

FARKLI GEOMETRİK SOĞUTUCU TASARIMLARININ PV PANELLERDE YÜZEY SICAKLIĞINA ETKİSİNİN HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ İLE ANALİZİ

ANALYSIS OF THE EFFECT OF DIFFERENT GEOMETRIC COOLING DESIGNS ON SURFACE TEMPERATURE IN PV PANELS BY COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Yüksek Lisans Öğrencisi M. Umut AKAGÜNDÜZ

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa

ORCID. 0000-0002-9011-7354

Prof. Dr. Hüsamettin BULUT

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa,

ORCID. 0000-0001-7123-1648

ÖZET

Fotovoltaik (PV) paneller, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren ve güneş enerjisi elektrik enerjisi üretimi teknolojisinde yaygın olarak kullanılan önemli elemanlardır. PV panellerin elektriksel verimleri, yüksek hava sıcaklığı gibi çevre koşullarından etkilenmektedir. Panel verimini etkileyen faktörlerden biri çevre sıcaklığının da bir etki etki ettiği yüksek panel yüzey sıcaklığıdır. Yüksek panel yüzey sıcaklığı, fotovoltaik panellerin verimini düşürmektedir. Panel yüzey sıcaklığını uygun değerlerde tutabilmek için çeşitli aktif ve pasif soğutma yöntemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada, toprak hava ısı değiştiricisi (THID) kullanılarak elde edilen soğutulmuş hava, PV panel arka yüzeyine yerleştirilmiş üç farklı geometride tasarlanan soğutucu davlumbazdan geçirilmesi ile PV panel yüzeyine aktarılmıştır. PV panel yüzeyindeki sıcaklık değişimi numerik olarak incelenmiştir. Numerik analizde, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) programı olarak Autodesk CFD kullanılmıştır. Farklı geometrik soğutucu davlumbazların (MODEL1, MODEL2 ve MODEL3) panel yüzey sıcaklığı ve basınç kaybına olan etkileri belirlenmiştir. Analizde deneysel ölçüm verileri kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tüm geometrik soğutucuların panel yüzey sıcaklığını düşürdüğü görülmüştür. Ancak panel arka yüzeyi boyunca hava yönlendirmesinin olduğu MODEL3'te, panel yüzey sıcaklığının, havanın davlumbaz merkezinden verildiği ve herhangi bir yönlendirme ve kanatçığın olmadığı MODEL1 ve MODEL2 geometrik tasarımlarına göre daha düşük ve homojen bir sıcaklık dağılımı oluşturduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında MODEL3'teki basınç kaybının MODEL1 ve MODEL2'ye göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Panel verimini artırmak, daha düşük ve homojen yüzey sıcaklıkları elde etmek için basınç kaybının düşük olacağı farklı geometrik soğutucuların deneysel ve sayısal analizlerinin yapılması gerekir.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik panel, Sıcaklık, Verim

ABSTRACT

Photovoltaic (PV) panels are important elements that directly convert solar energy into electrical energy and are widely used in solar electricity generation technology. Electrical efficiency of PV panels is affected by environmental conditions such as high air temperature. One of the factors affecting the panel efficiency is the high panel surface temperature, where the ambient temperature also has an effect. High panel surface temperature reduces the efficiency of photovoltaic panels. Various active and passive cooling methods have been developed to keep the panel surface temperature at appropriate values. In this study, the cooled air obtained by using the earth-air heat exchanger (EAHX) was transferred to the PV panel surface by passing it through a cooling hood designed in three different geometries placed on the back surface of the PV panel. The temperature change on the PV panel surface was investigated numerically. Autodesk CFD was used as a Computational Fluid Dynamics (CFD) program in numerical analysis. The effects of different geometric cooling hoods (MODEL1, MODEL2 and MODEL3) on panel surface temperature and pressure loss were determined. Experimental measurement data were used in the analysis and the results were compared. It has been observed that all geometric coolers reduce the panel surface temperature. However, in MODEL3, where air is directed along the back surface of the panel, it has been determined that the panel surface temperature creates a lower and more homogeneous temperature distribution than the MODEL1 and MODEL2 geometric designs, where the air is supplied from the center of the hood and there is no direction and no fins. In addition, it has been determined that the pressure loss in MODEL3 is higher than MODEL1 and MODEL2. Experimental and numerical analyzes of different geometric coolers with low pressure loss should be carried out in order to increase panel efficiency and to obtain lower and homogeneous surface temperatures,

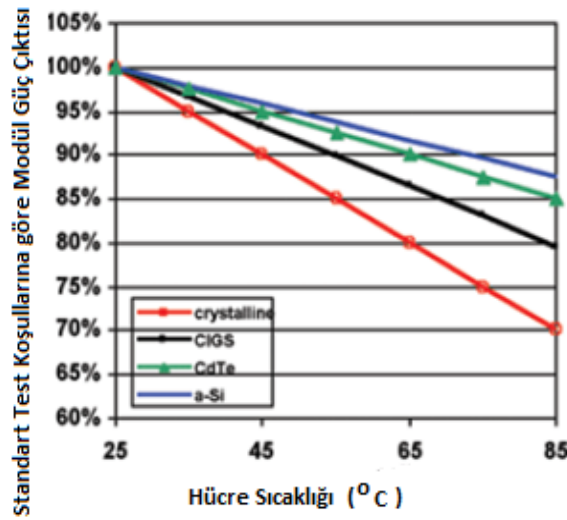
Keywords: *Photovoltaic panel, Temperature, Efficiency*

GİRİŞ

Hızla artan enerji sarfıyatı, insanlığı yeni enerji kaynakları bulmaya sürüklemiştir. Günümüzde bu enerjinin büyük bir kısmı, fosil yakıt kaynaklarından sağlanmaktadır. Enerji kaynağı olarak kullanılan fosil yakıt kaynakların tükenme eğilime girmesi, buna ek olarak çevreye büyük kirlilik ve canlıların yaşam kalitesine kalıcı hasarlar vermesi dolayısıyla insanlık daha temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları arayışına girmiştir. Güneş ve rüzgâr enerjileri başta olmak üzere, hidrolik, dalga, biokütle ve jeotermal enerji çevreci ve yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Tabii kaynakların kökeni olarak görülen güneş enerjisinden birçok alanda fayda sağlanmaktadır. Güneş enerjisi, ısı uygulamalarda (buhar ve sıcak su üretiminde) ve elektrik enerjisi üretiminde kullanılır. Türkiye’de ise bu kaynaktan, daha çok seraların ısıtılmasında ve sıcak su üretiminde faydalanılmaktadır (Kavcıoğlu, 2019).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli bir bölümünü, fotovoltaik paneller oluşturmaktadır. Fotovoltaik paneller, güneş enerjisinin (ışınım yoluyla) elektrik enerjisine dönüştürüldüğü sistemlerdir. Bu sistemlerin verimleri çevre koşullarından etkilenmektedir. Fotovoltaik sistem verimi çevresel olarak; modül sıcaklığı, radyasyon, toz birikimi, gölgelenme gibi faktörlerden etkilenirken sistemsel olarak pil verimi, modül yapısı, PV panel malzemesi, modül verimliliği ve PV atom yapısından etkilenmektedir. Bunlara ek olarak verim; kablo özellikleri, eğim

yönü veya açısı gibi kurulum etmenlerinden de etkilenmektedir (Yaver, 2020). Panel verimini etkileyen faktörlerden birisi, panel yüzeylerinin yüksek sıcaklığa maruz bırakılmasıdır. Yüksek sıcaklığa maruz kalan PV panellerde, verim azalmaktadır. Panel yüzey sıcaklığının bu negatif etkisi bilindiği için verim artırma yöntemi olarak PV panellerin soğutulması çalışmaları yapılmaktadır. Hücre sıcaklığı ve elektriksel verim arasındaki ilişki PV panel üretim teknolojilerine göre değişkenlik arz etmektedir. Hücre sıcaklığı ve PV panelin güç çıkışı arasında ters orantı bulunmaktadır. Bu orantı PV panelin sıcaklık karakteristiğine göre değişkenlik arz etmektedir. Sıcaklık katsayısı, her 1°C'lik sıcaklık artışının PV panel verimini olumsuz yönde ne kadar etkileyeceğini gösteren bir parametredir ve PV panel etiketinde veya panel teknik özellikleri olarak üretici tarafından verilir. Şekil 1'de bazında standart test koşullarına göre güç çıktısının hücre sıcaklığına göre değişimi verilmiştir. Şekil 1'de görüldüğü gibi sıcaklık artışından negatif olarak en az etkilenen PV panel türü amorf silikon yapıda olanıdır. Bununla birlikte sıcaklığın olumsuz etkisinden en fazla etkilen PV türleri ise kristal yapıda olan monokristal ve polikristal PV panellerdir.



Şekil 1. Hücre sıcaklığının PV modül performansına etkisi (Elbreki vd., 2016).

PV panelde meydana gelen sıcaklık artışının önüne geçebilmek için aktif ve pasif soğutma yöntemleri kullanılmaktadır. Pasif soğutmada ısınan yüzeye yerleştirilen bakır veya alüminyum kanatçıklar üretilen enerjiyi absorbe edip ortama taşınım ile transfer eder. Aktif soğutma, ısı üretiminin gerçekleştiği yüzeyden ısı atımı kolaylaştırmak için kullanıldığı sıvı ile soğutma ya da basınçlı hava ile soğutma işlemi yapılmaktadır. Bu soğutma yönteminin tercih edilmesindeki temel etken ısı atımının pasif soğutmaya nispeten daha hızlı gerçekleşmesidir. Hava ile aktif soğutmada kullanılan ana eleman fanlardır. Fan tipi ve kapasitesi soğutma uygulamasının etkinliğine göre değiştirilebilmektedir. Sıvılı soğutmada, kapalı sistem içerisindeki akışkan, ısı atılması hedeflenen bölgeye soğuk sıvı pompalar ve atık ısıyı ortamdaki uzaklaştırır. Bu işlem hedeflenen soğutma seviyeleri sağlanıncaya kadar devridaim ettirilir. Yüksek sıcaklık şartları altındaki atmosfer havasının, daha düşük değerlere sahip olan toprak içerisinde bir fan yardımıyla geçirilmesi de bir çeşit aktif soğutma yöntemidir.

Fotovoltaik panellerde verime etki eden sıcaklık ve soğutma yöntemleri gibi parametrelerle ilgili yurtiçi ve yurtdışı değerli çalışmalar yapılmıştır. Kamkird vd., (2012), fotovoltaik panellerde güç, gerilim ve akım parametrelerinin sistem veriminde etkilerinin sıcaklık ile değişimi ile ilgili çalışmada, Silisyum yapıli sistemlerin diğ er panellere nispeten sıcaklıktan daha az etkilendiğ i sonucuna ulaşmışlardır. Ike, (2013), yüksek sıcaklık değ erindeki atmosfer havasının fotovoltaik sistem veriminde nasıl bir etki oluşturduğ unu araşt ırılmış ve sıcaklığ ın

negatif etkisini gözlemlemiştir. Çözüm olarak, sistemi hava sirkülasyonu fazla olan yüksek irtifalı bir mevkiye konumlandırmıştır. En nihayetinde, panel yüzey sıcaklığının negatif etkisini azaltmış, güçte ve verimde artış sağlamıştır. Chander vd., (2015), sıcaklık etkisini, paralel ve seri bağlı monokristal fotovoltaik panellerde ayrı ayrı incelenmiştir. Deney, 550 W/m^2 ’lik güneş ışınımı ve $25\text{-}60^\circ\text{C}$ çalışma sıcaklık aralığında gerçekleştirilmiştir. Sıcaklığın dolgu faktörü, açık devre gerilimi ve verimde düşürücü etkisi tespit edilirken kısa devre akımında yükseltici etki oluşturduğu belirlenmiştir. Du vd., (2016), PV sistemlerde sıcaklığın panel yüzeyinde yüksek olması, elektriksel verimi düşüreceğini, ortam havasının 4 m/s hızdan daha yüksek olduğu bir günde incelemişlerdir. Panel yüzey sıcaklığının 40°C ’nin altına inebildiğini ve verimin ise %9 oranında artırılabilirliğini göstermişlerdir. Bulut vd., (2017), fotovoltaik panel üzerinde verimi etkileyen en büyük parametrenin sıcaklık olması dolayısıyla toprak hava ısı değiştiricisi kullanarak panel yüzey sıcaklığını düşürmüşlerdir. Yapılan deney sonucunda panel yüzey sıcaklığını 67.51°C ’den 45.2°C ’ye düşürmüşlerdir. Panel çıkış gücünde ise %5’lik bir artış sağlamışlardır. Abdelrazik vd., (2018), fotovoltaik panelin alt yüzeyine sistem performansını arttırmak için kanatçıklar ekleyip farklı debilerde hava göndererek verimdeki değişiklik incelenmiştir. Özakin & Kaya, (2019), çalışmalarında, silindirik formda bulunan kanatçıkları panel yüzeyinin altına entegre ederek gerçekleştirmişlerdir. Yüzey sıcaklığının, farklı rüzgâr hızı değerlerinde $10\text{-}15^\circ\text{C}$ arasında düşürülebildiğini, verimin de buna bağlı olarak %20 oranında artış sağladığını ANSYS Fluent yazılımı kullanarak göstermişlerdir. Elbreki vd., (2021) yaptıkları çalışmalarında dikdörtgen yapıya sahip kanatçıkları panelin altına ekleyerek PV panelde pasif soğutma yapmışlardır. Soğutma neticesinde hücre sıcaklığının, ortam havasından 10°C daha düşük olduğunu saptamışlardır. Elektriksel verimin, dikdörtgen alüminyum kanatçıklarla sağlandığı bu çalışmada, panel maliyetinin 4 yıl gibi kısa bir sürede karşılandığı sonucuna ulaşmışlardır. Fidan, (2021), Batman şartlarında polikristal yapıda bulunan fotovoltaik panellerin termal ve elektriksel verimleri, ampirik bağlantıları ve Reynold sayısındaki değişimleri hesaplamıştır. Tasarlanan hibrit sistem, hava ve su ile soğutulmuştur. Soğutma işlemi sonucunda elektriksel verimde %20, termal verimde %88.8 oranında bir artış elde edilmiştir. Bilen vd., (2021), parabolik, üçgen ve dikdörtgen geometrisinde olan kanatçıkların kullanıldığı çalışmada PV panele pasif soğutma uygulanmışlardır. Kanatçıkların, panel yüzey sıcaklığını $8\text{-}26^\circ\text{C}$ arasında düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Verim %6 - %15 arasında bir artış gösterirken dikdörtgen kanatların ısı transfer etkinliği üçgen ve parabolik kanatlara kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Vuran, (2022), üç adet 105 W gücüne sahip özdeş panelin kullanıldığı çalışmada, panellerden biri soğutulmazken diğer iki panelden biri sıkıştırmış gaz ile bir diğeri ise su ile soğutulmuştur. Sıkıştırılmış hava, panel arkasına döşenen bakır borular kullanılarak kompresör yardımıyla gönderilmiştir. Soğutma çevriminde kullanılan diğer elemanların yardımıyla da bu döngü soğutulması hedeflenen sıcaklık değerine ulaşmaya kadar devridaim ettirilmiştir. Yapılan deney neticesinde güç üretimi %5,73 oranında arttırılmıştır.

Bu çalışmada, THID kullanılarak soğutulan hava panellere verilerek paneldeki yüzey sıcaklık dağılımı ve soğutucu devlumbazdaki basınç, HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) programı ile analiz edilmiş ve elde edilen bulgular deneysel verilerle karşılaştırılmıştır.

MATERYAL ve METOD

HAD analizinde Bulut vd., (2017) yaptığı deneysel çalışmanın verileri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada, 35 °C sıcaklık ve 5 m/s hızındaki atmosfer havası, THID'den geçilerek 30 °C'ye düşürülmüş ve 230W değerindeki monokristal PV panelin arkasına yerleştirilen soğutucu davlumbaza verilmiştir. Deney düzeneği Şekil 2'de gösterilmiştir. Tablo 1'de deneysel çalışma sonuçları verilmiştir. Tablo 1'de görüldüğü gibi soğutulan PV panelin yüzey sıcaklığının soğutulmayan panelden yaklaşık olarak 22°C daha düşük olduğu belirlenmiştir (Bulut vd., 2017).

Tablo 1. Soğutmalı ve soğutmasız PV panellerde yüzey sıcaklığı deney sonuçları (Bulut vd., 2017).

Uygulama Türü	Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)	Güneş Işınım Değeri (W/m ²)
Soğutmasız PV Panel	67.51	1018
Soğutmalı PV Panel	45.2	1014



Şekil 2. THID ile PV panel soğutma düzeneği (Bulut vd., 2017)

Bu çalışmada kullanılan sınır şartları ve başlangıç parametreleri deneysel verilerden alınmıştır. Soğutucu davlumbaz tasarımında SolidWorks 2019 ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği analizinde Autodesk CFD 2021 yazılımı kullanılmıştır. Soğutucu davlumbaza giren hava giriş sıcaklığı 30°C ve hızı 5 m/s'dir.

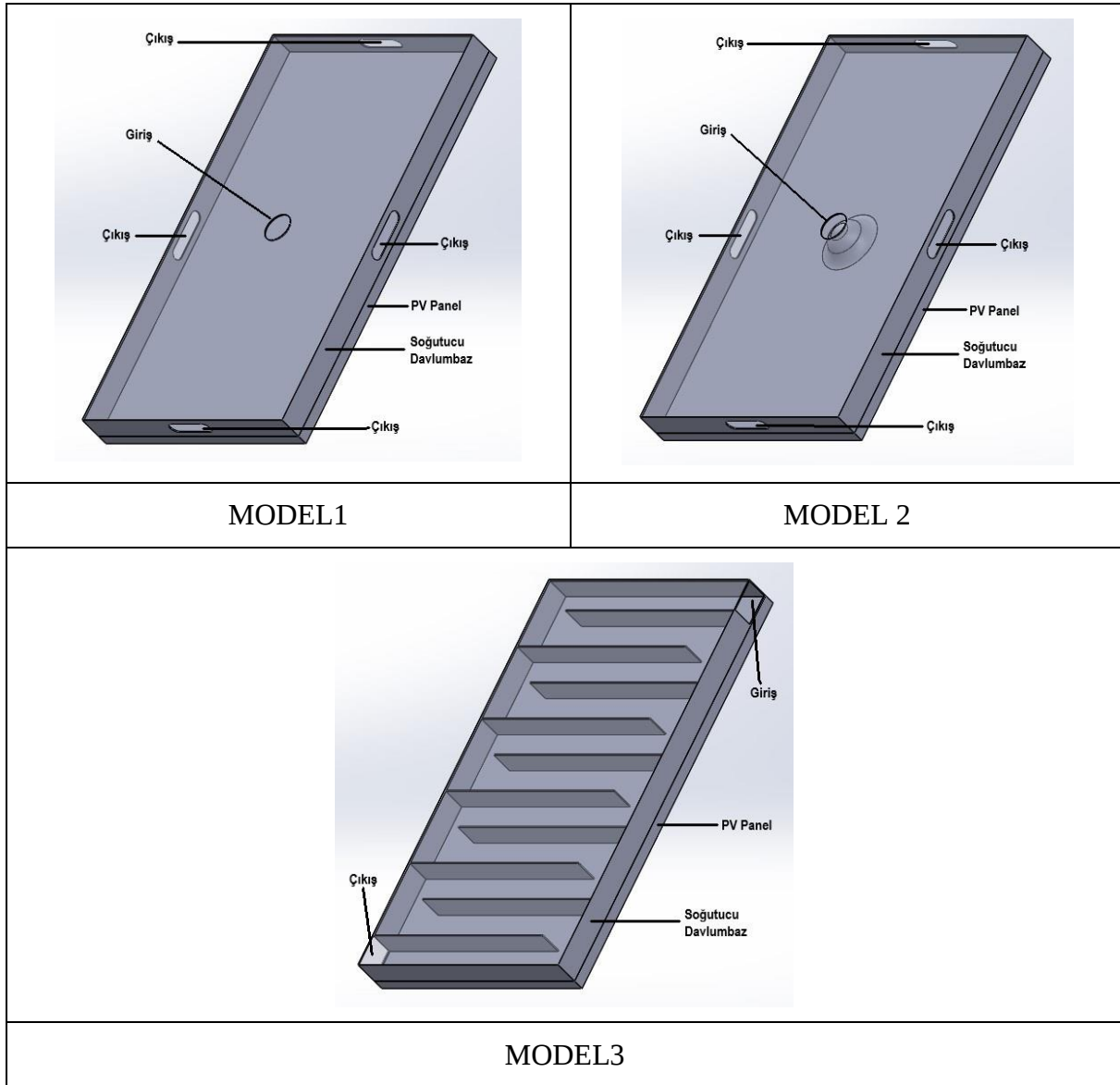
Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD)

Isı transferi ve akışkanlar mekaniğinin olduğu işlemlerde ve sistemlerde, modellemenin etkinliği veya verimi gibi birçok özelliği, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği-HAD (Computational Fluid Dynamics-CFD) yazımları kullanılarak problem çözümü yapılabilmektedir. Bu yazılımlarda süreklilik, momentum ve enerji denklemleri sayısal olarak çözülüp; basınç, hız, sıcaklık ve benzeri parametrelerin dağılımlarını görselleştirerek, büyük kolaylıklar sağlamaktadır. HAD analizi, modellenen proseste akış bölgesini sonlu ya da sonsuz diferansiyel parçalara ayırıp, ayrılan her bir parça için Navier-Stokes denklemlerini

çözüp, yakınsayan bir çözüm elde edinceye kadar iteratif olarak tekrarlanması esasına dayanır (Sultansu, 2019). HAD analizinin en büyük avantajı; basit veya karmaşık tasarımları imal etmeden veya test etmeden verileri sanal ortamda işleyerek sonuçları görmek ve maliyet, zaman gibi üretim için oldukça önem arz eden parametrelerden kazanç sağlamaktır.

Soğutucu Davlumbaz Modelleme

Deney verileri ile karşılaştırmak amacıyla deney düzeneğinde kullanılan tasarım aynen modellenmiştir. Bunun dışında daha homojen hava akışı sağlamak ve panelin genelinde sağlıklı bir yüzey soğutma işlemi elde etmek için iki farklı model daha tasarlanmıştır. Farklı geometrik yapıda olan tasarımlar; MODEL1, MODEL2 ve MODEL3 olarak isimlendirilmiştir. MODEL1, deney düzeneğinde kullanılan soğutucu davlumbazı temsil ederken MODEL2, deney düzeneğinde kullanılan soğutucu davlumbaz geometrisine ek olarak hava giriş kanalının ağzına yerleştirilen aerodinamik formdaki tasarımı temsil etmektedir. MODEL3 ise daha homojen ve sağlıklı bir soğutma elde etmek için havanın kanallar yardımıyla yönlendirilmiş olduğu tasarımı belirtmektedir. Soğutucu davlumbaz tasarımları, Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Farklı geometrilerdeki soğutucu davlumbazlar

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) Analizi

HAD Analizinde, Autodesk CFD 2021 programı tercih edilmiştir. Analizi gerçekleştirilecek olan tasarım, programa yüklendikten sonra deneysel veriler (malzeme tanımı, rüzgârın hızı ve yönü, atmosfer sıcaklığı, THID’den elde edilen soğutma havasının hızı ve sıcaklığı) programa sınır şartları ve başlangıç değerleri olarak girilmiştir. PV panel, soğutucu hacim (ara yüzey, davlumbaz) ve kullanılan soğutucu akışkana ait malzeme tanımı Tablo 2’de verilmiştir. Mesh sayısı ve büyüklüğü, sistemce tanımlanan değerde bırakılmıştır. Analize başlamadan önce “Solve” komutu altında bulunan sekmeden; iterasyon sayısı, ısı transferi ve akış mekanizması (türbülans, laminer), yer çekimi etkisi, güneş enerjisi değerleri ve panel rotasyonu, deneyin gerçekleştiği gün, deneyin gerçekleştiği yere ait konum ve saat bilgileri sisteme tanımlanmıştır. Deneyin gerçekleştirildiği güne göre programa girilen; konum, ısıtım ve yön değerleri Şekil 4’te verilmiştir.

Tablo 2. Analiz için tanımlanan malzemeler

Parça Adı	Malzeme
Fotovoltaik Panel	Silikon (Silicon)
Soğutucu Ara Yüzey	PCB Plastic For Laminate
Soğutucu Akışkan	Hava (Air)

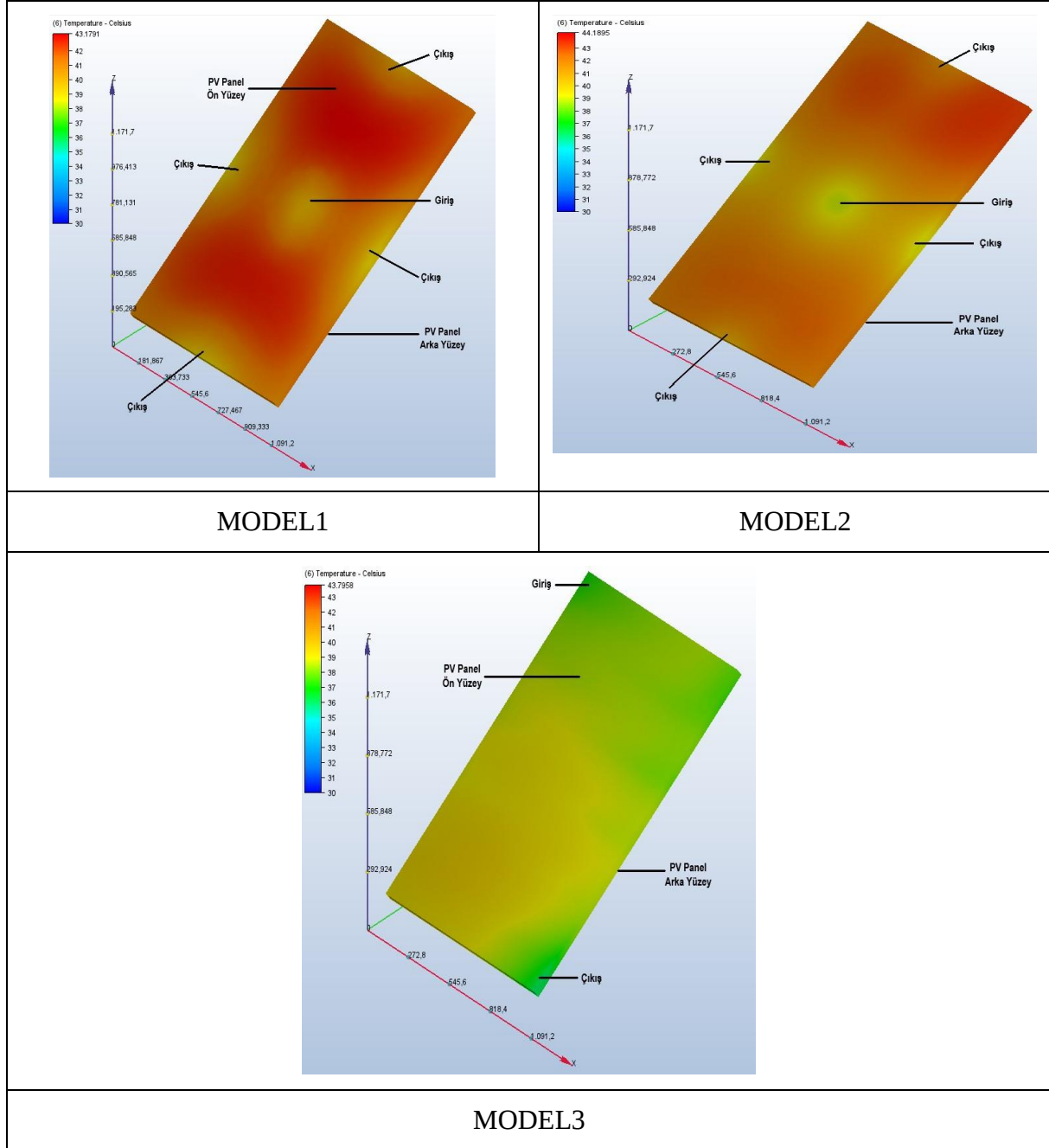
Şekil 4. Deney gününe göre programa girilen Şanlıurfa ili için güneş enerjisi değerleri

BULGULAR ve TARTIŞMA

PV Panel Yüzey Sıcaklıkları

MODEL1, MODEL2 ve MODEL3 için panel yüzey sıcaklıklarının değişimi Şekil 5’te gösterilmiştir. Şekilden MODEL1 ve MODEL2 tasarımlarında soğutucu havanın giriş ve çıkış bölgeleri dışında panel sıcaklığında önemli düşüş sağlamadığı ve tasarımların MODEL3’e kıyasla daha verimsiz kaldığı tespit edilmiştir. MODEL3 tasarımında, panel yüzey sıcaklığındaki düşüşün en homojen ve verimli olduğu görülmüştür. Tasarımların panel yüzey sıcaklığının dağılımdaki en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri Tablo 3’te

gösterilmiştir. Tablodan en yüksek yüzey sıcaklığının MODEL1 için 43.17 °C olduğu ve deney sonucu olarak 45.2 °C yüzey sıcaklığına yaklaştığı görülmüştür. Aradaki 2 °C'lık fark deneysel parametreler ve programa girilen parametrelerden kaynaklanmaktadır.



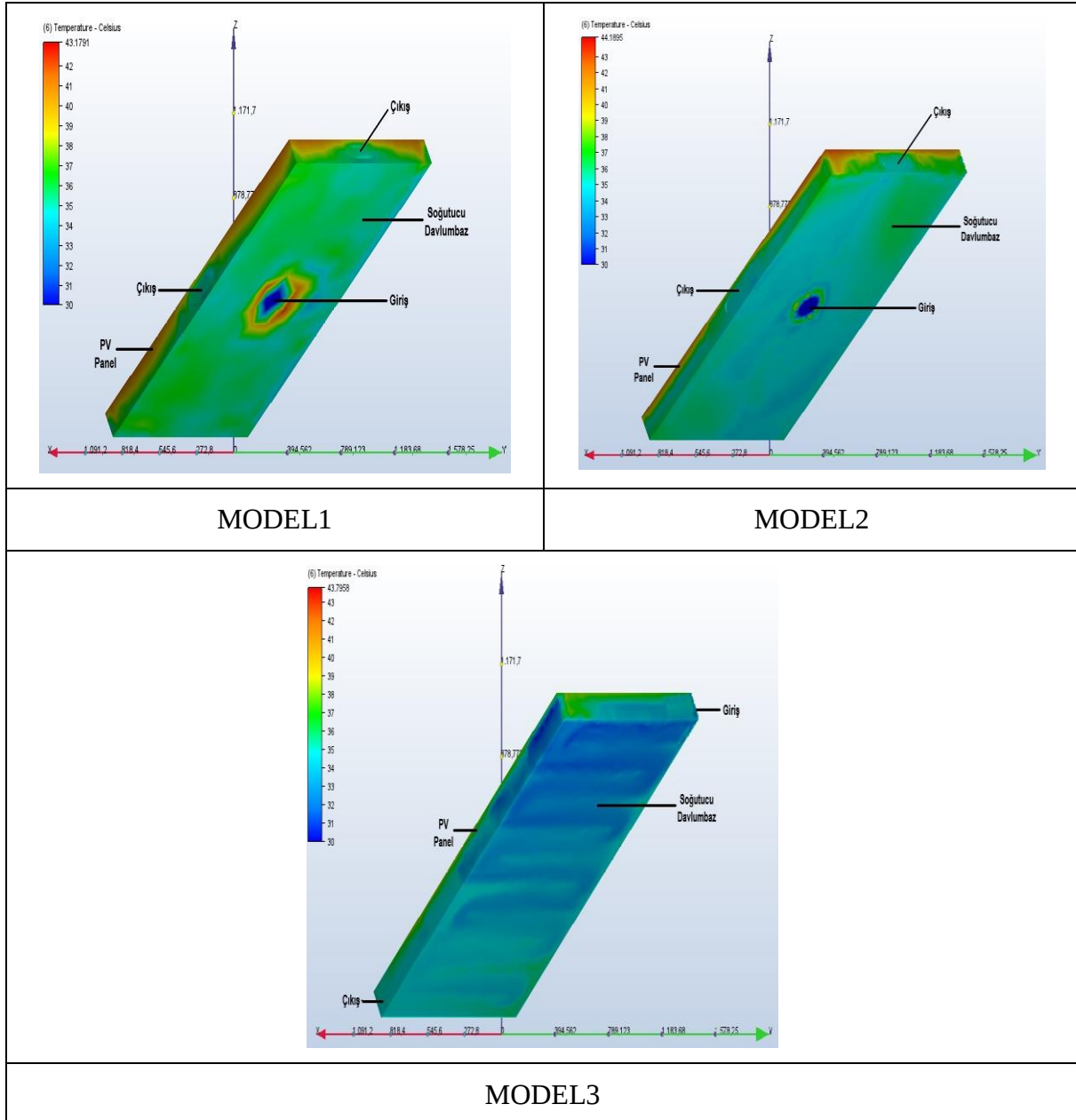
Şekil 5. PV panel yüzey sıcaklık dağılımları

Tablo 1. Soğutucu davlumbaz modellerine göre panel yüzey sıcaklık değerleri

Model	En Düşük Sıcaklık (°C)	En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)
MODEL1	38.93	43.17	41.76
MODEL2	36.68	43.36	41.73
MODEL3	35.89	39.67	38.72

Soğutucu Davlumbazda Sıcaklık Değişimi

Hava sıcaklığının soğutucu davlumbaz içindeki değişimi modeller için şekil 6’da verilmiştir. MODEL1’de havanın giriş yaptığı bölgede oluşan lokal yüksek sıcaklık değerlerinin MODEL2’de tasarlanan menfez sayesinde oluşmadığı sonucuna ulaşılmıştır. MODEL1 ve MODEL2’de, panel ön yüzüne yakın olan üst bölgelerde yüksek sıcaklık değerleri tespit edilmiştir. MODEL3’te ise havanın giriş yaptığı bölgede daha düşük sıcaklıklara ulaşılrken tahliye bölgesine doğru bu sıcaklık değerlerinin artış gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Model tasarımlarda soğutucu davlumbaz içindeki sıcaklık değerlerinin; en yüksek, en düşük ve ortalama değerleri Tablo 5’te verilmiştir. En düşük ortalama sıcaklık değerinin MODEL3’te gerçekleştiği görülmüştür.



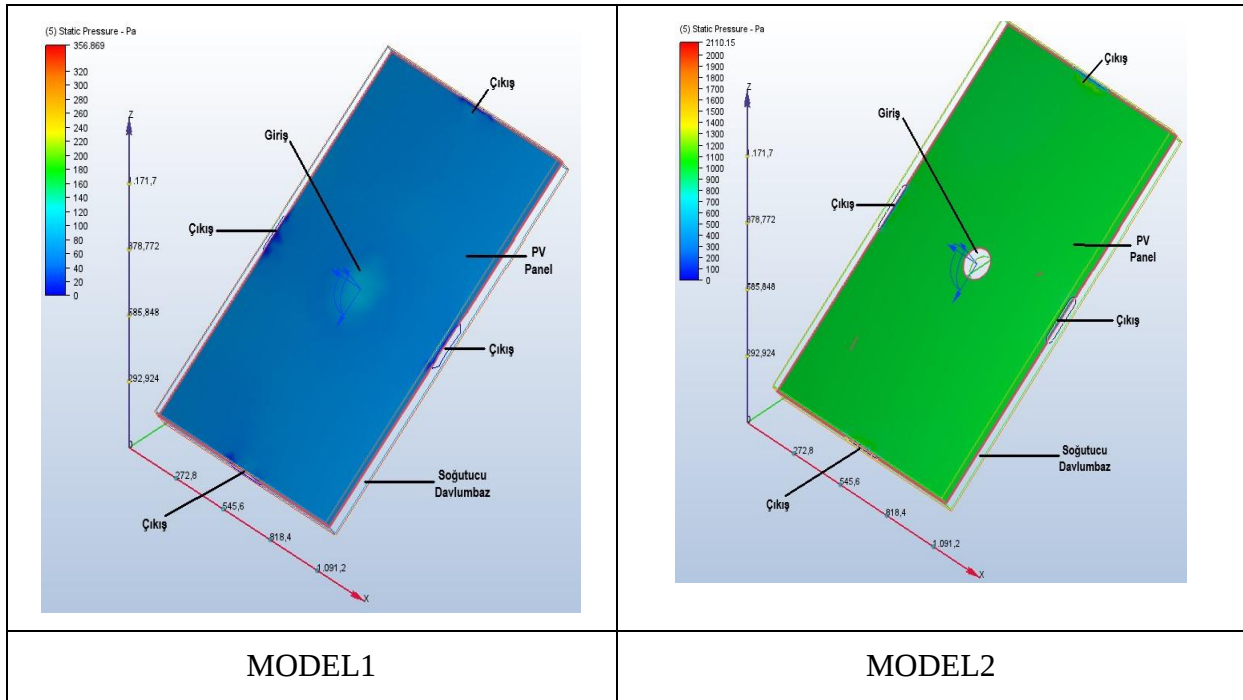
Şekil 6. Soğutucu davlumbaz içindeki sıcaklık dağılımı

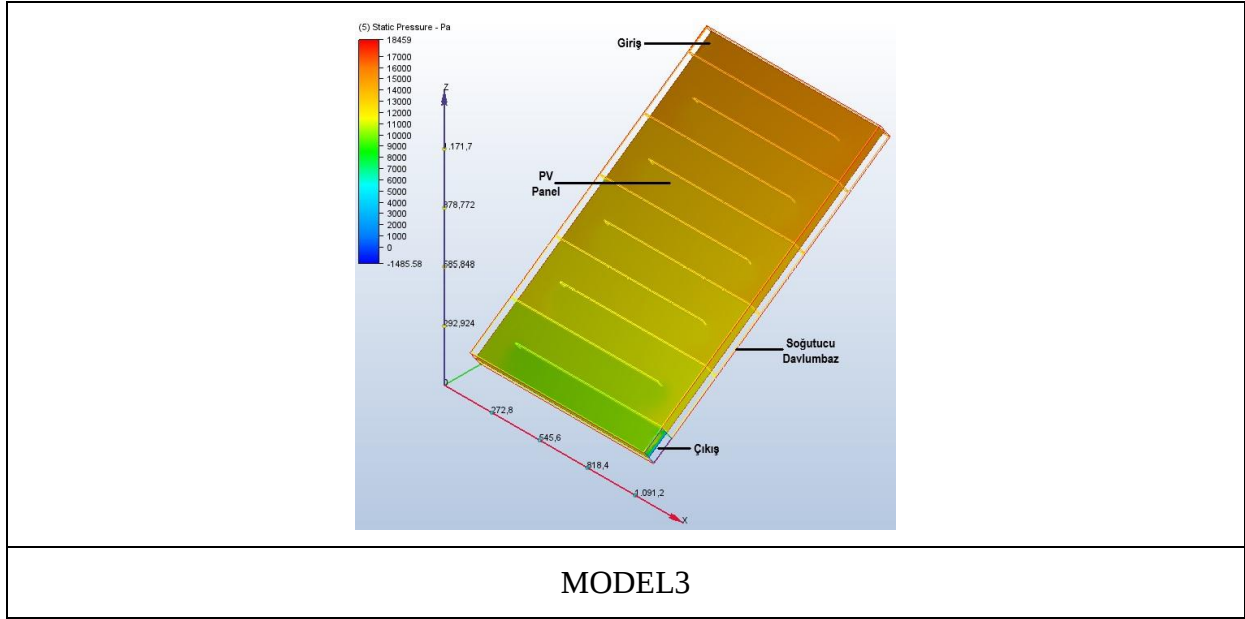
Tablo 2: Modellere ait soğutucu davlumbaz sıcaklık değerleri

Model	En Düşük Sıcaklık (°C)	En Yüksek Sıcaklık(°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)
MODEL1	30	43.09	35.67
MODEL2	30	43.69	34.23
MODEL3	30	40.00	33.21

Soğutucu Davlumbazda Basınç Değişimi

Soğutucu davlumbaz içindeki statik basınç değişimi Şekil 7’de gösterilmiştir. MODEL1 ve MODEL2 arasında basınç kaybı açısından önemli bir fark olmadığı ve her ikisinde homojen bir basınç dağılımı olduğu ancak MODEL1’in daha düşük statik basınç değerlerinde seyrettiği tespit edilmiştir. MODEL3’te ise, çıkış noktasına doğru statik basınçta önemli düşme olduğu yani basınç kaybının yüksek olduğu tespit edilmiştir.





Şekil 7: PV panellerde statik basınç değişimi

SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan HAD analizi sonucunda 3 farklı soğutucu davlumbaz tasarımı için farklı PV yüzey sıcaklık dağılımları elde edilmiştir. MODEL 1 olarak deneysel çalışma ile aynı olan soğutucu davlumbaz için yapılan HAD Analiz sonuçlarının deneysel ölçüm sonuçlarına yakınsadığı görülmüştür. MODEL2 ve MODEL3, MODEL 1'e göre daha yüzey sıcaklığı açısından daha olumlu sonuçlar vermiştir. PV panel arkasında soğutucu davlumbaz kullanmanın PV yüzey sıcaklığını düşürdüğü belirlenmiştir. Panel yüzey sıcaklığı bağlamında en homojen ve düşük yüzey sıcaklık değerlerine MODEL3'te ulaşılırken, statik basınç değişiminde MODEL1 daha uygun sonuçlar vermiştir. Statik basınç, fan gücü parametresini doğrudan etkilediği için maliyet açısından olumsuzluk etmektedir. Mühendisliğin hemen her alanında yüksek maliyet oluşturan tasarımlar özel bir neden olmadıkça tercih edilmemiştir. Bu nedenle gerçekleştirilen bu çalışmanın da desteklediği gibi panel verimini artırmak, daha düşük ve homojen yüzey sıcaklıkları elde etmek için basınç kaybının düşük olacağı geometrik soğutucuların deneysel ve sayısal analizlerinin yapılması gerektiği tespit edilmiştir.

KAYNAKÇA

- Abdelrazik, A. S., Al-Sulaiman, F. A., Saidur, R., & Ben-Mansour, R. (2018). A review on recent development for the design and packaging of hybrid photovoltaic/thermal (PV/T) solar systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 95, 110–129.
- Bilen, K., Işık, B., Gezer, S., & Kıyık, F. (2022). Hava Soğutmalı Fotovoltaik Panellerde Kanatçık Tipinin Soğutmaya Etkisinin Teorik Olarak İncelenmesi. *Journal of Polytechnic*. 25(2),711 – 722. <https://doi.org/10.2339/politeknik.747243>
- Bulut, H., Demirtaş, Y., Işiker, Y., & İlkan, M. A. (2017). Fotovoltaik Panellerin Verimliliğini Toprak-Hava Isı Değiştirici Sistemi ile Artıran Deneysel Bir Çalışma. First International Conference on Energy Systems Engineering, 2-4 November 2017, Karabük, Turkey.

- Chander, S., Purohit, A., Sharma, A., Nehra, S., & Dhaka, M. (2015). Impact of temperature on performance of series and parallel connected mono-crystalline silicon solar cells. *Energy Reports*, 1, 175–180. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2015.09.001>
- Du, Y., Fell, C. J., Duck, B., Chen, D., Liffman, K., Zhang, Y., Gu, M., & Zhu, Y. (2016). Evaluation of photovoltaic panel temperature in realistic scenarios. *Energy Conversion and Management*, 108, 60–67. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2015.10.065>
- Elbreki, A. M., Muftah, A. F., Sopian, K., Jarimi, H., Fazlizan, A., & Ibrahim, A. (2021). Experimental and economic analysis of passive cooling PV module using fins and planar reflector. *Case Studies in Thermal Engineering*, 23, 100801. <https://doi.org/10.1016/J.CSITE.2020.100801>
- Elbreki, A., Sopian, K., Ruslan, M. H., Al-Shamani, A., & Elhub, B. (2016). *A stand-alone Photovoltaic system design and sizing: A greenhouse application in Sabha city as a case study in Libya*. Proceeding of the 3rd Engineering Science and Technology. International Conference (ESTIC) 2016, 30-31 August 2016, Padang, Indonesia.
- Fidan, C. (2021). *Batman Şartlarında Fotovoltaik Panellerde Verim Arttırma Yöntemleri*. Doktora Tezi, Batman Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Ike, C. U. (2013). The effect of temperature on the performance of a photovoltaic solar system in Eastern Nigeria. *International Journal Of Engineering And Science*, 3(12), 10–14.
- Kamkird, P., Ketjoy, N., Rakwichian, W., & Sukchai, S. (2012). Investigation on Temperature Coefficients of Three Types Photovoltaic Module Technologies under Thailand Operating Condition. *Procedia Engineering*, 32, 376–383. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2012.01.1282>
- Kavcıoğlu, Ş. (2019). Yenilenebilir Enerji ve Türkiye. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 11(29), 209–227. <https://doi.org/10.14784/marufacd.623399>
- Özakin, A., & Kaya, F. (2019). Effect on the exergy of the PVT system of fins added to an air-cooled channel: A study on temperature and air velocity with ANSYS Fluent. *Solar Energy*, 184, 561–569. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.03.100>
- Sultansu, S. (2019). *Kapalı Bir Otoparkın Jet Fanlı Havalandırma ve Duman Kontrol Sisteminin CFD Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi.
- Vuran, S. (2022). *Buhar Sıkıştırırmalı Klasik Soğutma Sistemi Kullanarak PV Sistemleri Soğutulması ve Verim Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Yaver, S. (2020). *Hatay İklim Koşullarında Fotovoltaik Modül Yüzey Sıcaklığının Modül Verimine Etkisinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.