

ODA SOĞUTUCULARDA DEFROST FLAP'İN DEFROST ESNASINDA ODAYA OLAN ISI KAZANCINA ETKİSİNİN NÜMERİK OLARAK İNCELENMESİ

Numerical Investigation Of The Effect Of Defrost Flap In Room Coolers On Heat Gain During Defrost

Harun Denizli
Mustafa Zabun

ÖZET

İklim değişikliği ve çevre kirliliği günümüzde insanlığın karşı karşıya olduğu en önemli sorunların başında gelmektedir. Enerji sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanların seçiminin ve çevre dostu soğutucu akışkanların kullanımının önemi her geçen gün artmaktadır. Küresel ısınma potansiyeli (GWP) ve ozon tabakasını inceltme potansiyeli (ODP) düşük olan soğutucu akışkanların seçimi, çevre bilinci açısından araştırmacılara önemli bir misyon yüklemektedir. Defrost, soğutucuların (evaporatör) soğuk yüzeylerinde yoğuşan su buharının oluşturduğu buzlanmanın ortadan kaldırılmasına veya eritilmesine soğutma tekniğinde verilen isimdir. Evaporatör yüzeyinde biriken buz veya kar istenmeyen bir durumdur ve ısı transferini zorlaştırarak verim kaybına neden olur. Aynı zamanda soğutma sistemlerinde buz veya kar yağışını çözmek için defrost işlemine harcanan enerji miktarı etkin bir şekilde kontrol edilmediğinden büyük boyutlara ulaşmaktadır. Defrostlu endüstriyel soğutucularda ürün sıcaklıklarının homojen tutulması önemli bir sorundur. Defrost işlemi için harcanan enerjinin verimliliğini arttırmak amacıyla soğutucu üzerine bir takım ekipmanlar yerleştirilmektedir. Bu ekipmanlardan biri de defrost flap'dir. Bu çalışmada defrost flap'in bir soğutucu üzerinde defrost işlemine olan etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel veriler doğrultusunda defrost flap'in soğuk odaya olan ısı kazancı hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) ile analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Soğutma, Evaporatör, Defrost, Defrost Flap, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, Deneysel Çalışma

ABSTRACT

Climate change and environmental pollution are among the most important problems facing humanity today. The importance of the selection of refrigerants used in energy systems and the use of environmentally friendly refrigerants is increasing day by day. The selection of refrigerants with low global warming potential (GWP) and ozone depletion potential (ODP) imposes an important mission on researchers in terms of environmental awareness. Defrost is the name given in the cooling technique to the removal or melting of the icing formed by the condensed water vapor on the cold surfaces of the coolers (evaporator). Ice or snow accumulating on the evaporator surface is an undesirable situation and causes loss of efficiency by making heat transfer difficult. At the same time, the amount of energy spent on defrosting to dissolve ice or snowfall in cooling systems is not controlled effectively, so it reaches large dimensions. Keeping the product temperatures homogeneous in defrosted industrial coolers is an important problem. In order to increase the efficiency of the energy consumed for defrosting, some equipment is placed on the cooler. One of these equipment is the defrost flap. In this study, the effect of the defrost flap on the defrosting process on a refrigerator was experimentally investigated. In line with the experimental data, the heat gain of the defrost flap to the cold room was analyzed by computational fluid dynamics (CFD).

Key Words: Cooling, Evaporator, Defrost, Defrost Flap, Computational Fluid Dynamics, Experimental Study

1. GİRİŞ

İklimlendirme endüstride ve günlük hayatın her alanında kullanıldığı için günümüzün önemli konularından biridir. Avrupa'da her ülkede ortalama kurulan ısı pompası sayısı, yaklaşık 20.000 ev tipi ısı pompasıyla son birkaç yılda önemli ölçüde arttı.(1) Dolayısıyla soğutma sisteminin hem performans hem de enerji tüketimi açısından verimli bir sisteme sahip olması araştırma konusudur. Enerjiden tasarruf etmek, enerji verimliliğini artırmak, kirlilik emisyonlarını azaltmak ve temiz enerji kullanmak, enerji tüketicilerinin hedefleri haline geldi.(2)Hava kaynaklı soğutma sistemlerinde ısı eşanjörü yüzeylerinde kar oluşumu iyi bilinen ve istenmeyen bir durumdur. Düşük ortam sıcaklıklarında, evaporatörün yüzeyinde soğutma performansını azaltan karlanma oluşur. Kar tabakası, bir ısı yalıtımı görevi gördüğü için evaporatördeki ısı transfer oranını azaltır. Ayrıca kar tabakası, evaporatörden geçen hava akışının bir kısmını bloke eder ve bu da performansın daha da düşmesine neden olur. Sonuç olarak, soğuk ve nemli koşullarda çalışan hava kaynaklı ısı pompaları, kardan korunmak için düzenli defrost işlemine ihtiyaç duyar.(3) Shokouhmand ve arkadaşları, kanatlı borulu ısı değiştiricilerin karlanma koşullarındaki davranışını tahmin etmek için sayısal bir model geliştirdi. Isı transfer katsayılarının, silindirik ve düz plakalar ile olan ilişkisi deneysel olarak bulunmuştur. Oluşturulan korelasyonlar modellerle birleştirildi. Ortalama don kalınlığı, ısı transfer hızı ve don kütlesi gibi parametreler üzerinde çalışıldı. (4)

Literatürde optimum defrost işleminin başlangıç zaman noktasına dayalı yeni defrost yöntemlerinin geliştirilmesi hakkında birkaç çalışma bulunmaktadır. Junda Zhu ve arkadaşları, çift fanlı bir evaporatörün fark basınç sensörünün optimum ölçüm noktasını belirler ve defrost işleminin zamanını belirlemek için fark basıncını ölçtüğü bir deney yapar. Karlanmış üründen ölçtüğü fark basıncı, kar tabakasının büyüme eğilimini nicel olarak tanımlamada kullanır. Önerilen bir basınç kayıp faktörüne göre defrost süresini optimize eder.(5) Li ve arkadaşları, literatürdeki defrost metodlarını incelemiş ve farklı donma koşullarında optimum defrost işlemini başlatacak optimum sıcaklığı bulmak için bir çalışma yapmıştır. Çalışmayı desteklemek için deney yapmış ve defrost başlangıç zamanının defrost verimine olan etkisini göstermiştir.(6)

Defrost sisteminin tasarımının yanında kontrolü de büyük öneme sahiptir. İncelenen defrost döngülerini başlatma ve sonlandırma teknikleri aşağıdakileri içerir:

- Zaman-sıcaklık kontrollü defrost
- Evaporatör boyunca hava basıncı farkı veya hava akış hızı
- Hava ile buharlaşan yüzey arasındaki sıcaklık farkı
- Hava tarafı ve soğutucu akışkan tarafı ısı transferi karşılaştırması
- Soğutucu akış hızı ölçümü
- Fan gücü ölçümü
- Kar kalınlığının optik veya akustik ölçümü
- Yapay zeka tabanlı defrost kontrol sistemleridir. (7)

Bagyaveereswaran ve arkadaşları, kullanım modeline göre defrost sıklığını üzerine çalışmışlardır. Defrostu uygun zamanda tetikleyen yeni bir algoritma tasarlanmıştır, Böylece evaporatördeki donma seviyesi sürekli olarak kontrol edilebilir. Ayrıca bu çalışmada defrost aralığını kullanım şekli ve iklim değişikliğine göre değiştiren ayrı bir uyarlamalı algoritma da tasarlanmıştır.(8)Wang ve arkadaşları, elektrikli araç ısı pompalarının dinamik kontrol stratejisi, diğer defrost sistemlerine göre daha zor olduğu için bu soruna bir çözüm aramıştır. Verimli bir defrost kontrol mantığı bulmak için, transkritik bir CO2 ısı pompası deneysel çalışmalar yapmışlardır.(9)Rong ve arkadaşları, defrost yöntemlerinin dezavantajlarının üstesinden gelmek için yeni bir çoklu buharlaştırıcı karşılıklı defrost sistemi önermişlerdir. Önerilen sistemin performansını deneylerle doğrulamıştır.(10)Thakkar ve arkadaşları ısı vererek defrostun maliyetli bir sistem olduğunu belirtmiş ve klasik defrost yöntemlerinin aksine, buzu

eriterek değil mekanik yöntemler kullanarak kanatçıkların üzerinden buzunu uzaklaştırmayı önermiştir.(11)

Defrost sistemlerinde sistem tasarımının kontrolü ve başlangıç zamanı optimize etmekle beraber ek komponentler ekleyerek defrost verimliliği artırılabilir. Bu komponentlerin amacı ısınan havanın ürün içerisinde kalmasını sağlayarak verilen ısıdan olabildiğince fayda sağlamaktır. Bu sayede defrost sürelerinde azalma meydana gelir ve ortama daha az ısı yük verilmiş olur.

Defrost işlemi uygulanacak üründe ısınan havanın çıkışını engellemek için ürünün

- Fan tarafı
- Hava giriş tarafı kapatılır.

Endüstride, fan tarafının kapatılırken su tutmaz özellikte özel bir kumaş kullanılır. Defrost işlemi esnasında fan çalışmayı durdurur. Bu kumaş fan çalışmayı durdurunca fan girişini kapatır ve ısınan havanın dışarıya çıkmasını engeller.

Hava giriş tarafının kapatılması fan tarafının kapatılmasına göre daha kompleks bir sistem gerektirir. Kapağın ürün çalışırken hava girişini engellemeyecek bir pozisyonda durması gerekir. Defrost işlemi başladığında ise hava girişini kapatacak şekilde konumlanır. Bu prosesin işlenmesi için bir motor vasıtasıyla iş gücü karşılanmalı ve bu motor bir kontrolcü tarafından kontrol edilmelidir. Kontrolcünün defrost işleminin başlama ve bitme komutu ile komut vermesi gerekir.



Şekil 1. Defrost Flap'ın Kapalı ve Açık Durumu

Bu çalışma kapsamında defrost flap in ürünün defrostuna katkısı incelenecek ve araştırılacaktır.

2. METODOLOJİ

Defrost flap eksi sıcaklıklarda çalışan ve üzerinde karlanmanın olduğu her defrost sistemli evaporatörde kullanılabilir. Bu sistemin kurulumu da ek bir maliyete sebep olduğu için verimliliğe etkisinin incelenmesi gerekmektedir. Verimliliğin incelenmesi için bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği programı olan Ansys:Fluent® kullanılarak kapağın etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Burada bir ürün tasarlanacak ve bu ürünün defrost işlemi esnasındaki dışarıya vermiş olduğu ısı 2 boyutlu olarak incelenecektir. Tablo 1'de incelenecek olan ürünün özellikleri verilmiştir.

Tablo 1. Analiz edilecek ürün özellikleri

Ürün Özelliği	Değerler
En(mm)	750
Boy(mm)	1700
Yükseklik(mm)	1100
Kapasite(kW)	20
Defrost Kapasitesi(kW)	8,4

2.1. Nümerik Analiz İçin Girdilerin Belirlenmesi

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), karmaşık akış problemlerini çözmek için bir yaklaşım geliştirmek üzere çok çeşitli mühendislik disiplinlerinde birkaç yıldır başarıyla kullanılan güçlü bir tekniktir. (12) ANSYS Fluent® akış davranışını (periyodik akış, dönen ve dönen akışlar, sıkıştırılabilir akış ve viskoz olmayan akış dahil) hesaplamak için temel denklemleri çözer ve fiziksel modelleri açıklar. Bu temel denklemler; kütle, momentum ve enerjinin korunumu denklemleri olmak üzere aşağıda verilmiştir.

Kütle Korunum Denklemi:

$$\frac{\delta \rho}{\delta t} + \nabla \cdot (\rho V) = 0 \quad (1)$$

Momentumun Korunum Denklemi:

$$\rho \left(\frac{\delta V}{\delta t} + V \cdot \nabla V \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 V + \rho g \quad (2)$$

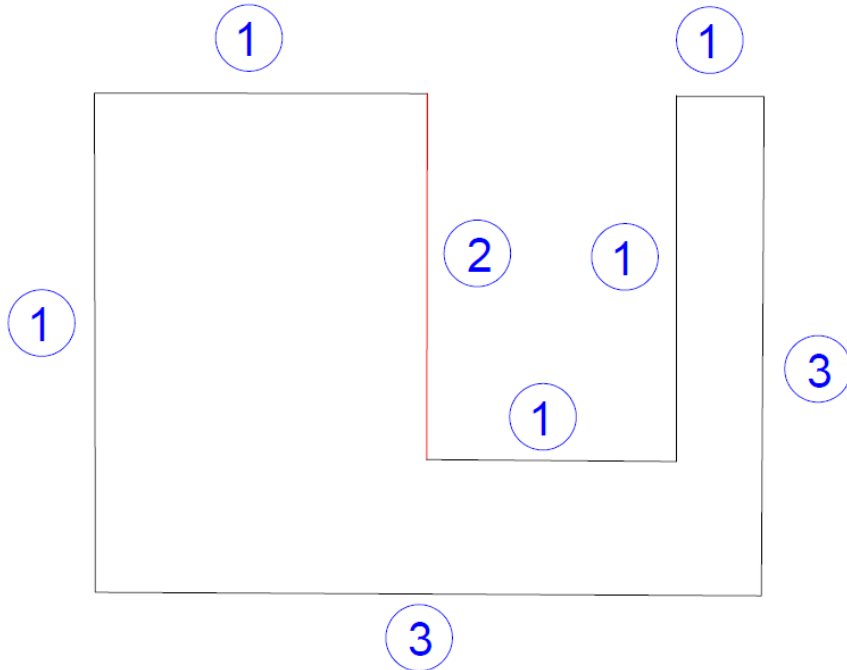
Enerjinin Korunumu Denklemi:

$$\frac{\delta(\rho E)}{\delta t} + \nabla \cdot (v_i (\rho E + P)) = -\nabla \cdot (\sum h_j J_j) + S_h \quad (3)$$

Ürünün kapasitesinin hesaplanmasında termodinamiğin ikinci yasasından hareketle elde edilen aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta t \quad (W) \quad (4)$$

Çalışmada özellikleri belirtilen ürünün bir oda içerisinde defrost işlemi esnasında odaya uyguladığı ısı yük hesaplanacaktır. Fluent® de çalışma Şekil 2'deki gibi kurulmuştur.



Şekil 2. Senaryo kurulumu konsept tasarımı

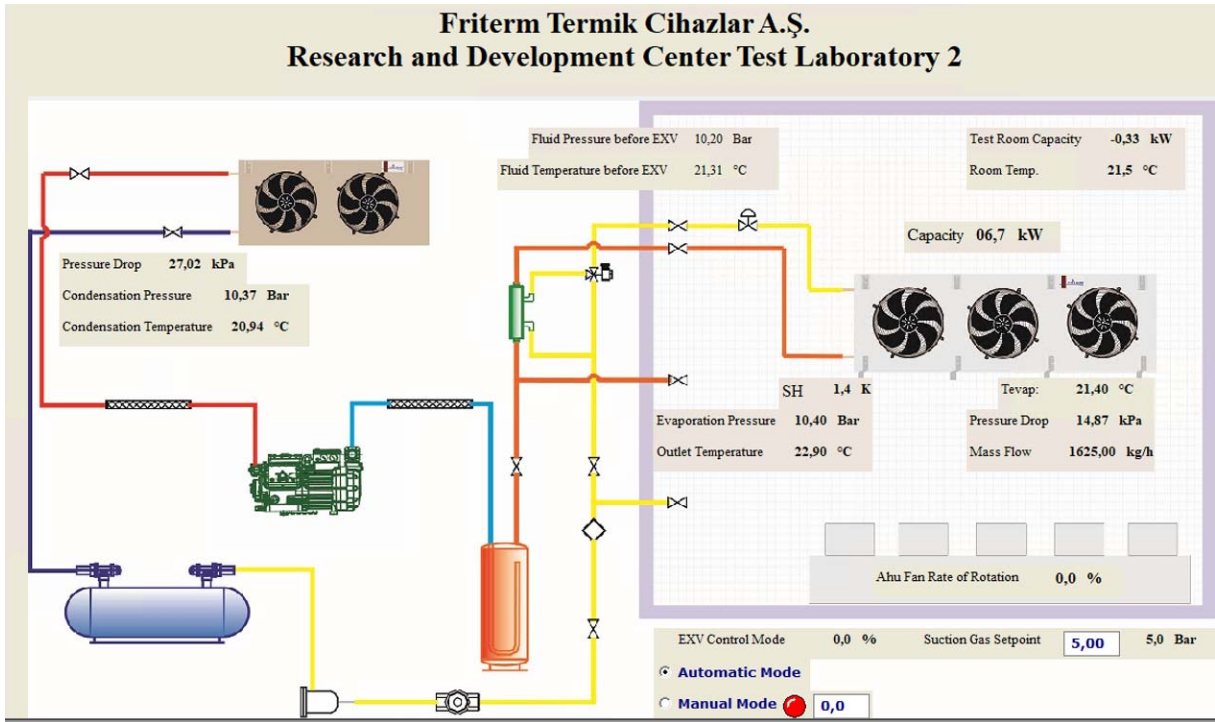
Bu sınır şartlarında odanın duvarları, ürünün fan tarafı ve üründeki diğer duvarlar (1 numaralı bölümler) sabit sıcaklıkta ve odanın bir kısmı alındığı için (3 numaralı bölüm) o bölümlere symmetry sınır şartı verilmiştir. Ürünün hava giriş tarafı (2 numaralı bölüm) zamana bağlı bir değişken sıcaklık verilmektedir. Ürünün hava giriş tarafı (2 numaralı bölüm) zamana bağlı bir değişken sıcaklık verilmektedir. Ürünün hava giriş tarafı (2 numaralı bölüm) zamana bağlı bir değişken sıcaklık verilmektedir.

2.2. Deney Düzeneği

Defrost esnasında 2 numaradaki sınır şartındaki değişken sıcaklık verisini belirlemek için flapli ve flapsiz 2 adet test yapılacak ve orada ölçülen sıcaklık değerleri analizde kullanılacaktır. Test için Tablo 1'de özellikleri verilen ürün üretilmiştir. Testler Friterm Test Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

2.2.1. Deney Düzeneği Tanıtımı

Deneyler, hâlihazırda Friterm A.Ş. bünyesinde bulunan Kalorimetrik Test Odası'nda yapılacaktır. 2016'da Friterm tarafından inşa edilen bu test odası, istenilen sıcaklık ve nem koşullarında şartlandırılabilir. Evaporatör testi için kullanılan bu oda, soğutma çevriminin diğer elemanlarını oda dışında bulundurmaktadır.



Şekil 3 Friterm kalorimetrik test odası kontrol sistemi

Çevrimin belli noktalarından sıcaklık ve basınç değerleri alınarak odanın rejime girip girmediği kontrol edilir. Kalorimetrik test odası dijital kontrol programındaki alınan örnek veriler Şekil 3'de verilmiştir.

2.2.2. Deney Kurulumu

Odaya Tablo 1'de belirtilen ürün bağlanacaktır. Aynı ortam şartlarında ve kar miktarında olacak şekilde defrost işlemi, flapli ve flapsiz olarak test edilecektir. Oda:

- -6°C 'de
- 10 kg karlandırılacak şekilde şartlandırılmıştır.

Ürün odaya bağlanmış olarak Şekil 4'de görülebilir.



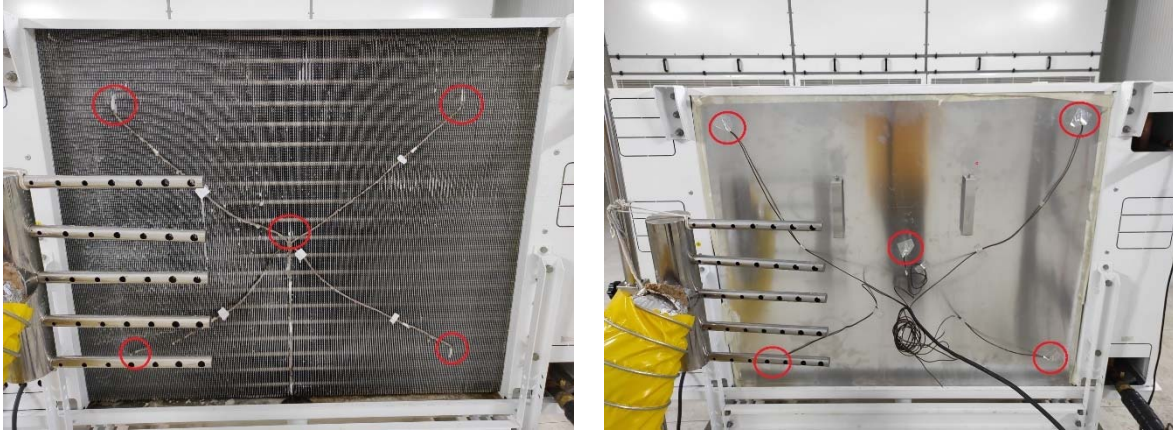
Şekil 4 Test ürünü bağlantı şekli

Burada bağlanan ürünün hava girişi tarafından 5 noktadan sıcaklık ölçümü alınıp bu ölçümlerin ortalaması alınacaktır. Burada T tip termokupl kullanılmıştır. Ortam havasının sıcaklığını ölçmek için hava örnek ünitesi kullanılmıştır. Bu ünite, ürünün girişinde farklı noktalardan örnek olarak havanın giriş sıcaklığını ve nemini ölçer. Bu ünitenin içerisinde sıcaklık ölçmek için PT-100 sensörü kullanılır. Ayrıca odanın her bir köşesinde o noktalardaki sıcaklığı ölçebilmek için termokuplar bulunmaktadır. Termokupl ve hava örnek ünitesinin belirsizlik değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2 Deneyde kullanılan cihazların belirsizlik değerleri

Ürün	Belirsizlik Değeri
Termokupl	$\pm(\%0,75 \text{ ya da } 1 \text{ }^\circ\text{C})$
PT-100	$\pm(\%0,5+0,3^\circ\text{C})$

Şekil 5’de flapli ve flapsiz durumda sıcaklık alınan 5 nokta gösterilmiştir.



Şekil 5 Flapsiz ve Flapli Deneylerin Ölçüm Noktaları

2.2.3. Deney Sonuçları

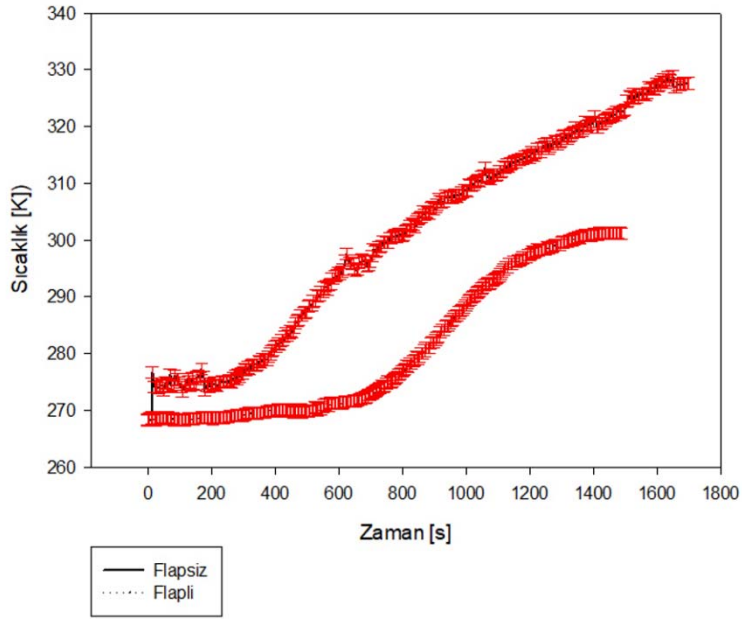
Belirlenen noktalardan alınan sıcaklık değerleri defrost süresince kaydedilmiştir. 10 kg kar miktarı için defrost süreleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3 Defrost işlem süreleri

Deney İsmi	Deney Süreleri (s)
Defrost Flapli Deney	1490
Defrost Flapsiz Deney	1700

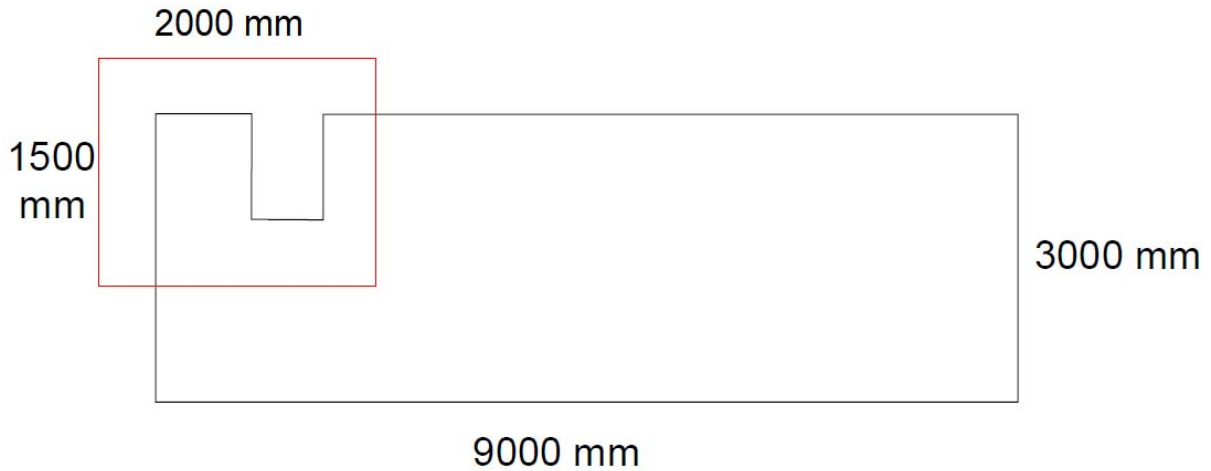
Deneyde zamana bağlı olarak sıcaklık değişimleri kayda alınmıştır. Daha önceden belirlenmiş 5 noktanın ortalamaları alınmış ve Şekil 6'da gösterilmiştir.

Ölçüm Noktalarında Ortalama Sıcaklık Değerleri

**Şekil 6** Ortalama sıcaklığın zamana göre değişimi

2.3. Nümerik Analizin Kurulumu

Deney yapılan ürünün bağlanacağı oda 3000x9000 mm olacak şekildedir. Fakat analizin daha kısa sürmesi için odanın 1500x1500 mm dikkate alınarak analiz yapılacaktır. Çünkü analizin sadece o kısmı etkileyeceği ön görülmektedir.

**Şekil 7** Analiz Kurulumu

Nümerik analiz kurulumu aşağıdaki adımlar takip edilerek kurulum gerçekleştirilecektir. Bu adımlar:

- Sonucu, meshden bağımsız hale getirecek mesh birim uzunluğunun tespiti
- Deneyde hesaplanmış flapli ve flapsiz sıcaklık girdilerinin girilerek olayın ANSYS: Fluent de kurgulanması
- Elde edilen sonuçların yorumlanmasıdır.

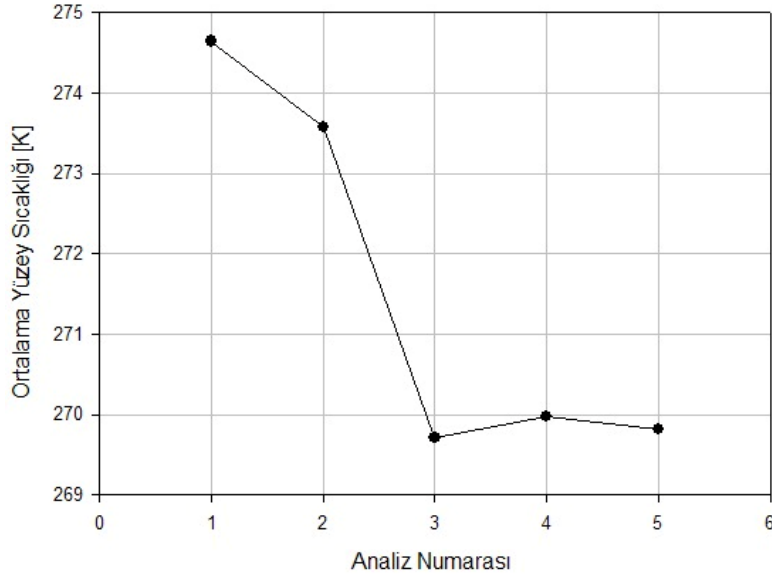
2.3.1. Mesh Birim Uzunluğunun Belirlenmesi

Analizin meshten bağımsızlığının belirlenmesi için parametrik bir analiz yapılacaktır. Zamana bağlı bir analiz yapılacak ve mesh birim uzunluğuna ve mesh sayısına göre sonuca etkileri bulunacaktır. Burada Şekil 2'de 2 numara ile gösterilen bölgeye verilen zamana bağlı değişken sıcaklık ile 100 saniye içerisinde odanın ortalama sıcaklık değeri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları aşağıda verilmiştir.

Tablo 4 Parametrik Analizle Mesh Bağımsızlığının Belirlenmesi

Analiz Numarası	Mesh Birim Uzunluğu (mm)	Mesh Sayısı	Ortalama Yüzey Sıcaklığı (K)
1	10	22843	274,64
2	8	35480	273,58
3	5	90880	269,71
4	2	558600	269,98
5	1	2218000	269,82

Mesh Bağımsızlığı



Şekil 8 Mesh bağımsızlığının grafiksel gösterimi

Tabloda görüldüğü üzere 3,4 ve 5. Durumda sonuçların birbirine olabildiğince yakın olduğu görülmüştür. Dolayısıyla analiz 3.durumdaki mesh sayısı ile çözülmesi uygun görülmüştür.

2.3.2. Analiz Kurulumu

Analiz Fluent programında yapılacaktır. Şekil 2'deki numaraların sınır şartları Tablo 5'de verilmiştir.

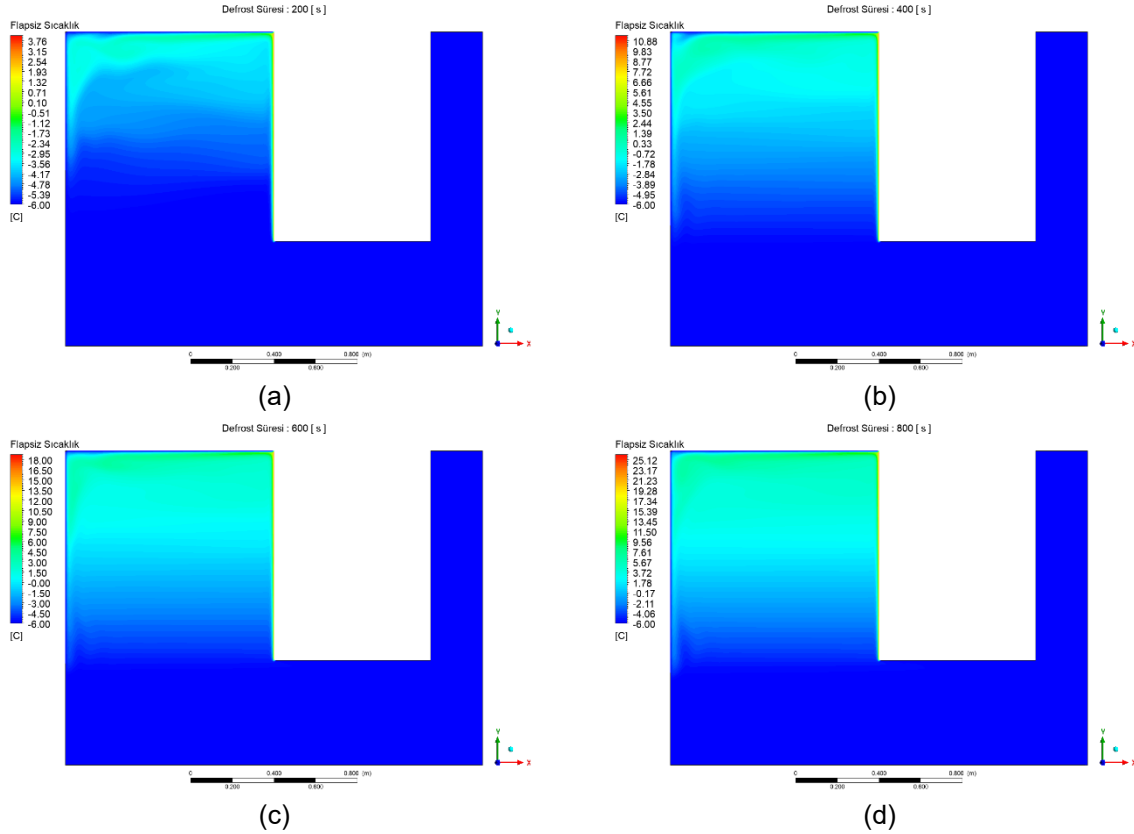
Tablo 5 Sınır şartlarının belirlenmesi

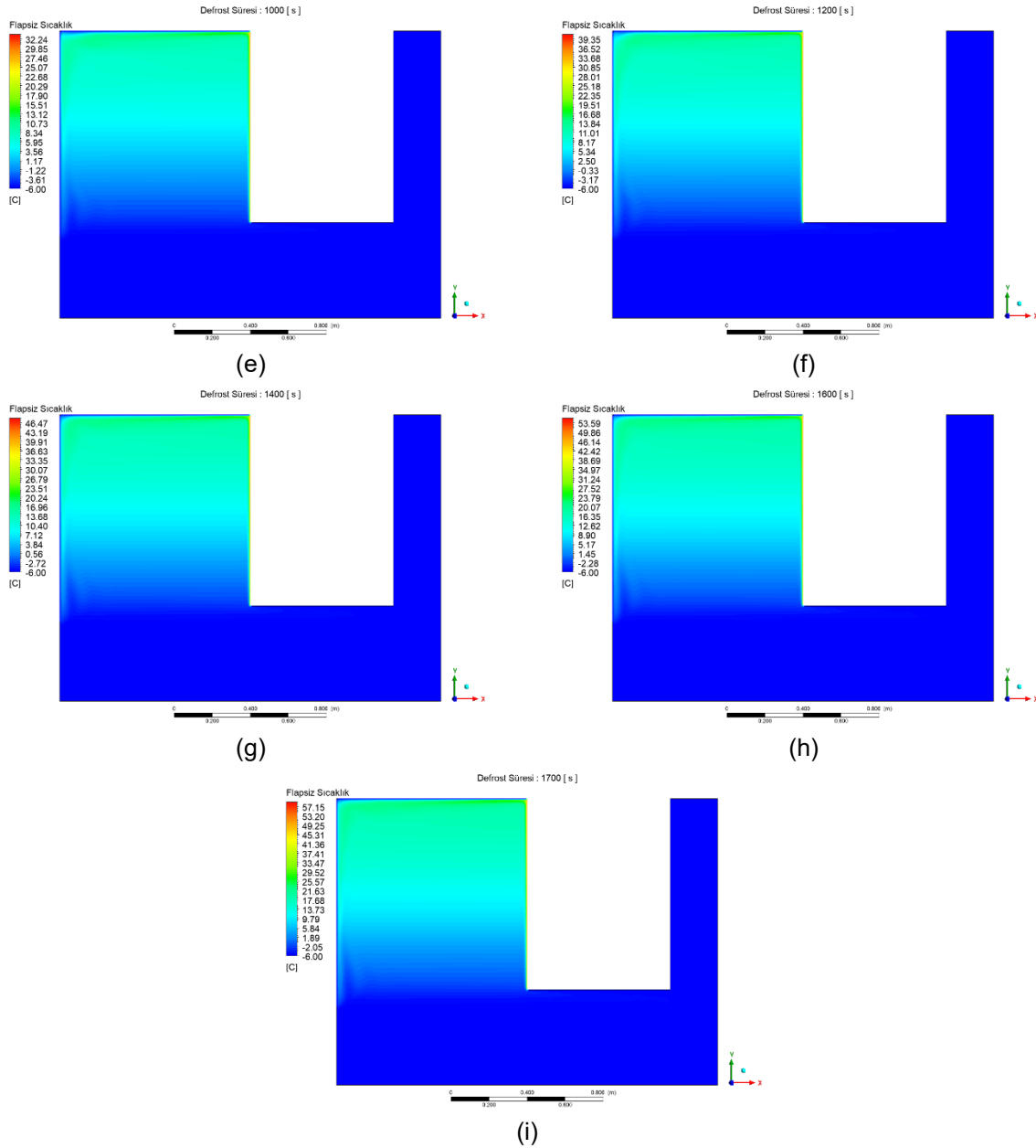
Numara	Sınır Şartı
1	Wall(-6° Sabit Sıcaklık)
2	Wall(Zamana Bağlı Değişen Sıcaklık)
3	symmetry

Analiz bu sınır şartlarında deneyde belirlenen süre zarfında analize yatırılmıştır ve konturler incelenmiştir.

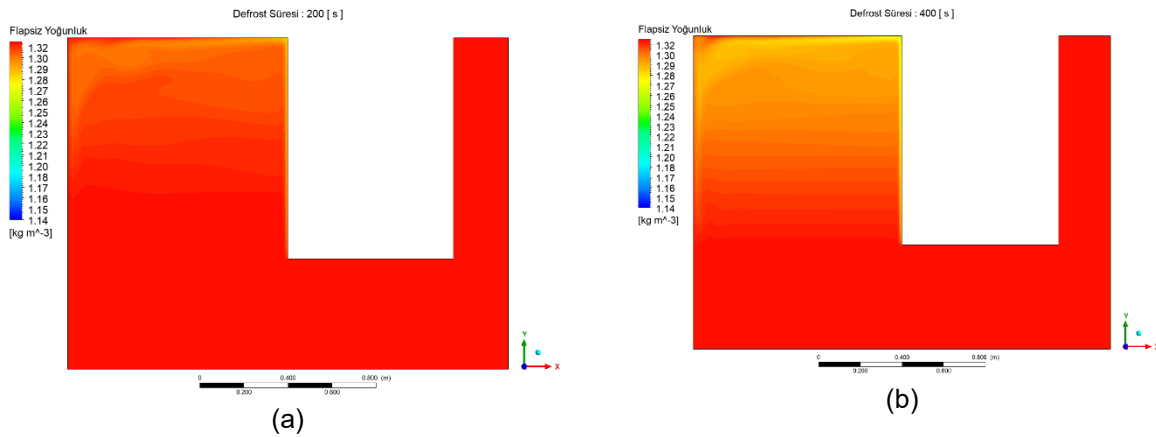
3. SONUÇ

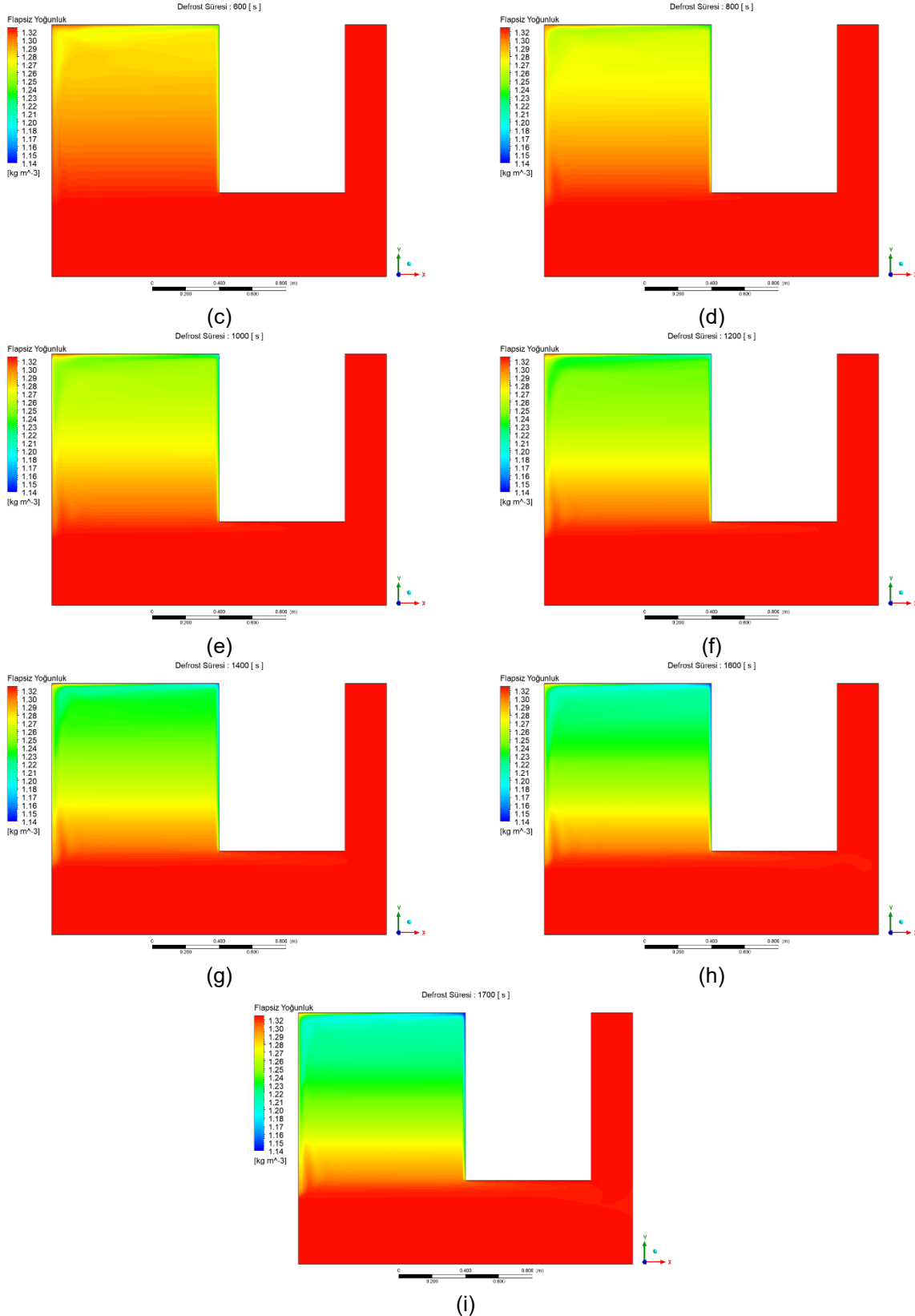
Bu çalışmada evaporatörün oda içerisinde defrost verimliliğini arttıracak ekipmanlardan biri olan flap in etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu etkiyi gözlemek için HAD analiz programı olan Fluent® ile bir analiz yapılmak istenmiştir. Bu analizde hava girişteki sıcaklık verisini belirlenmesi için flapli ve flapsiz olmak üzere 2 deney yapılmış ve defrost işlemi esnasında hava giriş tarafındaki sıcaklıklar kaydedilmiştir. Bu sıcaklık verileri zamana bağlı bir şekilde Fluent®'e sınır şartı olarak tanımlandı. Evaporatörlerin konumu genelde tavanda ve 3000x9000 mm gibi büyük odalarda konumlandırılmaktadır. Fakat analizi kolaylaştırmak adına odanın 1500x2000 mm lik kısmı baz alındı ve gerekli sınır şartları girilerek analiz yapıldı. Analiz sonucunda 200 saniyede bir sıcaklık ve yoğunluk kontur geometrileri kaydedilmiştir. Kontur geometrileri aşağıda verilmiştir.



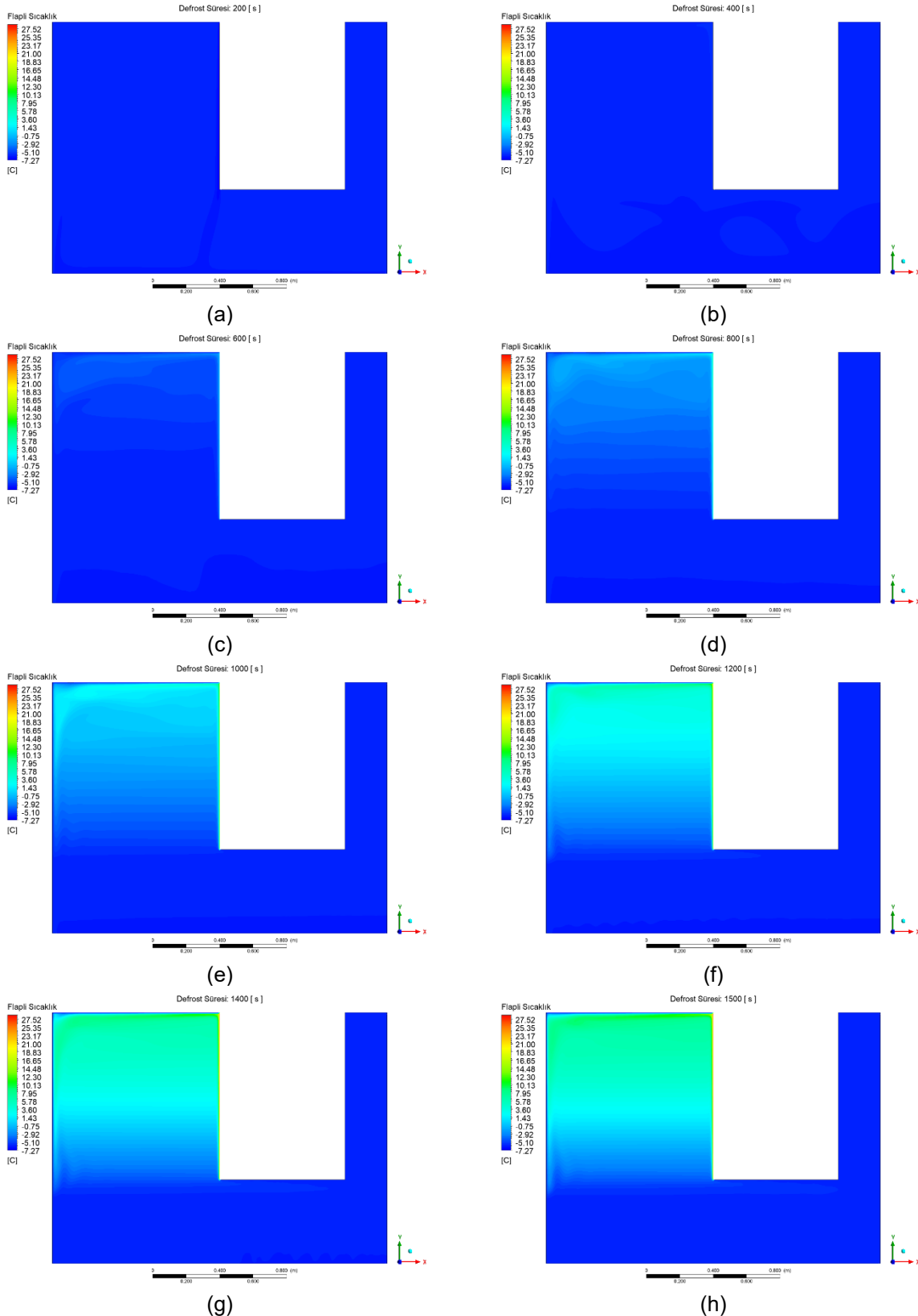


Şekil 9 Flapsiz yapının had analizinin sıcaklık konturleri (a)200 s (b)400 s (c)600 s (d)800 s (e)1000 s (f)1200 s (g)1400 s (h)1600 s (i) 1700 s

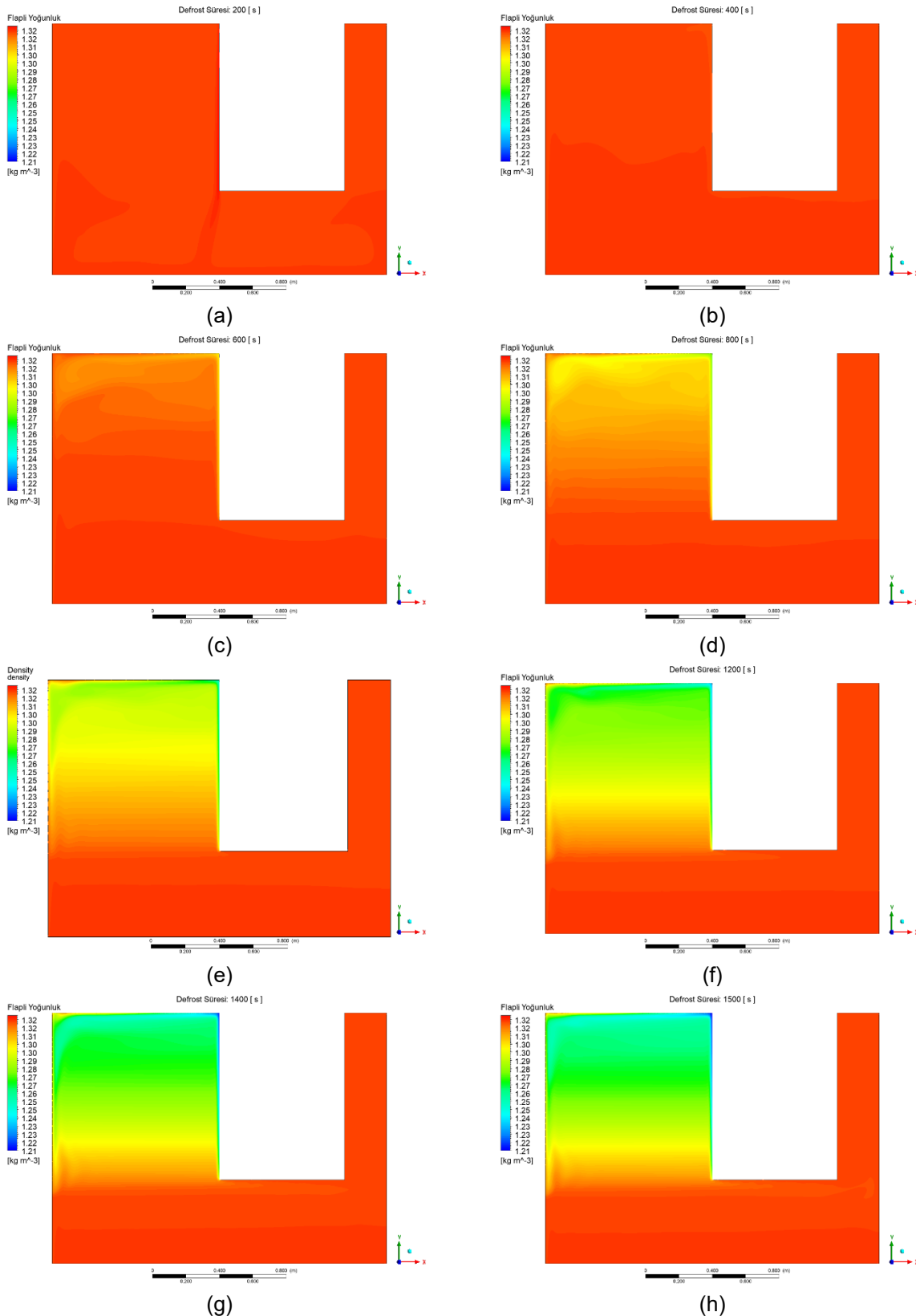




Şekil 10 Flapsiz yapılan had analizinin yoğunluk konturleri (a)200 s (b)400 s (c)600 s (d)800 s (e)1000 s (f)1200 s (g)1400 s (h)1600 s (i) 1700 s

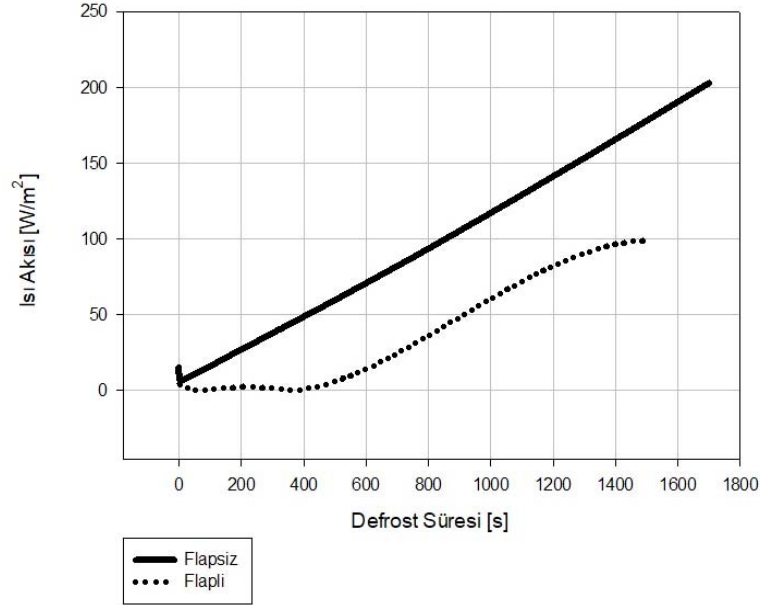


Şekil 11 Flapli yapılan had analizinin sıcaklık konturleri (a)200 s (b)400 s (c)600 s (d)800 s (e)1000 s (f)1200 s (g)1400 s (h)1500 s



Şekil 12 Flapli yapılan had analizinin yoğunluk konturleri (a)200 s (b)400 s (c)600 s (d)800 s (e)1000 s (f)1200 s (g)1400 s (h)1500 s

Kontur geometrilerinden görüleceği üzere Flapsiz analizlerde Flapli analizlere göre ortama daha çok ısı enerjisinin yayıldığını görülmektedir. Ortama verilen ısı enerjisinin miktarının belirlenmesi için analizde zamana bağlı ısı akısı değerleri alındı ve aşağıdaki grafiğe eklendi.



Şekil 13 Zamanla Değişen Isı Akısı Değerleri

Bu zamana bağlı grafiklerin integralleri alınarak ortama verilen ısıya gidilecek ve karşılaştırma yapılacaktır.

Flapli ısı akısı grafiğinin denklemi:

$$y = (0,1162x) + 2,599 \quad \left(\frac{W}{m^2}\right) \quad (5)$$

Flapsiz ısı akısının grafiğinin denklemi ise:

$$y = (4 \cdot 10^{-5} \cdot x^2) + (0,0175 \cdot x) \quad \left(\frac{W}{m^2}\right) \quad (6)$$

Bu denklemlerin zamana göre integrali alınırsa flapsiz denklemin integrali:

$$\int y = \int_0^{1700} (0,1162x) + 2,599 = 170118 \quad \left(\frac{J}{m^2}\right) \quad (7)$$

Flapli denklemin integrali ise:

$$\int y = \int_0^{1500} (4 \cdot 10^{-5} \cdot x^2) + (0,0175 \cdot x) = 64687 \quad \left(\frac{J}{m^2}\right) \quad (8)$$

Olmaktadır. Analizde ortama verilen enerjiyi tespit etmek için flapli ve flapsiz denklemlerin integrallerini, ürünün yüzey alanıyla çarpmamız gerekmektedir. Ürünün yüzey alanı aşağıda verilmiştir.

$$1,7 \cdot 1,1 = 1,87 \quad (m^2) \quad (9)$$

Ürünün yüzey alanı ile denklem integralleri çarpıldığında ortaya çıkan enerjiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 6 Analizlerde ortama verilen toplam ısı enerji değerleri

Zaman(s)	Flapli Analizin Enerjisi(kJ)	Flapsiz Analizin Enerjisi (kJ)
1500	120,965	-
1700	-	318,121

Tablo 6'da defrost flapin defrosta olan etkisini görebilmekteyiz. Yapılan analizde defrost flap:

- 200 saniye defrost süresini azaltmıştır.

- Flapsiz olan duruma göre ortama 2,63 kat daha az enerji verilmektedir.

Isınmış olan havayı içeride hapsedmesi sebebiyle hem defrost süresini kısaltmış hem de ortama daha az ısı yük uygulamıştır. Bu soğuk odalar için çok önemlidir. Çünkü günde yaklaşık 4 defa defrost yapıldığı düşünüldüğünde odaya uygulanan ısı yük de evaporatör için ekstra yük oluşturacaktır. Ayrıca defrost verimliliğini süreyi azalttığı için arttırmaktadır. Defrost verimliliği, buz çözmek için harcanan ısı enerjisinin toplam uygulanan ısı enerjisine oranıdır.

$$\eta_D = \frac{Q_f}{Q_{total}} \quad (10)$$

Kar çözme için gerekli olan ısı enerjisi hesaplanıp oranlandığında defrost verimi bulunmuştur.

$$Q_f = m \cdot L \rightarrow 10 \cdot 335 = 3.350 \quad (\text{kJ}) \quad (11)$$

Toplam ısı enerjisini hesaplamak için ısıtıcı gücü ile defrost süresini çarpılmalıdır. Değerler hesaplanıp defrost verimleri Tablo 7'de verilmiştir.

$$Q_{total-flapli} = 8,4 \cdot 1500 = 12.600 \quad (\text{kJ}) \quad (12)$$

$$Q_{total-flapsiz} = 8,4 \cdot 1700 = 14.280 \quad (\text{kJ}) \quad (13)$$

Tablo 7 Defrost flapin defrost verimliliğine etkisi

Durum	Defrost Verimliliği
Flapli	$\eta_{D-flapli} = \frac{3.350}{12.600} = \%26,6$
Flapsiz	$\eta_{D-flapsiz} = \frac{3.350}{14.280} = \%23,5$

Tablodaki karşılaştırmadan da görülebileceği üzere bu analiz için defrost flap defrost verimliliğini %3 arttırmaktadır. Sürekli çalışan sistemlerde bu verim önemli bir parametredir ve olabildiğince yüksek olması enerji verimliliği açısından önemsenmesi gereken bir konudur. İleriki çalışmalarda defrost flapin yalıtılması ve sistem maliyetiyle katkılarının karşılaştırılması yapılarak kullanılabilirliğinin tartışılması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

1. MCS & RECC. Domestic Heat Pumps: A Best Practice Guide. Microgeneration Certif Scheme [Internet]. 2020;1–98. Available from: <https://mcscertified.com/wp-content/uploads/2020/07/Heat-Pump-Guide.pdf>
2. Carroll P, Chesser M, Lyons P. Air Source Heat Pumps field studies: A systematic literature review. Renew Sustain Energy Rev [Internet]. 2020;134(December 2019):110275. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110275>
3. Schmidt EØ, Kristensen MS. Optimisation of Defrost Strategy for an Air-to-Water Heat Pump Dynamic Modelling and Experimental Study of Frost Formation on Cross-Flow Heat Exchanger Surface. 2014.
4. Shokouhmand H, Esmaili E, Veshkini A, Sarabi Y. Modeling for predicting frost behavior of a fin-tube heat exchanger with thermal contact resistance. ASHRAE Trans. 2009;115 PART 1(1987):538–51.
5. Zhu J, Sun H, Liu X, Sun Z, Lei Z. Theoretical and experimental research on a new defrosting control strategy based on differential pressure sensor. Int J Refrig. 2022 Nov 1;143:11–8.
6. Li Z, Wang W, Sun Y, Liang S, Deng S, Lin Y, et al. A novel defrosting initiating method for air source heat pumps based on the optimal defrosting initiating time point. Energy Build. 2020 Sep;222:110064.
7. Fricke BA, Sharma V. Demand Defrost Strategies in Supermarket Refrigeration Systems. Refrig Proj Team Retail Energy Alliance. 2011;(October).
8. Bagyaveereswaran V, Subramanian SS, Anitha R. Smart Defrost Control for Refrigeration



- System 1 [Internet]. Vol. 12, International Journal of Applied Engineering Research. 2017. Available from: <http://www.ripublication.com>
9. Wang A, Cao F, Fang J, Jia F, Yin X, Wang X. Research on efficient defrosting control logic for transcritical CO₂ electric vehicle heat pump air-conditioning system. *Int J Refrig*. 2022 Jun 1;138:13–22.
 10. Rong X, Long W, Jia J, Liu L, Si P, Shi L, et al. Experimental study on a multi-evaporator mutual defrosting system for air source heat pumps. *Appl Energy*. 2023 Feb 15;332.
 11. Thakkar A, Ma J, Braun JE, Travis Horton W, Arrieta AF. Energy-efficient defrosting of heat exchanger fins with embedded negative stiffness structures. *Appl Therm Eng*. 2023 Mar 5;222.
 12. Celik K, Rennie A, Karayel D, Akinci I, Celik K, Rennie A, et al. Determination of flow parameters through CFD analysis for agricultural irrigation equipment: A Case Study for a Mini Valve. (*Journal Agric Mach Sci*. 2011;7(Journal article):231–9.

ÖZGEÇMİŞ

Harun DENİZLİ

1997 yılı Kocaeli/Gebze doğumludur. 2020 yılında Samsun Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Üniversite kariyerinde insansız hava araçları ile ilgilenmiş ve bu konuda TÜBİTAK yarışmaları başta olmak üzere ödülleri bulunmaktadır. 2021 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Savunma Teknolojileri Tezli Yüksek Lisans Programı'na başlamıştır. 2021 yılında Friterm AŞ'de ARGE Mühendisi olarak çalışmaya başlamıştır. Akışkanlar Dinamiği ve Isı transferi konularında çalışmaktadır.

Mustafa ZABUN

1994 yılı Malatya doğumludur. 2018 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği bölümünü bitirmiştir. 2019 yılından beri Yeditepe Üniversitesi Makine Mühendisliği yüksek lisansa devam etmektedir. 2018-2020 Bakım Mühendisliği yapmıştır. 2021 yılından beri Friterm A.Ş.'de Ar-Ge Test Laboratuvar mühendisi olarak görev yapmaktadır. Akışkanlar Mekaniği ve Isı transferi alanında çalışmalar yapmaktadır.