

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

TAKIM ADI: SolarLab

PROJE ADI: HTFV – Hibrid Termofotovoltaik Paneller

BAŞVURU ID: 53154

İçindekiler

Kapak Sayfası	1
1. Proje Özeti	2
2. Problem/Sorun	2
3. Çözüm.....	3
4. Yöntem	4
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü	6
6. Uygulanabilirlik.....	7
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması.....	7
8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar).....	8
9. Riskler	8
10. Kaynakça.....	8

1. Proje Özeti

Güneş enerjisi teknolojileri 20. yy'ın başlarından beri yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yoğun olarak çalışılan bir alandır. Bilindiği üzere Güneş'in gözle görülebilen ve hissedilebilen ısı ve ışık olarak iki temel özelliği vardır. Güneş enerjisi teknolojilerinin büyük bir kısmını, ışık enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesini kapsayan fotovoltaik Güneş teknolojileri oluşturmaktadır.

Kristal silisyum yapıları fotovoltaik paneller, Güneş ışığından elektrik üretmede başlıca kullanılan teknolojilerdir. Silisyum yapıları panellerin uygulamadaki verimi %24-25'dir. Bu teknolojiye Güneş'in panel yüzeyini ısıtması fotovoltaik modüller üzerinde (sıcaklığa bağlı olarak) %4-14 verim düşüşüne sebep olmaktadır.

Projenin amacı Güneş ısısının panellerde oluşturduğu bu olumsuz durumu ortadan kaldırmak ve bu ıslıyı elektrik enerjisine dönüştürmektir. Bu amaç doğrultusunda monokristal silisyum fotovoltaik modüllerle beraber termoelektrik jeneratör modülleri aynı gövdede barındıran hibrid bir Güneş paneli tasarlanmıştır. Prototipte 19x39 mm boyutlarında kesilen her iki fotovoltaik modülün alt yüzeyine termoelektrik modül yerleştirilmiştir. Fotovoltaik modüller ve termoelektrik modüller kendi aralarında seri olarak bağlanmış ve panel dış ortamdan yalıtımı sağlanan çerçevenin içine yerleştirilmiştir.



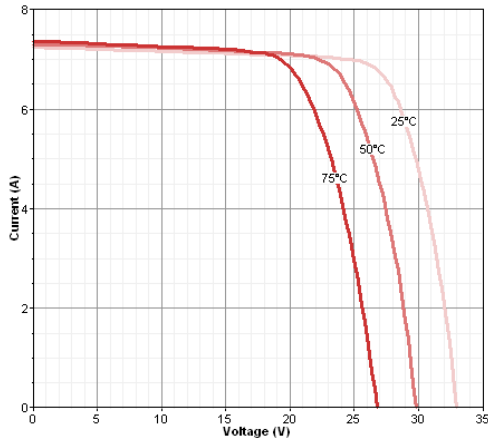
Şekil 1. Prototipin Test Edilmesi

Hazırlanan prototipin çalışma mekanizmasıyla, panele gelen Güneş ışığı önce fotovoltaik modüllerin elektrik üretmesini sağlamıştır. Panellerin ışımayla artan ısıları transfer macunu yardımıyla termoelektrik modüllere aktarılmış, bu sayede fotovoltaik modüllerin ısı düşmüş ve ısının düşmesi panellerdeki verim kaybını azaltmıştır. Termoelektrik jeneratör modüllerin ön yüzeyinin fotovoltaik modülünden kaynaklı ısınmasıyla yüzeyleri arasında sıcaklık farkı oluşmuş, bu fark termoelektrik modüllerin seebeck etkisi altında elektrik enerjisi üretmelerini sağlamıştır. Suni ısı ve ışık, Güneş ısı ve ışığı altında kontrollü deneyler yapılan prototipin amacına uygun şekilde çalıştığı, belirlenen sorunlara çözüm ürettiği gözlenmiştir. Prototipin mevcut panellere göre %77-84 daha verimli olduğu, endüstriyel üretim haline gelecek şekilde geliştirilmesiyle daha verimli panellerin üretilebileceği, küçük boyutlu panellerle yüksek

enerjilerin elde edilebileceği, uydu güç kaynakları ve elektrikli otomobiller gibi kullanım alanının dar olduğu yerlerde panellerin yeterli enerjiyi üretebileceği görülmüştür.

2. Problem/Sorun:

Küresel çapta enerji ihtiyacı gittikçe artmakta, fosil kaynaklı rezervler günden güne tükenmekte ve çevreye zarar vermektedir.



Şekil 2. Akım -Gerilim Eğrisi

Aynı şekilde uydu güç kaynakları olarak kullanılan paneller de benzer alan kısıtlanması problemleri yaşanmaktadır.

Güneş ısısı ciddi potansiyelli ve temiz bir enerji olmasına rağmen yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanımı oldukça kısıtlıdır. Güneş panelleri yoğun ışınım altında çalıştıkları için ciddi anlamda ısınmaktadırlar fakat bu ısı değerlendirilmemektedir.

3. Çözüm

Proje, fotovoltaik panellerin ısılarının artmasıyla düşen verim kaybının azaltılması ve bu artık ısının elektrik enerjisi olarak değerlendirilmesi amacıyla tasarlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda mevcut panellerden farklı olarak, fotovoltaik modüllerle beraber termoelektrik jeneratör modülleri aynı gövdede barındıran hibrid bir panel tasarımı yapılmıştır.

Mevcut paneller yalnızca fotovoltaik katmandan oluşurken, tasarlanan panel fotovoltaik katman ve termoelektrik katman olmak üzere 2 katmandan oluşmaktadır. Fotovoltaik katman, monokristal silisyum fotovoltaik modüllerden oluşmaktadır. Bu katmanın altına yerleştirilen termoelektrik katman ise seebeck etkisi ile ısı enerjisinden elektrik enerjisi üreten peltier modüllerden oluşmaktadır.

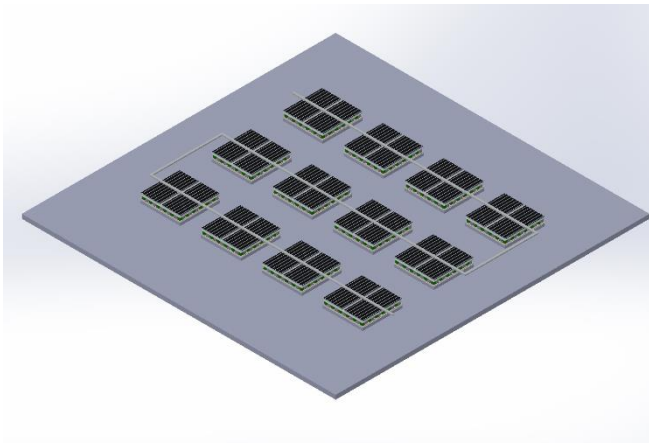
Prototipin fotovoltaik katmanı Güneş ışınımı altında, fotoelektrik olayla elektrik enerjisi üretmektedir. Işınım altında kalan katmanın zamanla ısısı artmaktadır. Mevcut panellerde bu ısınma verimi %4-14 oranında düşürürken, tasarımda bu ısı transfer macunu aracılığıyla termoelektrik katmandaki peltier modüllere transfer edilmektedir. Bu yolla, fotovoltaik katmanın ısısı düşüp verimi yükselirken, üst yüzeyleri ısınan peltier modüller bu ısıyı elektrik enerjisine çevirmektedir. Bu sayede panel hem fotoelektrik yolla hem de termoenerji yoluyla elektrik üretmektedir.

Mevcut Panellerin Çalışma Mekanizması

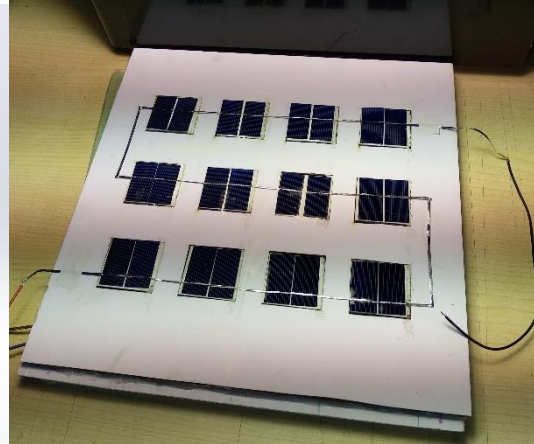
- 1 Güneş'ten gelen foton demetleri panel yüzeyine düşer.
- 2 Panel içerisindeki fotovoltaik modüller, fotoelektrik yolla elektrik üretir.
- 3 Işınım altında çalışan modüller ısınır, bu ısınma verimlerini %4-14 oranında düşürür.
- 4 1 m² boyutundaki bir monokristal silisyum panel maksimum 196,5 Watt enerji üretir.

Tasarlanan Panelin Çalışma Mekanizması

- 1 Güneş'ten gelen foton demetleri panel yüzeyine düşer, 1. katmanda bulunan fotovoltaik modüller fotoelektrik yolla elektrik üretirler.
- 2 Işınım altında çalışan modüller ısınır, bu ısı 2. katman olan termoelektrik katmanına aktarılır. Isının 2. katmana aktarılmasıyla panel yüzey sıcaklığı düşer, verim artar.
- 3 Termoelektrik katmanındaki peltier modüllere aktarılan ısı peltierlerin seebeck etkisiyle elektrik üretmelerini sağlar.
- 4 1 m² boyutundaki bir hibrid monokristal silisyum panel maksimum 361,5 Watt enerji üretir.



Şekil 3. 3 Boyutlu Tasarımı Yapılan Panel



Şekil 4. Prototip Panel

4. Yöntem

Projemizin prototipi, amaçlarımız doğrultusunda Deneysel modelleme yöntemiyle Ege üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde panel laminasyon atölyesinde yapılmıştır. Modelin yapımı 3 aylık bir periyot içerisinde 80 saat sürmüştür. Deneysel prototip üzerinde suni ışık, suni ısıtma ve gerçek Güneş etkisi altında farklı değişkenler üzerinden 3 farklı deney grubu uygulanmıştır.

4.1 Prototipin Yapım Aşamaları

➤ Malzeme Seçimi ve Boyutlandırması

Prototip açısından en verimli olacak malzemelerin belirlenmesinin ardından gerekli malzemeler temin edilmiş ve boyutlandırılmıştır. Fotovoltaik modüller 39x19 mm boyutlarında, termoelektrik peltier modüllerin arka yüzeyinin soğutulması amacıyla kullanılacak kompozit paneller 40x40 mm boyutlarında, panel gövdesini oluşturacak olan dekota levha termoelektrik peltier modüllerin içine yerleşebileceği şekilde kestirilmiştir.

➤ Fotovoltaik Solar Modüllerin Lehimlenmesi

Modüller, belirlenen tasarım doğrultusunda fotovoltaik modül lehimleme istasyonunda, ribon teli aracılığıyla birbirlerine lehimlenmiştir.

➤ Termoelektrik Peltier Modüllerin Alüminyum Kaplamalı Kompozit Panele Bağlantısı

Peltier modüllerin alt yüzeylerinin dışardan yalıtılması amacıyla alüminyum kaplamalı kompozit levhalar kullanılmıştır. Her bir levha peltier modülün arka yüzeyine termal macun sürüldükten sonra monte edilmiştir.

➤ Panel Gövdesine Peltier Modüllerin Bağlanması ve Peltier Modüllerin Kablo Bağlantısı

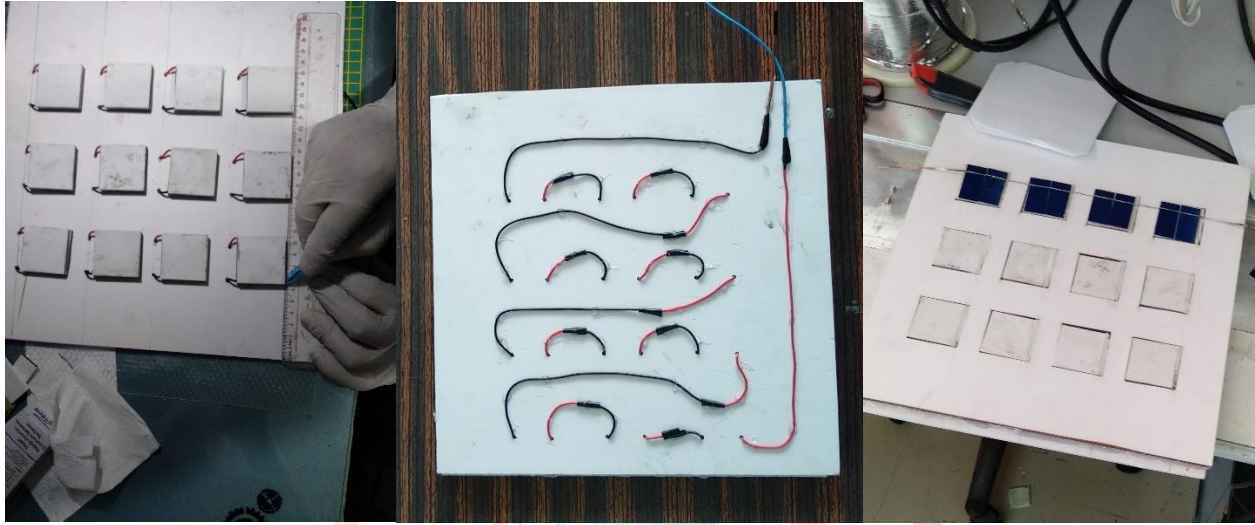
Hazırlanan panel gövdesi içine peltier modüller yerleştirilmiştir, modüllerin kabloları levha üzerindeki deliklerden alt tabana indirilmiştir. Alt tabana inen kablolar seri yolla birbirlerine lehimlenmiştir. Peltierler, yerlerinden hareket etmemeleri için gövdeye akrilik mastik silikonla sabitlenmişlerdir.

➤ Fotovoltaik Solar Hücrelerin Peltier Modüller ve Gövde Üzerine Monte Edilmesi

Lehimlenmiş fotovoltaik modüller peltier modüllerin üzerine ısı transfer macunu sürüldükten sonra sırasıyla yerleştirilmiştir. Fotovoltaik modül grupları seri olarak birbirlerine bağlanmıştır. Panelde üretilen enerjinin kullanılabilmesi için, fotovoltaik solar hücrelerin çıkışlarındaki ribon tellerine kablo bağlantısı yapılmıştır.

➤ Panel Çerçeve ve Camının Takılması

Gövdesi ve kablo bağlantıları yapılan panele spiral testerede hazırlanan alüminyum çerçeve ve yüksek ışık geçirgenliğine sahip cam takılarak panel tamamlanmıştır. Panelin yalıtımı amacıyla alt kantağın altına kapron strafor yerleştirilmiştir.



Şekil 5. Gövdeye Yerleştirilen Peltierler / Şekil 6. Peltierlerin kablo bağlantısı / Şekil 7. Peltierlere monte edilen modüller

4.2 Prototip Üzerinde Testlerin Yapılması

Prototip üzerinde yapılan testlerin sonucu aşağıdaki 3 tabloya aktarılmıştır.

4.2.1 Suni Işık Altında Panel Ön Yüzey Sıcaklığı, Ortam Sıcaklığı ve Ortam Nem Değerleri Sabit Tutularak Işık Şiddetinin Panele Etkisi (Tablo 1)

İŞIK ŞİDDETİ	FOTOVOLTAİK KATMAN GERİLİM (V)	FOTOVOLTAİK KATMAN AKIMI (A)	PELTİER GERİLİMİ (V)	PELTİER AKIMI (A)
4600 lux 92W/m ²	11.40	0.054	0.00	0.00
7000 lux 140 W/m ²	11.60	0.093	0.00	0.00
14500 lux 290 W/m ²	12.10	0.114	0.00	0.00
22000 lux 440 W/m ²	12.50	0.136	0.00	0.00

*Deney sırasında ortam sıcaklığı 25 °C, ortam nem oranı %49 olacak şekilde sabit tutulmuştur. Panel ön yüzey sıcaklığı 25°C olarak sabit tutulmuştur.

4.2.2 Güneş Işığı Altında Ortam Sıcaklığı ve Ortam Nem değerleri Sabit Tutularak Işık Şiddetinin ve Panel Ön Yüzey Isısının Artmasının Panele Etkisi (Tablo 2)

İŞIK ŞİDDETİ	PANEL ÖN YÜZEY SICAKLIĞI (°C)	FOTOVOLTAİK KATMAN GERİLİMİ (V)	FOTOVOLTAİK KATMAN AKIMI (A)	PELTİER GERİLİMİ (V)	PELTİER AKIMI (A)
40000 lux 800 W/m ²	50	13.20	0.155	4.38	0.337
55000 lux 1100 W/m ²	58	13.80	0.198	4.59	0.414

*Deney sırasında ortam sıcaklığı 25 °C, nem oranı %49 olacak şekilde sabit tutulmuştur.

4.2.3 Isıtıcı Altında Işık Şiddeti, Ortam Sıcaklığı ve Nem Değeri Sabit Tutularak Panel Ön Yüzey Sıcaklığının Artmasının Panele Etkisi (Tablo 3)

PANEL ÖN YÜZEY SICAKLIĞI (°C)	FOTOVOL-TAİK KATMAN GERİLİM (V)	FOTOVOL-TAİK KATMAN AKIMI (A)	PELTİER GERİLİMİ (V)	PELTİER AKIMI (A)	PANEL YÜZEYLERİ ARASI SICAKLIK FARKI (°C)
45	11.33	0.052	4.16	0.318	20
55	11.28	0.052	4.41	0.402	30
75	11.12	0.051	4.89	0.536	50

*Deney sırasında ortam sıcaklığı 25 °C, nem oranı %49, panel üzerine gelen ışık şiddeti 4600 lux olacak şekilde sabit tutulmuştur.

4.3 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

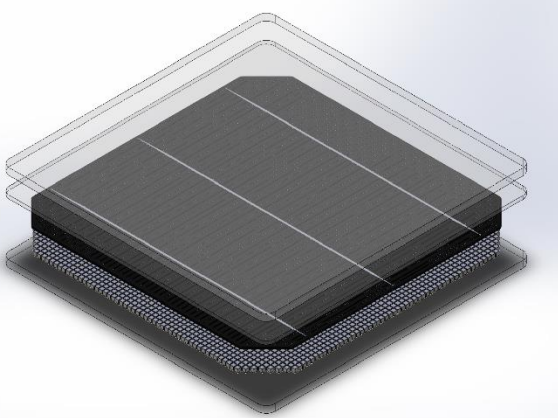
Yapılan üç deneyde elde edilen bulgular sonucunda, üretilen panelin fotovoltaik enerjiyi günümüzde kullanılan panellerde aynı şekilde elde ettiği gözlemlenmiştir. Günümüzde kullanılan fotovoltaik panellerde panel yüzeyinin ısınması sonucu %4-14 arası verim kaybı olurken, projemizdeki panelde bu kaybın %3-8 oranına olması, peltier modüllerin amacına uygun şekilde fotovoltaik modüllerin ısılarını düşürdüğü ve panel verimini arttırdığı göstermiştir. Yapılan panelde ısınma kaynaklı enerji kaybı mevcut panellere göre %39 oranında daha azdır. Paneldeki peltier modüllerin panel ön yüzeyinin ısınmasıyla 1,32-2,62 Watt enerji üretmesi, modüllerin hedeflenen doğrultuda çalıştığını ve panel yüzeyindeki ısıyı elektrik enerjisine dönüştürdüğünü göstermiştir. Bu veriler kapsamında yapılan modelin Güneş altında mevcut panellere oranla %77-84 oranında daha verimli bir panel olduğu görülmüştür. Peltier modüllerin termoelektrik jeneratör olarak modellenmesine dair daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, peltier modüllerden çok daha fazla enerji edilebileceği gözlemlenmiştir. Bunun sebebi, çalışmamızda fotovoltaik modüller ile peltier modüller arasında ısı alışverişinin yeterli ölçüde sağlanamamış olmasıdır.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Projeyi mevcut çözümlerden ayıran en temel özellik panele eklenen 2. katman olan termoelektrik katmandır. Mevcut paneller yalnızca fotoelektrik olay yoluyla Güneş ışığından elektrik elde ederken, yapılan tasarım hem fotoelektrik yoluyla hem termoelektrik yolla elektrik üreten hibrid bir paneldir. Hibrid Güneş enerjisi çalışmaları vardır fakat bu çalışmalar genellikle rüzgar-güneş çalışmaları gibi iki farklı yenilenebilir alanı kapsamaktadır. Projemizde tasarlanan panelse Güneş enerjisinin iki farklı faktörü üzerinden elektrik enerjisi üreten hibrid bir paneldir.

Fotovoltaik panellerin yüzey sıcaklıklarını düşürmek amacıyla tasarlanan soğutma sistemleri vardır fakat projemiz bu sistemlerden farklı olarak panelleri soğutmakla beraber artık olan bu ısıyı elektrik enerjisine dönüştürerek değerlendirmektedir. Tasarlanan panel, hibrid enerji üretim mekanizmasıyla mevcut panellerden %77-84 oranında daha verimlidir. Bu sebeple, mevcut panellerle aynı boyuttaki panel daha fazla enerji üretebilmektedir.

6. Uygulanabilirlik



Şekil 8. Endüstriyel Üretime Uygun Tasarım

Projede deneysel bir prototip üretilmiştir ve yapılan testlerle prototipin amacına uygun şekilde çalıştığı, belirlenen sorunlara çözüm ürettiği gözlenmiştir. Projemiz yapılacak ar-ge faaliyetlerinin ardından seri üretimle ticari bir ürün haline gelebilecek niteliktedir. Bu süreçte en büyük problem ise maliyetinin mevcut çözümlerden fazla olmasıdır. Bu problemin çözümü için seri üretime odaklı şekil 8’de görülen tasarım yapılmıştır. Bu tasarımda hazır termoelektrik modüller yerine, Bizmut tellürid yapılı termoelektrik modüller ve silisyum kristal yapılı fotovoltaik modüller bir arada üretilmektedir. Böylece

hazır modüller kullanılmadığı için maliyet 8 kat daha düşük olmakta ve projenin uygulanabilirliği ciddi boyut kazanmaktadır.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Malzeme Listesi
Fotovoltaik Modül
Peltier Modül
Ribon Teli
Isı Transfer Macunu
Polistren Levha
PVC Dekota
Kompozit Levha
Termal Macun
Panel Çerçevesi
Panel Camı

Projede tablo 4’te verilen malzemelerin maliyeti 242,25 TL olup; fotovoltaik modüllerin, kompozit levhaların ve PVC dekotanın uygun cihazlarla kestirilmesi gerekmiş, bunların maliyeti 74 TL olmuştur. Prototipin yapımı için kullanılan cihazlar, ölçüm-deney cihazları ve panel çerçeve-camı Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü tarafından ücretsiz olarak karşılanmıştır. Prototipin maliyeti malzemeler ve hazırlanmalarıyla beraber 316,25 TL tutmuştur. Bu harcamaların tamamı malzemelerin temini aşamasında (ocak ve şubat aylarında) yapılmıştır. Projenin, ar-ge faaliyetleriyle ticari bir ürüne dönüştürülmesi üzerine yapılan şekil 8’de verilen tasarımın endüstriyel üretim maliyeti 21,25 TL olarak öngörülmektedir.

Tablo 4. Malzeme listesi

İşin Tanımı	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
Literatür Taraması	x	x	x					
Malzemelerin temini			x	x				
Prototipin yapımı				x	x	x		
Deneylerin yapılması						x	x	
Proje Raporu Yazımı							x	x

Tablo 5. İş-zaman çizelgesi

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar)

Proje, Güneş Enerjisi Tesisleri, elektrik enerjisi üretmek isteyen bireysel kullanıcılar ve kurumlar, elektrikli araç üreticileri, uydu güç sistemleri üreticilerine hitap eden bir projedir. Projede tasarlanan paneller, aynı alanda daha fazla enerji üretebildiği için alan problemleri olan kullanıcıların için oldukça uygundur. Paneller, kısaca enerji üretmek isteyen herkes tarafından kullanılabilir niteliktedir.

9. Riskler

Malzeme Fiyatları		
Malzeme	Adet	Birim Fiyatı
Fotovoltaik Modül	2	8,60 TL
Peltier Modül	12	13,80 TL
Ribon Teli	2	3 TL
Isı Transfer Macunu	1	14.50 TL
Polistren Levha	1	6 TL
PVC Dekota	1	12 TL
Kompozit Levha	1	9,50 TL
Termal Macun	1	11,25 TL
Toplam		242,25 TL

Tablo 6. Proje malzeme- fiyat tablosu

Projedeki temel riskler prototipin yapımı sırasında ortaya çıkabilecek risklerdir. Bu risklerden ilki, elle lehmlenecek olan fotovoltaik modüllerin oldukça hassas ve kırılabilir yapıda olmasıdır. Bu risk sebebiyle 24 adet modül gerekiyken daha fazla sayıda modül temin edilmiştir. Mevcut paneller, yüksek ısı altında cam yüzeyler arasına lamine edilerek sağlamlaştırılmaktadır. Projede kullanılan peltier modüller bu laminasyon sıcaklığı altında zarar görebileceği için panel sıcaklık altında lamine edilmemiştir. Bunun yerine özel olarak tasarlanan çerçeve sistemiyle dış ortamdan korunması sağlanmıştır. Kullanılan malzemelerin maliyetleri tablo 6'da verilmiştir.

10. Kaynakça

- Adıgüzel, Ö. Y. (2014) Termoelektrik Etki. Erişim adresi: <https://www.mekatronikmuhendisligi.com/termo-ele.html>
- Güneş Enerjisi İle Elektrik Üretimi. (t.y.) Erişim Adresi: https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/61963/mod_resource/content/0/2.HAFTA.pdf
- Taşdeşen, K., Yağmur, Y. (2019) Termoelektrik Üreteç ile Kalorifer Radyatörlerinden Elektrik Üretiminin Deneysel İncelenmesi. Bilge International Journal of Science and Technology Research. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/820387>
- Fotovoltaik Güç Sistemleri Kurulum ve Devreye Alma, Ege Üniversitesi
- Güneş Enerjisi ve Teknolojileri. (t.y.). Erişim adresi: http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx
- Çarkıt, T. (2016). PV Panellerin Yapısı ve Panellerden Elektrik Üretimine Sıcaklığın Etkisi. Erişim adresi: http://www.emo.org.tr/ekler/1da1df05bf29890_ek.pdf?dergi=1039
- Ahıska, R., Mamur H., Ulaş M. (2011). Termoelektrik Modülün Jeneratör Olarak Modellenmesi ve Deneysel Çalışması. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi. Erişim adresi; <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/76012>
- Termoelektrik Modüller Üzerinden Isı Geçişinin ve Termoelektrik Enerjinin İncelenmesi (t.y.). Erişim adresi: http://www.baskent.edu.tr/~ekoc/courses/MAK402/MAK_402_DENEY_7.pdf