

# Güneş Enerjisinin Taşıtlarda Kullanımı ve Kırıkkale Üniversitesi Güneş Enerjili Araç Projesi Örneği

Ahmet KOÇ, Mehmet Esad AKSAL

Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 71450 Türkiye  
Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 71450 Türkiye  
Tel: +90 (539) 988-4502; Tel: +90 (507) 926-1087, ahmet\_k\_o\_c@hotmail.com, mea@esadaksal.com

**Özet**— Son yıllarda, fosil yakıtların çevresel etkileri ve enerji talebinin sürekli olarak artması, dünya genelinde yenilenebilir alternatif enerji kaynaklarına yönelik çalışmaları hızlandırmıştır. Alternatif enerji kaynakları arasında güneş enerjisi, temiz, güvenilir ve yenilenebilir olması bakımından büyük önem arz etmektedir. Güneş enerjisi günümüzde daha çok binalarda ısıtma, soğutma, sıcak su elde etme ve sokak aydınlatmalarında ayrıca havacılık ve uzay sanayinde özel uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu uygulama alanlarının yanında fotovoltaik pillerden üretilen elektrik enerjisiyle çalışan elektrikli taşıtlar da mevcuttur. Bu çalışmada fotovoltaik pillerin çalışma ilkeleri ve performans değerlendirmesi, güneş enerjisinin taşıtlarda kullanımı, Kırıkkale Üniversitesi 2011 yılı güneş enerjili araç projesi çalışmaları sunulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler**— Güneş enerjisi, fotovoltaik piller, güneş enerjili araçlar, maksimum güç noktası takibi, Formula-G.

**Abstract**— Recent years, environmental effects of fossil fuels and continuously increasing of energy demand has accelerated the researches about alternative and renewable energy. Solar energy in the types of alternative energies should be clear, reliable and renewable. Solar energy is used in buildings for heating, cooling, hot water supply and street lighting, also aerospace industry. There are electric vehicles that use electric energy generated from photovoltaic modules. In this research; basics of photovoltaic modules and their performance, using the solar energy in vehicles and Kırıkkale University 2011 Solar Car Project details are reported.

**Keywords**— Solar energy, photovoltaic cells, solar cars, maximum power point tracking, Formula-G.

## I. GİRİŞ

Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahiptir. Güneş enerjisi ile çalışan elektrikli sistemler henüz birçok noktada uygulanabilirliğini kazanamamış olmakla birlikte her geçen gün geliştirilmektedir. Günümüzde dünya enerji ihtiyacının önemli bir kısmının fosil kaynaklarından sağlanması yanma kaynaklı çevre kirliliğine yol açmakla birlikte fosil kaynakların gelecek projeksiyonu dolayısıyla alternatif enerji kaynaklarına yönelmek kaçınılmaz hale gelmiştir.

Ülkemizin coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat, ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl olduğu tespit edilmiştir. Devam etmekte olan ölçüm çalışmalarının sonucunda, Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin mevcut değerlerden %20-25 daha fazla çıkması beklenmektedir[1]. Bu potansiyelin etkin bir biçimde kullanılması enerji konusunda dışa bağımlılığımızı azaltıcı etkiler gösterecektir.

Ülkemizde güneş enerjisinden çoğunlukla binalarda sıcak su elde etme amacıyla yararlanılmaktadır. Bunun yanı sıra sokak aydınlatmalarında ve trafik ikaz sistemlerinde de kullanılmaktadır. Ülkemizde kullanımı yaygınlaşmamış olmakla birlikte güneş enerjili taşıt uygulamaları da mevcuttur.

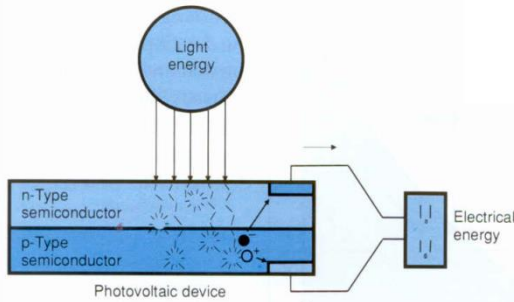
## II. AMAÇ

Bu çalışmanın amacı güneş enerjisinin taşıtlarda kullanılabilirlik düzeyinin araştırılması ve fotovoltaik uygulamaların ekonomiklik analizi olacaktır. Bununla birlikte Kırıkkale Üniversitesi 2011 yılı güneş enerjili araç projesi çalışmaları sunulacaktır.

### III. FOTOVOLTAİK PİLLERİN ÇALIŞMA İLKELERİ VE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

“Güneş Elektrikliği (solar electricity)” veya “güneş pili” olarak da bilinen ve güneş ışığından elektrik enerjisi üreten PV’ler, ilk kez 1839 yılında Becquerel tarafından araştırılmış, 1954 yılında ise modern anlamdaki PV hücreler (solar cell) geliştirilerek uzay teknolojisi uydularında pahalı bir elektrik üretici olarak kullanılmaya başlanmıştır [2-4].

Fotovoltaik hücreler yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Güneş enerjisi, güneş hücresinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 25 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş hücresi birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş hücresi modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir[1].



Şekil 1. Güneş pili çalışma şeması

Fotovoltaik pillerin üretimi sırasında, pilin ön yüzeyine yakın yerde bir iç elektrostatik bölge oluşturularak, elektronların serbest duruma geçmesi sağlanır. Silisyum kristali içine diğer elementler yerleştirilmiştir. Bu elementlerin kristal içinde bulunması, kristalin elektriksel olarak dengede olmasını önler. Işıqla karşılaşan malzemede, bu atomlar dengeyi bozar ve serbest elektronları diğer pile veya yüke gitmeleri için pilin yüzeyine doğru süpürürler. Milyonlarca foton pilin içine akarken, enerji kazanıp bir üst seviyeye çıkar, elektronlarda pil içindeki elektro-statik bölgeye ve oradan da pil dışına akarlar. İşte bu oluşan akış elektrik akımıdır[5].

Fotovoltaik pillerin performansını etkileyen en önemli hususlar güneş ışınlarının pil yüzeyine düşme açısı, fotovoltaik pillerin ısınması ve yüzey kirlenmesi problemidir. Türkiye’de 1000 W/m<sup>2</sup> ışınım altında yapılan bir çalışmada da PV modül sıcaklığının artması durumunda gücün düştüğü, her 10°C sıcaklık artışında verimin %1 düştüğü saptanmıştır. PV panelin arka yüzeyinin havalandırılması ve ışınım açısının panel eğiminin uygun seçilmesi durumunda, aşırı ısı yükleri de azaltılabilmektedir[6]. Kullanıldığı yerde PV panellerin etkinliğinin düşmesine neden olan önemli faktör de yüzey kirlenmesidir[7]. Yapılan araştırmalar, kirlenme durumunda PV performansının %3.5 oranında düştüğünü göstermektedir[8]. Bu durum panel yüzeylerinin belirli zaman aralıklarıyla temizlenmesini zorunlu kılmaktadır.

Yapılan parametrik çalışmalara göre, şebekeye bağımlı ve şebekeden bağımsız fotovoltaik uygulamaların yıllık ürettikleri güç miktarı kullanılarak her iki sistem için ömür boyu maliyet sırasıyla 0.40 ve 0.67 \$/kWh olarak bulunmuştur[9].

Nisan 2012 elektrik enerjisi birim fiyatı gündüz, puant ve gece değerlerinin ortalaması 0,184476 ¨/kWh olup güncel kur ile 0,1025 \$/kWh olmaktadır.

Bu sonuçlarla fotovoltaik sistemlerin yakıt maliyeti olmamasına rağmen kurulum maliyetlerinin yüksek oluşu üretilen enerjinin birim fiyatının 4 ila 6,5 katı olmasıyla sonuçlanmaktadır.

Buna rağmen şebeke bağlantısı bulunmayan bölgelerde fotovoltaik uygulamalar kullanılabilir.

### IV. GÜNEŞ ENERJİSİNİN TAŞITLARDA KULLANILMASI

Fotovoltaik uygulamalarda elektrik enerjisinin üretilmesi kadar depolanması da güneş enerjisinin taşıtlarda kullanılabilirliğini etkilemektedir. Bu sebeple güneş enerjisinin taşıtlarda kullanımı, fotovoltaik piller ile batarya gruplarının birlikte değerlendirilmesini gerektirir.

Taşıtlarda alternatif enerji kullanımıyla ilgili tüm çalışmaların temelinde aracın bağımsız seyir mesafesini kullanım şartlarının altına düşürmeme gerekliliği bulunmaktadır. Yakıtlarının yüksek enerji yoğunluğuna sahip olmaları dolayısıyla benzinli ve dizel motorlu araçların menzilleri ulaşılması güç değerler olarak görülmektedir.

Aşağıdaki tabloda toplam hareket dirençlerinin 1000N olacağı bir taşıtta farklı yakıt ve batarya türleri için enerji yoğunlukları ve menzil değeri verilmiştir. Menzil değerleri 100kg’lık ve 100 lt’lik yakıt/batarya’dan düşük enerjili olanı ile ulaşılabilecek en uzak mesafeyi göstermektedir. (İlk 4 yakıtın %30 verimle işe dönüştükleri, hidrojen yakıt pilinin %55 verimle elektrik ürettiği ve elektrik motorlarının %90 verimle çalıştığı kabul edilmiştir.)

Enerji Kaynağı	Enerji Yoğunluğu		Menzil [km]
	Hacimsel	Kütlesel	
Benzin	34,8 MJ/l	44,4 MJ/kg	1044
Dizel	36,8 MJ/l	45,4 MJ/kg	1104
LPG	26,8 MJ/l	46 MJ/kg	804
CNG	9,7 MJ/l (@250bar)	55 MJ/kg	291
Hidrojen	1,876 MJ/l (@300bar)	142 MJ/kg	92,862
Li-Ion	146,1Wh/l	92,5 Wh/kg	29,97
Pb-Asit	83,08 Wh/l	30 Wh/kg	10,8

Tablo 1. Taşıtlarda enerji kaynağı ve menzil kıyaslaması

Güneş enerjili araçlarda ise; taşıtın ihtiyaç duyacağı enerji eşzamanlı olarak araç üzerine yerleştirilmiş fotovoltaik pillerden karşılanmaktadır.

Bu durum söz konusu taşıtın fonksiyonel bir araç olarak kullanılabilmesi noktasında bir batarya grubunun kullanılmasını zaruri kılmaktadır.

Bununla birlikte araç üzerine yerleştirilecek PV modüllerinin alan kısıtlaması mevcuttur.

Fotovoltaik pillerin performans değerlendirmesi ile ışınım miktarı birlikte düşünüldüğünde güneş enerjisi uygulamaları için taşıtlarda ışınım muhatap panel alanı değeri de önem arz etmektedir.

Ayrıca güneş enerjili araçların tasarım ilkeleri ve malzeme kriterleri elektrikli araç tasarım şartlarını sağlamalıdır.

Otomotiv sektöründe kullanılan malzeme ve tasarım özelliklerinin güneş enerjisiyle çalışan taşıtlara uygun olmadığından alternatif yaklaşımların geliştirilmesi gerekmektedir[10].

Taşıtlarda güneş enerjisi söz konusu kısıtlamalar nedeni ile işletilebilir bir kullanım düzeyi sunamamaktadır. Türkiye’de Tübitak’ın düzenlediği Formula-G ve dünyada Solar Challenge olarak bilinen yarışmalarda güneş enerjili araçlar çok uzun mesafeler kat etseler de ekonomik işletilebilir düzeye ulaşamamışlardır.

Ayrıca özellikle yaz aylarında aracın klima yükünün hafifletilmesi için araç yüzeyindeki güneş ışınımının yutulması değil yansıtılması istenmektedir[11].

Aracın üzerine yerleştirilen fotovoltaik piller ısı üretmeleri bakımından bu noktada bir dezavantaj göstermektedirler.

Tüm bu sebeplerle otomotiv sektöründe güneş enerjisi, Toyota’nın araç park halindeyken üzerine yerleştirilmiş fotovoltaik pillerden alınan enerjiyle beslenen ventilasyon sistemi çalışmasında olduğu gibi araçlarda ek enerji kaynağı olarak kullanılabilse de birincil enerji kaynağı olarak kullanıldığı uygulamalarda taşıt özelliklerini sunamamaktadır.

Güneş enerjili araç yarışlarında gördüğümüz araçlar ise “Kırıkkale Üniversitesi Güneş Enerjili Araç Projesi” özelinde ele alınacaktır.

## V. KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ 2011 YILI GÜNEŞ ENERJİLİ ARAÇ PROJESİ

Bu kısımda Kırıkkale Üniversitesi 2011 yılı güneş enerjili araç projesinde yapılan çalışmalar ve sonuçları sunulacaktır.

### Tübitak Formula-G Yarışları:

Tübitak 2005 yılından itibaren ülkemizde alternatif enerjiye yönelim bilinci oluşturmak, üniversitelerde takım çalışmalarını teşvik etmek amacıyla her yıl hidrojen enerjisiyle ve güneş enerjisiyle çalışan araçların katıldığı yarışlar düzenlemektedir.

Formula-G yarışlarında Tübitak’ın belirlediği teknik kurallar ile takımların eşit şartlarda yarışması sağlanmıştır. Bu kurallar içerisindeki en temel kısıtlamalar şu şekilde sıralanabilir.

1. Panel alanı  $9m^2$ ’yi geçmemelidir,
2. Araç ağırlığı 150-300kg arasında olmalıdır,
3. Kullanılan batarya 1kWh değerini aşmamalıdır,
4. Araç konstrüksiyonunda titanyum alaşımları kullanılmamalıdır.

Kırıkkale Üniversitesi Formula-G yarışlarına 2006 ve 2007 yıllarında katılmış FOTON2010BİR projesi ile de İzmir’de düzenlenen 2011 yarışlarında 8. olmuştur.

### FOTON2010BİR Tasarım Süreci:

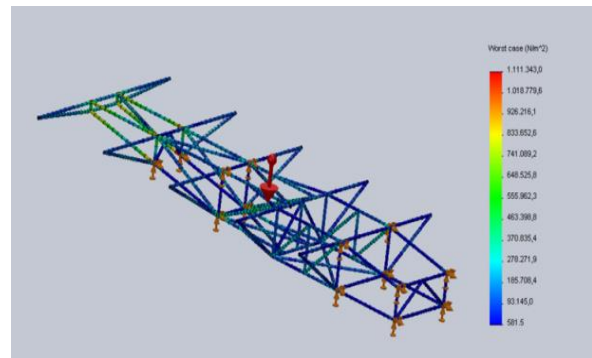
Proje, Kırıkkale Üniversitesi’nin 2011 yılı Formula-G yarışlarına katılmak üzere Makine ve Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümlerinden 35 öğrenciyle; Konstrüksiyon, Panel Grupları ve MPPT Devresi, Motor ve Kontrol Grubu ve Batarya Grubu çalışmalarının yürütüldüğü dört ayrı birimle tamamlanmıştır.

### Konstrüksiyon:

Güneş enerjili araçlar için belirlenmiş standart bir tasarım olmadığından çeşitli şekil ve tiplerde araçlar mevcuttur. Temel tasarım kriteri, maksimum güneş etki alanı sağlarken, ağırlığı azaltmak ve aracı mümkün olan en güvenli hale getirmektir.

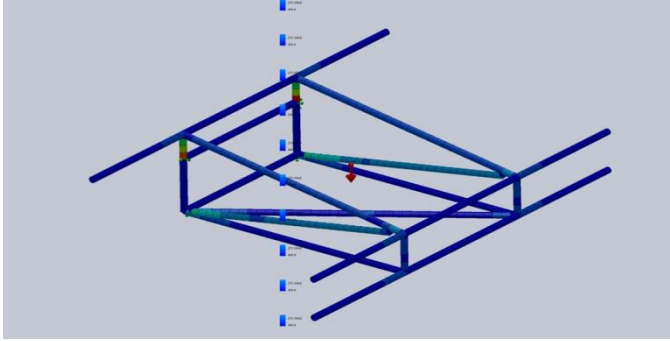
Şasi tasarımında aracın mümkün olduğu kadar hafif ve güvenli olması istenmektedir. Rüzgar direncinin düşürülmesi için hava akımını izleyen hatlar seçilmiş HAD yazılımları ile çeşitli aerodinamik analizler yapılmıştır.

Projede önceki yarış döneminde kullanılan alüminyum şasi daha fazla panel alanı elde etmek için eklenen uzatma iskeletiyle birlikte kullanılmıştır. Şasinin gerilme ve von-Mises analizi hesaplamalı mühendislik yazılımları ile yapılmıştır.



Şekil 2. Şasi gerilme analizi

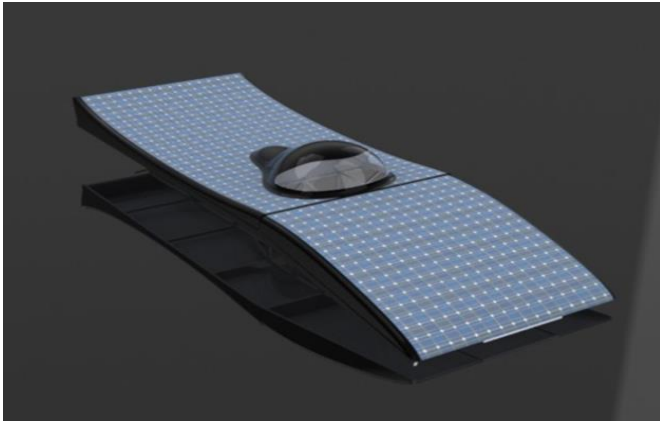
Etkin panel alanını artırmak amacıyla Şekil 3.'de görülen kısmın iskelete civatalı bağlantısı yapılmıştır.



Şekli 3. Şasiye yapılan ekleme

Şasi tasarımında alüminyum tercih edilmiştir.

Aracın yüzey kaplaması için diğer takımların yoğun olarak kullandığı Karbon-Fiber ve alüminyum sac yerine  $0,8\text{kg/m}^2$  alan yoğunluğuna sahip **polikarbon** levha kullanılmıştır.



Şekil 4. Aracın katı modeli

### Panel Gurubu ve MPPT Devreleri

Projede önceki yıllarda tedarik edilmiş %16 verimli  $4,58\text{ m}^2$  ve yeni alınan %22,5 verimli  $2,76\text{ m}^2$  güneş paneli kullanılmıştır. Toplam panel gücü ideal şartlarda  $1350\text{W}$  olarak tasarlanmış, yarış koşullarında  $980\text{W}$  olarak ölçülmüştür.

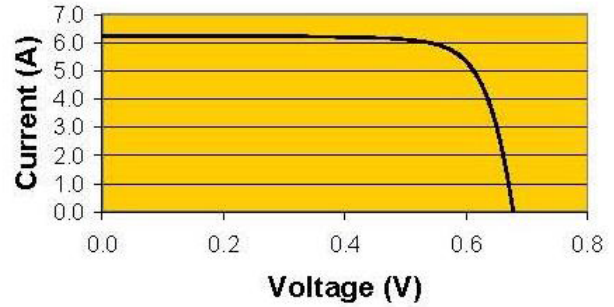
Projede kullanılan %22,5 verimli panellerin  $0,9\text{kg/m}^2$  alan yoğunluğunda olması tercih sebebi sayılmış olup, yansıtma yüzey kaplaması istenmemiştir.

Fotovoltaik pillerin birim güç başına maliyetleri mevcut durumda  $5,01\text{ º/W}$  iken projede yarış standartlarını yakalamak adına  $35\text{ º/W}$ 'lık hücreler kullanılmıştır.

Fotovoltaik hücrelerin Şekil 5.'de verilen akım-gerilim grafikleri göz önünde bulundurulduğunda hücrelerden

maksimum güç elde edilmesi için uygun noktada yüklenmeleri gerekir.

C65 CELL PERFORMANCE – TYPICAL I-V CURVE



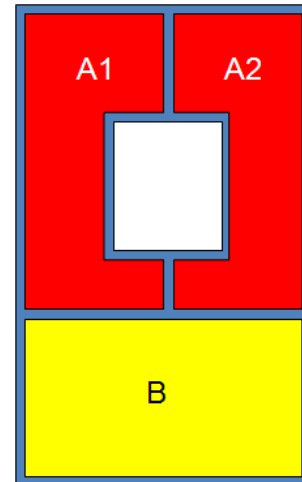
Şekil 5. %22,5 verimli hücrelerin akım-gerilim grafiği

Panel akımının sıcaklık ve gerilimle non-lineer bir değişim göstermesi, çalışma noktasının maksimum güç çıkışı için sürekli değiştirilmesini gerektirir.[12]

Bu sebeple MPPT devreleri kullanılmıştır. Kullanılan MPPT metodu ile %98 verim elde edilmektedir.

Projede %16 ve %22,5 verimli paneller A ve B grubuna ayrılarak araca Şekil 6.'da gösterildiği gibi yerleştirilmiştir. Her grup için bir MPPT kullanılmıştır. MPPT'lerin çalışma gerilimleri ve maksimum akım değerleri göz önünde bulundurularak A grubu paneller A1 ve A2 dallarına ayrılarak paralellenmiş, B grubu seri bağlanmıştır.

A grubu paneller  $100\text{ cm}^2$  lik 432 hücreden oluşmakta, açık devre gerilimleri  $110\text{V}$ , kısa devre akımları  $3\text{A}$  ve efektif güçleri  $646,8\text{W}$  iken; B grubu paneller  $225\text{cm}^2$  lik 169 hücreden oluşmakta, açık devre gerilimleri  $109\text{V}$ , kısa devre akımları  $5,2\text{A}$  ve efektif güçleri  $555,5\text{W}$  olmaktadır.



Şekil 6. Panel grupları yerleşimi

### Motor ve Kontrol Grubu

Projede kalıcı mıknatıslı fırçasız DC HUB motor kullanılmıştır.

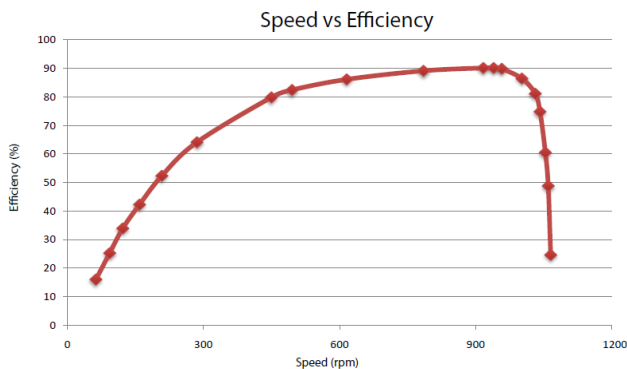
Yarışın ortalama 1 saat sürmesiyle 1kWh'lik batarya paketinden yarış boyunca ortalama 1kW ve panel grubundan ortalama 1kW olmak üzere 2kW'lık güç çıktısının verimli olarak kullanılabilmesi için 3,5kW'lık motor modeli seçilmiştir.

Motorun maksimum devir sayısı 940rpm'dir. Bu devir sayısı ile araç maksimum 88,54km/h hıza çıkarabilmektedir.

Motor sürücüsü yazılımı bataryayı gerilim değeri 50V'a düşünceye kadar kullanmaya ve maksimum 50A akıma göre programlanmıştır.

Kullanılan motorda fren esnasında aracın kinetik enerjisini batarya şarjı için kullanan rejeneratif fren sistemi bulunmasına rağmen bu özellik stratejimiz gereği fren kullanımının yalnızca kritik durumlarda gerçekleşeceği öngörüldüğü için devre dışı bırakılmıştır.

Motorun Şekil 6.'da verilen devir sayısı-verim grafiği incelenerek verimli bölgede sürülmesi için uygun lastik ebadı belirlenmiş ve yarış öngörülen hız aralığında tamamlanmaya çalışılmıştır.



Şekil 7. Motor verim karakteristiği

### Batarya Grubu

Tübitak Formula-G yarış kurallarında belirtilen tip ve özelliklerde batarya grubu kullanımı batarya seçiminde birinci dereceden etkili olmuştur.

Gravimetrik enerji kapasitesi bakımından aracın hafifletilmesi gereği düşünülerek Li-Po hücreler seçilmiştir.

Yarışa araçlar şarj edilmiş olarak girebileceği için müsaade edilen en yüksek kapasite seçilmiştir.

Li-Po hücreler ayrıca projede seçilen motorun 60V nominal gerilimde efektif 2kW ile sürüldüğünde 35A akıma gereksinim duyması halindeki talebine karşılık verebilecek şekilde yerleştirilmiştir. Bataryanın 60V nominal gerilimde çalışması

gerektiğinden 1C'de 15A sağladığı düşünülürse en az 3C'de deşarj olabilmelidir.

Kapasite	2100 mAh @ C5, 25°C
Sürekli Deşarj Akımı	10C (21A)
Maksimum Gerilim	4,2V
Nominal Gerilim	3,7V
Minimum Gerilim	3V
Nominal Güç	7,77W
Ağırlık	48g
Bağlantı Şekli	18S7P

Tablo 2. Li-Po hücre özellikleri

Tablo 2.'de özellikleri verilen hücrelerin 18 seri 7 paralel bağlantı şekli ve hücre dengeleyicileri ile oluşturulan batarya paketinin özellikleri Tablo 3.'de verilmiştir.

Hücre Sayısı	126
Maksimum Gerilim	75,6V
Nominal Gerilim	66,6V
Minimum Gerilim	54V
Toplam Enerji Kapasitesi	979,02Wh
Toplam Ağırlık	6,05kg
Maksimum Akım	147A @10C
Gravimetrik Enerji Kapasitesi	161,82Wh/kg

Tablo 3. Batarya grubu özellikleri

Batarya paketi herhangi bir kısa devre ya da tehlike anında diğer devre elemanları gibi sigorta devrelerine bağlanmış ayrıca batarya paketinin delrin levhalar ile yangın izolasyonu sağlanmıştır.

Ayrıca batarya gerilimi ile doluluk oranı arasındaki non-lineer bağıntı yarış süresince takip edilmiş ve sürücü telsiz bağlantısıyla bilgilendirilmiştir.

## VI. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan araştırmalar ve proje sonuçları güneş enerjisinin taşıtlarda kullanımının önündeki engelleri ortaya koymuştur.

Fotovoltaik pillerin verim düzeyleri ve bataryaların enerji kapasiteleri taşıtların bağımsız seyir mesafesini birinci dereceden etkilemektedir. Bu kısıtların iyileştirilmesi güneş enerjisinin taşıtlarda kullanımını artıracak, güneş enerjisinin taşıtlarda ikincil enerji kaynağı olarak kullanılması ise elektrikli araçlarda menzil artırıcı ek bir tedbir olarak geliştirilecektir.

Kırıkkale Üniversitesi Güneş Enerjili Araç Projesi mühendislik öğrencilerinin alternatif enerjiler hakkındaki bilgi ve tecrübe düzeylerini artıran yararlı bir çalışma olmuştur.

## VII.KAYNAKLAR

- [1] Güneş Pilleri, Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- [2] Solar Electricity, , Ed: Markvart T., John Wiley&Sons Ltd., West Sussex,
- [3] “The History Of PV”, [www.pvpower.com/pvhistory.html](http://www.pvpower.com/pvhistory.html)
- [4] Photovoltaics in Buildings - A Design Handbook for Architects and Engineers, Ed: Sick, F., Erge, T., The Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Freiburg, Germany, 1996.
- [5] M. Karamanav, “Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya,2007
- [6] Alaçakır, B., “Didim’de Kurulan Şebeke Bağlantılı Güneş Pili Sisteminin Tanıtılması ve Performansının İncelenmesi”, Güneş Günü Sempozyumu, Kayseri, 25-27 Haziran 1999.
- [7] Eiffert, P., Kiss, G. J. Building-Integrated Photovoltaic Designs for Commercial and Institutional Structures: A Sourcebook for Architects.
- [8] Energy in Architecture: The European Passive Solar Handbook, Ed: Goulding J. R., Lewis J. O., Steemers T. C., Batsford for the Commission of the European Communities, London, 1992.
- [9] Eysel Fotovoltaik Sistemlerin Ömür Boyu Maliyet Analizi, Öztürk M., Bozkurt Çırak B., Özek N., Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 18, Sayı 1, 2012, Sayfa 1-11
- [10] Hafif Kara Taşıtlarında Güneş Enerjisi Kullanımının Araç Tasarımı ve Malzeme Seçimi Üzerine Etkileri, Özkan T., Baykara M., Ulutaş İ., Alkan A., Gürol A., Savaş M., Mühendis ve Makina - Cilt: 46 Say : 548
- [11] Potential benefits of solar reflective car shells: Cooler cabins, fuel savings and emission reductions, Levinson R., Pan H., Ban-Weiss G., Rosado P., Paolini R., Akbari H., Applied Energy
- [12] Energy comparison of MPPT techniques for PV Systems, Faranda R., Leva S., WSEAS TRANSACTIONS on POWER SYSTEMS, Issue 6, Volume 3, June 2008