



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

KIŞ DÖNEMİ İÇİN YAPI KABUĞUNDA SAYDAM YALITIM UYGULAMASI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

**ESRA LAKOT ALEMDAĞ
MUSTAFA KAVRAZ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**



KIŞ DÖNEMİ İÇİN YAPI KABUĞUNDA SAYDAM YALITIM UYGULAMASI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Esra LAKOT ALEMDAĞ
Mustafa KAVRAZ

ÖZET

Mimari uygulamalarda yapı kabuğu kuruluşları, ısı kayıp ve kazançları ile iç ortam konfor koşulları açısından dikkat edilmesi gereken en önemli bileşenlerinden biridir. Enerji korunumlu yapı kabuğu kuruluşlarında gündeme gelen "saydam yalıtım" uygulaması ile ısı kayıpları en aza indirgenmekte, yüksek güneş ışınım geçirgenlikleri ile duvarın ısıl kütle olarak çalışması olanaklı kılınmaktadır. Çalışmada Trabzon ilinde inşa edilmiş saydam yalıtımlı (PMMA esaslı) ve opak yalıtımlı duvar kuruluşlarının atmosferik koşullar etkisindeki ısıl davranışları 1 yıl boyunca deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmanın değerlendirilmesinde ölçüm yapılan yılın en soğuk ayı için elde edilen sonuçlar dikkate alınmıştır.

Ayrıca çalışmada duvar kuruluşları üzerine gelen güneş ışınım şiddeti, duvar kuruluşlarının iç ve dış yüzey sıcaklıkları ile test odalarının iç ortam sıcaklığının saatlik değişimleri detaylı olarak irdelenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda yapı dış kabuğunda saydam yalıtım uygulaması ile güneş enerjisinden elde edilen ısı kazançlarının yapının enerji etkinliğine ve iç ortam ısıl konforuna etkisi değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapı kabuğu, Saydam yalıtım, Enerji korunumu, Isıl konfor, Güneş enerjisi.

ABSTRACT

In architectural practices, building skin assemblies are one of the most critical components that must be regarded in terms of indoor comfort conditions due to heat loss and gain. Heat loss is minimized by application of "transparent insulation" materials at the top of the agenda in energy-efficient building skin assemblies. Beside this, these materials with high solar radiation transmission enable walls to act as thermal mass. In the study, of wall assemblies with transparent insulation (PMMA-based) and opaque insulation built in the city of Trabzon, thermal behaviors under atmospheric conditions are experimentally examined a year round. For the analysis of the experimental study, the results relating to the coldest month of the measurement year are considered.

In addition, solar radiation intensity on the wall assemblies, interior and exterior surface temperature of the wall assemblies, and indoor ambient temperature of the test rooms are in depth examined. At the end of the study, how heat gains from solar energy by means of the application of transparent insulation to the building skin affect the building energy efficiency and indoor ambient thermal comfort is evaluated.

Key Words: Building skin, Transparent insulation, Energy conservation, Thermal comfort, Sun energy.

1. GİRİŞ

Yapı dış kabuğu opak ve saydam olmak üzere fiziksel özellikleri ve ısı geçişine karşı davranışları birbirinden farklı iki bileşenden oluşmaktadır. Bu kabuk, optik ve termofiziksel özelliklerine bağlı olarak dış çevre koşullarını değiştirerek iç çevreye aktaran ve böylece iç çevre koşullarının oluşumunda rol oynayan en önemli tasarım parametresidir [1]. Herhangi bir hacmi çevreleyen dış kabuk, sürekli olarak değişen çevre sıcaklığı ve güneş ışınımı gibi dış iklimsel koşullar ile etkileşim halindedir. Bu etkileşim sonucu dış kabuk yüzey sıcaklığı ve bu yüzeyden transfer edilen ısı akısı zamana bağlı olarak sürekli değişir. Bu değişim, iç ortam ısı konfor şartlarını önemli ölçüde etkilemektedir.

Bir hacmin opak duvarının dış yüzeyi güneş ışınımı etkisinde kaldığında mevcut koşullarda yeni bir denge oluşana kadar duvar kalınlığı boyunca sıcaklık dağılımında değişiklik gözlenir. Denge oluşana kadar geçen süreç zamana bağlıdır. Sıcaklık dağılımının eğimi ve sınır koşulları, iç hacim ve çevre arasındaki sıcaklık farkı ile duvarın termofiziksel özelliklerine bağlıdır [2]. Isı depolama kapasitesi, ısı yayılım katsayısı, ısı geçirme katsayısı, dış yüzey rengi, faz farkı ve sönüm oranı yapı kabuğu termofiziksel özelliklerini ifade etmektedir. Yapı kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri, yapı kabuğunun birim alanından dış hava sıcaklığı ve güneş ışınımı etkileriyle kazanılan ve kaybedilen ısı miktarının ve dolayısıyla iç iklim durumunun ve yapma ısıtma iklimlendirme yüklerinin de belirleyicileridir. Dış iklimsel koşullar, yöresel veriler ve iklimsel konfor koşulları insana ilişkin iç çevresel veriler olarak ele alındığında, iç iklimsel konfor durumunun gerçekleştirilmesi sürecinde mimarın kontrolünde kalan değişkenler yalnızca yapı kabuğuna ilişkin optik ve termofiziksel özelliklerdir [3].

Yapı kabuğunun dış yüzeyine gelen güneş ışınımının bir kısmı geri yansırken, bir kısmı da kabuğu oluşturan bileşenlerin optik özelliklerine bağlı olarak yutulmaktadır. Yutulan enerji, iletim, taşınım ve ışınım yoluyla iç ortama aktarılmakta ve güneş ısı kazancına dönüşmektedir. Isı kazancının verimi, kabuğun dış yüzeylerindeki opak alanlar ile saydam alanların yutuculuk ve geçirgenlik katsayılarına göre değişkenlik göstermektedir [3, 4, 5].

Bu nedenle mimarlar enerji kaynaklarını etkin kullanmaya yönelik tasarımlarında yapı kabuğunun, minimum yapma ısıtma ve iklimlendirme takviyesine ihtiyaç duyan optimal pasif sistem ögesi olarak işlevini yerine getirmesini sağlamalıdır. Enerji korunumlu yapı kabuğu kuruluşlarında gündeme gelen "saydam yalıtım" uygulaması ile ısı kayıpları en aza indirgenmekte, yüksek güneş ışınım geçirgenlikleri ile duvarın ısı kütle olarak çalışması olanaklı kılınmaktadır.

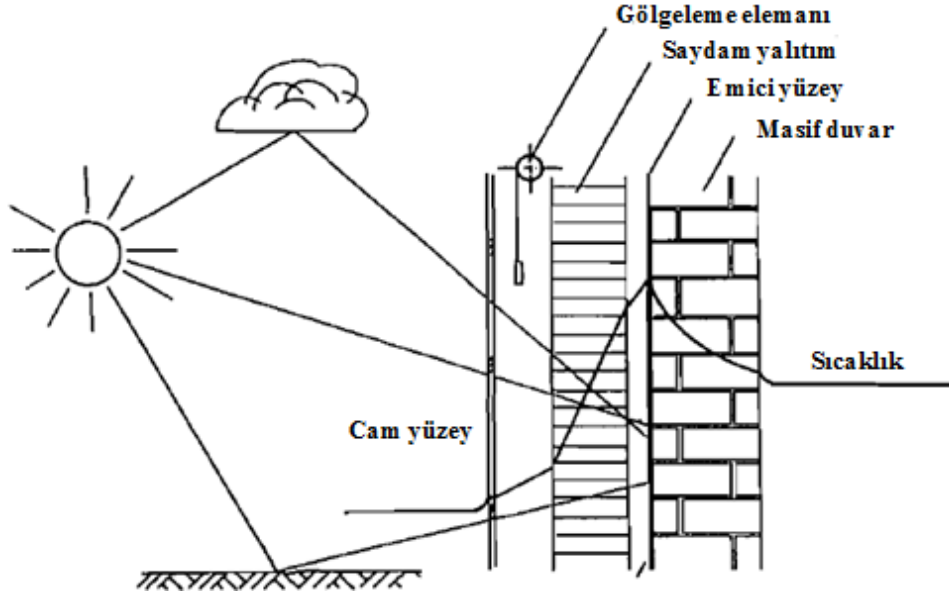
2. SAYDAM YALITIM MALZEMELERİ

Optik olarak yarı saydam olan, ancak saydam yalıtım olarak anılan bu malzemeleri opak yalıtım malzemelerinden ayıran en önemli fark, ısı yalıtımı sağlamalarının yanı sıra güneş ışınımı geçirgenlikleridir. Günümüzdeki yapılarda sıklıkla kullanılan opak yalıtım malzemelerinin güneş ışınımı geçirgenliği saydam yalıtım malzemelerine göre oldukça azdır. Bu bağlamda saydam yalıtım uygulanan dış duvarlar güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürücü ve ısı depolayıcı eleman olarak işlev görmektedirler. Bu duvarların iç yüzey sıcaklıkları, iç hava sıcaklığından daha yüksektir.

Saydam yalıtım malzemeleri, farklı şekillerde (pencereler, seralar, trombe duvarları vb.) farklı amaçlar için (gün ışığı, pasif mekân ısıtması vb.) kullanılmaktadır. Bu malzemeler, araştırılmaya başlandığı ilk yıllardan itibaren düz yüzeyli güneş kolektörlerinde, saydam yalıtımlı çatı kaplama sistemlerinde, konutlarda kullanılan sıcak su için bütünleşik depolama sistemli kolektörlerde, pasif ısıtma ve gün ışığı elemanı olarak da binalarda kullanılmaktadırlar. Saydam yalıtım malzemeleri masif dış duvarın önüne hem prefabrik hem de yerinde uygulama şeklinde bir cam tabakası ile birlikte kullanılmaktadır. Güneşli günlerde saydam yalıtımın yüksek güneş ışınım geçirgenliği sayesinde duvar dış yüzey sıcaklığı belli saatlerde iç yüzey sıcaklığından daha yüksek olmaktadır (Şekil 1) [6].

Prefabrike olan uygulamalarda genellikle iki cam tabakası arasına yerleştirilen ve bir çerçeve ile bir arada tutulan modüler saydam yalıtım malzemeleri, duvar yüzeyine monte edilebildiği gibi duvar yüzeyi ile saydam yalıtım malzemesi arasında hava boşluğu bırakılarak da uygulanabilmektedir.

Saydam yalıtım uygulamalarında güneşten alınan ısı enerjisini yapı elemanlarında depolamak ve depolanan ısı enerjisini gereken zamanlarda yapı içerisinde dağıtabilmek fikri temel esastır.



Şekil 1. Yapı dış kabuğunda saydam yalıtım uygulaması [7, 8].

Saydam yalıtım malzemelerinin güneş ışınım geçirgenliği, ışınımın geliş açısına bağlı olarak 0,70 ile 0,90, ısı iletkenlikleri ise 0,20-1,00 W/m²K arasında değişmektedir. Son otuz yılda, saydam yalıtım malzemesi üretiminde plastik, cam ve silika aerjel gibi farklı tipte maddeler kullanılmaktadır. Küçük hücreli kapiler ve petek dokulu yapıların üretiminde yaygın olarak çeşitli tipte plastikler kullanılmaktadır. Bu plastik çeşitleri; PMMA (Polimetilmetakrilat), TPX (Polietilen), HFL (Politetrafloretilen), APEC (polyesterkarbonat), PES (polietersülfon), FEPT (FEP teflon) ve PC (Polikarbonat) olarak literatürde yer almaktadır [7, 9].Günümüzde yaygın olarak kullanılan kapiler ya da petek dokulu yapıda saydam yalıtım malzemelerinin üretiminde ağırlıklı olarak PMMA ve PC kullanılmaktadır.

Yapılan deneysel çalışmada kullanılan kapiler yapıdaki PMMA esaslı saydam yalıtım malzemesi, özel üretimle satışa sunulmakta olup kullanılabilen maksimum kalınlığı 16 cm'dir. Üretilen maksimum boyutlar ise 140x100 cm'dir. Malzeme çok hassas ve kırılabilir bir yapıda olduğundan taşıma ve uygulamada oluşabilecek kırılma vb. sorunlarına karşı üretim boyutları sınırlı tutulmaktadır. Bu nedenle düşey uygulamalarda 100 cm'den sonra desteklenmesi gerekmektedir. Ayrıca bu malzeme maksimum 80 °C sıcaklığa kadar dayanıklılık göstermektedir [10].

3. YÖNTEM

Çalışmada Trabzon'da KTÜ Kampüsü içinde bir arsaya test odaları inşaa edilmiştir. Bu odaların farklı optik ve termofiziksel özelliklere sahip duvar kuruluşlarının dış yüzeylerine opak ve saydam yalıtım malzemeleri uygulanmıştır. Daha sonra bu duvarların yaz ve kış aylarında atmosferik koşullar etkisindeki ısıl davranışlarının belirlenmesi amacıyla 1 yıl boyunca (1 Mayıs 2012 - 1 Mayıs 2013) deneysel ölçümler yapılmıştır. Deneysel çalışmanın değerlendirilmesinde ölçüm yapılan yılın en soğuk ayı olan Şubat ayında, günlük ortalama ışınım miktarının en fazla olduğu gün (7 Şubat 2013) için elde edilen ölçüm sonuçları verilmiştir. Bu günün seçilmesindeki amaç, deney düzeneğinde kullanılan

saydam yalıtım malzemesinin kışın en soğuk günde güneş enerjisinden faydalanma potansiyelini belirlemektir.

3.1. Deneysel Düzenek

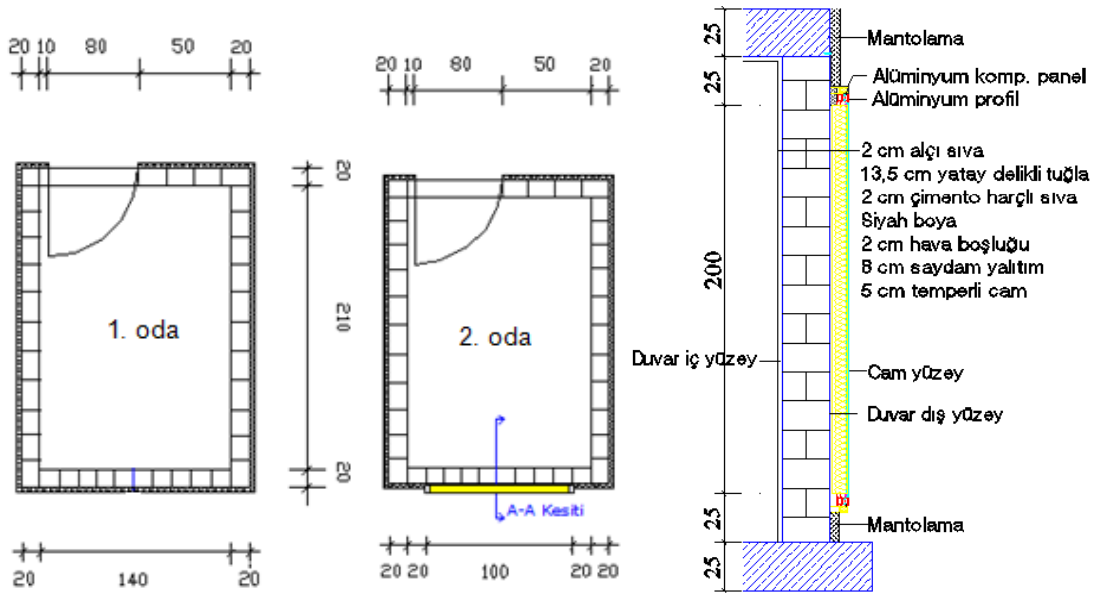
Çalışmada kurulan deneysel düzenek; iç ortam konfor koşullarının incelendiği odalar, örnek duvar kurulumları, ölçüm sistemi ve kayıt sistemi olmak üzere dört ana bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın yapıldığı Trabzon ili, Doğu Karadeniz Bölgesinde olup, deniz etkisinde kalan ılıman nemli bir iklime sahiptir. Trabzon'un iklimsel verilerinin uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerleri Tablo 1. de gösterilmektedir.

Tablo 1. Uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama iklimsel değerler (1960-2012)

Aylar	ocak	subat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylül	ekim	kasım	aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	7.4	7.3	8.5	11.8	15.9	20.4	23.2	23.3	20.3	16.5	12.7	9.6
Ort. En Yüksek Sıc. (°C)	10.9	10.9	12.2	15.6	19.1	23.5	26.2	26.7	23.9	20.1	16.4	13.2
Ort. En Düşük Sıc. (°C)	4.6	4.3	5.5	8.7	12.9	17.1	20	20.4	17.3	13.6	9.6	6.6
Ort. Güneşlen. Süresi (saat)	2.7	3.3	3.5	4.3	5.6	7.1	5.9	5.5	5	4.5	3.7	2.7
Ort. Güneşlen. Şiddeti (W/m ²)	136.0	182.7	227.5	292.5	311.5	298.1	261.9	215.0	152.3	115.2	90.1	8.0
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	13.2	12.5	14	14.9	13.5	11.4	8.3	9.7	11.7	13.5	12.5	13

Deneysel düzeneğinde yaşama hacmini örnekleyen ve mekân ölçüleri eşit olan test odaları (2 adet) birbirinden ayrılmışlardır. Odaların içi 4,5 m² olup, dış boyutları ise 1,8m x 2,5m x 3,0m dir. Odaların boyutları, kullanılan saydam yalıtım malzemesinin birim boyutları dikkate alınarak ve ılıman nemli iklim bölgesi için önerilen formlardan olan dikdörtgen form tercih edilerek belirlenmiştir.

Test odalarından ilki (1. oda) referans oda olarak tasarlanmış, hiçbir yüzeyine saydam yalıtım malzemesi uygulanmamıştır. 1. odanın tüm duvarları tuğla ile örülüp, dıştan opak yalıtım uygulanmıştır. 2. odanın ise güney cephesini oluşturan tuğla duvarın dış yüzeyine alüminyum bir çerçeve içinde saydam yalıtım malzemesi uygulanmıştır. Bu odanın diğer duvarları da, 1.oda gibi tuğla ile örülüp, dıştan opak yalıtım uygulanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Test odalarının planları ve A-A' kesiti

Odaların sadece güney duvarları örnek duvar kuruluşu olarak incelenmiştir. Diğer duvarlar, zemine oturan döşemeler ve tavan yüzeyleri ısı transferlerini engellemek amacıyla opak yalıtım malzemesi ile dıştan yalıtılmıştır. Deney düzeneğindeki odaların duvar kuruluşlarının katmanlaşma detayları ve termofiziksel özellikleri Tablo 2' de gösterilmektedir.

Tablo 2. Odaların dış duvar kuruluşlarının termofiziksel özellikleri (TSE 825 Standardı, Eriç, 2002, * hesaplamalarda dikkate alınmamıştır)

DUVAR KURULUŞLARI (A-A Kesiti)	No	d (m)	Malzeme ismi	λ (W/m K)	ρ (kg/m ³)	$a * 10^6$ (m ² /s)	c (kJ/K gK)
ODA 1 (Opak yalıtımlı)	1	0,02	Alçı sıva	0,34	1700	0,20	0,92
	2	0,135	Yatay delikli tuğla	0,45	1000	0,49	0,92
	3	0,02	Çimento har. sıva	1,0	1800	0,51	1,05
	4	0,06	XPS Köpük	0,03	30	0,91	1,38
	5	0,01	Çimento har. sıva	1,0	1800	0,51	1,05
ODA 2 (Saydam yalıtımlı)	1	0,02	Alçı sıva	0,34	1700	0,20	0,92
	2	0,135	Yatay delikli tuğla	0,45	1000	0,49	0,92
	3	0,02	Çimento har. sıva	1,0	1800	0,51	1,05
	4	*	Siyah boya				
	5	*0,02	Hava boşluğu				
	6	0,08	Saydam yalıtım	0,2	30	4,40	1,51
	7	0,005	Temperli cam	0,81	2500	0,38	0,84

2. odanın dış duvarına saydam yalıtım malzemesi uygulamadan önce güneş ışınımı yutma oranını yükseltmek amacıyla duvar yüzeyi siyah boya ile boyanmıştır. Ayrıca saydam yalıtımlı güney duvar kuruluşuna sahip 2. oda da, yoğuşmayı önlemek amacıyla saydam yalıtım malzemesi ile duvar dış yüzeyi arasında 2 cm boşluk bırakılmıştır. PMMA (polimetilmetakrilat) esaslı saydam yalıtım malzemesini oluşturan borucuklar, yaklaşık 2,5 mm çapında dairesel kesitli olup, duvar yüzeyine dik gelecek şekilde yerleştirilmiştir. 100x100 cm boyutunda ve 8 cm kalınlığındaki saydam yalıtım malzemesi, 2. odanın güney cephesindeki duvar dış yüzeyine, düşeyde iki tanesi üst üste koyularak uygulanmıştır.

Saydam yalıtım malzemesinin boyutlarının ve kalınlığının belirlenmesinde malzemenin üretim boyutları, test odalarının boyutları ve iklimsel veriler göz önünde bulundurulmuştur. Malzemenin yaklaşık yoğunluğu 30 kg/m³, U değeri ise 0,9 W/m²K'dir. Saydam yalıtımı atmosferik koşullardan korumak için dış yüzeyine 5 mm kalınlığında temperli cam yerleştirilmiştir (Şekil 3).

2. odanın saydam yalıtımlı güney duvarına gelen güneş ışınları en dışta bulunan cam yüzeyden geçerek saydam yalıtım malzemesine ulaşmaktadır. Yüksek güneş ışınım geçirgenliğine ve aynı zamanda iyi bir yalıtım özelliğine sahip saydam yalıtım malzemesinden geçen güneş ışınları, siyaha boyanmış duvar dış yüzeyi tarafından emilmektedir. Güney duvarının termal depolama kapasitesine bağlı olarak duvar bünyesinde depolanan güneş enerjisi, belli bir zaman gecikmesiyle iletim ve ışınım yoluyla iç mekâna ısı olarak aktarılmaktadır. 1. odanın güney duvarı ise karşılaştırma yapmak amacıyla günümüzdeki konutlarda çok sık kullanılan, 'mantolama' denilen dış cephe ısı yalıtım sistemi

ile kaplanmıştır. Kış ve yaz ayları için tüm odaların içlerinde ek bir ısıtma ya da soğutma sistemi düzenlenmemiştir.



Şekil 3. Deney düzeneğindeki odalar ve odaların içinde yer alan ölçüm elemanları

3.2. Deneysel Ölçümler

Deneysel çalışmada 1 yıl boyunca her gün 1 dakikalık aralıklarla ölçümler alınmıştır. Çalışmada, güneş ışınım şiddeti, dış-iç ortam sıcaklıkları ve güney duvarları iç-dış yüzey sıcaklıkları sürekli olarak ölçülmüştür. Ölçüm değerleri veri aktarım kartları aracılığı ile dış ortamda yer alan ve sürekli kayıt yapan bir bilgisayara aktarılmıştır. Odaların güney duvarlarının dış yüzeylerine gelen düşey yöndeki güneş ışınım şiddeti APOGEE marka SP-110 silikon piranometre ile ölçülmüştür. Opak yalıtımlı ve saydam yalıtımlı test odalarının güney duvar yüzeyi üzerine içte ve dışta eşit aralıklarla T-tipi termoelemanlar yerleştirilerek bunlara bağlı veri aktarım kartları ile sıcaklık ölçümleri alınmıştır. Hesaplamalarda duvarların dış ve iç yüzeylerinde ölçülen sıcaklıkların ortalaması alınıp değerlendirilmiştir. Ayrıca 2. odada saydam yalıtımın dışındaki camın üzerinde, odaların içinde ve dış mekânda da sıcaklık ölçümleri alınmıştır (Şekil 3).

4. BULGULAR

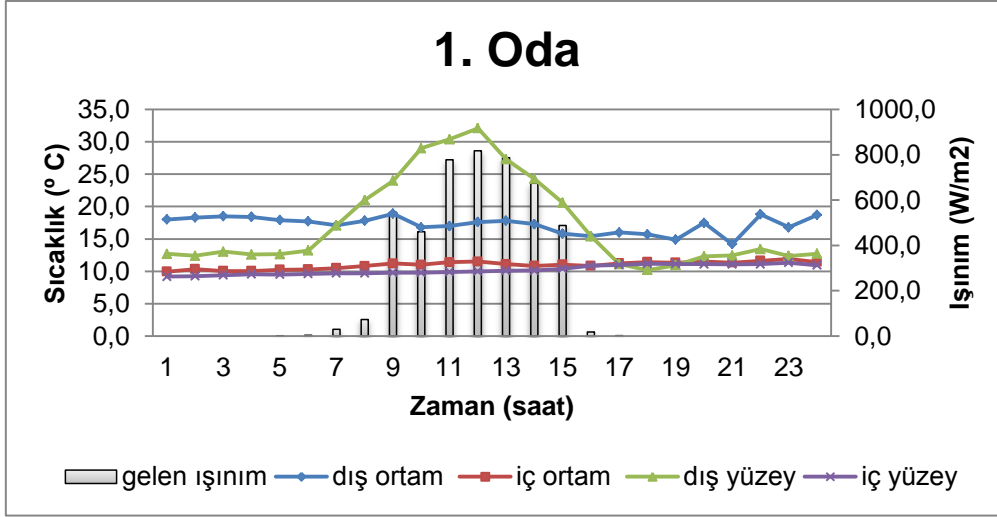
Deneysel çalışmanın değerlendirilmesinde ölçüm yapılan yılın (1 Mayıs 2012 - 1 Mayıs 2013) en soğuk ayı olan Şubat ayı için elde edilen sonuçlar dikkate alınmıştır. Çalışmada Şubat ayında günlük ortalama ışınım miktarının en fazla olduğu gün (7 Şubat 2013) için ölçüm sonuçları verilmiştir. Şubat ayını temsil eden güne ait iklim verileri Tablo 3'de gösterilmektedir.

Tablo 3. Şubat ayını temsil eden güne ait iklim verileri

Tarih	Günlük ort. sıcaklık (°C)	Mak. sıcaklık (°C)	Min. sıcaklık (°C)	Bağıl nem miktarı (%)	Düşey yüzeye gelen günlük ort. ışınım miktarı (Watt/m ²)
07.02.2013	17,2	18,9	14,2	35	390

4.1. Ölçüm Sonuçları

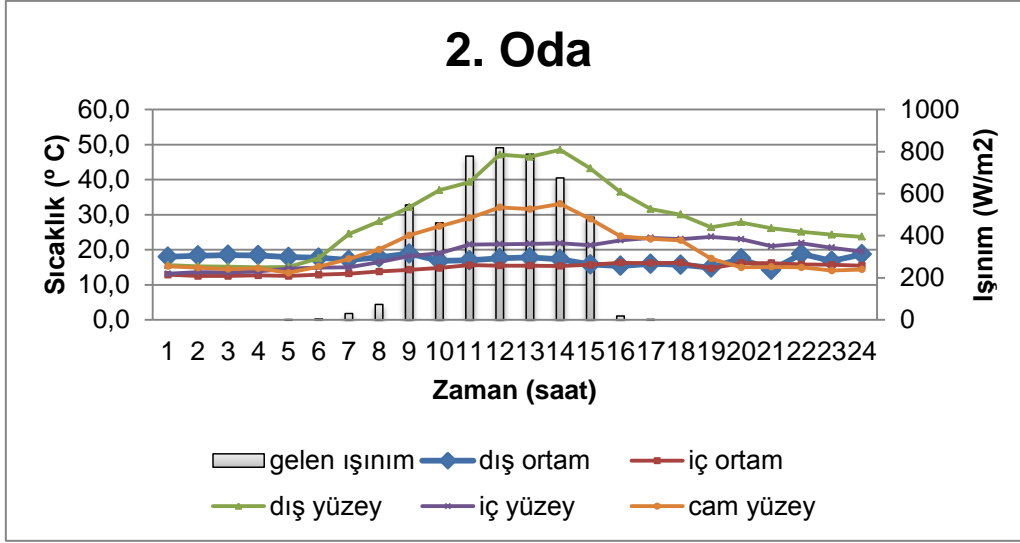
Günlük ortalama ışınlam miktarının en fazla olduğu 7 Şubat günü 1. odaya ait opak yalıtımlı duvarın iç ve dış yüzey sıcaklıkları ile odanın iç ortam sıcaklığının saatlik değişimleri Şekil 4'de yer almaktadır. Opak yalıtımlı duvar dış yüzeyinde ölçülen en yüksek sıcaklık saat 12.15'de 32,1 °C, en düşük sıcaklık ise saat 17.45'de 10,2 °C olarak kaydedilmiştir. Opak yalıtımlı duvarın dış yüzeyinin günlük ort. sıcaklığı 17,3 °C olarak kaydedilmiştir. 7 Şubat günü, günlük ort. dış ortam kuru termometre sıcaklığı ise 17,2 °C'dir.



Şekil 4. Opak yalıtımlı duvarın ısıl davranışının saatlik değişimi (1. Oda, 7 Şubat 2013)

Opak yalıtımlı duvar iç yüzeyinde ölçülen en yüksek sıcaklık saat 18.08'de 11,2 °C, en düşük sıcaklık ise saat 01.17'de 9,2 °C olarak kaydedilmiştir. Opak yalıtımlı duvarın iç yüzeyinin günlük ort. sıcaklığı ise 10,2 °C olarak kaydedilmiştir. Şekil 4'deki grafikten de görüldüğü üzere, 1. odanın güney duvarı üzerine gelen günlük ışınlam miktarında ve dış yüzey sıcaklığındaki belirgin değişime karşın iç ortamda ve duvar iç yüzeyinde önemli bir sıcaklık değişimi görülmemiştir. Bunun nedeni ise duvar dış yüzeyinde kullanılan opak yalıtımdır. Bu malzemenin yapısı gereği duvar yüzeyine gelen güneş enerjisi duvar yüzeyinde soğurulmadığı için duvar bünyesinde depolanamamaktadır. Opak yalıtım uygulaması (mantolama), yazın iç ortamın fazla ısınmamasını, kışın da geç soğumasını sağlamaktadır ancak kışın güneş enerjisinden faydalanmada etkisiz kalmaktadır.

7 Şubat günü 2. odaya ait saydam yalıtımlı duvarın iç ve dış yüzey sıcaklıkları ile odanın iç ortam sıcaklığının saatlik değişimleri ise Şekil 5'de yer almaktadır. Saydam yalıtımlı duvar dış yüzeyinde ölçülen en yüksek sıcaklık saat 14.05'de 48,5 °C, en düşük sıcaklık saat 05.00'de 15 °C olarak kaydedilmiştir. Saydam yalıtımlı duvarın dış yüzeyinin günlük ort. sıcaklığı ise 28,8 °C olarak kaydedilmiştir. Saydam yalıtımlı duvar iç yüzeyinde ölçülen en yüksek sıcaklık saat 17.00'de 23,7 °C, en düşük sıcaklık saat 04.15'de 13,2 °C olarak kaydedilmiştir. Saydam yalıtımlı duvarın iç yüzeyinin günlük ort. sıcaklığı ise 19,1 °C olarak kaydedilmiştir.



Şekil 5. Saydam yalıtımlı duvarın ısıl davranışının saatlik değişimi (2. Oda, 7 Şubat 2013)

Odaların dış yüzey sıcaklıkları incelendiğinde 7 Şubat günü maksimum dış yüzey sıcaklığı 48,5 °C olarak 2. odada görülmektedir. Minimum dış yüzey sıcaklığı ise 32,1 °C olarak 1. odada görülmektedir (Tablo 4). Duvar iç yüzey sıcaklıkları da dış yüzey sıcaklıklarına paralel bir şekilde artış göstermektedir. 1. odanın dış duvarındaki opak yalıtımın etkisiyle güneş ışınlarını bünyesine geçirememiş ve dolayısıyla iç yüzey sıcaklığı da saydam yalıtımlı 2. odaya göre daha düşük değerde ölçülmüştür.

Tablo 4. Duvarların maksimum dış ve iç yüzey sıcaklıkları (°C)

7 Şubat 2013	1.oda (opak yalıtım)	2.oda (saydam yalıtım)
Dış yüzey sıcaklığı (°C)	32,1	48,5
İç yüzey sıcaklığı (°C)	11,2	23,7

Günlük ortalama ışınım miktarının en fazla olduğu 7 Şubat günü odalardaki iç ortam sıcaklıkları incelendiğinde ise saydam yalıtımlı odanın iç ortam sıcaklığının opak yalıtımlı odaya göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Odaların güney duvarlarının dış yüzey, iç yüzey ve iç ortam sıcaklık ortalamalarının karşılaştırmalı değerlendirilmesi Tablo 5' de yer almaktadır.

Tablo 5. Duvarların dış yüzey, iç yüzey ve iç ortam sıcaklık ortalamaları (°C)

7 Şubat 2013	1.oda (opak yalıtım)	2.oda (saydam yalıtım)
Dış yüzey ort. sıcaklığı (°C)	17,3	28,8
İç yüzey ort. sıcaklığı (°C)	10,2	19,1
İç ortam ort. Sıcaklığı (°C)	11,0	14,7

Çalışmada deney düzeneğinde yer alan opak ve saydam duvar kuruluşları için duvar dış yüzeyinde yutulan güneş ışınım miktarları (Q_{solar}), sistemde depolanan ısı miktarları ($Q_{depolanan}$) ve iç ortama aktarılan ısı miktarları ($Q_{iç\ taşınım}$) ayrı ayrı hesaplanmıştır (Tablo 6). Hesaplamalarda, incelenen duvar kuruluşlarından ısı geçişinin bir boyutlu olduğu, iç ve dış yüzeyde taşınım ile ısı geçişi ve dış yüzeyde ayrıca güneş ışınımının etkili olduğu kabul edilmiştir. $Q_{iç\ taşınım}$ 'in (-) değerinde çıkması, kabul edilenin ters yönüne doğru yani iç ortamdaki katmanlı duvara ve dış ortama doğru ısı geçişi olduğunu göstermektedir.

Tablo 6. Opak ve saydam yalıtımlı duvarlarda hesaplanan ısı miktarları (W)

7 Şubat 2013	(Q_{solar})	($Q_{iç\ taşınım}$)	($Q_{depolanan, tüm\ gün}$)
1. oda (opak yalıtımlı)	2807	-269	3011
2. oda (saydam yalıtımlı)	8144	723,5	3440

7 Şubat günü, odaların güney duvarlarından iç ortama aktarılan birim zamandaki ısı miktarları ve duvarlarda depolanan enerji miktarları karşılaştırıldığında, saydam yalıtımlı duvarda, opak yalıtımlı duvara göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bu durum duvarların iç-dış yüzey sıcaklıkları ve odaların iç ortam sıcaklıkları ile de benzerlik göstermektedir.

5. SONUÇ

Yapılan deneysel çalışmada opak ve saydam yalıtımlı, farklı optik ve termofiziksel özelliklerde duvar kuruluşlarının bulunduğu deney odalarında ek bir ısıtma sistemi olmaksızın sadece güneş enerjisinden elde edilen ısı kazançları araştırılmıştır. Sonuç olarak çalışmada iklim koşullarına maruz bırakılan dış duvarlarda saydam yalıtım malzemesinin, kış aylarındaki güneş enerjisini absorbe etmesiyle duvarın gün boyunca ortalama sıcaklığını yükselttiği görülmüştür. Bu bağlamda saydam yalıtım malzemesinin, güneş ışınım geçirgenlikleri ve aynı zamanda yalıtım özellikleri nedeniyle duvar kuruluşlarındaki ısı kazançlarını opak yalıtıma göre oldukça artırarak duvarın enerji depolama kapasitesini arttırdığı görülmektedir. Aynı zamanda saydam yalıtım uygulanan odadaki iç ortam sıcaklığının opak yalıtımlı odaya göre daha fazla olması, bu malzemenin kışın iç ortam konfor koşullarını iyileştirdiğinin ve böylece binaların ısıtma enerjisi ihtiyacında da azalma sağlayacağına bir göstergesidir.

Yurt dışında uzun yıllardır kullanılan saydam yalıtım malzemeleri güneş enerjisi kazancı açısından zengin olan ülkemizde henüz üretilmemekte ve kullanılmamaktadır. Diğer yalıtım malzemelerine oranla oldukça pahalı olan bu malzemelerin yeterince tanıtılmaları ve uygun bir maliyetle üretilmeleri halinde ülkemizde de hızla büyüyen bir sektöre sahip olmaları kaçınılmazdır.

Dipnot: Bu çalışma Esra Lakot Alemdağ'ın KTÜ BAP birimi tarafından desteklenen (proje kod: 1201) doktora tezinden türetilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] YILMAZ, Z. "Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji", Tasarım, 157, 100-104, 2005.
- [2] GÖKSAL, T., ÖZBALTA, N. "Enerji Korunumunda Düşük Enerjili Bina Tasarımları", Mühendis ve Makine, 506, 26-32, 2002.
- [3] BERKÖZ, E., VD. "Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı", TÜBİTAK Projesi, İntag 201, İstanbul, 16-18, 1995.
- [4] ALTINIŞIK, K. Isı Yalıtımı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 1, 2006.
- [5] TUNÇ, M. Isı Transferi, Doğa Yayıncılık, İstanbul, 172, 2000.
- [6] LAKOT ALEMDAĞ, E. "Saydam Yalıtımlı Yapı Dış Kabuğu Isıl Performansının Deneysel İncelenmesi", KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 2013.
- [7] PLATZER, W., J. "Transparent Insulation Materials and Products: A Review", Advances in Solar Energy, 14, 33-65, 2001.
- [8] WİTTWER, V. "Transparent Insulation Materials and Their Application in Active and Passive Systems", International Journal of Solar Energy, 11, 1-2, 117-134, 1992.
- [9] KAUSHİKA N., D., SUMATHY, K. "Solar Transparent Insulation Materials: A Review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 7, 317-351, 2003.



[10] <http://www.okalux.de/en/downloads/products/kapilux.html>, “Infotext Kapipane PMMA”, 13 Mayıs 2011.

ÖZGEÇMİŞ

Esra LAKOT ALEMDAĞ

1982 Trabzon doğumludur. 2004 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversiteden 2007 yılında Yüksek Mimar, 2013 yılında Doktor ünvanı almıştır. KTÜ Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Bilim Dalında 2005-2013 yılları arasında araştırma görevlisi olarak görev yapmıştır. Ekoloji, Sürdürülebilir Mimarlık, Enerji Etkin Mimari Tasarım, Aktif ve Pasif Güneş Enerji Sistemleri ve Isıl Konfor konularında çalışmaları ve yayınları vardır.

Mustafa KAVRAZ

1977 Tirebolu doğumludur. 1997 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversiteden 2001 yılında Yüksek Mimar, 2006 yılında Doktor ünvanı almıştır. KTÜ Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Bilim Dalında 1999-2006 yılları arasında Araştırma Görevlisi, 2006-2010 yılları arasında öğretim görevlisi, 2010 yılından beri Yrd. Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır. Oda Akustiği, Gürültü Kontrolü, Mimari Aydınlatma, Salon tasarımları konularında çalışmaları ve yayınları vardır.