



Yapıların Cephelerinde Kullanılan Alüminyum Kompozit Malzemelerin Isıl Davranışları: Balıkesir Kent Merkezi Örneği

Recep Furkan TOPAL¹ , Ahmet Cüneyd DİRİ^{2*} 

ORCID 1: 0000-0001-5467-1764

ORCID 2: 0000-0001-8122-9568

¹ Balıkesir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 10145, Balıkesir, Türkiye.

² Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34427, İstanbul, Türkiye.

* e-mail: acdiri@gmail.com

Öz

Yapı cephelerinin güneş radyasyonu yutuculuk ve yansıtıcılıkları yapının ısı kazanım derecesini ve çevreye yansıyan ısı miktarını etkilemektedir. Bu çalışmanın amacı, son yıllarda yapıların cephelerinde yaygın olarak kullanılan olan alüminyum kompozit cephe kaplama malzemelerinin yapı ısı kazancı ve kentsel ısı adası üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Çalışmada, alüminyum kompozit cephe kaplama malzemelerinin güneş radyasyonu karşısındaki davranışları araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, farklı renklerdeki alüminyum kompozit malzemeler farklı yöntemlerle incelenmiş, çalışma bölgesi olarak Türkiye'nin batısında yer alan ve son yıllarda hızla gelişmekte olan Balıkesir kenti seçilmiştir. Deneyler sonucunda beklenildiği gibi koyu renkli malzemelerin ısı yutuculuğunun daha fazla olduğu görülmekle beraber ısı yansıtıcılık açısından açık renkli malzemeler ile koyu renkli malzemeler arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. Yapılan deneyler sonucunda açık renkli malzemelerin gerek ışınım düzeylerinin düşük olması gerekse de yansıtma düzeylerinde koyu renkli malzemelere göre dikkate değer bir farklılık olmaması sebebiyle, ışınım ve ısı yansıtma açısından tercih edilebilir durumda olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum Kompozit Panel, Cephe Kaplaması, Isı Emme, Isı Yansıtma, Isı Adası.

Thermal Behavior of Aluminum Composite Materials Used on the Facades of Buildings: Balıkesir City Center Example

Abstract

The solar radiation absorption and reflectivity of building facades affect the degree of building heat gain and the amount of heat reflected to the environment. The aim of this study is to investigate the effects of aluminum composite facade cladding materials, which have been widely used on the facades of buildings in recent years, on building heat gain and urban heat island. In the study, the behavior of aluminum composite facade cladding materials against solar radiation was investigated. Within the scope of the study, aluminum composite materials of different colors were examined with different methods, and the city of Balıkesir, which is located in the west of Turkey and has been developing rapidly in recent years, was chosen as the study area. As a result of the experiments, it was seen that the heat absorbency of dark-colored materials was higher, as expected, but no significant difference was observed between light-colored materials and dark-colored materials in terms of heat reflectivity. As a result of the experiments, it has been concluded that light-colored materials are preferable in terms of radiation and heat reflection, both because their radiation levels are low and because there is no significant difference in their reflection levels compared to dark colored materials.

Keywords: Aluminium Composite Panel, Cladding, Heat Absorption, Heat Reflection, Heat Island.

Citation: Topal, R. F. & Diri, A. C. (2023). Yapıların cephelerinde kullanılan alüminyum kompozit malzemelerin ısı davranışları: Balıkesir Kent merkezi örneği. *Journal of Protected Areas Research*, 2 (2), 58-71. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10050855>

Received: 02/09/2023 - **Accepted:** 21/11/2023

1. Giriş

Kentsel mekanlarda yapı çevrenin insan üzerinde yarattığı izlenimi etkileyen faktörlerin başında yapı cephelerinin yapısal kalitesi ve estetik özellikleri gelmektedir. Kent kullanıcılarının yapı cepheleriyle doğrudan görsel, işitsel, dokunsal iletişimi olduğu dikkate alındığında yapı cephelerinde bulunan bitirme malzemelerinin renk ve doku özelliklerinin kentsel kullanıcı için olumlu ya da olumsuz etkisi olduğunu söylemek zor değildir. Yapı cephelerinin renk ve doku özelliklerinin kent estetiği ve kent kullanıcısı üzerinde yarattığı izlenimden başka ve daha önemli bir etkisi daha vardır. Bu etki güneş ışınımı emme ve yansıtma derecelerinden kaynaklanır ve yapının ısı alışverişi ile ilgilidir. Cephe malzemelerinin ısı emme ve yansıtma özellikleri yapıların ısı kazanımlarını ve kentsel ısı adası sıcaklıklarını etkilemektedir. Kentsel ısı adaları, kentsel malzemeler, bina geometrisi ve antropojenik ısınma gibi çeşitli faktörler nedeniyle yerleşim alanlarının, yoğunlukları ile orantılı olarak kırsal alanlardan daha yüksek sıcaklıklar sergilediği olguyu ifade eder. İklim değişikliğinin kent kullanıcısı üzerindeki etkisi açısından, kentsel ısı adaları önemli bir endişe kaynağıdır ve özellikle sıcak hava dalgaları sırasında, ısıya bağlı hastalıkları tetikleyebilecekleri ve sıcak çarpması riskine yol açabilecekleri için insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahip olabilir (Heaviside, 2020). Hızlı yapılaşmalarla beraber giderek büyüyen kentsel ısı adaları ve bunun getirdiği ısı yükü, özellikle sıcak iklimlerde ısıl konforsuzluk yaratmakta, aynı zamanda yürüme aktivitesi, sokak yaşamı gibi etkinliklerle beraber kentsel canlılığı da etkilemektedir.

1.1. Amaç ve Kapsam

Günümüzde yapıların cephelerinde yüksek dayanım/ağırlık oranları, farklı yapı ve geometrilerde üretilebilmeleri dolayısıyla kompozit kaplama malzemelerinin kullanımı yaygınlaşmıştır ve bunların arasında hafiflikleri, kolay şekil verilebilmeleri, paslanmazlık özellikleri, uzun ömürlü olmaları ve kentsel mekanda yarattıkları izlenim nedeniyle alüminyum kompozit malzemeler son yıllarda özellikle ticari yapılarda ve rezidanslarda sık rastlanan bir malzeme olarak dikkat çekmektedir. Renk tercihlerinde ise koyu tonlara olan rağbet giderek artmaktadır. Koyu renkli malzemeler, açık renklere göre daha yüksek ısı emme ve yayınlama seviyelerine sahiptirler. Dolayısıyla koyu renkli malzeme kullanıldığında güneş ışınımı etkili bir şekilde yakalanıp korunabilir ve yapının ısı kazancının artması sağlanabilir (Varolgüneş, 2019). Bu durum, soğuk iklimlerde ısıtma maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlayacağı için avantajlıdır. Ancak sıcak iklimlerde, artan ısı kazancı kentsel ısı adası etkisini ve yapıların soğutma yükünü arttırdığı için avantaj olmaktan çıkıp dezavantaja dönüşmektedir (Cordero ve diğerleri, 2018)

Bu sorun ile ilgili olarak, bu çalışmada, yapıların cephelerinde yaygın olarak kullanılan ve ışınım yayma ve yansıtma düzeyi yüksek bir malzeme olan alüminyum kompozit malzemelerin ısıl özelliklerinin ve ısıl sorunlarının nicel veriler ile belirlenmesi amaçlanmış, amaç doğrultusunda yapılan deneylerle malzemenin renk tonlarına bağlı olarak ısı emme ve yansıtma düzeyleri irdelenmiştir.

1.2. Çalışma Bölgesi

Isı adası etkisi yerleşim yoğunluğu fazla olan kentsel bölgelerde açıkça hissedilmektedir. İstanbul'u da içerisinde bulunduran Marmara Bölgesi ise gerek nüfus yoğunluğu açısından gerekse de ekonomik açıdan Türkiye'nin en büyük ve gelişmiş bölgesi olarak dikkat çekmektedir. Aynı zamanda bölgedeki yapılaşma da nicelik ve teknolojik olarak Türkiye'nin diğer bölgelerine kıyasla önde gitmektedir. Bölgedeki hızlı yapılaşma kentsel ısı adası etkisinin büyümesine yol açmış ve bunun getirdiği iklim değişimi hissedilebilir düzeye gelmiştir. Bu nedenle Marmara Bölgesinde bulunan ve son yıllarda sanayileşmenin ve yapılaşmanın hızla artmakta olduğu Balıkesir kent merkezi çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Balıkesir kent merkezinde yapılan gözlemler, son dönemlerde uygulanmakta olan yapılarda Alüminyum kompozit malzeme kullanımının arttığını göstermektedir. Özellikle kamu yapıları, ticari yapılar ve geniş oturma alanına sahip rezidans tipi konut yapılarında Alüminyum kompozit malzeme kullanımı dikkat çekmektedir.

Türkiye'de, Balıkesir-Susurluk Havzası'nda bulunan Balıkesir'in merkezi Altıeylül ve Karesi olmak üzere iki ilçeden oluşmaktadır. Merkezin iklimi, genel olarak ılıman bir Akdeniz iklimi etkisi altındadır. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılıman ve yağışlıdır. Yıllık ortalama sıcaklık 14.0°C ile 16.5°C arasında değişmektedir. En yüksek sıcaklık genellikle Temmuz ve Ağustos aylarında kaydedilirken, en düşük

sıcaklık Ocak ve Şubat aylarında görülür. (Balıkesir İl Çevre Durum Raporu, 2020). Bu iklimsel veriler, Balıkesir kenti ve merkez ilçeleri olan Altıeylül ve Karesi ilçelerinin genel iklim yapısını yansıtmaktadır. Tablo 1’de Balıkesir’de yapılan 1999-2022 yılları arası ölçümlere göre mevsim dönemlerindeki güneşlenme süreleri ve hava sıcaklığı ortalama değerleri verilmiştir. Balıkesir kent merkezi 39° enlem ve 27° boylamında yer almaktadır ve yıllık ortalama olarak yaklaşık 1400 kWh/m²yıl güneş enerji potansiyeline sahiptir. Bu da yaklaşık 1300 kWh/m²yıl’lık Türkiye ortalamasından yüksek bir değerdir.

Tablo 1. Balıkesir ili 1999-2022 yılları arası sıcaklık ve güneşlenme süresi verileri (mgm.gov.tr).

	Güneşlenme süresi (ort)	En yüksek sıcaklık (ort)	En düşük sıcaklık (ort)	Ortalama sıcaklık
İlkbahar dönemi	08.7 saat/gün	25.5 °C	10.4 °C	17.8 °C
Yaz dönemi	11.4 saat/gün	32.6 °C	18.5 °C	25.6 °C
Sonbahar dönemi	08.1 saat/gün	28.8 °C	14.2 °C	21.2 °C
Kış dönemi	03.9 saat/gün	11.3 °C	01.8 °C	06.2 °C
Yıllık	06.7 saat/gün	21.2 °C	08.9 °C	14.8 °C

2. Alüminyum Kompozit Malzeme Özellikleri ve Yapılarda Kullanımı

Alüminyum kompozit panel, polietilen esaslı bir çekirdek ve bunun her iki yüzüne birer alüminyum levhanın yapıştırılmasıyla üretilen bir kompozit yapı malzemesidir. Yapıların dış cephe kaplamalarında yaygın olarak kullanılmakta olan bu malzeme, iç mekanlarda ve reklam panolarında da kullanılmaktadır.

Alüminyum kompozit panellerin temel özelliklerinden biri hafiflikleri olup yüksek dayanım/ağırlık oranları (*spesifik dayanım*) gösterirler. Bu özelliğinden dolayı alüminyum kompozit paneller, yüksek binalar veya sınırlı yük taşıma kapasitesine sahip yapılar gibi ağırlık azaltmanın önemli olduğu uygulamalar için idealdir. Alüminyum kompozit paneller çok yönlü malzemelerdir ve katkı malzemelerinin kullanımı ile bina projesinin gereksinimlerine uygun hale getirilebilirler. Örneğin aşınma direncinin önemli olduğu durumlarda, alümina (Al_2O_3) veya silisyum karbür (SiC) gibi katkı malzemeleri kullanılarak yüzeyin aşınma direnci artırılabilir. Bunların dışında karbon, silisyum dioksit, magnezyum oksit gibi farklı katkı malzemeleri farklı boyut ve oranlarda kullanılarak panelin sertlik, tokluk, yorulma dayanımı, elastikiyet veya süneklik gibi mekanik özellikleri geliştirilerek hafif ve güçlü bileşenler yapılabilir. Alüminyum kompozit panellerin diğer bir özelliği ise atmosfer etkilerine dayanımları korozyon dirençleridir (Karahan, 2016). Ayrıca eklemeli imalat teknolojisi, doğrudan metal lazer sinterleme yöntemiyle yarı açık hücreli köpük alüminyum ile daha hafif ve düşük ısı iletkenliğe sahip alüminyum paneller üretilebilmektedir (Çalışkan & Arpacıoğlu, 2022).

Malzemeye ısıl özellikleri açısından baktığımızda, ısı iletkenliği yönünün öne çıktığını görürüz. Isı iletkenlik sıralamasında yapı malzemesi olarak kullanılan metaller arasında bakırdan sonra ikinci sırada gelir. Hatta bazı uygulamalarda hafifliği, ucuzluğu ve uygulama kolaylığı nedeniyle bakırın yerine geçebilir. Isı yayma derecesi ise malzeme özelliği ile birlikte renk tonuna da bağlıdır. Oksitlenmemiş parlak yüzeyli alüminyumun ısı yayılma düzeyi daha düşük olup, kompozit panellerde kullanılan oksitlendirilmiş ve renklendirilmiş alüminyumun (*eloksal*) daha yüksektir. Alüminyum kompozit malzemeler, türlerine göre farklı ısıl davranışlar sergilerler. Malzemenin mekanik özellikleri gibi ısıl özelliklerini de katkıların morfolojisi ve boyutu, matris malzemesi, işleme tekniği gibi faktörler değiştirebilir. Bu faktörleri anlamak ve kontrol etmek, alüminyum kompozitlerin ısıl özelliklerini belirli uygulamalara uyarlamak için önemlidir (Demir, 2015).

Maliyetinin nispeten yüksek olması nedeniyle alüminyum kompozit malzemenin özel talepler dışında az katlı konut yapılarında pek tercih edilmediği, daha çok, alışveriş merkezleri, plaza, rezidans, iş merkezi gibi ticari ya da konut-ticari işlevli yapılarda kullanıldığı görülmektedir. Malzeme tasarımsal anlamdaki olumlu etkisi ve dış cephe algısı açısından avantajlı olsa da sadece konut işlevli ve küçük çaptaki yapılarda birim fiyatı arttırmakta, ticari yapılarda ve rezidanslarda dükkan ve daire satışına pozitif etki yaparken, normal konut yapılarında aynı etki görülememektedir. Yükselen maliyetler kullanıcıya yansıtıldığında görülmüştür ki kullanıcının bu malzeme kullanımını destekler yaklaşımı bulunmamaktadır.

Çalışma bölgesi içerisinde cephesinde alüminyum kompozit panel kullanılmış binalar arasında, Balıkesir Üniversitesi, Rektörlük binası, Mühendislik Fakültesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Merkez Kütüphane, Atatürk Kongre Merkezi, Teknokent Binası, Sağlık Uygulama ve Araştırma Hastanesi, Güney Marmara Kalkınma Ajansı binası, Balıkesir SGK İl Müdürlüğü Binası, Balıkesir Ticaret Odası Binası, Balıkesir Avlu Kongre ve Kültür Merkezi Binası, Balıkesir Hasan Can Kültür Merkezi Binası, Balıkesir İşkur binası, Residence Balıkesir, Yaşam Kent Balıkesir Rezidans Fiat Oto Bayii gibi binalar sayılabilir. Şekil 1, 2, 3, 4 ve 5’de bu binalardan bazıları görülmektedir.



Şekil 1. Balıkesir Üniv. Atatürk Kongre Merkezi (Furkan Topal arşivi)



Şekil 2. Balıkesir Üniv. Teknokent Binası (Furkan Topal arşivi)



Şekil 3. Balıkesir SGK İl Müdürlüğü (Furkan Topal arşivi)



Şekil 4. Balıkesir Ticaret Odası Binası (Furkan Topal arşivi)



Şekil 5. Balıkesir Avlu Kongre ve Kültür Merkezi Binası (Furkan Topal arşivi)

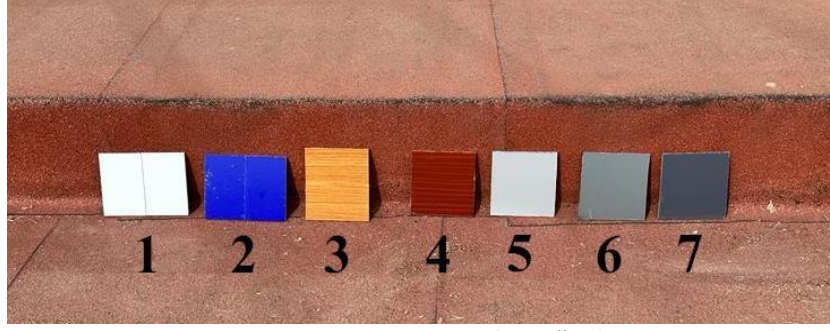
3. Malzeme ve Yöntem

Alüminyum kompozit malzemeler yapısı gereği yüksek ısınma ve yansıtma derecelerine sahip olup özellikle koyu renk tonuna sahip yüzeyler, çevre sıcaklığını etkilemesi konusunda potansiyel riskler barındırmaktadır. Bu çalışmada alüminyum kompozit cephe kaplama malzemelerinin ısı emme ve yansıtma düzeylerinin ve yüzeyi ısındığında yaymaya başladığı ısı dalgalarının renk tonlarına bağlı olarak değişimleri araştırılmıştır. Araştırma yöntemi deneysel çalışmaya dayanmaktadır. Deney farklı renk tonlarında 7 adet alüminyum kompozit cephe kaplama malzemesi numunesi üzerinde yapılmıştır. Deneysel çalışma aşağıda belirtildiği gibi iki aşamada yapılmıştır;

- 1- Açık havada doğal güneş radyasyonu altında alan çalışması
- 2- Kapalı alanda, kızıl ötesi lamba ile sağlanan yapay ışınım ile simülasyon çalışması

Açık alan çalışmasında malzeme örneklerinin doğal güneş radyasyonu altında eşit koşullarda ısınma dereceleri ölçülmüştür. Kapalı alanda ise malzeme örneklerinin ısınma dereceleri ile beraber ısı yansıtma dereceleri de ölçülmüştür. Bu ölçümlerin sonucunda örneklerin renk tonlarına göre ısı emme ve yansıtma düzeyleri hakkında tespitler yapılmıştır.

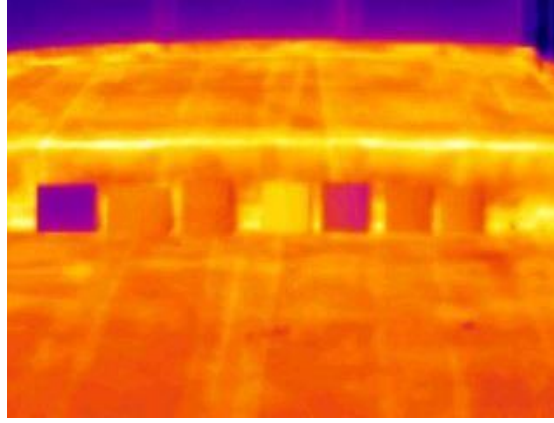
Resim 6'da deney numuneleri görülmektedir. Deney numuneleri tüm deneylerde resimde görülen numaralar ile anılmaktadır. Malzemelerin tamamı alüminyum kompozit özdeş malzemeler olup yüzey kaplamalarının rengi ve görüntüsü değişkenlik göstermektedir. Dokularında bir farklılık olmamakla birlikte renk farklılığının getirdiği parlaklık ve yansıma farklılıkları bulunmaktadır.



Şekil 6. Denede kullanılan örnekler (Fotoğraf: Furkan Topal)

3.1. Açık Alan Çalışması

Açık hava çalışması Balıkesir kent merkezinde, haziran ayında 3 farklı günde saat 11:00-16:00 aralığında toplam 3 deney olarak yapılmıştır. Her deneyde 7 örnek birden aynı anda güneş radyasyonuna maruz bırakılarak yüzey sıcaklığı ölçümleri yapılmıştır. Yapılan deneylerde numuneler güney yönüne bakacak şekilde ve (*cephede kullanıldıkları gibi*) yer düzlemine dik olarak yerleştirilmişlerdir. Deneylerde 5 saatin sonunda termal kamera ile yüzey sıcaklığı ölçümleri yapılmıştır. Ölçülen değerler Tablo 2’de verilmiştir.



Şekil 7. Alan çalışması termal kamera görüntüsü (Fotoğraf: Furkan Topal)

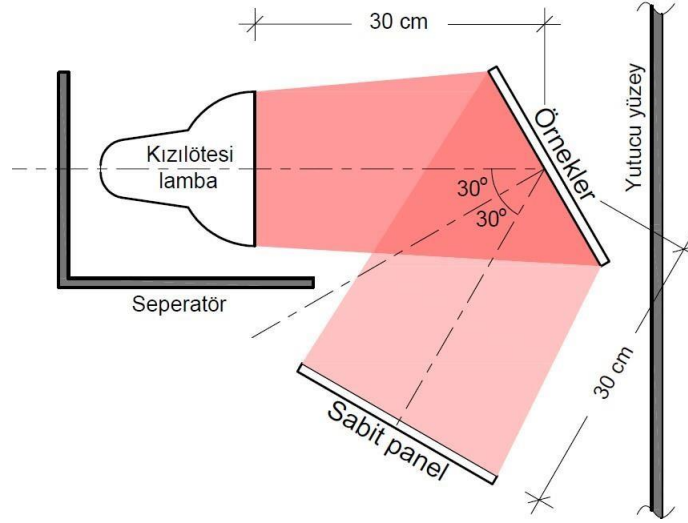
3.2. Kapalı Alan Simülasyon Çalışması

Kapalı alanda yapılan deneylerde deney örneklerinin yapay kızılötesi radyasyon altında ısınma ve ısı yansıtma dereceleri ölçülmüştür. Deneylerde Beurer IL50 kızılötesi lamba kullanılmıştır. Lambanın 220V (~AC) altında güç tüketimi 300 W ve maksimum radyasyon yoğunluğu 30 cm’de 490 W/m²’dir.

Kapalı alan çalışmasında günışığının ulaşmadığı bir alanda, her örnek için ayrı deney olmak üzere toplam 7 adet deney yapılmıştır. Deneylerde renk tonu farklılığı bulunan 7 alüminyum kompozit panel örneği sırayla kızılötesi lamba karşısına 30 cm uzaklıkta yerleştirilmiş ve her 10 dk’da bir panellerin orta noktasından yüzey sıcaklıkları ölçülmüştür. Tablo 3, bu ölçümlerin sonucunda elde edilmiştir.

Ayrıca bu örneklerden 30 cm uzaklığa ve örnekleri belli bir açıyla görecekte sabit bir panel yerleştirilip onun da yüzey sıcaklığı (*her bir deneyde*) her 10 dk’da bir ölçülmüştür. Tablo 4, bu ölçümlerin sonucunda elde edilmiştir. Bu işlem, örneklerin ısı yansıtıcılık derecelerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Sabit yüzey sadece örneklerden yansıyan ışımalara maruz kalacak bir konumda yerleştirilmiştir ve arkadan gelen yansımaları önlemek için de örneklerin arkasına siyah renkli bir yutucu yüzey konulmuştur (*Şekil 8*). Deneylerin başlangıcından ortalama 50 dakika sonra yüzeylerin ısı dengeye geldikleri görülmüş ve tüm deneyler başlangıçtan 60 dakika sonra sonlandırılmıştır.



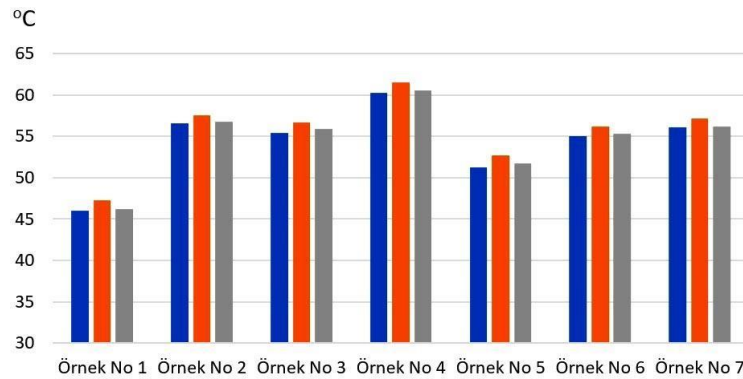
Şekil 8. Kapalı alan simülasyon çalışması şeması (Çizim : Diri, 2023)

4. Bulgular ve Değerlendirme

Malzemenin renk tonlarına bağlı olarak ısınma ve ısı yayma derecelerindeki değişimleri irdelemek amacıyla yedi farklı renkteki örnek üzerinde açık alanda ve kapalı alanda deneyler yapılmıştır. Açık alanda yapılan deneyler sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 2 ve Şekil 1’de verilmiştir. Kapalı alanda yapılan deneyler sonucunda örneklerin ısı emme dereceleri ile ilgili elde edilen veriler Tablo 3’de ve Şekil 2’de, ısı yansıtma dereceleri ile ilgili veriler Tablo 4’de ve Şekil 3’de verilmiştir.

Tablo 2. Açık alan çalışmasında 5 saat ısınma süresi sonucu ölçülen yüzey sıcaklığı değerleri ve ortalama hava sıcaklıkları

	1. Deney	2. Deney	3. Deney	Ortalama
Hava sıcaklığı ort.	29.0 °C	30.1 °C	29.4 °C	29.5 °C
Örnek No 1	46.0 °C	47.3 °C	46.2 °C	46.5 °C
Örnek No 2	56.6 °C	57.6 °C	56.8 °C	57.0 °C
Örnek No 3	55.4 °C	56.7 °C	55.9 °C	56.0 °C
Örnek No 4	60.3 °C	61.5 °C	60.6 °C	60.8 °C
Örnek No 5	51.3 °C	52.7 °C	51.7 °C	51.9 °C
Örnek No 6	55.0 °C	56.2 °C	55.3 °C	55.5 °C
Örnek No 7	56.1 °C	57.2 °C	56.2 °C	56.5 °C



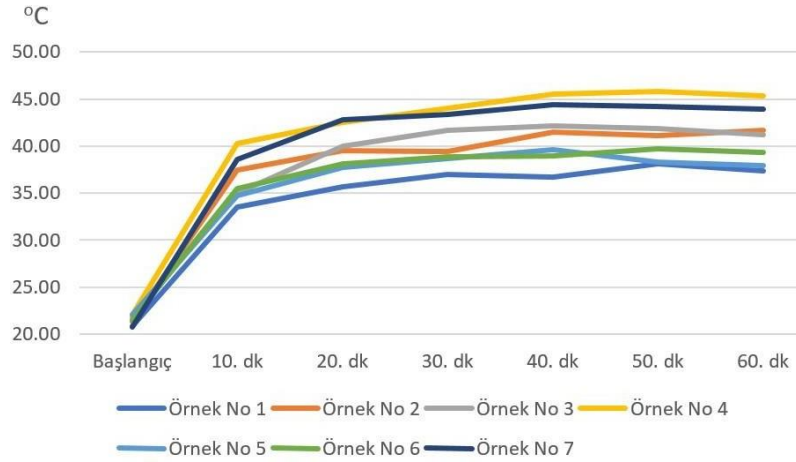
Şekil 1. Açık alan çalışmasında 5 saat ısınma süresi sonucu ölçülen yüzey sıcaklığı değerleri (mavi birinci deney, kırmızı ikinci deney, gri üçüncü deney)

Açık alan çalışmasında 5 saatlik doğal güneş radyasyonu altında bekleme süresinden sonra yapılan ölçümlerde, örneklerin renk tonlarına göre ısınma dereceleri arasındaki fark açık bir şekilde ortaya çıkmıştır. Ortalama değerlere bakıldığında 60.8°C ile en fazla yüzey sıcaklığına ulaşan kahverengi örnek

(4 no'lu örnek), maksimum 46.5°C ile en az ısınan beyaz örnekten (1 no'lu örnek) 14.3 °C daha fazla ısınmıştır. Açık renk ile koyu renk arasındaki bu fark çevresel etki açısından önemlidir.

Tablo 3. Örneklerin yüzey sıcaklıkları

	Başlangıç	10. dk	20. dk	30. dk	40. dk	50. dk	60. dk
Örnek No 1	20.9 °C	33.5 °C	35.7 °C	37.0 °C	36.7 °C	38.1 °C	37.4 °C
Örnek No 2	21.3 °C	37.5 °C	39.5 °C	40.4 °C	41.5 °C	41.1 °C	40.7 °C
Örnek No 3	21.8 °C	35.0 °C	40.0 °C	41.7 °C	42.2 °C	41.9 °C	41.3 °C
Örnek No 4	22.1 °C	40.3 °C	42.5 °C	44.0 °C	45.5 °C	45.8 °C	45.3 °C
Örnek No 5	22.1 °C	34.7 °C	37.7 °C	38.7 °C	39.6 °C	38.3 °C	37.9 °C
Örnek No 6	21.5 °C	35.5 °C	38.1 °C	38.9 °C	39.0 °C	39.7 °C	39.3 °C
Örnek No 7	20.8 °C	38.6 °C	42.8 °C	43.4 °C	43.5 °C	43.9 °C	44.6 °C



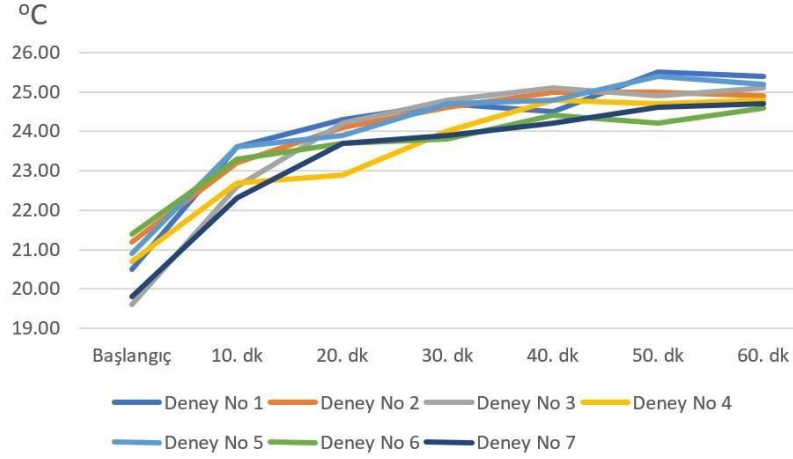
Şekil 2. Örneklerin yüzey sıcaklıkları

Kapalı alan çalışmasında, kızılötesi lamba altında bir saatlik bekleme süresi boyunca yapılan ölçümlerde, örneklerin ilk dakikalarda hızlı ısındıkları, gözlenmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi örneklerin kızılötesi lambaya bakan yüzlerindeki sıcaklık artışı ilk 10 dakikada oldukça belirgin olmuştur. Sonraki periyotlarda ise denge sıcaklığına doğru sıcaklık artışı giderek azalma göstermiştir. 40. Dakikadan sonra genel olarak ısı dengeye ulaşmışlar ve bundan sonra yüzey sıcaklıkları sabit kalmış veya düşme eğilimigöstermiştir.

Tablo 3'e bakıldığında, kapalı alan deneylerinde de yine en fazla yüzey sıcaklığına ulaşan örneğin 45.8°C ile kahverengi örnek (4 no'lu örnek), en az ısınan örneğin ise, 38.1°C'lik maksimum sıcaklıkla beyaz örnek (1 no'lu örnek) olduğu görülür. Kapalı alan deneylerinde örneklerin yüzeylerinde ölçülen sıcaklıkdereceleri arasındaki farklar açık hava deneylerindeki kadar fazla olmasa bile, en fazla ısınan örnek ile en az ısınan örnek arasında ortaya çıkan 7.7°C'lik fark yine önemli bir farktır.

Tablo 4 Sabit panelin yüzey sıcaklıkları

	Başlangıç	10. dk	20. dk	30. dk	40. dk	50. dk	60. dk
Deney No 1	20.5 °C	23.6 °C	24.3 °C	24.7 °C	24.5 °C	25.5 °C	25.4 °C
Deney No 2	21.2 °C	23.2 °C	24.1 °C	25.0 °C	25.5 °C	25.5 °C	24.9 °C
Deney No 3	19.6 °C	22.6 °C	24.2 °C	24.8 °C	25.1 °C	24.9 °C	25.1 °C
Deney No 4	20.7 °C	22.7 °C	22.9 °C	24.0 °C	24.8 °C	24.7 °C	24.8 °C
Deney No 5	20.9 °C	23.6 °C	23.9 °C	24.7 °C	24.8 °C	25.4 °C	25.2 °C
Deney No 6	21.4 °C	23.3 °C	23.7 °C	23.8 °C	24.4 °C	24.2 °C	24.6 °C
Deney No 7	19.8 °C	22.3 °C	23.7 °C	23.9 °C	24.2 °C	24.6 °C	24.7 °C



Şekil 3. Sabit panelin yüzey sıcaklıkları

Kapalı alan deneylerinde ayrıca sabit panel yüzeyi üzerinde de yine 10 dk'lık periyotlarla sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Tablo 4'de ve Şekil 3'de görülmektedir. Şekil 3'de görüldüğü gibi sabit panel yüzündeki sıcaklık artışları ilk 10 dakikada nispeten daha hızlı olmuştur.

Şekil 2 örneklerin yüzey sıcaklığı değerlerini, Şekil 3 örneklerden yansıyan ışıma ile ısınan sabit panelin yüzey sıcaklığı değerlerini göstermektedir. Şekil 2 ve 3 karşılaştırıldığında, koyu renkli örnekler ısıyı daha fazla emdikleri için Şekil 2'de koyu renkli örneklerin üste çıktığı görülmektedir. Şekil 3'de ise açık renkli örnekler ısıyı daha fazla yansıttıkları için, açık renkli örneklerin üste çıktığı görülmektedir. Ancak her iki şekil karşılaştırıldığında Şekil 3'de eğrilerin birbirine daha fazla yaklaştığı, yani sabit panel üzerindeki sıcaklık farklarının örnek yüzeylerindeki sıcaklık farklarından daha az olduğu görülmektedir. Tablo 4'e bakıldığında açık renk – koyu renk farkının 0.8°C olduğu görülür. Yapılan deneylerde genel tespit, açık renklerin bir miktar daha fazla ısının yansımaya yol açtığı, ancak bu miktarın ısı emmedeki koyu renk – açık renk farkına göre oldukça daha az olduğu yönündedir. Deneyler sonucunda elde edilen verilere göre, alüminyum panellerin ısı emme derecelerinde renk tonlarının etkin rol oynadığı, ısı yansıtma derecelerinde ise o kadar etkin rol oynamadığı söylenebilir.

5. Sonuç

Alüminyum kompozit malzemeler birçok sektörde olduğu gibi mimarlık ve yapı sektöründe de önemli yer tutmaktadır. Yapıların cephelerinde bitirme malzemesi olarak yaygın olarak kullanılan alüminyum kompozit malzemelerin birçok avantajlı yönü olsa da kentsel alanda oluşturabileceği ısı alan yüzeyler ve ısı adaları oluşturma riskleri söz konusudur. Sonuç olarak alüminyum kompozit malzemelerin ısınma düzeyleri açısından renk tonlarının önem taşıdığı söylenebilir. Bu çalışmada malzemelerin ısınma ve ısı yayma derecelerinin renk tonlarına göre değişimi incelenmiş ve daha koyu renkteki malzemelerin daha çok ısındığı ve daha çok ısı tuttuğu tespit edilmiştir. Fakat açık renkteki malzemelerin yansıtma açısından o kadar dezavantajlı olmadığı da görülmüştür. Dolayısıyla gerek kentlerdeki ısı artışı gerekse de ısı adası etkisi oluşumu açısından açık renkteki malzemelerin hem daha az ısınması hem de ısıyı yansıtma konusunda öne çıkmaması ile birlikte daha verimli olabileceği düşünülmektedir. Koyu renkli malzemelerin farklı iklim koşullarında kullanılmasının avantaj ve dezavantajlarını dikkatlice değerlendirmek ve tasarım kararları verirken bireysel tercihleri ve kültürel faktörleri dikkate almak önemlidir. Yapıların cephelerinde kullanılan malzemelerin kentlerdeki ısı seviyelerini etkilediği düşünüldüğünde, kentlerdeki ısı seviyesi artışına ve ısı adası oluşumlarına karşı alınabilecek önlemlerden bir tanesi ısı emme derecesi ve yansıtma düzeyi düşük olan cephe malzemelerinin tercih edilmesi olacaktır.

Teşekkür ve Bilgi Notu

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Yapı Fiziği ve Malzemesi Ana Bilim Dalı'na desteklerinden dolayı ve ayrıca ankete katılarak çalışmaya katkı sunan mimar meslektaşlarımıza teşekkür ederiz.

Yazar Katkısı ve Çıkar Çatışması Beyan Bilgisi

Makalede tüm yazarlar aynı oranda katkıda bulunmuştur. Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Ashrafi, N., Hanim, M. A., Sarraf, M., Sulaiman, S. & Hong, T. S. (2020). Microstructural, tribology and corrosion properties of optimized Fe₃O₄-sic reinforced aluminum matrix hybrid nano filler composite fabricated through powder metallurgy method. *Materials*, 18(13), 4090. <https://doi.org/10.3390/ma13184090>
- Aytekin, M. & Serengil, Y. (2022). Assessment of vulnerability, resilience capacity and land use within the scope of climate change adaptation: The case of Balıkesir-Susurluk Basin. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 2 (22), 112-124. <https://doi.org/10.17475/kastorman.1179037>
- Çalışkan, C. İ., Arpacioğlu, Ü., (2022) Additive manufacturing on the façade: functional use of direct metal laser sintering hatch distance process parameters in building envelope. *Emerald Publishing, ISSN: 1355-2546*. <https://doi.org/10.1108/RPJ-11-2021-0300>
- Bretz, SE & Akbari, H. (1997). Yüksek albedolu çatı kaplamalarının uzun vadeli performansı. *Enerji ve Binalar*, 25(2), 159-167.
- Chamroune, N., Mereib, D., Delange, F., Caillault, N., Lu, Y., Grosseau-Poussard, J. & Silvain, J. (2018). Effect of flake powder metallurgy on thermal conductivity of graphite flakes reinforced aluminum matrix composites. *J Mater Sci*, 11(53), 8180-8192. <https://doi.org/10.1007/s10853-018-2139-1>
- Cordero, R. J. B., Robert, V., Cardinali, G., Arinze, E. S., Thon, S. M. & Casadevall, A. (2018). Impact of yeast pigmentation on heat capture and latitudinal distribution. *Current Biology*, 16(28), 2657-2664.e3. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.06.034>
- Gürbüz, M., Şenel, M. & Koç, E. (2017). The effect of sintering time, temperature, and graphene addition on the hardness and microstructure of aluminum composites. *Journal of Composite Materials*, 4(52), 553-563. <https://doi.org/10.1177/0021998317740200>
- Heaviside, C. (2020). Urban Heat Islands and Their Associated Impacts On Health. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.332>
- Herbold, E., Nesterenko, V., Benson, D., Cai, J., Vecchio, K., Jiang, F. & Proud, W. (2008). Particle size effect on strength, failure, and shock behavior in polytetrafluoroethylene-al-w granular composite materials. *Journal of Applied Physics*, 10(104), 103903. <https://doi.org/10.1063/1.3000631>
- Kleemann, F., Lederer, J., Rechberger, H. & Fellner, J. (2016). Gis-based analysis of vienna's material stock in buildings. *Journal of Industrial Ecology*, 2(21), 368-380. <https://doi.org/10.1111/jiec.12446>
- Kondoff, C., Zaekova, R. & Manilova, M. (2021). Aluminum based composites obtained by Fsp (Review). *ETR*, (3), 148-153. <https://doi.org/10.17770/etr2021vol3.6640>
- Kukkonen I.T. & Jöeleht A. (1996): "Geothermal modelling of the lithosphere in the central baltic shield and its southern slope", *Tectonophysics*, v. 255, p. 25-45.
- Kurita, H., Feuillet, E., Guillemet, T., Heintz, J., Kawasaki, A. & Silvain, J. (2014). Simple fabrication and characterization of discontinuous carbon fiber reinforced aluminum matrix composite for lightweight heat sink applications. *Acta Metall. Sin. (Engl. Lett.)*, 4(27), 714-722. <https://doi.org/10.1007/s40195-014-0106-7>
- Kwon, H., Bradbury, C. & Leparoux, M. (2010). Fabrication of functionally graded carbon nanotube-reinforced aluminum matrix composite. *Adv. Eng. Mater.*, 4(13), 325-329. <https://doi.org/10.1002/adem.201000251>
- Li, Q. & Zhang, J. (2016). Thermal expansion behavior of aluminum composites reinforced by ceramic particles. *Journal of Composite Materials*, 50(25), 3567-3580.

- Marín-Genescà, M., García-Amorós, J., Mudarra, M., Massagués Vidal, L., Cañavate, J. & Colom, X. (2023). Insights Into the structural and dielectric behavior of composites produced from epdm waste processed through a devulcanization method and Sbr. *ACS Omega*, 14(8), 12830-12841. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c08115>
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (t.y.). İl ve İlçeler İstatistikleri - Balıkesir. Erişim tarihi: 30 Haziran 2023. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BALIKESIRBalıkesir> İl Çevre Durum Raporu. (2020). Balıkesir Büyükşehir Belediyesi.
- Mysiukiewicz, O., Kosmela, P., Barczewski, M. & Hejna, A. (2020). Mechanical, thermal and rheological properties of polyethylene-based composites filled with micrometric aluminum powder. *Materials*, 5(13), 1242. <https://doi.org/10.3390/ma13051242>
- NAVEED, M. (2023). Effect of heat treatment on sliding wear resistance of hybrid aluminum matrix composite. *Recent Prog Mater*, 02(05), 1-10. <https://doi.org/10.21926/rpm.2302015>
- Nishida, H., Fan, Y., Mori, T., Oyagi, N., Shirai, Y. & Endo, T. (2005). Feedstock recycling of flame-resisting poly(lactic acid)/aluminum hydroxide composite to l,l-lactide. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 5(44), 1433-1437. <https://doi.org/10.1021/ie049208+>
- Oddone, V., Boerner, B. & Reich, S. (2017). Effect of heat treatment on sliding wear resistance of hybrid aluminum matrix composite. *Recent Prog Mater*, 2(5), 1-10. <https://doi.org/10.21926/rpm.2302015>
- Rajesh, P. V., Gupta, K. K., Čep, R., Kouřil, K. & Kalita, K. (2022). Optimizing friction stir welding of dissimilar grades of aluminum alloy using waspas. *Materials*, 5(15), 1715. <https://doi.org/10.3390/ma15051715>
- Reckien, D., Flacke, J., Olazabal, M. & Heidrich, O. (2015). The influence of drivers and barriers on urban adaptation and mitigation plans—an empirical analysis of European Cities. *PLoS ONE*, 8(10), e0135597. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135597>
- Rohatgi, P., Gupta, N. & Alaraj, S. (2005). Thermal expansion of aluminum–fly ash cenosphere composites synthesized by pressure infiltration technique. *Journal of Composite Materials*, 13(40), 1163-1174. <https://doi.org/10.1177/0021998305057379>
- Sanver, M. (1983). Yerkürenin ısı evrimi ve günümüzde yerinin sıcaklığı", İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, 798 s.
- Schloss, K. & Palmer, S. (2010). Aesthetic response to color combinations: preference, harmony, and similarity. *Atten Percept Psychophys*, 2(73), 551-571. <https://doi.org/10.3758/s13414-010-0027-0>
- Sun, Y., Fan, H., Li, M. & Zipf, A. (2015). Identifying the City Center Using Human Travel Flows Generated From Location-based Social Networking Data. *Environ Plann B Plann Des*, 3(43), 480-498. <https://doi.org/10.1177/0265813515617642>
- Turcotte, D. L. & Schubert, G. (2002). Jeodinamik. Cambridge Üniversitesi Yayınları.
- Varolgüneş, F. K. (2019). Evaluation of vernacular and new housing indoor comfort conditions in col climate – a field survey in Eastern Turkey. *IJHMA*, 2(13), 207-226. <https://doi.org/10.1108/ijhma-02-2019-0019>
- Yüncü, H. & Kakaç, S. (1999). Temel Isı Transferi. Bilim Yayınları, Ankara, 305.
- Zhang, Y. & Wang, L. (2017). High-temperature performance of aluminum composites reinforced with ceramic fibers. *Journal of Materials Science*, 52(15), 9072-9086.
- Zhang, Y., Liu, P., Han, B., Xiang, Y., Li, L. (2019). Hue, chroma, and lightness preference in chinese adults: age and gender differences. *Color Res Appl*, 6(44), 967-980. <https://doi.org/10.1002/col.22426>
- Zhou, W. & Yu, D. (2010). Thermal and dielectric properties of the aluminum particle/epoxy resin composites. *J. Appl. Polym. Sci.*, 6(118), 3156-3166. <https://doi.org/10.1002/app.32442>

Thermal Behavior of Aluminum Composite Materials Used on the Facades of Buildings: Balıkesir City Center Example

Summary

The structural quality and aesthetic properties of the facades of buildings are among the factors that affect the impression of the built environment on people in urban spaces. Considering that urban users have direct visual, auditory and tactile communication with building facades, it can be said that the color and texture properties of finishing materials on building facades have a positive or negative effect on the urban user. The color and texture characteristics of building facades have another effect other than the urban aesthetics and the impression they create on the city user. This effect arises from the degree of absorption and reflection of solar radiation and is related to both the heat exchange of the building and the formation of an urban heat island.

The urban heat island is a phenomenon where residential areas exhibit higher temperatures than rural areas. Various factors affect urban heat island temperature, such as urban materials, building geometry, anthropogenic warming and residential area density. In addition, the heat absorption and reflection properties of facade materials affect the heat gains of buildings as well as urban heat island temperatures.

In terms of the impact of climate change on the urban user, urban heat islands are a significant concern and can have negative effects on human health, especially during heat waves, as they can trigger heat-related illnesses and lead to the risk of heat stroke.

Urban heat islands, which are gradually growing with rapid construction, and the heat load it brings, create thermal discomfort, especially in hot climates, and also affect urban vitality along with activities such as walking activity and street life.

Nowadays, the use of composite cladding materials on the facades of buildings has become widespread due to their high specific strength and the fact that they can be produced in different structures and geometries. Aluminum composite materials have attracted attention in recent years as a frequently used material, especially in commercial buildings and residences, due to their lightness, easy shaping, stainless properties, long lifespan and the impression they create in urban spaces. In terms of color preference, it can be said that the demand for dark tones is increasing. Dark colored materials have higher heat absorption and emission levels than light colors. Therefore, when dark colored material is used, solar radiation can be effectively captured and protected and the heat gain of the building can be increased. This is advantageous as it will contribute to reducing heating costs in cold climates. However, in hot climates, increased heat gain turns into a disadvantage rather than an advantage, as it increases the urban heat island effect and the cooling load of buildings.

Regarding this problem, in this study, it is aimed to determine the thermal properties and thermal problems of aluminum composite materials, which are widely used on the facades of buildings and have a high level of heat dissipation and reflection, with quantitative data. reflection levels were examined. The heat island effect is clearly felt in urban areas with high residential density. The Marmara Region, which includes Istanbul, draws attention as the largest and most developed region of Turkey, both in terms of population density and economy.

At the same time, the construction in the region is ahead in terms of quantity and technology compared to other regions of Turkey. Rapid construction in the region has led to the growth of the urban heat island effect, and the climate change brought about by this has reached a perceptible level. For this reason, Balıkesir city center, which is located in the Marmara Region and where industrialization and construction has been rapidly increasing in recent years, was chosen as the study area. Observations made in Balıkesir city center show that the use of Aluminum composite materials in recently implemented buildings has increased. The use of Aluminum composite materials attracts attention, especially in public buildings, commercial buildings and residence-type residential buildings with large living areas.

Aluminum composite panels are composite building materials produced by gluing a polyethylene-

based core and an aluminum plate on both sides of it. These materials, which are widely used in the exterior cladding of buildings, are also used in interior spaces and billboards. When we look at the material in terms of its thermal properties, we see that it stands out with its thermal conductivity. It comes second after copper among metals used as building materials in terms of thermal conductivity. It can even surpass copper in some applications due to its lightness, cheapness and ease of application.

The degree of heat dissipation depends on the color tone as well as the material properties. The heat release level of unoxidized shiny surface aluminum is lower, and the oxidized and colored aluminum (anodized) used in composite panels is higher. Factors such as the morphology and size of the additives, matrix material, and processing technique can change the thermal properties of the material as well as its mechanical properties. Understanding and controlling these factors is important to tune the thermal properties of aluminum composites for specific applications.

As a result, it can be said that aluminum composite materials will exhibit different thermal behaviors depending on their type. Due to the relatively high cost of aluminum composite material, it is not preferred in low-rise residential buildings, but is mostly used in commercial or residential-commercial buildings such as shopping malls, plazas, residences and business centers. Although aluminum composite material is advantageous in terms of its positive design effect and exterior perception, it increases the unit price in small-scale buildings. While aluminum composite material has a positive effect on the sales of shops and flats in commercial buildings and residences, the same effect cannot be seen in normal residential buildings. When the rising costs were reflected on the user, it was seen that the user did not support the use of this material.

However, aluminum composite material has an important place in the architecture and construction sector, as in many other sectors. Aluminum composite materials have high heating and reflection levels due to their structure, and especially dark colored surfaces pose potential risks in affecting the environmental temperature. Although aluminum composite materials, which are widely used as finishing materials on the facades of buildings, have many advantages, there are risks of creating heat-receiving surfaces and heat islands in urban areas.

In this study, the changes in the heat absorption and reflection levels of aluminum composite facade cladding materials and the heat waves that they start to emit when the surface heats up, depending on their color tones, were investigated.

The research method is based on experimental study. The experiment was conducted on aluminum composite facade cladding material samples in different color tones. The experimental study was carried out in two stages as stated below; 1- Field work outdoors under natural solar radiation, 2- Simulation study in a closed area with artificial radiation provided by an infrared lamp.

In the open field study, the degree of heating of the material samples under equal conditions under natural solar radiation was measured. In the closed area, the heat reflection degrees as well as the heating degrees of the material samples were measured. As a result of these measurements, determinations were made about the heat absorption and reflection levels of the samples according to their color tones.

The general determination obtained in the experiments is that light colors cause a little more heat to be reflected, but this amount is much less than the dark color-light color difference in heat absorption. According to the data obtained as a result of the experiments, it has been revealed that dark colored materials heat up more and retain more heat, that is, color tones play an active role in the heat absorption degrees of aluminum panels, but do not play such an active role in the heat reflection degrees.

As a result, it can be said that the color tones of aluminum composite materials are important in terms of heating levels, and that light-coloured materials can be more efficient in terms of both heat increase in cities and the formation of the heat island effect, as they heat less and do not stand out in terms of reflecting heat.

The general determination obtained as a result of the experiments is that light colors cause a little

more heat to be reflected, but this amount is much less than the dark color-light color difference in heat absorption. According to the data obtained as a result of the experiments, it has been revealed that dark colored materials heat up more and retain more heat, that is, color tones play an active role in the heat absorption degrees of aluminum panels, but do not play such an active role in the heat reflection degrees.

As a result, it can be said that the color tones of aluminum composite materials are important in terms of heating levels, and that light-coloured materials can be more efficient in terms of both heat increase in cities and the formation of the heat island effect, as they heat less and do not stand out in terms of reflecting heat.

It is important to carefully evaluate the advantages and disadvantages of using dark materials in different climatic conditions and take into account individual preferences and cultural factors when making design decisions.

Considering that the materials used on the facades of buildings affect the temperature levels in cities, one of the measures that can be taken against the increase in temperature levels and heat island formations in cities will be to choose facade materials with low heat absorption and reflection levels.