

KLİMA SANTRALLERİNDE ISI KÖPRÜSÜ OLUŞUMUNUN DENEYSEL VE SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ

Numerical And Experimental Investigation Of Thermal Bridge Formation In Air Handling Units

Mürüvvet ZENGİNOĞLU
Meltem KOÇAK
İ. Mert SALMAN

ÖZET

Bu çalışma kapsamında, klima santrallerinde enerji kaçağının en yoğun olduğu panel ve klima iskeleti (karkas yapısı) birleşim bölgeleri, termal açıdan sayısal ve deneysel olarak incelenmiştir. Enerji kaybı sebebi olan ısı köprü bariyersiz klima santrallerinin, aynı zamanda yüzeyde yoğunlaşma meydana getirebileceği ve bu sebeple ortaya çıkabilecek hijyen problemlerinden bahsedilmiştir. Farklı ısı iletim katsayısı ve geometriye sahip ısı köprü bariyerli / ısı köprü bariyersiz ürünlerle yapılan panel ve klima iskeleti tasarımları, SolidWorks Flow Simulation programında analiz edilerek ısı köprüleme katsayısı (k_b) elde edilmiştir. Tasarımın prototip üretimi gerçekleştirilmiştir ve laboratuvarında performans testleri yapılarak, hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) analiz sonuçlarıyla kıyaslanmıştır. Analiz ve testler EN 1886 [1] standardına uygun olarak yapılmış, elde edilen sonuçlara göre ısı köprüleme sınıfları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isı Köprüsü, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, İklimlendirme, Klima Santrali, EN 1886, Modelbox

ABSTRACT

Within the scope of this study, the connection areas of the panels and air conditioning frame (carcass structure) with the most energy leakage in the air handling units were investigated in terms of numerical and experimental. Thermal bridge formation due to energy loss and barrier-free air handling units can also cause condensation on the surface and hygiene problems that may arise due to this reason are mentioned. Panel and air conditioning frame designs with different heat transfer coefficient and geometry with heat bridge barrier / without heat bridge barrier products were analyzed in SolidWorks Flow Simulation program and thermal bridging coefficient (k_b) was obtained. The prototype of the design was realized and performance tests were performed in the laboratory and compared with the computational fluid dynamics (CFD) analysis results. Analyzes and tests were performed according to EN 1886 [1] standard and thermal bridging classes were determined according to the results.

Key Words: Thermal Bridge, Computational Fluid Dynamics, Air Conditioning, Air Handling Unit, EN 1886, Modelbox

1. GİRİŞ

Günümüzde nüfus ve sanayileşmeyle artan enerji ihtiyacı, enerjiyi verimli kullanma zorunluluğu doğurmuştur. Geleneksel enerji kaynaklarının (doğalgaz, petrol, kömür) ömrünün olması ve son yıllarda çıkan enerji krizleri de enerji verimliliğini önemli hale getirmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı'nın 2011 verilerine göre, en yüksek enerji tüketimi sırasıyla endüstriyel alanda, ulaşımda ve binalarda gerçekleşmektedir [2]. Binalarda (hastane ve alışveriş merkezleri de dahil olmak üzere) tüketilen enerjinin önemli bir kısmı iklimlendirme için harcanmaktadır (Tablo 1). Bu sebeple havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin ısı geri kazanımına sahip olması enerji verimliliğini sağlayacaktır.

Tablo 1. Enerji Tüketim Oranları [2]

Alan	Dünyada Enerji Tüketim Oranları (%)
Taşıma	28
Endüstri	31
Bina	22
Ticaret	19

Havalandırma üniteleri, en az bir fan yardımı ile hava dolaşımı, filtreleme, ısıtma, soğutma, ısı geri kazanımı, nemlendirme, nem alma ve karıştırma gibi fonksiyonların bir ya da daha fazlasını yerine getirmek için gerekli ekipmanları bir kasanın içerisinde bulunduran ünitelerdir [3]. Ecodesign [4] direktifinde havalandırma cihazları, ev tipi olmayan havalandırma cihazları -klima santralleri- (>250 m³/h) ve ev tipi havalandırma cihazları (<250 m³/h) olarak sınıflandırılır.

Klima santrallerinde gerçekleşen ısıtma ve soğutma işlemleri sırasında, cihaz içi ve cihaz dışı arasında oluşan sıcaklık farkı yüzünden, klima santrali kasasında ısı transferi meydana gelmektedir. "EN 1886 Havalandırma- Binalarda- Hava işleme ünitelerinin mekanik performansı" standardı kasa yapısının performans sınıflarını belirlemektedir. Standartta, farklı üretici ve modeldeki cihazların ortaklaştırılması (Modelbox) için gerekli özellikler belirtilmiştir ve Modelbox cihazının test yöntemlerinden bahsedilmiştir.

EN 1886 standardına göre, belirlenip test edilebilecek beş ana başlık vardır [1];

1. Kasa mekanik dayanımı (D1, D2, D3)
2. Kasa hava kaçağı (L1, L2, L3)
3. Filtre bypass kaçağı (G1-F5, F6, F7, F8, F9)
4. Kasa ısı performans (T1, T2, T3, T4, T5; TB1, TB2, TB3, TB4, TB5)
5. Kasa akustik izolasyonu

Bu testler arasında incelenecek olan ise ısı geçirgenlik sınıfı ve ısı köprüleme sınıfını içinde barındıran kasa ısı performansı olacaktır.

Isıl geçirgenliği azaltmak için tasarlanan panel yapısı, panel çevrelerinde ve karkas yapısında kesintiye uğramaktadır. İzolasyonun kesintiye uğradığı bu bölgelere ısı köprüsü adı verilmektedir. Isı köprüsü, dış ortam ve iç ortam arasındaki sıcaklık farkına bağlı olarak meydana gelir. Isıl geçirgenliğin aksine santralin tümüyle ilgilenmez, en yüksek (ya da en düşük) dış yüzey sıcaklığıyla ilgilenir. Isı köprülerinin önlenememesi durumunda kasanın iç ve dış yüzeyinde noktasal yoğunlaşmalar meydana gelebilir. Bu durum korozyona sebep olabilmekle birlikte, yoğunlaşan suyun havayla birleşmesi sonucu ortam konfor şartlarını bozan ve hijyenik olmayan koşullanmış hava ortaya çıkabilir.

Isıl köprüleme katsayısının standartta belirtilen şekilde hesaplanması (Denklem 1) ile ısı köprüleme sınıfı belirlenir.

$$k_b = \frac{t_i - t_{smax}}{t_i - t_a} \quad (1)$$

(1) eşitliğinde, k_b ısı köprüleme katsayısını, t_i iç ortam sıcaklığını (K), t_a dış ortam sıcaklığını (K), t_{smax} maksimum dış yüzey sıcaklığını (K) belirtmektedir. Testler sonucunda elde edilen değerler (1) denkleminde konularak elde edilen k_b değeri EN 1886 standardında sınıflara ayrılmaktadır (Tablo 2).

Literatürde yapılan bir araştırmada [5], klima santrallerinde ısı köprü bariyerli klima santral panelindeki ısı performanslar ANSYS sonlu elemanlar yöntemiyle incelenmiştir. İdeal kaset yapıları hakkında bilgi

Tablo 2. Isıl Köprüleme Sınıfları [1]

k_b	Isıl Köprüleme Sınıfı
$0,75 \leq k_b < 1,0$	TB1
$0,60 \leq k_b < 0,75$	TB2
$0,45 \leq k_b < 0,60$	TB3
$0,30 \leq k_b < 0,45$	TB4
$k_b < 0,30$	TB5

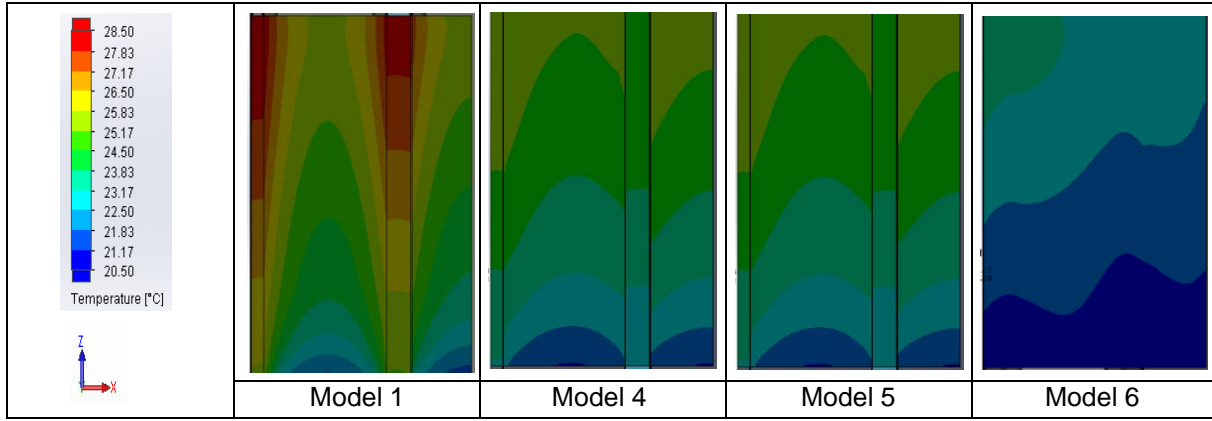
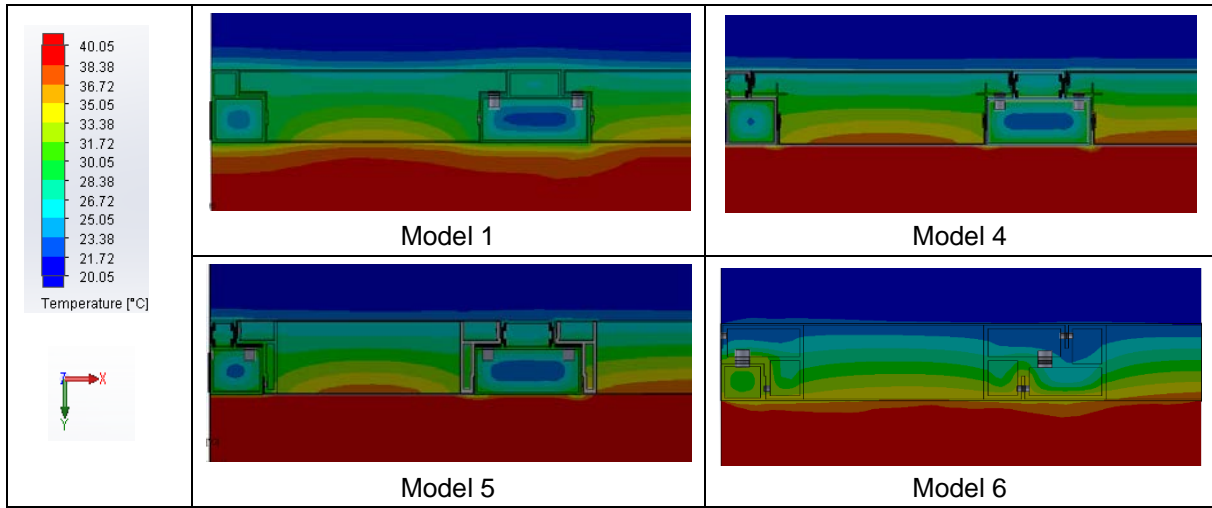
verilmiş, farklı tip materyal kullanılarak tasarlanan panellerin sıcaklık dağılımları gösterilmiştir. Ayrıca santral yüzeyindeki sıcaklık dağılımı Thermograph metoduyla belirlenmiştir.

Diğer bir araştırmada ise [6], klima santrallerinde karkas ve panel yapısındaki ısıl köprüleme incelenmiştir. Araştırmada üç farklı karkas yapısı ve üç farklı panel yapısı kullanılarak altı farklı tip model oluşturulmuştur (Tablo 3). Malzeme termofiziksel ve mekanik özellikleri hakkında bilgi verilmiştir.

Tablo 3. Isı Köprü Bariyerli/Bariyersiz Kasa Modelleri ve Malzeme Detayları

	Model 1	No	Malzeme
		1	Sac
2	Kaya yünü		
3	Isıl köprü bariyersiz alüminyum omega profil		
	Model 4	4	Vida
		5	Cıvata
		6	Conta
		10	Isıl köprü bariyersiz alüminyum modül birleştirme profili
	Model 5	8	Isıl köprü bariyerli alüminyum omega profil
		9	Isıl köprü bariyerli alüminyum modül birleştirme profili
		11	Propipilen profil
	Model 6	12	PVC-01 profil
		13	PVC-02 profil
		12	PVC-02 profil
		13	Çelik kutu profil

Tasarlanan modeller SolidWorks Flow Simulation programı kullanılarak ve başlangıç koşulları EN 1886 standardına uygun atanarak HAD yöntemiyle analiz edilmiştir (Şekil 1 ve Şekil 2) [6].

**Şekil 1.** Kasa Dış Yüzeği Sıcaklık Dağılımı [6]**Şekil 2.** Maksimum Sıcaklık Kesit Görüntüsü [6]

Elde edilen maksimum yüzey sıcaklığından k_b değeri hesaplanmış ve TB sınıfları öngörülmüştür (Tablo 4) [6].

Tablo 4. Modellerin Isıl Köprüleme Değerleri [6]

Model No	Maksimum Yüzey Sıcaklığı (t_{smax}) [°C]	Isıl Köprüleme Katsayısı (k_b)	Isıl Köprüleme Sınıfı
Model 1	28.5	0,58	TB3
Model 2	28.17	0,591	TB3
Model 3	28.06	0,597	TB3
Model 4	25.76	0,714	TB2
Model 5	25.84	0,708	TB2
Model 6	23.77	0,811	TB1

Çalışma boyunca kullanılan modeller kasa yapısının tamamını değil seçilen bir bölümünü incelediği için, yapılan sayısal analizler modellerin ısı köprüleme özelliklerini birbiri ile kıyaslamaya imkân sağlamasına rağmen ısı köprüleme sınıfının teyidi için modellerin Modelbox analizlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu bildiri, 6 numaralı kaynakça olarak belirtilen bildirinin devamı niteliğinde olup yapılacak çalışmanın amacı, oluşturulan Model 6'nın Modelbox çizimini gerçekleştirerek EN 1886 standardına uygun bir şekilde HAD analizlerini yapmaktır. Sayısal analizi yapılan modelin deneysel sonuçlarla kıyaslanması için üretimi gerçekleştirilecek ve ısı köprüleme testi yapılacaktır.

2. MODELBOX TASARIMI

Farklı üreticiler tarafından, farklı modeldeki klima santrallerinin kıyaslanabilmesi için oluşturulan Modelbox'ların sahip olması gereken zorunluluklar vardır. EN 1886 standardında açıklanan zorunluluklar şu şekildedir [1];

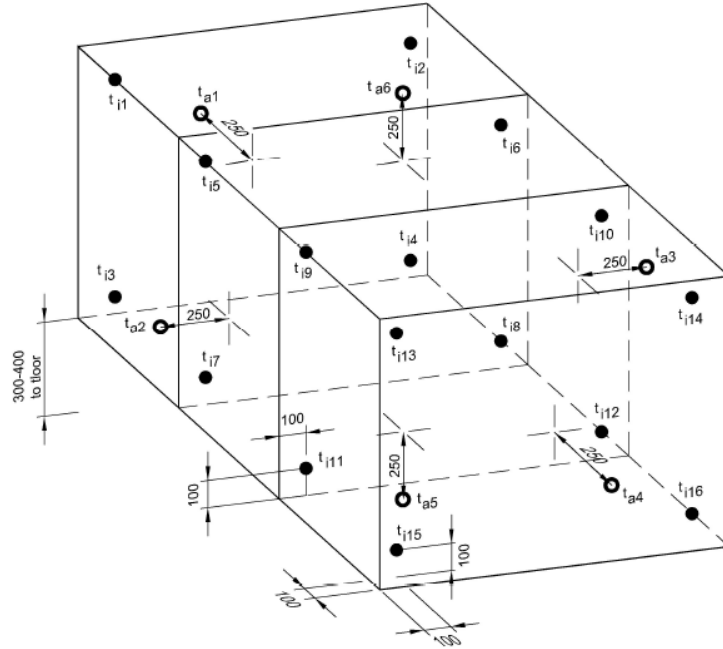
1. Üretici tarafından normal üretimde kullanılacak tasarım tipinde ve montaj yönteminde bir Modelbox yapılmalıdır.
2. Modelbox, aşağıdaki spesifikasyonlar dikkate alınarak tasarlanmalıdır;
 - a. Yükseklik ve genişlik ölçüsü 0,9 m ve 1,4 m arasında kalmalıdır.
 - b. Toplam dış yüzey alanı 10 m² ve 30 m² arasında olmalıdır.
3. Modelbox, birbirine birleştirilerek oluşturulan simetrik iki bölümden oluşmalıdır.
4. Her bölüm Modelbox içine erişime rahatlıkla izin veren en az bir adet kapı ve bir adet sabit panel bulundurulmalıdır (Gerçek ünitenin her yapı detayı dahil edilmelidir.)
5. Tüm ölçümler alınırken filtre bypass kaçağının ölçülmesine izin veren bir filtre çerçevesi (filtre olmadan) takılmalıdır. Test filtre çerçevesi olmadan gerçekleştirilirse, test raporunda ayrıca belirtilmelidir.
6. Yağmurluk sacı, termodinamik değerler belirlenirken dahil edilmemelidir.
7. Modelbox, yerden 300 mm ile 400 mm arasında yükseklikte, tabanından ya da karkasından destekleyecek şekilde izolasyon blokları üzerine yerleştirilmelidir. Test dış ortamı hava akışsız (hava akış hızı 0,1 m/s'den az) olmalıdır. İzolasyon blokları yüzey alanı, klima santralinin taban alanının %5'inden büyük olmamalıdır.
8. Test ortamında radyasyon enerjisine izin verilmemelidir.
9. İç yüzeye aşağıdakiler monte edilmelidir. Ünite içindeki test ekipmanı grubu, kasanın ısı iletimini etkilememelidir.
 - a. Harici olarak kontrol edilebilen bir ya da daha fazla elektrikli ısıtıcı bulunmalıdır.
 - b. Saatte 100 ile 110 arası hava değişimine sahip ve ölçüm noktaları boyunca iç hava sıcaklığı farkının 2,0 °C'den fazla olmamasını sağlayan bir veya daha fazla fan bulunmalıdır.
10. Modelbox, Şekil 3'te gösterildiği gibi 3 ana ölçüm bölgesine ayrılmalıdır.
11. Her biri köşe ve kenarlardan 100 mm uzaklıkta 16 adet sıcak ölçüm cihazları Modelbox içine yerleştirilmelidir.
12. Modelbox içinde ve dışında kullanılan tüm hava sıcaklığı ölçüm cihazları, ısı radyasyonuna karşı korunmalıdır. Kullanılan hava sıcaklığı ölçüm cihazlarının doğruluğu $\pm 0,1$ °C, kullanılan yüzey sıcaklığı ölçüm cihazlarının doğruluğu $\pm 0,2$ °C olmalıdır.

13. Dış hava sıcaklığı, Modelbox'ın üst, alt ve dört dikey yüzeyinin merkezinden 0,25 m mesafede ölçülmelidir.

Eurovent, EN 1886 standardına ek olarak aşağıdaki iki zorunluluğu da belirtmiştir [7].

14. Modelbox'ın sağ ve sol yüzeyinde, sol alt kısımda bulunan (300 mm uzaklıkta), 80 mm (± 5 mm) çapına sahip delik olmalıdır.

15. Kapı genişliği en az 400 mm olmalıdır.



Şekil 3. Ölçüm Aletlerinin Montajı ve Uzaklıklar [1]

3. MODELBOX SAYISAL ANALİZ VE DENEYSEL TESTİ

Testine ve analizine karar verilen Model 6'nın Modelbox tasarımı Bölüm 2'de belirtilen gereklilikler göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir.

Modelbox'ta karkas yapısı olarak çelik kutu profil kullanılmıştır. Panel yapısında izolasyon malzemesi olarak kullanılan kaya yünü iç ve dış sac arasında ısıl köprülemeyi panel boyunca önlemektedir. Ancak iç ve dış sacın birleşmesi gereken panel çevrelerinde, sac saca birleşme sonucu oluşacak ısıl köprülemeyi önlemek için ısıl iletkenlik katsayısı düşük PVC profil kullanılmıştır (Tablo 3).

Modelbox, özel yapısı sayesinde diğer komponentlere göre daha yüksek ısıl iletkenlik katsayısına sahip karkas yapısı dış ortamla temas etmemekte, böylelikle ısıl köprüleme önlenmektedir. Panel panele birleşme sırasında karkas yapıya ihtiyaç duyulmamaktadır (Karkastan bağımsız dikme kullanılmaktadır).

Modelbox üzerinde kullanılan tüm karkas ve panel bileşenleri ile, montaj sırasında ihtiyaç duyulan menteşe, kilit, vida ve ısıl köprülemeyi önleyen kör tapa içerisinde yer alan civatalar gerçek üniteye kullanılanlar ile aynıdır.

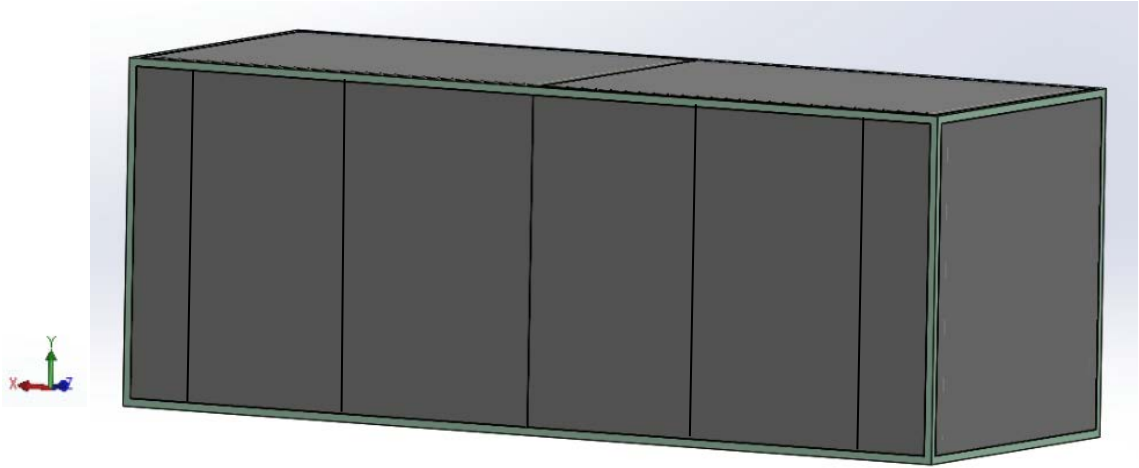
Tasarımı gerçekleştirilen Modelbox'ın boyutları 2840 mm x 1040 mm x 970 mm'dir. Toplam dış yüzey alanı 15.72 m² olan Modelbox'ın kapı genişliği 638 mm'dir.

3.1 HAD Yöntemiyle Sayısal Analiz

Tasarımı gerçekleştirilen Modelbox'ın SolidWorks Flow Simulation paket programı kullanılarak HAD sayısal analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz başlangıç koşulları ve şartları aşağıda verilmiştir.

- Analizlerde yerçekimi -Y yönünde $9,81 \text{ m/s}^2$ alınarak doğal taşınım aktif hale getirilmiştir. Programda dış akış seçilerek kontrol hacmi oluşturulmuştur.
- Dış ortam sıcaklığı $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ve iç ortam sıcaklığı $40 \text{ }^\circ\text{C}$ tanımlanmıştır.
- Testin başlaması için gerekli koşul iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkının $20 \text{ }^\circ\text{C}$ olmasıdır. Bu sıcaklık Modelbox'ın iç yüzeyden 100 mm içeriden ölçülmelidir. Oluşturulan Modelbox'ta tüm iç yüzeylerden 100 mm uzaklıkta bulunan bir katı hacim oluşturulmuş ve hacme $40 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık verilerek ısı kaynağı olarak tanımlanmıştır.
- Profillerin iç boşlukları katı olarak tasarlanmış ve ısıl iletkenlik katsayısı verilerek analize dahil edilmiştir.

Modelbox'ın 3D çizimi Şekil 4'te, kullanılan malzeme ve termofiziksel özellikleri Tablo 5'te verilmiştir.



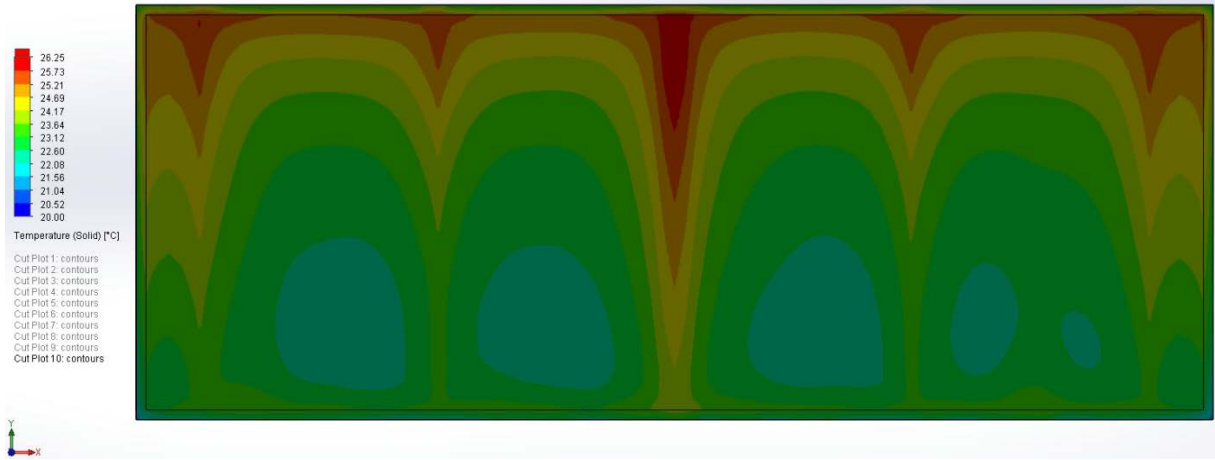
Şekil 4. Analizi Yapılan Modelbox Çizimi

Tablo 5. Kullanılan Malzemelerin Termofiziksel Özellikleri

Malzeme Adı	Isı İletim Katsayısı [W/(m*K)]	Yoğunluk [kg/m ³]	Özgül Isı [J/(kg*K)]
Kaya Yünü	0,04	70	0,8
Conta	0,2	1000	2000
Poli Vinil Clorür (PVC) profil	0,2	1000	2000
Sac	15	7830	500
Hava	0,0263	1,16	1007

Kontrol hacmin boyutları X-Y-Z ekseninde 4-2-2,8 m saptanmıştır. 0,001 m boşluk boyutu verilmiş ve başlangıç mesh seviyesi 3 olarak atanmıştır. Lokal mesh sekmesinde, hava ile temas eden yüzeylerdeki katı ve katı-akışkan refinement seviyesi 1 olarak verilmiştir. Yapılan seçimler sonucunda 856612 akışkan, 1114604 katı olmak üzere toplamda 1971216 mesh oluşturulmuştur.

Analizlerin sonucunda maksimum sıcaklık, servis kapısı ve sabit panellerin bulunduğu ön düzlemde modül birleştirme kısmında 26,25 °C olarak bulunmuştur (Şekil 5). Denklem 1’de yerine koyulduğunda, ısı köprüleme katsayısı 0,688 ve ısı köprüleme sınıfı TB2 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5. Ön Düzlem Sıcaklık Dağılımı

3.2 Isıl Köprüleme Testi

Sayısal analizlerinden sonra Modelbox, Bölüm 2’de belirtilen şartlara uygun olarak üretilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Modelbox

İçerisine iç ortam sıcaklığının istenilen değerinde sağlanması için 4 adet elektrikli ısıtıcı ve iç ortam hava sıcaklığını eşitlemek için saatte 100 ile 110 arası hava değişimine sahip 4 adet fan yerleştirilmiştir.

Her bir köşe ve kenarlardan 100 mm uzaklıkta 16 adet sıcaklık sensörü, Modelbox’ın iç ortam sıcaklığını ölçmek üzere Şekil 7’de belirtildiği gibi yerleştirilmiştir.

Dış ortam sıcaklığını ölçmek için dış yüzeylerin orta noktasından 250 mm uzaklıkta 6 adet sıcaklık sensörü kullanılmıştır (Şekil 8).



Şekil 7. Elektrikli Isıtıcı, Fan ve İç Ortam Sıcaklık Sensörleri



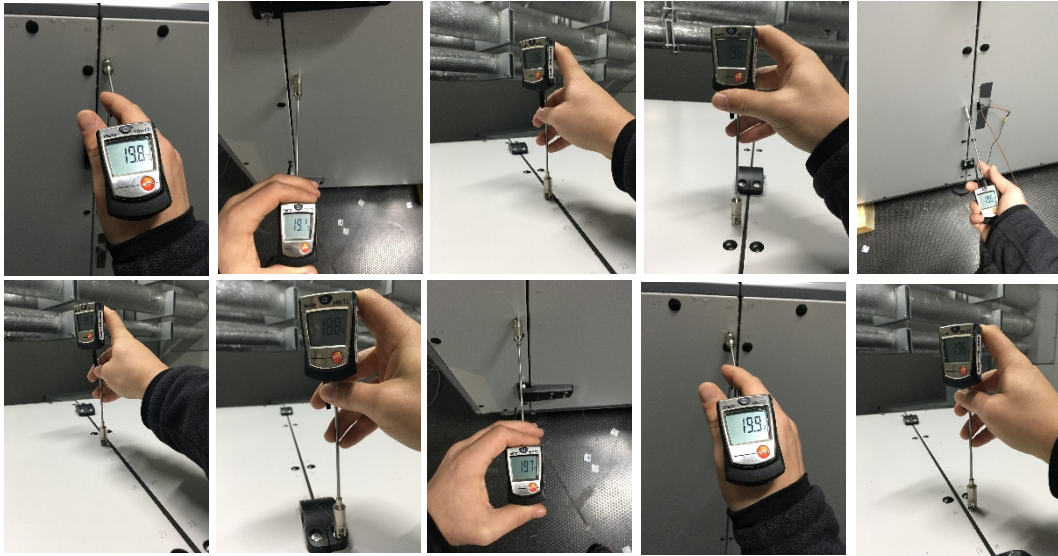
Şekil 8. Dış Ortam Sıcaklık Sensörleri

Isıtıcılar ve fanlar, iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı 20 °C olana kadar çalıştırılmıştır. Testte iç ortam sıcaklığı 33,91 °C, dış ortam sıcaklığı 13,87 °C olarak belirlenmiştir.

İç ve dış ortamda, 1,0 °C'yi geçmeyen standart bir sapma sağlanacak şekilde test 30 dakika boyunca devam ettirilmiştir.

Ölçüm sırasında, iç ortam ölçüm noktalarındaki sıcaklık farkı 2,0 °C'den fazla olmamalıdır. Üç ana bölüme ayrılan Modelbox'ın her bir bölümde elde edilen iç ortalama sıcaklık ölçümleri arasındaki fark 0,5 °C'yi geçmemelidir. Aynı şekilde dış ortam sıcaklık ölçümleri arasındaki fark 0,5 °C'yi aşmamalıdır. Yüzey sıcaklığı ölçüm cihazının çapı 7 mm ile 9 mm arasında olmalıdır, ayrıca sıcaklık ölçümünün maksimum sapması $\pm 0,2$ °C aralığında kalmalıdır.

30. dakikanın sonunda yüzey sıcaklıkları ölçülmüştür (Şekil 9). En yüksek sıcaklık 19,9 °C olarak kapı ve sabit panellerin bulunduğu ön düzlemde, modül birleştirme karkas yapısı üzerinde ölçülmüştür. Denklem 1'de yerine koyulduğunda, ısı köprüleme katsayısı 0,688 ve ısı köprüleme sınıfı TB2 olarak hesaplanır.



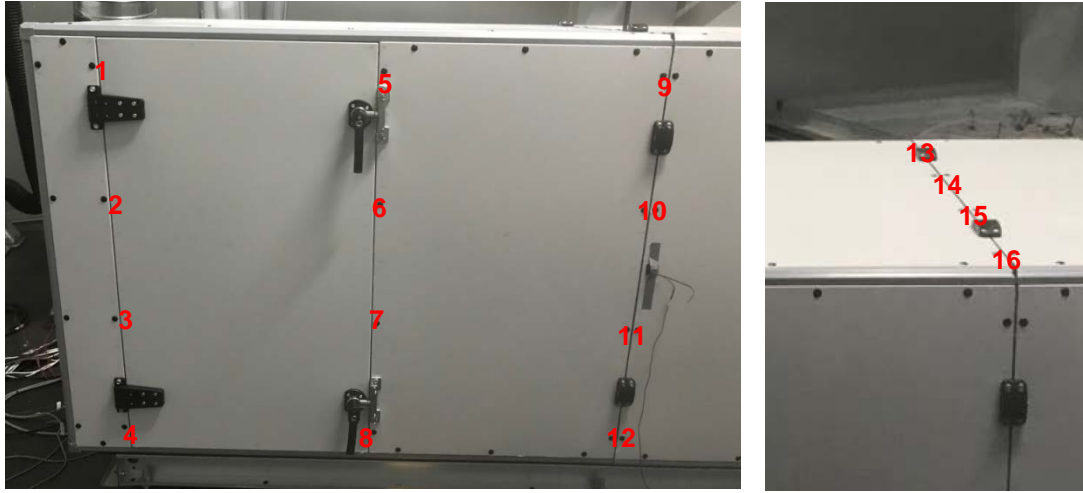
Şekil 9. Yüzey Sıcaklık Ölçüm Sonuçları

SONUÇ

Bölgesel ısı köprüleme incelemesi model kıyaslaması için yeterli olmakla birlikte ısı köprüleme sınıfının belirlenebilmesi için EN 1886 standardında belirtilen özelliklere göre üretilen Modelbox'ın, aynı standarda uygun olarak test edilmesi gerekmektedir.

Modelbox'ın maksimum dış yüzey sıcaklığı testler ve sayısal analizler sonucunda elde edilmiştir. Değerler, 1 numaralı denklemde yerine koyularak ısı köprüleme sınıfı TB2 olarak hesaplanmıştır.

Sayısal ve deneysel sonuçların kıyaslanabilmesi için Modelbox üzerinden kritik noktalar belirlenmiştir (Şekil 10). İşaretlenen noktalar üzerindeki ölçüm sıcaklık değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Tablo 6'da test sonuçları, test ve analiz iç ortam sıcaklıkları arasındaki 6,09 °C fark göz önünde bulundurularak ötelenmiştir, sonuçların +1,5/-0,2 °C sapma ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 10. Modelbox Ölçüm Noktaları

Tablo 6. Ölçüm Noktalarının Sayısal ve Deneysel Sonuçlarla Kıyaslanması

No	Analiz	Test*	No	Analiz	Test*	No	Analiz	Test*	No	Analiz	Test*
1	25,7	25,49	5	25,5	25,79	9	26,2	25,99	13	25,8	25,49
2	24,5	25,59	6	24,4	25,59	10	25,2	25,79	14	25,2	25,49
3	23,9	25,39	7	24,2	25,59	11	24,7	25,59	15	24,9	25,69
4	23,6	25,09	8	24,1	25,19	12	24,1	24,89	16	25,7	25,59

* Test sonuçları, analiz ve test iç ortam sıcaklıkları arasındaki 6,09 °C fark göz önünde bulundurularak ötelenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] DIN EN 1886 Ventilation for buildings – Air handling units – Mechanical performance English version of DIN EN 1886:2009-07
- [2] U. S. Energy Information Administration / Monthly Energy Review (October 2018). 16.01.2019, https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/sec2_3.pdf
- [3] Eurovent Certified Performance/Programme Descriptions. 16.01.2019, http://www.eurovent-certification.com/en/Certification_Programmes/Programme_Descriptions.php?lg=en&rub=03&srub=01&select_prog=HRS-COIL



- [4] Commission Regulation (EU) No 1253/2014 of 7 July 2014 implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for ventilation units
- [5] Beşer, E. Mobedi, E.M., Kumlutaş, D. (2001). Klima Santral Kasetlerinin Isıl Özellikleri. V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 315-324. 04.11.2018, <http://mmoteskon.org/wp-content/uploads/2014/12/2001-18.pdf>
- [6] Zenginoğlu, M. Koçak, M. Salman, M. Keskin, H. (2018) Numerical and Experimental Investigation of Thermal Bridge Formation in Air Handling Units. Fourth International Conference On Advances In Mechanical Engineering: Icame 2018, 940-949.
- [7] Information sheet for model box test according to EN 1886 (2017). www.tuev-sued.de/is

ÖZGEÇMİŞ

Mürüvvet ZENGİNOĞLU

1993 yılı Manisa doğumludur. 2016 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümünden mezun olmuştur. Aynı yıl DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitim hakkı kazanmıştır ve eğitimi halen devam etmektedir. 2018 yılında çalışmaya başladığı AERA İklimlendirme Teknolojileri'nde AR-GE Mühendisi olarak görev almaktadır. İyi derece HAD analizleri ve İngilizce bilgisine sahiptir.

Meltem KOÇAK

1989 İstanbul doğumludur. 2011 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümünden mezun olmuştur. Aynı yıl Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Termodinamik Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitim hakkı kazanmış ve 2016 yılında Makina Yüksek Mühendisi olarak mezun olmuştur. 2011-2014 yılları arasında Eneko Havalandırma'da Arge Mühendisi olarak, 2014-2016 yılları arasında Johnson Controls firmasında Test Mühendisi olarak çalışmıştır. 2016 yılı itibarıyla de AERA İklimlendirme Teknolojileri'nde AR-GE Yöneticisi olarak çalışmaktadır. İklimlendirme ve havalandırma cihazlarının testleri konusunda tecrübelidir. İyi derece HAD analizleri ve İngilizce bilgisine sahiptir.

İ. Mert SALMAN

1992 yılı Edirne doğumludur. 2016 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümünden mezun olmuştur. 2015 yılında stajyer mühendis olarak başladığı İmeksan firmasında, 2016 yılı itibarıyla Satış Destek Mühendisi olarak görev almıştır. 2018 yılında AERA İklimlendirme Teknolojileri'nde Test Mühendisi olarak görev almaya başlamıştır. İyi derecede İngilizce bilgisine sahiptir. Ayrıca iklimlendirme test prosedürleri, ekipmanları ve test teknikleri konusunda tecrübelidir.