

## Sürdürülebilir Binalar İçin Güneşlenme Süresinin 3B Modellenmesi ve Simülasyonu Üzerine Bir Araştırma

Ahmet USLU<sup>1\*</sup>, Abtullah TUĞCU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Tavşanlı Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Türkiye

<sup>2</sup>Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Tavşanlı Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Türkiye

Geliş: 15.10.2024, Kabul: 4.11.2024, Yayınlanma: 31.12.2024

### ÖZ

Güneşlenme süresi, insan sağlığı, tarım, çevre, ekosistem, iklim değişikliği, mimarlık ve güneş enerjisi alanındaki sürdürülebilirlik çalışmalarını için önemli bir meteorolojik parametredir. Bu parametre, kentsel binaların güneş enerjisi potansiyelinin analizi için değerli bir veri kaynağıdır. Üç boyutlu (3B) sanal bina modelleri, kentsel planlama sürecinde güneş enerjisi çalışmalarını destekleyerek daha doğru ve görsel olarak net simülasyonlar sağlarlar. Bu çalışmada, Tavşanlı Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi'nin 3B sanal modeli kullanılarak, kış ve yaz gündönümü (21 Aralık ve 21 Haziran) tarihleri ile ekinoks (21 Mart ve 23 Eylül) tarihlerinde binanın çatı ve cephe yüzeylerindeki güneşlenme süresinin mekânsal-zamansal analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı içerisinde, en uzun güneşlenme süresinin yaz gündönümünde, en kısa güneşlenme süresinin kış gündönümünde gerçekleştiği, ilkbahar ve sonbahar ekinokslarında benzer güneş ışığı koşullarının yaşandığı tespit edilmiştir. Çalışma, kamu binalarının önemli bir bileşeni olan hastanelerde gelecekteki enerji tasarrufu tasarımlarına rehberlik etmek için gelişmiş 3B simülasyon araçlarını kullanarak sürdürülebilir kentsel planlama ve çevre koruma gibi daha geniş hedeflere katkıda bulunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilir bina; 3B modelleme; Güneşlenme süresi; Mekânsal-zamansal dağılım

## A Study on 3D Modeling and Simulation of Sunshine Duration for Sustainable Buildings

### ABSTRACT

Sunshine duration is an important meteorological parameter for sustainability studies in the fields of human health, agriculture, environment, ecosystem, climate change, architecture and solar energy. This parameter is a valuable data source for the analysis of the solar energy potential of urban buildings. Three-dimensional (3D) virtual building models provide more accurate and visually clear simulations by supporting solar energy studies in the urban planning process. In this study, a spatio-temporal analysis of the insolation time on the roof and facade surfaces of the building on the winter and summer solstice dates (December 21 and June 21) and the equinox dates (March 21 and September 23) was performed using a 3D virtual model of Tavşanlı Physical Therapy and Rehabilitation Hospital. Within the study area, it was determined that the longest insolation period occurred during the summer solstice, the shortest insolation period occurred during the winter solstice, and similar sunlight conditions were experienced during the spring and autumn equinoxes. The study contributes to broader goals such as sustainable urban planning and environmental protection by using advanced 3D simulation tools to guide future energy-saving designs in hospitals, a key component of public buildings.

**Keywords:** Sustainable building; 3D modeling; Sunshine duration; Spatiotemporal distribution

## 1. GİRİŞ

Güneşlenme süresi, belirli bir süre boyunca güneş ışığının yüzeye ilettiği toplam enerjiyi ölçen temel bir göstergedir (Almorox & Hontoria, 2004). Dünya Meteoroloji Örgütü'ne göre, belirli bir periyottaki güneşlenme süresi, doğrudan güneş radyasyonunun  $120 \text{ W/m}^2$ 'yi aştığı zaman olarak tanımlanmaktadır (Mohandes & Rehman, 2013). Küresel ısınmayı ve enerji krizini hafifletmek için güneş enerjisi kaynaklarının geliştirilmesi ve kullanılması büyük önem taşımaktadır (Matzarakis & Katsoulis, 2006). Bu bağlamda güneşlenme süresi, güneş radyasyonunun tahmini (Gassar & Cha, 2020; Ismail & Al, 2022; Uçkan & Khudhur, 2022; Thapar, 2023; Pashiardis, Pelengaris & Kalogirou, 2023; Vernet & Fabregat, 2023; Teyabeen, Elhatmi, Essnid & Mohamed, 2024; Yüzer & Bozkurt, 2024;), halk sağlığı (Jaworeck & Kriwy, 2021; Fu & Wang, 2023; Kaur, Kok, Jamil & Sebayang, 2024) ve tarım (Guo, Dai, Liu, Wu, Liu & Liu, 2020; Song & Jin, 2020) odaklı araştırmalar için önemli bir meteorolojik unsur olarak kabul edilir.

Sürdürülebilir binalar, birincil enerji kullanımını azaltmak ve yerinde yenilenebilir enerji üretmek için güneş enerjisi stratejilerini kullanmalıdır. Binaların enerji performansına ilişkin 210/31/EU sayılı Avrupa direktifi, tüm yeni binaların neredeyse sıfır enerjili binalar (nZEB) olmasını, yani yerel kaynaklı yenilenebilir enerjinin artan katkısıyla yüksek enerji performansı sergilemesini gerektirmektedir (Czachura, Kanters, Gentile, & Wall, 2022). Kentsel ortamlarda yeterli güneş enerjisi erişimi, nZEB'e ulaşmada etkili olan enerji verimliliği stratejilerini destekler (Bucking, Zmeureanu & Athienitis, 2014). Güneş ışığı ısıtma, soğutma, aydınlatma ve yerinde enerji üretimi gibi bina performansının temel yönlerini etkiler (Kanters & Wall, 2014). Üç boyutlu (3B) şehir modelleri, 3B mekandaki güneş ışığı potansiyelinin değerlendirilmesini destekleyerek daha doğru ve görsel olarak net simülasyonlar sağlar (Kolečanský, Hofierka, Bogl'arský & Šupinský, 2021).

Literatürdeki önceki çalışmalar, güneşlenme süresinin ölçülmesi (Rocha, Fernandes, Santos, Diniz, & Junior, 2020; Zhou, Quan, Wang, Li, Li, & Zhao, 2021; Owczarek & Malinowska, 2023), güneşlenme süresinin tahmin edilmesi (Mohandes & Rehman, 2013; Kaba, Kandırmaz & Avcı, 2017), güneşlenme süresinin mekânsal ve zamansal değişimlerinin modellenmesi (Ahmadi & Ahmadi, 2019; Bartoszek, Matuszko & Węglarczyk, 2021; Tang, Zhu, Wei, Zhao, Wu & Tian, 2022; Li, Xia, Jiang, Xu, Wen & Xu, 2024), yerleşim alanlarında güneşlenme süresinin 3B analizi (Du, Ning & Yan, 2020; Huang, Li, & Zhuang, 2021; Özdemir & Çakmak, 2024) ve kentsel yapı tasarımında güneşlenme süresinin optimizasyonu (Karagüler & Sterler, 2022; Chen, You, Shu & Huang, 2024; Li, Peng, Xu & Li, 2024) üzerine odaklanmıştır.

Literatür incelendiğinde, önceki araştırmalarda, dünya çapında bina sektörünün enerji tüketimini azaltmak için kapsamlı araştırmalar yürütülmüştür. Ancak, araştırmaların çoğu ticari ve konut binalarına odaklanırken, bu binalara nazaran genellikle daha yüksek enerji tüketimini içeren kamu binaları yeterli ilgiyi

görmemiştir. Kamu binalarının önemli bir bileşeni olan hastanelerde enerji tüketimi, karmaşık bina fonksiyonları, teşhis ve tedavi için kullanılan elektrikli ekipmanların çokluğu ve uzun çalışma saatleri nedeniyle yoğundur. Hastanelerin enerji tüketiminin diğer kamu binalarının 1,6 - 2,0 katı olduğu tahmin edilmektedir. Bu nedenle, küresel ısınmaya uyum sağlamak ve 2030 yılına kadar karbon emisyonu zirvesine ve 2060 yılına kadar karbon nötrlüğü hedeflerine ulaşılmasına katkıda bulunmak için hastanelerdeki enerji tüketimini azaltmak oldukça önemlidir (Shi, Yan, Li & Li, 2021).

Bu çalışmada, bir sağlık tesisinin 3B sanal modeline dayalı olarak çatı ve cephe yüzeylerindeki güneşlenme süresinin modellenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Sketchup yazılımı ile Tavşanlı Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi'nin mimari projesi üzerinden 3B modeli oluşturulmuş ve ardından 3B model Autodesk Forma yazılımına aktarılarak bina zarfındaki her noktanın aldığı güneşlenme süresinin, kış ve yaz gündönümleri (21 Aralık ve 21 Haziran) ile ekinoks tarihlerindeki (21 Mart ve 23 Eylül) mekânsal dağılımlarının simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma, bir mahalle veya bina ölçeğinde güneş enerjisi projesi planlama, fizibilite çalışmaları yürütme ve 3B uygulamalar geliştirme üzerinde çalışan araştırmacılara ulaşmayı hedeflemekte, 3B güneş ışığı potansiyeli değerlendirmesi için referans oluşturabilecek entegre bir yaklaşım sunmaktadır. Bununla birlikte çalışma, hastanelerde gelecekteki enerji tasarrufu tasarımlarına rehberlik etmek için gelişmiş simülasyon araçlarını kullanarak sürdürülebilir kentsel planlama ve çevre koruma gibi daha geniş hedeflere katkıda bulunmaktadır.

## **2. MATERYAL VE METOT**

### **2.1. Çalışma Alanı**

Bu çalışmada çalışma alanı olarak Kütahya ili Tavşanlı ilçesinde yer alan Tavşanlı Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi belirlenmiştir. 18 Ağustos 2021 tarihinde hizmete açılan hastane, 15.672 m<sup>2</sup> parsel alanı içinde 3.855 m<sup>2</sup> taban alanına, 16.510 m<sup>2</sup> kapalı alana ve 110 araçlık açık otopark alanına sahiptir. Hastanede; 57 tane hasta odası, 75 tane hasta yatağı, rehabilitasyon ve egzersiz alanları, 2 tanesi büyük 4 tanesi küçük tedavi havuzları, 18 tane elektroterapi cihazı, kısa dalga radar, ESWT, CPM, Laser cihazı, Parafin banyosu, Whirpool, Gradyan banyosu, 4 kap Galvani, Hot pack, Cold pack ve TENS'ler bulunmaktadır. Hastane, rehabilitasyon alanlarında çark, merdivenler, parmak merdiven, rampalar, aktif trombolin, ergonomik bisikletler ile hizmet vermektedir. Ayrıca hastanenin içerisinde kronik ruhsal hastalıkları bulunan hastalara yönelik, psikososyal destek hizmetlerinin verildiği, takiplerinin ve tedavilerinin yapıldığı Toplum Ruh Sağlığı Merkezi de bulunmaktadır (Trhastane, 2024). Şekil 1'de çalışma alanının coğrafi konumu gösterilmektedir.



Şekil 1: Çalışma alanının coğrafi konumu.

Tavşanlı'nın yıllık güneşlenme süresi 2584 saat, yıllık güneş ışınlamı değeri 1464 kWh/m<sup>2</sup>-yıl, günlük ortalama güneşlenme süresi 7,08 saat ve günlük ortalama ışınlamı değeri 4,01 kWh/m<sup>2</sup>-gün'dür (EİGM, 2024). Bu veriler dikkate alındığında Tavşanlı ilçesi, güneş enerjisi alanında yatırım yapmaya uygundur (Tuğcu, 2023).

## 2.2. Çalışmanın Materyalleri

Tavşanlı Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi'nin 3B modelinin oluşturulmasında SketchUp yazılımı, kış - yaz gündönümleri (21 Aralık ve 21 Haziran) ile ekinoks tarihlerindeki (21 Mart ve 23 Eylül) güneş yörüngesi diyagramının 3B gösterimi için Dr. Andrew Marsh tarafından geliştirilen 3B güneş yörüngesi yazılımı (3DSP) kullanılmıştır. 3B yapı modeli zarfındaki her noktanın aldığı güneşlenme süresinin 21 Aralık, 21 Haziran, 21 Mart ve 23 Eylül tarihlerindeki mekânsal dağılımlarının simülasyonu Autodesk Forma yazılımında gerçekleştirilmiştir.

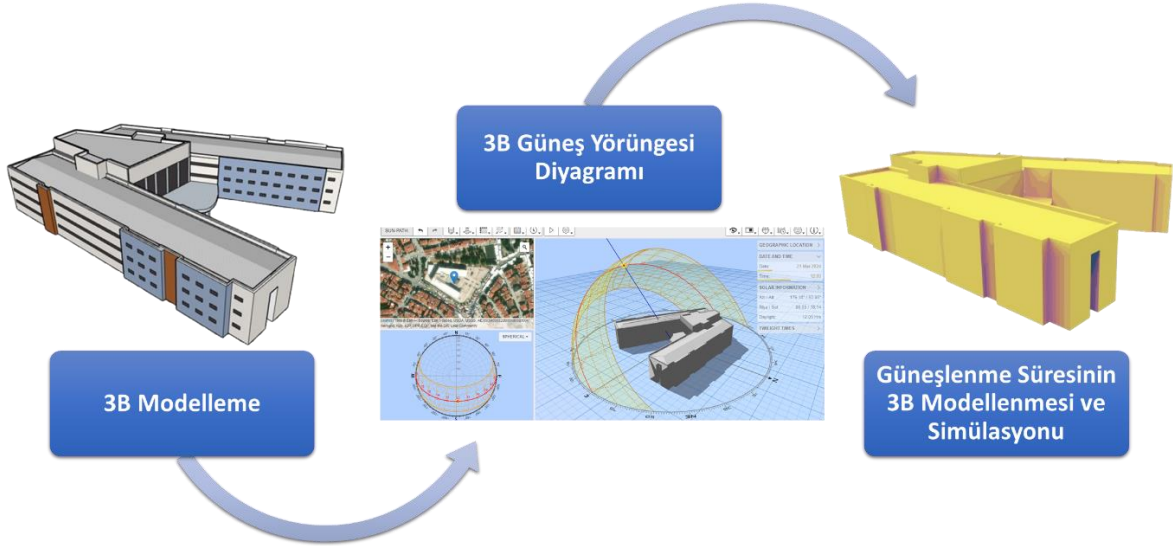
Trimble Navigation şirketine ait olan SketchUp, mimari tasarım, iç mekân, mobilya, peyzaj, endüstri ürünleri, film ve oyun tasarımı için kullanılan 3B modelleme yazılımıdır. Kullanıcı dostu olması, 3B

çizimler oluşturmak için mükemmel arayüze sahip en etkili yazılımlardan biri olması, çeşitli analizler için güçlü araçlara ve eklenti havuzuna sahip olması, veri alımı ve veri aktarımı bakımından diğer yazılımlarla uyumlu olması avantajıyla çalışma alanının 3B modellenmesinde SketchUp yazılımı tercih edilmiştir.

Autodesk Forma, daha sürdürülebilir bir yapılaşmış çevre için güneşlenme süresi analizi, gün ışığı potansiyeli analizi, rüzgâr analizi, mikro iklim analizi, gömülü karbon analizi, gürültü analizi ve güneş enerjisi analizi uygulamaları için kullanılan yapay zekâ destekli araçlar sunan bir bulut yazılımıdır. Kullanımının kolay olması, güçlü analiz araçları ile ilgili uygulamalar için hızlı sonuçlar sunmasından dolayı çalışma alanının güneşlenme süresinin modellenmesinde Autodesk Forma tercih edilmiştir.

### 2.3. Çalışmanın Yöntemi

Çalışma, Tavşanlı Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi'nin 3B modellenmesi, kış - yaz gündönümleri (21 Aralık ve 21 Haziran) ile ekinoks tarihlerindeki (21 Mart ve 23 Eylül) 3B güneş yörüngesi diyagramının gösterimi, 3B yapı modeli zarfındaki her noktanın aldığı güneşlenme süresinin 21 Aralık, 21 Haziran, 21 Mart ve 23 Eylül tarihlerindeki mekânsal dağılımlarının simülasyonu aşamalarını içermektedir. Şekil 2'de çalışmada uygulanan yöntemin iş adımları görülmektedir.



Şekil 2: Çalışmanın yöntemi.

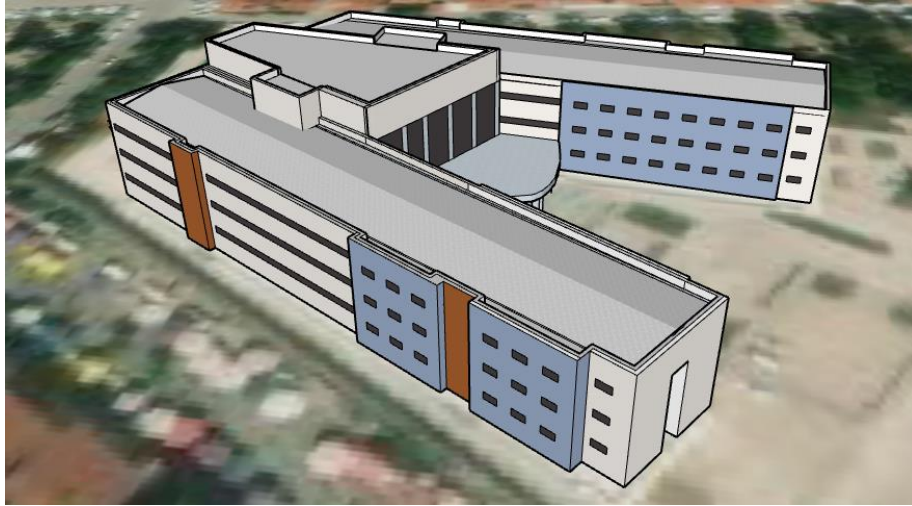
Yöntemin 3B model oluşturma aşamasında, Tavşanlı Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi'nin 3B modeli, mimari projesinden faydalanılarak SketchUp yazılımında, LoD-3 ayrıntı düzeyinde oluşturulmuştur. 3B model, SketchUp'ın Geolocation işlevi kullanılarak coğrafi olarak konumlandırılmıştır. Hastanenin 3B modeline gerçekçi görünüm kazandırmak ve görselliğini arttırmak amacıyla renklendirme ve doku kaplama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, Tavşanlı Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi'nin 3B modeli 3B güneş yörüngesi diyagramının gösterimi ve güneşlenme süresinin analizi

uygulamalarında kullanılmak üzere “.obj” uzantılı model dosyası olarak kaydedilmiştir. Güneş yörüngesi diyagramı oluşturma aşamasında, hastanenin 3B modeli Dr. Andrew Marsh tarafından geliştirilen 3B güneş yörüngesi yazılımına (3DSP) aktarılmış ve çalışma alanının, kış - yaz gündönümü tarihleri ile ekinoks tarihlerinde, saat 12:00’deki güneş yükseklik açıları ve gölgelenme durumu analiz edilmiştir. Son aşamada, Tavşanlı Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi’nin 3B modeli Autodesk Forma yazılımına aktarılarak bina zarfındaki her noktanın aldığı güneşlenme süresinin, kış ve yaz gündönümleri ile ekinoks tarihlerindeki mekânsal dağılımlarının simülasyonu gerçekleştirilmiştir. En düşük güneşlenme süresine (0 – 1 saat) karşılık değerler mavi renk ile en yüksek (9 saat ve üzeri) güneşlenme süresine karşılık değerler ise sarı renk ile gösterilmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. 3B model oluşturma

Tavşanlı Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi’nin, yüzey dokuları uygulanmış LoD-3 ayrıntı düzeyine sahip 3B modeli Şekil 3’te gösterilmektedir. Hastanenin dikey cepheleri kuzeye, güneye, doğuya ve batıya bakmaktadır. Yüzeylerin toplam alanı 12.750,13 m<sup>2</sup> olup, bunun 8.858,55m<sup>2</sup>'sini (%69,5) dikey cepheler ve 3.892,28 m<sup>2</sup>'sini (%30,5)'sini çatılar oluşturmaktadır.

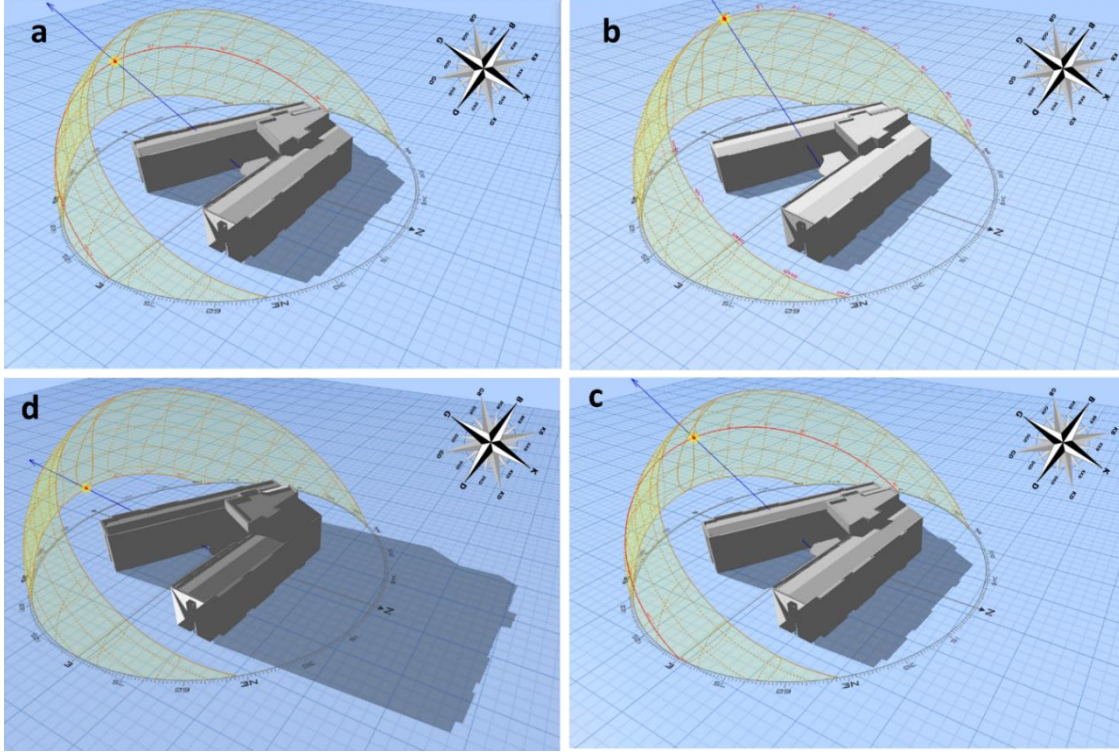


Şekil 3: Tavşanlı Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi’nin, yüzey dokuları uygulanmış LoD-3 ayrıntı düzeyine sahip 3B modeli.

#### 3.2. 3B güneş yörüngesi diyagramının gösterimi

Güneş yörüngesi diyagramı, güneşin belirli bir tarih ve zaman noktasında gökyüzündeki konumunu göstermektedir. Bu diyagram, yıllık bir döngü için azimutun güneş yüksekliğine göre derece cinsinden karşılaştırmasını içermektedir. Çalışma alanına ilişkin olarak, kış - yaz gündönümü tarihleri (21 Aralık ve 21 Haziran) ile ekinoks tarihlerinde (21 Mart ve 23 Eylül) saat 12:00’da çizilen güneş diyagramında güneşin

doğuşundan batışına kadar geçen zaman dilimlerine göre güneşin yaptığı güneş yükseklik açıları Şekil 4'te görülmektedir. Tavşanlı için ilgili tarihlerdeki saat 12:00'ye ait güneş yörüngesi diyagramına ilişkin bilgiler Çizelge 1'de gösterilmektedir.



Şekil 4: Çalışma alanının 3B güneş yörüngesi diyagramı (a) 21 Mart; b) 21 Haziran; c) 23 Eylül; d) 21 Aralık).

Çizelge 1: Çalışma alanı için kış - yaz gündönümü tarihleri ile ekinoks tarihlerinde saat 12:00'ye ait güneş yörüngesi diyagramına ilişkin bilgiler.

| Tarih      | Azimut Açısı | Yükseklik Açısı | Güneşin Doğuşu | Günbatımı | Güneş Işığı |
|------------|--------------|-----------------|----------------|-----------|-------------|
| 21 Mart    | 176,18°      | 50,45°          | 07:03          | 19:15     | 12 sa 12 dk |
| 21 Haziran | 176,91°      | 73,87°          | 05:34          | 20:33     | 14 sa 58 dk |
| 23 Eylül   | -177,74°     | 51,34°          | 06:48          | 19:00     | 12 sa 11 dk |
| 21 Aralık  | -179,90°     | 27,05°          | 08:18          | 17:41     | 9 sa 23 dk  |

3B güneş yörüngesi analizi, güneşin doğuşundan batışına kadar izlediği yolu ve gölgelemenin yapı üzerindeki etkisini ortaya koymuştur. Çalışma alanının 3B güneş yörüngesi analizi sonuçları incelendiğinde;

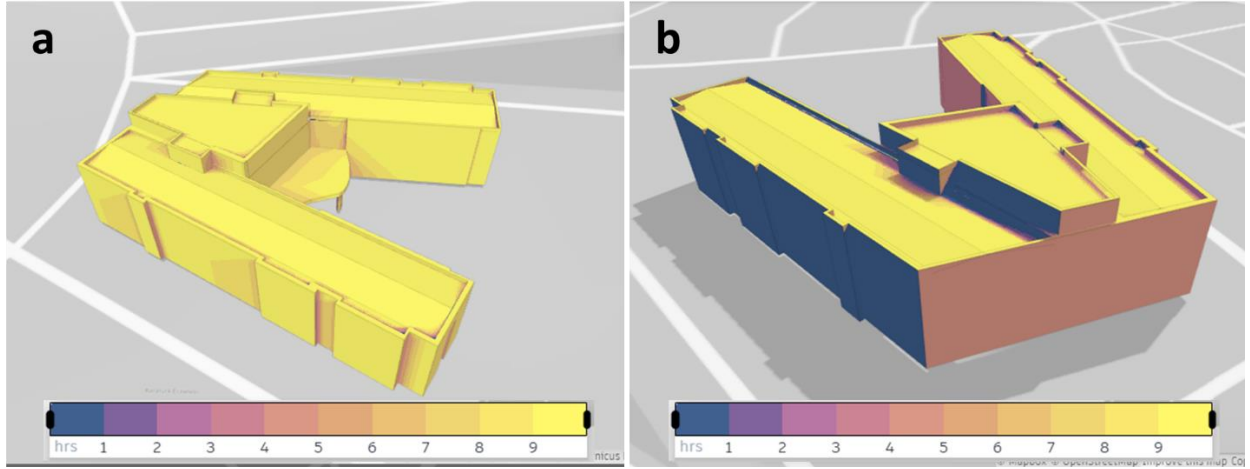
- Güneş yükseklik açılarının 21 Mart'ta 50,45°, 21 Haziran'da 73,87°, 23 Eylül'de 51,34° ve 21 Aralık'ta 27,05° olduğu,
- Ortalama güneş ışığı saatlerinin 21 Mart'ta 12 sa 12 dk, 21 Haziran'da 14 sa 58 dk, 23 Eylül'de 12 sa 11 dk ve 21 Aralık'ta 9 sa 23 dk olduğu,

- Gölgelemenin dikey cepheleri daha önemli ölçüde etkilediği, binanın dikey cephelerinde ortaya çıkan, güneş ışığı dağılımındaki mekânsal heterojenliğin, binanın ve cephe bileşenlerinin kendi kendine gölgelemesinden kaynaklandığı

gözlemlenmiştir.

### 3.3. Güneşlenme süresinin 3B modellenmesi ve simülasyon

Çalışma alanının 3B modelinde yapılan simülasyon analizi, güneşlenme süresinin istatistiksel değerlerini ortaya çıkarmıştır. Şekil 5'te 21 Mart tarihinde güneşlenme süresinin mekânsal dağılımlarının simülasyonu, Çizelge 2'de ise güneşlenme süresinin analizine ilişkin istatistiksel değerler gösterilmektedir.



Şekil 5: 21 Mart'ta güneşlenme süresinin mekânsal dağılımı (a) güneybatı; b) kuzey doğu)

Şekil 5 ve Çizelge 2 incelendiğinde, 21 Mart tarihinde; Binanın çatı yüzeylerinin 11 – 12 saat aralığında, güneye bakan cephelerin 8 – 9 saat aralığında, batıya bakan cephelerin 4 – 5 saat aralığında, doğuya bakan cephelerin 6 – 7 saat aralığında ve kuzeye bakan cephelerin 0 – 1 saat aralığında güneş ışığı aldığı gözlemlenmiştir.

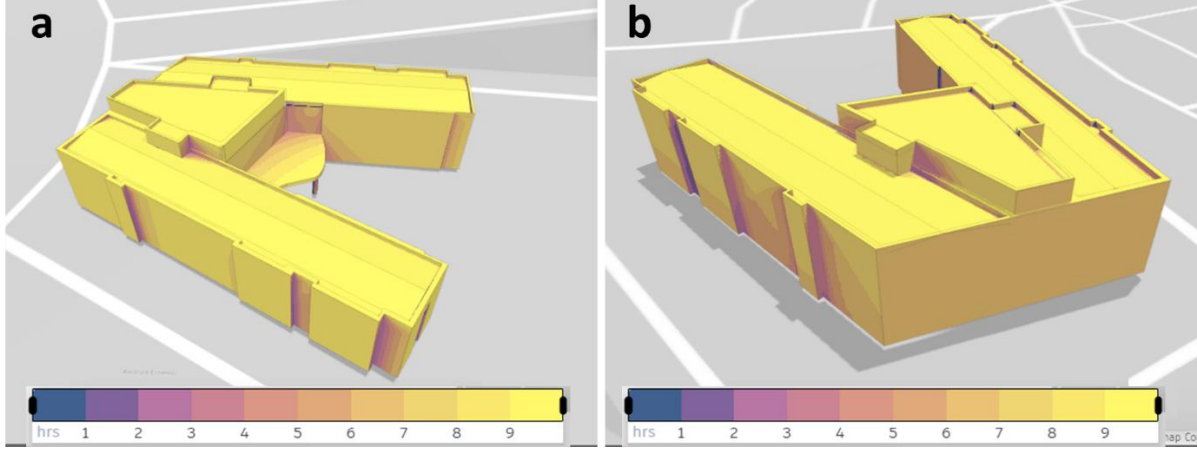
Çizelge 2: 21 Mart'ta güneşlenme süresinin analizine ilişkin istatistiksel değerler.

| Güneşlenme süresi (saat) | Yüzey alanı (m <sup>2</sup> ) | Yüzey alanının yüzdesel dağılımı (%) |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| 0 - 1                    | 2264                          | 17                                   |
| 1 - 2                    | 214                           | 2                                    |
| 2 - 3                    | 1216                          | 9                                    |
| 3 - 4                    | 189                           | 1                                    |
| 4 - 5                    | 1245                          | 10                                   |
| 5 - 6                    | 271                           | 2                                    |
| 6 - 7                    | 541                           | 4                                    |
| 7 - 8                    | 972                           | 8                                    |



|       |      |    |
|-------|------|----|
| 8 - 9 | 706  | 5  |
| 9+    | 5396 | 42 |

Şekil 6’da 21 Haziran tarihinde güneşlenme süresinin mekânsal dağılımlarının simülasyonu, Çizelge 3’te ise güneşlenme süresinin analizine ilişkin istatistiksel değerler gösterilmektedir.



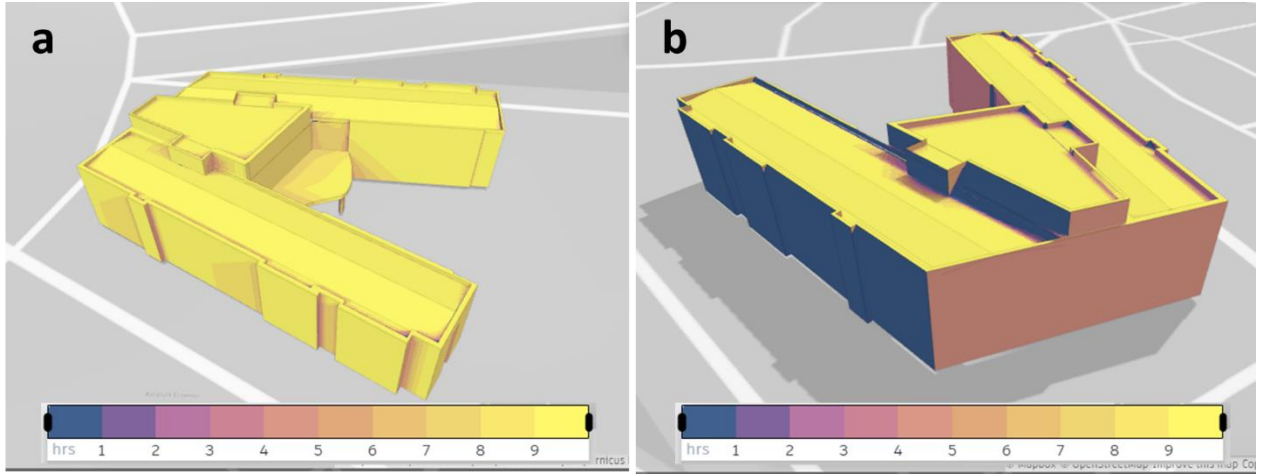
Şekil 6: 21 Haziran’da güneşlenme süresinin mekânsal dağılımı (a) güneybatı; b) kuzey doğu)

Çizelge 3: 21 Haziran’da güneşlenme süresinin analizine ilişkin istatistiksel değerler.

| Güneşlenme süresi (saat) | Yüzey alanı (m <sup>2</sup> ) | Yüzey alanının yüzdesel dağılımı (%) |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| 0 - 1                    | 458                           | 4                                    |
| 1 - 2                    | 115                           | 1                                    |
| 2 - 3                    | 241                           | 2                                    |
| 3 - 4                    | 425                           | 3                                    |
| 4 - 5                    | 384                           | 3                                    |
| 5 - 6                    | 1580                          | 12                                   |
| 6 - 7                    | 1861                          | 14                                   |
| 7 - 8                    | 2124                          | 16                                   |
| 8 - 9                    | 2088                          | 16                                   |
| 9+                       | 3788                          | 29                                   |

Şekil 6 ve Çizelge 3 incelendiğinde, yılın en büyük güneş yükselme açısına ve en uzun güneş ışınımı süresine sahip günü olan 21 Haziran tarihinde; Yapının çatı yüzeylerinin 14 – 15 saat aralığında, güneye bakan cephelerin 8 – 9 saat aralığında, batıya bakan cephelerin 7 – 8 saat aralığında, doğuya ve kuzeye bakan cephelerin 6 – 7 saat aralığında güneş ışığı aldığı gözlemlenmiştir.

Şekil 7’de 23 Eylül tarihinde güneşlenme süresinin mekânsal dağılımlarının simülasyonu, Çizelge 4’te ise güneşlenme süresinin analizine ilişkin istatistiksel değerler gösterilmektedir.



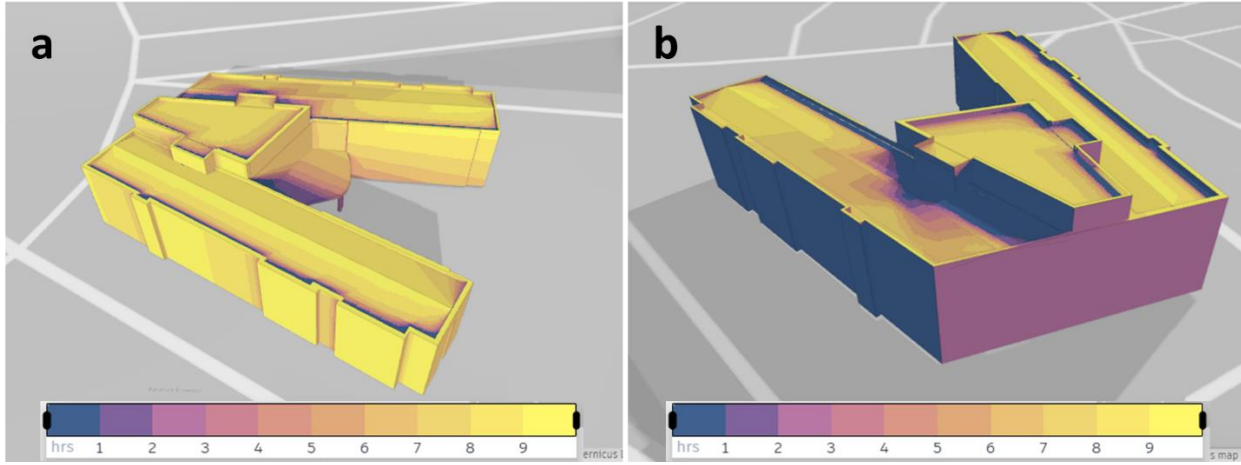
Şekil 7: 23 Eylül'de güneşlenme süresinin mekânsal dağılımı (a) güneybatı; b) kuzey doğu)

Çizelge 4: 23 Eylül'de güneşlenme süresinin analizine ilişkin istatistiksel değerler.

| Güneşlenme süresi (saat) | Yüzey alanı (m <sup>2</sup> ) | Yüzey alanının yüzdesel dağılımı (%) |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| 0 - 1                    | 2260                          | 17                                   |
| 1 - 2                    | 197                           | 2                                    |
| 2 - 3                    | 402                           | 3                                    |
| 3 - 4                    | 1016                          | 8                                    |
| 4 - 5                    | 1247                          | 10                                   |
| 5 - 6                    | 265                           | 2                                    |
| 6 - 7                    | 545                           | 4                                    |
| 7 - 8                    | 964                           | 7                                    |
| 8 - 9                    | 705                           | 5                                    |
| 9+                       | 5413                          | 42                                   |

Şekil 7 ve Çizelge 4 incelendiğinde, 23 Eylül tarihinde; Yapının çatı yüzeylerinin 11 – 12 saat aralığında, güneşe bakan cephelerin 8 – 9 saat aralığında, batıya bakan cephelerin 4 – 5 saat aralığında, doğuya bakan cephelerin 6 – 7 saat aralığında ve kuzeye bakan cephelerin 0 – 1 saat aralığında güneş ışığı aldığı gözlemlenmiştir.

Şekil 8'de 21 Aralık tarihinde güneşlenme süresinin mekânsal dağılımlarının simülasyonu, Çizelge 5'te ise güneşlenme süresinin analizine ilişkin istatistiksel değerler gösterilmektedir.



Şekil 8: 21 Aralık'ta güneşlenme süresinin mekânsal dağılımı (a) güneybatı; b) kuzey doğu)

Çizelge 5: 21 Aralık'ta güneşlenme süresinin analizine ilişkin istatistiksel veriler.

| Güneşlenme süresi (saat) | Yüzey alanı (m <sup>2</sup> ) | Yüzey alanının yüzdesel dağılımı (%) |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| 0 - 1                    | 4053                          | 31                                   |
| 1 - 2                    | 259                           | 2                                    |
| 2 - 3                    | 1199                          | 9                                    |
| 3 - 4                    | 180                           | 1                                    |
| 4 - 5                    | 571                           | 4                                    |
| 5 - 6                    | 362                           | 3                                    |
| 6 - 7                    | 1261                          | 10                                   |
| 7 - 8                    | 1058                          | 8                                    |
| 8 - 9                    | 2303                          | 18                                   |
| 9+                       | 1769                          | 14                                   |

Şekil 8 ve Çizelge 5 incelendiğinde, yılın en küçük güneş yükselme açısına ve en kısa güneş ışınımı süresine sahip günü olan 21 Aralık tarihinde; Yapının çatı yüzeylerinin 8 – 9 saat aralığında, güneye bakan cephelerin 9 – 10 saat aralığında, batıya bakan cephelerin 4 – 5 saat aralığında ve kuzeye bakan cephelerin 2 – 3 saat aralığında güneş ışığı aldığı gözlemlenmiştir.

Kış ve yaz gündönümleri (21 Aralık ve 21 Haziran) ile ekinoks tarihlerindeki (21 Mart ve 23 Eylül) mekânsal dağılımlarının simülasyonu genel olarak değerlendirildiğinde; Çalışma alanı içerisinde en uzun güneşlenme süresinin yaz gündönümünde, en kısa güneşlenme süresinin kış gündönümünde gerçekleştiği, ilkbahar ve sonbahar ekinokslarında benzer güneş ışığı koşullarının yaşandığı tespit edilmiştir. Yapının güneye bakan dikey cephelerinde ve çatı yüzeylerinde gözlemlenen, güneşlenme süresi dağılımındaki mekânsal heterojenlik, cephe bileşenlerinin kendi kendine gölgelemesinden kaynaklanmıştır. Çatı yüzeyleri ve güneye bakan dikey cepheler, diğer cephelere kıyasla daha az miktarda gölge alanı ve daha fazla süre güneş ışığı topladıkları için binanın bu yüzeyleri güneş ışınımı enerjisini kullanmada daha yüksek potansiyel

göstermiştir. Mevcut bulgular ile güneşlenme süresinin analizini içeren önceki çalışmaların bulguları arasında tutarlılık bulunmaktadır (Li vd., 2024; Chen vd., 2024).

Kentler, dünyanın enerji tüketiminin üçte ikisinden fazlasını oluşturduğu ve sera gazı emisyonlarının %70'inden fazlasını ürettiği için sürdürülebilir kentsel tasarım son derece önemli hale gelmiştir (Moriarty & Wang, 2014). Bununla birlikte kentlerde konut binalarının artan yoğunluğu ve yüksekliği, dış mekanlarda yetersiz güneş ışığına maruz kalma konusundaki endişeleri artırmıştır (Li vd., 2024). Dünya çapında birçok ülke ve bölgenin yerleşim yerlerinde güneş ışığı saatleri için asgari gereksinimler bulunmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde çoğu eyalette kış gündönümünde konutlar için ulusal asgari güneş ışığı saati standardının günde en az 1–2 saat, Avustralya'da 2 saat, İngiltere ve Rusya'da 3 saat, Çin'de 2 saat ve Japonya'da 3 saat olması zorunlu kılınmıştır (Chen vd., 2024). Ülkemizde konutlar için ulusal asgari güneş ışığı saati standardı bulunmamaktadır. Bu bağlamda sürdürülebilir kentsel ve mimari tasarımı desteklemek için zorunlu ulusal güneş ışığı politikası oluşturulmalıdır.

#### **4. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada, Tavşanlı Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi'nin 3B sanal modeline dayalı olarak kış ve yaz gündönümü (21 Aralık ve 21 Haziran) tarihleri ile ekinoks (21 Mart ve 23 Eylül) tarihlerinde çatı ve cephe yüzeylerindeki güneşlenme süresinin analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın bulguları ışığında elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

- Çalışma alanı içerisinde en uzun güneşlenme süresi yaz gündönümünde, en kısa güneşlenme süresi kış gündönümünde gerçekleşmiştir. İlkbahar ve sonbahar ekinokslarında benzer güneş ışığı koşulları yaşanmıştır.
- İlkbahar ve Sonbahar Ekinokslarında; Hastanenin çatı yüzeyleri 11 – 12 saat, güneye bakan cepheleri 8 – 9 saat, batıya bakan cepheleri 4 – 5 saat, doğuya bakan cepheleri 6 – 7 saat ve kuzeye bakan cepheleri 0 – 1 saat aralığında güneş ışığı almıştır.
- Yaz gündönümünde; Hastanenin çatı yüzeyleri 14 – 15 saat, güneye bakan cepheleri 8 – 9 saat, batıya bakan cepheleri 7 – 8 saat, doğuya ve kuzeye bakan cepheleri 6 – 7 saat güneş ışığı almıştır.
- Kış gündönümünde; Hastanenin çatı yüzeyleri 8 – 9 saat, güneye bakan cepheleri 9 – 10 saat, batıya bakan cepheleri 4 – 5 saat, doğuya ve kuzeye bakan cepheleri 2 – 3 saat güneş ışığı almıştır.
- Hastanenin dikey cephelerinde gözlemlenen, güneş ışığı dağılımındaki mekânsal heterojenlik, cephe bileşenlerinin kendi kendine gölgelemesinden kaynaklanmaktadır.

- Hastanenin çatı yüzeyleri ve güneye bakan dikey cepheler, diğer cephelere kıyasla daha az miktarda gölge alanı ve daha fazla süre güneş ışığı topladıkları için hastanenin bu yüzeyleri güneş ışınımı enerjisini kullanmada daha yüksek potansiyel göstermiştir.

Çalışma, kamu binalarının önemli bir bileşeni olan hastanelerde gelecekteki enerji tasarrufu tasarımlarına rehberlik etmek için gelişmiş 3B simülasyon araçlarını kullanarak sürdürülebilir kentsel planlama, çevre koruma ve enerji verimliliği gibi hedeflere katkıda bulunmaktadır.

Bu çalışmada sunulan metodolojik yaklaşımı, mimarlara, mühendislere, şehir plancılarına bir projenin erken tasarım aşamalarında bilinçli kararlar almaları için kılavuzluk sağlamak, teknik kararlara yardımcı olmak ve kentsel gölgelemenin güneş potansiyeli üzerindeki etkisini sınırlamak için farklı kentsel bağlamlarda kullanılabilir. Ayrıca, mevcut kentsel alanlarda Fotovoltaik (PV) sistem kurulum kararlarını optimize etmek için kullanılabilir. Bu çalışmada, hastanenin etrafındaki binaların 3B modeli araştırmaya dahil edilmemiştir. Bu durum çalışmanın sınırlılığı olarak gözükmektedir. Sokakların genişliği, binaların yoğunluğu, binaların yüksekliği, ağaçların yüksekliği vb. gibi kentsel yerleşimin özellikleri, bina zarfının güneşlenme süresi üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Bu nedenle, gelecekteki çalışmalar mahalle bağlamını içermelidir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## YAZARLARIN KATKILARI

A.U.: Araştırma, yöntem, orijinal taslak hazırlama, yazı yazma, kaynaklar, gözden geçirme ve düzenleme.

A.T.: Araştırma, yöntem, orijinal taslak hazırlama, doğrulama, gözden geçirme ve düzenleme.

## KAYNAKLAR

- Ahmadi, H., & Ahmadi, F. (2019). Evaluation of sunshine duration and temporal-spatial distribution based on geostatistical methods in Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16, 1589-1602.
- Almorox, J. Y., & Hontoria, C. J. E. C. (2004). Global solar radiation estimation using sunshine duration in Spain. *Energy Conversion and Management*, 45(9-10), 1529-1535.
- Bartoszek, K., Matuszko, D., & Węglarczyk, S. (2021). Trends in sunshine duration in Poland (1971–2018). *international Journal of Climatology*, 41(1), 73-91.
- Bucking, S., Zmeureanu, R., & Athienitis, A. (2014). A methodology for identifying the influence of design variations on building energy performance. *Journal of Building Performance Simulation*, 7(6), 411-426.
- Czachura, A., Kanters, J., Gentile, N., & Wall, M. (2022). Solar performance metrics in urban planning: A review and taxonomy. *Buildings*, 12(4), 393.
- Chen, K., You, S., Shu, M., & Huang, Y. (2024). Urban life and sunshine: Equitable sunlight resource allocation among different consumer groups?. *Energy and Buildings*, 311, 114177.

- Du, K., Ning, J., & Yan, L. (2020). How long is the sun duration in a street canyon?—Analysis of the view factors of street canyons. *Building and environment*, 172, 106680.
- EİGM, (2024). Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Kütahya İli Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası, <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/43.aspx>, (Son erişim tarihi: 21.09.2024).
- Fu, Y., & Wang, W. (2023). Association between provincial sunshine duration and mortality rates in China: Panel data study. *Heliyon*, 9(5).
- Gassar, A. A. A., & Cha, S. H. (2020). Energy prediction techniques for large-scale buildings towards a sustainable built environment: A review. *Energy and Buildings*, 224, 110238.
- Guo, C., Dai, H., Liu, X., Wu, Y., Liu, X., & Liu, Y. (2020). Impacts of climate change mitigation on agriculture water use: A provincial analysis in China. *Geography and Sustainability*, 1(3), 189-199.
- Huang, X., Li, C., & Zhuang, Z. (2021). Analysis of height-to-width ratio of commercial streets with arcades based on sunshine hours and street orientation. *Applied Sciences*, 11(4), 1706.
- Ismail, K. H., & Al, A. (2022). Prediction of global solar radiation from sunrise duration using regression functions. *Kuwait Journal of Science*, 49(3).
- Jaworeck, S., & Kriwy, P. (2021). It's Sunny, Be Healthy? An international comparison of the influence of sun exposure and latitude lines on self-rated health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4101.
- Kaba, K., Kandırmaz, H. M., & Avcı, M. (2017). Estimation of daily sunshine duration using support vector machines. *International Journal of Green Energy*, 14(4), 430-441.
- Kanters, J., & Wall, M. (2014). The impact of urban design decisions on net zero energy solar buildings in Sweden. *Urban, Planning and Transport Research*, 2(1), 312-332.
- Karagüler, S., & Sterler, B. (2022). Positioning Of Buildings According To The Optimal Benefit From The Sun In The Sustainable Design Of Housing Areas. *JENAS Journal of Environmental and Natural Studies*, 4(2), 157-173.
- Kaur, S., Kok, E. Y., Jamil, N. A., & Sebayang, S. K. (2024). Exploring the relationship between sunlight exposure, psychological health, and gestational weight gain: a prospective observational study. *BMC Public Health*, 24(1), 122.
- Kolečanský, Š., Hofierka, J., Bogřanský, J., & Šupinský, J. (2021). Comparing 2D and 3D solar radiation modeling in urban areas. *Energies*, 14(24), 8364.
- Matzarakis, A. P., & Katsoulis, V. D. (2006). Sunshine duration hours over the Greek region. *Theoretical and Applied Climatology*, 83, 107-120.
- Li, J., Xia, H., Jiang, J., Xu, W., Wen, D., & Xu, J. (2024). Spatiotemporal changes in sunshine duration and its influential factors in Chongqing, China from 1961 to 2020. *Journal of Mountain Science*, 21(6), 2005-2024.
- Li, Z., Peng, C., Xu, Q., & Li, X. (2024). Sunlight Optimization in Residential Area Design: Introducing sOSA-A Comprehensive Indicator for Swift Assessment of Outdoor Sunshine Exposure. *Building and Environment*, 111755.
- Mohandes, M. A., & Rehman, S. (2013). Estimation of sunshine duration in Saudi Arabia. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 5(3).
- Moriarty, P., & Wang, S. J. (2014). Low-carbon cities: Lifestyle changes are necessary. *Energy Procedia*, 61, 2289-2292.
- Owczarek, M., & Malinowska, M. (2023). Manual and automatic measurements of Sunshine Duration in Cassubian Lakeland (northern Poland). *Atmosphere*, 14(2), 244.
- Özdemir, H., & Çakmak, B. Y. (2024). The Impact Of Sun Hour And Sky View Factor On Hospital Buildings Design: A Parametric Design Analysis In Konya, Turkey. *Journal Of Engineering Science And Technology*, 19(5), 1600-1616.
- Pashiardis, S., Pelengarıs, A., & Kalogirou, S. A. (2023). Geographical Distribution of Global Radiation and Sunshine Duration over the Island of Cyprus. *Applied Sciences*, 13(9), 5422.

- Rocha, Á. B. D., Fernandes, E. D. M., Santos, C. A. D., Diniz, J. M., & Junior, W. F. (2020). Development and validation of an autonomous system for measurement of sunshine duration. *Sensors*, 20(16), 4606.
- Shi, Y., Yan, Z., Li, C., & Li, C. (2021). Energy consumption and building layouts of public hospital buildings: A survey of 30 buildings in the cold region of China. *Sustainable cities and Society*, 74, 103247.
- Song, L., & Jin, J. (2020). Effects of sunshine hours and daily maximum temperature declines and cultivar replacements on maize growth and yields. *Agronomy*, 10(12), 1862.
- Tang, C., Zhu, Y., Wei, Y., Zhao, F., Wu, X., & Tian, X. (2022). Spatiotemporal characteristics and influencing factors of sunshine duration in China from 1970 to 2019. *Atmosphere*, 13(12), 2015.
- Thapar, V. (2023). A revisit to solar radiation estimations using sunshine duration: analysis of impact of these estimations on energy yield of a PV generating system. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 45(3), 8356-8380.
- Teyabeen, A. A., Elhatmi, N. B., Essnid, A. A., & Mohamed, F. (2024). Estimation of monthly global solar radiation over twelve major cities of Libya. *Energy and Built Environment*, 5(1), 46-57.
- TRH, (2024). <https://www.trhastane.com/tavsanlı-fizik-tedavi-ve-rehabilitasyon-hastanesi-659.html/>, Erişim Tarihi: 22.09.2024.
- Tuğcu, A. (2023). PVSYST Simülasyon Aracı Kullanılarak Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Tavşanlı Yerleşkesi Şebeke Bağlantılı Güneş Enerjisi Santralinin Tasarımı ve Ekonomik Analizi. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2), 397-417.
- Uçkan, İ., & Khudhur, K. M. (2022). Improving of global solar radiation forecast by comparing other meteorological parameter models with sunshine duration models. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(25), 37867-37881.
- Vernet, A., & Fabregat, A. (2023). Evaluation of empirical daily solar radiation models for the Northeast Coast of the Iberian Peninsula. *Energies*, 16(6), 2560.
- Yüzer, E. O., & Bozkurt, A. (2024). Comparison of Regional Empirical Models Based on Sunshine Duration for Determining Solar Radiation. *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)*, 14(1), 82-92.
- Zhou, H., Quan, W., Wang, Z., Li, X., Li, Y., & Zhao, H. (2021). Comparison of sunshine duration measurements between a Jordan sunshine recorder and three automatic sensors at Shangdianzi GAW station. *Journal of Meteorological Research*, 35, 716-728.
- 3DSP, (2024). PD: 3D Sun-Path <https://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html>, Erişim Tarihi: 27.09.2024.