

1500 V DC Beslemeli Raylı Sistemlerde Solar Hücre Sisteminin Modellenmesi ve Fizibilitesi

Ender GÜZELLER¹, Mehmet Taciddin AKÇAY²,
Bahattin Bulut ALBAYRAK³

¹Metro İstanbul, Raylı Sistem Projeler Departmanı, İstanbul, Türkiye.
ORCID ID:orcid.org/0000-0002-9546-3117

²İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Raylı Sistem Daire Başkanlığı, İstanbul, Türkiye.
ORCID ID:orcid.org/0000-0002-1050-4566

³Maestro Mühendislik, İstanbul, Türkiye.
ORCID ID:orcid.org/0000-0002-6070-9914

Geliş Tarihi: 26.11.2019

***Sorumlu Yazar e mail:** taciddin.akcay@ibb.gov.tr

Kabul Tarihi: 04.02.2020

Atf/Citation: Güzeller, E., Akçay, M.T. ve Albayrak B.B. “1500 V DC Beslemeli Raylı Sistemlerde Solar Hücre Sisteminin Modellenmesi ve Fizibilitesi”, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 2020, 3/1: 19-34.

Araştırma Makalesi/ Research Article

Özet:

Dünyada enerji tüketimi sürekli olarak arttığı için ihtiyaç olan enerjinin bir kısmı yeni enerji kaynakları ile karşılanmaktadır. Bu enerji kaynaklarının seçiminde doğaya katkısı ve kaynak verimi açısından yenilenebilir enerji kaynakları tercih edilmektedir. Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir paya sahiptir. Elektrikli demiryollarında güç ihtiyacı yüksek mertebelere ulaştığı için tüketilen enerjinin optimize edilerek kullanılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının demiryollarında kullanılması enerji tüketiminin kontrol edilmesinde büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada 1500 V DC beslemeli bir raylı sistem hattında solar hücre sisteminin modellenmesi ve fizibilitesi araştırılmıştır. Kullanılan alana ait fizibilite yapılarak tasarımın optimal şartlara sahip olması hedeflenmiştir. Çalışma için bir raylı sistem hattına ait veriler kullanılarak hesaplamalar yapılmış ve sistem analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilerek sistemin performansı ve doğrulanabilirliği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Besleme, Fizibilite, Model, Raylı sistem, Solar hücre

Modeling and Feasibility of Solar Cell System in 1500 V DC Feed Rail Systems

Abstract:

Since energy consumption increases continuously in the world, some of the energy that is needed is provided by new energy sources. Renewable energy sources are preferred in terms of their contribution to nature and resource efficiency in the selection of these energy sources. Solar energy has an important part in renewable energy sources. Since the power requirement of electric railways reaches high levels, the energy consumed should be optimized and used. The use of renewable energy sources on railways is of great importance in controlling energy consumption. In this study, the modeling and feasibility of solar cell system in a rail system line with 1500 V DC supply was investigated. The feasibility of the area used is intended to have optimal conditions for the design. For the study, calculations were made using the data of a rail system line and the system was analyzed. The results obtained were given comparatively and the performance and the applicability of the system were demonstrated.

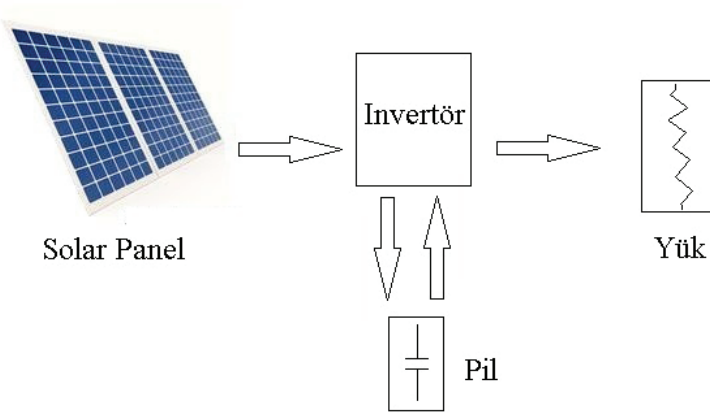
Keywords: Feed, Feasibility, Model, Rail system, Solar cell.

1. Giriş

Raylı sistem yatırımları yüksek yolcu taşıma kapasitesi ve yolcu konfor seçeneklerinden dolayı hız kesmeden devam etmektedir. Raylı sistemler kütüphanesi bünyesinde birçok alt branşı barındıran karmaşık sistemleri içermektedir [1]. Raylı sistemlerle ilgili yatırımlar arttıkça sistemin işletme giderleriyle ilgili optimizasyon konuları önem kazanmaktadır. Raylı sistemlerde sistem performansını etkileyen çeşitli işletme parametreleri bulunmaktadır [2]. Sistemin en kritik işletme harcamalarından birini elektrik tüketimi oluşturmaktadır. Raylı sistemlerde yüksek güç tüketen ekipmanlar ve raylı taşımacılığı sağlayan güçlü araçlar kullanıldığı için enerji ihtiyacı yüksek olmaktadır. Raylı Sistemlerde araç işletmesi için gerekli olan gerilim EN 50163 ile belirlenmiştir [3]. DC beslemeli raylı sistemlerde sağladığı avantajlardan dolayı çoğunlukla 1500 V DC besleme gerilimi tercih edilmektedir

[4]. Raylı sistemlerde yüksek elektrik tüketimi yeni enerji kaynaklarının sisteme entegre edilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bundan ötürü yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı bu sistemler için büyük önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları olarak güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve tünel ısı enerjisi yaygın olarak kullanılmaktadır.

Güneş enerjisi, kurulum kolaylığı ve diğer faktörler bakımından çoğunlukla tercih nedeni olarak sayılmaktadır. Türkiye’de güneş enerjisi kapasitesi en yüksek olan bölge Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi takip etmektedir [5]. Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları arasında en yüksek potansiyele sahip olan sistem, güneş enerjisi sistemidir [6]. Güneş enerjisi doğal bir enerji türü olarak fotovoltaik yöntemle (PV) enerji üreterek doğaya kirletici madde yaymayarak az su tüketen yenilenebilir enerji çeşididir [7]. Güneş enerjisi tükenmeyen ve temiz üretim gerçekleştiren bir enerji kaynağıdır [8]. Türkiye’nin güneşten yararlanma oranı İspanya dışındaki tüm Avrupa ülkelerinden önde yer almaktadır [9]. Dünya genelinde enerji talebi % 79 ile fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtların mevcut rezervi her geçen gün azalmaktadır. Petrol, kömür ve doğalgaz gibi dönüşümsüz enerji kaynakları bu kategoriye girmektedir [10-12]. Fotovoltaik enerji sistemlerinde hareketli parçaların olmaması işletme ve bakım maliyetlerini oldukça düşürmektedir [13]. EİE (Elektrik İleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü) bazlı yapılan bir araştırmaya göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat, ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl olduğu ortaya konulmuştur [14]. Güneş enerji sisteminin en büyük dezavantajı güneşin sürekli bir kaynak görevi görmeden kesintili olarak kullanılabilmesidir [15]. Raylı sistem altyapıları şehiriçi ulaşımında özellikle yeraltı güzergahlarında bulunduğu için güneş enerjisi sisteminin kullanımı limitli olmaktadır. Metro sistemlerinde tünel yapısı yerin altında bulunduğundan güneş gören bölge olarak istasyon yapısının bulunduğu kısım elverişli olmaktadır. Şekil 1 ile güneş enerjisiyle elektrik enerjisinin elde edilişi gösterilmektedir.



Şekil 1. Güneş Enerjisiyle Elektrğin Elde Edilişi

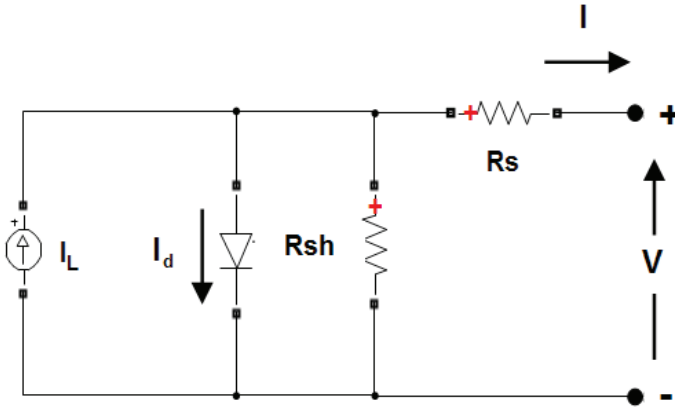
Güneş enerjisi sistemi solar gövde paneli, invertör, pil ve sisteme bağlanan yüklerden oluşmaktadır. İnvirtör DC-AC gerilim dönüşümü için kullanılmaktadır. Pil üretilen DC gerilimin depolanması için gerekmektedir. Bir PV hücresi yaklaşık 1 W güç üretmekte olup daha yüksek güçlerin elde edilmesi için birden fazla PV hücresi seri ve paralel olarak bağlanarak modül yapısı oluşturulmaktadır. Bu yöntemle paneller, ve paneller vasıtasıyla diziler oluşturulmaktadır [16]. Bir PV hücresi gelen solar enerjinin sadece % 4 ile % 20 kadarını elektrik enerjisine dönüştürebilmekte olup kalan enerji ısıya dönüştürülmektedir [17]. Gelişen teknolojiyle birlikte otomasyon sistemlerine entegre olan solar panel ekipmanının güneş ışığının açısına bağlı olarak hareket etmesiyle sistemin verimi arttırılmaktadır. Bu şekilde güneş ışığının gelme açısının değişmesine bağlı olarak yaşanan kayıpların azaltılması hedeflenmektedir. Aynı şekilde merkezi SCADA bilgisayarı ile ilgili sisteme ait veriler kayıt altına alınarak elde edilen enerji ve tüketim değerleri grafik üzerinden gösterilebilmektedir. Bu veriler ışığında sisteme ait performans raporları oluşturulmaktadır. Yine bu veriler kullanılarak sistem için gerekli olan işletme ve bakım maliyetleri hesaplanabilmektedir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma kapsamında bir raylı sistem hattına ait bir istasyon yapısında solar panel sistemine ait benzetim Matlab/Simulink ortamında yapılmıştır. Benzetim için hatta ait verilerden faydalanılmıştır. Benzetim için güneş alan cephenin değiştirilmesine bağlı olarak sistem ayrı ayrı analiz edilerek sonuçlar kayıt altına alınmıştır.

2.1 Fotovoltaik enerji

Güneş enerjisi sisteminde fotovoltaik enerji, solar paneller vasıtasıyla elde edilmekte olup eş değer devre şeması şekil 2 ile gösterilmektedir. I_L üretilen akımı, I_d diyot akımı, R_s ve R_{sh} seri ve paralel direnci ifade etmektedir. V devre gerilimini, I ise devre akımını sembolize etmektedir.



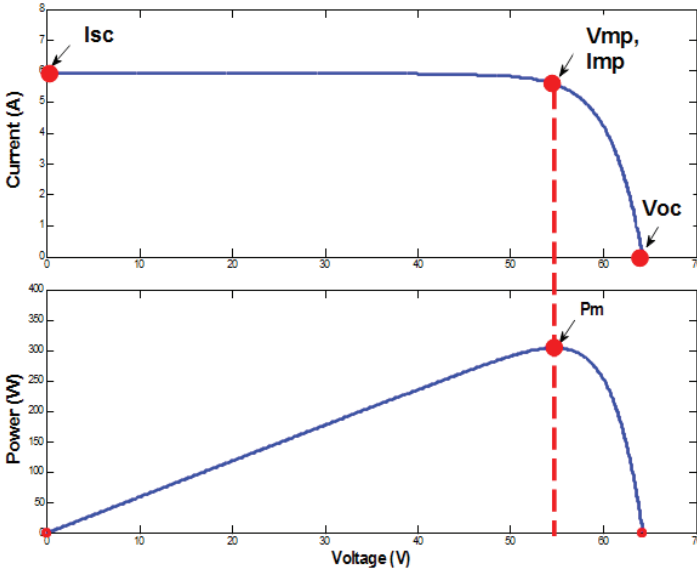
Şekil 2. PV Panel Devre Şeması [Matlab]

(1) ve (2) eşitlikleri ile diyot gerilim ve akım karakteristikleri elde edilmektedir. Denklemlerle elde edilen karakteristik durumlara ait eğriler şekil 3 ile gösterilmektedir.

$$I_d = I_0 \left[\exp\left(\frac{V_d}{V_T}\right) - 1 \right] \quad (1)$$

$$V_T = \frac{kT}{q} \times nI \times N_{\text{hücre}} \quad (2)$$

(1) ifadesinde I_d diyot akımını, I_0 diyot doyumluk akımını, V_d diyot gerilimini, V_T T sıcaklığında gerçekleşen gerilimi ifade etmektedir. (2) eşitliğinde ise T sıcaklığı, k boltzman katsayısını, nI diyodun idealite faktörünü, $N_{\text{hücre}}$ modüldeki seri bağlı hücre sayısını ifade etmektedir.



Şekil 3. PV Panel V-I ve P-V Karakteristikleri [Matlab]

Eğride yer alan I_{sc} kısa devre akımını, V_{oc} açık devre gerilimini, P_m maksimum güç noktasını, V_{mp} ve I_{mp} maksimum güç noktasındaki gerilim ve akım değerlerini ifade etmektedir. (3) ve (4) eşitlikleri ile V_{oc} ve I_{sc} değerlerine ait sıcaklık katsayıları hesaplanmaktadır. $\beta_{V_{oc}}$ ve $\alpha_{I_{sc}}$ ilgili katsayıları temsil etmektedir.

$$V_{OC_T} = V_{OC}(1 + \beta_{V_{OC}}(T - 25)) \quad (3)$$

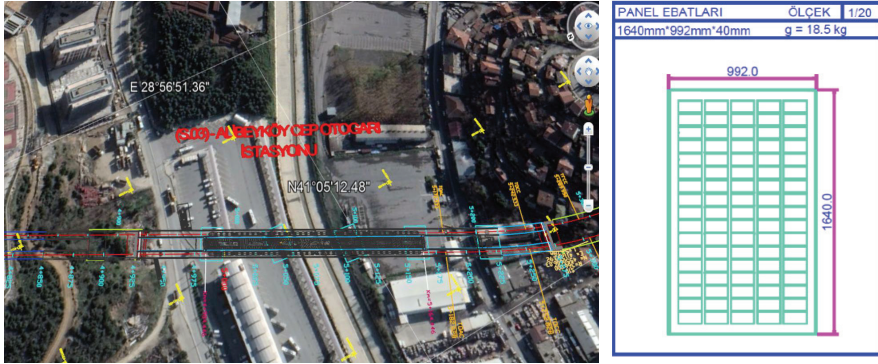
$$I_{SC_T} = I_{SC}(1 + \alpha_{I_{SC}}(T - 25)) \quad (4)$$

(5) denklemleri ile maksimum güç ifadesi elde edilmektedir.

$$P_{max} = V_{mp} \times I_{mp} \quad (5)$$

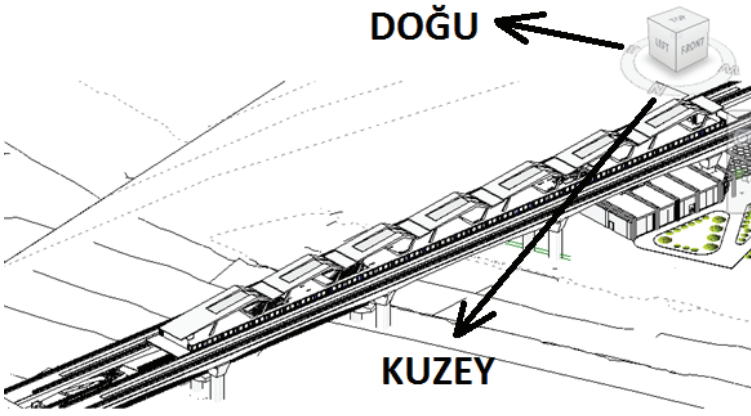
2.2 Benzetim alanı ve kapasite

Benzetim için Alibeyköy Cep Otogarı metro istasyonunun viyadük yapısı üzerinde tasarım yapılmıştır. Yapılan yerleşimde kullanılan birim panel ölçüleri ve viyadük yapısı şekil 4 ile verilmektedir. Bu yapı güneş enerjisi sisteminin veriminden dolayı tercih edilmiştir.



Şekil 4. Alibeyköy Cep Otogarı Viyadük Yapısı ve Panel Ölçüleri [18]

İstasyonun yerleşimi coğrafi olarak 41.0 derece kuzey enlemi ile 28.6 derece doğu boylamında bulunmaktadır. İstasyonun üst cephesinde 7 adet aynı özelliklere sahip kanopi yapısı bulunmaktadır. Bir kanopide panel yerleşimi yapılırken 7 derece açı ile kuzeydoğuya, 38 derece açıyla güneybatıya ve 4 derece açı ile kuzeydoğuya bakacak şekilde tasarım yapılmıştır. Yerleşim kanopi malzemesine ait düzleme paralel olacak şekilde yapılmıştır. Şekil 5 ile kanopi yapısı ve benzetim alanı gösterilmektedir.



Şekil 5. Benzetim Alanı ve Kanopi Yapısı [18]

Benzetim yapılırken 3 farklı açıya ait tasarım koşulları ele alınarak sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Her grup için benzetim yapılmasının ardından üretilen güç hesaplanarak elde edilen ekonomik yararlar ayrıca araştırılmıştır.

2.3 Üretilen gücün ifadesi

Üç ayrı tasarım için üretilen güce ait sonuçlar tablo 1 ile gösterilmektedir. Bu tablo ile bir kanopi için elde edilen sonuçlara yer verilmiştir. Birim kanopi için üretilen değerler kullanılan toplam kanopi adediyle çarpılarak üretilen toplam güç ifadesi bulunmaktadır. Aşağıda bir kanopiye ait teknik özellikler verilmektedir.

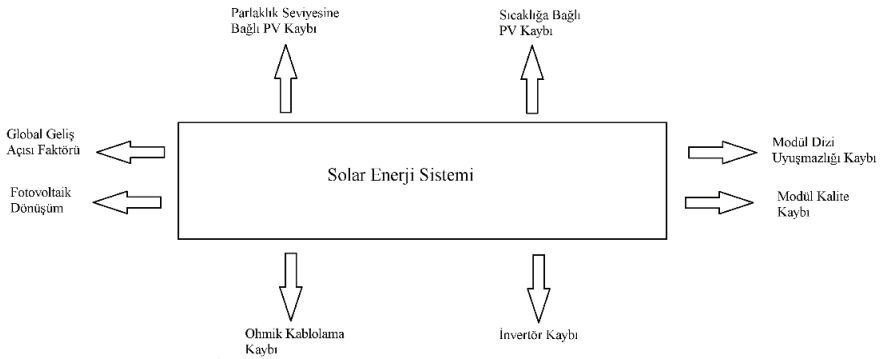
Tablo 1. Bir Kanopiye ait Gücün İfadesi

Yerleşim Açısı	7 Derece	38 Derece	4 Derece
Panel Sayısı (Adet)	51	12	18
Panel Gücü (Watt)	275	275	275
Kurulu Güç (Watt)	14025	3300	4950
Üretilen Elektrik (kWh/yıl)	15228	4146	5631
1 Wp panel gücü ile 1 yılda üretilebilecek elektrik enerjisi (kWh/Wp)	1.09	1.26	1.14

Açılara bağlı olarak güneş enerjisinden elde edilen güç miktarı değişkenlik göstermektedir. Farklı derecelerde yapılan yerleşimler panel yerleşim sayısını değiştirmektedir. Verim açısından değerlendirme yapılırken birim üretim değerleri ele alınmaktadır.

2.4 Sistemin kayıp analizi diyagramı

Solar sistem işletme halinde iken sistem bileşenlerine bağlı olarak bazı kayıplar oluşmaktadır. Bu duruma ait diyagram şekil 6 ile gösterilmektedir. Solar sistem kurulurken sisteme ait verim koşulları ayrıca ele alınarak gerekli tasarım yapılmaktadır.



Şekil 6. Solar Sisteme Ait Kayıp Diyagramı

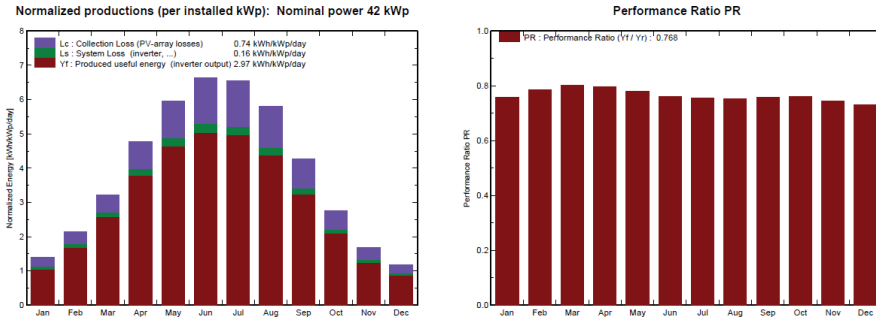
Solar sistem işletmeye alındığında parlaklık seviyesine bağlı PV (Fotovoltaik) kayıpları, sıcaklığa bağlı PV kaybı, ohmik kablolama kayıpları, invertör kayıpları, global geliş açısı faktörüne bağlı kayıplar, fotovoltaik dönüşüm kayıpları, modül dizi uyumsuzluğu kayıpları ve modül kalite kayıpları ortaya çıkmaktadır.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada 1500 V DC beslemeli bir raylı sistem hattında solar hücre sisteminin modellenmesi ve benzetimi yapılmıştır. Benzetim için Seyrantepe-Alibeyköy metro projesine ait verilerden yararlanılmıştır. Benzetim için 7 derece açı ile kuzeydoğuya, 38 derece açıyla güneybatıya ve 4 derece açı ile kuzeydoğuya bakacak şekilde olan yerleşim alanlarına göre sistem ayrı ayrı çalıştırılarak sonuçlar kayıt altına alınmıştır.

3.1. 7 Derece açı ile kuzeydoğuya bakan yerleşim alanlarına ait benzetim sonuçları

Benzetim için 7 derece açı ile kuzeydoğu cepheye ait yerleşim durumu baz alınarak sistem çalıştırılmıştır. Bu durumda üretilen güce ait dağılım şekil 7 ile gösterilmektedir. Hesaplamalar için bir yıllık dönem baz alınarak sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Benzetim için güneş enerjisi sisteminin bütününe ait oluşan kayıplar ayrıca dikkate alınarak değerler verilmiştir.



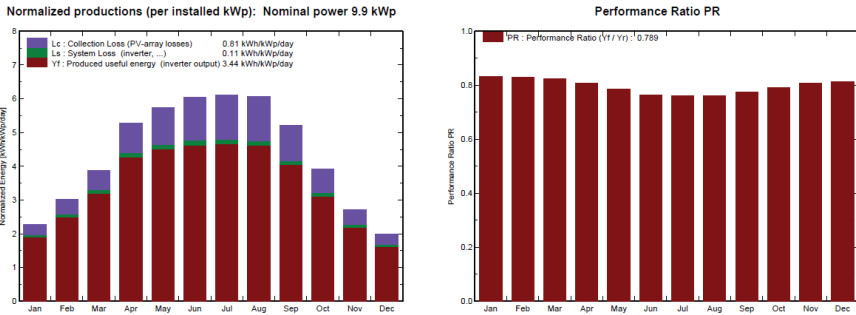
Şekil 7. 7 Derece Açılı ile Kuzeydoğu Cepheye Ait Yerleşim Durumuna İlişkin Sonuçlar

Bu durumda güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisi 45.7 MWh/yıl olarak hesaplanmaktadır. Performans değeri ise % 76

olarak öngörülmüştür. Üretilen gücün dağılımı yılın aylarına göre yapılarak sonuçlar verilmiştir. Yıllık enerji dağılımına göre en fazla enerji haziran ayında elde edilirken en az enerjinin elde edildiği ay aralık olmaktadır. Mor renk ile Fotovoltaik modüle ait kayıplar ifade edilirken, yeşil renk ile invertör ve diğer ekipmanlardan oluşan sistem kayıpları gösterilmiştir. Bordo renk ile üretilen net enerji belirtilmiştir.

3.2. 38 Derece açılı ile güneybatıya bakan yerleşim alanlarına ait benzetim sonuçları

38 derece açılı ile güneybatıya bakan yerleşim durumu esas alınarak sistem oluşturulmuştur. Bu durumda elde edilen enerjinin bir yıllık dönem için aylara göre dağılımı şekil 8 ile verilmektedir.

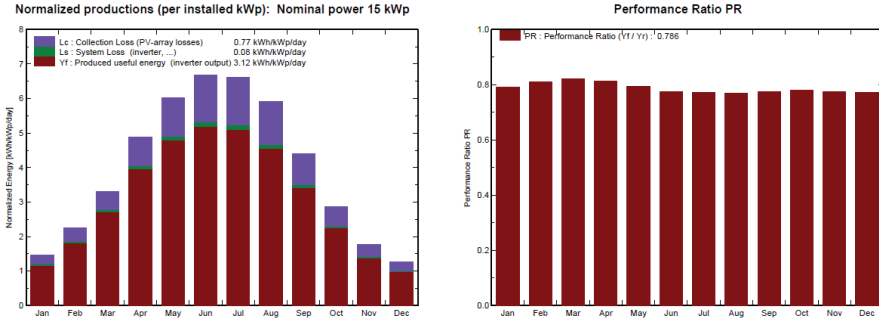


Şekil 8. 38 Derece Açılı ile Güneybatıya Bakan Yerleşim Durumuna Ait Sonuçlar

Güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisi bu durumda 12.44 MWh/yıl olarak hesaplanmaktadır. Performans değeri ise % 78.9 olarak belirlenmiştir. Yıllık enerji dağılımına göre en fazla enerji temmuz ayında elde edilirken en az enerji aralık ayında üretilmektedir. Fotovoltaik modüle ait kayıplar, invertör ve diğer ekipmanlardan oluşan sistem kayıpları ve üretilen net enerji ayrı ayrı renklerle belirtilmiştir.

3.3. 4 Derece açılı ile kuzeydoğuya bakan yerleşim alanlarına ait benzetim sonuçları

Benzetim, 4 derece açılı ile kuzeydoğuya bakan yerleşim durumuna uygulanmıştır. Bu durumda güneş enerjisiyle üretilen enerji şekil 9 ile ifade edilmektedir.



Şekil 9. 4 Derece Açılı ile Kuzeydoğuya Bakan Yerleşim Durumuna Ait Sonuçlar

Bu koşullarda güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisi 16.89 MWh/yıl olarak hesaplanmaktadır. Performans ise hesaplamalar sonucunda % 78.6 olarak ortaya çıkmaktadır. Yıllık enerji dağılımına bakıldığında en fazla enerji haziran ayında elde edilirken en az enerji aralık ayında üretilmektedir. Sistemde oluşan kayıpları ve üretilen net enerji ayrı ayrı renklerle ifade edilmiştir.

3.4. Sonuçlara ait finansal değerlendirme

Güneş enerjisi sistemiyle ilgili tasarlanan mimariye uygun olarak araştırılan finansal değerlendirme tablo 2 ile verilmektedir. Bu şekilde sistemin yatırım için fizibilitesi araştırılarak elverişli durumlar dikkate alınmaktadır. Üretilen enerji ile sistemin maliyeti kıyaslanarak sistem ile ilgili mali durum ortaya konulmuştur.

Tablo 2. Solar Sisteme ait Finansal Değerlendirme

Hesaplanan Değişken	Değer
Birim Panel Yatırım Maliyeti (EUR/Wp)	0.65
Toplam Panel Kurulu Gücü (W)	155925
Toplam Yatırım Maliyeti (EUR)	101351.25
Döviz Kuru (TL/EUR)	6.3
Toplam Yatırım Maliyeti (TL)	638512.87
Elektrik Birim Fiyatı (TL)	0.54
Yıllık Elektrik Üretimi (kWh/yıl)	175035
Yıllık Elektrik Üretiminin Mali Karşılığı (TL)	94518.9□
Amortisman Süresi (yıl)	6.75

Solar sistem tarafından üretilen enerji ile elde edilen toplam gelir değeri yatırım maliyetiyle kıyaslandığında sistemin tamamı kendini 6-7 yıl arasında amortisman etmektedir. Birim yatırım maliyetleri ile kullanılan ekipmanlar hesaplandığında bu değere ulaşılmaktadır. Bu veriler ile sisteme ait mali durum ve sistemin fizibilitesi ortaya konulmaktadır.

3.5. Sonuçlara ait özet durum

Solar sistem tasarımına ait üç ayrı cephelye ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde tablo 3 ile verilen durum ortaya çıkmaktadır. Sistem mimarilerine göre üretilen elektrik enerjisi, sistemlerin performans değerleri, elektrik enerjisinin maksimum ve minimum üretildiği aylar bu tabloda belirtilmiştir.

Tablo 3. Yerleşim Cephelerine Bağlı Durumların Özeti

Yerleşim Açısı	7 Derece	38 Derece	4 Derece
Üretilen Elektrik Enerjisi (MWh/yıl)	45.7	12.44	16.89
Performans Değeri	% 76.8	% 78.9	% 78.6
En Yüksek Üretim Ayı	Haziran	Temmuz	Haziran
En Düşük Üretim Ayı	Aralık	Aralık	Aralık

Tasarımlar arasında performans değeri en yüksek olan mimari % 78.9 performans değeri ile 38 derece açıyla güneybatı cepheye bakan tasarımıdır. Üretilen gücün miktarı bakımından karşılaştırma yapıldığında ise 45.7 MWh/yıl değeri ile 7 derece açı ile kuzeydoğuya bakan mimariye ait tasarımın en yüksek kapasiteye sahip olduğu belirlenmiştir.

4. Sonuçlar

Bu çalışma ile DC beslemeli raylı sistemlerde solar enerji sisteminin modellenmesi araştırılarak sonuçlar üzerinden analiz yapılmıştır. Çalışma kapsamında bir raylı sistem hattına ait viyadük istasyon yapısına sahip bir hatta ait verilerden yararlanılmıştır. Yerleşim kanopi malzemesine ait düzleme paralel olacak şekilde yapılarak tasarım cephesi 7 derece açı ile kuzeydoğuya, 38 derece açıyla güneybatıya ve 4 derece açı ile kuzeydoğuya bakacak şekilde ayrı ayrı durumlar araştırılmıştır. Yapılan tasarımlar için finansal değerlendirme tablosu hazırlanarak durumun fizibilitesi çıkarılmıştır. Solar sistem tasarımına ait üç ayrı cepheyle ilgili yapılan çalışmalar incelenerek ortaya çıkan durum özet şeklinde verilmiştir. Tasarımlara ait üretilen elektrik enerjisi, elde edilen performans değerleri ve üretimin maksimum ile minimum olduğu aylara ait bilgiler verilmiştir. 7 derece açı ile kuzeydoğu cepheye bakan tasarımda üretilen güç 45.7 MWh/yıl olurken 38 derece açı ile güneybatı cepheye bakan tasarımda üretilen güç 12.44 MWh/yıl olmaktadır. 4 Derece açı ile kuzeydoğuya bakan çalışmada ise elde edilen

güç 16.89 MWh/yıl değerini almaktadır. 7 derece ve 4 derece kuzeydoğuya bakan tasarımlarda maksimum ile minimum elektrik üretim ayı sırasıyla haziran ile aralık olurken 38 derece güneybatıya bakan sistemde bu aylar temmuz ile aralık olmaktadır. Tasarımlara ait performans değerleri araştırıldığında güneybatıya bakan tasarımın kuzeydoğuya bakan tasarımlara göre daha yüksek performans değerine sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Ortaya konulan tasarımın kendini finanse etme süresi ise 6.75 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu sürenin bitmesinin ardından elde edilen durum bakım ve işletme giderleri çıkarıldığında sisteme kazanç olarak eklenecektir. Raylı sistemlerde yüksek enerji tüketiminden dolayı elektrik işletme giderleri çok yüksek mertebelere çıkabildiği için solar enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırılarak bu ve benzeri çalışmaların desteklenmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- [1] Akçay, M., T., Kocaarslan, İ. Simulation of Multi-Vehicle Signaling System with Matlab / Simulink and Design of Train Timetable, Journal of Science and Engineering, 6, (2019), 799-807.
- [2] Akçay, M., T., Kocaarslan, İ. Determination Of Distance Between DC Traction Power Centers In A 1500 V DC Subway Line With Artificial Intelligence Methods, Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, 27, (2019), 289-303.
- [3] Akçay, M., T., Kocaarslan, İ. Solving Power Quality Problem of 750 V DC Railway Substation With DSTATCOM Using SVPWM, (IJERAD), 11 (2), (2017), 620-626.
- [4] Akçay, M., T., Kocaarslan, İ. Analysis of Catenary Short Circuit Case in a 1500 V DC Fed Railway Line With a Dynamic Model Algorithm, Journal of Natural and Applied Sciences, 2, (2019), 143-160
- [5] Atmaca, M. , Yusufoglu, G., Kurtuluş A. Güneş Enerjili Sulamanın Tarım Sektöründe Uygulaması. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3(2), (2015), 153-142.
- [6] Taşkın, O. , Korucu, T. Determination of Solar Energy Potential in Kahramanmaraş Province. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 17(4), (2015), 16-12.

- [7] Nedimoğlu, E., Gümüş, B. Şebekeye Bağlı Güneş Enerjisi Santrallerinin Harmoniklerine Etki Eden Parametrelerin Araştırılması. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 10(3), (2019), 931-919.
- [8] Yalçın, C., Yüce, M. Burdur'da Güneş Enerjisi Santrali (GES) Yatırımına Uygun Alanların CBS Yöntemiyle Tespiti. Geomatik. 5(1), (2019), 50-40.
- [9] Kırbaş, İ. , Çifci, A., İşyarlar, B. Burdur İli Güneşlenme Oranı ve Güneş Enerjisi Potansiyeli. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4(2), (2013), 23-20.
- [10] Haydaroğlu, C., Gümüş, B. Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralının PV-syst ile Simülasyonu ve Performans Parametrelerinin Değerlendirilmesi. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 7(3), (2016), 500-491.
- [11] Rüstemli, S., Rüstemli, S., Dinçer, F., Çelik, M., Cengiz, M. Fotovoltaik Paneller: Güneş Takip Sistemleri ve İklimlendirme Sistemleri. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2(2), (2013), 147-141.
- [12] Sayın, S., Koç, İ. Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (PV) Sistemler Ve Yapılarda Kullanım Biçimleri. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 26(3), (2011), 106-89.
- [13] Çetin, E., Sazak, B. Fotovoltaik Enerji Dönüşüm Sistemlerinde Kullanılabilecek Bir Seri Rezonans İntertör Devresinin İncelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10(3), (2004), 346-339.
- [14] Koç, A., Aksal, M. Güneş Enerjisinin Taşıtlarda Kullanımı ve Kırıkkale Üniversitesi Güneş Enerjili Araç Projesi Örneği. International Journal of Engineering Research and Development, 4(2), (2012), 20-15.
- [15] Çifci, A., Kırbaş, İ., İşyarlar, B. Güneş Pili Kullanılarak Burdur'da Bir Evin Ortalama Elektrik İhtiyacının Karşlanması. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5(1), (2014), 17-14.
- [16] Bulut, K., Ü., Uçar, S. Konut Çatı Ve Cephelerinde Farklı Fotovoltaik Sistem Uygulamalarının Değerlendirilmesi. Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 19(2), (2018), 76-65.
- [17] Ali, H. Experimental Investigation Of Monocrystalline And Polycrystalline Solar Modules At Different Inclination Angles. Journal of Thermal Engineering, 4(4), (2018), 2148-2137.
- [18] İBB, Raylı Sistem Daire Başkanlığı, Teknik Tasarım Dokümanları, 2019