

Dilek KUMLUTAŞ
Hasan AVCI
Ziya Haktan KARADENİZ

Abstract:

Nowadays, a lot of regulations are made about the energy efficiency. Therefore, the household refrigerators that being a lower than A+ energy class have been prohibited to sale and import in our country since 1 July 2012 according to Energy Efficiency Strategy. For this reason, the energy consumption becomes an important parameter for considering the design of the refrigerator. It need to arise that the implementation of the vacuum insulation panels (VIP) with polyurethane as an insulation material for decreasing the energy consumption of the available refrigerators. However, VIPs are costly insulation technics than the polyurethane. Thus, VIP's dimensions and implementation of which regions mounted play an important role for the design of refrigerator.

In this study, the effects of VIPs on the refrigerator's design and performance were investigated with the created numerical model of the household refrigerator. The design parameters belonging to the dimensions of VIPs and the locations on the refrigerator were determined. As a result, the effects of the determined design parameters on the refrigerator's performance were evaluated parametrically.

Key Words:

Computational Fluid Dynamics, Static Type Household Refrigerator, Vacuum Insulation Panels, Parametric Study.

Buzdolabı Tasarımında Vakum Yalıtım Paneli Uygulamasının Sayısal Olarak İncelenmesi

ÖZET

Günümüzde enerji verimliliği ile ilgili birçok düzenlemeler yapılmaktadır. Bu bağlamda, "Enerji Verimliliği Strateji Belgesi" uyarınca 1 Temmuz 2012'den itibaren A+ sınıfının altındaki buzdolaplarının satışı ve ithalatı ülkemizde yasaklanmıştır. Bundan dolayı enerji tüketimi, buzdolabı tasarımında dikkate alınması gereken en önemli kriter olmuştur. Mevcut buzdolaplarının enerji tüketiminin düşürülmesi için vakum yalıtım panellerinin (VYP), yalıtım malzemesi olarak poliüretanla birlikte uygulanmasının ihtiyacı doğmuştur. Ancak, VIP'ler poliüretana göre maliyetli bir yalıtım uygulamasıdır. Bu yüzden, VYP'lerin boyutları ve hangi bölgelere uygulanacağı buzdolabı tasarımında önemli rol oynamaktadır.

Bu çalışmada; ev tipi bir buzdolabının sayısal modeli oluşturularak VYP'lerin tasarıma olan etkisi araştırılmıştır. VYP'lerin boyutu ve buzdolabı üzerindeki yerleşimine ait parametreler belirlenmiştir. Bu parametrelerin buzdolabı soğutma performansına olan etkileri parametrik olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, Statik Tip Buzdolabı, Vakum Yalıtım Paneli, Parametrik Çalışma

1. GİRİŞ

Ülkemizde ve dünyada yaygın olarak kullanılan buzdolaplarının enerji tüketimi ve soğutma performansları, enerji verimliliği stratejileri kapsamında önem kazanmıştır. Bu yüzden, buzdolabı üreticileri, mevcut buzdolabı modellerini, konstrüksiyonunu değiştirmeden daha verimli hale getirmek için çalışmalara başlamışlardır. Soğutma sistemi ekipmanlarının optimize edilmesi, daha verimli kompresörlerin kullanılması, daha düşük ısı iletim katsayısına uygun yalıtım malzemelerinin uygulanması gibi birçok çalışma, buzdolabı performansına ve enerji tüketimine olumlu katkı sağlamaktadır.

Vakum yalıtım panelleri (VYP (vacuum insulation panels, VIP)) düşük ısı iletim katsayısı ve kolay uygulanabilirlik gibi özelliklerin-

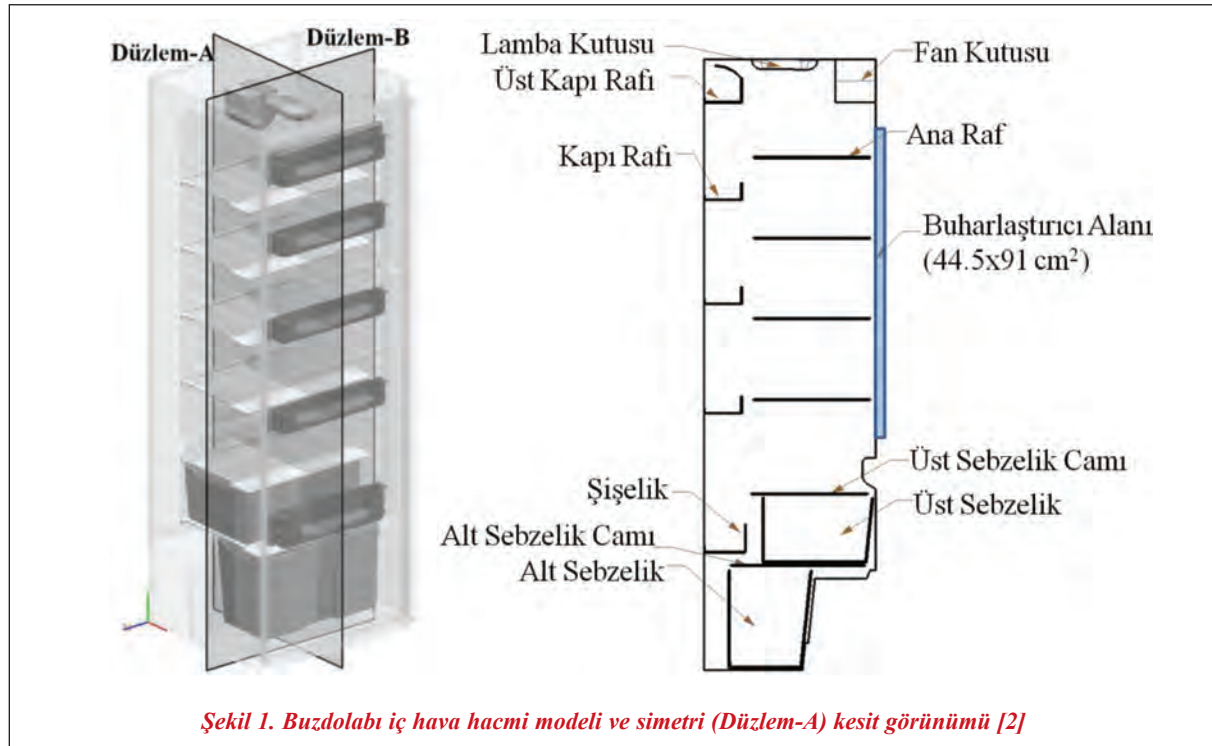
den dolayı buzdolabı üretiminde poliüretanla birlikte yalıtım malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu avantajlara rağmen VYP'lerin üretim maliyeti, poliüretana göre çok yüksektir. Bu yüzden, VYP'lerin buzdolabı tasarımı sürecinde nerede ve hangi boyutlarda kullanılabileceğinin incelenmesi önem kazanmıştır.

Literatürde bu incelemelerin genellikle deneysel yöntemlerle yapıldığı görülmektedir. Yılmaz [1] tarafından yapılan çalışmada, sadece dondurucu bölümden oluşan büro tipi bir buzdolabında VYP uygulaması, deneysel ve sayısal yöntemlerle incelenmiştir. Sayısal yöntem ile buzdolabına ait poliüretanlı ve VYP'li bölgelerden gerçekleşen toplam ısı transferi çözülmüştür. Deneysel yöntem ile VIP uygulamasının performansa ve enerji tüketimine olan etkileri belirlenerek buzdolabının enerji sınıfı B'den A'ya yükseltilmiştir. Görüldüğü gibi deneysel yöntemle VIP'lerin buzdolabı performansına yaptığı olumlu etkiler belirlenebilir. Ancak, bu yöntem hem çok maliyetli hem de çok uzun zaman almaktadır. Literatürde, VYP uygulamasının, buzdolabı iç hava hacminde ve performansında yarattığı değişimi sayısal yöntemle inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, buharlaştırıcısı arka duvara gömülü, tek kapılı ve sadece soğutucu bölümden oluşan bir buzdolabı üstünde sayısal olarak çalışılmıştır. Parametrik inceleme, deneylerle doğruluğu ispatlanan sayısal model üzerinde gerçekleştirilmiştir. Buzdolabının iç hava sıcak dağılımı ve performansı göz önünde bulundurularak, vakum yalıtım panellerinin genişliği, yüksekliği ve uygulanma yüzeyleri tasarım parametresi olarak belirlenmiş ve değişim etkileri incelenmiştir.

2. SAYISAL VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR

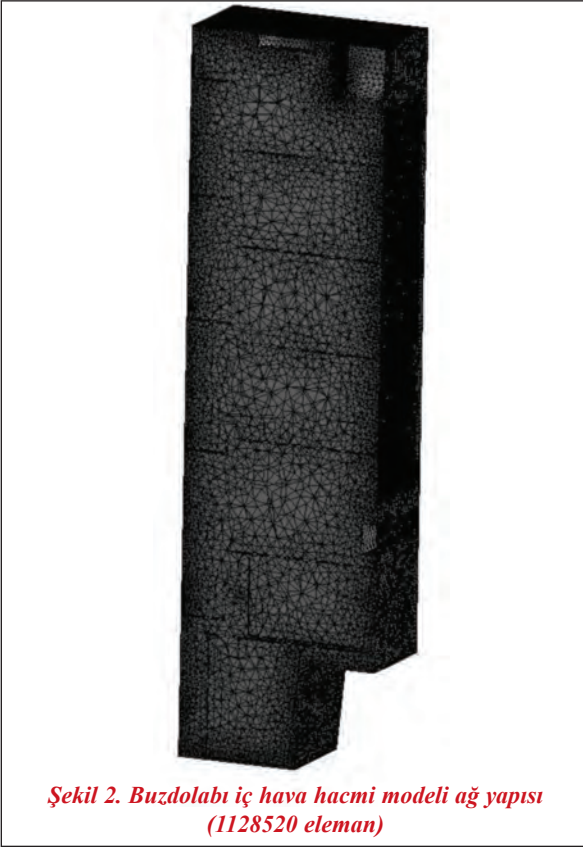
Bu çalışma kapsamında incelenen tek kapılı, sadece soğutucu bölümden oluşan, fanlı statik tip buzdolabı, önceki çalışmamızda da kullanılan buzdolabı modelidir [2]. Önceki sayısal modelimize ek olarak fan etkisi de modele dâhil edilerek gerçek duruma daha yakın üç boyutlu iç hava hacmi oluşturulmuştur. Model sadece hava hacminden oluşmakta olup, iç hacimde bulunan parçaların (raf, sebzelik, vb.) geometrik sınırları, akışı engelleyici yüzeyler olarak modellenmiştir (Şekil 1). Son olarak, vakum yalıtım panelinin boyutları ve yerleşimleri sınır şartı olarak sayısal modele dâhil edilmiştir.



Şekil 1. Buzdolabı iç hava hacmi modeli ve simetri (Düzlem-A) kesit görünümü [2]

Makale

Model oluşturulduktan sonra sayısal analizler için bir sonraki adım, modeli çözüm ağına ayırma işlemidir. Oluşturulan sayısal modelin ağ yapıdan bağımsızlığı önceki çalışmalarda deneysel olarak doğrulanmıştır [2,12]. Farklı ağ yapısı oluşturma teknikleri birlikte kullanılarak sayısal modele ait uygun çözüm ağı oluşturulmuştur. Çözüm ağı 234636 düğüm noktası ve 1128520 elemandan meydana gelmiştir (Şekil 2).



Buzdolabı kabuğu içten dışa doğru sırasıyla iç plastik, yalıtım malzemesi (poliüretan ve VYP) ve dış sacdan meydana gelmektedir. Kabuğu oluşturan bu tabakalardan buzdolabı içine doğru sürekli bir ısı geçişi vardır. Sayısal çalışmada bu ısı geçişini modellemek için toplam ısı transferi katsayısı ve dış yüzey sıcaklığından yararlanılmıştır. Toplam ısı transferi katsayısı 1 nolu denklem ile hesaplanmıştır. Denklem 1'de l_p [m] poliüretan kalınlığını, l_v [m] VIP kalınlığını, k_p [W/mK] poliüretanın ısı iletim katsayısını, k_v [W/mK] VYP'nin ısı iletim katsayısını ve U [W/m²K] toplam ısı transferi katsayısını ifade

etmektedir [3]. Bu hesapta, kabuğu oluşturan iç plastik ve dış sac, kalınlıkları yalıtım malzemesi kalınlığının yanında çok küçük olduğundan göz önüne alınmamıştır. Çalışmada kullanılan VYP'nin kalınlığı 0.015 m olup ısı iletim katsayısı 0.005 W/mK'dir. Dış yüzey ortalama sıcaklık değerleri de deneylerle elde edilmiştir [2].

$$U = \frac{1}{\frac{l_p}{k_p} + \frac{l_v}{k_v}} \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \quad (1)$$

Sayısal modelin sınır şartlarında, buharlaştırıcı yüzey sıcaklığı sabit bir değer olarak kabul edilmiştir [4, 5, 6, 7, 8]. Sıcaklık değeri de deneylerle elde edilmiştir [2]. İç hacimde bulunan akış engelleyici (raf, sebzelik, vb) yüzeylerden gerçekleşen ısı transferi de göz ardı edilmiş ve bu yüzeyler de adyabatik kabul edilmiştir.

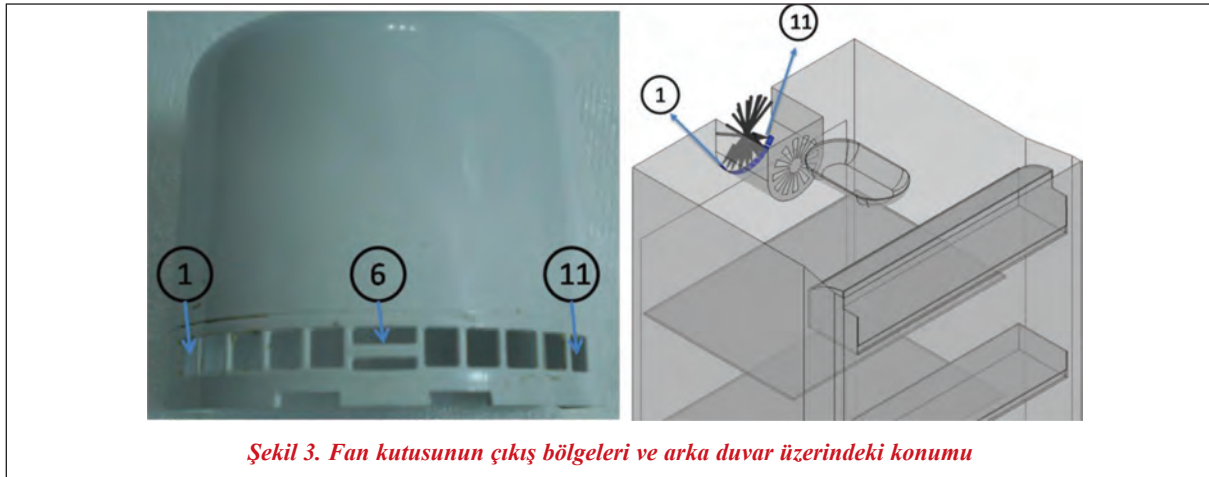
Hava hızı ölçer ile arka duvar üzerinde konumlandırılmış fan kutusunun, çıkış bölgelerindeki yüzeye dik hız bileşenleri deneysel olarak ölçülmüştür (Şekil 3). Tablo 1'de verilen 11 adet çıkış bölgesine ait hızlar sayısal modele dahil edilmiştir.

Tablo 1. Fan çıkış bölgelerine ait hızlar

Fan Çıkış Bölge No.	Hız (m/s)
1	4.35
2	4.60
3	4.68
4	4.35
5	4.00
6	3.00
7	3.47
8	3.58
9	3.20
10	2.84
11	2.80

Yapılan deneyler [2] ve kabuller doğrultusunda belirlenen poliüretanlı (PU) ve poliüretan ile birlikte kullanılan VIP'li (PU+VYP) duruma ait sınır şartları Tablo 2'de verilmiştir.

İç hava modelinin sayısal çözümü sırasında, havanın bazı termofiziksel özellikleri kullanılmaktadır.



Şekil 3. Fan kutusunun çıkış bölgeleri ve arka duvar üzerindeki konumu

Havanın özellikleri, deney sonucu elde edilen ortalama buharlaştırıcı yüzey sıcaklığı ile ortalama iç hava sıcaklık değerinin ortalaması alınarak hesaplanan film sıcaklığındaki değerler olarak kabul edilmiştir. Tablo 3’de havanın termofiziksel özellikleri belirtilmiştir. T_f film sıcaklığını, ρ yoğunluğu, C_p özgül ısıyı, k ısı iletim katsayısını, α ısıl yayılım katsayısını ve ν kinematik viskoziteyi ifade etmektedir [2].

Literatüre araştırmaları ve önceki çalışmalarımızdan kazandığımız deneyimler sonucunda, sayısal modelimizin çözümünde sürekli rejim [4, 9, 10], iç yüzeylerdeki ışınım etkileri [5], yerçekimi etkisiyle oluşan

doğal taşınım, fan etkisiyle oluşan zorlanmış taşınım ve türbülanslı akış türü koşulları göz önünde bulundurulmuştur.

Deneysel çalışmalar, sayısal modelin doğruluğunu ispatlamak için yapılması gereken bir yöntemdir. PU sınır şartlarıyla oluşturulmuş sayısal modelimiz önceki deneysel çalışmalarımızla doğrulanmıştır [2]. Böylece, VIP’nin buzdolabı performansına etkisinin incelenmesi için oluşturulan bu sayısal model bizlere doğru sonuçlar verebilecektir.

3. PARAMETRİK ÇALIŞMA

Vakum yalıtım panelleri, buzdolaplarında yalıtım malzemesi olarak poliüretanla birlikte kullanılmaktadır. Isı iletim katsayılarının poliüretana göre yaklaşık 5 kat düşük olmasından dolayı buzdolabı performansına olumlu yönde önemli katkı sağlamaktadır. Fakat performans üzerindeki bu olumlu etkinin yanında VYP’lerin maliyeti poliüretana göre oldukça yüksektir. Bu yüzden, VYP’lerin buzdolabı tasarımında hangi bölgelerde nasıl ve ne kadar uygulanması gerektiği

Tablo 2. Sınır Şartları

BÖLGE	PU SINIR ŞARTI	PU+VYP SINIR ŞARTI
Buharlaştırıcı Yüzeyi	Sabit Sıcaklık Kabulü -3.16 C	Sabit Sıcaklık Kabulü -3.16 C
Kapı Yüzeyi	T=24.82 C	T=24.82 C
	U=0.619 W/m ² K	U=0.247 W/m ² K
Kompresör Üst Yüzey	T=26 C	T=26 C
	U=0.416 W/m ² K	U=0.207 W/m ² K
Kompresör Yan Yüzey	T=26 C	T=26 C
	U=0.327 W/m ² K	U=0.182 W/m ² K
Arka Yüzey	T=25.47 C	T=25.47 C
	U=0.331 W/m ² K	U=0.183 W/m ² K
Yan Yüzeyler	T=24.9 C	T=24.9 C
	U=0.466 W/m ² K	U=0.218 W/m ² K
Üst Yüzey	T=25 C	T=25 C
	U=0.353 W/m ² K	U=0.159 W/m ² K
Alt Yüzey	T=26.1 C	T=26.1 C
	U=0.420 W/m ² K	U=0.208 W/m ² K
Akış Engelleyiciler	Adyabatik	Adyabatik

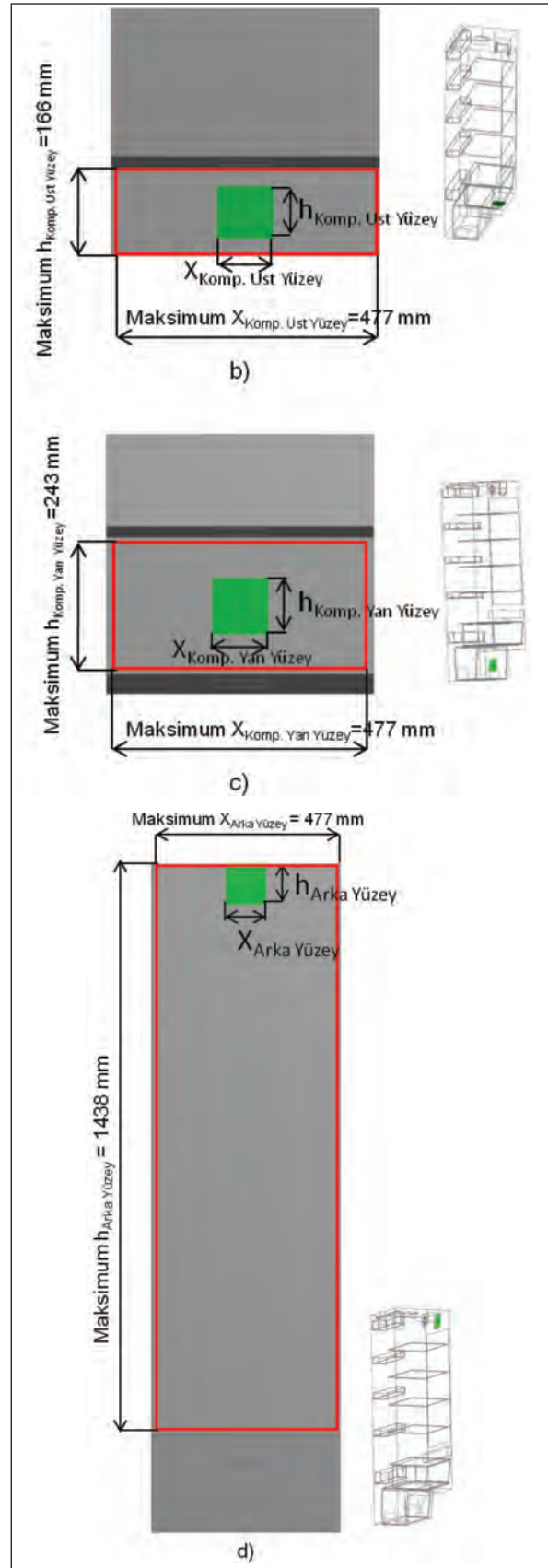
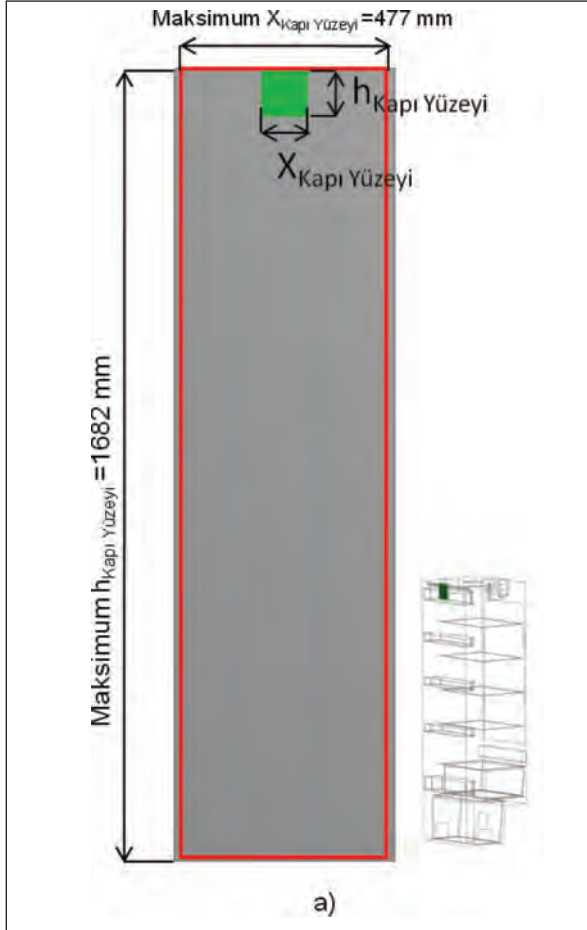
Tablo 3. İç Havanın Termofiziksel Özellikleri [2]

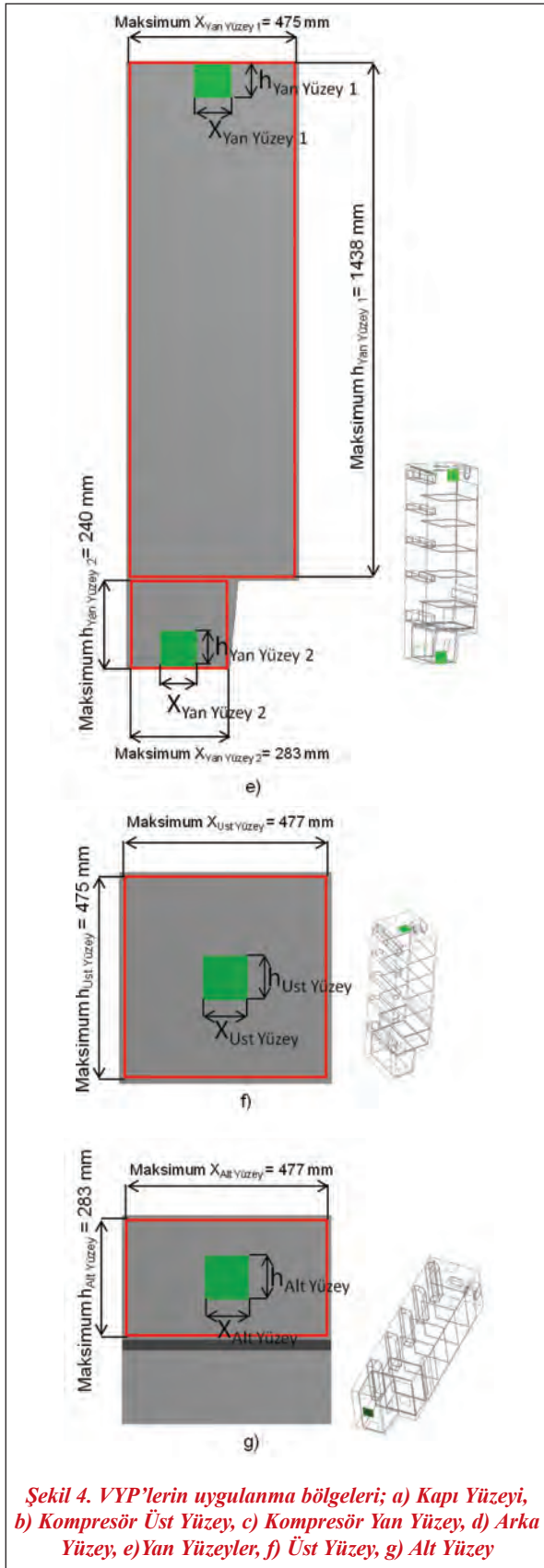
T_f [K]	ρ [kg/m ³]	C_p [J/kgK]	k [W/mK]	α [m ² /s]	ν [m ² /s]
276.9	1,269	1006.538	0.024	$1,94508 \times 10^{-5}$	$1,38341 \times 10^{-5}$

Makale

önem kazanmıştır. VYP'ler, ticari firmaların üretim tekniklerine göre belli boyutlarda ve belli ısı iletim katsayılarında üretilmektedir. Buzdolabı mekanik ve termal tasarımcıları için VYP'lerin üretilebilir boyutları ve özellikleri önemli bir kıstastır.

Parametrik çalışma için 2. bölümde verilen 7 farklı sınır şartı bölgesinin her birine ayrı ayrı VYP uygulanabilen sayısal model oluşturulmuştur. Bu bölgele ait VYP yerleşimi ve boyut parametreleri Şekil 4'te gösterilmiştir. Yeşil renkle gösterilmiş alan o yüzeye uygulanabilir en küçük VYP boyutunu, kırmızı renkle sınırlandırılmış alanda uygulanabilir en büyük VYP boyutunu temsil etmektedir. Sayısal modelde, her yüzeyde kullanılan VYP'lerin genişlik (X) ve yükseklik (h) değerleri ayrı ayrı kontrol edilebilmektedir. Ayrıca istenilen yüzeyde VYP bulunup bulunmama durumu da incelenebilmektedir. Yan yüzeylerde sayısal modelimizin geometrik şekli nedeniyle 2 farklı boyutta VYP tasarlanmıştır.





Sonuç olarak; bu çalışmada, buzdolabının iç hava sıcak dağılımı ve performansı göz önünde bulundurularak, vakum yalıtım panellerinin genişliği, yüksekliği ve uygulanma yüzeyleri tasarım parametresi olarak belirlenmiş ve incelenmiştir.

VYP'lere ait belirlenen tasarım parametre değerlerinin değişiminin, tasarım çıktılarıyla olan ilişkisini araştıran bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Parametrik çalışma yöntemlerinde, değer aralığı kontrol edilebilen girdi verileri, sayısal modele uygulanır ve çözüm sonucunda istenilen çıktı verileri elde edilir. Girdi parametrelerinin sayıları ve değer aralığı genişliği arttıkça çözümleme için gereken işlem yükü ve süresi orantılı olarak artmaktadır [2].

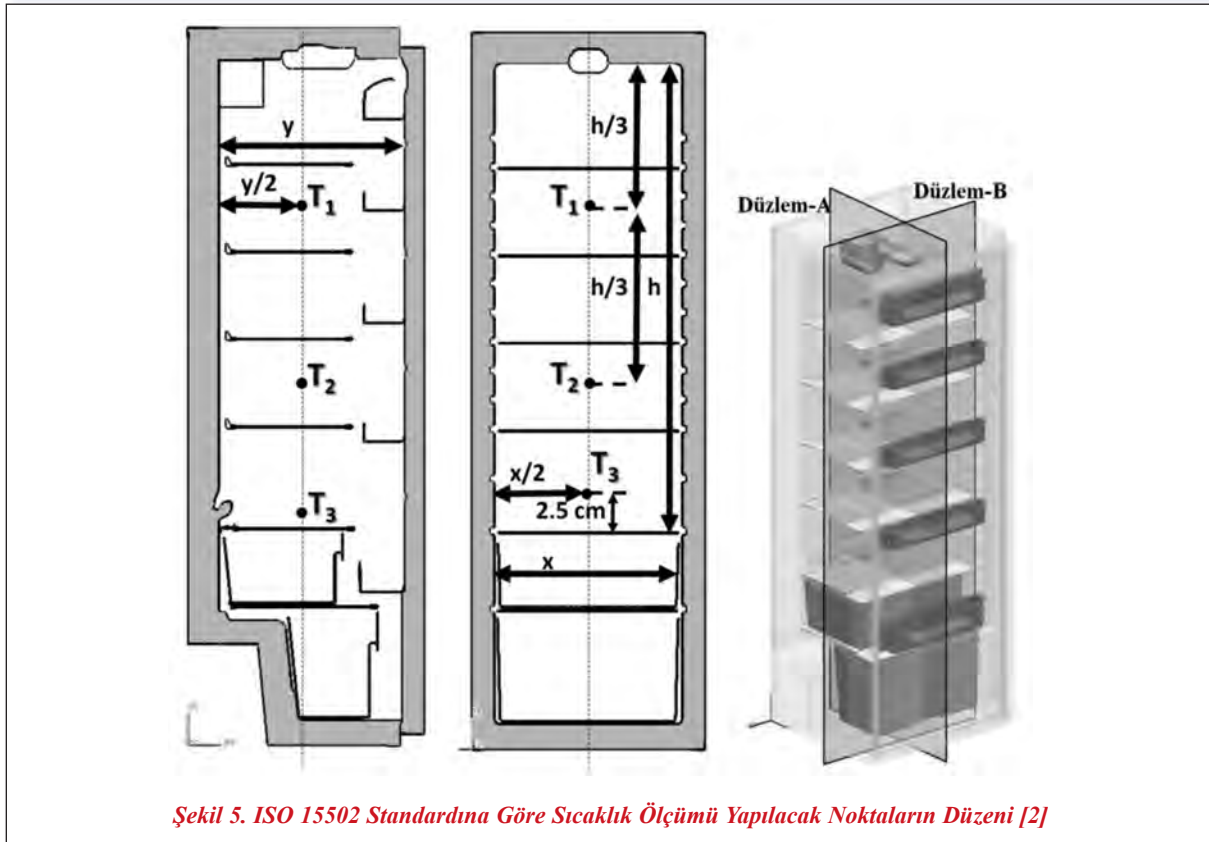
Çalışma kapsamında incelenen buzdolabı modeline ait parametrik çalışmada ticari bir analiz programının parametrik tasarım bölümü kullanılmıştır. Girdi verileri 16 adet tasarım parametresi olup, değerlerin değişim aralığı Tablo 4'te (ticari VYP üreticisinden alınan üretilebilir minimum VYP boyutları) gösterilmiştir. Tabloda belirlenen değerler aralığı için program tarafından 20 farklı tasarım noktası oluşturulmuştur. Oluşturulan bu tasarım noktaları sayısal analiz ile çözülmüş ve çözüm sonuçlarından aşağıda açıklanan çıktılar elde edilmiştir.

Parametrik çalışmada, çıktı verileri ISO 15502 standardına [11] göre buzdolabı iç hacminde yerleşimi belirlenmiş Şekil 5'te gösterilen üç adet sıcaklık ölçüm noktasına ait sıcaklıklar ile buharlaştırıcı yüzeyinden çekilen ısı miktarına (Q_{evap}) göre belirlenmiştir. Standarda göre her bir nokta (T_1, T_2, T_3) $0 < T < 10$ C aralığında olmalı ve bu üç noktanın ortalama sıcaklığı (T_{ort}) maksimum 5 C'yi aşmamalıdır. Bu sınırlayıcı şartlar altında T_1, T_2, T_3, T_{ort} ve Q_{evap} değerlerinden oluşan beş adet çıktı parametresi elde edilmiştir [2].

Önceki çalışmamızda parametrik yöntemin, buzdolabı tasarımında uygulanabilir bir metot olduğu gösterilmiştir [2]. Bu yöntem sayesinde, tasarım parametreleri değişiminin istenilen çıktı verileri üzerindeki etkileri hakkında kısa sürede fikir sahibi olmak mümkün hale gelmiştir.

Makale**Tablo 4. Tasarım Parametreleri Değerlerinin Değişim Aralığı**

Tasarım Parametresi	Değer Aralığı (mm)	Yüzeğe Uygulama	Mevcut Durum
$X_{\text{Kapi Yüzeği}}$	100 – 477	VAR/YOK	YOK
$h_{\text{Kapi Yüzeği}}$	100 - 1682		
$X_{\text{Komp. Üst Yüzeği}}$	100 - 477	VAR/YOK	YOK
$h_{\text{Komp. Üst Yüzeği}}$	100 - 166		
$X_{\text{Komp. Yan Yüzeği}}$	100 - 477	VAR/YOK	YOK
$h_{\text{Komp. Yan Yüzeği}}$	100 - 243		
$X_{\text{Arka Yüzeği}}$	100 – 477	VAR/YOK	YOK
$h_{\text{Arka Yüzeği}}$	100 - 1438		
$X_{\text{Yan Yüzeği 1}}$	100 - 475	VAR/YOK	YOK
$h_{\text{Yan Yüzeği 1}}$	100 - 1438		
$X_{\text{Yan Yüzeği 2}}$	100 - 238	VAR/YOK	YOK
$h_{\text{Yan Yüzeği 2}}$	100 - 240		
$X_{\text{Üst Yüzeği}}$	100 - 477	VAR/YOK	YOK
$h_{\text{Üst Yüzeği}}$	100 - 475		
$X_{\text{Alt Yüzeği}}$	100 - 477	VAR/YOK	YOK
$h_{\text{Alt Yüzeği}}$	100 - 283		

**Şekil 5. ISO 15502 Standardına Göre Sıcaklık Ölçümü Yapılacak Noktaların Düzeni [2]****4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME**

Parametrik çalışmanın sonucunda elde edilen binlerce veriyi doğru yorumlamak yöntemin başarısı için önemli bir kriterdir. Bu verilerden, standartta istenilen durumları sağlayan çıktı değerleri elde edilerek en uygun tasarım parametreleri bulunmaya çalışılmıştır.

İlk olarak, buzdolabının tüm yüzeylerinde VIP bulunması ve bu VIP'lerin genişlik (X) ve yükseklik (h) parametrelerinin maksimum değerinde olması durumu incelenmiştir. Elde edilen çıktı değerlerinin mevcut durumla olan karşılaştırması Tablo 5'te veril-

Tablo 5. Tüm Yüzelerde Maksimum Boyutlarda VYP Bulunma Durumunun Mevcut Durumla Karşılaştırılması.

	T ₁ (C)	T ₂ (C)	T ₃ (C)	T _{Ort} (C)	Q _{Evap} (W)
Mevcut Durum (VIP'siz Durum)	5.33	4.12	4.45	4.63	34.16
Tüm Yüzelerde Maksimum Boyutlarda VIP Bulunma Durumu	4.38	3.20	3.38	3.65	30.20

miştir. Tablo 5 incelendiğinde T_{Ort} sıcaklık değeri yaklaşık 1 C ve buharlaştırıcı yüzeyinden çekilen ısı miktarı (Q_{Evap}) da yaklaşık 4 W azaldığı görülmektedir. Tüm yüzeylere maksimum boyutlarda VYP konulmasıyla Q_{Evap} değerinde %11.6'lık iyileşme elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Bundan sonraki araştırmamızda, sadece bir yüzeyde VYP bulunma durumu incelenmiştir. Böylece, VYP'li her yüzeyin performans üzerindeki etkisi belirlenebilmiştir. Tablo 6'da girdi parametrelerinin en büyük değerleri kullanılarak elde edilen sonuçlar verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi, sonuçlar mevcut durumla karşılaştırıldığında, Q_{Evap} çıktı değerindeki en büyük değişim "Yan Yüzey 1" bölgesine yerleştirilen VYP ile elde edilmiştir. Yan Yüzey 1'de kullanılan VIP alanı sayesinde %4'lük Q_{Evap} değişimi gerçekleşmiştir.

Kapı yüzeyine yerleştirilen VYP, tek başına buzdolabı performansında %2.82'lik bir iyileşme sağlamaktadır. Bu bölgede kullanılan VYP'in yüzey alanı arka yüzeyde kullanılan VYP alanına yakın olmasına rağmen Q_{Evap} değişiminde aralarında 2 kat fark vardır. Bu farkın temel nedeni, kapı

yüzeyinde kullanılan poliüretanın kalınlık değerinin düşük olmasıdır (Tablo 2).

Yan Yüzey 2 bölgesi, VYP'li yüzey alanı bakımından en küçük değere sahip bölge olmasına rağmen performansa %1.18'lik katkı sağlamaktadır. Bu yüzden, sebzeliklerinde bulunduğu bu bölgede VYP uygulaması göz ardı edilmemelidir.

Tablo 6'daki sıcaklık dağılımları ve Q_{Evap} değerleri incelendiğinde, hiçbir yüzeydeki VYP uygulaması tek başına buzdolabı performansında radikal değişiklikler yaratmamıştır. Arka Yüzey'de kullanılan 68.60 dm²'lik VYP sadece %1.35'lik Q_{Evap} değişimi sağlamıştır. Bu yüzeyde bu kadar büyük VYP kullanmak

Tablo 6. Sadece Bir Yüzeyde VYP Bulunma Durumunun Performansa Olan Etkileri

	T ₁ (C)	T ₂ (C)	T ₃ (C)	T _{Ort} (C)	Q _{Evap} (W)	Q _{Evap} Değişim (%)	VYP'li Yüzey Alanı (dm ²)
Yan Yüzey 1	4.40	3.53	4.01	3.98	32.79	4.01	136.62
Kapı Yüzeyi	4.63	3.84	3.62	4.03	33.20	2.82	80.23
Arka Yüzey	4.84	3.87	3.65	4.12	33.70	1.35	68.60
Yan Yüzey 2	4.99	3.95	3.78	4.24	33.76	1.18	5.72
All Yüzey	5.18	4.06	4.02	4.42	33.83	0.98	13.50
Kompresör Yan Yüzey	5.30	4.12	4.00	4.47	33.92	0.71	11.60
Üst Yüzey	5.08	4.10	4.40	4.52	34.01	0.43	22.86
Kompresör Üst Yüzey	5.33	4.12	4.30	4.58	34.09	0.19	7.92
Mevcut Durum	5.33	4.12	4.45	4.63	34.16		

Makale

yerine alt, üst ve kompresör yan yüzeylerinde VYP kullanmak daha uygun sonuç verecektir. Arka yüzeydeki VYP'in performansa etkisinin az olmasının en önemli nedeni bu bölgede kullanılan poliüretanın kalın olmasıdır (Tablo 1).

Bütün bu sonuçlar ve VYP'in maliyeti göz önünde bulundurulduğunda incelediğimiz buzdolabı modeli için en iyi VIP tasarım parametreleri; Yan Yüzey 1, Yan Yüzey 2, Kapı Yüzeyi, Alt Yüzey, Kompresör Yan Yüzey ve Üst Yüzey bölgelerinde maksimum boyutlarda VIP kullanılmasıdır. Böylece buzdolabı performansında %10.1'lik artış sağlanabilmektedir. Sonuç olarak; bu çalışmada, sadece soğutucu bölüme sahip bir buzdolabında VYP uygulamasının iç hava sıcaklık dağılımı ve performans üzerinde yaptığı etkinin sayısal olarak incelenebilir olduğu gösterilmiştir. Sadece deneysel yöntemle bu araştırma yapılsaydı elde edilen sonuçlara ulaşmak maliyetli olmasının yanında çok uzun zaman alacaktı. Uygulamaya geçilmeden önce elde edilen iyileştirilmiş tasarımların deneysel olarak da incelenmesi ve sayısal modelde yapılan kabullerin doğruluğunun gösterilmesi gerekmektedir. Bu çalışma sonrasında elde edilen deneyim ve bilgiler ile dondurucu bölüme sahip bir buzdolabı modelinde, VIP boyutları değişiminin performans üzerindeki etkisi detaylı olarak sayısal ve parametrik yöntemle incelenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] YILMAZ, U., "Ev Tipi Dondurucularda Vakum İzolasyon Panel Kullanımının Enerji Tüketimi Üzerindeki Etkisinin Bilgisayar Destekli Ve Deneysel Olarak İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, 2008.
- [2] KUMLUTAS, D., AVCI, H., ÖZŞEN, M., KARADENİZ, Z.H., "Buzdolabı Tasarım Parametrelerinin Sayısal Olarak İncelenmesi", X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2011.
- [3] INCROPERA F.P., DEWITT D.P., "Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri", Çevirenler: T. DERBENTLİ, O.F. GENÇELİ, A. GÜNGÖR, A. HEPBAŞLI, Z. İLKEN, N. ÖZBALTA, F. ÖZGÜÇ, C. PARMAKSIZOĞLU, Y. URALCAN, Literatür Yayınları, 2000.
- [4] SAEDODIN, S., TORABI, M., NASERIAN, R.S., SALEHI, P., "A Combined Experimental and Three-Dimensional Numerical Study of Natural Convection Heat Transfer in a Domestic Freezer for Optimization and Temperature Prediction", International Review of Mechanical Engineering (I.R.E.M.E.), Vol. 4, n. 6, 2010.
- [5] LAGUERRE, O., AMARA, S. B., MOUREH, J., FLICK, D., "Numerical Simulation of Air Flow and Heat Transfer in Domestic Refrigerators", Journal of Food Engineering, 144, 2007.
- [6] DING, G. L., QIAO, H. T., LU, Z. L., "Ways to Improve Thermal Uniformity Inside a Refrigerator" Applied Thermal Engineering, 24, 2004.
- [7] AMARA, S.B., LAGUERRE, O., MOJTABI, M.C.C., LARTIGUE, B., FLICK, D., "PIV Measurement of the Flow Field in a Domestic Refrigerator Model: Comparison with 3D Simulations", International Journal of Refrigeration, 31, 2008.
- [8] AFONSO, C., MATOS, J., "The Effect of Radiation Shields Around the Air Condenser and Compressor of a Refrigerator on the Temperature Distribution Inside it", International Journal of Refrigeration, 29, 2006.
- [9] GUPTA, J. K., GOPAL, M. RAM., CHAKRABORTY, S., "Modeling of a Domestic Frost-Free Refrigerator", International Journal Of Refrigeration, 30, 2007.
- [10] FUKUYO, K., TAICHI, T., HARUKO, A., "Thermal Uniformity and Rapid Cooling Inside Refrigerators", International Journal of Refrigeration, 26, 2003.
- [11] ISO 15502:2005, Madde 15.3.3.1, Sayfa 35.
- [12] KUMLUTAS, D., KARADENİZ, Z.H., AVCI, H., ÖZŞEN, M., "Investigation of Design Parameters of A Domestic Refrigerator by Artificial Neural Networks and Numerical Simulations", International Journal of Refrigeration, 35, 2012.