



Alınış tarihi (Received): 27.05.2025

Kabul tarihi (Accepted): 13.08.2025

GES Sulama Sistemi ve Panel Temizleme Makinesi Tasarımı ile Güneş Paneli Verimliliğinin Arttırılması

İsmail Hakkı ÖZDEMİR^{1*}, Levent GÖKREM²

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği, Tokat, Türkiye.

²Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Tokat, Türkiye.

*Sorumlu yazar: mekatronik_00@hotmail.com

ÖZET: Güneş enerjisinden faydalanma ihtiyacı günümüzde oldukça artmıştır. Artan enerji ihtiyaçları ile beraber GES sistemleri sanayi, tarım vb. birçok alanda kullanılmaktadır. Artan maliyetler sebebiyle GES sistemlerinden en yüksek verimde faydalanılmalıdır. Bu çalışmada, GES temizleme sistemi tasarlanarak, güneş paneli yüzeylerinin tozlanma ve kireçlenme gibi kirlilik durumlarında verimliliğinin arttırılması amaçlanmaktadır. Yapılan ölçümler ile panellerin yüzeyleri kirliliği ve kireçli ise verimlerinin düştüğü görülmüştür. Temizleme sistemi uygulanmadan önce invertör analizleri incelendiğinde 270.1kwh'lik güç çıkışı ile en düşük değer ve 542.7kwh'lik güç çıkışı ile en yüksek değer elde edilmiştir. Ayrıca seçilen bir invertöre bağlı güneş paneli dizeleri incelendiğinde en düşük değer 611.1V ve 2.37A çıkmıştır. Tasarlanan sistemin uygulanması neticesinde panellerde üretilen güç, yarım saat içerisinde %9.1 artmıştır. Invertörler incelendiğinde en düşük değer 294.7kwh, en yüksek değer ise 592.3kwh'tir. Seçilen invertörün dizeleri incelendiğinde en düşük değer 665.2V ve 4.44A ile çıkış gücündeki artış görülmektedir. Tasarlanan panel temizleme makinesinin üzerine uygulanan yükler neticesinde 0.072 cm'lik bir deformasyona uğradığı ve emniyet katsayısının 15 olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler – GES, Fotovoltaik, Güneş Paneli Temizleme, Verimlilik, Mekanik Tasarım.

Increasing Solar Panel Efficiency with GES Irrigation System and Panel Cleaning Machine Design

ABSTRACT: The need to utilize solar energy has increased significantly today. With increasing energy needs, solar power plants (SPPs) are used in many areas, including industry, agriculture, and more. Due to rising costs, solar power plants (SPPs) must be utilized at their highest efficiency. This study aims to increase the efficiency of solar panel surfaces by designing a SPP cleaning system. Measurements have shown that dirty and chalky panel surfaces reduce their efficiency. Before the cleaning system was implemented, inverter analyses revealed a minimum power output of 270.1 kWh and a maximum power output of 542.7 kWh. Furthermore, when solar panel arrays connected to a selected inverter were examined, the minimum power output was 611.1 V and 2.37 A. As a result of the implementation of the designed system, the power produced in the panels increased by 9.1% within half an hour. When the inverters were examined, the minimum power output was 294.7 kWh and the maximum power output was 592.3 kWh. An examination of the selected inverter's strings reveals an increase in output power with a minimum value of 665.2V and 4.44A. The designed panel cleaning machine is observed to have a deformation of 0.072 cm as a result of the applied loads, and a safety factor of 15.

Keywords – GES, Photovoltaic, Solar Panel Cleaning, Efficiency, Mechanical Design.

1. Giriş

Güneş enerjisi, sürdürülebilir olması ve ekosisteme verdiği zararın çok az olmasıyla tüm enerji kaynakları içerisinde en önemli kaynaktır (Ozan ve Hazneci, 2023). Güneş enerjisine

olan ihtiyaç son zamanlarda sanayi, endüstri vb. birçok alanda artmaktadır (İşin ve Çetinkaya, 2022). Petrol, kömür, doğalgaz vb. alınılmış diğer enerji kaynaklarının elde edilmesindeki güçlükler ve bu kaynakların zararları göz önüne alındığında güneş enerjisine olan talep artmıştır. Ayrıca devletlerin enerji ihtiyacını karşılamak için yaptıkları enerji ticaretleri güneş enerjisine olan muhtaçlığı arttırmış ve bu alana yönelmelerini sağlamıştır (Gül ve Akyüz, 2019) (Yalçın ve Yüce, 2019). Türkiye’de güneş enerjisinden enerji üretimi geçen yıllara göre oldukça artmıştır (Atlım ve ark., 2019) (Şimşek ve Uçum, 2022). Kömür, doğalgaz ve petrol gibi kaynaklardan elde edilen enerji maliyetlerindeki artış, ülkemizde ki enerji üretim metodlarının güneş enerji odaklı olmasını sağlamaktadır (Taktak ve İli, 2018). Fosil menşeli enerji kaynaklarının sınırlı ve zararlı olması, yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisine olan ilginin giderek artmasına neden olmaktadır (Yolcan ve Köse, 2020).

İklim, güneş ışığı, rüzgar vb. nedenlerden dolayı GES projelerinin kurulduğu bölgeler dikkatli seçilmelidir. Böylece GES’in performans verimliliği artacaktır (Özcanlı ve ark., 2021) (Altınkök ve Altınkök, 2024). Bu sebepten, GES kurulumu yapılmadan önce kurulum alanlarının özenli seçilmesi gerekmektedir (Yalçın ve Yüce, 2019) (Arca ve Çıtıröğlü, 2022).

Güneş ışığını elektrik enerjisine çeviren fotovoltaik hücrelerin ürettiği enerji, sistemdeki ekserjiyi göstermektedir. Bu enerjiyi elde ederken sistemde ısı ve sıcaklık oluşmaktadır. Ortaya çıkan ısı ve sıcaklık sistemde ekserji verimliliğini düşürmektedir (Çamdalı ve Özel, 2024). Fotovoltaik panellerin elde ettiği enerji, ısı ve sıcaklığın fazlaşması ile önemli ölçüde azalmaktadır. Bundan dolayı güneş panellerinde meydana gelen ısı ve sıcaklık miktarını azaltmak için değişik metodlara başvurulmaktadır (Yılancı, 2021). Güneş panellerinin ısı ve sıcaklığın artmasıyla ürettikleri gücün önemli ölçüde azaldığı ve dolaylı olarak verimlerinin düştüğü belirlenmiştir (Güven, 2022). GES’lerin kurulumu ve çalıştırılması sırasında yapılan hatalardan dolayı verimin oldukça düştüğü bilinmektedir. Güneş panellerinde meydana gelen ısı ve sıcaklık artışlarının yanı sıra rüzgar, poyraz vb. nedenlerden dolayı kirlenen panel yüzeyleri de sistemin verimini düşürmektedir (Yiğit ve ark., 2019). Kirli yağışlar, dolu ve kar yağışları ve çevresel sebeplerle meydana gelen tozlanma, panellerin güneşten gelen ışığı kullanmadaki verimlerini kısıtlamaktadır (Akyazı ve ark., 2019).

Fotovoltaik hücrelerin enerji verimlilikleri güneş ışığının şiddeti ile doğru orantılıdır. İklim ve çevresel faktörler gibi birçok parametre panellerin enerji üretimini etkilemektedir (Erat, 2018). Güneş panellerinin gölgelenmeye maruz kalması üretilen enerjinin düşmesine sebep olmaktadır. Gölgeleme oranının artması panel çıkış gücünün azalmasına sebep olmaktadır (Akyürek ve ark., 2021). Yapılan çalışmalar incelendiğinde, az masraflı portatif bir GES temizleme robotunun, güneş panellerini temizledikten sonra sistemin verimliliğini önemli ölçüde arttırdığı gözlemlenmiştir (Park ve ark., 2019). Fotovoltaik hücreleri kullanan GES sistemlerinin soğutulması çıkış akımını ve voltaj değerlerini arttırmaktadır (Kuşun ve ark., 2016) (Algül ve Diri, 2021) (Aswad ve ark., 2023). Borular ile soğutulmuş su taşınarak güneş panellerinin ısı ve sıcaklıkları düşürülmüş ve elde edilen veriler incelendiğinde enerjinin arttığı gözlemlenmiştir (Kerem ve ark., 2020). Verimliliği arttırmak için soğutularak taşınacak su, öncelikli olarak çamur, toz, taş vb. maddelerden filtre yardımıyla arındırılmalıdır (Uysal ve Çelikleş, 2023).

Bu çalışmada dağlık ve ormanlık bir alana kurulan GES sisteminin verimini arttırmak amaçlanmıştır. Yapılan ölçümler neticesinde kirlenen panellerin verimlerinin düştüğü görülmüştür. Kurulu çatı GES alanının çok büyük olması ve temizlenecek panel sayısı göz önünde bulundurularak, panellerin temizlenmesi için panel temizleme sistemi tasarlanmıştır. Öncelikle temizlikte kullanılacak olan suyun filtrelemesi yapılmıştır. Filtrelemenin yapılmasındaki amaç kullanılan suyun olabildiğince tortu vb. kirlili partiküllerden arındırılmasıdır. Arındırılarak depolanan su pompa yardımıyla panellerin bulunduğu yüksekliğe taşınmıştır. Taşınan su, güneş panellerinin bulunduğu çatı üzerinde önemli noktalara montajı yapılan fiskiyele ulaştırılmıştır. Fiskiyelelerin çatı üzerinde istenilen verimi sağlaması için fiskiye tutucuları tasarlanmıştır. Fiskiye sabitleyicileri sayesinde 25 metrelik bir yarıçapta her bir fiskiye yıkama yapmaktadır. Yıkama sonrasında güneş panellerinin belirli bir süre sonra kireçleme yaptığı görülmüştür. Kireçlemeyi önlemek için panel temizleme makinesi tasarlanmıştır. Bu sayede güneş panelleri hem temizlenecek hem de kireçleme yapmayacaktır. Ayrıca yıkanarak soğutulan panellerin verimlerinin daha da arttığı görülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

SOLIDWORKS: Katı modellemelerin yapılabildiği çizim programıdır. Diğer programlar ile entegre çalışabilmesi ve kullanıcı kolaylığı sağlaması ile günümüzde en çok kullanılan CAD programlarından birisidir. Farklı boyutlarda çizim imkanı sağlamaktadır.

ANSYS: Sonlu elemanlar yöntemini kullanarak komplike parçaları daha küçük parçalara ayırmakta ve analizlerini yapmaktadır. Her bir küçük parçanın analizini tek tek yaparak bütünü analizini yapar ve doğruluk payını artırır. Analizi yapılacak model üzerine yer çekimi ivmesi gibi çeşitli yüklerin uygulanabilmesini sağlamaktadır. Yüklerin uygulandığı modellerin deformasyon, gerilme vb. analizlerini kolaylıkla yapabilmektedir.

SU FİSKİYESİ: Tam tur veya açılı ayarlı olarak dönüş yapabilen, çarpmalı tip orta basınçlı (2.0 – 5 atm) yüksek verimli yağmurlama başlığıdır Şekil 1’de verilmiştir. Değiştirilebilir fiskiye uçları ve çift delikli su çıkışı sayesinde tarlanızı mükemmel bir su dağıtım düzgünlüğü ile sulamanızı sağlamaktadır. Kullanılabilir Meme Çapı Aralığı: 10 mm – 14 mm, Su tüketim aralığı: 6.5 m³/h – 18.8 m³/h, Atış Yarıçap aralığı: 19metre – 28metre, Gövde Acısı: 28°



Şekil 1. Su Fıskiyesi
Figure 1. Water Squirt

Su Arıtma Sistemi: Güneş panellerinde kullanılacak sudaki zararlı maddelerin filtrenmesinde kullanılmaktadır. Şekil 2’de gösterilen su arıtma cihazları sulardaki mikrobu, kloru ve kireç dahil tüm zararlı mikropları temizleyerek sağlıklı su kullanma imkanını sunar.



Şekil 2. Su Arıtma Cihazı
Figure 2. Water Purifier

NetEco 1000s: Huawei, fotovoltaik sistemleri izlemek için Huawei Smart Logger'ı sunar. Bu, 80'e kadar invertörün izlenmesini sağlar. Veri kaydedici, verileri Huawei'nin NetEco portalına iletir. Üretilen değerlendirmelere ve durum raporlarına portal üzerinden her zaman erişilebilir.

2.2. Yöntem

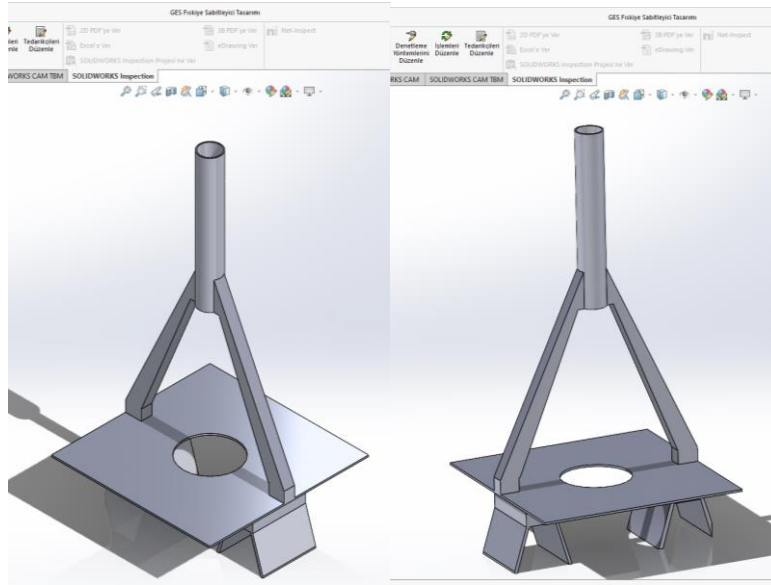
Güneş panellerinin temizlenmesinde kullanılan suların temiz olması gerekmektedir. Kirli su ile yıkanan paneller kireçlemeye ve panel üstünde tortuların oluşmasına sebep olmaktadır. Böylece panellerin verimi düşmektedir. Yıkama sisteminde kullanılan su filtrelenmelidir. Bu yüzden sistemi temizlemek için kullanılan su önce filtreden geçirilmektedir. Şekil 3'te verilen görselde olduğu gibi 5000 litre kapasiteli su tanklarına arıtılan su, panellerde kullanılmak üzere depolanmıştır.



Şekil 3. Su Tankı

Figure 3. Water Tank

Yeterli seviyede depolanan su, elektrikli su pompası motoru yardımıyla çatıya pompalanarak, 25 metre yarıçaplı su fıskiyele ile güneş panellerini yıkamaktadır. Güneş panelleri trapez tipinde ki bir çatıya monte edilmiştir. Trapez çatı tipine göre fıskiyelerin montajı yapılmıştır. Fıskiyelerin montajı için Solidworks de fıskiye sabitleyici tasarımı yapılmıştır. Bu tasarım Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Fıskiye Sabitleyici Tasarımı

Figure 4. Squirt Stabilizer Design

Tasarlanan fıskiye sabitleyicileri Şekil 5'te torna tezgahlarında imal edilerek yedi dönümlük alan kaplayan güneş panellerinin çevresine en uygun şekilde panel temizliği yapabilmesi için Şekil 6'da görüldüğü gibi belirlenen noktalara montajlanmıştır.



Şekil 5. Fıskiye Sabitleyici İmalatı
Figure 5. Squirt Stabilizer Manufacturing



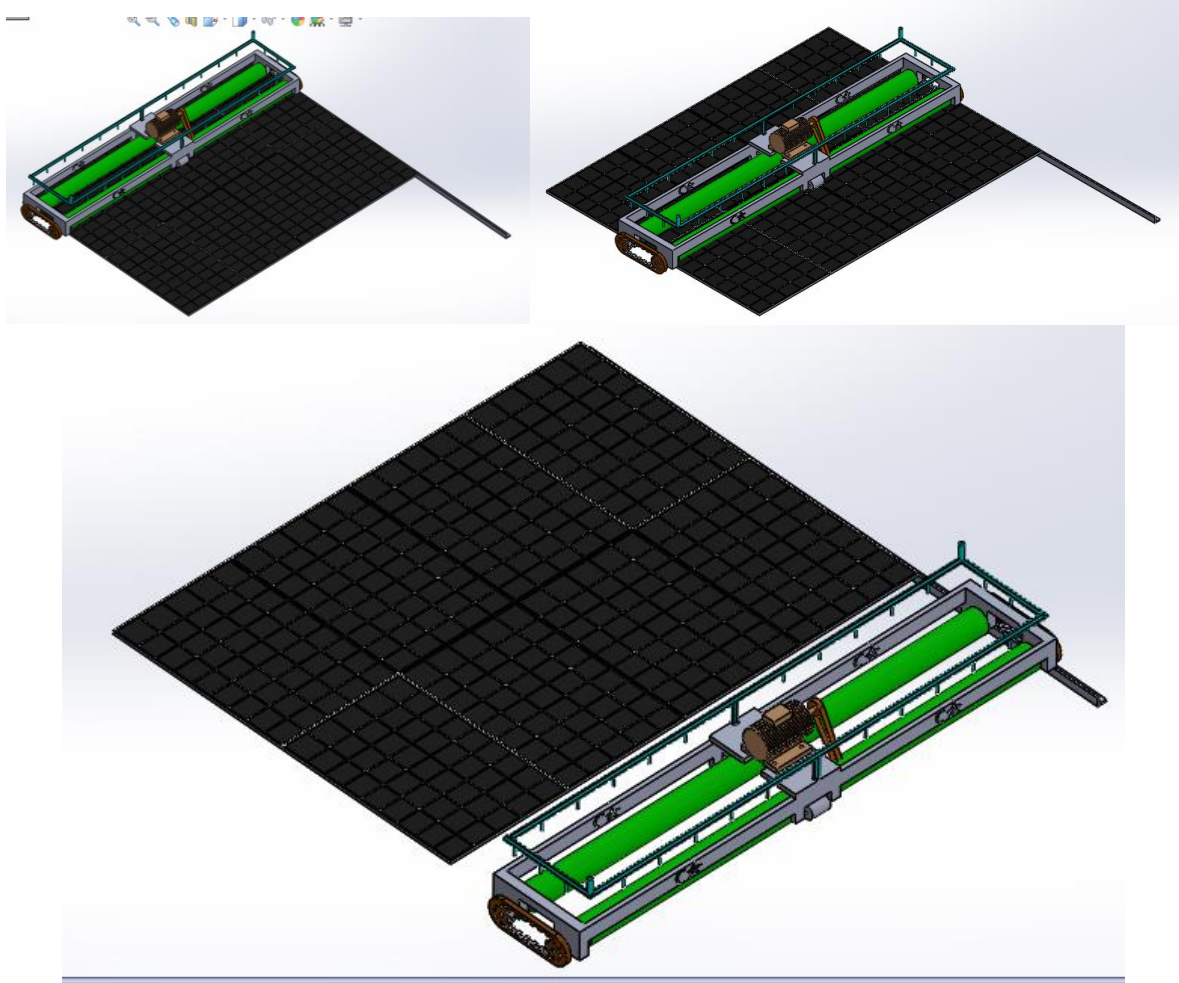
Şekil 6. Fıskiye Montajı
Figure 6. Squirt Assembly

Güneş panelleri ne kadar iyi yıkamaya maruz kalsa da panel yüzeylerinde küçük tortular kalmakta ve suyun arıtılmasına rağmen kireçleme yapmaktadır. Bu problemin önüne geçmek ve Şekil 7'de görüldüğü gibi insan iş gücünü azaltarak daha sağlıklı ve verimli çalışabilmek için Solidworks de güneş paneli temizleme makinesi tasarlanmıştır.

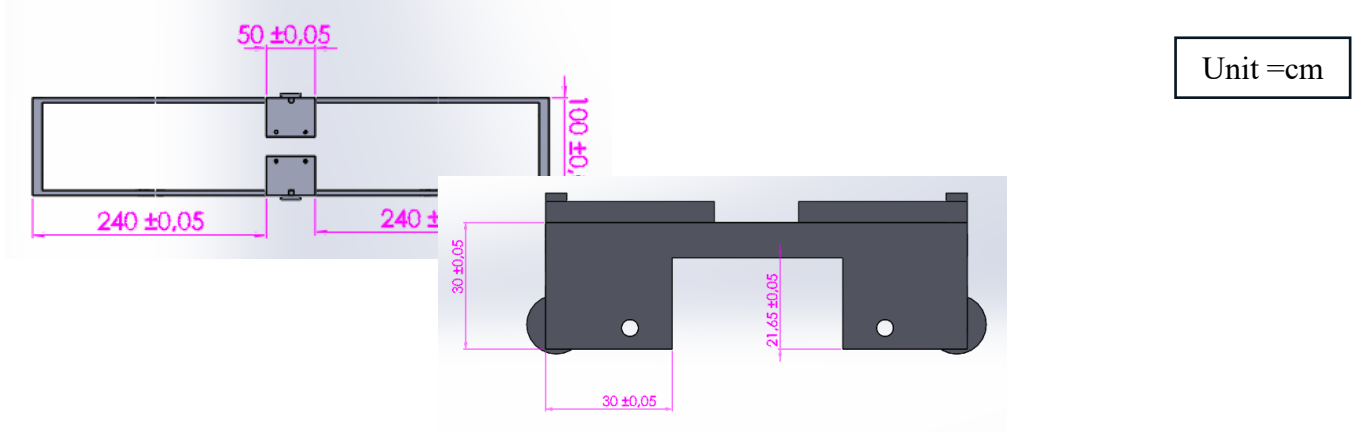
Tasarlanan makinenin Ansys programında analizi yapılmıştır. Şekil 8 ve Şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 7. Panel Temizleme
Figure 7. Panel Cleaning

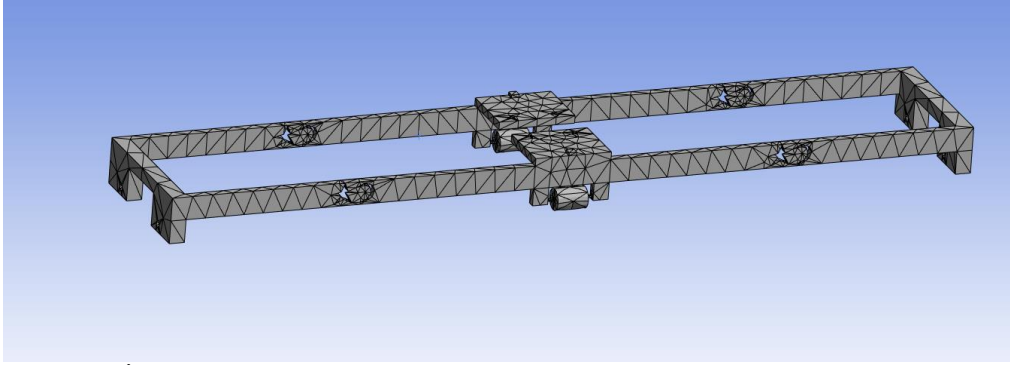


Şekil 8. Panel Temizleme Makinesi Tasarımı
Figure 8. Panel Cleaning Machine Design

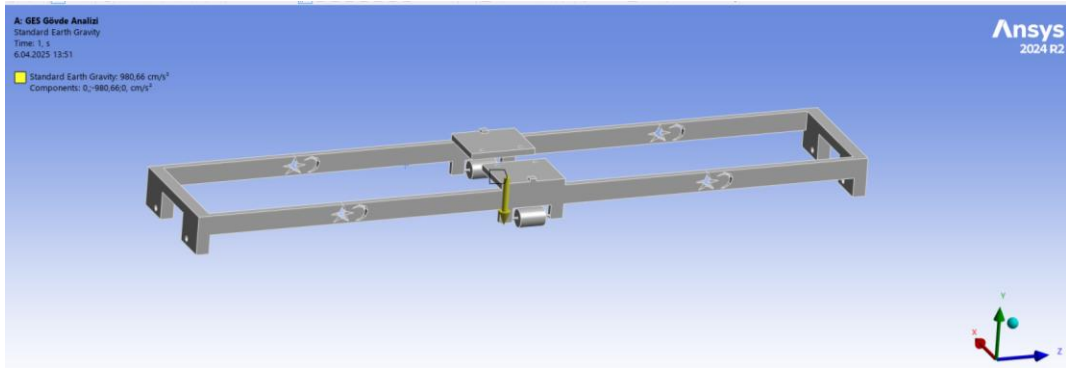


Şekil 9. Panel Temizleme Makinesi Gövdesi
Figure 9. Panel Cleaning Machine Body

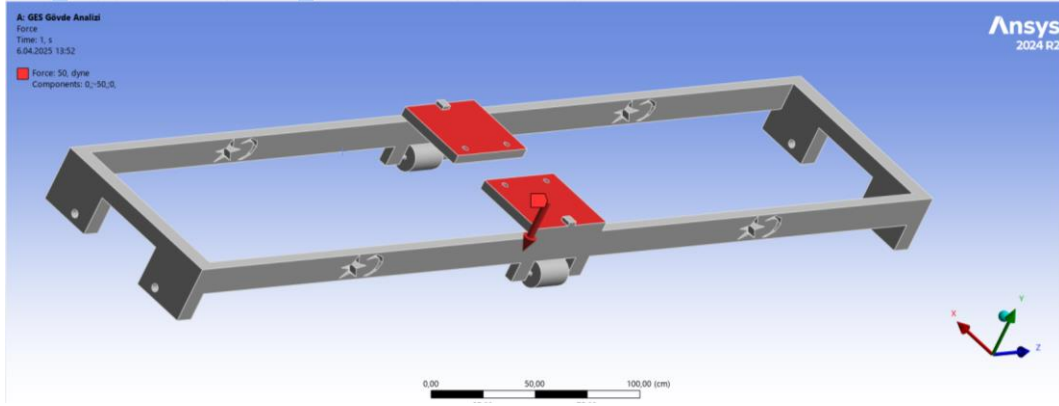
Şekil 10’da panel temizleme makinesinin iskeleti analiz kolaylığı ve doğruluğu için mesh edilmiştir. Şekil 11’de iskelet üzerine yer çekimi ivmesi, Şekil 12’de 50N’luk kuvvet uygulanmıştır. Şekil 13’te gövde ayakları sabitlenmiştir.



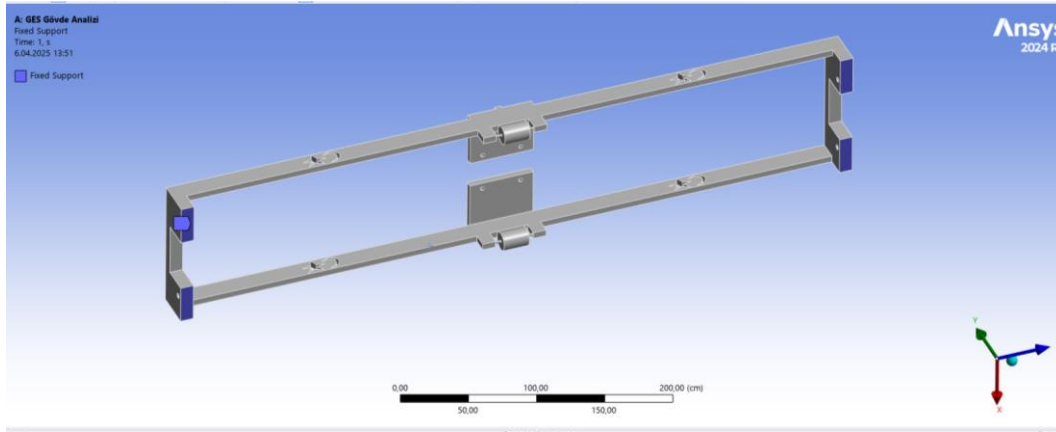
Şekil 10. Mesh İşlemi
Figure 10. Mesh Process



Şekil 11. Uygulanan Yer Çekimi İvmesi
Figure 11. Applied Gravitational Acceleration



Şekil 12. 50N Kuvvet Uygulaması
Figure 12. 50N Force Application



Şekil 13. Gövde Sabitleme İşlemi
Figure 13. Body Fixation Process

3. Bulgular ve Tartışma

Güneş panelleri temizleme sistemi kurulmadan ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde panellerin üretmesi gereken akım ve gerilim değerlerinin altında değerler elde edilmiştir. Şekil 14'de on iki adet invertör verileri verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde, en düşük değer birinci invertöre ait 270.1kwh, en yüksek değer 542.7kwh ile on birinci invertöre aittir. Ayrıca Şekil 15'de birinci invertöre bağlı, her biri 24 adet 545w'lık güneş paneli dizeleri incelendiğinde en düşük değer 611.1V ve 2.37A ile birinci dizedir.

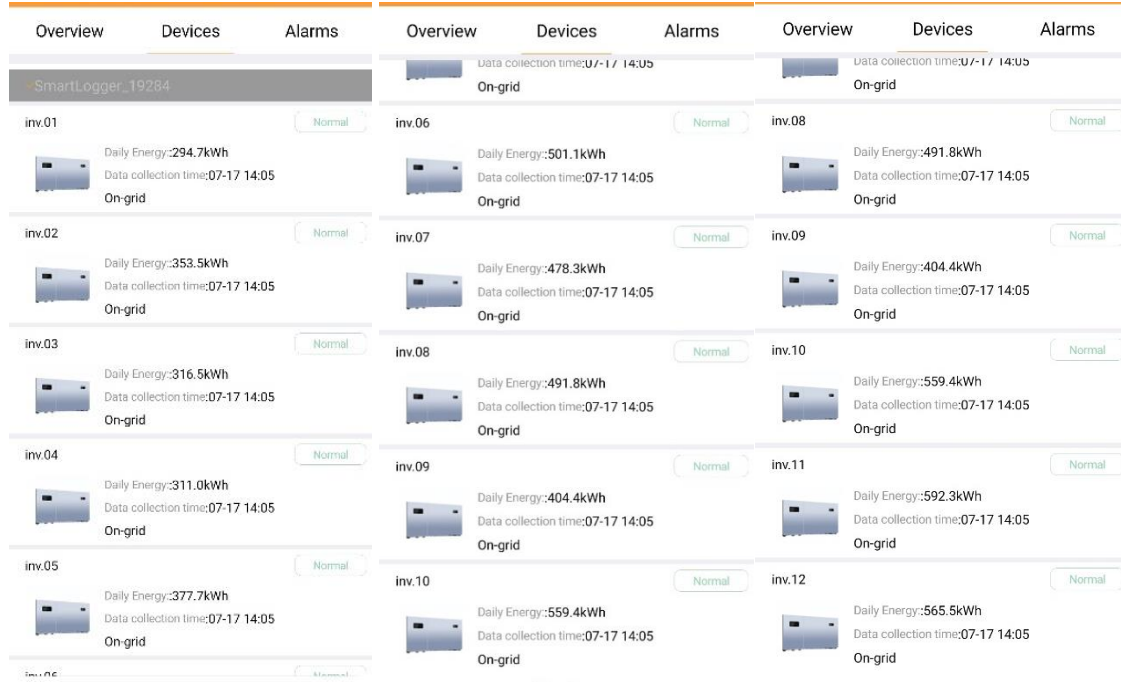
24 adet 545w'lık güneş paneli dizeleri incelendiğinde en düşük değer 665.2V ve 4.44A ile birinci dizedir.



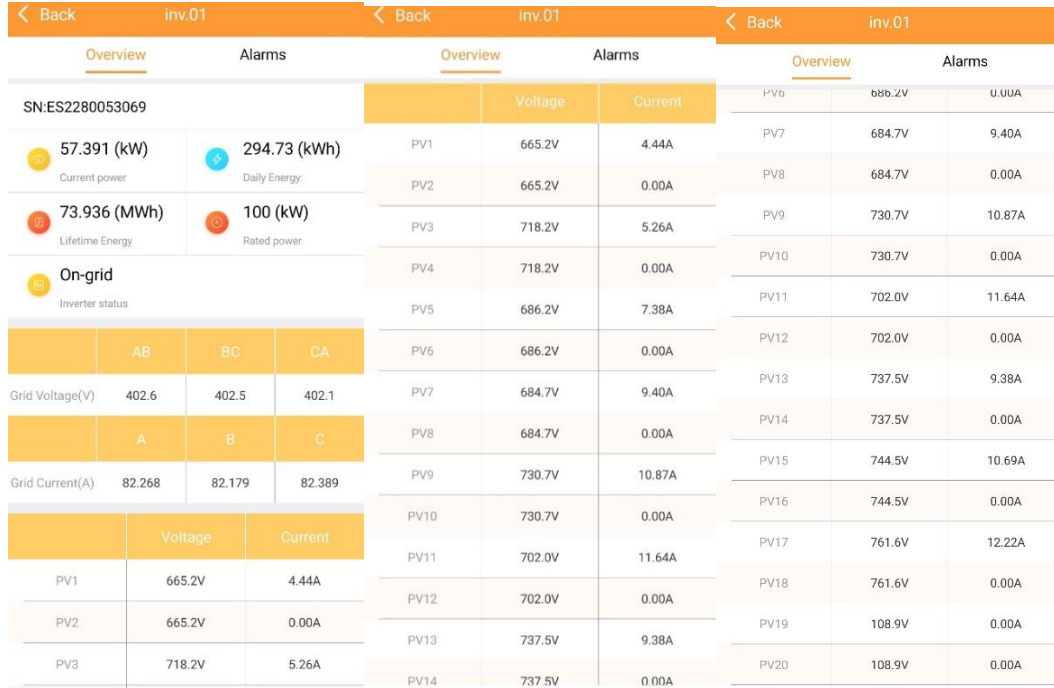
Şekil 16. Panel Temizliği
Figure 16. Panel Cleaning



Şekil 17. Panel Temizliği
Figure 17. Panel Cleaning

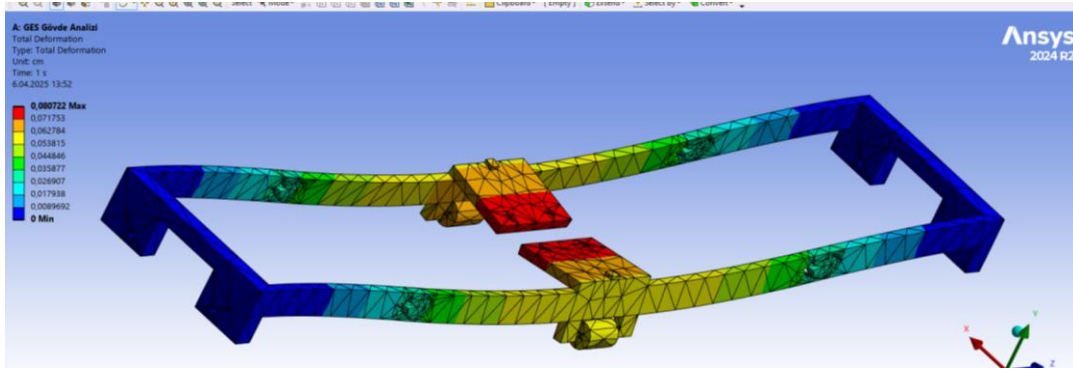


Şekil 19. Temizlik Sonrası Veriler
Figure 19. Data After Cleaning

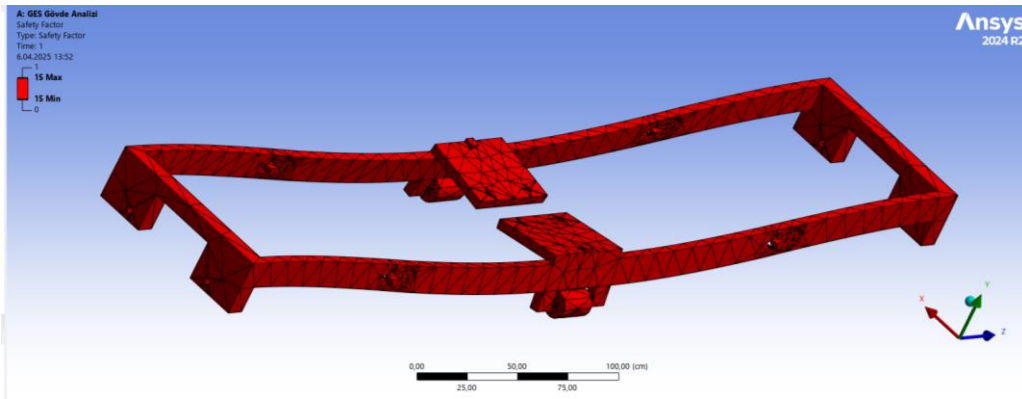


Şekil 20. Temizlik Sonrası 1.İnventör Veriler
Figure 20. 1.Inverter Data After Cleaning

Şekil 21’de gövdeye uygulanan kuvvetler neticesinde iskelette oluşan toplam deformasyon verilmektedir ve en fazla kırmızı bölgede 0.072 cm’lik bir deforme görülmektedir. Şekil 22’de iskelet tasarımının emniyet katsayısının 15 olduğu görülmekte ve gövdenin uygulanan yüklerle karşı 15 kat emniyetli olduğu görülmüştür.



Şekil 21. Toplam Deformasyon
Figure 21. Total Deformation



Şekil 22. Emniyet Katsayısı
Figure 22. Safety Factor

4. Sonuç

Yapılan ölçümler sonucunda güneş panellerinin yüzeyleri kirli ve kireçli ise panellerin verimlerinin düştüğü görülmüştür. Temizleme sistemi uygulanmadan önce invertör analizleri incelendiğinde 270.1kwh'lik güç çıkışı ile en düşük değer ve 542.7kwh'lik güç çıkışı ile en yüksek değer elde edilmiştir. Ayrıca birinci invertöre bağlı güneş paneli dizeleri incelendiğinde en düşük değer 611.1V ve 2.37A ile birinci dizedir. Yapılan panel temizleme sistemi ile panel yüzeyleri kir ve kireçten arındırılmıştır. Yarım saat sonra alınan ölçümler neticesinde üretilen gücün %9.1 arttığı görülmüştür. En düşük değer birinci invertöre ait olup 294.7kwh, en yüksek değer on birinci invertöre ait olup 592.3kwh'tir. Ayrıca birinci invertöre güneş paneli dizeleri incelendiğinde en düşük değer 665.2V ve 4.44A ile birinci dizedir. Tasarlanan panel temizleme makinesinin üzerine uygulanan yükler neticesinde 0.072 cm'lik bir deformasyona uğradığı ve emniyet katsayısının 15 olduğu görülmektedir. Bu değerler sistemin sorunsuz olduğunu göstermektedir.

5. Kaynaklar

- Akyazı, Ö., Şahin, E., Özsoy, T., & Algül, M. (2019). A solar panel cleaning robot design and application. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 343-348.
- Akyürek, E. F., Geliş, K., & Yoladı, M. (2021). Farklı gölgeleme durumlarının fotovoltaik panel karakteristiği üzerine etkisi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 161-168.
- Algül, D., & Diri, C. (2021). A Method Proposal to Increase the Efficiency of Photovoltaic Panels Integrated to Buildings in Both Cold and Hot Seasons. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 6(1), 227-236.
- Altınkök, S., & Altınkök, A. (2024). Photovoltaic Thermal PV/T Solar Panels and Practical Applications. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 14(2), 683-699.
- Arca, D., & Çıtroğlu, H. K. (2022). Güneş enerjisi santral (GES) yapım yerlerinin CBS dayalı çok kriterli karar analizi ile belirlenmesi: Karabük örneği. *Geomatik*, 7(1), 17-25.
- Aswad, A. M. A., Aydın, Ç., Farsadı, M., & Atilla, D. Ç. (2023). Sıcaklık ve Güneş Işınım Değişimlerinin Fotovoltaik Sstemler Üzerindeki Etkileri. *AURUM Journal of Engineering Systems and Architecture*, 7(2), 235-257.
- Atlım, F., Esen, B., & Demirtaş, M. (2019). Balıkesir ilinde farklı iki GES tesisinin panel yerleşimi açısından verimliliklerinin karşılaştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 679-696.
- Çamdalı, Ü., & Özel, S. (2024). Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralının Enerji ve Ekserji Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 26(78), 498-504.
- Erat, A. (2018). *Fotovoltaik panel yüzey temizliği için akıllı sistem tasarımı* (Master's thesis, Necmettin Erbakan University (Turkey)).
- Gül, M., & Akyüz, E. (2019). Fotovoltaik-termal (PV/T) bir sistemin deneysel performansının incelenmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 444-458.
- Güven, Ş. (2022). Fotovoltaik Panel Yüzey Sıcaklığının Denizli İli için Çıkış Gücü ve Verim Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *Mühendis ve Makina*, 63(707), 429-442.
- İşin, E., & Çetinkaya, N. (2022). ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE GES BAĞLANDIKTAN SONRA REAKTİF/AKTİF GÜÇ ORANININ YSA İLE BELİRLENMESİ. *Konya Journal of Engineering Sciences*, 10(2), 479-494.
- Kerem, A., Atik, M., & Bayram, A. (2020). Fotovoltaik (PV) panel sisteminde yüzey soğutma işleminin elektrik üretimine etkisinin deneysel incelenmesi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 12(2), 565-578.
- Kurşun, B., Ökten, K., & Dede, G. (2016). Fotovoltaik güneş panellerinin sıvıya daldırma yöntemi ile soğutulmasında kanal geometrisi ve panel konumunun etkisi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(ÖS2), 135-142.
- Ozan, S., & Hazneci, E. (2023). Güneş Enerjisi Santrali Desteğinin Tarım İşletmelerine Etkileri: Ankara İli Örneği. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 9(3), 358-369.
- Özcanlı, M., Güzel, A., & Akgün, B. (2021). Şanlıurfa İli'nde kurulu GES'lerin topoğrafik özellikler (yüksekti, eğim, bakı) açısından uygunluk analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (78), 127-144.
- Park, H., Öztürk, A., Park, H., & Khan, M. U. (2019). Utilization of robotics for solar panel cleaning and maintenance. *Konya Journal of Engineering Sciences*, 7(4), 768-775.
- Şimşek, S., & Uçum, M. (2022). Düz Çatılarda Kullanılan Fotovoltaik Sistemlerin Simülasyon Yoluyla Tasarımı ve Performans Karşılaştırılmasının Yapılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (38), 529-533.
- Taktak, F., & İli, M. (2018). Güneş enerji santrali (GES) geliştirme: Uşak örneği. *Geomatik*, 3(1), 1-21.
- Uysal, S., & Çelikaş, M. S. (2023). Güneş enerjisi santrallerinde yağmur suyu hasadı. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2), 334-342.
- Yalçın, C., & Yüce, M. (2019). Burdur İlindeki Mevcut Güneş Enerjisi Santrallerinin (GES) Mekansal Uygunluğunun Değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 132-140.
- Yiğit, A., Arslanoğlu, N., & Eker, B. S. (2019). Fotovoltaik sistemlerin projelendirme, kurulum ve işletilmesinde önemli faktörler. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 24(3), 483-490.
- Yılcı, A. (2020). Performance analysis of a photovoltaic panel cooled by thermoelectric effect. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35(2), 619-634.
- Yolcan, O. O., & Köse, R. (2020). Türkiye'nin güneş enerjisi durumu ve güneş enerjisi santrali kurulumunda önemli parametreler. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 196-215.