

## YATLARDA KULLANILAN GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİNİN TASARIMI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

<sup>1</sup> Onur GÜNAY, <sup>2</sup> Yiğit GÜLMEZ, <sup>3</sup> Oğuz ATİK

### ÖZET

*Güneş enerjisinden elektrik üretim teknolojilerindeki hızlı gelişim, güneş pillerinin birçok endüstride yaygın olarak kullanılabilmesine olanak sağlamıştır. Denizcilik endüstrisinde güneş enerjisiyle sevk edilebilen teknelere ek olarak özellikle yatlarda yaşam mahallerinin elektrik ihtiyacının güneş enerjisiyle karşılanmasına yönelik sistemler üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışma kapsamında yatlarda yaşam mahallerinde ortalama elektrik ihtiyacı araştırılmış, bu ihtiyacı karşılamak üzere İzmir'in Çeşme ilçesindeki ortalama ışınım değerleri baz alınarak gerekli sistem özellikleri hesaplanmıştır. Yatlarda gerekli olan elektrik ihtiyacının araştırmasında nitel araştırma yöntemleri kullanılmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** Güneş enerjisi, Sistem Tasarım, Yatlarda elektrik ihtiyacı

---

<sup>1</sup>Araş.Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, İzmir,  
onur.gunay@deu.edu.tr

<sup>2</sup>Araş.Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, İzmir,  
yigitgulmez@gmail.com

<sup>3</sup>Yrd.Doç.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, İzmir,  
oguz.atik@deu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2015).

Yeryüzüne her yıl düşen güneş ısınım enerjisi, yeryüzünde şimdiye kadar belirlenmiş olan fosil yakıt haznelерinin yaklaşık 160 katı kadardır. Ayrıca yeryüzünde fosil, nükleer ve hidroelektrik tesislerinin bir yılda üreteceği enerjiden 15.000 kat kadar daha fazladır (Varınca vd.).

Fosil yakıtlar tarafından yönetilen bugünkü küresel enerji piyasası beraberinde çevresel ve iklimsel bozulmalar, fosil yakıtların tükenebilirliği gibi bazı ciddi endişeler getirmektedir. Nükleer enerji santrallerinin ise radyoaktif salım gibi büyük tehlikeleri içinde barındırmaktadır. Tüm bu etkenler düşünöldüğünde yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir enerji üretiminin parçası haline gelmesi kaçınılmazdır. Dünya genelinde araştırmacılar tarafından geniş araştırma girişimlerine dayanan Son teknolojik yenilikler göz önüne alındığında, güneşin geleceğin dünya enerji taleplerini karşılamak için çok büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir (Chu).

Uluslar Arası Enerji Ajansı'na göre, fosil yakıtların enerji dünya üretiminin % 82'sini karşılamaktadır. Bu değer 25 yıl öncesinin değerleri ile aynıdır.2035 yılı için ise bu değerin %75 e düşmesi öngörülmektedir.( International Energy Agency, 2013)

Günümüzde güneş enerjisinden elektrik üretimi birçok endüstride olduğu gibi denizcilik endüstrisinde de kullanılmaktadır. Denizcilik endüstrisinde, gemilerde, güneş enerjisinden üretilen elektrik, sevk sisteminde ana güç kaynağı olarak veya geminin diğer elektrik ihtiyaçlarını karşılamak üzere kullanılabilir.

## 2. GEMİLERDE KULLANILAN ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI

Dünya enerji ihtiyacı olduğu gibi günümüz gemilerinin de büyük bir bölümü enerji ihtiyaçlarını fosil yakıtlardan karşılamaktadır. Enerjinin sürdürülebilirliği düşünöldüğünde deniz taşımacılığı sektörünün de alternatif enerji arama ihtiyacı hayat bulmuştur. Günümüzde gemi sevk ve enerji ihtiyacı için yapılan başlıca enerji elde etme yöntemleri şunlardır; yakıt pilleri, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisidir.

## 2.1. Yakıt Pilleri

Yakıt hücreleri, bataryalar gibi, elektro-kimyasal süreçte elde ettiği enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren birimlerdir. Yakıt pilleri hareketli parça içermeyip, pompa ve fan gibi yardımcı teçhizat gerektirmemektedir. Hidrojen ve oksijen gibi iki reaktif maddenin kullanıldığı tepkime sonucu az miktarda ısı enerjisi, elektriksel enerji ve su oluşur (Future Ship Powering Options Report, 2013).

### Yakıt Pili'nin Başlıca Avantaj ve Dezavantajları

- Yakıt hücreleri hiçbir hareketli parçaya sahip, dolayısıyla geleneksel makinelere göre daha sessiz
- Yakıt olarak hidrojen kullanıldığında herhangi bir karbon salımı söz konusu değil
- Sera gazı üretmeyen yakıtlar kullanıldığı için herhangi bir SO<sub>x</sub> ya da NO<sub>x</sub> salımı söz konusu değil
- Hidrojen gibi reaktifleri kullandığı için günümüzde liman bölgelerinde yakıt ihtiyacını karşılamada altyapı eksikliği
- Kullanılan yakıtlar karmaşık üretim yapıları tedarik zinciri ve depolama süreçleri oluşturduğu için fosil yakıta göre maliyeti daha fazla olabilmekte
- İçten yanmalı makinelere göre birim hacimde güç yoğunluğu daha düşük

## 2.2. Rüzgar Enerjisi

Hava akışından kaynaklı basınç değişim prensibine dayanan rüzgar enerjisi sistemleri yüzyıllar boyunca gemi hareket ve idaresi için kullanılmıştır. Günümüzde rüzgar enerjisi gemilerde sevk ve enerji üretimi için kullanılabilir. Flettner rotorları, gemi yelkenleri ve rüzgar türbinleri günümüzdeki başlıca rüzgar enerjisini kullanma yöntemleridir. Rüzgar kaynaklı enerji üretimi olduğu için egzoz salımı oluşturmamaktadır. Bu yöntemin olumsuz yönü ise enerji üretimi tamamen rüzgarın şiddeti ve akışın düzgünlüğüne bağlı olmasıdır (Future Ship Powering Options Report, 2013).

## 2.3 Güneş Enerjisi

Günümüz gemilerinde fotovoltaik sistemler gemi sevkine yardımcı veya yardımcı donanımın elektrik ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. Ürettiği enerji yoğunluğu miktarı düşük olduğu için genelde doğrudan sevk için kullanılmazlar. Enerji üretimi güneş ışığı ile sınırlıdır. Fotovoltaik sistemde yarı iletkenlerin kullanımı ile elektrik

akımı oluştuğu için herhangi bir egzoz salımı olmaz (Future Ship Powering Options Report, 2013).

## **2.4. Hidrojen Enerjisi**

Yakıt pillerinde olduğu gibi sıvı H<sub>2</sub> yakıtı hiçbir CO<sub>2</sub> veya SO<sub>x</sub> salımı oluşturmaz. Ancak hidrojen yakıtının özelliğinden kaynaklı gemide muhafazası gemi güvenliği açısından sorun teşkil edebilmektedir. Bu yakıtın yanması sonucu büyük miktarda saf su elde etmek mümkündür. Oluşacak bu suyunda depolanması veya atık yönetimi söz konusu olacaktır. Fosil yakıtlara göre hidrojen enerjili sistemler daha az enerji yoğunluğuna sahiptirler (Future Ship Powering Options Report, 2013).

## **3. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ**

Yenilenebilir enerji sistemlerinde olduğu gibi güneş enerjisi sistemleri enerji üretim piyasasında giderek artan ilgi kazanmaktadır. Güneş enerjisinden elektrik üretimini termal sistemler ve fotovoltaik sistemler olmak üzere iki kategoride incelenebilir (Gugulothu vd., 2015).

### **3.1. Termal Sistemler**

Yoğunlaştırıcı kollektörde ısıya dönüştürülen güneş enerjisinden, nükleer ya da termik elektrik santrallerinde olduğu gibi, suyun kaynatılarak buhara dönüştürülmesi ve elde edilen buharla bir buhar türbininin tahrik edilmesi yardımıyla elektrik enerjisi elde edilir (Gugulothu vd., 2015).

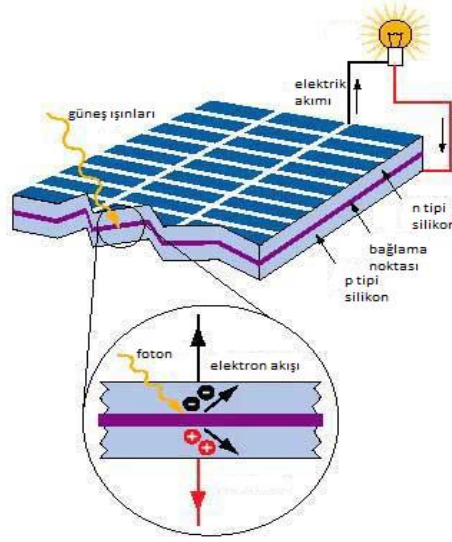
### **3.2. Fotovoltaik Sistemler**

Fotovoltaik sistemler, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çevirebilen sistemlerdir (Luther ve Rendl, 2013: 14). Bu sistemlerin son yıllarda kriz dönemlerinde bile artmaya devam eden kullanımı, fotovoltaik sistemlerinin başlıca enerji kaynaklarından biri haline gelmesinin sağlamıştır (EPIA, 2012: 11). Fotovoltaik sistemler uygulamaya bağlı olarak, güneş pilleri, akümülatör, evirici (invertörler), akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak oluşturulabilmektedir.

Güneş pillerinin 1950'lerde %4 olan verimleri 2010 yılında %15 civarına gelmiştir. Verimleri güneőün 1000 W/m<sup>2</sup> enerji yaydığı bölgeye göre hesaplanmaktadır fakat Türkiye'de bu değer ortalama 1300 W/m<sup>2</sup> olduğundan verimleri daha iyi değerler almaktadır. 1 m<sup>2</sup> alanda kayıplar

ihmal edilirse 195 Watt elektrik üretilebilir (Koroğlu vd., 2010: 1). Günümüzde ise %30 civarında verimliliğe sahip hücreler üretilmiştir (Spectrolab, 2015) ancak genel olarak %20'ye kadar verimli hücreler kullanılmaktadır (Sunpower, 2015). En yüksek verimlilikli hücreler silisyum temelli fotovoltaik hücrelerdir (Luther ve Rendl, 2013: 20). Fotovoltaik panellerin toplam verimliliğinde teorik maksimum verimliliğe ek olarak çeşitli çevresel koşullar da etkilidir. Fotovoltaik panellerin verimliliğini etkileyen temel koşullar aşağıda belirtilmiştir (Sunpower,2015):

- Çalışma sıcaklığı
- Ortamdaki ışınım değeri,
- Ortamdaki gölge durumu,
- Panel üzerinde leke, buz, sis tabakaları



**Şekil 1: Fotovoltaik Sistem Çalışma Prensibi**  
Kaynak: Sunlab, 2016

Şekil 1 de fotovoltaik güneş hücresinden elektrik üretimi gösterilmiştir. Fotovoltaik hücreler genel anlamda p tipi ve n tipi iki yarı iletken ve bir ara bölgeden meydana gelir. Bu ara bölgeye deplasman bölgesi de denir. Gün ışığı altında fotonun yardımıyla yarı iletkenler arası elektron akışı sağlanır. Güneş ışığının panele geldiği sürece sistemde elektrik akımı sürmektedir.

Fotovoltaik sistemlerin teorik verimliliğinin artırılması konusunda yapılan çalışmalar hızla devam etmektedir. Silisyum temelli fotovoltaik hücreler gelecekte de en yüksek verimlilikli hücreler olacağı düşünülmektedir. Son yıllarda verimlilik oranlarındaki artışta yaşanan ivmenin sabit kalması durumunda, hücre veriminin 2020 yılında yaklaşık %24, 2030 yılında yaklaşık %30, 2050 yılında ise yaklaşık %35 olabileceği öngörülmektedir (Luther, Rendl, 2013: 20).

Fotovoltaik sistemlerde güneş enerjisinden üretilen enerji, dönüştürücüler vasıtasıyla akülere şarj edilmeye uygun voltaj ve amper değerlerine çevrilerek akülere iletilir. Akülerde depolanan enerji ise kullanım yerine göre invertör yardımıyla alternatif akıma çevrilerek veya konvertörler yardımıyla doğru akım olarak uygun voltaja çevrilerek kullanılabilir. Tüm bu dönüştürme işlemlerinde yaşanan kayıplar toplam sistem verimini etkiler.

Tablo 1 de fotovoltaik panel çeşitleri detaylı bir şekilde sunulmuştur.1. ve 2. Nesil güneş panelleri ticari piyasaya hakimken 3. Nesil güneş panelleri geliştirilme aşamasındadır.3. nesil panellerin kullanımı günümüz piyasasında daha azdır (Khan ve Arsalan, 2016).

**Tablo 1: Güneş Panelleri Çeşitleri**

Teknoloji	1. Nesil		2.Nesil			3. Nesil
	Monokristal Silikon (c-Si)	Polikristal Siliko (p-Si)	Amorphous silikon(a-Si)	Bakır İndiyum Diselenid (CIS /CIGS)	Kadmium Tellür (CdTe)	Konsantr e Fotovolta ik (CPV)
Fotovoltaik Panel Genel Verimi(%)	15-19 (maks. 25)	13-15 (maks. 20.4)	5-8 (maks. 12.2)	7-11 (maks. 9.8)	8-11 (maks 19.6)	25-30 (maks. 40)
Pazar Payı (% 2014)	90	55	32	25	43	-
1 kw için gerekli yüzey alanı(kw/m <sup>2</sup> )	7	8	15	10	11	-

Kaynak: (Khan ve Arsalan, 2016) tarafından yapılan çalışmadan adapte edilmiştir

**Tablo 2:** Güneş Enerjisinin Teknelerde Kullanımı Üzerine Yapılan Akademik Çalışmalar

Yazarlar	Dergi ve Yıl	Yayın Başlığı
Gorter T, A.H.M.E. Reinders	Applied Energy 92 (2012) 286–297	A comparison of 15 polymers for application in photovoltaic modules in PV-powered boats
Mahmud K. vd.	International Journal of Advanced Science and Technology Vol.64 (2014), pp.31-42	Design and Fabrication of an Automated Solar Boat
Reabroya R vd.	Energy Procedia 79 ( 2015 ) 1008 – 1014	The Possibility of using Electrical Motor for Boat Propulsion System
Spagnolo G.S. v.d	<i>Journal of Transportation Technologies</i> , 2012, 2, 144-149	Solar-Electric Boat
Berechman J. ve diğ	<i>Transportation Research Part D 17</i> (2012) 35–38	Solar Photovoltaic Powered Sailing Boat Using Buck Converter
Lan H. vd.	Applied Energy 158 (2015) 26–34	Optimal sizing of hybrid PV/diesel/battery in ship power system
Jun Lee H. vd.	Energy 49 (2013) 475e483	Hybrid photovoltaic/diesel green ship operating in standalone and grid-connected mode e Experimental investigation
Gorter T.	Energy Procedia 75 ( 2015 ) 1901 – 1906	Design Consideration of a solar racing boat: propeler design parameters as a result of PV system power

Kaynak: Yazarlar tarafından düzenlenmiştir.

Tablo 2’de çeşitli gemilerde sevk sistemi ya da yardımcı sistemlerin elektrik ihtiyacını karşılamak için fotovoltaik sistemlerin kullanıldığı başlıca akademik çalışmalar listelenmiştir. Ayrıca yayın yılı, yayınlandığı dergi ve yazarlar belirtilmiştir.

Gorter ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada 15 farklı malzeme tipi, gövdesi fotovoltaik güneş panelleri ile kaplanmış tekne için maliyet, dayanım, esneklik, ağırlık gibi yönlerden karşılaştırılmıştır. Epoksi

malzemelerin panel kaplamasında kullanımının malzeme dayanımı ve ağırlık yönünden olumlu sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur.

Mahmud ve arkadaşları güneş enerjisiyle sevk edilen 4.5 metre uzunluğunda, 1.92 metre genişliğinde, gövde ağırlığı 200kg olan tekne imal etmişlerdir. Yapılan hesaplamalar sonucu maksimum güçte (2.7 kw) maksimum hız olarak 4 deniz mili değerini bulmuşlardır. 7.03 m<sup>2</sup> olan güneş paneli alanından ise güç ihtiyacının sadece belirli bir kısmını sağlayabileceği hesaplanmıştır.

Reabroy ve arkadaşları 4 metre uzunluğundaki tekne ile elektrik motoru yardımıyla 5 knot hıza çıkabilmeyi elektrikli sevk sistemlerinin teknelerde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Yapılan deney sonucu 1.7 kw güçte 5 knot hıza ulaşmışlardır.

Spagnolo ve arkadaşları turistik seyir amaçla kullanılacak, güneş panelleri bataryalar, şarj üniteleri ve gerekli teçhizatın olduğu katamaran bir tekne üzerine çalışmışlardır. Konsept tasarım 14 metre uzunluğunda, 5.5 metre genişliğinde, 8 deniz mili maksimum hıza ve 5 saatlik bir menzile sahip olması planlanmıştır. Araştırma sonucunda teknenin donanım ilk yatırım maliyetinin 50000\$ olduğu keşfedilmiştir. Yıllık elde edilen kazancın ise 5000\$ olarak öngörülmüştür.

Lan ve arkadaşları dizel ve fotovoltaik sistemlerin bir kimyasal tankere uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Rota olarak Çin-Yemen arası seçilmiş ve farklı mevsim ve hava koşullarının olduğu 4 senaryo incelenmiştir. Araştırma sonucu fotovoltaik sistemlerin güneş ışınları ve mevsimsel koşullarla çok yakından ilişkili olduğu saptanmıştır. Gelişmekte olan yenilenebilir enerji kaynağı olarak fotovoltaik sistemlerin maliyetinin düştükçe gemi gibi ulaşım araçlarında daha yaygın olabileceği öngörülmüştür.

#### **4. YATLARDA GÜNEŞ ENERJİSİ UYGULANABİLİRLİĞİ ÜZERİNE ARAŞTIRMA**

Bu çalışma yapılırken gemilerde kullanılacak alternatif enerji yöntemleri incelenmiş ve bu yöntemlerden güneş enerjisi seçilmiştir. Bu seçimde güneş enerjisinin bakım masraflarının daha düşük olması ve çalışmanın yapılacağı bölgenin güneş enerjisi potansiyelinin çok yüksek olması etken olmuştur.

Bu çalışma; örneklem olarak seçilen bir bölgede, bir sistemin %19 verimlilikli fotovoltaik hücrelerden oluşturulan panellerle ürettiği enerjinin ışınım değerlerine ve diğer faktörlere göre değişimini hesaplamayı amaçlamaktadır.



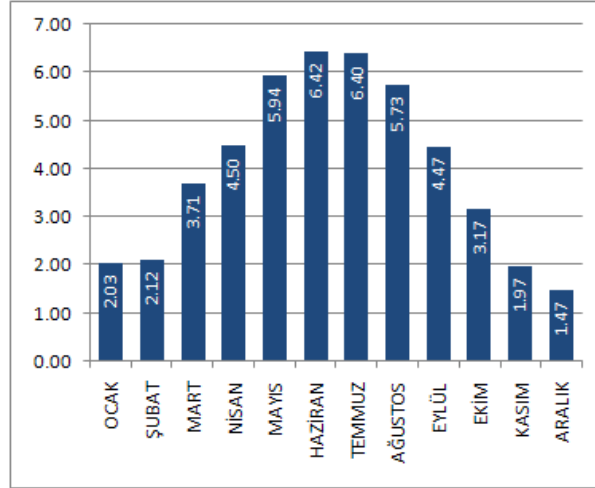
#### 4.1. Metodoloji

Bu çalışmada örnek olarak seçilen bir sistemin farklı ışınım koşullarında ne kadar elektrik üreteceği hesaplanmıştır. Bu hesaplama için yatlarda kullanımı uygun örnek bir sistem seçilmiştir. Çalışmanın yapıldığı bölgedeki aylara göre ölçülmüş ortalama ışınım değerleri kullanılarak bu sistemin gün içinde ne kadar üretim yapacağı hesaplanmıştır.

Hesaplamalar yapılırken “Solarius PV Simulator v.7.0” yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım farklı ışınım koşullarında aylara ve günün farklı saatlerine göre ne kadar üretim yapılacağını ve sistemin sürekli çalıştığı durumda aylık ve yıllık olarak ne kadar üretim yapacağını hesaplanmak için kullanılır.

#### 4.2. Örneklem

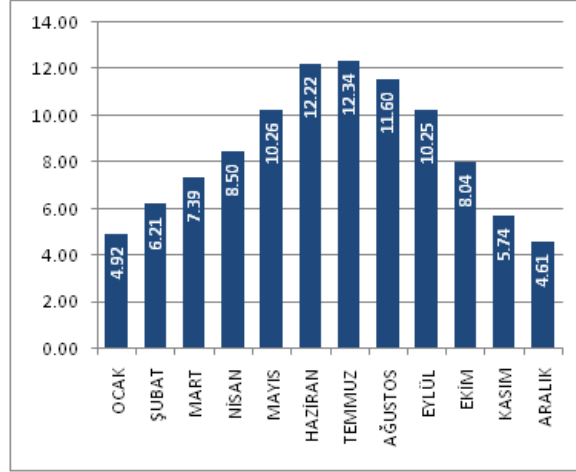
Bu çalışmada İzmir ili Çeşme ilçesi örneklem olarak seçilmiştir. Çeşme, ortalama güneşlenme süresi ve ortalama yıllık ışınım değerleri olarak ülkemizdeki en avantajlı bölgelerden biridir. Ayrıca yat turizminde yoğun bir ilgi görüyor olması da bu çalışmada Çeşme ilçesinin seçilmesinin nedenleri arasındadır. Çeşme ilçesinin yıl içindeki ortalama ışınım değerlerinin aylara göre değişimi Şekil 2 de gösterilmiştir.



Şekil 2: Çeşme İlçesi Ortalama Işınım Değerlerinin Aylara Göre Değişimi

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

Işınım miktarı güneşin açısına ve bölgenin gün içindeki güneşlenme süresine bağlıdır. Çeşme ilçesinin aylara göre ortalama güneşlenme süreleri Şekil 3 de verilmiştir.



**Şekil 3:** Çeşme ilçesi aylara göre güneşlenme süresi  
Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

Yatlarda ve teknelerde kullanılacak, deniz yüzeyi albedo koşulları ve elektronik ekipmanlarda meydana gelecek kayıplar dikkate alınarak “Solarius PV Simulator v.7.0” yazılımıyla simulasyonu yapılmış, 6 m<sup>2</sup> %19 verimlilikli monokristal güneş panellerine sahip bir sistemin tekne üzerindeki performansı araştırılmıştır. Bu sistem seçilirken verimlilik ön planda tutulmuştur. Monokristal hücreler günümüzde en yüksek verimlilikli hücrelerdir (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü,2015). Hesaplamalar sırasında Solarius PV Simulator v.7.0 yazılımı veritabanına göre belirlenen ve sistem bileşenlerinde meydana gelebileceği kabul edilen yaklaşık kayıplar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

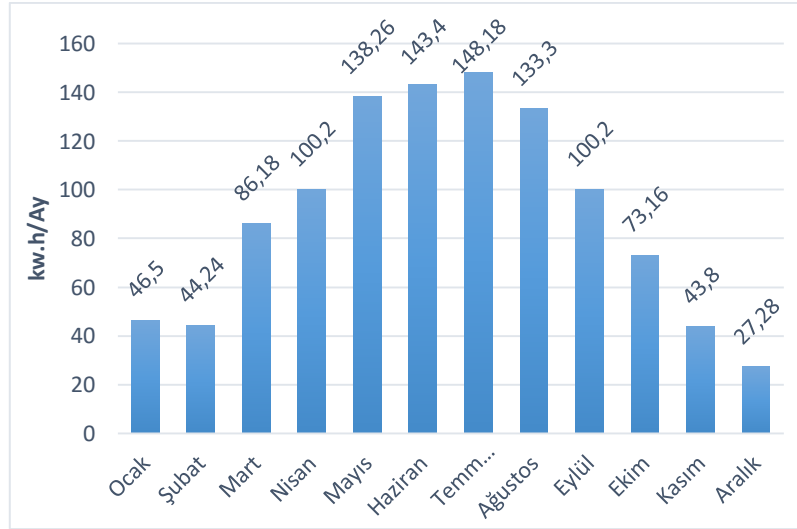
**Tablo3:** Hesaplamalarda dikkate alınan kayıplar ve kabul edilen oranları

Kayıplar	%
Yansımalarından kaynaklı kayıplar	3.1
Gölge kaynaklı kayıplar	3.3
Aktarma kayıpları	5.7
Sıcaklık kaynaklı kayıplar	7.6
Doğru akım devresinde oluşacak kayıplar	1.2
Çevirici kayıpları	4.0
Alternatif akım devresinde oluşacak kayıplar	2.0

Kaynak: Solarius PV Simulator v.7.0 yazılımı veritabanı

## 5. BULGULAR

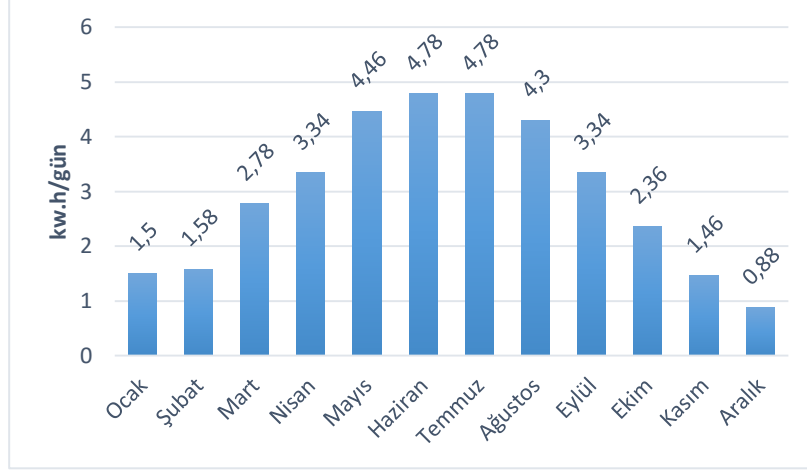
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü verilerine göre Çeşme ilçesi aylara göre ışınım değerleri baz alınarak “Solarius PV Simulator v.7.0” yazılımıyla hesaplanan , 6 m<sup>2</sup> %19 verimlilikli monokristal güneş panellerine sahip bir sistemin aylara göre üreteceği kw.h cinsinden elektrik miktarlarını gösteren çizgi grafik şekil 4 de gösterilmiştir.



**Şekil 4:** Hesaplanan Aylara Göre Aylık Elektrik Üretimi Miktarı  
Kaynak: Solarius verilerinden yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Güneşlenme süreleri ve ışınım miktarlarının daha fazla olduğu haziran ve temmuz aylarında daha yüksek elektrik enerjisi üretilebileceği

görülmüştür. Bu grafikteki veriler sistemin ay boyunca ne kadar üretim yapacağını göstermektedir. Aylar içinde bir günde ne kadar enerji üretileceğine ait grafik şekil qda gösterilmiştir.



**Şekil 5:** Hesaplanan Aylara Göre Günlük Elektrik Üretimi Miktarı

Bir gün içinde ışıınım değerleri sabit kalmamaktadır. Bu sebeple günün farklı saatlerinde üretilen ortalama elektrik miktarı da farklılık göstermektedir. Tablo 4 de aylara ve günün farklı saatlerine göre örneklem olarak seçilen sistemin üreteceği toplam enerji miktarı gösterilmiştir.

**Tablo 4:** Günün farklı saatlerine göre üretilecek elektrik miktarı(kw.h)

	5:00-8:00	8:00-11:00	11:00-14:00	14:00-17:00	17:00-20:00
Ocak	0.02	0.47	0.74	0.27	0
Şubat	0.04	0.5	0.72	0.32	0
Mart	0.14	0.85	1.16	0.6	0.03
Nisan	0.23	1	1.29	0.75	0.07
Mayıs	0.4	1.28	1.61	1	0.17
Haziran	0.47	1.35	1.67	1.08	0.21
Temmuz	0.45	1.36	1.7	1.07	0.2
Ağustos	0.34	1.26	1.61	0.96	0.13
Eylül	0.19	1.02	1.34	0.74	0.05
Ekim	0.08	0.74	1.04	0.5	0
Kasım	0.03	0.46	0.69	0.28	0
Aralık	0.01	0.28	0.43	0.16	0

Kaynak: Solarius verilerinden yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Güneş enerjisinden elektrik elde edilmesiyle yatların çevreye vermiş oldukları zarar da azalmaktadır. Sistemin sürekli çalışmasıyla 1 yılda önleneceği tahmin edilen (Solarius programı ve IMO GHG Study 2009 verileri) egzoz gazı salımı miktarlarını gösteren tablo aşağıda verilmiştir.

**Tablo 5:** Engellenen egzoz gazı salımları tablosu

Gazlar	Salım Katsayısı	Önleneceği tahmin edilen gaz miktarı
		kg/yıl
CO <sub>2</sub>	0.25167	272.99
CH <sub>4</sub>	0.00009	0.1
N <sub>2</sub> O	0.00181	1.96
Toplam	-	275.05

Kaynak: IMO GHG Study, (2009) ve Solarius yazılımı

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bulgular incelendiğinde özellikle yaz aylarında Çeşme ilçesi ışınım koşullarının güneşten elektrik enerjisi üretmek için uygun olduğu görülmektedir. Örneğin, örneklem olarak seçilen sistemle, temmuz ayında günlük ortalama 4.78 kw.h enerji üretilebildiği görülmektedir. Bu

da 8-10 metrelik bir yattaki seyir ekipmanlarının ihtiyacı, makine dairesinin ihtiyaçları ve mutfak ihtiyaçları için gerekli olan elektrik ihtiyacının önemli bir kısmını karşılayabilir. Örneğin Alacazam adlı 10m'lik yelkenli bir teknenin elektrik harcayan ekipmanlarının gün içinde harcamış olduğu watt.saat cinsinden yaklaşık enerji miktarı (Sailboat,2015), seyirde gündüz 1795 watt.saat, seyirde gece 2097 watt.saat, demirde gündüz 1556.4 watt.saat, demirde gece ise 955.2 watt.saat olarak belirtilmiştir. Bu veriler yatın dizaynına, hava durumuna, ekipmanların çalışma saatlerine, günlük güneş ışığından faydalanma sürelerine göre değişkenlik gösterebilir. Ancak örnek olarak bu verileri kabul edecek olursak örneklem olarak seçilen sistemin yat 24 saat seyir yapsa da gerekli elektrik ihtiyacını karşılayabileceği söylenebilir.

Elektrik üretiminde güneş enerjisi kullanılmasıyla aynı enerjiyi üretmek için harcanacak olan fosil yakıtların çevreye vereceği zararlar da ortadan kaldırılmış olacaktır. Bu sayede yatların turizm bölgelerinde vermiş oldukları zararlar daha düşük değerlere çekilebilecektir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre örneklem olarak seçilen sistem 275.05 kg egzoz gazı salımının önüne geçmektedir. Bu durum yatların özellikle demir bölgelerinde ortaya çıkardığı hava kirliliğinin önlenmesini sağlayacaktır.

Gelecek çalışmalarda örneklem olarak bir yat seçilip bu yata uygun bir sistem tasarlanarak bu sistemin yat üzerindeki performansı gerçek verilerle ölçülebilir. Ayrıca ışınım değerleri sürekli ölçülerek gün bazında daha detaylı bir çalışma yapılabilir. Aynı çalışmaya ilgili aylardaki bulutluluk oranları, hava sıcaklıkları da eklenebilir.

## KAYNAKÇA

- Chu Y. "Review and comparison of different solar energy technologies." Research Associate Global Energy Network Institute (GENI), vol. 619; 2011, p. 595-0139.
- Das, S., Sadhu, P. K., Pal, N., Majumdar, G., & Mukherjee, S. (2015). "Solar Photovoltaic Powered Sailing Boat Using Buck Converter." *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 6(1), 129–136.
- EPIA. (2012) "Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2016" European Photovoltaic Industry Association <http://zdfcheck.zdf.de/wp-content/uploads/2013/08/EPIA-PV-Market-Report-2012.pdf> Erişim Tarihi: 01.12.2015
- Gorter, T. (2015). "Design Considerations of a Solar Racing Boat: Propeller Design Parameters as a Result of PV System Power". *Energy Procedia*, 75, 1901–1906.
- Gorter, T., & Reinders, A. H. M. E. (2012). "A comparison of 15 polymers for application in photovoltaic modules in PV-powered boats." *Applied Energy*, 92, 286–297. doi:10.1016/j.apenergy.2011.10.042
- Gugulothu, R., Somanchi, N. S., Banoth, H. B., & Banothu, K. (2015). "A Review on Solar Powered Air Conditioning System". *Procedia Earth and Planetary Science*, 11(DECEMBER), 361–367. doi:10.1016/j.proeps.2015.06.073
- IMO GHG Study, (2009) "Prevention of Air Pollution From Ships Second IMO GHG Study 2009 Update Of The 2000 IMO GHG Study" [http://www.bayplanningcoalition.org/downloads/dmc10/compendium/22\\_IMO%20GHG%20Exec%20Summary.pdf](http://www.bayplanningcoalition.org/downloads/dmc10/compendium/22_IMO%20GHG%20Exec%20Summary.pdf) Erişim Tarihi: 02.12.2015
- International Energy Agency. World energy outlook .Erişim Tarihi:10.11.2015([http://www.iea.org/newsroomandevents/speeches/131112\\_WEO2013\\_Presentation.pdf](http://www.iea.org/newsroomandevents/speeches/131112_WEO2013_Presentation.pdf))
- Khan, J., & Arsalan, M. H. (2016). "Solar power technologies for sustainable electricity generation" – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 414–425. doi:10.1016/j.rser.2015.10.135
- Köroğlu, T., Teke, A., Bayındır, Ç., (2010) "Güneş Paneli Sistemlerinin Tasarımı" *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 439, s:98-104
- Lan, H., Wen, S., Hong, Y.-Y., Yu, D. C., & Zhang, L. (2015). "Optimal sizing of hybrid PV/diesel/battery in ship power system." *Applied Energy*, 158, 26–34.

- Luther ve Rendl. (2013) "PV Roadmap for Singapore." Singapore Economic Develeopment Board  
[https://www.nccs.gov.sg/sites/nccs/files/Roadmap\\_Solar\\_20140729.pdf](https://www.nccs.gov.sg/sites/nccs/files/Roadmap_Solar_20140729.pdf) Erişim Tarihi: 01.12.2015
- Mahmud, K., Morsalin, S., & Khan, M. I. (2014). "Design and Fabrication of an Automated Solar Boat." *International Journal of Advanced Science and Technology*, 64, 31–42. doi:10.14257/ijast.2014.64.04
- Parker, J. (2013). "Future Ship Powering Options: Exploring Alternative Methods of Ship Propulsion."
- Reabroy, R., Tiaple, Y., Pongduang, S., Nantawong, T., & Iamraksa, P. (2015). "The Possibility of Using Electrical Motor for Boat Propulsion System." *Energy Procedia* (Vol. 79). Elsevier B.V. doi:10.1016/j.egypro.2015.11.601
- Spagnolo, G. S., Papalillo, D., Martocchia, A., & Makary, G. (2012). "Solar-Electric Boat." *Journal of Transportation Technologies*, 144–149. doi:10.4236/jtts.2012.22015
- Spectrolab, (2015) "Spectrolab Space Products, Photovoltaics" <http://www.spectrolab.com/space.htm> Erişim Tarihi: 01.12.2015
- Sunlab 2015 [http://www.sunlab.com.br/panel\\_1.htm](http://www.sunlab.com.br/panel_1.htm) Erişim Tarihi:20.12.2015
- Sunpower, (2015) "Key Factors For Solar Performance" <http://us.sunpower.com/sites/sunpower/files/media-library/white-papers/wp-key-factors-solar-performance.pdf> Erişim Tarihi: 02.12.2015
- Varınca, Kamil B.; Gönüllü, M. Talha "Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma", I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi 21-23 Haziran 2006
- Waters, C. U. S., & Hay, M. E. (2005). "Design and Implementation of Solar Electric Boats."
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (2015) "Güneş Enerjisi PotansiyeliAtlası" <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/35.aspx> Erişim Tarihi: 30.11.2015