



Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Amfi Çatısının Güneş Elektrik Potansiyelinin Tahminlenmesi

Onur TAŞKIN^{1*}, Ali VARDAR²

Öz: Günümüzde artarak devam eden elektrik enerjisi talebini çoğunlukla fosil yakıtları kullanarak karşılamaktayız. Ancak, bu yöntemin kullanılması ile iletim hatlarının uzunluğundan kaynaklanan kayıplar yaşanmakta, CO₂ ve diğer sera gazı emisyonlarının salınımı gerçekleşmekte ve iletim hatlarının işletme ve bakım maliyetinin yüksekliği gibi zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu çalışma ile “Enerjinin tüketildiği yerde üretilmesi” amacıyla Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Amfi derslik binası çatısına PV-SOL yazılımı ile 8 farklı seçeneikli senaryo oluşturulmuştur. Tüm senaryolarda sırasıyla en fazla ve en düşük elektrik üretiminin temmuz ve ocak ayında gerçekleştiği, artan güneş panelleri sayısına bağlı olarak şebekeye iletilen toplam güç ve kaçınılan CO₂ emisyonu oranının arttığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi tüm binaları dikkate alındığında Amfi derslik binası çatısının güneş elektrik üretimine en uygun yapı olduğu belirlenmiştir. Bu yöntem üniversitenin tüm ihtiyacını karşılamak adına diğer fakültelerin çatıları içinde geliştirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Gölgeleme, güneş enerjisi, simülasyon.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Onur TAŞKIN, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, onurtaskins@gmail.com, **OrcID:** 0000-0002-5741-8841

² Ali VARDAR, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, dravardar@uludag.edu.tr, **OrcID:** 0000-0001-6349-9687

Estimating Solar Electricity Potential of Uludag University Agricultural Faculty Lecture Theater Rooftop

Abstract: Nowadays, the electricity demand is meeting mostly by using fossil fuels. However, there are difficulties of this method such as the loss of prolongation losses of transmission lines, the emission of CO₂ and other greenhouse gas emissions, and the high operating and maintenance costs of transmission lines. With this study, 8 different scenarios were created with the PV-SOL software on the rooftop of the Uludag University Faculty of Agriculture Lecture Theater building in order to "produce the place where the energy is consumed". In all scenarios, the highest and lowest electricity production was realized in July and January, respectively. It has been determined that the total power delivered to the grid and the avoided CO₂ emissions ratio increase due to the increased number of solar panels. As a result, considering all the buildings of the Uludag University Agricultural Faculty, it was chosen that the roof of the Lecture Theater building is the most suitable for solar electricity production. This method should be developed within the buildings of other faculties in order to meet all the electricity needs of the university.

Keywords: Shading, simulation, solar energy.

Giriş

Sanayileşmenin bir sonucu olarak enerji talebinin hızlı bir şekilde artması, iklim değişikliği, küresel ölçekte fosil yakıtların azalması, yüksek ve öngörülemeyen petrol fiyatları ve uzak bölgelere yapılan şebeke uzantıları, yenilenebilir enerji sistemlerinin gelişimini teşvik etmektedir (Patarau ve ark. 2015). Fotovoltaik sistemler ile elektrik enerjisi üretimi; kurulum ve üretimin sade oluşuyla sürdürülebilirliği kolaylaştırmakta, en önemli ve en yaygın yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olmasını sağlamaktadır (Işık ve ark. 2015).

Fotovoltaik sistemlerin binalara entegrasyonu sırasında modüllerin optimal olmayan yönelimleri ve gölgeleme sorunları gibi bazı faktörler elektrik enerjisi üretiminde kayıplara neden olabilir (Maturi ve ark. 2010). Bu nedenle yapılacak yatırımlar öncesinde simülasyon, modelleme ve analizler süreç performansını iyileştirmek veya araştırmak için giderek daha popüler bir teknik haline gelmektedir (Lalwani ve ark. 2010). Simülasyon uygulamaları çok farklı kullanım alanlarına sahip olmasına rağmen, bazı programlar özellikle fotovoltaik uygulamaları için tasarlanmıştır (Sharma ve ark. 2014).

Yapılan bu çalışma ile Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Amfi derslik binası çatısına PV-SOL yazılımı ile farklı seçeneikli tasarımlar yapılarak, teknik analizleri sunulmuştur. Şebeke bağlantılı olarak belirlenen her bir senaryo için elde edilen enerji simülasyonları karşılaştırılmış ve uygun seçeneğin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada enerji simülasyon programı aracılığı ile elde edilen hesaplama sonuçları tartışılarak, ileride yapılabilecek bir yatırıma teknik açıdan bir değerlendirme sunulmuştur.

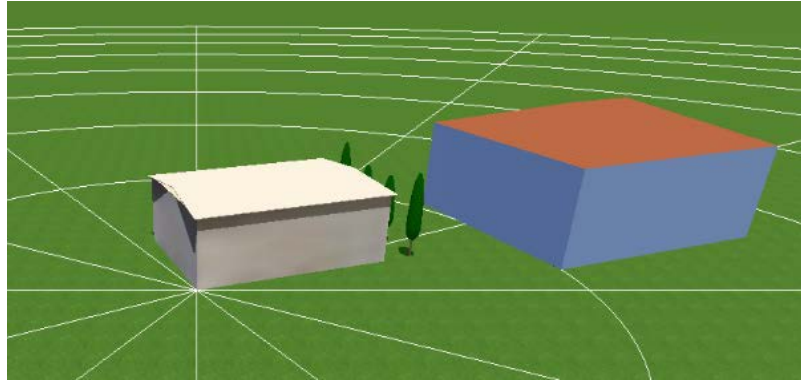
Materyal ve Yöntem

Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi binalarına ait genel görünüş Şekil 1’de gösterilmiştir. Mevcut binaların çatı tipleri ve yönleri dikkate alındığında 6,1° çatı eğimine ve 27,8 m x 10,2 m ölçülere sahip olan Amfi derslik binasının (5) (40.13°K; 28.51°D) güney cephesi bu çalışma kapsamında ele alınmıştır.

Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi binalarının PV-SOL yazılımına aktarılmasında ve çatıya oluşabilecek gölge analizin yapılabilmesi amacıyla 5 ve 6 numaralı binaların AutoCAD çizimleri kullanılmıştır (Şekil 2). Bölgenin güneş ışınımı ve iklimsel değerleri ise Meteonorm yazılımından otomatik olarak alınmıştır. Oluşturulan farklı tasarımlarda PV-SOL yazılımı kullanılırken seçilen polikristal güneş paneli ve invertör’e dair teknik özellikler sırasıyla Çizelge 1 ve Çizelge 2’de verilmiştir.



Şekil 1. Ziraat fakültesi binaları



Şekil 2. PV-SOL yazılımında 5 ve 6 numaralı binaların çizimi

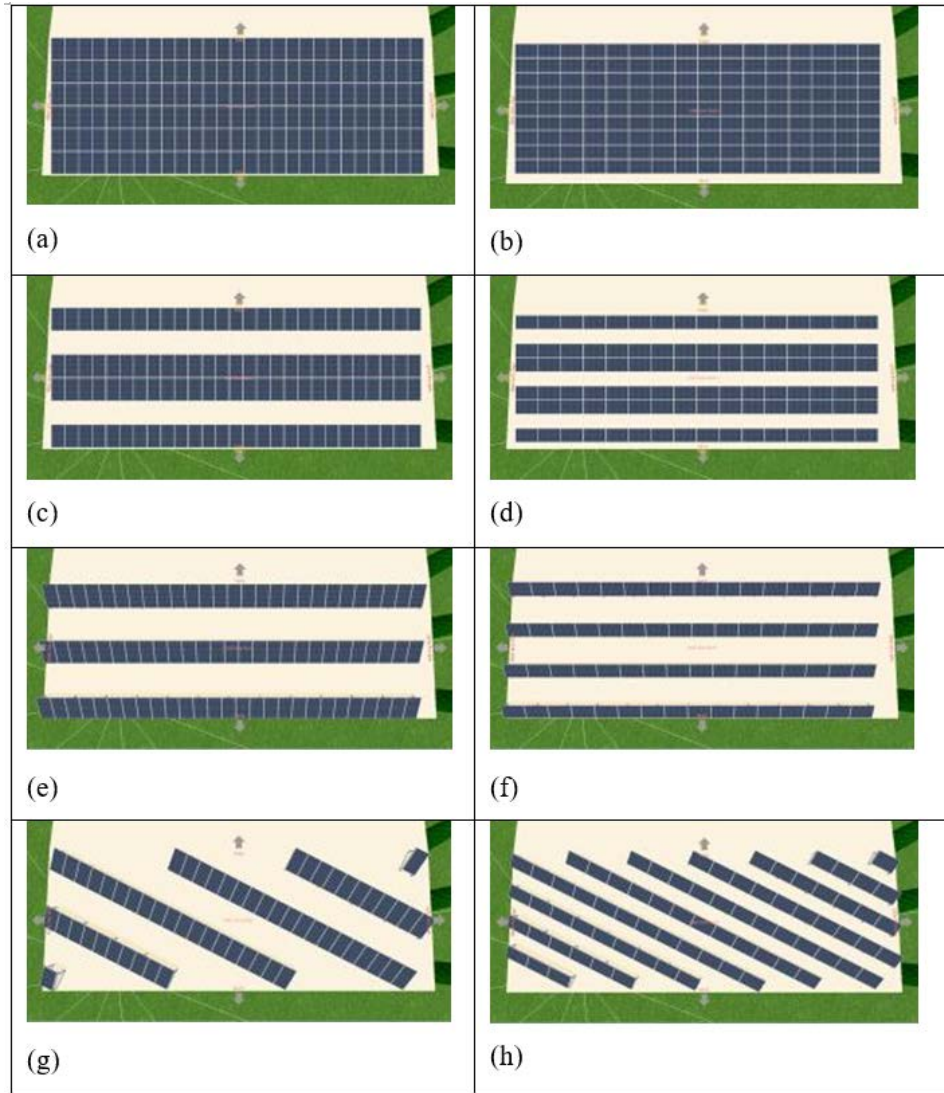
Çizelge 1. Güneş Paneli Özellikleri

Özellik	Değer
Maksimum Güç	250 W
Modül Verimliliği (%)	15,27
Çalışma Sıcaklığı Aralığı (°C)	-40°C~+85°C
Sıcaklık Katsayısı (P _{maks})	-0,43%/°C
Nominal Hücre Çalışma Sıcaklığı (NOCT)	45±2°C

Çizelge 2. İnvvertör Özellikleri

Özellik	Değer
Maksimum DC Güç Girişi	4000 W
Maksimum Verimliliği (%)	97,5
Çalışma Sıcaklığı Aralığı (°C)	-40°C~+60°C
Gürültü Emisyonu	< 25 dB(A)
Gece İç Tüketimi	< 1 W

Şekil 3’de tasarlanan 8 farklı senaryonun PV-SOL yazılımında hazırlanmış görüntüleri sunulmaktadır. Bunlar sırasıyla; dikey (a), yatay (b), dikey aralıklı (c), yatay aralıklı (d), optimum açılı dikey (e), optimum açılı yatay (f), optimum yön ve açılı dikey (g) ile optimum yön ve açılı yatay (h) panel montajlarıdır. Tasarımlarda 6 numaralı bina ile 5 ve 6 numaralı binaların arasında bulunan ağaçlardan yaşanabilecek gölgelenme ihtimaline karşı güneş panelleri çatının batısından başlanarak tasarlanmıştır.



Şekil 3. PV-SOL yazılımında hazırlanan senaryolar

Bulgular ve Tartışma

Oluşturulan 8 farklı senaryo ile PV-SOL yazılımı programı kullanılarak teknik değerlendirilme yapılmış olup güneş paneli yönlendirilmesine bağlı olarak şebekeye iletilen toplam güç, kaçınılan CO₂ emisyonu ve gölgelenme simülasyonu sırası ile sunulmuştur. Sistem şebekeye bağlı tam besleme olarak planlanmıştır. Yapılan senaryolarda kablo kayıpları %0,5 olarak kabul edilmiştir.

Senaryo a, b, c ve d için paneller çatıya monte (iyi arka havalandırmalı), Senaryo e ve f'de ise toplam panel eğimi 23° olacak biçimde (Gebremedhen, 2014) ve tüm bu senaryolarda binanın yapısı gereği 160° Güney-Doğu eksenine bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Senaryo g ve h için tam optimum koşulların oluşturulabilmesi adına toplam panel eğimi 23° ve 180° ile tam Güney'e bakacak biçimde yerleştirilmiştir. Bu yerleşimler neticesinde her bir senaryo ile farklı sayıda panel yerleştirilebilmiştir. Buna bağlı olarak farklı kurulu güçlere ulaşılmış ve farklı sayıda invertör ihtiyacı doğmuştur (Çizelge 3).

Tüm senaryolarda en fazla elektrik üretimi temmuz, en düşük ise ocak ayında gerçekleşmiştir. Temmuz ayında sırasıyla Senaryo a, b, c, d, e, f, g ve h için üretim miktarı 6.172 kWh, 5.471 kWh, 4.113 kWh, 3.647 kWh, 3.045 kWh, 2.405 kWh, 2.267 kWh ve 2.824 kWh olmuştur. Ocak ayında ise 1.641 kWh, 1.446 kWh, 1.094 kWh, 964 kWh, 1.049 kWh, 828 kWh, 799 kWh ve 988 kWh olmuştur. Çizelge 3 incelendiğinde her bir senaryo için üretilebilecek toplam elektrik miktarı ve bu elektriğin fosil kaynaklı yakıt ile üretilmesi durumunda oluşabilecek CO₂ miktarı da gösterilmiştir. Bunun yanı sıra şebekeye iletilen toplam gücün, kurulu güce oranının (kWh/kWp) dikey yerleşimli panellerde yatay yerleşimli panellere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dikey yerleşimli paneller analiz edildiğinde ise optimum yön ve açıya sahip senaryo g, optimum açılı senaryo e'den daha verimli bulunmuştur. Ayrıca doğal panel yıkamını olarak kabul edilen yağmur ile temizliğin dikey paneller için daha uygun olacağı bilinmektedir.

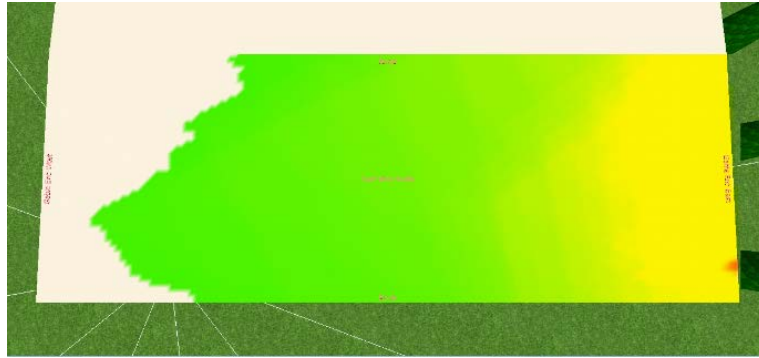
Çizelge 3. Senaryoların Kurulum ve Üretim Değerleri

	Panel (Adet)	Kurulu Güç (kWp)	İnvertör (Adet)	Şebekeye İletilen Toplam Güç (kWh)	Kaçınılan CO ₂ Emisyonu (kg/yıl)
Senaryo (a)	162	40,5	9	46.076	27.584
Senaryo (b)	144	36	9	40.805	24.421
Senaryo (c)	108	27	6	30.711	18.386
Senaryo (d)	96	24	6	27.192	16.274
Senaryo (e)	81	20,25	5	24.619	14.738
Senaryo (f)	64	16	4	19.448	11.641
Senaryo (g)	61	15,25	4	18.620	11.145
Senaryo (h)	76	19	5	23.134	13.847

Mangan ve Oral (2013) yaptıkları çalışmada benzer biçimde TOKİ (Toplu Konut İdaresi) tarafından inşa edilmiş bir konut projesinin teras çatı alanında oluşturulan fotovoltaik sistemlerin enerji performansının değerlendirilmesi amacıyla yıllık elektrik enerjisi üretimi ve CO₂ salım azaltım değerleri, PV-SOL Expert programı kullanılarak hesaplamıştır. Monokristal ve polikristal panellerin kullanımı ile oluşturulmuş fotovoltaik

sistemlerden yıllık üretilen elektrik enerjisi ve CO₂ salım azaltım değerleri ele alınan İstanbul, Antalya ve Erzurum için değişkenlik göstermiştir. Sırasıyla 24,68 kW kurulu güce sahip polikristal paneller ile oluşturulan fotovoltaik sistem ile yıllık 39.403 kWh, 39.571 kWh ve 28.672 kWh elektrik enerjisi üretilmiş olup, CO₂ salım değerlerinde yıllık 34.917 kg, 35.059 kg ve 25.399 kg azaltım sağlanabileceğini bildirmişlerdir.

Ziraat fakültesinin 6 numaralı binası ile 5 ve 6 numaralı binaların arasında bulunan ağaçlardan kaynaklı yaşanan gölgelenme sonucu güneş panellerinin üretim performansında düşüşler yaşanmıştır. Panellerin birbiri üzerine gölgelenme yapmaması adına ise senaryo e'de 2,7 m, senaryo f'de 1,9 m, senaryo g'de 2,2 m ve senaryo h'da 1 m olarak ara boşluklar bırakılmıştır. Sırasıyla yaşanan toplam gölgelenme zararı (%/yıl) 1,1, 1,1, 1,1, 1,1, 0,3, 0,2, 0,2 ve 0,5 olarak gerçekleşmiştir. Çatı üzerine yıllık toplam gölgelenme zararları ise Şekil 4'de gösterilmiştir. PV-SOL yazılımı ile yapılmış gölgelenme analizi üzerine Srpak ve Pajan (2016) çalışmada bulunmuştur. Bu çalışmaya göre panellerin kurulacağı çatının sağ yüzeyince gölgelenme yaşanacağını belirlemişlerdir. Bu sebep ile çatının sol yüzeyine doğru panel montajlarını gerçekleştirmişlerdir. Simülasyonu yapılan panellerin verim kaybı oranları %4,3 - %0,1 arasında değişmiştir.



Şekil 4. Çatı üzerinde oluşan gölgelenme

Sonuç

Güneş panellerinin günümüzde düşük kabul edilebilecek verim düzeylerine rağmen Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Amfi derslik binası çatısına montajı ile fakültenin enerji ihtiyacının bir kısmını karşılamada kullanılabilir. Oluşturulan 8 farklı senaryo ile artan güneş panelleri sayısına bağlı olarak şebekeye iletilen toplam güç ve kaçınılan CO₂ emisyonu oranı da artmaktadır. Yürüyüş yollarına sahip c, d, e, f, g ve h senaryolarından biri ile oluşturulan bir sistem sayesinde yaşanabilecek bir afet risklerine karşı önlemlerin daha kolay alınabilecek ve panel temizliklerinin kolaylığı açısından daha uygun bir seçim olabilecektir. Ayrıca panel üzerine düşebilecek gölgelenme risklerinden kaçınmak adına 5 ve 6 numaralı binalar arasındaki ağaçların budama işlemleri ihmal edilmemelidir. Güneş panelleri konusundaki farkındalığın arttırmak, üniversitenin enerji giderleri maliyetini azaltmak için bu enerji kaynağını kullanmak önemli olacaktır. Ayrıca, yapılabilecek bir yatırım esnasından maliyetlerini düşürmek adına TKDK, BEBKA vb. kurumlardan alınabilecek hibe desteklerinden de faydalanılmalıdır.

Kaynakça

- Gebremedhen, Y.B. 2014. Determination of optimum fixed and adjustable tilt angles for solar collectors by using typical meteorological year data for Turkey. *International Journal of Renewable Energy Research*, 4(4): 924-928.
- Işık, A.H., Ş. Erden and M. İmeryüz, 2015. Design of the solar energy system in ITU faculty of electric and electronics. International Conference on Renewable Energy Research and Applications, 22-25 November 2015, Palermo, Italy, p: 867-871.
- Lalwani, M., Kothari, D.P. and Singh, M. 2010. Investigation of solar photovoltaic simulation softwares. *International Journal of Applied Engineering Research*, 1(3): 585-601.
- Mangan, S.D. ve Oral, G.K. 2013. Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde bir konut binasının enerji etkin iyileştirilmesi. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20 Nisan 2013, İzmir, Türkiye, p: 921-931.
- Maturi, L., W. Sparber, B. Kofler and W. Bresciani. 2010. Analysis and monitoring results of a BIPV system in northern Italy. 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 6-10 September 2010, Valencia, Spain, p:1-4.
- Patarau, T., D. Petreus, and R. Etz. 2015. Analysis and optimization of a geothermal, biomass, solar hybrid system: An application of PV*Sol software. 38th International Spring Seminar on Electronics Technology, 6-10 May 2015, Eger, Hungary, p: 370-375.
- Sharma, D.K., Verma, V. and Singh, A.P. 2014. Review and analysis of solar photovoltaic softwares. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 4(2): 725-731.
- Srpak, D., and D. Pajan. 2016. The impact of module shading and azimuth on solar power plant production. In 25. Mednarodno Posavetovanje "Komunalna Energetika 2016", 10-12 May 2016, Maribor, Slovenia, p:1-10.

