

Türkiye'nin Albedo Farkındalığı: Albedometreyi Yeniden Tasarlamak

THE ALBEDO AWARENESS OF TÜRKİYE: REDESIGNING THE ALBEDOMETER



ANTALYA
İL MİLLÎ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ

Ada ARSLAN¹

Ömer YILMAZ²

Ayşe ARSLAN^{3*}

^{1,2,3}Düzce Bilim ve Sanat Merkezi, Düzce,Türkiye
^{1,2,3}Düzce Science and Art Center, Düzce,Türkiye

adaarslan.667@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7020-117X

omerylmz81301@gmail.com
ORCID: 0000-0003-1271-6164

*aysekaraul@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8197-5114

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFORMATION

Geliş Tarihi / Date Received

17.12.2022

Kabul Tarihi / Date Accepted

17.12.2022

Yayın Tarihi / Date Published

Ağustos / August 2023

Yayın Sezonu / Pub Date Season

Ağustos - Ocak / August - January

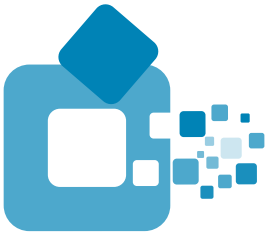
ATIF / CITE as

Arslan, A., Yılmaz, Ö., Arslan, A., (2023). "Türkiye'nin Albedo Farkındalığı: Albedometreyi Yeniden Tasarlamak" / "The Albedo Awareness of Türkiye: Redesigning the Albedometer". *Bilar: Bilim Armonisi Dergisi*, 6 (1): 54-62. doi: 10.37215/bilar.1217280

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bilar>

Copyright © Published by Antalya İl Millî Eğitim Müdürlüğü Since 2018, Antalya, 07100 Turkey. All rights reserved.





Türkiye'nin Albedo Farkındalığı: Albedometreyi Yeniden Tasarlamak

THE ALBEDO AWARENESS OF TÜRKİYE: REDESIGNING THE ALBEDOMETER



ANTALYA
İL MİLLÎ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ

ÖZET

Günümüzde kurak geçen mevsimler sebebiyle küresel ısınmanın etkileri daha da görünür hale gelmiştir. Bu araştırma ile ülkemizin albedo farkındalığını ortaya koymak ve ileride yürütülecek iklim araştırmalarına veri sağlamak istenmiştir. Ayrıca alternatif bir albedometre tasarımı sunularak etkililiği test edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda öncelikle Google Earth uygulaması ile ülkemizde yer alan 81 ile ait merkezler görüntülenerek fotoğrafları alınmıştır. Bu fotoğraflar kuş bakışı görüntüde sıklıkla görülen yüzeyler göz önüne alınarak temel beş kategoride tanımlanmıştır. Mevcut tanımlamalar yıllık güneşlenme süresiyle karşılaştırılarak tablolaştırılmıştır. Ayrıca ArduinoUno ve güneş panelleri kullanılarak albedometre tasarımı yapılarak ölçümler alınmıştır. Araştırmamızın ilk bölümünde ülkemizin albedo farkındalığını tespit etmek için inceleme ve ikinci bölümündeki albedometre tasarımında ise deneysel yöntem kullanılmıştır. Birinci bölüme ilişkin veriler iki farklı gözlemci tarafından yapılarak görüş birlikleri ve ayrılıklarına göre yeniden düzenlenmiştir ve sonuçlar betimlenmiştir. İkinci bölüme ilişkin veriler beyaz ve siyah yüzeylerde ölçüm sonuçlarının karşılaştırmalı analizi ile yapılmıştır. Araştırma sonucunda ülkemizin albedo farkındalığının illere göre değişmekte olduğu tespit edilmiştir. Güneşli gün sayısının en yüksek olduğu illerimizin oranının %11 olduğu ve bu illerimizdeki binaların bazılarının çatılarında beyaz çatı kullanımının tercih edilmediği görülmüştür. Güneş radyasyonuna en fazla maruz kalan illerimizin Antalya ve Muğla olduğu ancak bu illerimizde albedo farkındalığının düşük olduğu tespit edilmiştir. Tasarlanan albedometre ile beyaz ve siyah yüzeylerde yapılan 10 dakikalık ölçümler sonucunda beyaz yüzeylerin yansıtıcılığının siyah yüzeylere göre 849 birim daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Araştırmadan yola çıkarak özellikle Akdeniz ve Güney Doğu Anadolu Bölgelerinde yer alan Güneşli gün sayısı fazla olan ve Güneş radyasyonuna daha fazla maruz kalan illerde albedo farkındalığının artırılması ve çatılarda Güneş enerjisinden faydalanılmayan kısımlarda termokromik ya da fotokromik malzeme ile güneş ışınlarının yansıtıcılığının artırılması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Albedo, Albedometre, Albedo Farkındalığı, Yansıtıcılık, Küresel İklim Değişikliği

ABSTRACT

The effects of global warming have become more visible due to the dry seasons. With this research, it was aimed to reveal the albedo awareness of our country and to provide data for future climate research. In addition, an alternative albedo meter design was presented and effectiveness was tested. For this purpose, first of all, the centers of 81 cities in our country were displayed with the Google Earth application and their photos were taken. These photographs are defined in five basic categories, taking into account the surfaces that are frequently seen in the bird's eye view. Existing definitions are tabulated by comparison with annual sunshine duration. In addition, measurements were taken by designing albedo meter using Arduino Uno and solar panels. In the first part of our research, the experimental method was used in the analysis to determine the climate awareness and in the design of the albedo meter in the second part. The data related to the first part were made by two different students and rearranged according to their consensus and disagreement, and the results were described. The data for the second part were made by comparative analysis of the measurement results on White and black surfaces. As a result of the research, it has been determined that the albedo awareness of our country varies according to the provinces. It has been observed that the rate of our provinces with the highest number of sunny days is 11% and the use of White roofs on the roofs of some of the buildings in these provinces is not preferred. It has been determined that Antalya and Mugla are the provinces most exposed to solar radiation, but the awareness of albedo is low in these provinces. As a result of 10-minute measurements made on White and black surfaces with the designed albedometer, it was determined that the reflectivity of White surfaces was 849 units higher than that of black surfaces. Based on the research, it is recommended to increase the awareness of albedo in provinces with a high number of sunny days and more exposed to solar radiation, especially in the Mediterranean and South-eastern Anatolia Regions, and to increase the reflectivity of solar rays with the thermochromic or photochromic materials on the roofs where solar energy is not utilized.

Keywords: Albedo, Albedometer, Albedo Awareness, Reflectivity, Global Climate Change

1. GİRİŞ

Güneş ışınları fotosentez sayesinde gezegenimizdeki yaşamın bağlı olduğu besini ve oksijeni sağlamaktadır (Demmig-Adams ve Adams 2000). Yaşamımız için hayati önemi olan Güneş ışığının aynı zamanda cisimlerin görünürlüğü açısından da önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir. Işık ışınlarının cisimlere çarparak yansıyan ışınların gözümüze gelmesi sonucunda görmenin fiziksel süreci gerçekleşmektedir. Güneş ışığının yüzeylerle etkileşimi sonucu gerçekleşen yansıma, farklı yüzeylerde farklı şekillerde olabilmektedir. Yüzeylerin ışık ışınlarını yansıtıcılığı, albedo kavramı ile tanımlanmaktadır. Albedo (Latince Albus) beyaz anlamına gelmektedir ve en genel anlamıyla bir yüzeyin üzerine düşen elektromanyetik enerjiyi yansıma potansiyeli olarak (Vurarak vd. 2019) ve yüzeyde oluşan yukarı ve aşağı doğru ışınma oranı olarak (Payne 1972) tanımlanmaktadır. Gezegen albedo ise güneşten gelen ışığın dünya tarafından uzaya geri yansıyan kısmına denmektedir. Yansıtılmayan ışık, atmosfer ve yüzey tarafından emilerek atmosferin ve okyanusun hareketlerini sürdürmek, iklimi korumak ve kısacası dünyayı yaşanabilir kılmak için gereken enerji girdisini sağlamaktadır (Twomey 1974). Albedo kavramının astronomi ve iklim üzerindeki etkileri karmaşık olsa da hem bölgesel hem de küresel ölçekte yürütülen albedo çalışmalarının, Dünya'daki iklim modellerinde büyük gelişmelere yol açabileceği öngörülmektedir (Perkins 2019). Yüksek oranda yukarı doğru radyasyon, ortamdaki nesnelere daha fazla foton yansıtmasına neden olabilir ve bu da ortam sıcaklığını etkileyebilir. Bu alanda yürütülen araştırmalar önemlidir çünkü iklim değişikliğini nasıl daha iyi yönetebileceğimizi anlamamıza yardımcı olabilmektedir.

Bir yüzeyin albedosu Güneş ışığının geliş açısı, yüzey alanı ve yüzey rengine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Okatan 2022). Yeryüzünün albedosunu etkileyen önemli faktörlerden bir diğeri de kayaç türü ve yeryüzü şekilleridir. Farklı kayaç türleri güneş ışığının radyasyonunu farklı yansıtır. Bu sebeple yeryüzünün farklı bölgelerinin biri ile aynı biçimde ısınmamasına sebep olmaktadır (Karadoğan ve Kavak 2017). Bir yüzeyin yansıtıcılık

oranı anlamı taşıyan albedo kentlerden de etkilenen bir fenomen olarak karşımıza çıkmaktadır. Kentsel albedoyu etkileyen faktörler incelendiğinde ise yine yüzeylerin yansıtıcılarını incelemek gerekmektedir. Sayısal simülasyonlar ve saha ölçümleri, artan albedo ve bitki örtüsünün, zemine yakın yüzey ve hava sıcaklıklarını düşürmede etkili olabileceğini göstermektedir (Taha 1997). Artan kentsel albedo yaz aylarındaki sıcaklıkları azaltmada etkili olabilmekte, bu azalma sonucunda da klima kullanımından doğacak maliyetler düşmektedir. Artan kentsel albedonun sera gazı konsantrasyonuna bir noktaya kadar karşı koymada etkili olduğu ve troposfer sistemi tarafından sağlanan emilimin azalmasına neden olduğu belirtilmektedir (Akbari vd. 2009). Türkiye'nin avantajlı coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi için yüksek bir potansiyele sahip olduğu bilinmektedir (Topkaya 2012). Türkiye'nin yıllık ortalama güneşli gün sayısı ve güneş alma potansiyeli Şekil 1'de belirtilmiştir (MGM 2022). Güneş enerjisi yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Güneş radyasyonundan genellikle güneş panelleri ile su ısıtma amacıyla yararlanılmaktadır. Koyu renkli güneş panelleri güneş ışığını soğurarak içerisinde yer alan suyu ısıtma prensibi ile çalışmaktadır (Şen 2008). Ancak güneş enerji panelleriyle yararlanılmayan güneş ışınları etkileştiği yüzeylerin ışınları absorbe etmesi sonucunda yüzeylerin sıcaklığını artırdığı, güneş enerjisi teknolojilerinden yararlanmak amacıyla çatıların tamamında güneş panellerinin yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılmadığı ve bu durumun da albedoyu düşürdüğü düşünülmektedir.



Şekil 1. Ülkemizin Güneş Enerji Potansiyeli Haritası

Albedo ile ilgili literatür incelendiğinde pek çok yüzeyin albedo değerleri üzerine araştırma yapıldığı ve yüzeylerin ortalama yansıtıcılık değerlerinin hesaplandığı tespit edilmiştir. Örneğin

Payne (1972) tarafından yürütülen deniz yüzeyinin albedosunun incelediği araştırmada Atlantik Okyanusunun aylık ortalama albedo değerini hesaplamaya çalışmıştır. Bu araştırma sonucunda ise okyanuslarda soğurulan güneş enerjisinin iklimsel tahminlerle doğruluğunun, aşağı doğru ışınımın iklimsel tahminlerinin doğruluğu ile sınırlı olduğunu söylemiştir. Twomey (1974) tarafından yürütülen bir araştırmada atmosferdeki bulutların yansıtıcılığının da iklim üzerinde uzun vadeli etkileri olabildiği belirtilmektedir. Vurarak vd. (2019) tarafından yürütülen araştırmada ise toprağın albedo değerlerinin değiştirilebilirliği üzerine bir araştırma yürütülmüş ancak toprak üzerinde yürütülen tarımsal faaliyetlerin çeşitliliğine göre albedo ölçümü ile ilgili bir çalışmaya rastlanmadığı belirtilmiştir. Şimşek ve Şengezer (2012) tarafından yürütülen araştırmada ise ağaçlandırılan bölgelerdeki radyasyonun çoğunun buharlaşmaya bağlı soğuma sonucunda ısı akışı gerçekleşmekte olduğu ve toprağı ısıtacak güneş radyasyonu engellendiğinden yüzeye yakın bölgelerde ısının hissedilir derecede düşebileceği belirtilmiştir. Tozam ve Karaca (2018) tarafından yürütülen araştırmada da çatılarda siyah yüzey malzemesi kullanıldığında sıcaklığın 82 oC olduğu, metal çatı kullanıldığında 71 oC olduğu ve beyaz çatı kullanıldığında ise 49 oC olduğu belirtilmiştir. Küresel iklim değişikliğinin ve artan sıcaklıkların pek çok farklı dinamik ve değişkenden etkilendiği bilirse de alınacak küçük önlemlerin bu etkilerin olumsuz yanlarını azaltmada etkili olabileceği ve antropojenik etkiyi azaltabileceği düşünülmektedir. Yürütülen literatür taraması sonuçlarından yola çıkarak ülkemizin artan sıcaklıklarla baş edebilmesi için albedo farkındalığına ne ölçüde sahip olduğunun yeterince ele alınmadığı görülmüştür. Bu sebeple mevcut araştırmada illerimizin albedo farkındalığı literatürde belirtilen kriterler doğrultusunda incelenerek bir albedometre tasarımı ile bu farkındalığın gerekliliği somut verilerle ortaya koymak istenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu araştırmada yararlanılan materyaller ile elde edilen veriler ve yürütülen veri analiz çalışmaları bu bölümde verilmiştir.

2.1. Veri Toplama Araçları

2.1.1. Albedo Farkındalığı

Bu araştırmada albedo farkındalığını ölçebilmek için arazi görünümünün sınıflandırılmasını kapsayan ölçümler yapılmıştır. Ülkemizin şehir merkezleri Google Earth uygulaması (Google 2023) ile 3D fotoğraflanarak elde edilen uydu görüntüleri belirlenen temel özelliklere göre sınıflandırılmıştır. Kentsel yüzeylerin yaklaşık %20-25'ini çatılar ve yaklaşık %40'ını kaldırımlar oluşturmaktadır ve bu alanlarda yansıtıcı yüzeyler kullanıldığında şehirlerin albedo oranlarında 0,1'lik bir artış sağlamaktadır (Akbari vd. 2009). Bu sebeple mevcut araştırmada kentsel alanlarda sıklıkla görülen ormanlık alanlara, asfalt yüzeyler ile özellikle çatılara ve çatıların renklerine odaklanılmıştır.

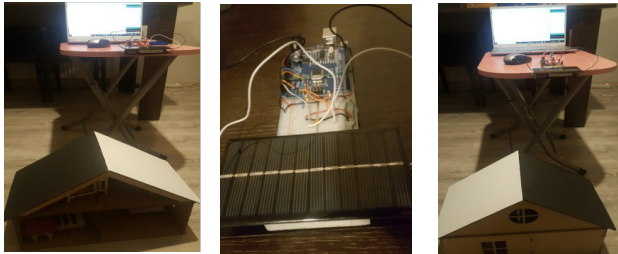
2.1.2. Albedometre Tasarımı

Arduino, İtalyan elektronik mühendisleri tarafından açık kaynak kodlu olarak geliştirilen, kullanıcılara esnek ve kolay kullanım olanağı sağlayan donanım ve yazılım tabanlı bir fiziksel programlama platformudur (Ersin 2015). Bu araştırmaya özgü albedometre tasarımında ArduinoUno ve özdeş iki güneş paneli kullanılmıştır. Breadboard'ın üzerine ve altına monte edilen iki güneş paneli ile gelen ışın ve yansıyan ışın miktarları ekran üzerinden ölçülerek kaydedilmiş ve tablolaştırılmıştır. Bu sebeple en koyu ve en açık rengi temsil eden siyah renkli çatı ile beyaz renkli çatı kullanılarak bir ev maketi oluşturulmuştur. Maketin çatı tasarımında siyah ve beyaz karton kullanılmıştır. ArduinoUno ve 110x60 mm'lik güneş panelleri ile ölçüm yapacağımız düzenek Breadboard üzerinde oluşturularak yaklaşık 30 cm yükseklikten gelen ışık miktarı ve yansıyan ışık miktarı onar dakika boyunca her iki renk çatı için ölçülmüştür. Bu ölçümlerin kırkar saniyelik kısımlarının ekran görüntüsü alınarak araştırmada kullanılmıştır. ArduinoUno geliştirme kartı 16Mhz hızında çalışan Atmega 328p mikrodenetleyicisine sahiptir. Ölçüm işlemi mikrodenetleyicinin (Atmega 328p) analog dijital (ADC- Analog Digital Converter) dönüştürücü birimi kullanılarak yapılmıştır. Işık gibi fiziksel ortam büyüklükleri analog yapıdadır. Mikrodenetleyiciler ise 0 ve 1

olarak yani Sayısal (Dijital) olarak bilgiyi işler ve saklarlar. Kullandığımız Mikrodenetleyicinin ADC birimi 10 bit çözünürlüktedir ve analog bilgiyi işlemek için yeterli çözünürlüktedir.

Ortamdaki fiziksel büyüklükleri mikrodenetleyici gibi elektriksel cihazlarla ölçebilmek için bu büyüklükler önce elektrik sinyaline dönüştürülmelidir. Elde edilen elektrik sinyali elektriksel olarak analog yapıdadır. Bu analog elektrik sinyali mikrodenetleyicide işleyebilmek için dijital yapıya çevirmemiz gerekmektedir. Bunun için mikrodenetleyicinin içinde hazır olarak bulunan ADC birimi kullanılmıştır.

Güneş panelleri ışık miktarını ölçmemizi sağlayacak sensör olarak kullanılmıştır. Gelen ışık güneş panelleri tarafından elektrik sinyaline dönüştürülür. Panellerinden elde edilen elektrik sinyali mikrodenetleyicinin analog girişlerine (A0 ve A1) bağlanmıştır. ADC birimi tarafından okunduktan sonra elektrik bilgisi de 0 ile 1023 arası bir değere dönüştürülür. Kullanılan mikrodenetleyicinin analog bir bilgiyi okuma hızı yaklaşık 100 mikrosaniyedir. Her 100 mikrosaniyede bir örnek olmak toplam 20 örnek alınmış ve örneklerin ortalaması o anki değer olarak belirlenmiştir. Ölçüm hassasiyetini kaybetmemek için albedometre sabitlenmiş, yapay ışığın geliş açısı aynı kalmış, sadece çatının siyah ve beyaz yüzeyinin konumu değiştirilmiştir. Albedometre ve çatıların konumu Şekil 2’de verilmiştir.



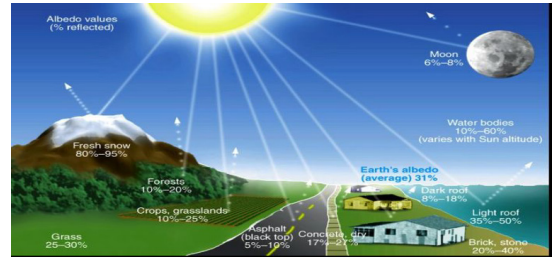
Şekil 2. Ülkemizin Güneş Enerji Potansiyeli Haritası

2.2. Verilerin Analizi

Ülkemizin albedo farkındalığının ve albedometrenin işlevselliğinin araştırıldığı bu araştırmada elde edilen veriler iki aşamada analiz edilmiştir.

2.2.1. Ülkemizin Albedo Farkındalığına İlişkin Verilerin Analizi:

Ülkemizin il merkezlerinin görüntüleri alınarak temel 5 kategori üzerinden toplanan veriler, ortalama yüzdelik oranları belirlenerek analiz edilmiştir. Şehirlerin uydu görüntülerine göre renk sınıflandırması; açık renkli çatılar, koyu renkli çatılar, ormanlık alanlar, asfalt yüzeyler ve bu kategorilere girmeyen diğer yüzeyler olarak 5 grupta yapılmıştır. Google Earth üzerinden ortalama 1 km yükseklikten çekilen görüntüler üzerinde yapılan bu sınıflandırmalar, güneşli gün sayısı ile karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Bu nedenle şehir merkezinin uydu görüntüsü ortalama 10x10'luk 100 birim kareye bölünerek, renk ve yansıtıcılık değerlerini etkileyen değişkenler ise ortalama değer olarak ölçülmek istenmiştir. Elde edilen veriler Türkiye Güneş enerjisi potansiyeli MGM (2022) verileri ile birlikte değerlendirilmiştir. Kategorilerin belirlenmesinde yararlanılan görsel de Salleh vd. (2014) tarafından ifade edilen Şekil 3’te belirtilmiştir. Ayrıca büyük şehirler ve küçük şehirlerin çatı rengi ile güneş alma sürelerine ilişkin veriler IBM SPSS 25 (Statistical Package for the Social Sciences) ile analiz edilmiştir.



Şekil 3. Ülkemizin Güneş Enerji Potansiyeli Haritası

2.2.2. Albedometreye İlişkin Verilerin Analizi

Time & Date (2019) web sitesi üzerinden görüntülenebilen, normalde Düzce ilimizin astronomik öğleninde ve açık havada yapılması planlanan deney gerçekleştirilememiştir. Albedometrenin il bazında düzgün çalışabilmesi ve hassas ölçüm verileri elde edebilmek için araştırmanın verilerinin astronomik güneş öğleninden 10 dakika önce ve sonra toplanması planlanmış ancak hem meteorolojik olaylar hem de pandemi koşulları sebebiyle gerçekleştirilememiştir. Bu koordinatlar

Güneş ışığının gelme açısını etkilediğinden farklı illerde uygulama yapıldığında ölçüm değerlerini etkileyeceğinden önem taşımaktadır. Bu sebeplerle deney ev ortamında gerçekleştirilmiştir. Gözlem yapılması planlanan verilere ilişkin görsel Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Gözlem Yapılması Planlanan Gün ve Astronomik Güneş Öğlen Verileri

Araştırma 60 watt gücündeki sarı ışık veren bir ampul ile gerçekleştirilmiştir. Dış ortamdaki Güneş ışığının deneyin verilerini etkilememesi için deney gece yarısı ve dış ortam karanlıkken gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerin hesaplanmasında güneş panelleri üzerine düşen ışık miktarı Arduino ile kodlanarak ekran üzerinden okunan birim değer üzerinden ölçülmüştür. Albedometre ve çatıların görünümü Şekil 1'deki gibi konumlandırılmıştır. Albedometrenin üzerine düşen ışık miktarının ve ışığın geliş açısının sabit kalması için albedometre değil, çatının pozisyonu değiştirilmiştir. Beyaz çatı ve siyah çatıya gönderilen ışık ışınlarındaki ve yansıyan ışınlardaki değişim miktarlarına ilişkin ölçümler Şekil 5'te verilmiştir. Bu veriler Excel'de ortalamaları alınarak hesaplanmıştır. Ayrıca gelen ışın miktarı ile yansıyan ışın miktarının oranlanması ile siyah ve beyaz çatıların albedo değerleri hesaplanmıştır.

3. BULGULAR

Ülkemizin albedo farkındalığına ilişkin bulgularla ve albedometre tasarımından elde edilen bulgular bu bölümde yer verilmiştir.

3.1. İllerin Uydu Görüntülerine İlişkin Bulgular:

Ülkemizin 81 il merkezinin görüntülerinden elde edilen veriler illerin yıllık güneş alma oranları ile birlikte Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. İllerin Albedo Farkındalığına İlişkin Veriler						
İl Kodu / İl Adı	Beyaz Çatı Kullanım Oranı (%)	Kiremit Kullanım Oranı (%)	Ormanlık Alanlar (%)	Asfalt Yüzeyler (%)	Diğer (%)	Yıllık Güneş Alma Oranı (saat-yıl)
01 Adana	60	10	10	15	5	2,953
02 Adıyaman	75	5	5	10	5	2,961
03 Afyon	70	10	0	15	5	2,705

Çizelge 1. İllerin Albedo Farkındalığına İlişkin Veriler						
İl Kodu / İl Adı	Beyaz Çatı Kullanım Oranı (%)	Kiremit Kullanım Oranı (%)	Ormanlık Alanlar (%)	Asfalt Yüzeyler (%)	Diğer (%)	Yıllık Güneş Alma Oranı (saat-yıl)
04 Ağrı	50	0	30	0	20	2,778
05 Amasya	0	70	15	5	10	2,427
06 Ankara	25	45	5	20	5	2,611
07 Antalya	25	60	0	15	0	3,011
08 Artvin	10	45	25	5	15	2,124
09 Aydın	30	60	0	10	0	2,686
10 Balıkesir	0	90	0	10	0	2,686
11 Bilecik	5	85	0	10	0	2,424
12 Bingöl	10	75	0	5	10	2,719
13 Bitlis	40	50	0	10	0	2,690
14 Bolu	0	85	0	10	5	2,402
15 Burdur	0	85	0	10	5	2,944
16 Bursa	10	75	5	10	0	2,515
17 Çanakkale	5	75	5	10	5	2,807
18 Çankırı	0	90	0	10	0	2,514
19 Çorum	0	85	0	15	0	2,511
20 Denizli	5	75	0	15	5	2,931
21 Diyarbakır	85	5	0	10	0	2,613
22 Edirne	0	85	0	15	0	2,697
23 Elazığ	5	85	0	10	0	2,829
24 Erzincan	10	75	0	15	0	2,595
25 Erzurum	10	75	0	15	0	2,504
26 Eskişehir	0	85	0	10	5	2,479
27 Gaziantep	40	40	5	10	5	2,978
28 Giresun	0	85	0	15	0	2,285
29 Gümüşhane	0	60	25	10	5	2,349
30 Hakkari	30	60	0	10	0	3,508
31 Hatay	5	75	0	10	10	2,997
32 Isparta	0	85	0	15	0	2,858
33 İçel	70	10	0	15	5	3,015
34 İstanbul	20	60	5	15	0	2,446
35 İzmir	30	60	0	10	0	2,986
36 Kars	40	40	0	15	5	2,537
37 Kastamonu	0	80	5	15	0	2,842
38 Kayseri	20	60	0	10	10	2,842
39 Kırklareli	0	90	0	5	5	2,628
40 Kırşehir	0	85	5	10	0	2,769
41 Kocaeli	5	70	5	15	5	2,373
42 Konya	0	80	0	15	5	2,898
43 Kütahya	5	80	0	10	5	2,559
44 Malatya	0	80	0	15	5	2,873
45 Manisa	30	45	5	15	5	2,840
46 Kahramanmaraş	20	10	5	50	15	2,913
47 Mardin	10	0	0	80	10	3,033
48 Muğla	0	85	5	5	5	3,040
49 Muş	30	45	5	5	15	2,686
50 Nevşehir	20	40	5	15	20	2,834
51 Niğde	0	75	5	15	5	2,930
52 Ordu	0	80	5	10	5	2,263
53 Rize	5	70	15	10	0	2,124
54 Sakarya	5	80	5	10	0	2,358
55 Samsun	5	80	5	10	0	2,314
56 Siirt	70	15	0	10	5	2,828
57 Sinop	0	70	10	5	15	2,347
58 Sivas	5	80	0	10	5	2,653
59 Tekirdağ	0	80	0	10	10	2,606
60 Tokat	0	80	10	10	0	2,464

Çizelge 1. İllerin Albedo Farkındalığına İlişkin Veriler							
İl Kodu / İl Adı	Beyaz Çatı Kullanım Oranı (%)	Kiremit Kullanım Oranı (%)	Ormanlık Alanlar (%)	Asfalt Yüzeyler (%)	Diğer (%)	Yıllık Güneş Alma Oranı (saat-yıl)	
61	Trabzon	0	70	10	10	10	2,132
62	Tunceli	10	70	10	10	0	2,716
63	Şanlıurfa	10	0	0	85	5	3,033
64	Uşak	5	80	5	10	0	2,789
65	Van	40	40	0	10	10	3,070
66	Yozgat	0	85	0	15	0	2,683
67	Zonguldak	0	80	5	15	0	2,380
68	Aksaray	5	85	0	10	0	2,886
69	Bayburt	5	85	0	10	0	2,398
70	Karaman	0	90	0	10	0	3,007
71	Kırkkale	5	85	0	10	0	2,975
72	Batman	10	70	0	15	5	2,873
73	Şırnak	15	50	0	30	5	2,975
74	Bartın	0	85	5	10	0	2,376
75	Ardahan	30	20	0	40	10	2,310
76	Iğdır	55	35	0	10	0	3,340
77	Yalova	5	70	0	20	5	2,424
78	Karabük	40	30	15	10	5	2,402
79	Kilis	80	10	0	10	0	2,975
80	Osmaniye	40	40	5	15	0	2,954
81	Düzce	5	80	0	10	5	2,362

Ülkemizdeki illerin yıllık ortalama güneş alma oranı ve beyaz çatı kullanımının birlikte incelendiği araştırmada güneş alma oranı 3 ve üzeri olan 9 ilimizin (Antalya, Şanlıurfa, Van, Karaman, Iğdır, İçel, Hakkari, Mardin, Muğla) olduğu, bu illerimizden İçel'de %70 oranında ve Iğdır'da ise %55 oranında beyaz çatı kullanıldığı, diğer illerde ise bu oranın oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Uydu görüntülerinden elde ettiğimiz diğer verilerde ise sadece 9 ilimizin şehir merkezinde (Adana, Adıyaman, Afyon, Ağrı, Diyarbakır, İçel, Siirt, Iğdır, Kilis) %50 ve üzerinde oranla beyaz çatı kullanıldığı ve/veya çatısız evler olduğu görülmüştür. Bu illerimizin de Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesindeki illerden oluştuğu söylenebilmektedir. Ülkemizdeki şehir merkezlerinin 27'sinde (Amasya, Balıkesir, Bolu, Burdur, Çankırı, Çorum, Edirne, Eskişehir, Giresun, Gümüşhane, Isparta, Kastamonu, Kırklareli, Kırşehir, Konya, Malatya, Muğla, Niğde, Ordu, Sinop, Tekirdağ, Tokat, Trabzon, Yozgat, Zonguldak, Karaman, Bartın) ise hiç beyaz çatı kullanılmadığı görülmüştür. Bu illerimizden bazılarının (Karaman, Muğla) ise güneşlenme süresi 3 ve üzerinde olan iller arasında yer aldığı tespit edilmiştir. Ayrıca MGM (2022) Güneş radyasyon verilerine göre en fazla radyasyona maruz kalan illerimizin Antalya ve Muğla olduğu görülmüş ve

bu illerimizin uydu görüntülerini incelediğimizde ise bu illerimizde kullanılan beyaz çatı kullanım oranının Antalya'da %25, Muğla'da ise %0 olduğu tespit edilmiştir. İllerin beyaz çatı kullanım oranı ve güneş alma sürelerine ilişkin istatistiksel bulgular Çizelge 2'de belirtilmiştir.

Çizelge 2. Bağımsız Örneklem t Testine yönelik Bulgular							
Ölçüm	Gruplar	N	ss	sd	t	p	
Beyaz Çatı Oranı	Büyük Şehirler	30	18.66	22.08	79	.597	
	Küçük Şehirler	51	15.58	22.57			
Güneşli Gün Sayısı	Büyük Şehirler	30	2.73	.27	79	.982	
	Küçük Şehirler	51	2.66	.28			

Büyük şehirler ve küçük şehirlerdeki beyaz çatı kullanımı ile Güneş alma süreleri ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olup olmadığının incelenmesi amacıyla bağımsız örneklem t testi yapılmıştır. Levene testinin anlamlılık değeri .05 ten büyük olduğu için varyansların eşit olduğu durumlarda kullanılan değerlerden yararlanılmıştır. Buna göre büyük şehirler ile küçük şehirlerin beyaz çatı kullanım oranı arasında anlamlı fark bulunmadığı görülmüştür [t(79)=0.597; p>0.552]. Benzer biçimde büyük şehirler ile küçük şehirlerin Güneş alma süresi arasında da anlamlı fark bulunmadığı görülmüştür [t(79)=0.982; p>0.329]. Bu bulgulara göre büyük şehirler ile küçük şehirlerin hem beyaz çatı kullanımı hem de yıllık güneş alma sürelerinin oranları arasında anlamlı bir farklılık olmadığı söylenebilir.

3.2. Albedometreden Elde Edilen Verilere İlişkin Bulgular:

Bu bölümde yapay ışık kaynağı ile yapılan ölçüm verileri belirtilmiştir. Albedometreden elde edilen veriler Şekil 5'te verilmiştir.

Şekil 5. Beyaz ve Siyah Yüzey Ölçümleri

Fotoğraf 2'de görüldüğü üzere albedometre ile yapılan toplam altı ölçümün değeri referans olarak alınmıştır. Bu referans aralığının belirlenmesinde

Serial port "COM6" çıkışı ile ekranda görünen ve 40 saniye aralıklarla elde edilen 6 ölçüm biriminden yararlanılmıştır. Ölçümlerin ortalaması beyaz ve siyah çatılar için ayrı ayrı ölçülerek Çizelge 3'de sunulmuştur.

Çizelge 3. Albedometreden Elde Edilen Ver				
	Beyaz Çatı		Siyah Çatı	
	Gelen Güneş Işını Miktarı	Yansıyan Güneş Işını Miktarı	Gelen Güneş Işını Miktarı	Yansıyan Güneş Işını Miktarı
1. Ölçüm	18560	3409	18243	2560
2. Ölçüm	18560	3409	18349	2560
3. Ölçüm	18454	3409	18243	2521
4. Ölçüm	18454	3409	18243	2560
5. Ölçüm	18243	3274	18243	2600
6. Ölçüm	18243	3318	18243	2560
Ortalama	18419	3371	18260	2560
Albedo	0,18		0,14	

Albedometre ile yapılan ölçüm sonucunda gelen ışık miktarının arasındaki farkın 159 birim olarak ölçüldüğü, siyah ve beyaz çatılar arasında ise yaklaşık 0,04 birimlik bir oransal fark olduğu, beyaz yüzeye yansıyan ışığın daha fazla yansırken, siyah yüzeye düşen ışığın daha az yansıdığı tespit edilmiştir.

3. SONUÇ ve TARTIŞMA

Bir bölgenin iklimini etkileyen en önemli faktörlerden biri olarak o bölgenin Dünya üzerindeki yeri karşımıza çıkmaktadır. İklim ise yeryüzünün şekillerini, bitki örtüsünü ve toprağın oluşumu gibi pek çok durumu etkilemektedir (Halis ve Gönençgil 2022). Bir bölgenin iklimini ve sıcaklığını etkileyen pek çok değişken bulunmaktadır ve albedo bu değişkenlerden sadece biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Albedo bir nesnenin yüzeyine düşen ışığın yansıtıcılık miktarını belirtmektedir. Albedo değerinin yüksek olması nesnelere üzerine düşen ışığı uzaya geri yansıtarak fotonların enerjisini geri yansıtma anlamı taşımaktadır. Ülkemizin albedo farkındalığına ilişkin yürütülen il merkezlerinin ölçüm sonuçlarında güneşli gün sayısının fazla olduğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde yoğunlukla yer alan illerde albedo farkındalığının yeterince oluşmadığı görülmüştür. Yıllık güneşli gün saatinin yüksek orana sahip olduğu illerin çatılarında algılanan beyaz rengin çatısı bulunmayan binalar olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun yanı sıra illerin genelinde turuncu, bordo, kahverengi çatıların yoğunlukla kullanıldığı görülmüştür. Karadeniz bölgesindeki illerin beyaz çatı kullanımından doğan farkındalığının %10'un altında olduğu bulunmuştur. Güneşli gün sayısının nispeten düşük olduğu bu bölgede yer alan illerimizin farkındalığının da düşük olduğu tespit edilmiştir. Akbari ve Matthews (2012) tarafından yürütülen araştırmada evlerde yansıtıcılığı yüksek çatı kullanmanın sıcaklıkları düşürmede etkili olabileceği görüşü savunulmuştur. Tozam ve Karaca (2018) binaların

çatılarına beyaz boya uygulaması ile yansıtıcı yüzey oluşturulabileceğini ve bu yüzeylerin de enerji kazancına neden olabileceğini belirtmektedir. Bu araştırma ile elde ettiğimiz albedo farkındalığı sonuçlarının benzer özellik taşıdığı, benzer uygulamaların yürütülmesi ile ülkemizin albedo farkındalığının artacağı söylenebilmektedir.

MGM (2022) Güneş radyasyon verilerine göre en fazla radyasyona maruz kalan illerimizin Antalya ve Muğla olduğu görülmüş ve bu illerimizde kullanılan beyaz çatı kullanım oranının düşük olduğu tespit edilmiştir. Kırbaş vd. (2013) tarafından yürütülen araştırmada Burdur ilimizin ülkemizin Güneş potansiyeli yüksek illerimizden olduğu ve güneşlenme süresinin yüksekliği sebebiyle Güneş kenti olma potansiyelinin vurgulandığı görülmektedir. Ancak mevcut araştırmamızda bu ilimizde beyaz çatı kullanım oranının %0 olduğu tespit edilmiştir. Güneş potansiyeli yüksek olan illerimizde farkındalığın yeterince oluşmadığının görülmesi mevcut araştırmadaki görüşleri destekler niteliktedir. Güneş enerjisinden yararlanılmayan çatılarda alternatif çatı kaplamaları kullanarak hem Güneş enerjisinden paneller sayesinde yararlanılacağı hem de Güneş enerjisinin sıcak günlerdeki soğutma masraflarını azaltabilecek kaplama malzemeleri kullanılmasının enerji tasarrufu açısından yararlı olacağı düşünülmektedir.

Tasarlanan albedometre ile yürütülen araştırmada en açık ve en koyu renk çatı kaplaması kullanılarak araştırma yürütülmüştür. Bu durum açık ve koyu renk çatıların yansıtıcılık karşılaştırmasını daha somut verilerle ortaya koyma gerekliliğinden doğmuştur. Araştırma sonucunda albedometrenin beyaz çatıdaki yansıtıcılık oranının siyah renkli çatılardan elde edilen albedo oranından 849 birim daha yüksek olduğu ve yansıtıcılığı arttığı tespit edilmiştir. Güneşli gün sayısı yüksek olan illerde kullanılacak beyaz çatılı apartmanların serinleme amaçlı kullanılan klima maliyetlerini ve doğal olarak elektrik kullanım maliyetlerini düşüreceği öngörülmektedir. Akbari vd. (2009) tarafından yürütülen araştırma sonuçları da elektrik kullanım maliyetlerinin albedo artışıyla düşeceği yönündedir. Albedo ölçümü, Dünya'nın iklimi hakkındaki anlayışımızı geliştirmek için kullanılacak değerli bir araçtır. Ancak, albedo ölçümü ile ilgili zorlukların farkında olmak ve bu zorlukları azaltmak için adımlar atmanın önemli olduğu düşünülmektedir. Bu araştırma sonuçları da öngörülen ve gözlenen sonuçlarla örtüşmektedir. Araştırmanın ülkemizin kentsel albedo farkındalığını artırmada literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akbari, H., Menon, S., Rosenfeld, A. (2009). "Global cooling: increasing world-wide urban albedostooffset CO2". *Climatic change*, 94(3): 275-286.
- Akbari, H., Matthews, H. D. (2012). "Global cooling updates: Reflective roofs and pavements". *Energy and Buildings*, 55: 2-6. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.02.055>
- Demmig-Adams, B., Adams, W. W. (2000). "Harvesting sunlight safely". *Nature*, 403(6768): 371-373. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/35000315>.
- Ersin, Ç. (2015). "Arduino mikrodenetleyici ve güneş enerjisi ile çalışan otomatik bitki sulama sistemi". Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi. Isparta-Türkiye.
- Google (2023). "Google Earth". <https://earth.google.com/web/>
- Halis, O., Gönençgil, B. (2022). "Edirne İlinin İklim Özellikleri, bölüm 4". https://www.researchgate.net/publication/371001232_Edirne_Ilinin_Iklim_Ozellikleri_BOLUM_4
- Karadoğan, S., Kavak, M. T. (2017). "Diyarbakır havzasında iklim üzerinde etkili olan yer şekilleri ve litolojik faktörlerin MODIS uydu görüntüsü verileri ile incelenmesi". *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 60(4), 557-568. doi: <http://dx.doi.org/10.25288/tjb.363822>.
- Kırbaş, İ., Çifci, A., İşyarlar, B. (2013). "Burdur ili güneşlenme oranı ve güneş enerjisi potansiyeli". *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2): 20-23.
- MGM, (2022). "Meteoroloji genel müdürlüğü: Türkiye global güneş radyasyonu uzun yıllar ortalaması". https://www.mgm.gov.tr/kurumci/radyasyon_iller.aspx
- Okatan, A. (2022). "Albedo etkisi nedir". <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/albedo-nedir#:~:text=Albedo%2C%20y%C3%BCzeyin%20yans%C4%B1tma%20g%C3%BCc%C3%BC%20ya,veya%20rengine%20ba%C4%9F1%C4%B1%20olarak%20de%C4%9Fi%C5%9Fir>
- Payne, R. E. (1972). "Albedo of the sea surface". *Journal of the Atmospheric Sciences*, 29(5): 959-970. doi: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469\(1972\)029<0959:aotss>2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469(1972)029<0959:aotss>2.0.co;2).
- Perkins, S. (2019). "Albedo is a simple concept that plays complicated roles in climate and astronomy". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(51): 25369-25371. doi: <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1918770116>.
- Salleh, S. A., Latif, Z. A., Pradhan, B., WanMohd, W. M. N., Chan, A. (2014). "Functional relation of land surface albedo with climatological variables: a review on remote sensing techniques and recent research developments". *Geocarto International*, 29(2): 147-163. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/10106049.2012.748831>.
- Şen, Z. (2008). "Solar energy Fundamentals and modeling techniques". (36). London/England: 2008 Springer-VerlagLondon Limited, 246-255.
- Şimşek, Ç. K., Şengezer, B. (2012). "İstanbul metropoliten alanında kentsel ısınmanın azaltılmasında yeşil alanların önemi". *Megaron* 7 (2): 116-128.
- Taha, H. (1997). "Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat". *Energy and buildings*, 25(2): 99-103. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788\(96\)00999-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788(96)00999-1).
- Time and Date (2019). "Sun rise and sunset calculator — citylookup". <https://www.timeanddate.com/sun/>
- Topkaya, S. O. (2012). "A discussion on recent development in Turkey's emerging solar power market". *Renewable and Sustainable Energy Review*, 16: 3754-3765.
- Tozam, İ., Karaca, Ü. B. (2018). "Kentsel ısı adası etkisi ve serin çatılar". *TC İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul*, 9: 12-13.
- Twomey, S. J. A. E. (1974). "Pollution and the planetary albedo". *Atmospheric Environment* (1967), 8(12): 1251-1256. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0004-6981\(74\)90004-3](http://dx.doi.org/10.1016/0004-6981(74)90004-3).
- Vurarak, Y., Çıkman, A., Bilgili, M. E. ve Gözübüyük, Z. (2019). "Toprak işlemede yeni yaklaşımlar: Albedo etkisi". *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 15(3): 83-90.