yenilenebilir enerji sistemi tasarımları yer almaktadır.

**Şekil 1:**

*Fabrika için oluşturulan hibrit yenilenebilir enerji sistemi tasarımları
a. Şebekeden bağımsız sistem b. Şebekeye bağlı sistem*

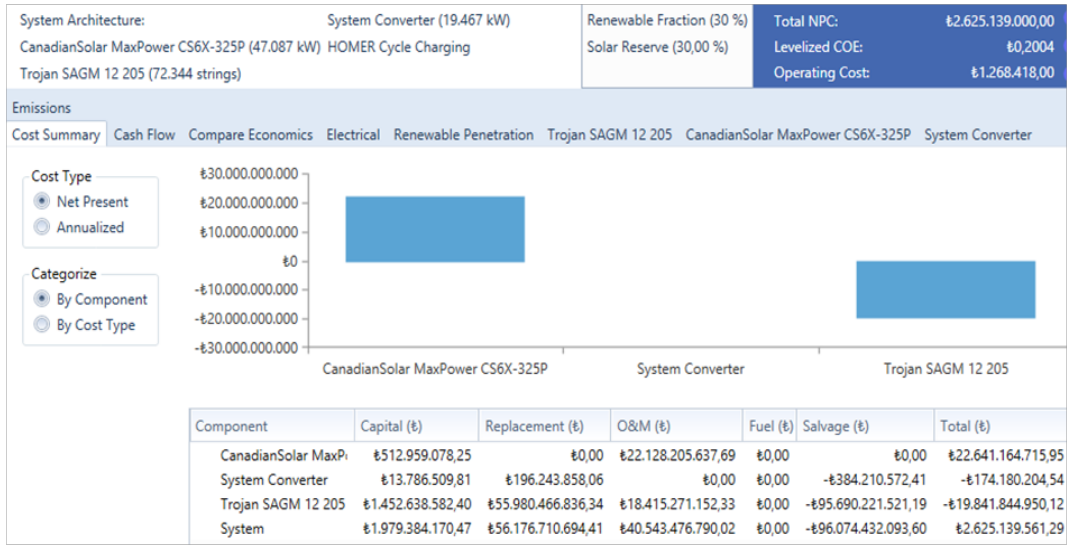
Şebekeye bağlı sistemde elektrik üretiminde PV panel, dönüştürücü ve şebeke bağlantısına; şebekeden bağımsız sistemde PV panel, dönüştürücü ve enerji depolama amacıyla solar akülere yer verilmiştir (URL-2-3-4, 2022). Sistemlerin ömrü program tarafından önerilen proje ömrü baz alınarak 25 yıl olarak belirlenmiştir.

Şekil 2-5'te şebekeden bağımsız yenilenebilir enerji sistemine ait simülasyon sonuçları verilmiştir.



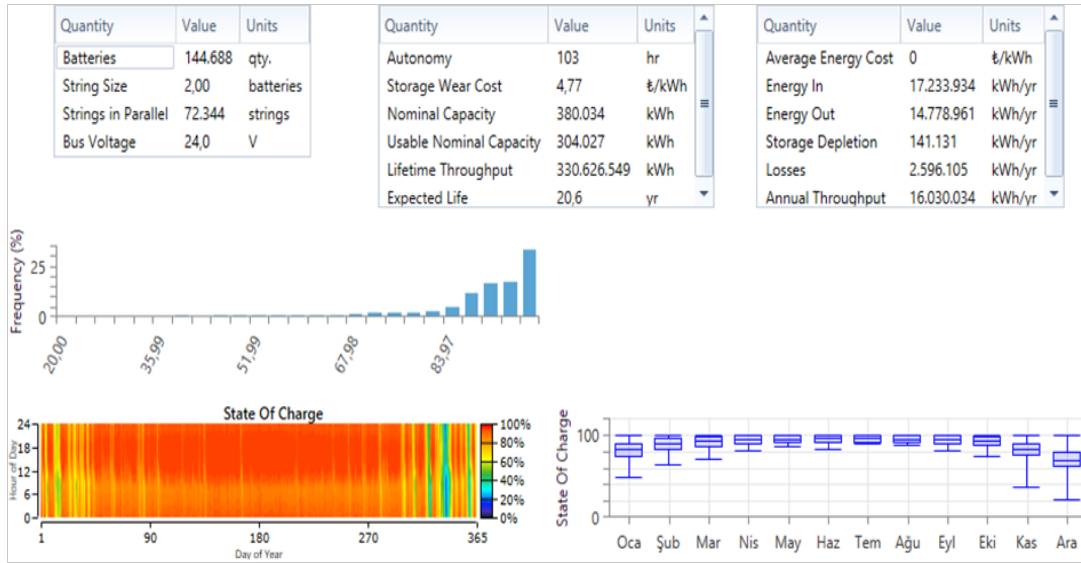
Şekil 2: Şebekeden bağımsız sistemde aylık elektrik üretim değerleri

Şebekeden bağımsız sistemde enerji üretimi PV panellerden sağlanacak olup, panellerin fabrikanın ihtiyaç duyduğu enerjinin tamamını karşılayacağı öngörülmektedir. Kurulacak sistemde PV panellerden yılda 65.480.000 kWh sa elektrik üretiminin gerçekleştirileceği, aylık olarak en yüksek elektrik üretiminin temmuz, en düşük elektrik üretiminin ise aralık ayında meydana geleceği belirlenmiştir.



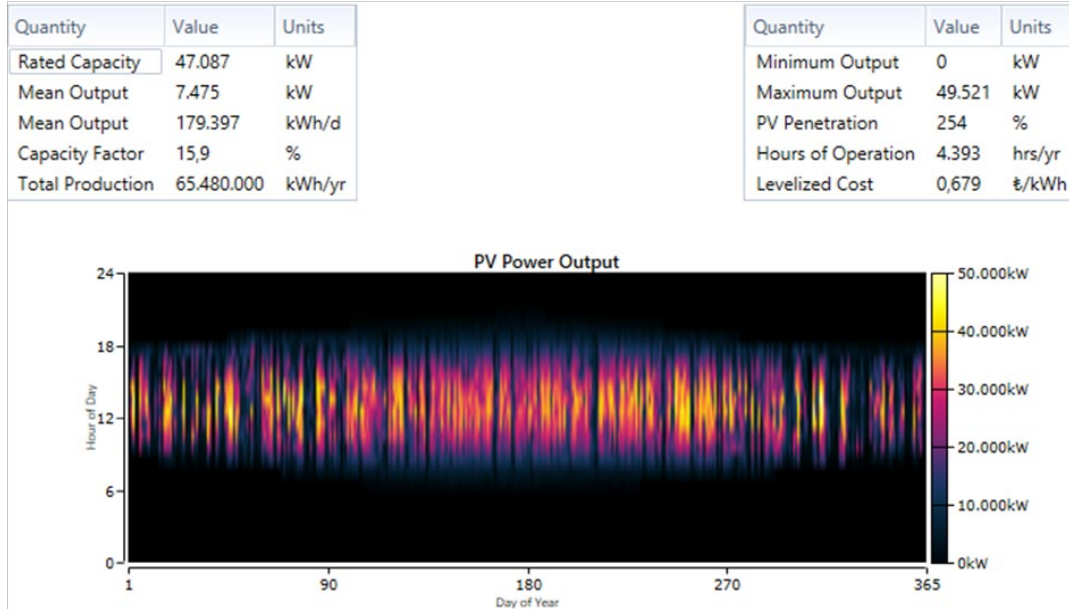
Şekil 3: Şebekeden bağımsız sisteme ait maliyet değerleri

Yapılan analizler sonucunda şebekeden bağımsız sistemin net bugünkü maliyet değeri 2.625.139.000 TL (151.654.477,2 \$), enerji birim maliyet değeri 0,20 TL (0,012 \$), işletme maliyeti 1.268.418 TL (73.276,6 \$) olarak belirlenmiştir (URL-5, 2022).



Şekil 4:
Solar akülere ait teknik ve sayısal veriler

Solar akülere ait kabullerde minimum şarj durumu %20 olarak alınıp, şebeke bağlantısız sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir. Akülere giren yıllık enerji miktarının 17.233.934 kWsa, akülerden çıkan yıllık enerji miktarının 14.778.961 kWsa değerinde oluşacağı, akülerdeki enerji kaybının ise yıllık 2.596.105 kWsa değerinde gerçekleşeceği belirlenmiştir.



Şekil 5:
Şebekeden bağımsız sistemde PV panellerde elektrik üretimine ait teknik ve sayısal veriler

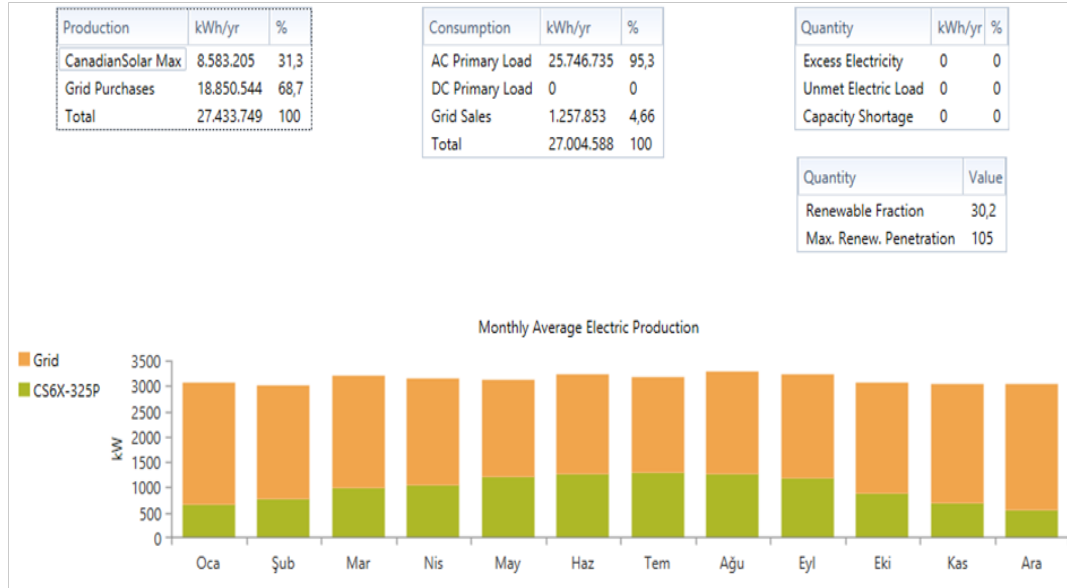
Şekil 5 incelendiğinde, şebekeden bağımsız sistemde toplam elektrik üretiminin yıllık 65.480.000 kWsa değerinde gerçekleşeceği, sistemin yıllık çalışma süresi 4.393 saat, birim enerji maliyeti ise 0,679 TL/kWsa olarak belirlenmiştir. Şebekeden bağımsız sistemin kirlenmeye sebep olmadığı, bu nedenle şebekeden bağımsız sistem kurulumlarının çevre

kirliliğinin önlenmesinde önemli bir rol oynayacağı belirlenmiştir. Programda sistemin basit geri ödeme süresi 14,04 yıl, iskontolu geri ödeme süresi 7,72 yıl olarak hesaplanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Şebekeden bağımsız sisteme ait sayısal değerler

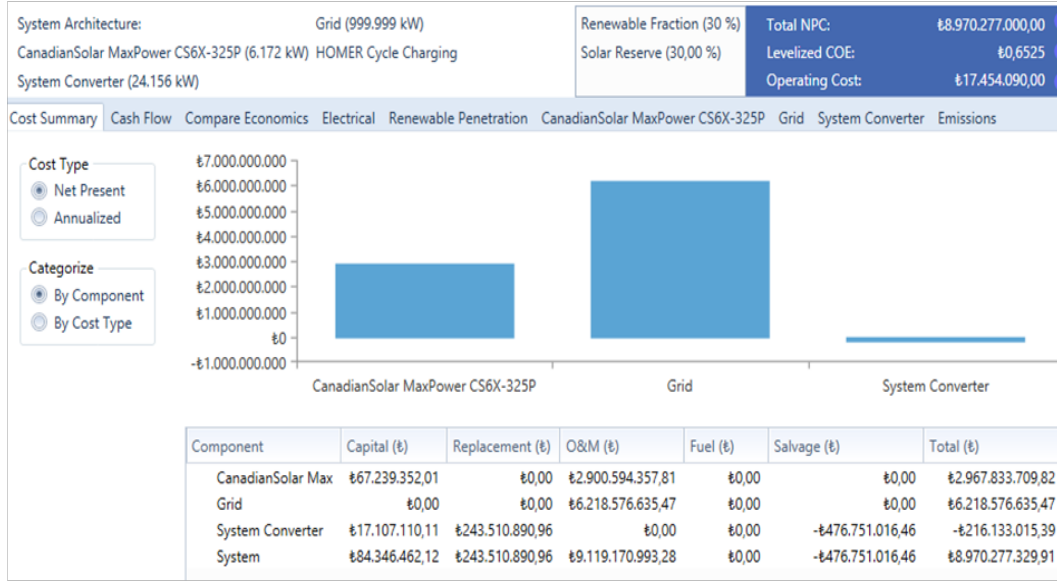
Metric	Value
Present worth (₺)	₺32.798.890.000
Annual worth (₺/yr)	₺64.424.880
Return on investment (%)	9,6
Internal rate of return (%)	11,3
Simple payback (yr)	14,04
Discounted payback (yr)	7,72

Şekil 6-9'da şebeke bağlantılı yenilenebilir enerji sistemine ait simülasyon sonuçları verilmiştir.



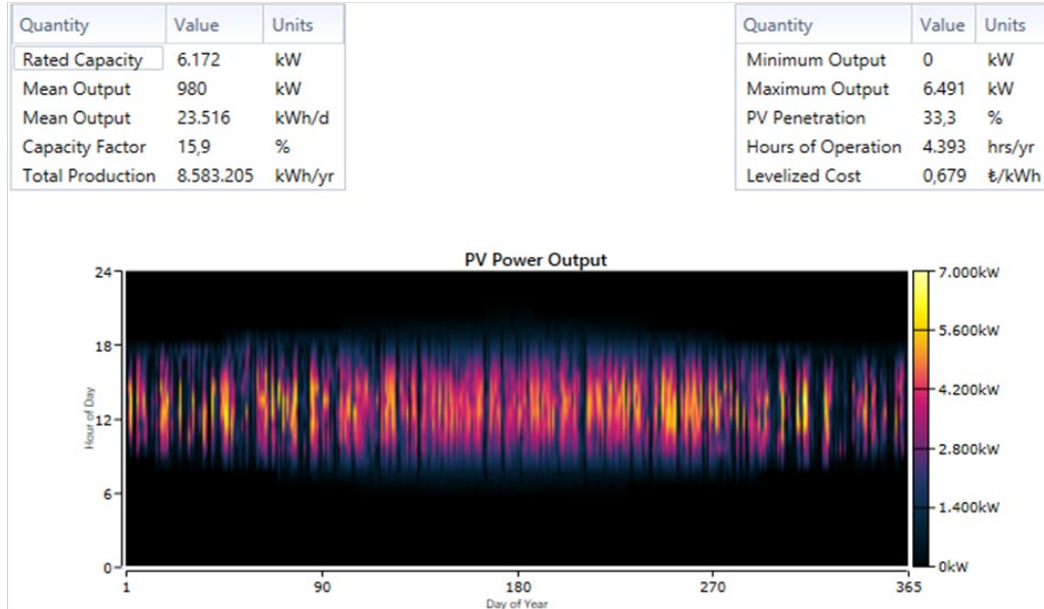
Şekil 6:
Şebekeye bağlı sistemde aylık elektrik üretim değerleri

Şekil 6 incelendiğinde, şebekeye bağlı sistemde PV panellerden elde edilecek enerji miktarının yıllık 8.583.205 kWsa değerinde elde edileceği, bu değer fabrikasının ihtiyaç duyduğu enerjinin %31,3'ünü karşılayabileceği belirlenmiştir. Şebekeden alınan enerjinin ise yıllık 18.850.544 kWsa değerinde olacağı, bu değer ise ihtiyaç duyulan enerjinin %68,7'sini karşılayabileceği sonucuna varılmıştır.



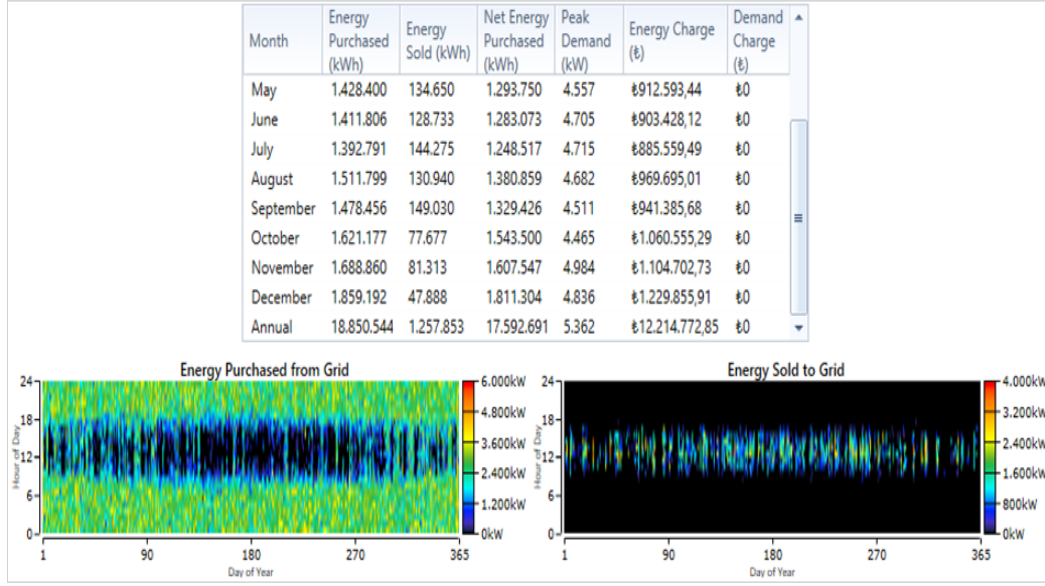
Şekil 7:
Şebekeye bağlı sisteme ait maliyet değerleri

Şebekeye bağlı sisteme ait program çıktıları incelendiğinde, sistemin net bugünkü maliyet değeri 8.970.277.000 TL (518.213.576 \$), enerji birim maliyeti 0,65 TL (0,038 \$), işletme maliyeti ise 17.454.090 TL (1.008.324,09 \$) olarak belirlenmiştir.



Şekil 8:
Şebekeye bağlı sistemde PV panellerde elektrik üretimine ait teknik ve sayısal veriler

Şebekeye bağlı sistemde PV panel kapasitesinin 6.172 kW değerinde olduğu, panellerden üretilen yıllık enerji miktarının 8.583.205 kWhsa değerinde gerçekleşebileceği, birim enerji maliyetinin 0,679 TL/ kWhsa değerinde olacağı belirlenmiştir.



Şekil 9:

Şebekeye elektrik alım satımına ait sayısal değerler

Elektrik birim fiyatı Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun (EPDK) 1 Ocak 2021 tarihinden itibaren uygulanacak nihai elektrik tarifesiyle alınmış olup, tarife tek zamanlı, tek terimli, sanayi tüketicisi olarak seçilmiştir. Şebekeye satılan elektrik enerjisi birim fiyatı nihai elektrik tarifesi için üreticiler için veriş yönünde tek terimli dağıtım tarifesiyle reaktif enerji bedelinden dağıtım bedeli çıkartılarak hesaplanmıştır (Kayıkçı, 2020). Şebekeye bağlı hibrit sistemde şebekeden çekilen elektriğin birim maliyeti 0,67 TL/kWsa; şebekeye satılan elektriğin birim maliyeti 0,33 TL/kWsa olarak belirlenmiştir (EPDK, 2022).

Tablo 1 incelendiğinde, 2021 yılı için 18.427.041,90 TL olarak hesaplanan enerji maliyetinin 12.214.772,85 TL (Şekil 9) değerine düştüğü belirlenmiştir. Bu durumda şebekeye bağlı sistemin yıllık olarak 6.212.269,05 TL tasarruf sağlayacağı hesaplanmıştır.

Şebekeye bağlı sistemde en yüksek emisyonun 11.913.544 kg/yılla karbondioksit (CO₂) ait olduğu görülmektedir. CO₂'yi sırasıyla sülfür dioksit (51.650 kg/yıl) ve nitrojen oksit emisyonları (25.260 kg/yıl) izlemektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Şebekeye bağlı sisteme ait emisyon değerleri

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	11.913.544	kg/yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate Matter	0	kg/yr
Sulfur Dioxide	51.650	kg/yr
Nitrogen Oxides	25.260	kg/yr

Sistemler arasında ekonomik karşılaştırma yapıldığında fabrika için kurulması planlanan en uygun sistemin şebekeden bağımsız sistem olduğuna karar verilmiş olup, sistemin net bugünkü maliyet değeri 2.625.139.000 TL (151.654.477,2 \$), basit geri ödeme süresinin ise 14,04 yıl olduğu belirlenmiştir. İncelenen fabrika 4.150 m²'lik bir üretim alanına sahip olup, günümüz

koşullarında bu kadar büyük bir fabrika için kurulacak enerji sisteminin geri ödeme süresinin normal bir değere sahip olduğu görülmektedir.

Bu çalışmaya benzer olarak Tabak (2021), Konya ilinde yer alan günlük ortalama 1000 kWsa elektrik tüketimine sahip olan bir fabrikanın enerji talebini karşılamak için hibrit enerji üretim sisteminin analizi ve tasarımını gerçekleştirmiştir. Çalışmada PV panel, dizel jeneratör, batarya ve dönüştürücüden oluşan sistemin net bugünkü maliyet değeri 7,81 M\$, yatırım maliyeti 1,94 M\$ olarak hesaplanmıştır. Sistemin belirlenen ömrü boyunca gerçekleşen değişikliklerin enerji ve net bugünkü maliyet değerlerini etkilediği bildirilmiştir.

4. SONUÇ

Ülkemizde tekstil endüstrisinde enerji kullanımı oldukça verimsizdir ve büyük bir iyileştirme potansiyeline sahiptir. Enerjinin verimsiz kullanılması üretim maliyetlerinde artışa sebep olmaktadır.

Bu çalışmada, Bursa DOSAB'da iplik üretimi yapan bir tekstil fabrikasının elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması amacıyla HOMER Pro programı yardımıyla yenilenebilir enerji sistemi tasarımları gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda şebekeden bağımsız PV sistemin fabrika için kurulabilecek en uygun sistem olduğuna karar verilmiştir. Kurulacak sistemin net bugünkü maliyeti 2.625.139.000 TL (151.654.477,2 \$), basit geri dönüş süresi 14,04 yıl olarak hesaplanmıştır.

Enerji maliyetinin düşürülmesi, enerjinin verimli kullanımı, enerji kaynağı olarak doğal kaynakların kullanılması çevre açısından büyük fayda sağlayacaktır. Temiz üretim ve maliyetlerin azaltılması firmaya rekabet gücü, prestij, yüksek karlılık getirecektir. Bu sebeple yapılan yatırımlar uzun vadeli düşünülmeli, iyileştirme yapılabilecek alanlar belirlenmeli, analizler yapılmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Bu çalışmanın yazarları olarak, herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile çıkar çatışması bulunmadığını onaylarız.

YAZAR KATKISI

Melike YALILI KILIÇ, çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetimi, fikrinsel içeriğin eleştirel incelemesi ile son onay ve tam sorumluluk kısımlarına, Sümeyye ADALI ile Melek AYDIN, veri toplama, veri analizi ve yorumlama, makale taslağının oluşturulması, son onay ve tam sorumluluk kısımlarına katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

1. Baş, Z., Zıba, S. ve Yılmaz, A.S. (2017) Fotovoltaik üretim sistemlerinin şebekeye ve maliyetlere etkisinin incelenmesi, *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(3), 72-78.
2. Bhattacharjee, S. ve Acharya, S. (2015) PV-wind hybrid power option for a low wind topography, *Energy Conversion and Management*, 89, 942-954. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.10.065>
3. Bolat, M. (2021) Dağıtık enerji üretim sistemleri için enerji depolama sistem tasarımı, planlanması ve uygulaması, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
4. Cabak, B. (2018) Tekstil fabrikasında enerji verimliliği uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

5. Çınar, T. (2008) Tekstil sanayisinde enerji yönetimi ve enerji verimlilik analizi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
6. Duman, A.C. ve Güler, Ö. (2020) Economic analysis of grid-connected residential rooftop PV systems in Turkey, *Renewable Energy*, 148, 697-711. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.157>
7. Ener Ruşen, S. ve Koç, M. (2019) Enerji tüketim ve CO₂ salınım değerlerinin analizi; bir gıda fabrikası örneği, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 8(4), 1478-1488. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.549428>
8. EPDK, (2022) Elektrik faturalarına esas tarife tabloları, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-1327/elektrik-faturalarina-esas-tarife-tabloları> Erişim Tarihi: 19.06.2022
9. Güven, B. (2019) Tekstil terbiye sektöründe enerji verimliliği uygulama örneği, Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
10. İkiz Y. ve Öztürk H.K. (2003) Tekstil sektöründe enerji tüketimi ve tüketimin aylık değişimi, I. Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi, Denizli, s. 390- 397.
11. Kasaeian, A., Rahdan, P., Rad, M. A.V. ve Yan, W. M. (2019). Optimal design and technical analysis of a grid-connected hybrid photovoltaic/diesel/biogas under different economic conditions: a case study, *Energy Conversion and Management*, 198, 111810. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.111810>
12. Kayıkçı, B. (2020). Aydın ili didim ilçesindeki kırsal bölgede yer alan bir konutun elektrik ihtiyacının hibrit güneş-rüzgar enerji sistemi ile karşılanmasının analizi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
13. Khan, M. J., Yadav, A.K. ve Mathew, L. (2017). Techno economic feasibility analysis of different combinations of pv-wind-diesel-battery hybrid system for telecommunication applications in different cities of punjab, india, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 577-607. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.076>
14. NASA, (2022) Surface meteorology and solar energy database, Erişim Tarihi: 01.06.2022
15. Shahzad, M.K., Zahid, A., Rashid, T., Rehan, M.A., Ali, M. ve Ahmad, M. (2017) Techno-economic feasibility analysis of a solar-biomass off grid system for the electrification of remote rural areas in pakistan using homer software, *Renewable Energy*, 106, 264-273. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.01.033>
16. Tabak, A. (2021) Konya ilinde bir fabrikanın enerji talebinin karşılanması için hibrit enerji üretim sisteminin analiz ve tasarımı, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 13(1), 220-230. <https://doi.org/10.29137/umagd.794898>
17. TCMB, (2022). Faiz oranlarına ilişkin basın duyurusu, Sayı: 2021-59, Erişim Adresi: <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Duyurular/Basın/2021/DUY2021-59> , Erişim Tarihi: 19.06.2022
18. TÜİK, (2022a) Elektrik İstatistikleri, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Cevre-ve-Enerji-103> Erişim Tarihi: 3.06.2022.
19. TÜİK, (2022b) Tüketici Fiyat Endeksi, Aralık 2021, Erişim Adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Tuketici-Fiyat-Endeksi-Aralik-2021-45789> Erişim Tarihi: 19.06.2022.
20. URL-1, (2022) https://www.emo.org.tr/ekler/1076c3237c38c7f_ek.pdf?dergi=1123 Erişim Tarihi: 17.06.2022
21. URL-2, (2022) https://www.trendyol.com/lexron/325-watt-w-monokristal-gunes-paneli-solar-panel-1-sinif-a-kalite-p-184868039?boutiqueId=61&merchantId=153765&utm_source=aff_t&utm_medium=cpc&utm_campaign=akakce_urun_listeleme&adjust_tracker=ejav2ha_253g15b&adjust_campaign=akakce_urun_listeleme&v=1.15.6 Erişim Tarihi: 17.06.2022

22. URL-3, (2022) https://solaravm.com/huawei-100-kw-inverter-sun2000-100ktl-m1-trifaze?srsltid=AWLEVJwINNjIK9MEe6M9h_Y7xM9OugjrZ_rsFOLbk_Ld8c0J4YjJxzaZ, Erişim Tarihi: 17.06.2022
23. URL-4, (2022) https://www.acdc.com.tr/tr/aku_satis.htm?id=12205205, Erişim Tarihi: 17.06.2022
24. URL-5, (2022) <https://bigpara.hurriyet.com.tr/doviz/dolar/>, Erişim Tarihi: 17.06.2022

