

*Araştırma makalesi*

## **Elektrikli bisikletle paylaşımlı hareketlilik: Balıkesir Üniversitesi Kampüsü örneği**

Suat Onur<sup>1,\*</sup>, Serhat Berat Efe<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Enformatics, Balıkesir University, Balıkesir, Turkey

<sup>2</sup> Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Bandırma Onyedi Eylül University, Bandırma, Turkey

\*Correspondence: [suatonur@balikesir.edu.tr](mailto:suatonur@balikesir.edu.tr)

**Özet:** Şehir içi ve kampüs alanlarında alternatif bir ulaşım yöntemi olarak tercih edilen bisiklet kullanımı, bisiklet paylaşım sistemlerinin oluşturulması ile özellikle son on yıl içerisinde hızla yaygınlaşmıştır. Bisiklet paylaşım sistemlerinin sağladığı kolaylık ve esneklikler ile istenildiği zaman ulaşımın özgürce sağlanabilmesi, kullanıcıların kendi özel bisikletlerini ya da toplu taşıma yöntemlerini kullanmak yerine bu sistemleri tercih etmelerini sağlamıştır. Şehirlerde olduğu gibi üniversite kampüsleri de zamanla büyümekte, dolayısıyla ulaşım problemleri de artmaktadır. Söz konusu probleme bir çözüm getirmek hedefiyle, bu çalışmada, kampüs içi öğrenci ve personel ulaşım hareketliliğine kolaylık sağlayacak elektrik bisiklet paylaşım sistemi önerilmiştir. Paylaşımlı hareketlilik öğelerinin kullanıldığı bu sistemde ayrıca, kullanılacak olan elektrikli bisikletlerin şarj ihtiyaçlarını fotovoltaiik sistemle karşılamak için bir şarj istasyon tasarımı yapılmıştır. Çalışma kapsamında standartlara göre kullanıma sunulacak elektrikli bisiklet sayısı belirlenmiş, daha sonra ihtiyaç duyulan enerjinin sağlanması için gerekli olan fotovoltaiik panel sayısı ile batarya sayısı hesaplanmıştır. Bu sistemin önemli avantajlarından biri de fotovoltaiik panellerde üretilen ihtiyaç fazlası olan enerjinin şebekeye aktarılabilmesi ve bu sayede katma değer sağlanabilecek olmasıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Bisiklet paylaşım sistemleri, elektrikli bisiklet, şarj istasyonu, fotovoltaiik sistem

### **Shared mobility with electric bicycles: Balıkesir University Campus example**

**Abstract:** Bicycle use, which is preferred as an alternative transportation method in the city and campus areas, has become widespread especially in the last decade with the establishment of bicycle sharing systems. With the convenience and flexibility provided by bicycle sharing systems, the freedom of transportation when desired has enabled users to prefer these systems instead of using their own private bicycles or public transportation methods. As in cities, university campuses grow over time, so transportation problems are also increasing. In order to find a solution to the problem in question, in this study, an electric bicycle sharing system that will facilitate transportation mobility of students and staff on campus is proposed. In this system, in which shared mobility elements are used, a charging station has been designed to meet the charging needs of the electric bicycles to be used with a photovoltaic system. Within the scope of the study, the number of electric bicycles to be put into use according to the standards was determined, then the number of photovoltaic panels and the number of batteries required to provide the required energy were calculated. One of the important advantages of this system is that the surplus energy produced in photovoltaic panels can be transferred to the grid, thus providing added value.

**Key words:** Bicycle sharing systems, electric bicycle, charging station, photovoltaic system

× Corresponding author. Tel.: +0-266-249-6535 151176 ; fax: +0-266-612-1417.

E-mail address: [suatonur@balikesir.edu.tr](mailto:suatonur@balikesir.edu.tr), [sefe@bandirma.edu.tr](mailto:sefe@bandirma.edu.tr)

ORCID: 0000-0002-2265-0640, 0000-0001-6076-4166 (in hierarchical order)

Received 15 July 2020; accepted 4 December 2020

Peer review under responsibility of Bandırma Onyedi Eylül University.

## 1. Giriş

Bisiklet ve elektrikli bisikletlerin kullanımı toplu ulaşım sistemlerini kullanmak istemeyen, trafik ve park sorunu yaşayan kişiler için alternatif bir taşımacılık yöntemi olmakla birlikte, toplum çevre ve sağlık açısından diğer ulaşım yöntemlerine göre çeşitli avantajlar sunmakta ve son yıllarda teknolojinin gelişmesi ile birlikte giderek yaygınlaşmaktadır (Dokuz, 2020; Eren ve Uz, 2019). Bisikletler çevre dostu ve motorsuz ulaşım aracı olduğu ve herhangi bir fosil yakıt kullanılmadığı için egzoz emisyon değerinin olmaması ile doğayı kirletmemektedir. Diğer ulaşım türlerine göre gürültü ve hava kirliliği de oluşturmamaktadır. Şehir içinde araçlardan daha az yer kapladığı için trafik ve park sorunu oluşturmamaktadır. Küçük ve dar yollardan ulaşım sağlanabildiğinden, toplu ulaşım araçlarından farklı olarak herhangi bir zaman tarifesi ve güzergâha bağlı olmadığından hızlı bir ulaşım aracı olarak da değerlendirilmektedir. Ancak topoğrafik yapı ve coğrafi şartların uygun olmadığı, yol güvenliğinin olmadığı durumlarda, iklim koşullarının sert olduğu rüzgârlı, sıcak ve yağışlı hava şartlarında bisiklet kullanımı tercih edilmemektedir (Elbeyli, 2012; Ulvi, 2019).

Plaka, ehliyet, kask veya sigorta gerektirmeyen bisikletler, sürücüler için sağlıklı ve çevre dostu bir araçla seyahat etmeyi sağladığı gibi başka hiçbir taşıma türünün sunmadığı bir seçim özgürlüğü de sunmaktadır. Ancak mesafeye ve yol şartlarına bağlı olarak pedal çevirmek yorucu ve zor olmaktadır. Uzun mesafeler, eğimli, engebeli koşullar, varış noktasına terli ve yorgun ulaşılması, aşırı sıcak ya da soğuğa maruz kalınması ve çeşitli sağlık problemleri gibi faktörler elektrikli bisiklet kullanmayı zorunlu hale getirmektedir (Ioakimidis ve diğ., 2016; Woolsgrove, 2020).

Bu çalışmada, Balıkesir Üniversitesi Çağış Kampüsü için bir elektrikli bisiklet paylaşım sistemi (EBPS) planlanmıştır. EBPS'nin sürdürülebilirliğin sağlanması ve maliyetlerin düşürülmesi için kampüs içerisinde çeşitli konumlarda kurulması düşünülen, yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin kullanıldığı fotovoltaik (FV) panel ve batarya sistemine ait bileşenlerin hesaplamaları yapılmıştır. Makalede giriş bölümünün ardından bisiklet paylaşım sistemleri ile ilgili

bilgiler sunulmuş, çalışma alanı olan Balıkesir Üniversitesi Kampüs alanı ve özellikleri verilmiş, sistemde kullanılması planlanan pedal destekli elektrikli bisiklete ait teknik özellikler belirtilmiş, elektrikli bisiklet şarj istasyonu tasarımı ile ilgili detaylar ve hesaplamalar anlatılarak elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

## 2. Bisiklet paylaşım sistemleri

Bisiklet paylaşım sistemleri (BPS), dünya çapında hızla büyüyen ulaşım tiplerinden biri haline gelmiş ve özellikle Çin'de bu büyüme oldukça fazla gerçekleşmiştir. Bu büyüme de özellikle elektrikli bisikletlerin kullanım oranının fazlalığı dikkat çekici olmuştur. Bunun nedenleri araştırıldığında, yolculuk mesafesinin uzunluğu, arazi ve kötü hava şartları ile güvenlik gibi faktörlerin etkili olduğu gözlenmiştir. Ancak elektrikli bisikletlerin alım ve bakım maliyetlerinin fazla olması kullanıcıları EBPS'nin rahatlık ve esnekliğini tercih etmelerinde etkili olmuş ve EBPS son zamanlarda hızla yaygınlaşmaya başlamıştır (Chen ve diğ., 2020).

Çeşitli ulaşım modellerinden biri olan BPS ve EBPS ile ilgili pek çok konuda çalışmalar yapılmıştır. Eren ve Uz, BPS'lerin verimliliğini artırmak için rehber olabilecek çalışmalarında bisiklet paylaşım talebini etkileyen faktörleri incelemiş ve değerlendirmişlerdir (Eren ve Uz, 2019). Sezen ve Erben, Gebze Teknik Üniversitesi kampüsünde öğrenci ve personel tarafından kullanılan bisikletlerin planlamadan kaynaklanan problemlerine çözüm önermek için, kullanılacak istasyon sayısı ve yerlerinin belirlenmesinde Gams optimizasyon yöntemini kullanmışlardır (Sezen ve Erben, 2019). Langford, Tennessee Üniversite kampüsü içindeki bisiklet paylaşım sisteminde bisikletler ile elektrikli bisikletleri karşılaştırarak, kullanıcı tercihlerinin sağlık ve güvenlik açısından etkilerini incelemiştir (Langford, 2013). Ioakimidis ve arkadaşları Belçika Mons Üniversitesi kampüsünde kullanılması için, işlem süreçleri ve sistem gereksinimleri ile birlikte tam otomatik bir EBPS önermiş ve geliştirmişlerdir (Ioakimidis ve diğ., 2016).

EBPS'nin sağladığı faydaları dikkate alınarak farklı şehirlerde e-bisiklet paylaşım pilot denemeleri yapılmıştır. Kuzey Amerika'nın ilk e-bisiklet paylaşım sistemi 2011 yılında Tennessee Üniversitesi'nde kurulmuş ve

üniversite kampüsündeki kullanıcılardan e-bisikletler ile geleneksel bisikletler arasındaki fiziksel aktiviteler araştırılmıştır (Langford ve diğ., 2013). Almanya'da Paul ve Bogenberger (2014) tarafından yapılan çalışmada, EBPS'nin yüksek bisiklet ve elektrikli bisiklet edinme maliyetlerini ortadan kaldırdığı için büyük ilgi duyulduğunu göstermektedir. Elektrikli bisikletin böyle bir sisteme girmesiyle, kullanıcılar aynı veya daha az çabayla ve daha kısa bir sürede daha uzun yolculuklar yapabileceklerdir (Paul ve Bogenberger, 2014). Avrupa'da, İngiltere hükümeti 2015 yılında ülke çapında 11 e-bisiklet paylaşım projesini içeren EBPS programını finanse etmiş ve benzer şekilde, Milano ve Kopenhag gibi diğer Avrupa şehirleri, test amacıyla mevcut BPS'ne EBPS hizmetleri de eklemiştir (Chen ve diğ., 2020).

### 3. Balıkesir üniversitesi çağış kampüs alanı ve özellikleri

Kamusal görevleri ile şehir içinde özel ve etkili bir konuma sahip olan üniversite kampüslerinin fiziksel büyüklüğü gittikçe artmaktadır. 2006 yılından sonra Türkiye'de Üniversite sayısı hızla artmıştır. Şehir içinde hızla sayısı artan ve büyüyen üniversiteler için yeterli alan sağlanamadığından dolayı üniversitelerin kurulmasında şehir dışı alanlar ve kampüs modeli benimsenmiştir.

Kampüs içerisinde akademik binalarla birlikte oluşturulan sosyal ve kültürel alanlar ve toplam öğrenci sayılarına göre (5 bin öğrenci için 75.000m<sup>2</sup> kampüs kapalı alan ihtiyacı) belirlenen kapalı alan gereksinimleri dikkate alındığında kampüslerin geniş bir coğrafi alan kullanmaları gerekmektedir (Eminağaoğlu ve Muhacir, 2018). Bu durum beraberinde kampüs içi ulaşım problemlerini getirmektedir.

Balıkesir Üniversitesi Çağış Kampüsü, Resim-1'de görüldüğü üzere 5.000 dönümlük dikdörtgen şeklinde bir alan üzerine kurulmuştur. Öğrenci Yurtları, merkez

yemekhane, kütüphane, spor sahaları, sosyal ve kültürel etkinlik alanlarının olduğu bölgeyle bazı fakülte binaları arası mesafeler oldukça uzundur. Bu durum yürüyerek ulaşım süresini artırmakta ve öğrenciler için yorucu olmaktadır. Kampüs içi ulaşım sorununun çözümü için her ne kadar saatte bir kampüs içi ring otobüs (1 adet) seferi ve güzergâhı oluşturulmuş olsa da, bu, ulaşım süresinin azaltılması ve hizmet verilen öğrenci sayısı açısından yeterli olmamaktadır.

Tamamen beden gücünün kullanıldığı bisikletler ile uzun ve engebeli dik alanları aşmak çok yorucudur. Bu nedenlerle dik ve uzun eğime sahip bisiklet yollarının varlığı bisiklet kullanım tercihini azaltan bir özelliktir. Bisiklet yolları için önerilen maksimum boyuna eğim %5'tir. Çok uzun mesafelerde ve sürekli olan boyuna eğimlerin %2-3 ile sınırlandırılması önerilmiştir. 150 metreye kadar olan kısa bölümlerde %5'i aşan daha dik eğimlerin kabul edilebileceği belirtilmiştir. (Elbeyli, 2012). Şekil 1'de görüldüğü üzere, çevrimiçi Bike Roll uygulaması ile kampüs içi yollardaki yükseklik farkı ve eğim hesapları yapıldığında kampüs alanındaki yolların eğimlerinin %1 ile %5,5 arasında olduğu belirlenmiştir. Kısa mesafeler ait bu eğim aralıkları bisiklet ve elektrikli bisiklet kullanımı için kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer almaktadır.

Elektrikli bisikletler, bataryalarda depolanmış elektrik gücü desteği sayesinde kullanıcının daha uzun mesafelere daha az çaba sarf ederek aynı hızda gidebilmesini ve dik yokuşları kolayca çıkabilmesini olanak sağlamaktadır.

Kampüs alanı içerisinde eğimli yollarda sürüş rahatlığı oluşturmak, öğrenci ve personelin daha kısa zamanda yorulmadan, terlemeden ve iklim şartlarından (yağış, sıcak, soğuk, rüzgâr vb.) çok fazla etkilenmeden ulaşım hareketliliğini sağlamak için tasarlanan EBPS'nde pedal destekli elektrikli bisikletlerin kullanımı tercih edilmiştir.

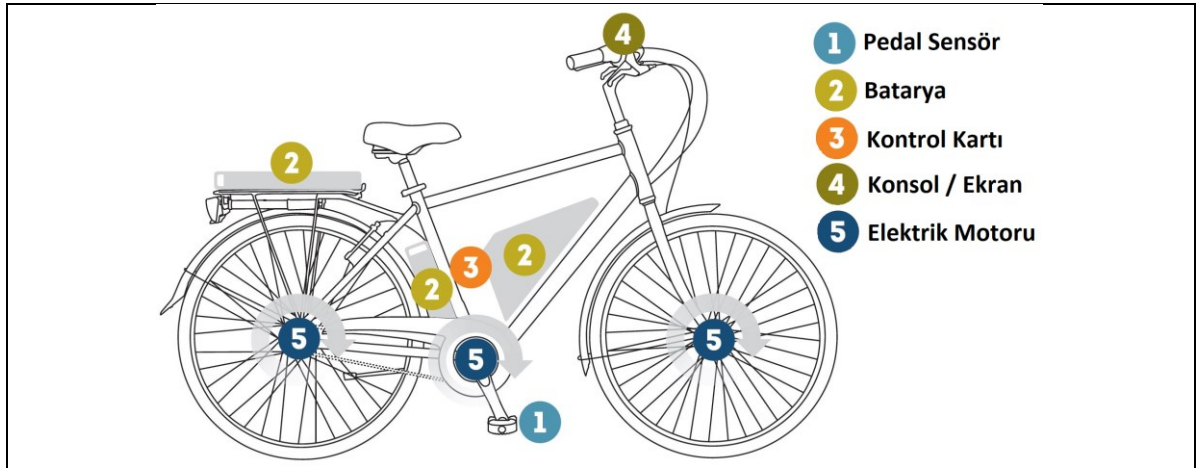


fazla 25 km/h hızına kadardır. Daha yüksek hıza ulaşmak için sürücünün kendi daha hızlı pedal çevirmelidir. Motor desteği sadece sürücü pedal çevirirken devreye girmelidir, sürücü pedal çevirmeyi bıraktığında motor destek vermeyi kesmelidir. Sistem gerilimi güvenlik nedeniyle en fazla DC 48 Volt ile sınırlandırılmıştır (EN 15194, 2017).

Resim 1’de görüldüğü üzere, çevrimiçi Bike Roll uygulaması ile kampüs içi yollardaki yükseklik farkı ve eğim hesapları yapıldığında kampüs alanındaki yolların eğimlerinin %1 ile %5,5 arasında olduğu belirlenmiştir. Eğimli

kısımlarda daha az çaba sarf ederek yorulmadan ve terlemeden yol alabilmek için pedal destekli elektrikli bisikletlerin kullanımı tercih edilmiştir. Pedal destekli elektrikli bisikletlerde menzil ve moment (tork) ihtiyacına bağlı olarak motor gücü ve batarya gerilimi değişebilmektedir. Kampüs alanındaki yolların durumu eğim özellikleri dikkate alınarak, yaygın olarak kullanılan 36 Volt - 250 W’lık motor ve 36 Volt - 10Ah’lik bataryaya sahip pedal destekli elektrikli bisikletler, kampüs için tasarlanan EBPS için yeterli görülmüştür. (Tablo-1)

**Tablo 1.** Pedal destekli elektrikli bisiklet ve teknik özellikleri



Teknik Özellikler	
<b>Motor:</b>	36V 250 Watt,
<b>Batarya:</b>	36V 10Ah Li-ION,
<b>Menzil:</b>	30-110km
<b>Şarj Süresi:</b>	4-6 h

## 5. Elektrikli bisiklet şarj istasyonu tasarımı

### 5.1. Elektrikli bisiklet sayısı ve istasyon kapasitesi

Elektrikli bisikletler için şarj istasyonunun kaç bisiklet için oluşturulacağı, toplamda kaç

bisiklet kullanılacağına ve kaç adet şarj istasyonu oluşturulacağına göre belirlenmelidir. Üniversitedeki binaların konumu ve öğrenci sayılarının yoğunluğuna bağlı olarak konumları işaretlenen şarj ve park istasyonları Şekil-2’de gösterilmiştir.





Şekil 2. Kampüs içerisindeki istasyon konum ve numaraları

Kampüs içerisinde iki adet öğrenci yurdu bulunmaktadır. KYK erkek öğrenci yurdu 1000 öğrenci kapasiteli, Residorm kız ve erkek öğrenci yurdu ise 1500 öğrenci kapasitelidir. KYK erkek öğrenci yurdu (Resim-2’de 1. numara ile gösterilmiştir) konumu nedeni ile merkez bölge ve diğer bazı akademik binalara oldukça uzaktır. Bu nedenle elektrikli bisiklet kullanım talebi diğer bölgelere göre daha fazla olacaktır. Kampüs içerisinde yer alan araştırma ve uygulama hastanesi ile tıp fakültesi de merkez bölgeye ve yurtlara uzakta yer almaktadır ancak potansiyel öğrenci sayısı ise daha azdır. Kampüsün orta bölümünde yer alan kütüphane, fakülte, merkez yemekhane, sosyal tesisler vb. alanlar öğrencilerin daha yoğun olduğu dolayısıyla elektrikli bisiklet kullanma talebinin en fazla olduğu yer olacaktır. Bu durum dikkate alınarak, oluşturulacak istasyonların 4 tipe olması planlanmıştır.

#### Planlanan istasyon kapasiteleri

- **1.Tip:** Şarj için 10 adet, park için 10 adet elektrikli bisiklet kapasiteli
- **2.Tip:** Şarj için 20 adet, park için 10 adet elektrikli bisiklet kapasiteli

- **3.Tip:** Şarj için 30 adet, park için 20 adet elektrikli bisiklet kapasiteli
- **4.Tip:** Sadece park için 10 adet elektrikli bisiklet kapasiteli

Birinci tip istasyonda 10 adet elektrikli bisikletin şarj edilmesi için oluşturulan sistem bir modül olarak tanımlanmıştır. İkinci ve üçüncü tip istasyonların kapasiteleri, birinci tip istasyonun 2 ve 3 katı olacak şekilde tasarlanmıştır. Tek şarj modülü için gerekli olan enerji ihtiyacı Tablo 3’de belirlenmiştir. Buna göre, ikinci tip için 2 şarj modülü, üçüncü tip için de 3 şarj modülü kullanılarak kapasiteye göre ihtiyaç duyulacak enerji sağlanacaktır. Dördüncü tip istasyon sadece elektrikli bisikletlerin park edilmesi için kullanılacaktır.

Elektrikli bisikletlerin kullanımını yurtlarda kalan öğrencilerle beraber merkez bölgeye uzakta kalan fakülte öğrencilerinin daha fazla talep edeceği düşünülmektedir. Bisiklet dağılımı bu husus gözönünde bulundurularak yapılmış, Şekil-2 üzerinde işaretlenmiş ve numaralandırılmış olan istasyonların hangi tip ve kapasitede oldukları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

**Tablo 2. İstasyon sayı ve kapasiteleri**

İstasyon Numarası	İstasyon Tipi	Şarj Modül Sayısı	Toplam Kapasite (Şarj+Park)
1	2.Tip	2	30
2	4.Tip	0	10
3	4.Tip	0	10
4	3.Tip	3	50
5	2.Tip	2	30
6	4.Tip	0	10
7	4.Tip	0	10
8	1.Tip	1	20
9	2.Tip	2	30
<b>Toplam:</b>		<b>10</b>	<b>200</b>

### 5.2. Elektrikli bisiklet şarj modülü tasarımı

Toplam 200 adet elektrikli bisiklet için planlanan sistemde 10 adet elektrikli bisikletin aynı anda şarj edilebilmesi için şarj modülünü oluşturan temel bileşenler, FV paneller, bataryalar, şarj kontrol cihazı, kablolar ve aydınlatma için led ampullerdir. FV panellerin yetersiz kalabileceği durumlar dikkate alınarak kampüs içerisinde mevcut elektrik şebekesinden bağlantı da sağlanacaktır. Bu bağlantı aynı zamanda kullanım fazlası elektrik enerjisinin şebekeye verilmesinde de kullanılacaktır.

Sistemin enerjisi FV paneller tarafından sağlanmaktadır. FV panellerden elde edilen enerji batarya gruplarında depolanır. Ortamda güneş ışınımı mevcut olmadığında (gece vakti) veya yetersiz olduğunda, sistemin enerjisi doğrudan bataryalardan sağlanır. Bataryalarda depolanan DA enerjisi, bisiklet bataryalarının şarj edilmesinde kullanılır. Sistem bileşenlerini

dengelemek için kullanılan ve enerji üretimi/tüketimi arasındaki bileşenler sistem bileşenlerinin dengesi (SBD) olarak tanımlanır. SBD bileşenleri şarj kontrol cihazı, batarya, evirici, kablolar, sigortalar vb. bileşenlerdir (Özbay ve diğ., 2019).

### 5.3. Bisiklet şarj modülü için gerekli gücün belirlenmesi

10 adet bisiklet kapasiteli olarak kurulacak olan şarj istasyon modülünde elektrik tüketiminin ana bileşeni şarjlı/elektrikli bisikletlerdir. İlave olarak ortam aydınlatmaları, şarj kontrol ünitesi de düşünülebilir. Aşağıdaki tabloda elektrik tüketiminde kullanılacak cihazlar ve tüketim değerleri verilmiştir. Bisiklet bataryaları DC gerilimle şarj edilebileceğinden eviriciye gerek olmayacaktır. Şebeke geriliminden destek alınması gerektiğinde AC 220V - DC 36Volt çeviri için konvertör/adaptör ve kontrol ünitesine ihtiyaç olacaktır.

**Tablo 3. Şarj istasyon modülü için enerji gereksinimi**

Cihazlar	Sayı (adet)	Anma Gücü (W)	Günlük Tüketim (saat/gün)	Günlük Enerji Tüketimi (Wh /gün)
LED Ampul (15W/adet) (ortalama 10 saat aydınlatma)	10	150	10	1500
Bisiklet bataryası (36V, 250W) (şarj süresi 3 saat)	10	2500	3	7500
Kontrol ünitesi ve diğer cihazlar	-	50	24	1200
<b>Toplam :</b>	-	3200	-	<b>10.200</b>

Tasarlanan şarj istasyonunda 10 adet elektrikli bisikletin günlük ortalama 3 kez, birer saat şarj edilmesi gerektiği düşünüldüğünde diğer

cihazlarla birlikte toplam günlük 10.2kWh enerji ihtiyacı oluşabileceği hesaplanmıştır.

#### 5.4. Batarya kapasite ve sayılarının belirlenmesi:

Bu çalışmada, tasarlanan şarj istasyonunda FV sistemlerde çoğunlukla tercih edilen OPzS bataryaların kullanımı tercih edilmiştir. Bu bataryalar 15-20 yıl gibi uzun ömürlü, az bakım gerektiren ve kapasitesinin %80'ine kadar boşaltılabilen, derin döngülü özellikte bataryalardır (Özbay ve diğ., 2019).

Batarya sayı ve değerlerinin belirlenmesi için aşağıdaki hesaplar yapılmıştır;

Tablo-3'deki hesaplamalara göre toplam enerji ihtiyacı (A1) 10.200 Wh olarak belirlenmiştir. Tablo-1'de seçilen elektrikli bisikletin özelliklerine göre batarya gerilimi (A2) 36 V'tur. Toplam günlük kapasite değeri (A7); Denklem 1'de verildiği gibi A1'de verilen ve Tablo-3'te hesaplanan toplam günlük enerji miktarının bisiklet batarya gerilim değerine (A2) bölünmesi ile hesaplanır.

$$A7=A1/A2 \quad (1)$$

**Tablo 4. Batarya değerlerinin hesaplanması**

A1	A2	A3	A4	A5	A6
Enerji İhtiyacı	Bisiklet Batarya Gerilimi	Bulutlu Gün Sayısı	Batarya Gerilimi	Deşarj Derinliği	Batarya Verimi
10200 Wh	36 V	2	12 V	0,8	0,91
A7	A8	A9	A10	A11	A12
Toplam Günlük Kapasite	Batarya Kapasitesi	Seçilen Batarya Kapasitesi	Paralel Bağlı Batarya Sayısı	Seri Bağlı Batarya Sayısı	Toplam Batarya Sayısı
283,33 Ah	778,4 Ah	100 Ah	8	3	24

Balıkesir için bulutlu gün sayısı (A3) 2 gün olarak belirlenmiştir. Bu değer, literatürde otonomi faktörü olarak geçer. Otonomi faktörü, güneş enerjisine ulaşamadığı durumda sistemin kaç gün bataryalar üzerinden çalıştırılabileceğini belirleyen önemli bir değerdir. Türkiye'de akü otonomi değeri Aralık ve Ocak aylarına bakılarak belirlenir. Bu iki ayda, Türkiye'deki illerimizde bulutluluk oranı fazladır.

PV panellerde kullanılacak olan OPzS tipi bataryalar, kapasitelerini %80 oranında boşaltabildiğinden (A5) deşarj derinliği 0,8 olarak seçilmiştir. OPzS Bataryanın maksimum şarj verimi (A6) olarak hesaplamalarda %91 değeri dikkate alınmıştır (Kubalik ve diğ., 2014). A8'deki batarya kapasitesi değeri Denklem 2 ile hesaplanmaktadır.

$$A8=(A7 \times A3)/(A5 \times A6) \quad (2)$$

Seçilen 100 Ah 12 V'luk OPzS 100 model bataryaya göre A4 ve A9 değerleri belirlenmiştir. Sistemde paralel bağlanacak batarya sayısı (A10), Denklem 3'e göre,

hesaplanan batarya kapasitesi (A8) değerinin seçilen batarya kapasite (A9) değerine bölünmesi ile hesaplanır.

$$A10=A8/A9 \quad (3)$$

Sistemde seri bağlı batarya sayısı (A11), Denklem 4'e göre şarj edilecek batarya gerilimi, (A2) değerinin seçilen batarya gerilim (A4) değerine bölünmesi ile hesaplanmaktadır.

$$A11=A2/A4 \quad (4)$$

Yapılan bu hesaplamalar sonucunda bu sistem için 3 adet seri ve 8 adet paralel olmak üzere toplam 24 adet batarya ihtiyacı olduğu sonucuna ulaşılabilecektir. Tablo 4, bu hesaplamaların özetini sunmaktadır.

#### 5.5. FV panel gücü ve tipinin belirlenmesi

Elektrikli bisikletlerin bataryalarının şarjı için gereken enerji FV paneller ile sağlanacaktır. Kullanılacak olan FV panellerin teknik özellikleri Tablo 5'te verilmiştir.



**Tablo 5.** PV panel teknik özellikleri

Tepe güç değeri - P <sub>MAX</sub> (W <sub>p</sub> )	265
Maksimum güç gerilimi - VMPP (V)	30,8
Maksimum güç akımı - AMPP (A)	8,6
Açık devre gerilimi – V <sub>oc</sub> (V)	38,3
Kısa devre akımı – I <sub>sc</sub> (A)	9,1
Verim - $\mu$ (%)	16,2

FV panellerden elde edilen enerji öncelikle OPzS batarya grubunda depolanacak ve bu bataryalar üzerinden bisiklet bataryaları şarj kontrol cihazları ile kontrol altında şarj edilecektir.

Güneş ışınımı bölgeden bölgeye günlük, aylık ve mevsimlik olarak değişmektedir (Özbay ve

diğ., 2019). Bu nedenle FV sistemleri için yıllık ortalama güneşlenme süresi, bulutlu gün sayısı, sıcaklık değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Balıkesir il merkezinde ortalama günlük güneşlenme süresi 7,37 saat ve yıllık ortalama toplam güneşlenme süresi 2690 saattir. Günlük ortalama güneş radyasyonu 3,87 kWh/m<sup>2</sup> ve yıllık ortalama toplam güneş radyasyonu 1412 kWh/m<sup>2</sup> 'dir (EİGM, 2020). Bu değerlere göre Balıkesir il merkezinin güneş potansiyelinin FV sistemler için uygun olduğu görülmektedir.

Şarj istasyonlarının yıllık kullanımı dikkate alındığında mevsimlere göre değişen optimum eğim açısı için PV panellerinin yerleşiminde 40°'lik eğim açısı (B1) uygun görülmüştür. SBD bileşenlerin verimi (B2) %85 olarak belirtilmiştir.

**Tablo 6.** PV panel değerlerinin hesaplanması

<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>	<b>B5</b>	<b>B6</b>	<b>B7</b>
Optimum Eğim Açısı	SBD Verimi	Gerekli FV Panel Çıkış Enerjisi	Seçilen FV Panel Gerilimi	Seçilen FV Panel Gücü	Ortalama Güneşlenme Süresi	FV Panellerin Günlük Enerji Üretimi
40°	0,85	12.000Wh	30,8 V	265 W	7,37 h	1.953,05 Wh
<b>B8</b>	<b>B9</b>	<b>B10</b>	<b>B11</b>	<b>B12</b>	<b>B13</b>	<b>B14</b>
İndirgeme Faktörü	FV Panel Enerji Çıkışı	Toplam FV Panel Sayısı	Seri Bağlı Panel Sayısı	Paralel Bağlı Panel Sayısı	Nominal FV Panel Gücü	Nominal FV Panel Dizisi Gücü
0,90	1.757,7 Wh	8	2	4	265 W	2.120 W

FV panellerden günlük elde edilmesi beklenen enerji miktarı (B3) Denklem 5 ile hesaplanmaktadır.

$$B3 = \text{Toplam enerji ihtiyacı} / B2 \quad (5)$$

FV paneller her zaman maksimum güç ve verimlilikte çalışmazlar. Standart test koşulları dışında kalan koşullar için kayıplar söz konusudur. Bu nedenle %10 kayıp olacağı düşünülerek B4 ve B5 değerleri 0.9 ile çarpılarak hesaplanmıştır. Balıkesir'de yılda ortalama güneşlenme süresi B6'da verildiği gibi 7,37 saattir. Bu değerlere göre bir FV panelde günlük üretilen enerji miktarı (B7) Denklem 6 ile hesaplanır.

$$B7 = B5 \times B6 \quad (6)$$

FV panellerde oluşabilecek tozlanma, gölgelenme ve yaşlanma gibi faktörler kayıp nedeni olarak kabul edildiğinde indirgeme faktörü (B8) %90 olarak alınmış ve B7 değeri ile çarpılarak FV panelin üreteceği enerji miktarı (B9) hesaplanmıştır. Buna göre sistemdeki FV panel sayısı Denklem 7'deki gibi hesaplanır.

$$B10 = B3 / B9 \quad (7)$$

Sistemde şarj edilecek olan bisiklet bataryası (A2) 36 V'tur. FV panel tarafından üretilen gerilim (B4) 30,8 V olduğundan sistemde seri bağlanması gereken panel sayısı Denklem 8'den 2 adet olarak bulunmuştur.

$$B11 = A2 / B4 \quad (8)$$

Sistemde paralel bağlanması gereken FV panel sayısı ise Denklem 9 ile hesaplanarak 4 adet bulunmuştur.

$$B12=B10/B11 \quad (9)$$

Denklem 5,6,7,8ve 9 ile yapılan hesaplamalara göre bu sistem için 2 adet seri ve 4 adet paralel olmak üzere toplam 8 adet FV panele ihtiyaç vardır. Tablo 6'da bu hesaplamaların özeti verilmiştir.

### 5.6. Şarj kontrol cihazı gücünün belirlenmesi

36 Volt'luk bisiklet bataryalarının şarj edilmesi için FV sistemindeki batarya bara gerilimi 36 Volttur. Bu nedenle şarj kontrol cihazı çıkış gerilimi de 36 Volt olmalıdır. Şarj kontrol cihazının anma akım hesabı Denklem 10, 11 ve 12'de aşağıda verilmiştir.

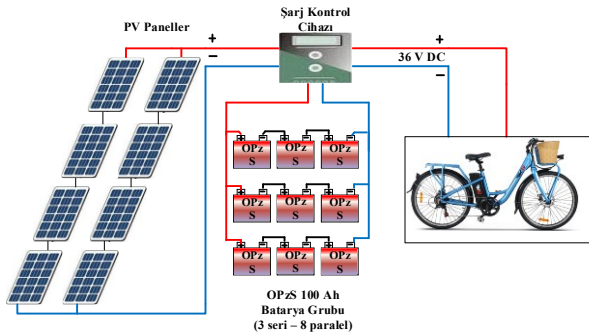
$$FV \text{ panel kısa devre akımı: } I_{sc} = 9,1A \quad (10)$$

$$\text{Güvenlik katsayısı: } k = 1,25 \quad (11)$$

$$I_{\text{kontrol}} = \text{Paralel FV panel sayısı} \times I_{sc} \times k \quad (12)$$

Bu durumda akım 45,5A olarak bulunur. Bu değere göre en az 50A'lık ve 36 Voltluk solar şarj kontrol cihazı kullanılmalıdır.

Elektrikli bisikletler için kullanılacak olan şarj ünitesinin blok şeması Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Şarj ünitesi blok şeması

## 6. Sonuç

Bu çalışma, kampüs içi öğrenci ve personel hareketliliğinin elektrikli bisiklet paylaşım sistemi ile daha kısa süre içerisinde konforlu bir şekilde, terlemeden yorulmadan gerçekleştirilmesi, bunun yanısıra öğrencilerin yurtlara, fakültelere, spor tesislerine, sosyal alanlara ve kütüphaneye ulaşımının kolaylaşması için bir yöntem sunmaktadır.

Kampüs alanında oluşturulacak olan EBPS'nde öğrencilerin yoğun olduğu 5 noktada şarj istasyonu, geri kalan 4 noktada ise sadece park alanı oluşturulması planlanmıştır. 10 elektrikli bisikletin aynı anda şarj edilmesi için gerekli olan enerji ihtiyacı belirlenerek bir şarj istasyon modülü oluşturulmuştur. Öğrencilerin yoğun olduğu alanlar dikkate alınarak, hangi istasyonda kaç adet modül kullanılacağı belirlenmiştir.

Şarj istasyonlardaki enerji ihtiyacı FV sistemi ile karşılanarak maliyetlerin düşürülmesi ve sistemin sürdürülebilirliğin sağlanması mümkün olacaktır. Aynı zamanda FV sistemlerden elde edilecek ihtiyaç fazlası enerjinin şebekeye verilmesi ile sisteme katkı da sağlanabilecektir. Bu çalışmanın şehir içi ulaşımında ve akıllı şehir uygulamalarında EBPS kurulmasında öncü olabileceği düşünülmektedir. Gelecek dönemde EBPS'nin tam otomatik çalışması için gerekli olan kontrol birimlerinin ve yazılımların tasarımının yapılması planlanmaktadır.

## Kaynaklar

Apostolou, G.; Reinders, A.; Geurs, K., (2018), An Overview of Existing Experiences with Solar-Powered E-Bikes, *Energies*, 11, 2129. <https://doi.org/10.3390/en11082129>

Chen, Z., Hu, Y., Li, J., & Wu, X. (2020). Optimal Deployment of Electric Bicycle Sharing Stations: Model Formulation and Solution Technique. In *Networks and Spatial Economics* (Vol. 20). <https://doi.org/10.1007/s11067-019-09469-2>

Dokuz, A. Ş. (2020). Bisiklet Paylaşımı Büyük Veri Kümelerinde Kullanıcıların İstasyon Tercihlerinin Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Özel Sayı*, 591–597. <https://doi.org/10.31590/ejosat.araconf71>

EİGM. (2020). Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü <<http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/pages/10.aspx>> erişim tarihi 14.06.2020

Elbeyli, Ş. (2012). Kentiçi Ulaşımında Bisikletin Konumu Ve Şehirler İçin Bisiklet Ulaşım Planlaması: Sakarya Örneği. *İstanbul Teknik Üniversitesi*.

**Eminağaoğlu, Z., & Muhacir, E. S. A.** (2018). Artvin Çoruh Üniversitesi Kampüs Alanlarının Planlama ve Tasarım İlkeleri Kapsamında Değerlendirilmesi. *Artium*, 6(1), 38-43.

<http://artium.hku.edu.tr/en/issue/35138/341349> erişim tarihi 30.05.2020

**EN-15194** (2009) Cycles, Electrically power assisted cycles, EPAC Bicycles, *European Committee For Standardization, Brussels*.

**Eren, E., & Uz, V. E.** (2019). A review on bike-sharing: The factors affecting bike-sharing demand. *Sustainable Cities and Society*.

**Ioakimidis, C. S., Rycerski, P., Koutra, S., & Genikomsakis, K. N.** (2016). A university e-bike sharing system used as a real-time monitoring emissions tool under a smart city concept. *World Electric Vehicle Journal*, 8(4), 953–963. <https://doi.org/10.3390/wevj8040963>

**Kubalik, P., Misak, S., Stuchly, J., Vramba, J., & Uher, M.** (2014). Suitable energy storage in Off-Grid systems. *2014 14th International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2014 - Conference Proceedings*, 345–349. <https://doi.org/10.1109/IEEEIC.2014.6835891>

**Langford, B. C.** (2013). *A comparative health and safety analysis of electric- assist and regular bicycles in an on-campus bicycle sharing system*. University of Tennessee.

**Langford, B., Cherry, C., Yoon, T., Worley, S., & Smith, D.** (2013). North America's first E-bikeshare. *Transportation Research Record*, (2387), 120–128. <https://doi.org/10.3141/2387-14>

**McLoughlin, I. V. ; Narendra, I. K.; Koh, L. H.; Nguyen, Q. H.; Seshadri, B.; Zeng, W.; Yao, C.,** 2012, Campus Mobility for the Future: The Electric Bicycle, *Journal of Transportation Technologies*, Vol.2 No.1

**Özbay, H., Efe, S. B., & Özer, İ.** (2019). FV system Design For Farm Houses: A Case Study In Bandirma. *International Engineering and Natural Sciences Conference (IENSC 2019)*, 710–717.

**Paul, F., & Bogenberger, K.** (2014). Evaluation-method for a Station Based Urban-pedelec Sharing System. *Transportation Research Procedia*, 4, 482–493. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.11.037>

**Sezen, B., & Erben, B.** (2019). Sürdürülebilir ulaşım da önemli bir yere sahip olan bisikletin Gams küme kapsama modeli ile konumlandırılması : Gebze Teknik Üniversitesi örneği. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 2(1), 1–15.

**Tanç, G.** (2014). Elektrikli Bisikletler İçin Fırçasız Doğru Akım Motoru Tasarımı Ve Üretimi, *Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi*.

**TC Resmi Gazete.** (2019). Bisiklet Yolları Yönetmeliği (30976). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/12/20191212.pdf> erişim tarihi 30.06.2020

**Ulvi, H.** (2019). Bisiklet ve Yaya Ulaşımının Millî Parklarda Karbon Ayak İzi Etkilerinin Araştırılması. *Reviewed Journal of Urban Culture and Management*, 12(3), 460–474.

**Woolsgrove, C.** (2020). Electric Bicycle (pedelec) Regulation. <https://ecf.com/what-we-do/road-safety/electric-bicycle-pedelec-regulation> erişim tarihi 16.05.2020