

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METAL KUTULU MEŞRUBAT SOĞUTULMASININ ZAMANA  
BAĞLI ÜÇ BOYUTLU HAVA AKIŞI VE ISI GEÇİŞİ ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS

Makina Müh. Gürkan CILAK

Anabilim Dalı : Makina Mühendisliği

Danışman : Prof.Dr.İlhan Tekin ÖZTÜRK

KOCAELİ, 2010

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METAL KUTULU MEŞRUBAT SOĞUTULMASININ ZAMANA  
BAĞLI ÜÇ BOYUTLU HAVA AKIŞI VE ISI GEÇİŞİ ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makina Müh. Gürkan CILAK

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Nisan 2010

Tezin Savunulduğu Tarih : 15 Haziran 2010

Tez Danışmanı

Prof.Dr.İlhan Tekin ÖZTÜRK

Üye

Prof.Dr.Rıza GÜVEN

Üye

Yrd.Doç.Dr.Hasan KARABAY



KOCAELİ, 2010

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Hızlı tüketim ürünlerinin, son kullanıcıya sunumu esnasındaki fiziksel şartlar her geçen gün önemini artırmaktadır. Özellikle gazlı içecek sektöründe, üreticinin pazar payını doğrudan etkileyebilecek seviyelerde bulunmaktadır. Kutu ambalajlı, gazlı içecekler üreticinin hedeflediği en uygun sıcaklık aralıklarında içildiği takdirde, tüketici tarafından beğenilerek tüketimine devam edilmektedir. Bu noktada, bu tip ürünlerin marketlerde satışa sunulduğu soğutucuların, iç sıcaklık dağılımları, rejime ulaşma süreleri gibi teknik kriterler büyük önem kazanmaktadır. Kriter dışında kalan bir soğutucu, gazlı içeceğin tadını, nefasetini değiştireceği için, tüketicide hedeflenen memnuniyeti de sağlamamaktadır.

Gerek gazlı içecek üreticilerinin gerekse bu ürünlerin teşhirini sağlayan soğutucuları üreten firmaların hassasiyetle üzerinde durdukları bu konu, numune bir ürün üzerinde çok noktadan eş zamanlı ölçümler ile standartlara uygun olarak test edilmiştir. Test sonuçları farklı açılardan değerlendirilerek, soğutucu içindeki sıcaklık dağılımı analiz edilmiştir. Testin gerçekleşmesi için mevcut imkanlarını paylaşan Klimasan A.Ş.' ye, test sonuçlarının analizi ve yorumu konusunda yol gösteren değerli hocam, Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü Sn.Prof. Dr. İlhan Tekin ÖZTÜRK' e, teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca her yaş düzeyinde ve her alanda, eğitimin ve bilimin önemini gelecek nesillere aktarabilmek adına, kızlarımız Doğa ve Dora' ya da örnek olması açısından, çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen değerli eşim Handan CILAK' a minnetlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLOLAR DİZİNİ.....	vi
ÖZET.....	vii
İNGİLİZCE ÖZET.....	viii
1.GİRİŞ.....	1
2.TEST TANIMLAMALARI.....	12
2.1.Soğutucu Dolap.....	12
2.2.Dolap İçi Numune test Ürünleri.....	16
2.3.Test Odası.....	17
3.TEST İŞLEMİ.....	26
3.1.Test Dolabının Hazırlanması.....	26
3.2.Dolap İçi Numune Test Ürünleri.....	26
3.3.Test Odasının Devreye Alınması.....	26
3.4.Bilgisayar ile Verilerin Kontrolü.....	27
3.5.Test Odasının Rejime Girmesi.....	27
3.6.Yükleme İşlemi.....	27
3.7.Termoelement Yerleşim Planı.....	30
3.8.Verilerin Kayıt Edilmeye Başlanması.....	33
3.9.Testin Sonlandırılması.....	33
3.10.Testin Doğrulanması ve Genel İnceleme.....	33
3.10.1. Test süresince test odasının sıcaklık kontrolü.....	34
3.10.2. Test süresince test odasının nem kontrolü.....	35
3.10.3.Soğutucu dolap içindeki ölçüm noktalarını genel inceleme.....	36
4.TEST SONUÇLAR.....	43
4.1.Eş Yatay Düzlem Üzerinde Bulunan Ölçüm Noktalarının İncelenmesi.....	43
4.1.1.Yükleme sıra numarası 1 olan grubun yatay incelemesi.....	43
4.1.2.Yükleme sıra numarası 2 olan grubun yatay incelemesi.....	46
4.1.3.Yükleme sıra numarası 4 olan grubun yatay incelemesi.....	49
4.1.4.Yükleme sıra numarası 6 olan grubun yatay incelemesi.....	52
4.1.5.Yükleme sıra numarası 8 olan grubun yatay incelemesi.....	56
4.2.Eş Dikey İzdüşüm Üzerinde Bulunan Ölçüm Noktalarının İncelenmesi.....	59
4.2.1. Ölçüm numarası M6-M11-M16-M21-M26 olan dikey hattın incelemesi.....	61
4.2.2. Ölçüm numarası M7-M12-M17-M22-M27 olan dikey hattın incelemesi.....	62
4.2.3. Ölçüm numarası M8-M13-M18-M23-M28 olan dikey hattın incelemesi.....	63
4.2.4. Ölçüm numarası M9-M14-M19-M24-M29 olan dikey hattın incelemesi.....	65
4.2.5. Ölçüm numarası M10-M15-M20-M25-M30 olan dikey hattın incelemesi.....	66

5.SAYISAL HESAPLAMA YÖNTEMİ YARDIMI İLE ISI VE AKIŞ ANALİZİ..	68
5.1.Bilgisayar Destekli Hesaplamaların Koşulları ve Çözüm Yöntemi.....	68
5.2.Sayısal Çözüm İçin Esas Alınan Geometri.....	71
5.3.Sayısal Analizde Kullanılan Çözüm Ağları.....	75
5.4.Sayısal Çözümlerin Görsel Sonuçları.....	76
5.5.Sayısal Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	89
6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	90
KAYNAKLAR.....	93
ÖZGEÇMİŞ.....	95

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1:Teste maruz bırakılan dolaba ilişkin genel görünüş.....	14
Şekil 2.2:Test edilen soğutucu dolabın patlatılmış genel görüntüsü.....	15
Şekil 2.3:Soğutma çevrimi ve gerektiğinde test sırasında ölçüm alınması gereken noktalar.....	16
Şekil 2.4:Test dolabında kullanılan standart 330 ml. gazlı içecek numunesi örneği...	17
Şekil 2.5:Test odasının nemlendirme ünitesinin elemanları.....	20
Şekil 2.6:Test odası kontrol paneli.....	21
Şekil 2.7:Test odasının genel çalışma prensibine ilişkin şematik gösterim.....	22
Şekil 2.8:Test odasına ilişkin örnek bir fotoğraf.....	24
Şekil 2.9:Test odasının ölçümlerine ilişkin bilgisayarda ki ara yüz görüntüsüne örnek.....	25
Şekil 2.10:Test odasının ölçümlerine ilişkin bilgisayarda ki ara yüz görüntüsüne örnek.....	25
Şekil 3.1:Raf yerleşim planı üstten görünüş.....	28
Şekil 3.2:Yükleme planının önden görünüşü.....	29
Şekil 3.3:Termocouple numarası ile 1. sıra yerleşim planı.....	30
Şekil 3.4:Termocouple numarası ile 2. sıra yerleşim planı.....	31
Şekil 3.5:Termocouple numarası ile 4. sıra yerleşim planı.....	31
Şekil 3.6:Termocouple numarası ile 6. sıra yerleşim planı.....	32
Şekil 3.7:Termocouple numarası ile 8. sıra yerleşim planı.....	32
Şekil 3.8:Test odası ortam sıcaklığının zamana bağlı değişim grafiği.....	35
Şekil 3.9:Test odası ortam bağıl neminin zamana bağlı değişim grafiği.....	36
Şekil 3.10:Dolap içinde bulunan ve metal kutular üzerinden alınan tüm ölçüm değerlerinin zamana bağlı değişim grafiği.....	39
Şekil 3.11:Dolap içindeki tüm ölçüm noktalarının zaman bağılı olarak maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değişim grafiği.....	41
Şekil 4.1:Sıra numarası 1 olan grubun sıcaklık dağılım grafiği.....	44
Şekil 4.2:Termostat kontrol periyotlarında 1. sıra ölçümlerinin sıcaklık değişim grafiği.....	45
Şekil 4.3:Sıra numarası 2 olan yükleme grubunun tüm zamanlarda ki sıcaklık dağılımı.....	47
Şekil 4.4:Termostat kontrol periyotlarında 2. sıra ölçümlerinin sıcaklık değişim grafiği.....	48
Şekil 4.5:Sıra numarası 4 olan yükleme grubunun tüm zamanlarda ki sıcaklık dağılımı.....	49
Şekil 4.6:Termostat kontrol periyotlarında 4. sıra ölçümlerinin sıcaklık değişim grafiği.....	50
Şekil 4.7:Sıra numarası 6 olan yükleme grubunun tüm zamanlarda ki sıcaklık	53

Şekil 4.8:Termostat kontrol periyotlarında 6. sıra ölçümlerinin sıcaklık değişim grafiği.....	54
Şekil 4.9:Soğutucu dolap kesit krokisi.....	55
Şekil 4.10:Sıra numarası 8 olan yükleme grubunun tüm zamanlarda ki sıcaklık dağılımı.....	57
Şekil 4.11:Termostat kontrol periyotlarında 8. sıra ölçümlerinin sıcaklık değişim grafiği.....	58
Şekil 4.12:A dikey hattı sıcaklık analiz grafiği.....	62
Şekil 4.13:B dikey hattı sıcaklık analiz grafiği.....	63
Şekil 4.14:C dikey hattı sıcaklık analiz grafiği.....	64
Şekil 4.15:D dikey hattı sıcaklık analiz grafiği.....	66
Şekil 4.16:E dikey hattı sıcaklık analiz grafiği.....	67
Şekil 5.1:Soğutucu dolabın mm. cinsinden ölçülandırılmış genel görüntüsü.....	72
Şekil 5.2:Soğutucu dolabın sayısal çözüm için oluşturulan modeli.....	73
Şekil 5.3:Metal kutulu içeceklerin model görüntüsü.....	74
Şekil 5.4:İçeceklerin soğutucu dolap içinde toplam görünümü.....	74
Şekil 5.5:Metal kutulu içeceklerde ağ oluşumu.....	75
Şekil 5.6:Soğutucu dolap içindeki ağ oluşumu.....	76
Şekil 5.7:Enerji dengesinin iterasyonla değişimi.....	77
Şekil 5.8:Metal kutulu içeceklerde sıcaklık dağılımı görünüş 1.....	78
Şekil 5.9:Metal kutulu içeceklerde sıcaklık dağılımı görünüş 2.....	78
Şekil 5.10:Metal kutulu içeceklerde sıcaklık dağılımı görünüş 3.....	79
Şekil 5.11:Soğutucu dolap alt kısım sıcaklık dağılımı görünüş 1.....	80
Şekil 5.12:Soğutucu dolap alt kısım sıcaklık dağılımı görünüş 2.....	80
Şekil 5.13:Soğutucu dolabın alt kısmındaki sıcaklık dağılımı görünüş 3.....	81
Şekil 5.14:Akış çizgilerine göre sıcaklık dağılımı görünüşü 1.....	82
Şekil 5.15:Akış çizgilerine göre sıcaklık dağılımı görünüşü 2.....	82
Şekil 5.16:Akış çizgilerine göre sıcaklık dağılımı görünüşü 3.....	83
Şekil 5.17:Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 1.....	84
Şekil 5.18:Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 2.....	84
Şekil 5.19:Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 3.....	85
Şekil 5.20:Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 4.....	85
Şekil 5.21:Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 5.....	86
Şekil 5.22:Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 6.....	86
Şekil 5.23:Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 7.....	87
Şekil 5.24:Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 8.....	87
Şekil 5.25:Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 9.....	88
Şekil 5.26:Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 10.....	88

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1:Dolabın genel özellikleri.....	12
Tablo 2.2:Dolabın teknik özellikleri.....	13
Tablo 2.3:Test odasının genel özellikleri.....	18
Tablo 2.4:Nemlendirme ünitesinin ana elemanları.....	20
Tablo 2.5:Test odasının genel çalışma prensibini gösteren şemanın elemanları.....	23
Tablo 3.1:Test odasının zamana bağlı ortam sıcaklık değişim değerleri.....	34
Tablo 3.2:Test odasının zamana bağlı bağıl nem değişim miktarları.....	35
Tablo 3.3:M6-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-M17 noktalarının ölçüm değerleri.....	37
Tablo 3.4:M18-M19-M20- M21- M22-M23- M24-M25- M26-M27- M28-M29-M30 ölçüm değerleri.....	38
Tablo 3.5:Dolap içindeki tüm ölçüm noktalarının toplamının, her zaman adımı için maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri.....	46
Tablo 4.1:Tüm ölçüm noktalarının, termostat kontrolü devreye girmeden önceki ortalama sıcaklık değerleri.....	60
Tablo 4.2:Tüm ölçüm noktalarının, termostat kontrolü altında ki zamanlarda, ortalama sıcaklık değerleri.....	61



# METAL KUTULU MEŞRUBAT SOĞUTULMASININ ZAMANA BAĞLI ÜÇ BOYUTLU HAVA AKIŞI VE ISI GEÇİŞİ ANALİZİ

Gürkan CILAK

**Anahtar Kelimeler:** Üç boyutlu analiz, termal, test, sıcaklık dağılımı, meşrubat soğutucusu.

**Özet:** Bu çalışmada metal kutulu meşrubatların, teşhir ve saklama dolaplarının içinde oluşan sıcaklık dağılımı ve hava akımı incelenmiştir. Üç boyutlu ve zamana bağımlı olarak elde edilen test sonuçları değerlendirilerek, hava akışını ve ısı geçişini etkileyen faktörler tespit edilmiştir. Isı transferinden kaynaklanan ve soğutucu dolap içinde homojen sıcaklık dağılımını etkileyen kısımlar belirlenmiştir. Test çalışmaları sayısal çözümleme yapabilen bir bilgisayar programı yardımıyla doğrulanmaya çalışılmıştır. Program yardımı ile sayısal çözümleme yöntemi sonucunda elde edilen sonuçların, gerçek test sonuçlarına yakınsadığı görülmüştür. Yapılan analizler ile metal kutulu meşrubat soğutucularının içinde oluşan sıcaklık dağılımının uygun ve uygun olmayan alanları belirlenmiş ve bunların sonuçları yorumlanmıştır.

# **THE THREE DIMENSIONAL AND TIME DEPENDENT HEAT TRANSFER AND AIR FLOW ANALYSIS FOR BEVERAGE CANS COOLING**

**Gürkan CILAK**

**Keywords:** 3D analysis, thermal, test, temperature distribution, beverage cans cooler.

In this study, the inside heat distribution and air flow analysis have been carried out for stored beverage cans exhibition and storage cabinets. Three dimensional and time-dependent test results were evaluated and factors were identified which affected to air flow and heat transfer. The homogeny temperature distributions fields that have been affected due to heat transfer have been defined inside the cabinet. The test results have been checked by CFD computations and results found that satisfactory convenience. With test and CFD analyses, suitable and unsuitable sections of temperature distribution inside the beverage cans cooler have been recognized and results have been discussed.

## 1.GİRİŞ

Soğutma sistemleri endüstriyel alanlarda, evsel ihtiyaçlarda gıdaların muhafazasında, konfor iklimlendirmelerinde, soğuk zincirlerin oluşturulması gibi bir çok alanda hakimiyetini ve önceliğini artırarak korumaya devam etmektedir.

Özellikle hızlı tüketime yönelik yiyecek ve içeceklerde, kullanım anındaki sıcaklık değerleri, ürünün lezzetine doğrudan etki etmektedir. Üretilen ürün, tüketici tarafından herhangi bir işleme maruz bırakılmadan doğrudan kullanılacak ise, tüketilirken sahip olduğu fiziksel özelliklerin, mümkün olduğunca üreticinin hedeflediği, tavsiye ettiği standartlarda uygun olması beklenmektedir.

Aksi taktir de, aslen ürün sağlık şartlarını sağlıyor olsa bile, tüketiciye ürünün hedeflenen lezzeti, damak zevki aktarılamamaktadır. Bu nedenle birçok üretici, kullanıma ilişkin fiziksel şartları itina ile koruma gayret etmektedir. Bu fiziksel özelliklerin en başında ise sıcaklık değerleri veya tanımlamaları gelmektedir.

Doğal olarak, her ürün için gerekli olan uygun kullanım sıcaklığı farklılık göstermektedir. Uygun olmayan sıcaklık değeri ile tüketildiğinde, lezzeti olumsuz yönde etkilenen bir çok ürün bulunmaktadır.

Bu ürün gamı içerisinde, gazlı içecek muhafaza dolapları baz alınarak bir çalışma yapılmıştır. Gazoz, kola gibi genel adlara sahip olan gazlı içeceklerin, hızlı tüketilen ürünler arasında ki payı oldukça yüksektir. Gazlı içecekler, tüm Dünya üzerinde, serinlemek için en sık kullanılan tüketim emtiaları arasında yerini alır. Uluslararası boyutta üreticileri bulunan gazlı içecek sektörü, tüketim hızlanması için reklam, tanıtım ve sponsorluk çalışmalarına tüm Dünya' da hızla devam etmektedir. Sadece bu anlamda

bile yapılan yatırımlara kabaca bakıldığında sektörün ne kadar büyük bir kitleye hitap ettiği ve nasıl bir büyüklükteki ticari hacme sahip olduklarını anlayabilmek zor değildir. Her gün büyüyen bu ticari pastadan, paylarını oransal olarak ve miktar anlamında büyümeye çalışan gazlı içecek üreticileri, her anlamda müşteri memnuniyetini de maksimum seviyede tutmayı hedeflemektedirler.

Tüketicinin gazlı bir içecekten memnuniyetini, ürünün fiyatı, erişilebilirliği, kullanımındaki ergonomik tasarımı, ambalajı, hijyen koşulları, üretim standartları, kimyasal içeriği ve içerken verdiği lezzet oluşturur.

Tüm özellikler tüketiciyi memnun edici yönde olsa dahi, lezzeti hoş olmayan bir içeceğe tüketicinin tekrar yönelmesi beklenemez. Tüketici memnuniyeti için her bir kriter önemli olsa da, lezzet olmaz ise olmaz koşul kapsamındadır.

Tüketici portföyünü genişletmek ve mümkünse tutkulu tüketiciler oluşturabilmek için, gazlı içecek üreticileri, memnuniyet eksenli çalışmalarına ağırlık vermektedirler. Gazlı içecek üreticileri genel kabul gereğince, rakiplerine göre taklit edilemez lezzetleri oluşturabilmek adına, içeceklerinin içeriğini, bir diğer ifade ile formüllerini gizli tutarak, en mükemmel sonuçlara ulaşmaya gayret ederler.

Ancak tüm çabalar, üretim safhasında tesis edilmektedir. Lojistik zinciri ile bir noktaya kadar korunabilmekte, en son olarak ise, satış noktalarındaki teşhir ve sunum ile son bulmaktadır.

Oysaki tüketici memnuniyetinin en önemli halkası olan lezzet ayağı, ürünün kullanım sıcaklığı ile doğrudan ilişkilidir. Yapılan onca çaba ve özel içerikler, uygun sıcaklık aralığında tüketilmediğinde tam hedefini bulmamaktadır.

Doğal olarak uygun tüketim sıcaklık aralığı kullanıcıların geneline hitap eden bir ölçektir ve bu çalışmada da bu şekilde ele alınmıştır.

Genel olarak; oda sıcaklığında veya daha sıcak olan bir gazlı içecek tüketicie lezzet açısından cazip gelmez. Aynı şekilde içinde kendinden kristalleşmiş, donma noktasının altında bir sıcaklıkta bulunan bir gazlı içecekte, iilemediğı için tatminkâr lezzete ulaşılmaz.

Burada tüketim anındaki sıcaklığın değer aralıkları gazlı içecek üreticileri tarafından belirlenir. Gazlı içecek üreticileri, soğutucu dolaplara ilişkin istedikleri özellikleri ve test prosedürlerini, soğutucu dolap üreticisine bildirirler. Yapılan bu çalışmada soğutucu dolap içerisindeki sıcaklık dağılımını incelenirken Coca Cola firmasının yayınladığı, [1] market ekipmanları test yönetimine ilişkin onaylanmış prosedürü dikkate alınmıştır.

Gazlı içecekler bir kaç şekilde tüketici ile buluşurlar:

Tüketici ürünü temin eder, evinde veya kullanacağı mekanda, kendine ait bir soğutucuda muhafaza eder ve kendince uygun gördüğü zaman, kendi kişisel soğutucusunun el verdiğı ölçüde soğutarak tüketir. Bu tüketim şeklinde, üretici ürünün sıcaklık kontrolünü kaybetmiştir. En uygun sıcaklıkta tüketimi sağlayabilmesi için, ürünün üzerine yazacağı kullanım şekli notundan başka bir seçeneğı kalmamıştır. Üretici, kendi tavsiye ettiğı sıcaklıkta içilmesini ümit etmekten başka yapabileceğı bir şey yoktur.

Ürünün tüketici ile buluştuğı bir başka tüketim şekli ise, ürünün tüketici ile buluştuğı anda tüketilmesidir. Satış noktasından alındığı anda içilmesi veya masasına servis edildiğinde tüketilmesidir. Bu tüketim şeklinde, eğer üretici, ürününün muhafaza edildiğı dolabı istediğı sıcaklık şartlarında sağlayabilirse, anında tüketim yönteminde, hedeflediğı içme sıcaklığı ile tüketiciyi buluşturabilir.

Satış noktalarında, bir buzdolabının ilgili gazlı içecek markası ile reklam amaçlı giydirilmesinin nedenleri de böylelikle daha netleşiyor. Gazlı içecek üreticisine ait olduğı izlenimi veren bu buzdolabını, satış noktasına üretici firma tarafından temin edilmesinin bazı nedenleri şunlardır:

Ticari anlamda, satıcının kota şartlı, yani belirli adette ürün alımını taahhüt altına alabilmek için, üretici buzdolabını ücretsiz olarak verir. Böylelikle o satış noktasında sürekli olarak kendi ürününün satılmasını garanti altına almış olur.

Üretici firma, buzdolabının üzerine kendi logosunu, adını ve reklam sloganını işleyerek, tüketici ile temas noktasında reklam çalışmasına kalıcı olarak devam etmiş olur.

Ancak hepsinden önemlisi, üretici firma, ürettiği ürünü, muhtemel hızlı kullanım noktasında, kendi istediği sıcaklık şartlarında, tüketici ile buluşmasını ve böylelikle en büyük hedefi olan lezzet memnuniyetini sağlamaya, maksimum ölçüde yaklaşmış olur.

Sektörün büyüklüğü ve müşteri memnuniyetinin en önemli halkalarından birisinin lezzet için sunum sıcaklığı olduğu dikkate alındığında, satış ve sunum noktalarındaki dolaplarının önemi çok ön plana çıkmaktadır. Böylelikle büyük ölçekli olan gazlı içecek sektörü, kendi içinde bir diğer büyük sektör olan gazlı içecek soğutucu dolap üretimini tetiklemektedir.

Şişe soğutucular adıyla da tanımlan, buzdolabı üreticileri, gazlı içecek üreticilerinin beklentileri yönünde ürün geliştirirler. Çünkü birinci dereceden müşterileri gazlı içecek üreticileridir.

Aslen şişe soğutucu üreten üreticiler, CE,UL vb. uluslararası standartlarda ve Türkiye' de TSE normlarında ürün üretebilmelerine rağmen, uluslararası gazlı içecek üreticilerinin taleplerine teknik anlamda cevap vermek için çok daha fazla çaba sarf etmek zorunda kalırlar. Örneğin konuyla ilgili olarak TS 7858 standardı [2], gıda maddelerinin satışı ve/veya sergilenmesi için amaçlanan ticari soğutucu dolapları kapsamaktadır. Benzer şekilde, TS EN ISO 23953-2 standardı ise [3], gıda maddelerinin satışı ve teşhiri amacıyla kullanılan soğutuculu teşhir dolaplarının yapılışı, karakteristikleri ve performansına ilişkin kuralları kapsar. Ancak yinede gazlı içecek üreticilerinin talep ettiği soğutucu dolaplara ait istedikleri özellikler, genel mevcut standartların üzerinde olmaktadır.

Genel olarak uluslararası bir standart için başvuru yapmak, gereklilikleri yerine getirmek ve ilgili standarda sahip olabilmek, uluslararası bir gazlı içecek üreticisinin sınır şartlarını sağlayabilmeye göre daha kolaydır.

Çünkü uluslararası standartlar üreticileri, güvenlik, kullanım şartları, üretim şartları gibi ürüne yönelik şartlar açısından zorlar. Oysaki bir gazlı içecek üreticisi, sadece kendi ürünü için özel soğutucular talep eder. Sıkı rekabet şartları, istenen kriterleri her geçen gün daha da ağırlaştırır.

Bu kriterleri çok genel anlamda sıralanacak olursa; buzdolabının en düşük enerji tüketimi ile çalışmasını ister. Böylelikle gazlı içecek üreticisi, bu dolapları satış noktalarına ücretsiz tanıtım amaçlıda olsa verirken, bu özelliği ile reyonlarda yer bulmasında öncelik gerekçesi olacaktır.

Buzdolabının çalışma ve durma sürelerini dikkate alır. Belirli bir periyot içinde çalışma ve durma süreleri enerji tüketimini etkileyeceği gibi, çalışma adedinin artması, ilk kalkış yükünün yüksek olmasından dolayı, buzdolabının bağlı olduğu enerji hattının yorulmasına, deformasyonuna neden olacaktır.

Buzdolabının kullanım kolaylığına sahip olmasını ister. Ergonomik kullanım ve buna bağlı olarak buzdolabındaki görsel ekipmanlar teşhir anlamında önem taşır.

Buzdolabının güvenlik şartlarını yüksek tutar. Kullanılan alanlarda birden fazla kullanıcı tarafından kullanılacağı için, en uç noktada kullanım alışkanlığı olan muhtemel kullanıcılara göre güvenlik unsurlarının olmasını ister. Hiç bir gazlı içecek üreticisi, üzerinde kendi adı ve markası bulunan bir buzdolabından dolayı, bir kullanıcının zarar görmesini istemez.

Buzdolabının gerekli olan standartlara sahip olmasını ister. Buzdolabının kullanılacağı ülke göz önüne alınarak, zorunlu olan ve gerekli olan ulusal ve uluslararası standartları talep eder.

Buzdolabının kendi belirleyeceği adette ürünü teşhir edebilmesini ister. Az yer kaplayan ancak maksimum sayıda ürün muhafaza edebilen ürünleri tercih eder.

Arıza oranının düşük olmasını ister. Sık arızalanan dolap, sık olarak istenmeyen sıcaklıkta ürün satışı demektir ve tercih edilmez. Arıza oranının düşük olabilmesi için mümkün olduğunca gereksiz aksesuar ve ekipmandan arınmış olmasını talep eder.

Buzdolabının ilk çalıştırıldığı andan itibaren, rejime giriş zamanına kadar geçen sürenin mümkün olduğunca kısa olmasını ister. Böylelikle dolabın devreye alınması ile, gerçek anlamda istenilen sıcaklıkların elde edilmesine kadar olan zaman aralığı düşer. Rejime kadar olan zaman ve rejim sonrası termostatik kontrol zaman dilimlerine ilişkin tanımlamalar, çalışmanın yapıldığı gazlı içecek üreticisine ait prosedürlere göre değerlendirilir [1].

Buzdolabının rejime geçtikten sonraki termostat kontrol aralığının ürün üzerinde 0°C - 7°C aralığında olmasını ister. Bu sıcaklık aralığı gazlı içecek üreticilerinin genel olarak en çok tercih ettikleri ve hedefledikleri optimal lezzet sıcaklığıdır [1].

Buzdolabında en düşük birim fiyat talep edeler. Gazlı içecek üreticileri, satın aldıkları bu buzdolaplarını bir başka kanal ile satmazlar. Genel olarak sadece kendi ürünlerinin satışına destek amaçlı ancak zorunlu bir ekipman olarak düşünürler. Bu nedenle oluşan maliyet genel gider maliyeti olarak kendilerine yansır.

Tüm bunlar dikkate alındığında, gazlı içecek üreticileri sürekli daha iyi soğutucular talep ederken, diğer taraftan da en düşük maliyetli soğutucuları sahip olmak isterler.

Ayrıca tüm taleplerinin farklı ortam şartlarındaki değişimlerini ve sonuçlarını da bilmek isterler. 32 °C - 35 °C - 40 °C sıcaklık ve % 65-% 70 bağıl nem değerleri gibi farklı çalışma ortamlarındaki sonuçlarını değerlendirirler. Böylece dolabın farklı iklime sahip bölgelerdeki performanslarını ölçerler [1].



Gazlı içecek sekt6r6nde kullanılan soğutucu dolapların oluşturduğu pazar d6ř6n6ld6đ6nde, gazlı içecek 6reticileri, buzdolabı 6reticileri açısından en 6nemli m6şteri olmaktadır. Bu sekt6re buzdolabı 6retmeyi hedefleyen, uluslararası pazarda hakim olmak isteyen, profesyonel firmalar, Ar-Ge çalışmalarına 6nemli 6l6de maddi pay ayırmakta ve proje bazlı çalışmalar s6rd6rerek, sekt6re tatmin edici yeni, optimal 6r6nler sunma çabasındadırlar.

Ar-Ge çalışmalarının desteği olmadan 6retim yapmaya gayret eden firmaların ise, bu sekt6rde gazlı içecek 6reticileri için tatminkar sonuçlara ulaşabilmeleri m6mk6n değildir.

Klimasan A.ř. nin Ar-Ge departmanında ki test odaları kullanılarak, bir dikey gazlı içecek soğutucusunda, dolap 6r6n ile y6klenerek yapılan testler, bu tezin ana konusunu oluşturan, dolap içi sıcaklık dağılımına ilişkin verileri elde etmemizi sağlamıştır. Y6kleme planı için ilgili gazlı içecek 6reticinin test prosed6r6 dikkate alınmıştır [1].

Bir soğutucu dolap içerisinde, muhafaza edilen eş 6r6nlerin t6ketim için gerekli g6r6len sıcaklık değerinin, dolap içindeki her bir 6r6n için aynı olması hedeflenir.

Başka bir yaklaşımla, bir 6r6n6n en ideal sıcaklıkta muhafazası ve anlık t6ketimde en uygun sıcaklık şartlarında olabilmesi için, muhafaza edildiği soğutucunun ilgili şartları sağlaması gerekir.

Meşrubat soğutucularında, soğutucunun i hacim kapasitesi artıkça, içine y6klenebilen, muhafaza edilebilen içecek sayısı da doğal olarak artar.

Herhangi bir meşrubat soğutucusunun, saklayabildiği içecek adedi ne olursa olsun, her bir içecek için, en uygun sıcaklıkta muhafaza edilebilmesi ve kullanıma hazır halde bulunması istenir.

Oysaki bu hedef pek kolay değildir. Çünkü meşrubat soğutucularının iç hacimlerinde sıcaklık dağılımını homojen olarak elde edebilmek ve teorik olarak, soğutulan ürünler arasındaki sıcaklık farkını tam olarak ortadan kaldırmak, günümüz şartlarında mümkün değildir. Soğutucu dolap içinde sıcaklık dağılımları arasındaki farkı en aza indirebilmek için, öncelikle bu farkların hangi miktarda olduğunu tespit etmek gerekir.

Ayrıca dolap içindeki bu sıcaklık farklarının, dolabın nerelerinde oluştuğunu da gözlemleyebilmek gerekir. Bu tespitlerin yapılabilmesi, dolabın gerek fiziksel ölçülerinde değişiklik yaparak, gerekse soğutucu elemanların fonksiyonlarını yeniden revize ederek, iyileştirmeler yapılabilmesini sağlar. Soğutucu da yapılacak bu tespitler için deneysel test düzeneklerine ve iyi kurgulanmış simülasyonlara ihtiyaç vardır.

Testler gerçek anlamda, mevcut durumların sonuçlarını ve işleyiş formlarını sağlar. Test sonuçları dikkate alınarak yapılmış simülasyon çalışmaları ise, test sonuçları ile kendisini doğruluyorsa, bir sonraki olası testin simülasyon üzerinden yapılarak, ön görüşe oluşturmada avantaj oluşturur.

Metal kutulu içecekler ile dikey bir meşrubat soğutucusunda yapılan bu çalışma esnasında, benzer yönde gerçekleştirilen ve daha önce yapılmış başkaca çalışmalar ile eş yönlü olmasına gayret edilmiştir.

Böylelikle belirli parametreler üzerinde hareket etmiş olan, diğer çalışmalar ile genel anlamda bir bütünlük oluşturulurken, kendi özelindeki detaylar ile sıcaklık dağılımına ve yönüne ilişkin hem deneysel, hem de teorik sayısal çözümler elde edilmiştir.

Benzer yönde gerçekleştirilmiş olan bir çalışmayı, David Cowen ve David Zabrowski 'nin [4], farklı tip ve modellerde içecek soğutucuları üzerinde yaptığını görmekteyiz. Yapılan testler, içeceklerin soğutucu dolap içerisindeki sıcaklık dağılımını genel olarak gösteren bir çalışma olmuştur. Enerji verimliliği açısından ağırlık kazanmış olan bu çalışma, soğutucu dolap içindeki sıcaklık dağılımını detaylandırmamıştır. Ancak kullanılan ölçüm yöntemi ve test için numune ölçüm noktaları, çalışmamız için eş yönlü bir

referans olmuştur. Fakat çalışmadaki bir dizi testin, büyük bir kısmında, soğutucu dolap içinde sadece ölçüm numuneleri için metal kutulu içecekleri görmekteyiz. Soğutucu dolabın kalan kısımları ise genelde taklit edilmiş ve prizmatik ölçülere sahip deney paketleri ile doldurulmuştur. Sık olarak ve birbirlerine temas halinde olan bu deney paketleri ısı direnç yerine, ısı iletkenlik sağlarlar. Ayrıca deney paketlerinden dolayı hava boşluklarının çok az olması, soğutucu dolap içinde sıcaklık akış yönünü ve dağılımını önemli ölçüde etkiler.

Bu nedenle çalışmamızda David Cowen ve David Zabrowski [4] çalışması ile benzer ölçüm noktaları, yani ölçüm numuneleri kullanırken, test ortamında tam anlamıyla gerçek koşulları oluşturabilmek için, deney paketleri kullanılmamış, soğutucu dolabın içi tamamıyla metal kutulu içecekler ile yüklenerek, güncel kullanım eşliği elde edilmiştir. Bu şekildeki bir yüklemenin, test sonuçları açısından, güncel kullanıma en yakın sonuçları doğuracağı tahmin edilmiştir.

Yine benzer bir örneği Geoff Day, Ben Rossetto ve Joseph Ho' nun yaptığı [5] çalışmada görmek mümkündür. Genel hatları ile, farklı özelliklere sahip olan soğutucu dolaplar üzerinde yapılan bu testlerde, soğutucu dolaplar arasında bir karşılaştırma yapılmış, bu karşılaştırma sırasında maksimum ve minimum sıcaklık farkları dikkate alınarak, ortalama sıcaklık değerleri üzerinden hareket edilmiştir. David Cowen ve David Zabrowski [4] nin çalışmasına göre daha yüzeysel olan bu testlerde, soğutucu dolaplar içinde maksimum 7 noktada ölçüm alınması, dolap içinde sıcaklık dağılımına ilişkin yeterli bir veri oluşturamamıştır. Dolayısı ile çalışmamızda 25 ayrı noktadan ölçüm alınarak test gerçekleştirilmiştir.

J.K. Gupta, M. Ram Gopal, ve S. Chakraborty ' nin ortak çalışmalarında ise [6], evsel bir soğutucu dolabın, zorlanmış hava akışı altındaki sıcaklık değişimi simülasyon ile incelemiştir. Bu çalışma üst kısmı derin dondurucu, alt kısmı ise muhafaza dolabı olarak kullanılan bir soğutucu için gerçekleştirilmiştir. Dolap içindeki hava akışını cebri hale getiren fanlar ve çalışmanın yüksüz yani dolabın boş kabul edilmesi, aslen yaptığımız bu çalışmaya göre çok büyük bir fark oluşturmaktadır. Ancak simülasyon ile analizinde

gerek enerji denklemleri, gerekse kullanılan paket programın çözümlene yöntemine ilişkin benzerlikler, çalışmamız ile ortak noktaları oluşturmaktadır.

Yine matematiksel modellemenin simülasyonla birleştiği ortak çalışmalardan bir diğerini ise Jacek Smolka, Andrzej J. Nowak ve Dawid Rybarz [7] tarafından yapılmıştır. İlgili çalışmada her ne kadar sabit sıcaklık altındaki bir muhafaza fırınına incelemek üzerine düzenlenmişse de, simülasyon modellemesi olarak kullandığı denklem yönetim yaklaşımı, kullandığımız paket programın çözümlenmesi ile benzerlik taşımaktadır.

Evsel dolaplarda doğal taşınım ile ısı transferini inceleyen bir diğer çalışma ise O.Laguerre, ve D. Flick [8] tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma esas itibari ile dolabın içine yerleştirilmiş silindirik bir materyalin, dolap içindeki sıcaklık değişimini maksimum, minimum ve ortalama değerleri, termostatik zaman aralıklarında incelemiştir. Dolabın tam yükleme halindeki durumu dikkate alınmamış olsa da, ısı direçlerinin etkisi ortaya konmuştur.

Çok daha genel ancak çoklu bir çalışma ise, Onrawee Laguerre, Evelyne Derens ve Bernard Palagos [9] tarafından farklı modellerde 143 adet dolap üzerinde yapılmıştır. Bu çalışma ev kullanımında dış ortam şartları ve kullanım alışkanlıkları sabitlenmeden gerçekleştirilmiş ve her dolap içinde üst, alt ve orta nokta sıcaklıkları 2-8 dakika arasında toplam 7 gün boyunca ölçülmüştür. Ölçümler dolaba özgü sonuçlar yerine, kullanım şartlarında, genel bir sıcaklık dağılımına ilişkin eğilimi ortaya koymuştur.

Konuyla ilgili olarak gerek bu metinde yer alan çalışma, gerekse daha önce yapılmış benzer yöndeki çalışmalar, aslen uluslar arası gazlı içecek üreticilerinin beklentilerine paralel olarak ilerlemektedir. Gazlı içecek üreticilerinin, soğutucu dolaplardan beklentilerini belirleyen birçok faktör vardır. Dayanım, enerji verimliliği, güvenlik unsurları, yükleme kapasitesi, elektrik enerjisinin kesilmesi durumunda muhafaza süresi ve sıcaklığı, rejime ulaşma süresi, çalışma ve durma zaman oranları bu beklentilerden bazılarıdır. Ancak gazlı içecek üreticileri tüm bu özelliklerden önce, soğutucu dolabın

iklim sınıfının belirlenmesini ister. İklim sınıfı, soğutucunun testlere tabi tutulduğu, dış ortam kriterlerini oluşturur. Kimi gazlı içecek üreticileri, iklim sınıfı belirlenmesinde kendi kriterlerini oluştururken, kimi üreticiler ise başkaca standartlara atıf yaparak talepte bulunurlar. Soğutucu dolabın özellikle iç hacminde oluşan sıcaklık değişimleri söz konusu olduğunda, iklim sınıfı birinci derecede ön plana çıkar ve testlere tabi tutulan dolaptan elde edilen tüm verileri doğrudan etkiler.

Farklı üreticiler ve ISO 7371 standardı tarafından belirlenmiş olan iklim sınıfları aşağıdaki olduğu gibidir.

Coca Cola marka üretici için dış ortam şartlarına bağlı iklim standardı : [1]

23,9°C sıcaklık ve % 45 Bağıl nem için sınıf adı : B

32,2°C sıcaklık ve % 65 Bağıl nem için sınıf adı : C

40,6°C sıcaklık ve % 75 Bağıl nem için sınıf adı : D

Nestle marka üretici için dış ortam şartlarına bağlı iklim standardı : [10]

30°C sıcaklık ve % 55 Bağıl nem için sınıf adı : 4

35°C sıcaklık ve % 70 Bağıl nem için sınıf adı : 4+

32°C sıcaklık ve % 85 Bağıl nem için sınıf adı : Tropical

ISO 7371 standardı için dış ortam şartlarına bağlı iklim şartları : [11]

10°C -25°C sıcaklık ve % 45 - % 70 Bağıl nem için sınıf adı : SN

16°C -32°C sıcaklık ve % 45 - % 70 Bağıl nem için sınıf adı : N

18°C -38°C sıcaklık ve % 45 - % 70 Bağıl nem için sınıf adı : ST

18°C -43°C sıcaklık ve % 45 - % 70 Bağıl nem için sınıf adı : T

Genel olarak markaların test yönergeleri ve test için gerekli olan iklim sınıflandırmaları farklılık göstermektedir. Ancak yukarıda verilen örneklerden de anlaşılacağı üzere, gazlı içecek üreticilerinin sınır değerleri, nominal uluslar arası standartlara göre daha hassas durumdadır.

## 2.TEST TANIMLAMALARI

Testin gerçekleştirmesi sırasında gazlı içecek üreticisinin talep ettiği test uygulama yönetimi dikkate alınmıştır [1]. Kullanılan malzeme ve ekipmanlara ait bilgiler şunlardır:

### 2.1.Soğutucu Dolap

Testi yapılan örnek çalışma dolabı dikey kullanımlı, önü cam kapılı, içi yatay raflı bir gazlı içecek soğutucusudur. Dolabın ticari sunumuna ilişkin genel özellikler tablo 2.1 de olduğu gibidir.

Tablo 2.1: Dolabın genel özellikleri

Çalışma Sıcaklığı	(°C)	0/+10
Enerji Tüketimi	(kWh/24h)	3,7
Güç	(W)	311
Voltaj / Frekans	(V/Hz)	220-240/50
Yükleme Kapasitesi (0,33 lt teneke kutu)	Adet	399
Termostat	Ayarlanabilir özellikli	
Dış Ölçüler (mm)	Genişlik x Derinlik x Yükseklik	595x600x1850
İ Ölçüler (mm)	Genişlik x Derinlik x Yükseklik	521x465x1571
Brüt Hacim	(Litre)	372
Net Hacim	(Litre)	327
Brüt Ağırlık	(Kg)	86
Net Ağırlık	(Kg)	81
Soğutucu Akışkan	R 134a	

Test edilen dolabın, teknik özellikleri ise tablo 2.2 de olduğu üzeredir.

Tablo 2.2: Dolabın teknik özellikleri

Kompresör kapasitesi	176 kcal/h - 205 W(Ashrae-T)
Kompresör strok hacmi	7,94 cm <sup>3</sup>
Kompresör soğutucusunun COP katsayısı	1,09
Kompresör çalışma şartı	208-220 volt, 50 Hz.
Kompresör tipi	RSIR (Resistance Start Induction Run) Direnç kalkış indüksiyon çalışma ,LBP (Low Back pressure)
Kompresör soğutma	Dahili 540 cm <sup>3</sup> yağ soğutma ve statik soğutma
İlk hareket ekipmanı	Standart role termik üniteli
Termostat	Danfoss 077B0174L muadili
Evaporatör yüzey uygulaması	Roll-Bond 10 bar dayanım, Ø 0,79 mm çap, 1950 mm boru uzunluğu, maksimum debi 600 lt/h
Kondanser tanımı	Ø 4,76 mm. Arka yüzey harici kondanser
Kılcal makaslama borusu	Ø 0,80 mm. iç çap, Ø 1,27 mm. dış çap, 1950 mm uzunluk
Filtreleme	17 gr. 2,2 mm. İç çap, 4,9 mm. Dış çap XH7 form
Soğutucu akışkan	R134a
Soğutucu akışkan miktarı	165 gr.
Duvar yalıtım içeriği	Polüretan C pentane

Testin gerçekleştirilmesi esnasında seçilen test dolabının ekipmanları, teknik donanımları, standart kullanım özelliği olan donatılar ile elde edilmiştir. Bu nedenle yarı mamul, yedek parça niteliğinde olan ve dolabın çalışması için gerekli olan ekipmanlarda ilgili üreticilerin katalog tavsiyeleri dikkate alınmıştır. Örneğin kompresör grubunda role-termik ünitesi için, kompresör üreticisinin sağladığı ve önerdiği ekipman tercih edilmiştir.

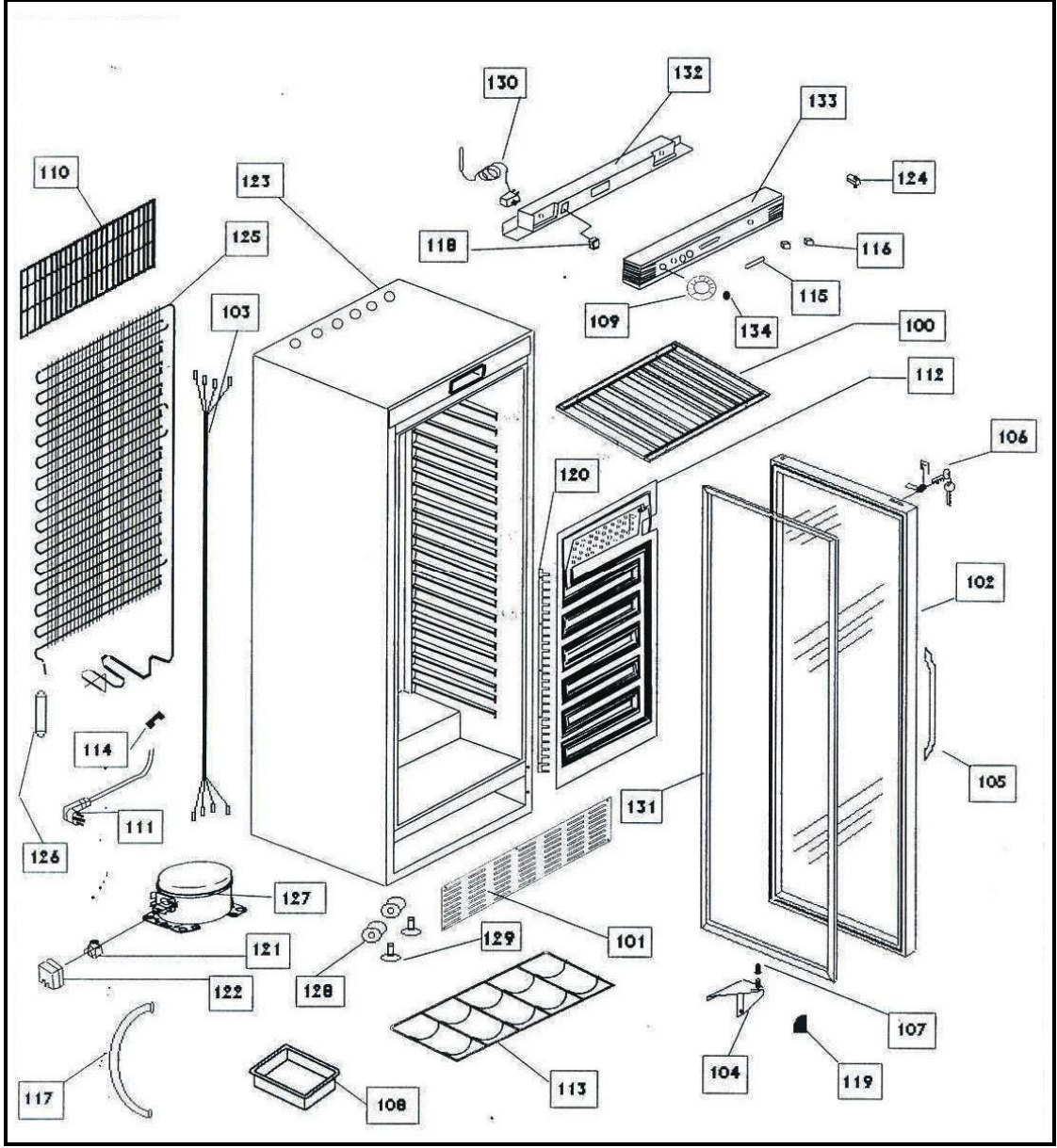
Test edilen dolabın görünüşüne ait genel bilgi şekil 2.1 de görüldüğü üzeredir.



Şekil 2.1: Teste maruz bırakılan dolaba ilişkin genel görünüş [12].

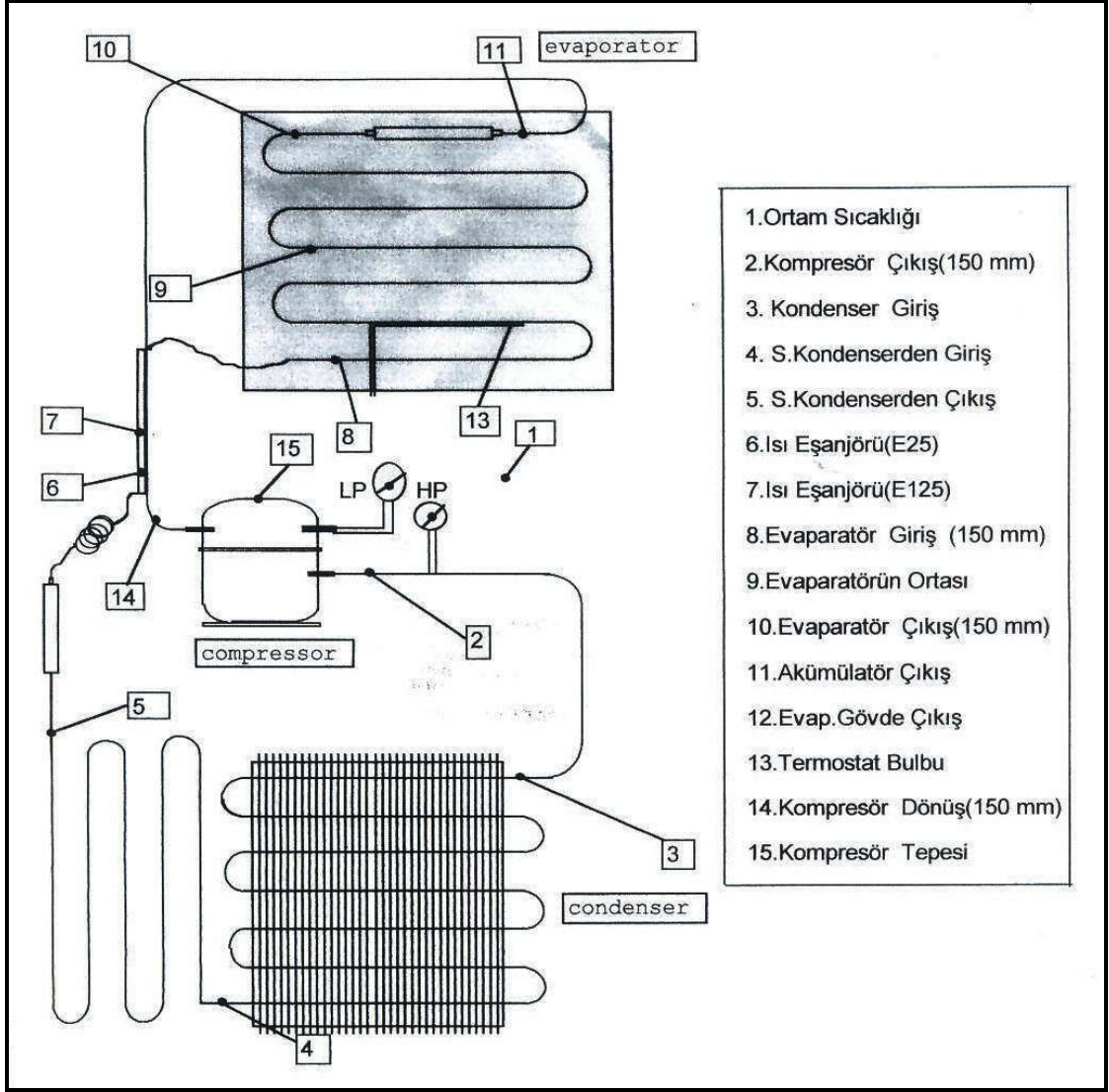
Teste alınan soğutucu dolapta amaç mümkün olduğunca yükleme yapabilmek, mümkün olan en fazla sayıda metal kutulu içeceği yerleştirebilmek gereklidir. Her ne kadar dolabın dış ve iç ölçüleri hacimsel olarak bilgi verse de, gazlı içecek üreticileri, metal kutulu içeceklerden kaç adet yükleme yapılabileceği ile ilgilendirler. Ancak bu yüklemenin kullanım ergonomisini olumsuz yönde etkilemesi istenmez. Teste alınan dolabın patlatılmış perspektif görüntü krokisi ise şekil 2.2 de olduğu gibidir.





Şekil 2.2: Test edilen soğutucu dolabın patlatılmış genel görüntüsü [13].

Testi yapılan soğutucunun soğutma sisteminde, kompresör, kondanser, evaporatör, ısı değiştirgeci, sıvı ayırıştırıcısı gibi R134a gazlı soğutma çevrimi ekipmanları bulunmaktadır. Bu ekipmanlar üzerinden gerektiğinde ölçüm alınacak noktalar ve çevrime ait diyagram şekil 2.3 de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.3: Soğutma çevrimi ve gerektiğinde test sırasında ölçüm alınması gereken noktalar [13].

## 2.2. Dolap İçi Numune Test Ürünleri

Orjinal ambalajında çok uluslu bir şirketin metal kutulu kolalı içecekleri testte numune içecek olarak kullanılmıştır.

330 ml. lik metal kutulu içeceklerin, tamamında aynı marka ve aynı içerikli modeli kullanılmıştır.

Test edilen dolabın içinde kullanılan numune metal kutulu içeceklere ilişkin genel görünüş şekil 2.4 de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.4: Test dolabında kullanılan standart 330 ml. gazlı içecek numunesi örneği.

### **2.3.Test Odası**

Testi gerçekleştirmek için ortam sıcaklığının ve neminin sabitlenerek kontrol altında tutulabildiği bir test ortamı gerekmektedir.

İtalya’ da Angelotti Industrie S.P.A tarafından ISO 9001 kalite sistem sertifikalı ve CE belgeli olarak, UC20 (+10/+50) tip adı ve 8085 seri numarası ile üretilmiş test odasında, test gerçekleştirilmiştir. Test odası %1 hassasiyetle oda içi ortam sıcaklığını ve nemini sabitleyebilmektedir. Isıtma, soğutma ve nemlendirme fonksiyonlarını tek bir noktadan kontrol ile ortam şartlarını sabitleyebilmekte veya istenilen değerlerde değişiklik oluşturabilmektedir. Ana hatları ile bir chiller soğutucu grup vasıtasıyla, evaporatör ve kondansör yüzeylerinde ısı değiştirgeçeri yardımıyla sıcak ve soğuk akışkan elde etmektedir. PLC kontrolü yardımıyla sıcak ve soğuk akışkanı oda içerisine göndererek, oda içinde sabit sıcaklığı yakalamaktadır. Nemlendirme ünitesi ile birlikte kombine çalışarak oda içindeki nem miktarı ayarlanabilmektedir.

Test odasının dışında bulunan, dijital panel üzerinden test odasının çalışma şartları ayarlanıp, set edildikten itibaren, sistem devreye girmekte ve test odasının iç mekanı istenilen şartlara hızla ulaştırılmaya çalışılmaktadır.

Test odası içinde bulunan ayrı bir panel üzerinde 200 adet termoelement bulunmaktadır. Teste alınan dolabın ölçüm yapılması gereken noktalarına termoelementler yüzeysel sıkı temas sağlanarak sabitlenirler.

Dolabın içine ve/veya dışına yerleştirilen bu termoelementler vasıtasıyla eş zamanlı %1 hata oranlı sıcaklık ölçümü yapma imkanı vardır.

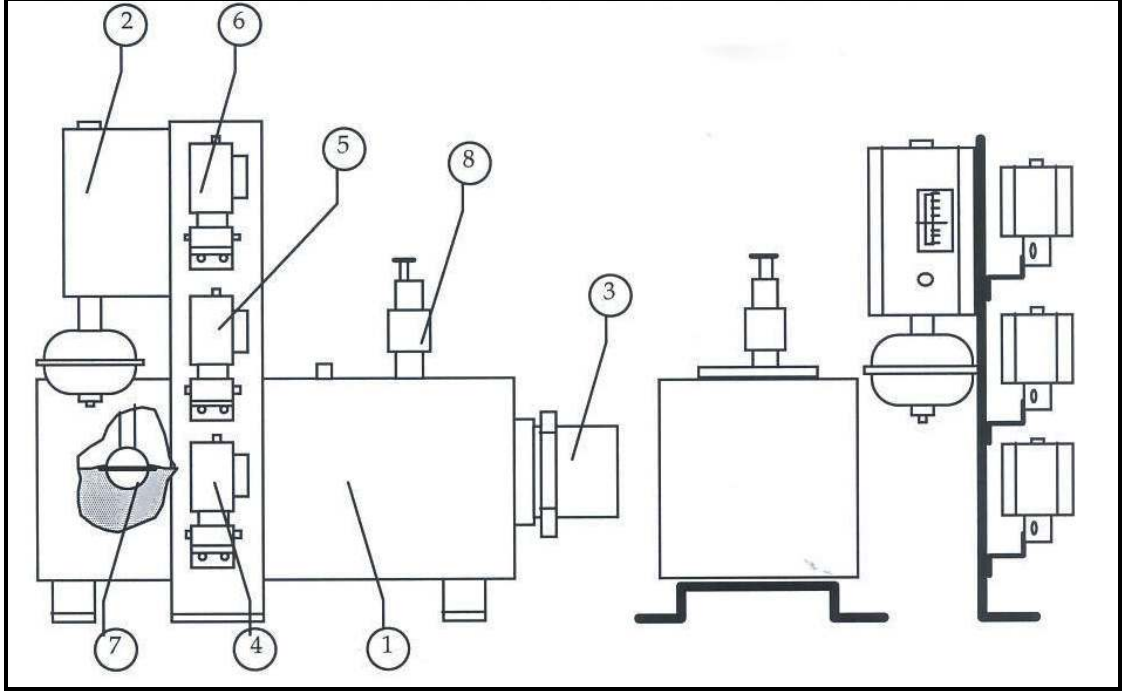
Dolabın kompresörünün basma ve emme hatlarında basınç ölçümleri ise, istendiğinde ayrıca basınç sensörleri bağlanarak ölçülebilir.

Dolabın enerji tüketimi, anlık ve toplam olarak izlenebilir. Dolabın çalışması için gerekli enerji hattı, test odası içinde mevcuttur. Tüm ölçümler Siemens teknolojisi ile test odası dışında bulunan bilgisayara aktarılabilir ve bilgisayarda yüklü olan bir ara yüz vasıtası ile anlık değişim kontrolleri yapılabilir. Test odasına ait genel özellikler tablo 2.3 de olduğu gibidir.

Test odasındaki ortam nemini sabitleyebilmek için, test odası ile birlikte senkronize çalışan, bağımsız bir nemlendirme ünitesi mevcuttur. Nemlendiricinin genel görünüşü şekil 2.5 de olduğu gibidir.

Tablo 2.3: Test odasının genel özellikleri. [14]

Marka	Angelantoni
Model	UC20 (+10/+50)
Kullanılabilir iç kapasite	24 m <sup>3</sup>
Sıcaklık aralığı	+10 / +50 °C
Sıcaklık hassasiyeti	± 1°C
Bağıl nem aralığı	40 / 98 %
Bağıl nem hassasiyeti	± 3%...± 5%
Enerji girişi	400 volt (+6/-10 %) / 50 Hz / 3+N+G
Uzaktan kontrol voltajı	24 volt
Maksimum çalışma akımı	70 amper
Ortalama güç	18 kW
Maksimum güç	29 kW
Soğutucu akışkan	R134a
Kondanser ünitesi	Su kuleli
Kompresör gücü	5 Hp – 3,73 kW
Dış ölçüler	6670 x (3040+2500) x 4450 mm.
Kullanılabilir iç ölçüler	2800 x 3040 x 2800 mm.
Ağırlık	2600 kg.
1 m. Yakınlıkta maksimum ses seviyesi	72 db
Sıcaklık aralığında ilerleme performansı	0,2 °C/dakika



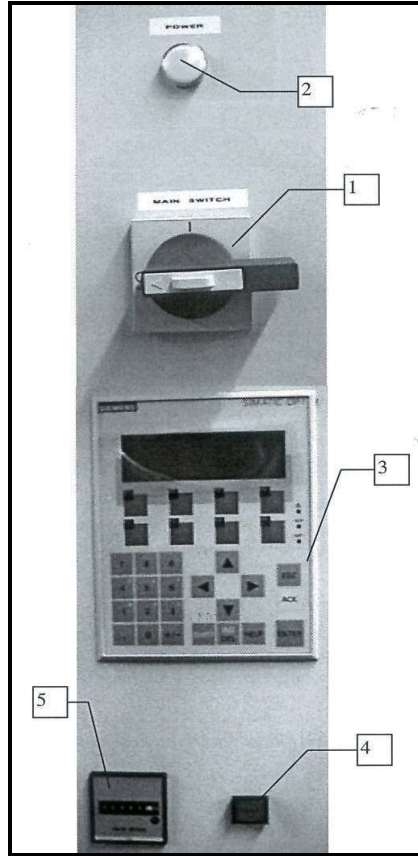
Şekil 2.5: Test odasının nemlendirme ünitesinin elemanları [14].

Nemlendirme ünitesi ana hatları ile buhar jeneratörü, ısıtıcı, nemlendirme tankı gibi bölümlerden oluşur. Şekil 2.5 de görülen elemanların isimleri tablo 2.4 de açıklanmaktadır.

Tablo 2.4 : Nemlendirme ünitesinin ana elemanları.

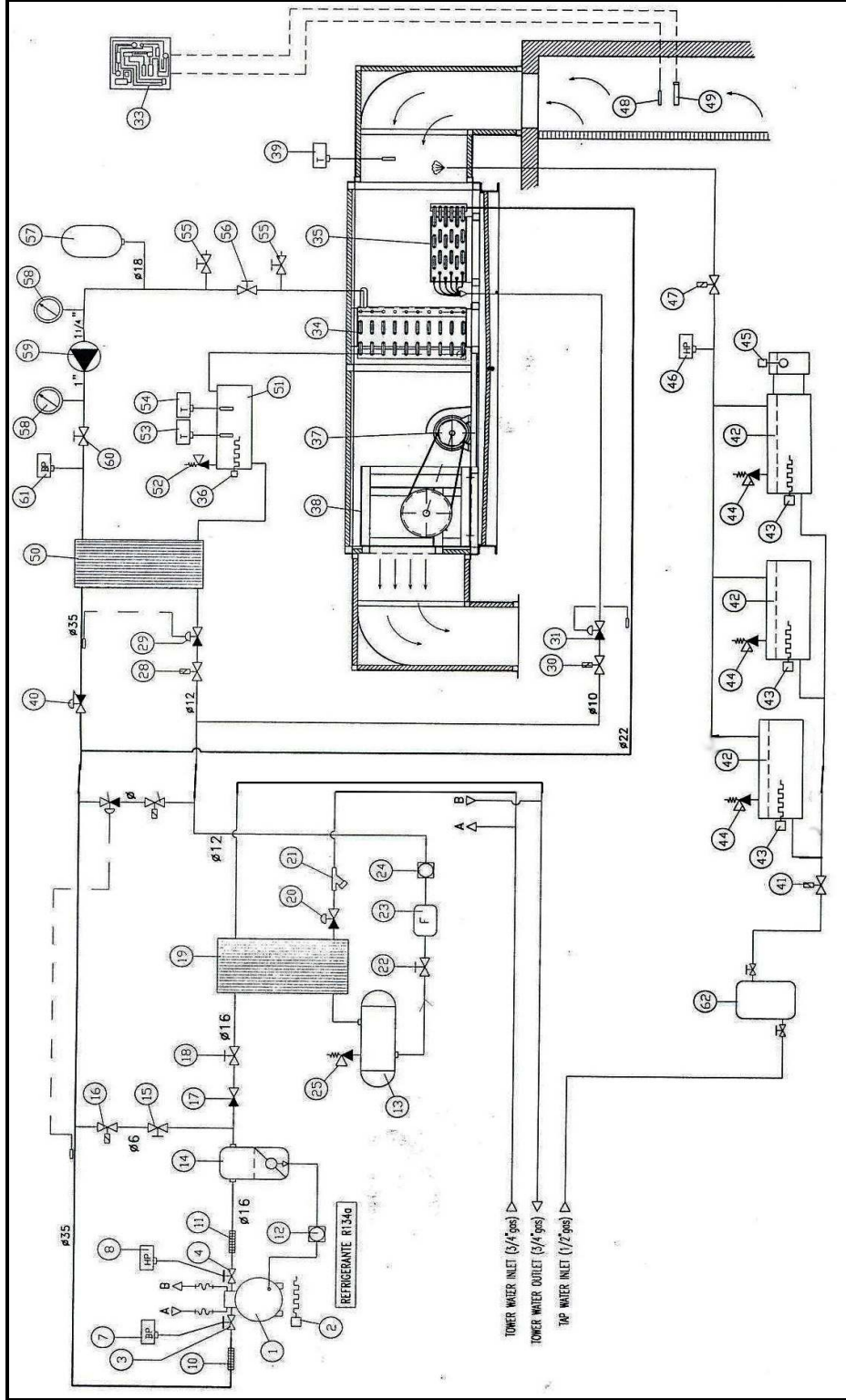
1	Buhar jeneratörü
2	Basınçlı buhar anahtarı
3	Buhar jeneratörü brülörü
4	Buhar jeneratörü su giriş selenoid valfi
5	Su tankı giriş selenoid valfi
6	Buhar selenoid valfi
7	Buhar jeneratörü elektronik ayar ünitesi
8	Güvenlik, emniyet valfi

Tüm test odasını, yani test odasının ortam sıcaklığı ve nem miktarı tek bir panel üzerinden kontrol edilebilir. Bu panel üzerinden şekil 2.2 de görüldüğü üzere, 1 numaralı ekipman ile sistem çalıştırılır veya durdurulur. 2 numaralı ekipman ise test odasının çalışıp çalışmadığını gösteren bir lambadır, 3 numaralı ekipman test odasını zamana bağlı farklı çalışma rejimleri ile programlamamızı, sıcaklık ve nem değerlerini set etmemizi sağlar, 4 numaralı lamba sistemde arıza durumundaki ikaz lambasıdır ve son olarak 5 numaralı mekanik sayaç, test odasının toplam çalışma zamanını göstererek, bakım zamanlarının tespitinde kolaylık sağlar.



Şekil 2.6: Test odası kontrol paneli [14].

Test odasına ait genel çalışma prensibine ilişkin diyagram şekil 2.7 de görülmektedir. Bu diyagrama ait mevcut ekipmanların numaralandırma sırasına göre tanımlamaları ise tablo 2.5 de olduğu gibidir.



Şekil 2.7: Test odasının genel çalışma prensibine ilişkin şematik gösterim[14].



Tablo 2.5: Test odasının genel çalışma prensibini gösteren şemanın elemanları.

1	Kompresör	34	Su-Glikol ısı değiştirgeci
2	Kompresör yağ ısıtıcısı	35	Nemlendirme
3	Emme valfi	36	Isıtıcı
4	Boşaltma valfi	37	Fan motoru
7	Düşük basınç ayarlayıcı anahtarı	38	Havalandırma fanı
8	Yüksek basınç ayarlayıcı anahtarı	39	Maksimum sıcaklık termostatu
10	Titreşim önleyici	40	Evaporatör basınç sabitleme valfi
11	Titreşim önleyici	41	Buhar üreticisi su giriş selenoid valfi
12	Sıvı akış göstergesi	42	Buhar üreticisi
13	Sıvı geri dönüş tankı	43	Buhar üreticisi ısıtıcısı
14	Yağ ayırıştırıcısı	44	Emniyet valfi
15	Ara kesici vana	45	Kademe ayarlayıcısı
16	Sıcak gaz selenoid valfi	46	Buhar basınç ayarlayıcı anahtarı
17	Tek yönlü geçiş valfi	47	Buhar selenoid valfi
18	Ara kesici vana	48	Hava sıcaklığı kontrol probu
19	Kondanser	49	Bağıl nem kapasite sensörü
20	Akış kontrol valfi	50	Su - glikol soğutucusu
21	Su filitresi	51	Su - glikol ısıtma tankı
22	Ara kesici vana	52	Güvenlik valfi
23	Nem alıcı filitre	53	Maksimum sıcaklık kontrol termostatu
24	Sıvı akış göstergesi	54	Emniyet termostatu
25	Güvenlik valfi	55	Su – glikol çevrim şarj vanası
26	Kısma selenoid valfi	56	Pompa emiş vanası
27	Termostatik kısma valfi	57	Genleşme tankı
28	Soğutma selenoid valfi	58	Su- glikol göstergesi
29	Soğutma termostatik kısma valfi	59	Su - glikol pompası
30	Nemlendirme selenoid valfi	60	Pompa deşarj valfi
31	Nemlendirme termostatik kısma valfi	61	Pompa düşük basınç ayarlayıcı anahtar
33	PLC kontrolör	62	Su yumuşatma ünitesi

Test odasının fotoğrafları Şekil 2.3.4 da görüldüğü gibidir.

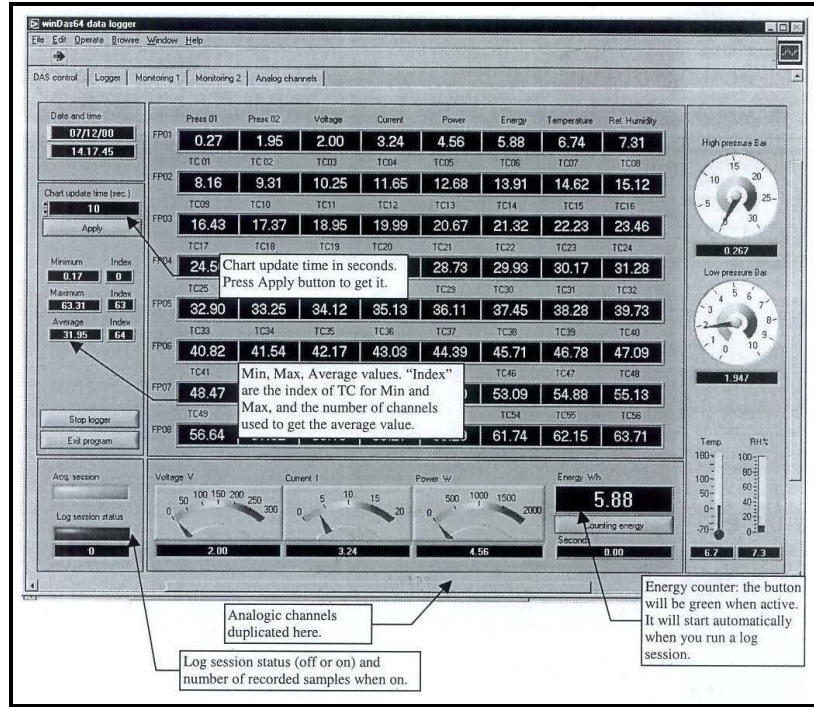


Şekil 2.8 Test odasına ilişkin örnek bir fotoğraf [14].

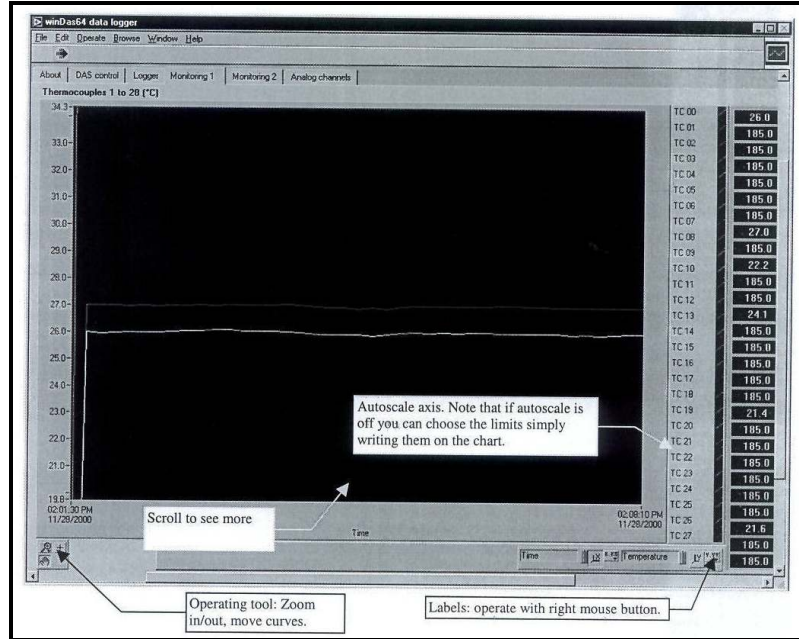
Test odası çalışması esnasında PLC kontrol ve ölçüm üniteleri vasıtasıyla, elde edilen ölçümler ve test odasına ilişkin veriler bir bilgisayar yardımı ile rahatlıkla izlenebilmektedir. Bilgisayarda bulunan kullanıcı dostu bir ara yüz yardımıyla, anlık değişimler izlenebildiği gibi, test sırasındaki tüm ölçüm noktalarında yaŐanan deđiŐiklikler zamana bağlı olarak kayıt altına alınabilmektedir. Yine aynı ara yüz ile elde edilen verilerin grafikleri incelenebilmektedir.

Test odasına bağlı ölçüm noktalarında, kalibrasyon gereği duyulduğunda, kalibrasyon değerleri bilgisayardaki mevcut program vasıtasıyla iŐlenerek, kalibrasyon doğrultmanları oluŐturulabilmektedir. Böylelikle periyodik kalibrasyon çalışmaları ve ara kalibrasyon çalışmaları ile, sağlıklı ölçümler yapma imkanı olmaktadır.

Elde edilen ölçümler istenilen formatlarda kayıt edilebilmektedir Arayüz görüntü örnekleri şekil 2.9 ve şekil 2.10 de verilmiştir.



Şekil 2.9 Test odasının ölçümlerine ilişkin bilgisayardaki ara yüz görüntüsüne örnek [15].



Şekil 2.10 Test odasının ölçümlerine ilişkin bilgisayardaki ara yüz görüntüsüne örnek [15].

### **3.TEST İŞLEMİ**

Test için aşağıda belirtilen aşamalar sırası ile gerçekleştirilmiştir.

#### **3.1.Test Dolabının Hazırlanması**

Teste tabi tutulacak soğutucu dolap, test odasının içine yerleştirildi. Test esnasında gerektiğinde müdahale yapabilmek için, soğutucu dolap, test odasının yatay düzleminde orta alana yerleştirildi. Teste tabi tutulan dolabın termostat ayarı düğmesinde, orta ayara getirildi. Dolabın enerji hattı takılmadı. Soğutucu dolabın kapısı açık ve içeride yerleştirme rafları sıralı şekilde yerleştirildi.

#### **3.2.Dolap İçi Numune Test Ürünleri**

378 adet metal kutulu gazlı içecek test odası içerisine alındı. Numune test ürünleri birbirinden bağımsız, birbirlerine değmeyecek ve etraflarında hava akışı gerçekleşecek şekilde oda içerisinde serbest olarak bırakıldı. Test sırasında ölçüm alınacak olan numuneler üst kısımlarından 5 mm. çapında delinerek, içlerine geometrik olarak orta kısma gelecek şekilde termoelementlerin uçları içi gazlı içecek dolu, metal kutulara yerleştirildi.

#### **3.3.Test Odasının Devreye Alınması**

Test odasının kapısı kapatılarak emniyet kolu kilitlendi. Test odasının dışında bulunan kontrol panelinden bağıl nem %65'e, sıcaklık ise 32 °C' ye set edildi. Test odası kontrol paneli üzerinden devreye alındı.

### **3.4.Bilgisayar ile Verilerin Kontrolü**

Test odasının devreye alınması ile birlikte, test odasındaki ölçüm sonuçlarının görüntülediği ve kayıt edildiği bilgisayarda mevcut olan ara yüz program ile, veri akışı kontrol edildi. Özellikle ölçüm gerçekleştirmeyen herhangi bir termoelement olup olmadığı kontrol edildi.

### **3.5.Test Odasının Rejime Girmesi**

Test odasının 32 °C sıcaklık ve %65 bağıl nem oranına ulaşması beklenildi. Sistemin tamamına ait tüm termoelementler ile test odasına ait panel üzerindeki değerler, set edilen değerlere ulaştıktan sonra, test odası rejime ulaşmış kabul edildi ve 240 dakika sistemin mevcut rejimi koruyup korumadığı takip edildi.

### **3.6.Yükleme İşlemi**

Test rejimine tamamıyla ulaşan test ortamı, yükleme için hazır hale geldikten sonra, ölçüm devam derken ve test odası çalışır haldeyken, test odasına girildi.

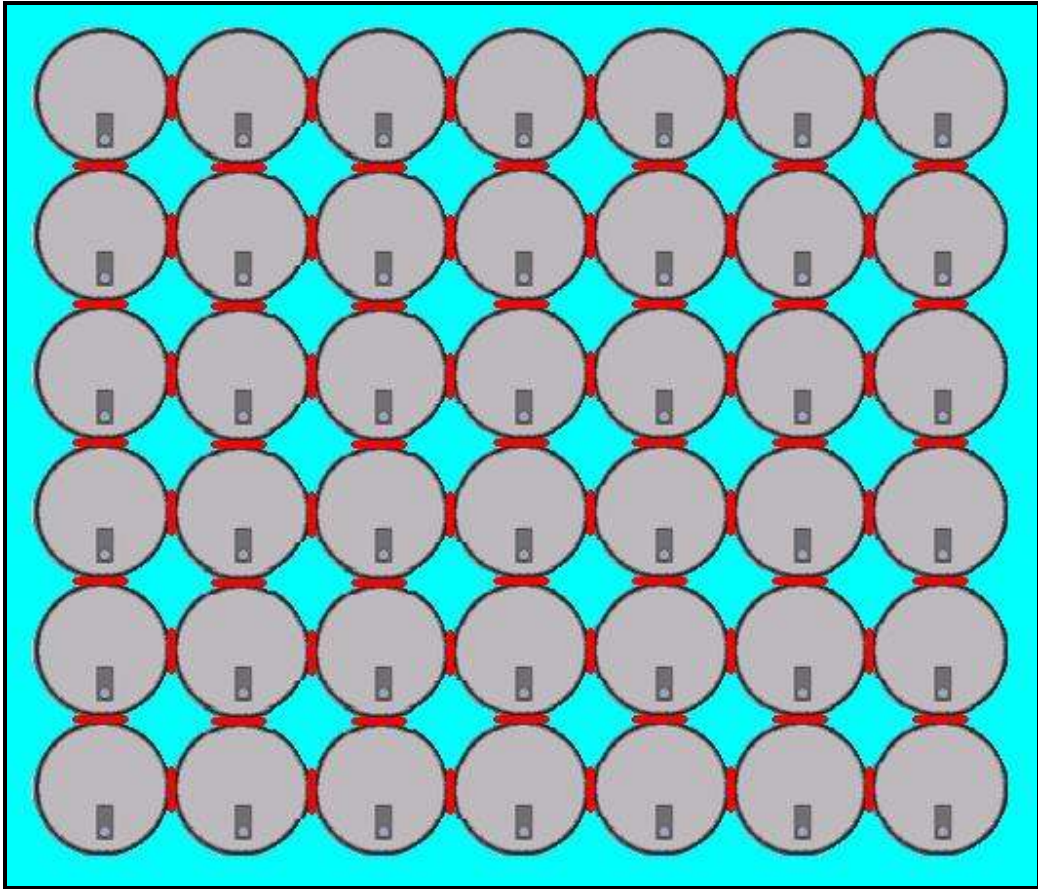
Kapı kapalı iken, metal kutulu gazlı içecekler, yerleşim planına göre dolaba yerleştirildi. Test edilen dolap içine toplam 378 adet metal kutulu gazlı içecek yerleştirildi. Dolabın toplam 5 adet yerleştirme rafı vardır. En üst raf hariç diğer her rafa 84 adet numune içecek yerleştirildi. Sadece en üst rafa dolabın fiziksel ölçülerinden dolayı 42 adet içecek yerleştirildi. En üst sıra hariç, tüm raflarda ikişer kat içecek yükleme yapıldı. İçecek numuneleri dikey olarak ve açma-içme ağızları yukarı gelecek şekilde yerleştirildi.

Yükleme sırasında raflardaki tüm içecekler birbirine temas edilecek şekilde yerleştirilerek, numune içecekler arasında iletimle ısı geçişi oluşabilmesi sağlandı.

Numune içeceklerin dairesel metal kutulu olması nedeniyle, kutu içeceklerin birbirlerine teması her ne kadar tam olsa dahi düşey olarak aralarında kalan boşluklar, soğutucunun

ön, arka ve yan cephelerinde oluşan boşluklar nedeniyle, soğutucu içinde taşınım yoluyla ısı geçişi sağlanmaktadır.

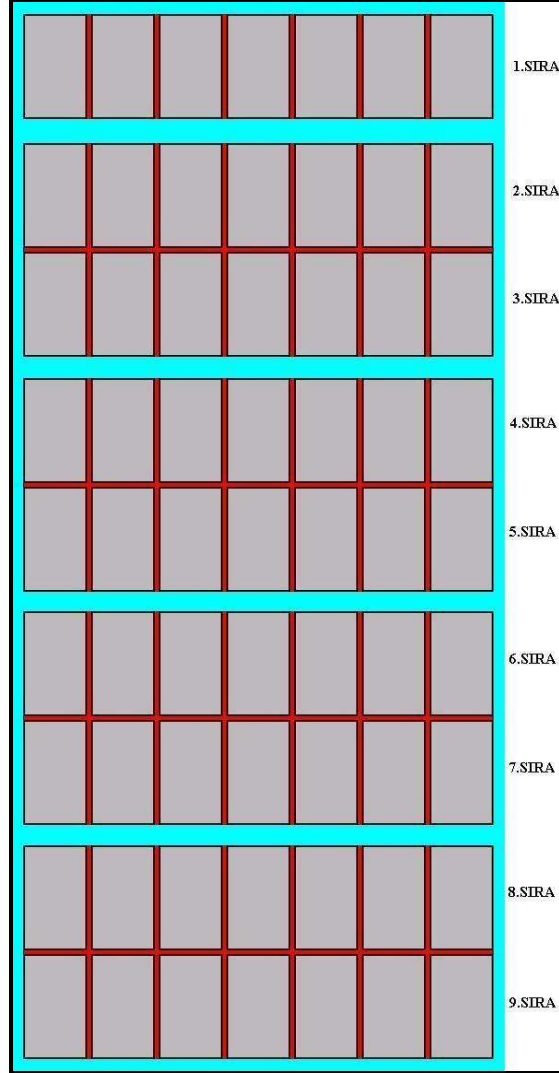
Soğutucu içinde metal kutu içeceklerin her raf grubundaki yatay yerleşim planı şekil 3.1 de görüldüğü gibidir. Yatay yerleşim planında görüldüğü üzere, soğutucunun ön yüzünden bakıldığında 7 adet ve arka duvarına doğru 6 sıra, toplam 42 adet metal kutu içecek yerleştirildi görülür.



Şekil 3.1: Raf yerleşim planı üstten görünüş.

Şekil 3.1 de metal kutuların birbiri ile temas ettiği noktalar kırmızı renkle, havanın serbest dolaşıma sahip olduğu alanlar ise mavi renkle gösterilmiştir. Kırmızı renkli bölgelerde iletimle, mavi renkli bölgelerde ise taşınım yoluyla ısı transferi sağlanmaktadır.

Soğutucu dolap içine en üst raf hariç, tüm raflar çift sıra halinde metal kutular yüklenmiştir. Toplam 378 adet metal kutunun yükleme sonrası, soğutucunun ön yüzünden (kapısı tarafından) olan genel görünüş şekil 3.2 de olduğu üzeredir.



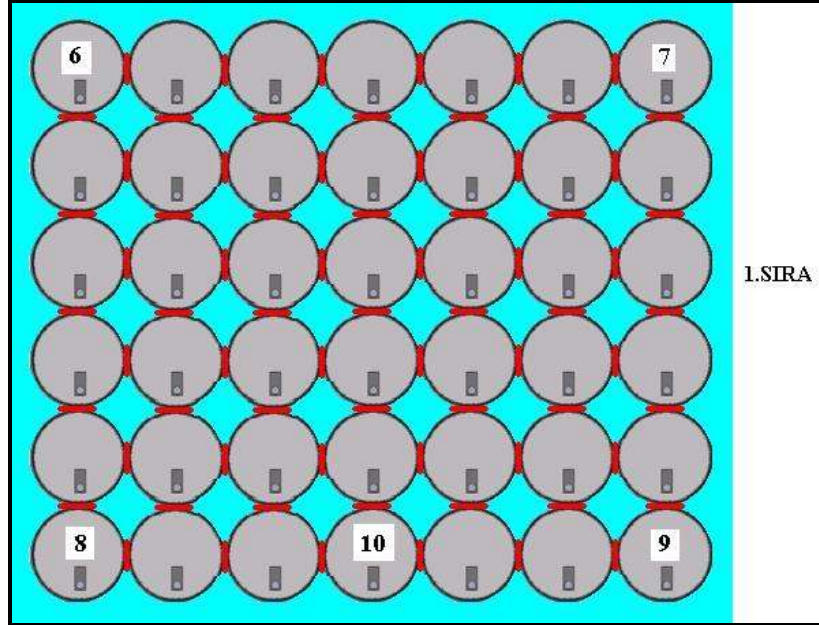
Şekil 3.2: Yükleme planının önden görünüşü.

Şekil 3.2 de de kırmızı renkli alanlarda iletim, mavi renkli alanlarda ise havanın serbest dolaşımından oluşan taşınım ile ısı geçişi gerçekleşmektedir.

### 3.7. Termoelement Yerleşim Planı

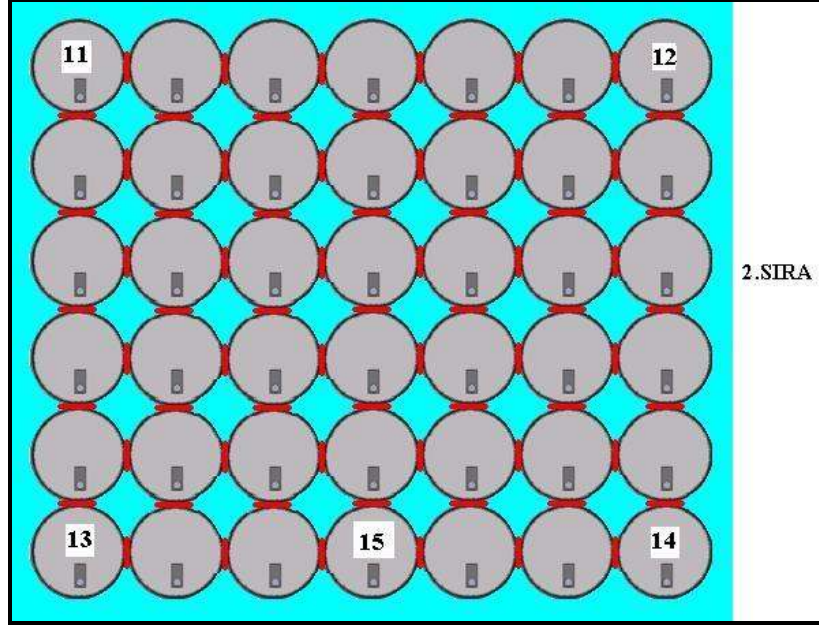
Test sırasında soğutucu dolap içinde toplam 25 adet metal kutulu içecekten ölçüm alınmıştır. Hangi metal kutuların seçileceği noktasında, çok uluslu gazlı içecek üreticilerinin, teste tabi tutulan normlara sahip soğutucular için ön gördüğü tercihler dikkate alınmıştır [1].

Test sırasında kullanılan termoelement numaraları ile yerleşim planları üstten görünüş olarak şekil 3.3, şekil 3.4, şekil 3.5, şekil 3.6, şekil 3.7 de görüldüğü gibidir.

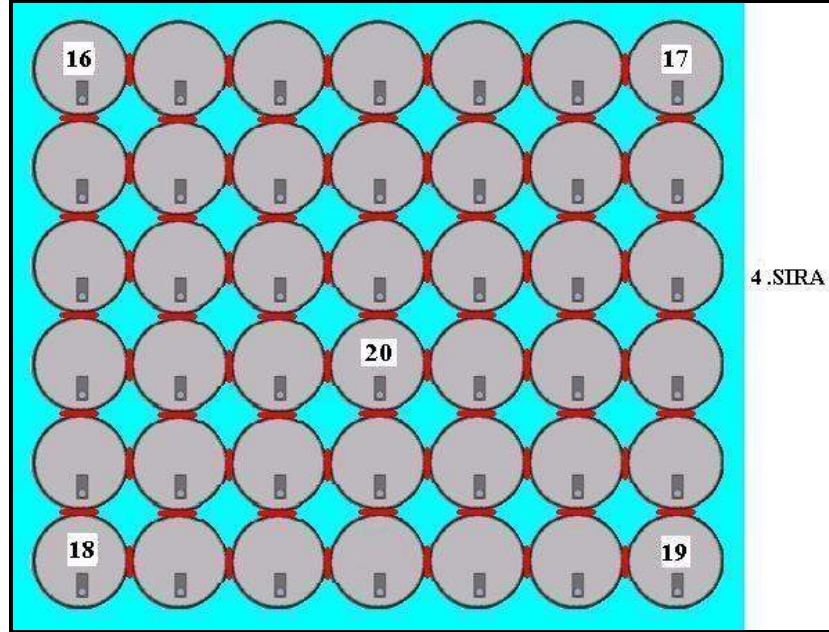


Şekil 3.3: Termoelement numarası ile 1. sıra yerleşim planı.

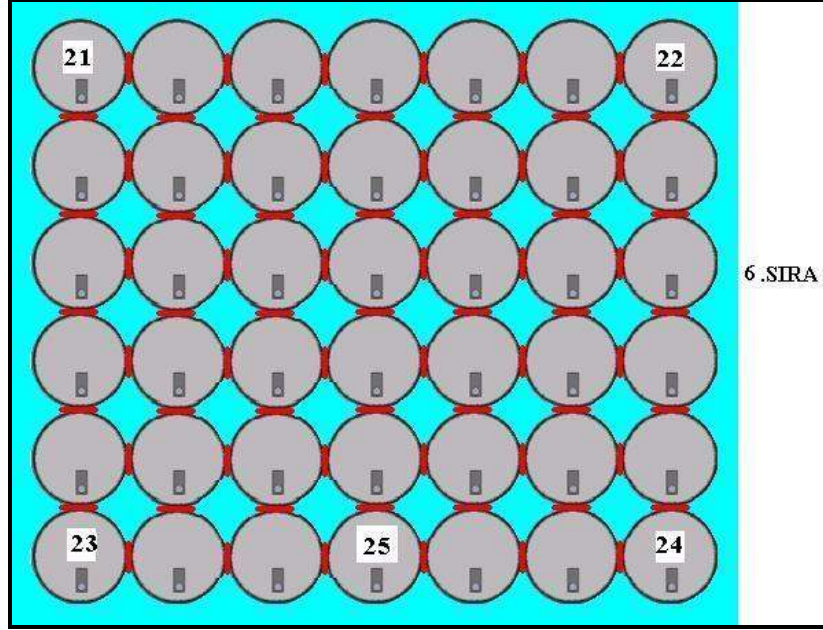




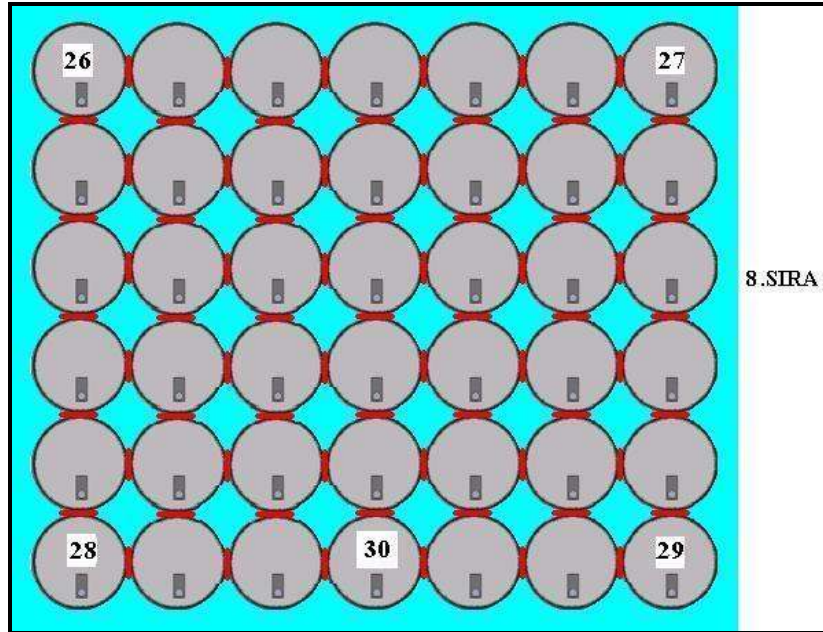
Şekil 3.4: Termoelement numarası ile 2. sıra yerleşim planı.



Şekil 3.5: Termoelement numarası ile 4. sıra yerleşim planı.



Şekil 3.6: Termoelement numarası ile 6. sıra yerleşim planı.



Şekil 3.7: Termoelement numarası ile 8. sıra yerleşim planı.

### **3.8.Verilerin Kayıt Edilmeye Başlanması**

Tüm ön hazırlıkların tamamlanması ve test odasının istenilen 32 °C sıcaklık ve %65 bağıl neme ulaşmasının ardından teste başlandı. Testin başlaması ile birlikte bilgisayar vasıtası ile anlık ölçüm değişimleri takip edildi.

Tüm veriler 60 saniye aralıklar ile kayıt altına alındı.

### **3.9.Testin Sonlandırılması**

Dolap içinde termostat kontrolünün devreye girmesini ve termostat sürecin 3 kez tekrar etmesini müteakip test sonlandırıldı. Toplam test süresi 19 saat 45 dakika olarak belirlendi.

Ölçüm kayıtlar alma işlemi durduruldu.

Test odası kontrol paneli üzerinden durduruldu.

Test odası içindeki dolap ve içindeki numune metal kutulu gazlı içecekler tahliye edildi.

### **3.10.Testin Doğrulanması ve Genel İnceleme**

Test sonuçlarının analizinin yapılmadan önce, testin sağlıklı olarak gerçekleşip gerçekleşmediğinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu kontrolde özellikle ortam sıcaklığına ve nemine ilişkin genel sapmaların değerlendirilmesi, ölçüm noktalarında herhangi bir kesintinin yaşanıp yaşanmadığının izlenmesi zorunludur. Aksi takdirde, sağlıklı gerçekleşmemiş bir test üzerinden yapılacak analizler hatalı sonuçlar elde edilmesine neden olur.

### 3.10.1. Test süresince test odasının sıcaklık kontrolü

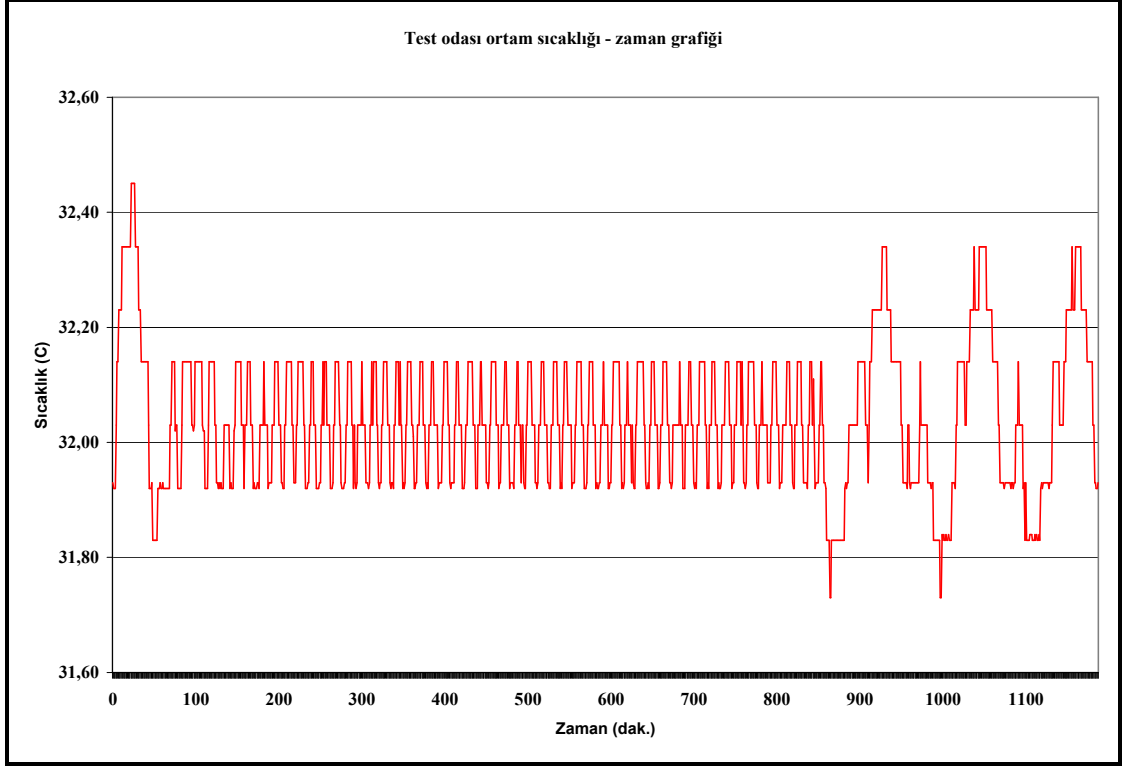
Test odasının sıcaklık değeri 32 °C olarak set edilmiştir. Test odasının, test süresince, set edilen bu değerden sapma gösterip göstermediği, varsa sapmanın ne kadar olduğunun bilinmesi gerekmektedir.

Tablo 3.1 de test odasının sıcaklık değişiminin zamana bağlı değerleri 30 dakika aralıklar ile mevcuttur.

Tablo 3.1: Test odasının zamana bağlı ortam sıcaklık değişim değerleri.

Zaman (dak)	Tort (°C)	Zaman (dak)	Tort (°C)
0	31,93	600	31,93
30	32,34	630	32,03
60	31,93	660	32,03
90	32,14	690	32,03
120	32,14	720	32,03
150	32,14	750	32,03
180	32,03	780	32,03
210	32,14	810	32,03
240	32,14	840	32,14
270	32,14	870	31,83
300	32,14	900	32,14
330	32,14	930	32,34
360	32,03	960	31,93
390	32,03	990	31,83
420	32,03	1020	32,14
450	31,93	1050	32,34
480	31,93	1080	31,93
510	31,93	1110	31,83
540	31,93	1140	32,14
570	31,92	1170	32,23
600	31,93	1187	31,93

Tüm veriler dikkate alındığında test odasının ortalama sıcaklığı 32,04 °C olduğu hesaplanmıştır. Hedeften sapma miktar olarak 0,04 °C, oran olarak binde 1,25 seviyesindedir ve kabul edilir sınırlar içindedir. Test odasının zaman bağlı sıcaklık değişimine ilişkin grafik şekil 3.8 de olduğu gibidir.



Şekil 3.8: Test odası ortam sıcaklığının zamana bağlı değişim grafiği.

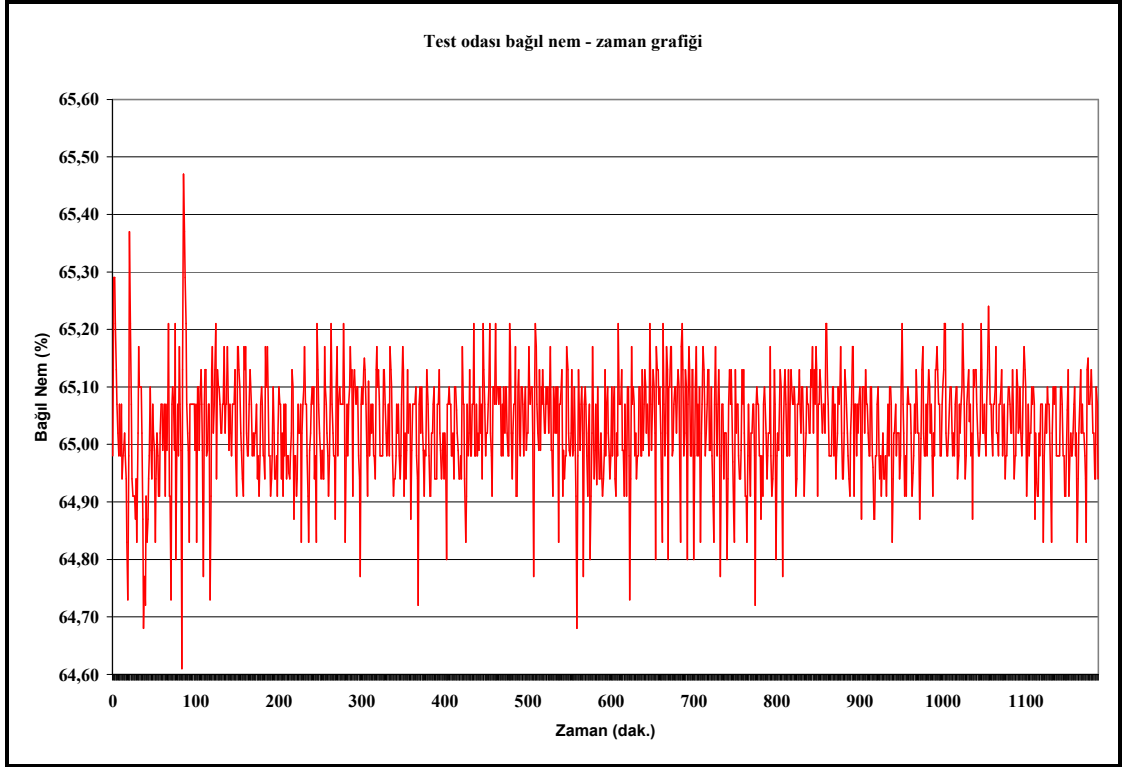
### 3.10.2. Test süresince test odasının nem kontrolü

Test süresince test odasının bağıl nem değeri %65 olarak set edilmiştir. Test odasının, test süresince, elde edilen değerleri 30 dakika ara ile tablo 3.2 de mevcuttur.

Tablo 3.2: Test odasının zamana bağlı bağıl nem değişim miktarları.

Zaman (dak)	% RH	Zaman (dak)	% RH	Zaman (dak)	% RH	Zaman (dak)	% RH
0	64,98	300	65,1	600	64,98	900	65,1
30	65,02	330	64,98	630	65,02	930	64,94
60	64,99	360	64,99	660	65,02	960	65,07
90	65,02	390	64,94	690	65,13	990	64,98
120	65,17	420	64,94	720	64,99	1020	65,07
150	65,17	450	65,02	750	65,13	1050	65,07
180	65,07	480	65,02	780	64,98	1080	65,1
210	64,98	510	65,17	810	65,13	1110	65,07
240	65,1	540	65,1	840	65,02	1140	64,98
270	65,17	570	65,07	870	65,07	1170	65,02

Tüm veriler dikkate alındığında test odasının ortalama bağıl neminin % 65,03 olduğu hesaplanmıştır. Hedeften sapma miktarı olarak 0,04, oran olarak on binde 7 seviyesindedir ve kabul edilir sınırlar içindedir. Test odasının zaman bağılı nem değişimine ilişkin grafik şekil 3.9 de olduğu gibidir.



Şekil 3.9: Test odası ortam bağıl neminin zamana bağılı değişim grafiği.

Test odasının ortam kontrolü gerek sıcaklık gerekse nem açısından, istenilen şartlarda olduğunu ve sapma miktarlarının, test sonuçlarını önemli derecede etkilemeyeceği için dikkate alınmayacak kadar küçük oldukları tespit edilmiştir.

### 3.10.3. Soğutucu dolap içindeki ölçüm noktalarını genel inceleme

Soğutucu dolap içinde 25 ayrı noktadan alınan sıcaklık ölçümlerinin değişen zaman aralıklarındaki değerler, zaman aralığı açısından sadeleştirilerek tablo haline getirilmiştir. İlk 12 ölçüm noktasına ilişkin değerler tablo 3.3 de, sonraki 13 ölçüm noktasına ilişkin değerler ise tablo 3.4 de verilmiştir.

Tablo 3.3: M6-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M13-M14-M15-M16-M17 noktalarının ölçüm değerleri.

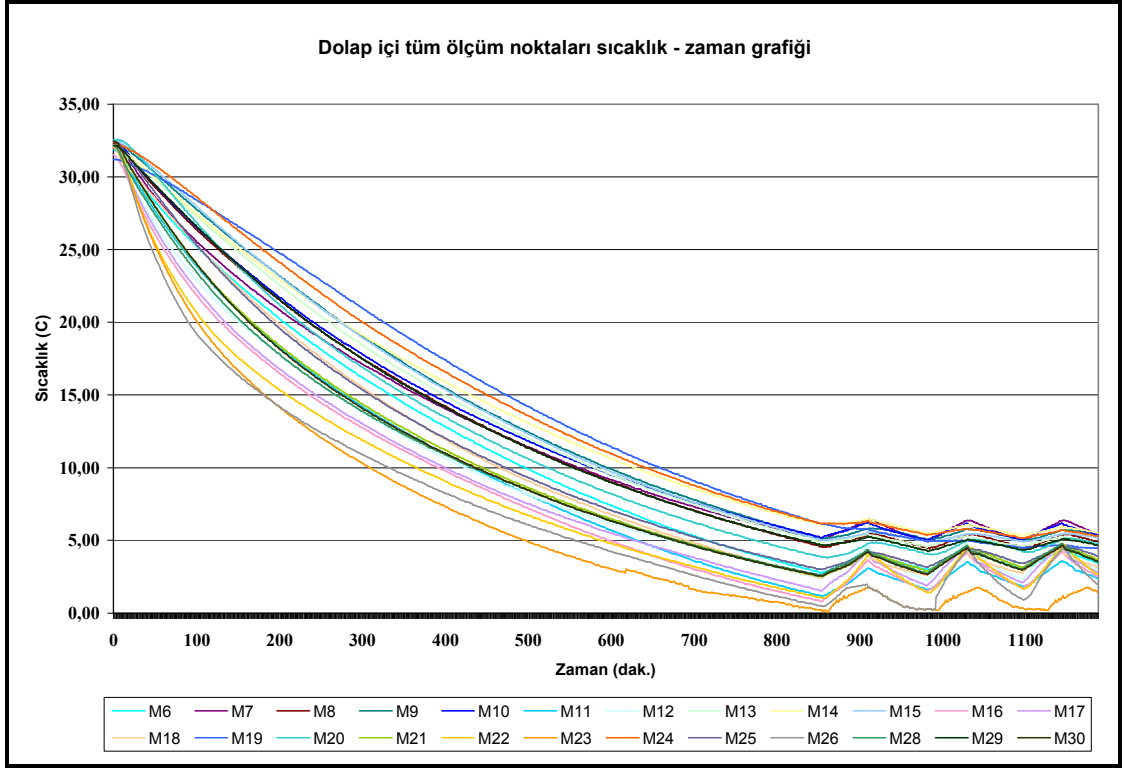
t(dak)	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17
0	32,3	32,2	32,3	32,5	32,6	31,9	32,2	32,2	32,2	32,6	31,5	32
30	29,7	30,2	30,6	31,2	30,7	29,4	28,7	30,7	30,9	31,4	28,3	28,5
60	27,7	28	28,7	29,8	28,8	26,9	25,9	29,3	29,5	30	25,1	25,5
90	25,8	26,1	26,9	28,3	27,1	24,6	23,6	27,8	28	28,5	22,6	23
120	24,2	24,5	25,3	26,9	25,5	22,6	21,7	26,3	26,5	27	20,5	20,9
150	22,6	23,1	23,8	25,4	24	20,8	20,1	24,8	25,1	25,5	18,9	19,1
180	21,2	21,7	22,4	24,1	22,6	19,2	18,6	23,5	23,8	24,1	17,4	17,7
210	19,8	20,4	21,1	22,8	21,3	17,8	17,3	22,1	22,5	22,7	16,1	16,3
240	18,5	19,2	19,8	21,5	20	16,5	16,1	20,9	21,3	21,4	14,9	15,2
270	17,3	18,2	18,6	20,2	18,9	15,3	14,9	19,6	20,2	20,1	13,7	14,1
300	16,2	17,1	17,5	19	17,8	14,2	13,8	18,5	19,1	18,9	12,8	13,1
330	15,1	16,2	16,5	17,9	16,7	13,1	12,8	17,3	18,1	17,8	11,8	12
360	14,1	15,2	15,5	16,8	15,8	12,2	11,9	16,3	17,1	16,8	10,9	11,1
390	13,1	14,3	14,5	15,8	14,8	11,2	10,9	15,3	16,2	15,7	10	10,3
420	12,2	13,5	13,6	14,8	14	10,3	10,1	14,3	15,3	14,7	9,22	9,45
450	11,3	12,7	12,7	13,9	13,1	9,51	9,35	13,5	14,5	13,8	8,45	8,68
480	10,5	12	11,9	13	12,4	8,68	8,64	12,6	13,6	12,9	7,68	8,01
510	9,66	11,2	11,2	12,2	11,6	7,88	7,9	11,7	12,8	12	6,96	7,33
540	8,86	10,5	10,4	11,4	10,9	7,11	7,28	11	12,1	11,2	6,25	6,66
570	8,09	9,81	9,69	10,6	10,2	6,37	6,7	10,3	11,3	10,5	5,57	6,11
600	7,41	9,17	9,04	9,91	9,5	5,69	6,17	9,54	10,6	9,75	4,95	5,52
630	6,71	8,56	8,37	9,2	8,89	5,01	5,68	8,86	9,97	9,04	4,33	4,97
660	6,09	8	7,78	8,59	8,33	4,4	5,19	8,24	9,32	8,39	3,75	4,45
690	5,48	7,48	7,2	8	7,78	3,82	4,69	7,65	8,73	7,81	3,19	3,99
720	4,92	6,96	6,68	7,42	7,25	3,23	4,26	7,1	8,2	7,25	2,69	3,5
750	4,4	6,5	6,18	6,87	6,76	2,71	3,8	6,54	7,64	6,7	2,23	3,01
780	3,91	6,07	5,72	6,35	6,3	2,25	3,36	6,02	7,15	6,17	1,73	2,58
810	3,45	5,64	5,26	5,83	5,8	1,82	2,99	5,56	6,69	5,71	1,36	2,15
840	3,02	5,27	4,8	5,34	5,43	1,39	2,56	5,09	6,25	5,25	0,99	1,72
870	3,14	5,43	4,71	5,21	5,52	1,57	3,12	5	6,16	5,12	1,49	2,27
900	3,91	6,19	5,2	5,64	6,05	2,68	4,23	5,28	6,35	5,4	3,03	3,71
930	3,78	6,04	5,29	5,73	5,77	2,58	3,64	5,12	6,19	5,43	2,91	3,19
960	3,32	5,31	4,83	5,37	5,31	2	2,75	4,81	5,76	5,12	2,01	2,36
990	3,14	5,12	4,52	5,12	5,25	1,82	2,84	4,72	5,6	4,97	1,83	2,39
1020	4,06	6,1	5,17	5,58	5,96	3,14	4,38	5,15	5,91	5,31	3,62	4,11
1050	3,91	5,98	5,26	5,64	5,77	2,83	3,64	5,03	5,88	5,4	3,19	3,34
1080	3,32	5,27	4,74	5,27	5,28	2,15	2,72	4,72	5,54	5,09	2,17	2,52
1110	3,35	5,34	4,65	5,12	5,4	2,15	3,21	4,81	5,48	5	2,29	2,88
1140	4,25	6,26	5,29	5,64	6,08	3,45	4,66	5,19	5,82	5,4	4,02	4,45
1170	3,78	5,83	5,17	5,55	5,71	2,77	3,49	4,97	5,7	5,34	3,07	3,31
1187	3,48	5,46	4,92	5,34	5,4	2,4	2,9	4,78	5,48	5,15	2,51	2,79

Tablo 3.4: M18-M19-M20-M21-M22-M23-M24-M25-M26-M27-M28-M29-M30 değerleri.

<b>t (dak)</b>	<b>M18</b>	<b>M19</b>	<b>M20</b>	<b>M21</b>	<b>M22</b>	<b>M23</b>	<b>M24</b>	<b>M25</b>	<b>M26</b>	<b>M27</b>	<b>M28</b>	<b>M29</b>	<b>M30</b>
0	32	31,2	32,6	32,4	32,4	32	32,4	32,5	32,2	31,2	32,2	32,2	32,5
30	29,8	30,7	31,5	29,7	28,2	28,1	31,6	30,5	27,5	26	29,2	30,7	29,8
60	27,9	29,8	29,5	27,1	24,3	24,1	30,4	28,2	23,2	22,6	26,6	28,9	27,1
90	25,9	28,7	27,5	24,7	21,4	20,9	29,1	26	20	19,8	24,2	27,1	24,8
120	24,1	27,7	25,6	22,7	19,3	18,6	27,7	24	17,9	17,9	22,1	25,5	22,6
150	22,5	26,6	23,9	20,9	17,6	16,7	26,3	22,3	16,4	16,1	20,3	24	20,8
180	20,9	25,5	22,3	19,4	16,2	15,1	24,9	20,6	15,1	14,7	18,7	22,5	19,1
210	19,4	24,4	20,7	17,9	15	13,7	23,7	19,1	13,8	13,6	17,4	21,1	17,7
240	18	23,3	19,3	16,7	13,9	12,5	22,5	17,7	12,7	12,4	16,1	19,8	16,4
270	16,7	22,1	18,1	15,5	12,8	11,4	21,2	16,5	11,8	11,4	14,9	18,6	15,2
300	15,5	21	16,9	14,4	11,9	10,3	20	15,4	10,9	10,3	13,9	17,5	14,1
330	14,4	19,9	15,8	13,3	11	9,32	18,9	14,3	10,1	9,32	12,9	16,4	13,1
360	13,3	18,8	14,7	12,4	10,2	8,42	17,9	13,3	9,26	8,42	12	15,4	12,1
390	12,3	17,7	13,8	11,5	9,32	7,59	16,9	12,3	8,49	7,59	11,1	14,4	11,3
420	11,3	16,7	12,8	10,7	8,55	6,79	15,9	11,5	7,75	6,79	10,3	13,6	10,5
450	10,4	15,7	12	9,85	7,81	6,02	15	10,6	7,11	6,02	9,6	12,7	9,63
480	9,6	14,8	11,2	9,11	7,16	5,34	14,2	9,85	6,49	5,34	8,93	11,9	8,93
510	8,83	13,9	10,3	8,37	6,51	4,69	13,3	9,08	5,88	4,69	8,23	11,1	8,23
540	8,13	13,1	9,6	7,73	5,93	4,11	12,5	8,38	5,32	4,11	7,58	10,4	7,55
570	7,42	12,2	8,9	7,09	5,34	3,58	11,7	7,71	4,8	3,58	6,94	9,63	6,94
600	6,78	11,5	8,19	6,47	4,81	3,03	11	7,06	4,25	3,03	6,36	8,99	6,33
630	6,17	10,7	7,55	5,89	4,26	2,85	10,3	6,48	3,75	2,76	5,84	8,38	5,78
660	5,55	10	6,96	5,4	3,8	2,33	9,6	5,93	3,23	2,33	5,29	7,77	5,29
690	5	9,29	6,38	4,88	3,33	1,88	8,98	5,41	2,77	1,88	4,83	7,22	4,77
720	4,48	8,65	5,86	4,39	2,9	1,39	8,37	4,92	2,31	1,39	4,34	6,73	4,31
750	3,99	8,04	5,37	3,9	2,41	1,19	7,81	4,4	1,85	1,19	3,91	6,18	3,85
780	3,5	7,52	4,94	3,5	2,01	0,9	7,32	3,95	1,42	0,9	3,49	5,72	3,46
810	3,04	6,93	4,48	3,1	1,64	0,65	6,83	3,58	1,08	0,65	3,12	5,29	3,06
840	2,64	6,35	4,05	2,67	1,24	0,36	6,37	3,18	0,68	0,36	2,75	4,89	2,72
870	3,04	5,98	3,9	2,92	1,54	0,64	6,15	3,27	0,99	0,6	3,06	4,77	2,94
900	3,84	5,77	4,48	3,84	3,27	1,53	6,21	3,95	1,88	1,5	4,01	5,08	3,85
930	3,34	5,49	4,76	3,84	3,27	1,16	6,03	4,01	1,16	1,16	3,73	4,99	3,64
960	2,88	5,15	4,36	3,25	2,07	0,35	5,63	3,49	0,35	0,35	3,12	4,62	3,03
990	3,1	4,97	4,05	3,16	1,64	0,28	5,45	3,36	0,28	0,28	3,15	4,37	3
1020	4,08	4,97	4,66	4,23	3,86	1,23	5,72	4,25	3,66	1,23	4,25	4,89	4,1
1050	3,59	4,82	4,97	4,17	3,49	1,55	5,63	4,25	3,05	1,55	4,01	4,89	3,91



Tablo 3.3 ve tablo 3.4 de sadeleştirilmiş olarak listelenen ve aslen 30.888 adet olan verinin, yine genel olarak zamana bağlı sıcaklık değişimini incelemek gerekirse, tüm ölçüm değerleri üzerinden elde edilecek grafik şekil 3.10 deki gibi olacaktır.



Şekil 3.10: Dolap içinde bulunan ve metal kutular üzerinden alınan tüm ölçüm değerlerinin zamana bağlı değişim grafiği.

Grafikten de anlaşılacağı üzere, test başladıktan sonra ölçüm noktalarındaki sıcaklıklar düşmeye başlamış ve 900 dakika kadar sonra termostat ilk kez devreye girerek, sistemi rejim koşullarında çalışması başlamıştır.

Yine grafik genel olarak incelendiğinde termostatın devreye girmesinden sonraki zaman aralıklarında sıcaklıklar 0-6 °C aralığında toplanmış görünmektedirler.

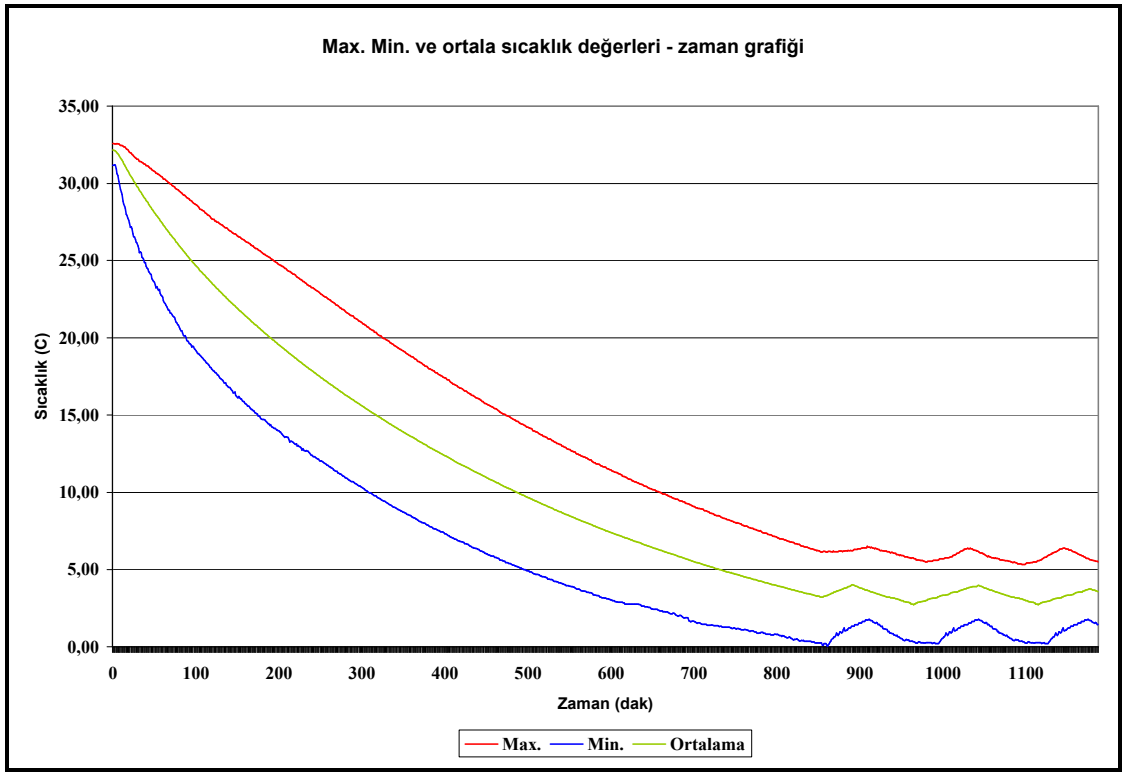
Genel beklenti 32 °C ve % 65 bağıl nem altında, tam yükleme testlerinin maksimum 24 saat içinde rejime girmeleri yönündedir. Şekil 3.10 grafiğinin genel analizinde bir başka yaklaşım ise, her zaman adımında toplam 25 ölçüm noktasının en düşük, en yüksek ve

ortalama sıcaklık değerlerinin incelenmesi olacaktır. Her zaman adımı için, dolabın içindeki tüm ölçüm noktalarının toplamının; maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıkların değişim değerleri, zaman adımlamasında sadeleştirilerek tablo 3.5 de verilmiştir.

Tablo 3.5: Dolap içindeki tüm ölçüm noktalarının toplamının, her zaman adımı için maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri.

<b>Zaman (dak.)</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Ortalama</b>
0	32,58	31,18	32,16
30	31,56	25,95	29,72
60	30,37	22,62	27,38
90	29,05	19,78	25,29
120	27,69	17,94	23,50
150	26,58	16,13	21,90
180	25,51	14,72	20,44
210	24,37	13,56	19,10
240	23,26	12,39	17,86
270	22,12	11,35	16,69
300	20,99	10,31	15,60
330	19,85	9,32	14,56
360	18,77	8,42	13,59
390	17,74	7,59	12,66
420	16,72	6,79	11,78
450	15,73	6,02	10,95
480	14,80	5,34	10,19
510	13,90	4,69	9,42
540	13,07	4,11	8,72
570	12,23	3,58	8,04
600	11,46	3,03	7,40
630	10,68	2,76	6,81
660	10,00	2,33	6,24
690	9,29	1,88	5,70
720	8,65	1,39	5,18
750	8,04	1,19	4,70
780	7,52	0,90	4,25
810	6,93	0,65	3,83
840	6,37	0,36	3,41
870	6,16	0,64	3,54
900	6,35	1,53	3,82
930	6,19	1,16	3,28
960	5,76	0,35	2,84
990	5,60	0,28	3,15
1020	6,10	1,23	3,60
1050	5,98	1,55	3,82
1080	5,54	0,60	3,28
1110	5,48	0,23	2,84
1140	6,26	0,98	3,15
1170	5,83	1,63	3,60
1200	5,48	1,44	3,57

Maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri, bize yapılan test için soğutucunun genel performansını görmemizde fayda sağlar. Bu analizle, soğutucunun, iç sıcaklık dağılımında yeterli olup olmadığını kabaca inceleme imkanını buluruz. Maksimum ve minimum sıcaklık eğrileri, istenilen kriterlere yakınsamış ise, test verilerinin her bir ölçüm noktasındaki karakteristik sıcaklık değişimleri irdelenmeye başlar. Tüm zaman aralıkları dikkate alınarak hazırlanmış Şekil 3.11 deki grafik bu irdeleme için yeterli olacaktır.



Şekil 3.11:Dolap içindeki tüm ölçüm noktalarının zamana bağlı olarak maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değişim grafiği.

Ancak bu çalışmanın esas hedeflerinden birisi soğutucu dolap içinde sıcaklık dağılımını daha detaylı inceleyebilmektir. Bu nedenle başarılı varsayılan bu soğutucunun sıcaklık dağılımını daha detaylı irdelemek faydalı olacaktır.

Ölçüm noktalarındaki sıcaklık değerleri her ne kadar birbirlerine çok yakınmış gibi gözükseler dahi, belirlenecek bir yaklaşım tarzı ile sıcaklık dağılımını, ölçüm noktalarında kıyaslayarak incelemek gerekir.

Bu çalışmada aynı yatay düzlemde olan ölçüm noktaları karşılaştırılacaktır. Ardından aynı dikey hat üzerinde olan, yani dikeyde aynı iz düşüm üzerinde bulunan ölçüm noktaları karşılaştırılacaktır.

Karşılaştırma grafiklerinde, her analiz öncesi önce sistemin tüm çalışma zamanları göz önüne alınacak, ardından termostat durma ve çalışma zaman aralıklarındaki değişimler incelenecektir.

#### **4.TEST SONUÇLARI**

Test sonuçlarında ölçümlerin termoelement numaraları aynen kullanılmıştır. Ürünler üzerinden alınan ölçümlerle, zamana bağlı olarak soğutucu dolap içindeki sıcaklık dağılımını inceleyebilmek için 33.264 adet ölçüm verisi elde edilmiştir. Yardımcı ölçümler ile toplam veri sayısı 43.956 adet kadardır. Bu metinde test verilerinin tamamına yer verme imkanı olmayacağı için, zaman adımlamasında, analizleri etkilemeyecek sadeleştirmeler yapılarak, yorumlanacaktır.

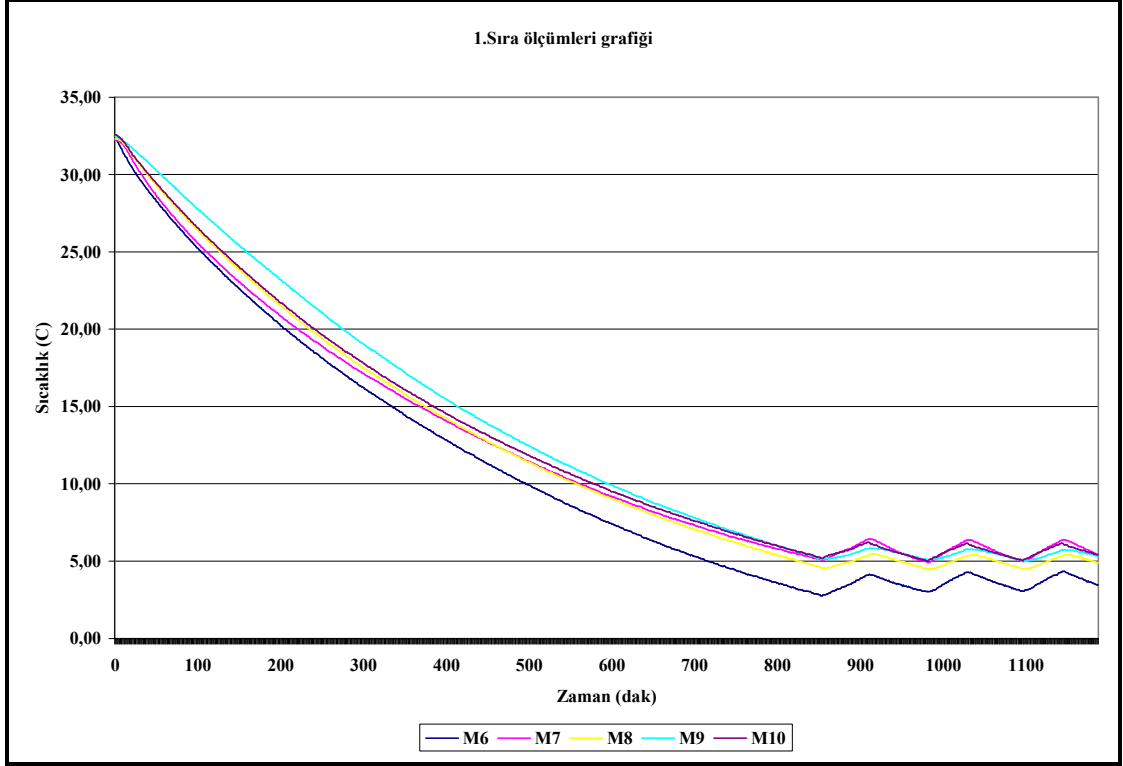
Test sonuçlarına göre, soğutucu dolap içindeki sıcaklık değişimleri, eş yatay düzlemde ve eş dikey düzlemde ayrı ayrı incelenecektir. Bu inceleme yönteminde, sıcaklık değişimlerinin karakteristik yapısı, soğutucu dolabın termostat kontrol zamanı başlamadan önceki ve başladıktan sonraki durumları ayrı ayrı ele alınacaktır.

#### **4.1.Eş Yatay Düzlem Üzerinde Bulunan Ölçüm Noktalarının İncelenmesi**

Bu inceleme için şekil 3.2 de bulunan sıra numaraları ve bölüm 3.7 deki termoelement yerleşim planları referans alınacaktır. Termoelementler ile ölçüm alınan ilgili yükleme sıraları, eş yatay düzlemlerde ayrı ayrı incelenecektir.

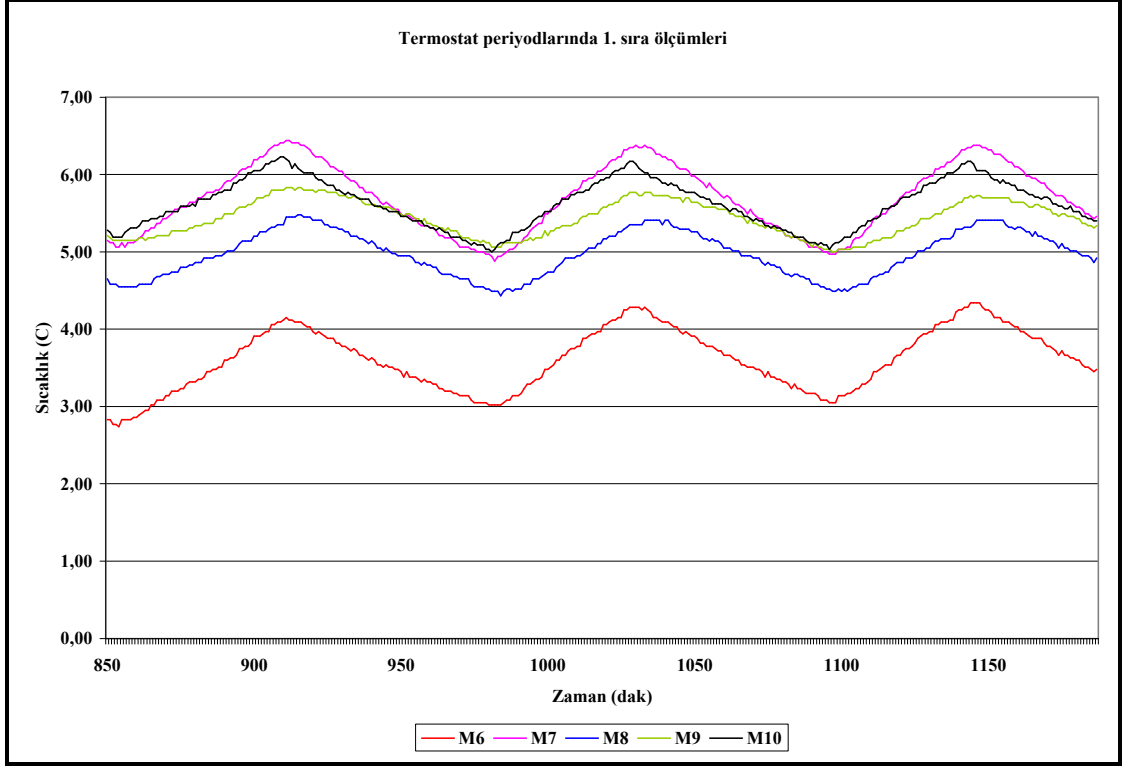
#### **4.1.1.Yükleme sıra numarası 1 olan grubun yatay incelemesi**

Bu grupta M6-M7-M8-M9-M10 numaralı termoelementler vardır. Bu ölçüm noktalarının zaman açısından sadeleştirilmiş değerleri tablo 3.3 de mevcuttur. Tüm ölçüm zamanlarındaki değerleri grafik olarak şekil 4.1 de verilmiştir.



Şekil 4.1:Sıra numarası 1 olan grubun sıcaklık dağılım grafiği

Tüm ölçüm değerleri içinden termostat çalışma zamanları aralığında 1.sırada yapılan ölçümler dikkate alınarak elde edilecek grafik şekil 4.2 de olduğu gibidir. Bu grafik bize sistem rejime ulaşır, termostat yardımı ile durma ve çalışma anlarındaki sıcaklık değişimini gösterir.



Şekil 4.2: Termostat kontrol periyotlarında 1. sıra ölçümlerinin sıcaklık değişim grafiği.

Ölçüm grubunda 1. sırada bulunan metal kutular üzerinden alınan ölçümler incelendiğinde; ölçüm noktaları arasındaki farklar ortalama 2,3 °C kadardır. Ancak, bu ölçüm sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta M6 ölçüm noktasının değerleridir.

M6 ve M7 ölçüm noktaları soğutucu dolabın arka yüzünde ve evaporatör yüzeyine en yakın noktada bulunmalarına rağmen, M6 noktasının sıcaklık değeri M7 noktasından oldukça farklıdır. Genel fiziksel ölçüler itibari ile M6 ve M7 noktalarının birbirlerine sıcaklık olarak en yakın değerlerde olması beklenirken, tam tersine, 1. grup sırada aralarında maksimum fark olan iki nokta olarak karşımıza çıkmaktadır.

M8-M9 ve M10 ölçüm noktaları evaporatör yüzeyinden en uzak ve cam kapiya en yakın ölçüm noktaları olarak, birbirleri arasında öngörülen sıcaklık farklarını vermişlerdir. M7-M8-M9-M10 ölçüm noktalarının aralarındaki sıcaklık farkı 0,6 °C dir.

M7 noktasının M6 dan daha sıcak ve M8-M9-M10 grubuna daha yakın olması, toplam incelemede M6 noktasının diğerlerine göre sıcaklık farkını 2,3 °C ye kadar çıkarmaktadır.

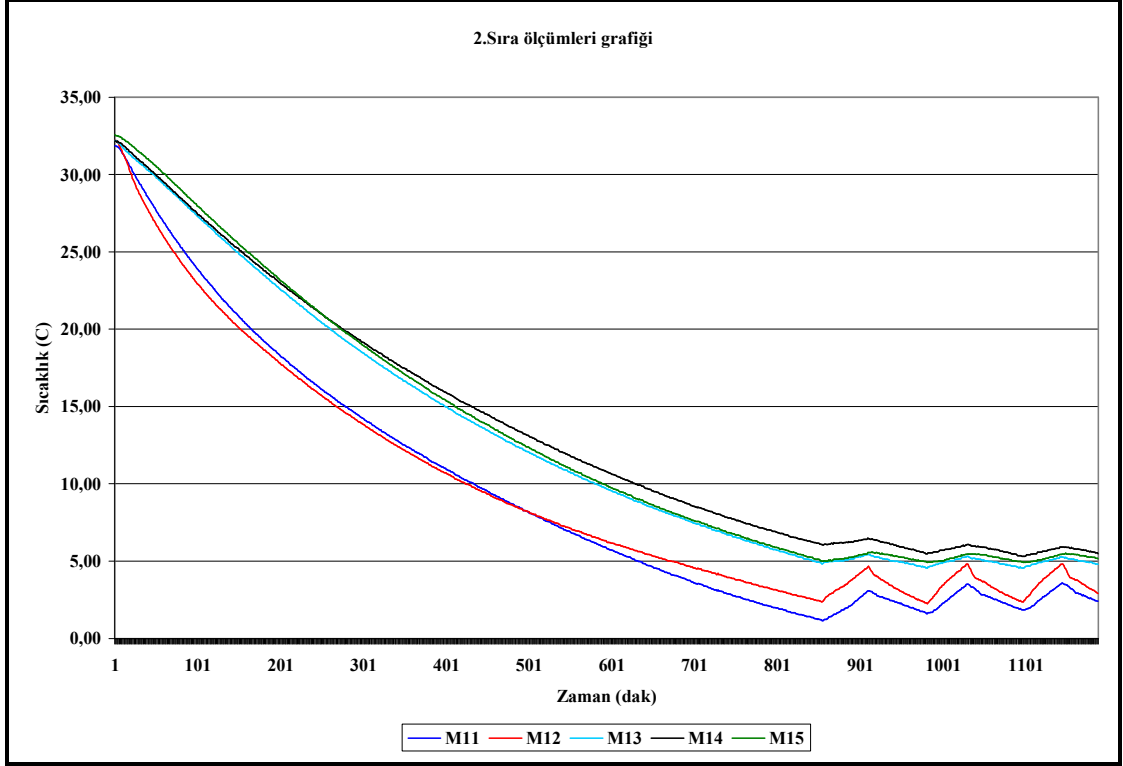
M6 noktasının bu grup içinde sıcaklık değeri en düşük nokta olmasının nedeni, evaporatör yüzeyinde, kılcal (kapiler) ile evaporatör bağlantı noktasına en yakın ölçüm noktası olması olarak yorumlanmıştır. Kılcal boru ile evaporatör bağlantı noktası aynı zamanda, soğutma sisteminin kısma valfi görevini yerine getirmekte ve soğutucu gazın yoğun buharlaşmasının başlangıç noktasıdır. Her ne kadar teorik anlamda evaporatör elemanlarında sabit sıcaklıkta ısı değişimi olsa da, zamana bağlı bu tip incelemelerde, soğutmanın ilk başladığı alana yakın olan ürünler ve deney noktalarının, daha fazla miktarda ısı değişimine uğrayabileceğini öngörülmektedir.

Her durumda bu test ve bu analiz bize, bu tip dolapta en üst sırada bulunan ürün grubu içinde sıcaklığı en düşük olan ürünün dolabın sol arka köşesinde olduğunu göstermektedir (Önden bakış).

#### **4.1.2.Yükleme sıra numarası 2 olan grubun yatay incelemesi**

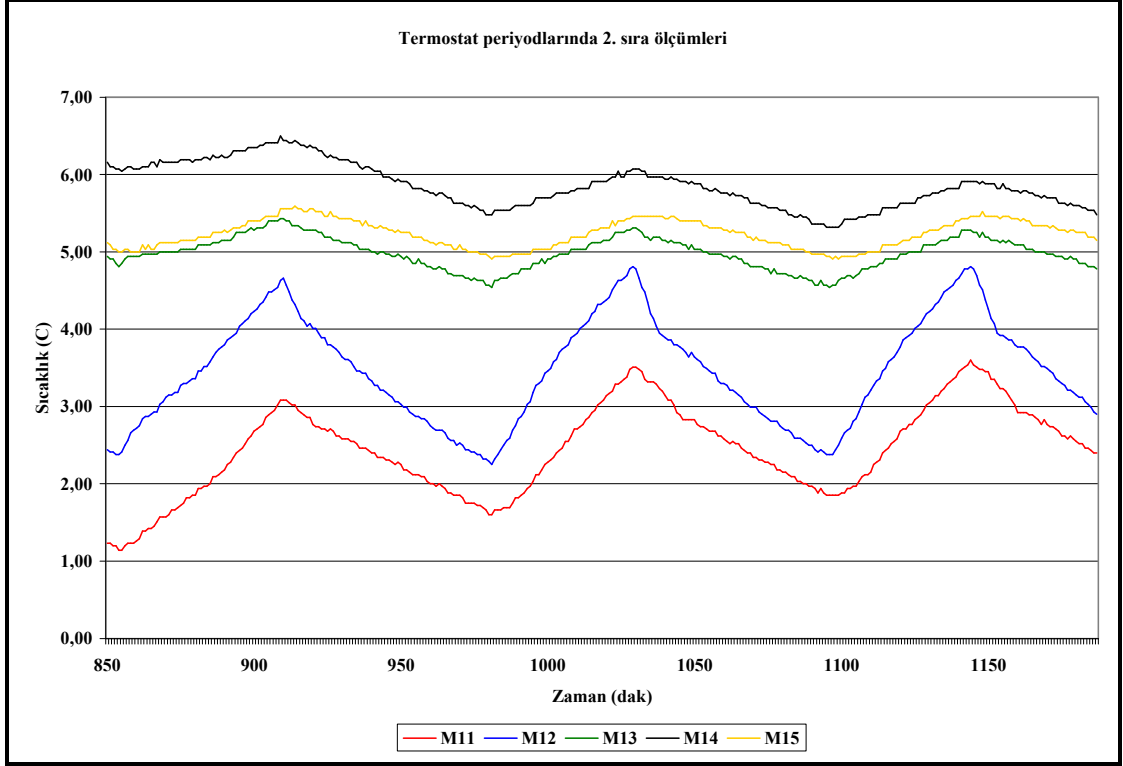
Bu grupta M11-M12-M13-M14-M15 numaralı termoelementler vardır. Bu ölçüm noktalarının zaman açısından sadeleştirilmiş değerleri tablo 3.3 de mevcuttur. Tüm ölçüm zamanlarındaki değerleri grafik olarak şekil 4.3 de verilmiştir.





Şekil 4.3: Sıra numarası 2 olan yükleme grubunun tüm zamanlarda ki sıcaklık dağılımı.

Tüm ölçüm değerleri içinden termostat çalışma zamanları aralığının da 2. sırada yapılan ölçümler dikkate alınarak elde edilecek grafik şekil 4.4 de olduğu gibidir. Bu grafik bize sistem rejime ulaşır, termostat yardımı ile durma ve çalışma anlarındaki sıcaklık değişimini gösterir.



Şekil 4.4: Termostat kontrol periyotlarında 2. sıra ölçümlerinin sıcaklık değişim grafiği.

Ölçüm grubunda 2.sırada bulunan metal kutular üzerinden alınan ölçümler incelendiğinde; ölçüm noktaları arasındaki farklar ortalama 3,8 °C kadardır. Kabul edilebilir bir sıcaklık farkı olarak gözlenmektedir.

Bu ölçüm sırasının en önünde kapı yüzüne yakın olan M13-M14-M15 noktalarının maksimum sıcaklık farkı 0,94 °C dir. Bu sıcaklık farkı kabul edilebilir.

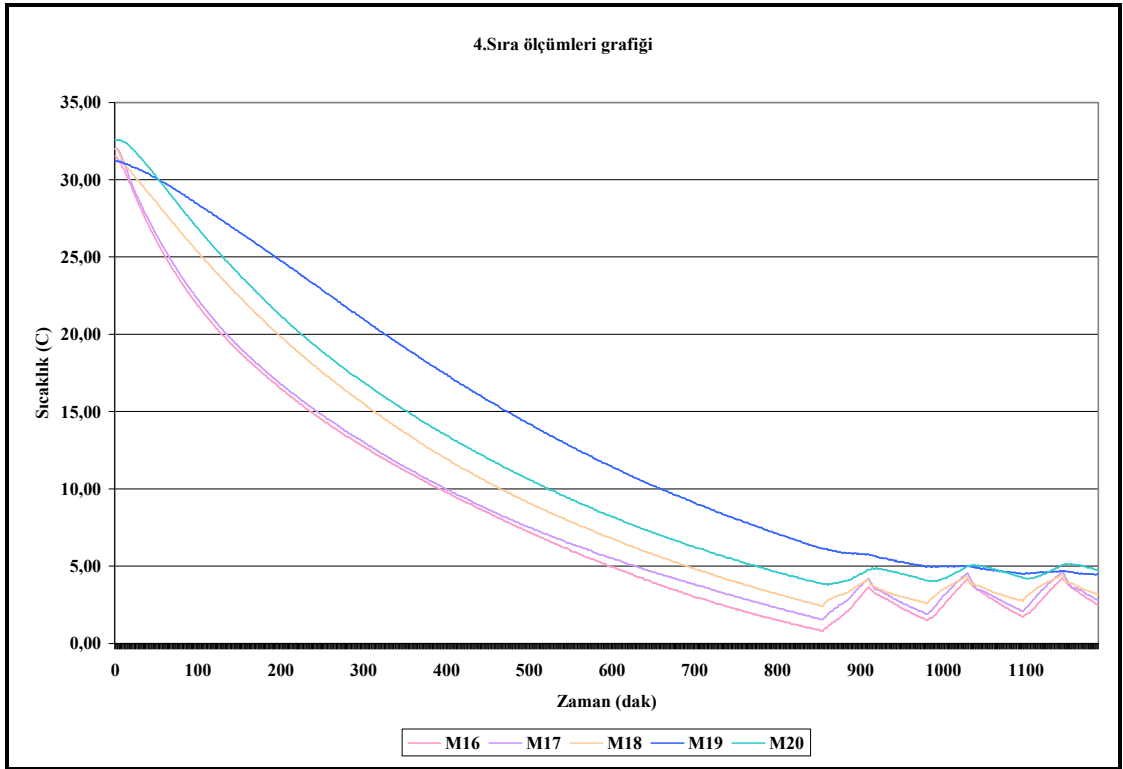
M11 ve M12 ölçüm noktaları, yani soğutucunun evaporatör yüzeyine en yakın noktalarındaki sıcaklık farkı da 1,58 °C kadardır.

Grup numarası 1. olan ölçüm noktalarında dikkati çeken M6 numaralı ölçüm noktasının dikey izdüşümünde bulunan M11, aynı M6 noktasında olduğu gibi, bu grubun en düşük sıcaklığına sahip ölçüm noktasıdır.

Grup numarası 1 olan ölçümlerinde ki durum kendisini korumaya devam etmekte, kapıya yakın yüzeylerde ısı kaybı yüksek olduğu için M13-M14-M15 bu grup içinde nispi olarak daha yüksek sıcaklığa sahipken, dolabın sol arka tarafında en düşük sıcaklık gözlenmektedir (Önden bakış).

#### 4.1.3.Yükleme sıra numarası 4 olan grubun yatay incelemesi

Bu grupta M16-M17-M18-M19-M20 numaralı termoelementler vardır. Bu ölçüm noktalarının zaman açısından sadeleştirilmiş değerleri tablo 3.3 ve tablo 3.4 de mevcuttur. Tüm ölçüm zamanlarındaki değerleri grafik olarak şekil 4.5 de verilmiştir.

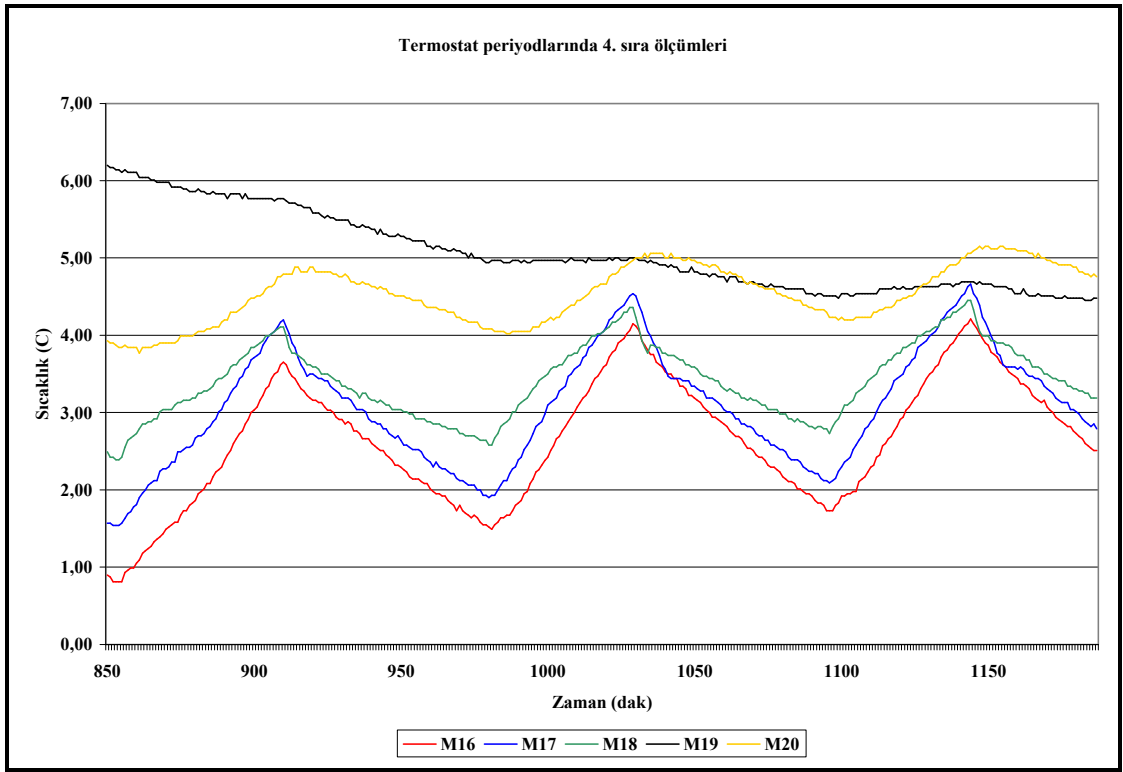


Şekil 4.5: Sıra numarası 4 olan yüklem grubunun tüm zamanlarda ki sıcaklık dağılımı.

Bu grafikte dikkat edilmesi gereken önemli noktalardan birisi M19 numaralı ölçüm noktasının termostatik çalışma zamanlarına nispi olarak daha az reaksiyon gösterdiği dir. Termostatın devreye girdiği ve çıktığı periyotlarda; M19 ölçüm noktasının sıcaklık değişimlerinde maksimum ve minimum noktalarının da, diğer ölçüm noktalarına göre

daha düşük eğimli bir fonksiyon izlenmektedir. Bu ayrıcalık, ilerleyen bölümlerde, diğer analizler ile birlikte yorumlanacaktır.

Tüm ölçüm değerleri içinden, termostat çalışma zamanları aralığında, 4. sırada yapılan ölçümler dikkate alınarak elde edilecek grafik şekil 4.6 de olduğu gibidir. Bu grafik bize sistem rejime ulaşıp, termostat yardımı ile durma ve çalışma anlarındaki sıcaklık değişimini gösterir.



Şekil 4.6: Termostat kontrol periyotlarında 4. sıra ölçümlerinin sıcaklık değişim grafiği.

Ölçüm grubunda 4.sırada bulunan metal kutular üzerinden alınan ölçümler incelendiğinde; ölçüm noktaları arasındaki farklar 0,88 °C ile 5,33 °C arasında değişmektedir.

Bu yüksek fark aslen M19 ölçüm noktasının termostat kontrol zaman dilimlerine gösterdiği çok düşük reaksiyonlardan kaynaklanmaktadır.

M19 ölçüm noktasının termostat durma ve çalışma zamanlarında, diğer ölçüm noktalarına göre fonksiyon grafiğinin daha düşük eğimler gösterdiği, şekil 4.5 de bulunan grafik yorumunda da belirlenmiştir.

Diğer ölçüm noktaları ile benzer eğimde artan ve azalan fonksiyon özellikleri göstermediği gibi, M19 ölçüm noktasının zamana bağlı sıcaklık değişimi lineer bir fonksiyon özelliğine yakınsamaktadır.

Bu nedenle M19 kaba hatları ile doğrusal ve zamana bağlı olarak bir azalış gösterirken, diğer ölçüm noktalarının en düşük sıcaklığa ulaştığı zamanlarda (kompresör çalışma zamanı), 4. sıra ölçümlerinin maksimum fark değerini çok yukarılara çekerek 5,33 °C ulaştırmaktadır.

Aynı şekilde, diğer ölçüm noktalarını en yüksek sıcaklığa ulaştığı zamanlarda (kompresör durma zamanı), 4.sıra ölçümlerinin maksimum fark değeri M19 fonksiyonundan dolayı 0,88 °C seviyelerine kadar düşmektedir.

Benzer bir fonksiyonel yaklaşım M20 ölçüm noktası içinde, M19 oranında olmasa bile mevcuttur. M20 ölçüm noktası değerleri de şekil 4.5 deki grafik de net olarak izlenemese bile, şekil 4.6 de ki grafikte kendisini göstermeye başlamaktadır.

Bir diğer önemli tespit ise 4. ölçüm grubunun en düşük sıcaklık ile seyreden ölçüm noktası M16 ölçüm noktasıdır. 4. grubun M16 ölçüm noktası; 2. grubun en düşük ölçüm noktası M11 ve 1. grubun en düşük ölçüm noktası M6 ölçüm noktaları ile dikeyde aynı iz düşüm üzerinde bulunmaktadır.

Bu tespit dolabın sol arka kısmında en soğuk alanların elde edildiği yönündeki yaklaşımı kuvvetlendirmektedir. M19 noktasındaki sıcaklık değişimlerine ait fonksiyonun artan ve azalan fonksiyon özelliklerini terk edip, doğrusal bir denklemi andıran yapısı, özellikle termostat kontrolünde durma ve çalışma zamanlarında, bu özelliğinin belirginleşmesi ile dikkat çekmektedir.

M19 ölçüm noktasının bu karakteristik davranışı, termostatın devreye girmesi ve çıkması ile bağlantılı görülmektedir. Termostat kontrolünde tepkiye en geç reaksiyon veren alanlar, ısı kaynağına en uzak veya ısı transfer hattının en yüksek direnç alanlarıdır.

Soğutucu dolabın buraya kadar olan analizlerine göre en soğuk alanını oluşturan dikey hatta (M6-M11-M16) en uzak mesafede M19 görülmektedir ve bunun gereği termostat kontrolündeki tepkilere çok az reaksiyon vermektedir.

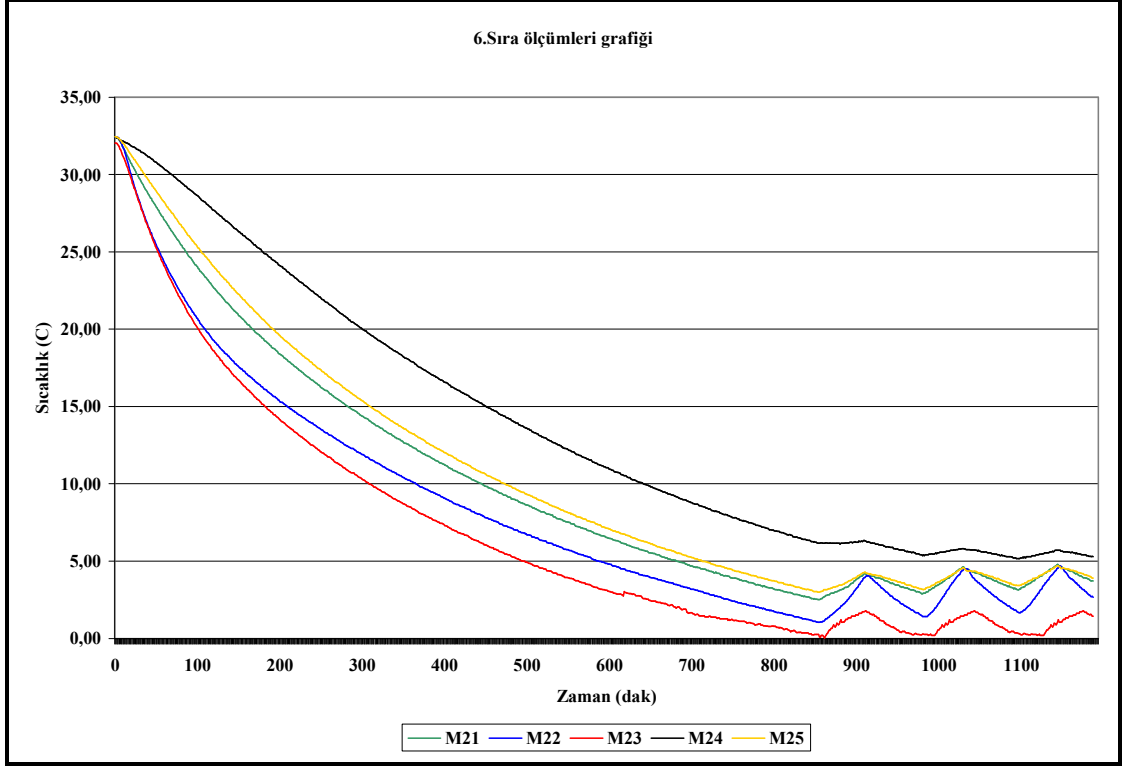
Yine dikkatle incelenmesi gereken bir başka husus M16 ve M17 ölçüm noktalarındaki gelişmedir. M16 dikey hattının soğutucunun en soğuk alanı olduğunu buraya kadar olan analizlerde tespit etmiştik. 4. grup ölçümlerinde M16 ile M17 ölçüm noktaları arasındaki fark gittikçe kapanmaktadır.

Aslen 4. grup M16-M17, 2.grup M11-M12 ve 1.grup M6-M7 ölçüm noktaları kendi grupları içinde bir çift oluşturmaktadır ve soğutucunun arka cephesinde sol ve sağ köşelerde yer almaktadırlar.

Şu ana kadar gerçekleşen analizler incelendiğinde 1. grup M6-M7 çifti arası sıcaklık farkı 2,3 °C, 2.grup M11-M12 çifti arası sıcaklık farkı 1,58 °C, 4.grup M16-M17 çifti arası sıcaklık farkı 0,39 °C olduğu görülmektedir.

#### **4.1.4.Yükleme sıra numarası 6 olan grubun yatay incelemesi**

Bu grupta M21-M22-M23-M24-M25 numaralı termoelementler vardır. Bu ölçüm noktalarının zaman açısından sadeleştirilmiş değerleri tablo 3.4 de mevcuttur. Tüm ölçüm zamanlarındaki değerleri grafik olarak şekil 4.7 de verilmiştir.

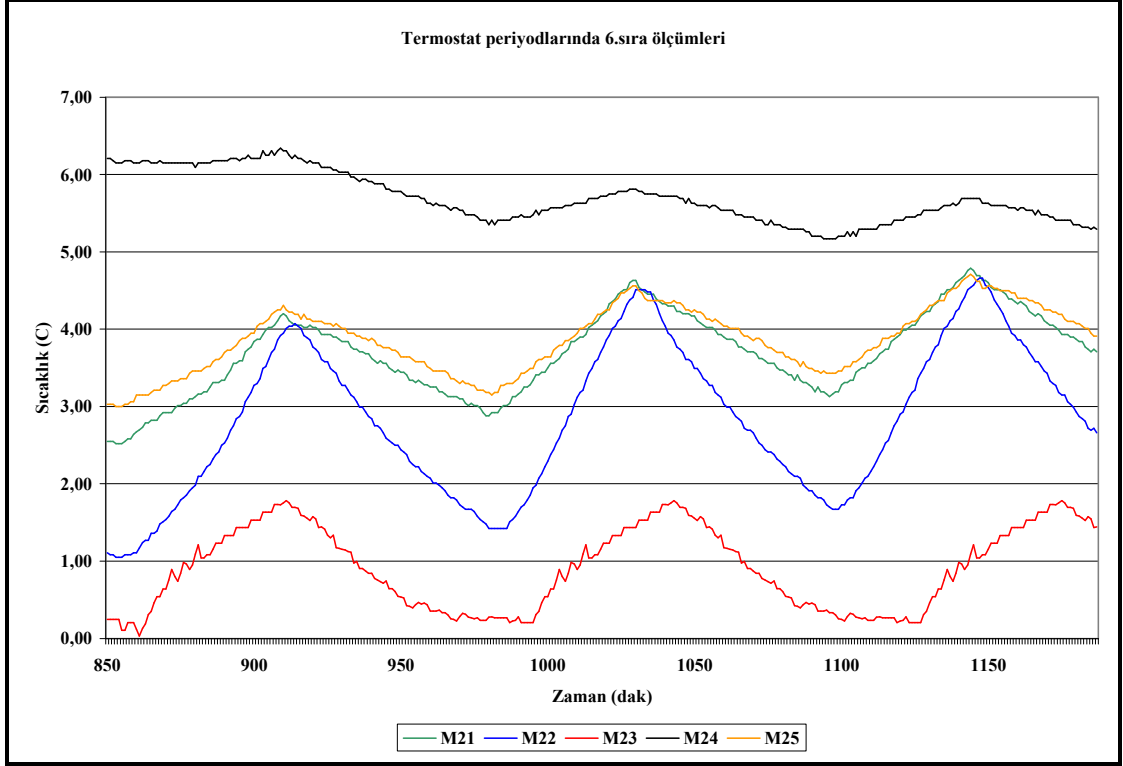


Şekil 4.7: Sıra numarası 6 olan yükleme grubunun tüm zamanlarda ki sıcaklık dağılımı.

Bu grafikte de 4 sıra numaralı M19 ölçüm noktasında görüldüğü gibi, M24 ölçüm noktası da termostat kontrolündeki çalışma zamanlarına nispi olarak daha az reaksiyon göstermektedir. M19 ölçüm noktasının ölçüm değerlerinin oluşturduğu fonksiyona paralel bir fonksiyon eğrisi sergileyen M24 içinde, aynı yorumu yapmak mümkündür. M24 noktası da soğutucu dolap içinde en soğuk alan olarak izlenen M6-M11-M16 dikey hattına en uzak noktada bulunmaktadır.

Ancak şekil 4.7 grafiğinde 1. sıra, 2.sıra, 4.sıra dan farklı bir karakteristik yapı gözlenmektedir. M6-M11-M16 dikey en soğuk hat 6. sıra numaralı ölçüm düzeneğinde önemli bir fark göstermektedir.

Bu farklılığı daha iyi anlayabilmek için, termostat çalışma zamanları aralığında, 6.sırada yapılan ölçümler dikkate alınarak elde edilen grafiği şekil 4.8 de incelemek gerekecektir.



Şekil 4.8: Termostat kontrol periyotlarında 6. sıra ölçümlerinin sıcaklık değişim grafiği.

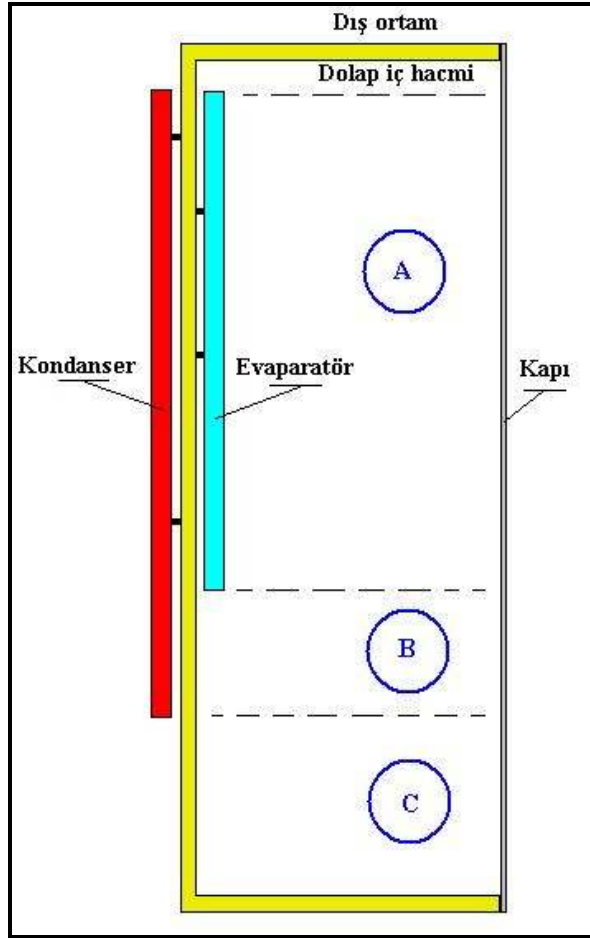
Ölçüm grubunda 4.sıradaki ölçümler incelendiğinde; ölçüm noktaları arasındaki farklar 3,66 °C ile 6,12 °C arasında değişmektedir.

Maksimum ve minimum sıcaklık değerleri arasında ki bu farkların artmasına; M24 noktasındaki ölçümün, daha önceki gruplarda bulunan eş dikey hattaki M19-M14-M9 ölçümlerindeki genel sıcaklık değişim karakteristiğine sahip olması etkili olmuştur.

Ancak yine bu grupta bulunan ölçüm değerleri incelendiğinde iki önemli farklı gelişim olduğu gözlenmektedir. Bunlardan ilki, bu grupta bulunan ölçüm noktalarından elde edilen sıcaklık değerleri genel ortalama ile artış göstermiştir. Oysaki bu gruba kadar olan analizlerde soğutucu dolabın genel yapısında üst raflardan alt raflara doğru sıcaklığın düştüğü yönündeydi.



Fakat 6 sıra numaralı rafın geneli ters yönde sıcaklık değişimine uğramış, başka bir anlatım ile, soğutucu dolabın yukarıdan aşağıya doğru daha düşük sıcaklıklara sahip olması beklenirken, eş dikey iz düşümlerde sıcaklık artışı yönünde sonuç vermiştir. Bunun nedeni; soğutucu dolabın evaporatör ve kondansere yerleşiminden kaynaklanmaktadır. Şekil 4.9 de soğutucu dolabın kesit krokisi bulunmaktadır.



Şekil 4.9: Soğutucu dolap kesit krokisi.

Buraya kadar yapılan analizlerin inceleme grupları A bölgesi içinde yer almaktaydı. Soğutucu dolap içinde 6 sıra numaralı ölçüm grubu, şekil 4.1 ve 4.3 de görülen B bölgesine denk gelmektedir. B bölgesinde arka cephede, dış ortam ile soğutucu dolap iç hacmi arasında sadece dolap dış cidarı, yani yalıtım duvarı bulunmaktadır. Dolap yalıtımı aynı zamanda, dolap gövdesini oluşturmaktadır. Dolap gövdesinin içeriği her ne

olursa olsun, A bölgesinde dışarıdan içeriye oluşan ısı transfer miktarı ile B bölgesinde oluşan ısı transfer miktarının farklı olacağı açıkça gözlenmektedir.

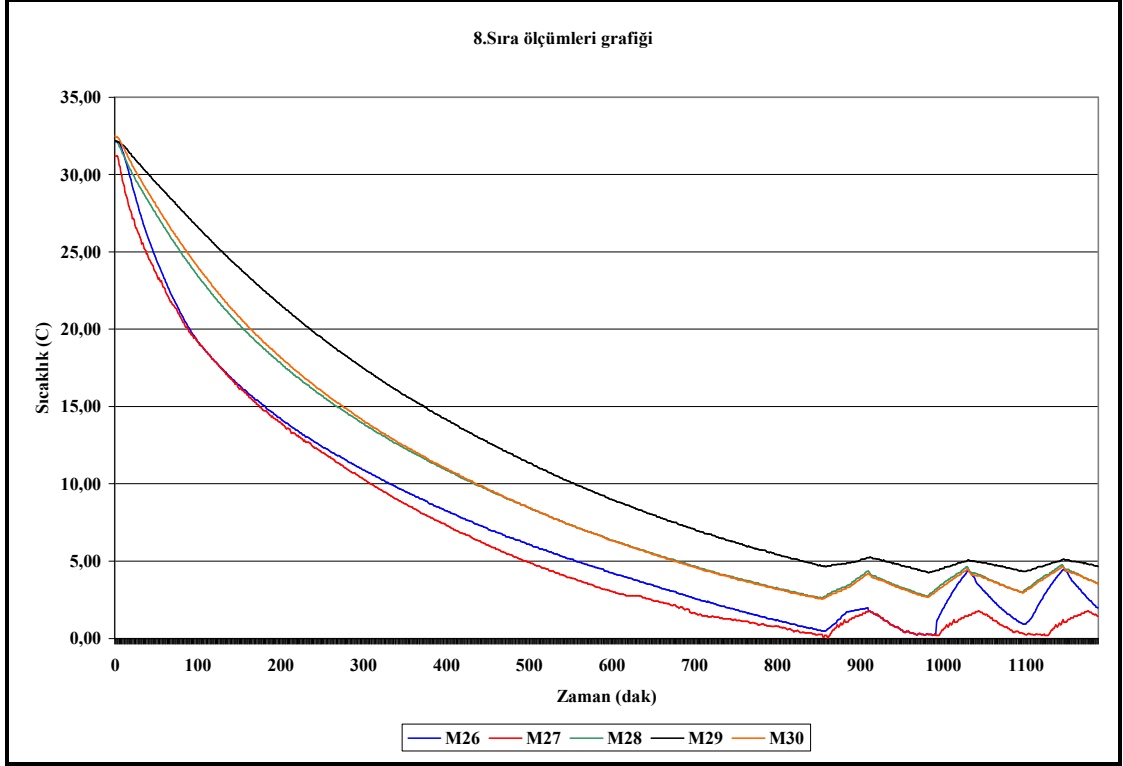
B bölgesinde istenmeyen yöndeki bu ısı kaybı, bu bölümde incelenen 6 sıra numaralı grubun ölçüm noktalarındaki sıcaklık değerlerini olumsuz etkileyerek, 1-2-4 numaralı gruplarda eş dikey hatlarda gözlenen sıcaklığın düşme eğilimini, ters yönde etkilemiş ve sıcaklık artışına neden olmuştur.

Bu olumsuz ısı kaybının, soğutucu dolabın arka yüzünde ve 6. sıra numaralı grupta oluştuğunun bir diğer göstergesi ise bu sıcaklık artışından en az etkilenen, arka yüzeye en uzak, kapı cephesine en yakın olan M23 ve M25 ölçüm noktalarıdır.

Bu grupta yer alan M24 zaten soğuk ısı akısı değişimine de en geç reaksiyon veren dikey hatta olduğu için önemli ölçüde etkilenmemiştir.

#### **4.1.5.Yükleme sıra numarası 8 olan grubun yatay incelemesi**

Bu grupta M26-M27-M28-M29-M30 numaralı termoelementler vardır. Bu ölçüm noktalarının zaman açısından sadeleştirilmiş değerleri tablo 3.4 de mevcuttur. Tüm ölçüm zamanlarındaki değerleri grafik olarak şekil 4.10 de verilmiştir.



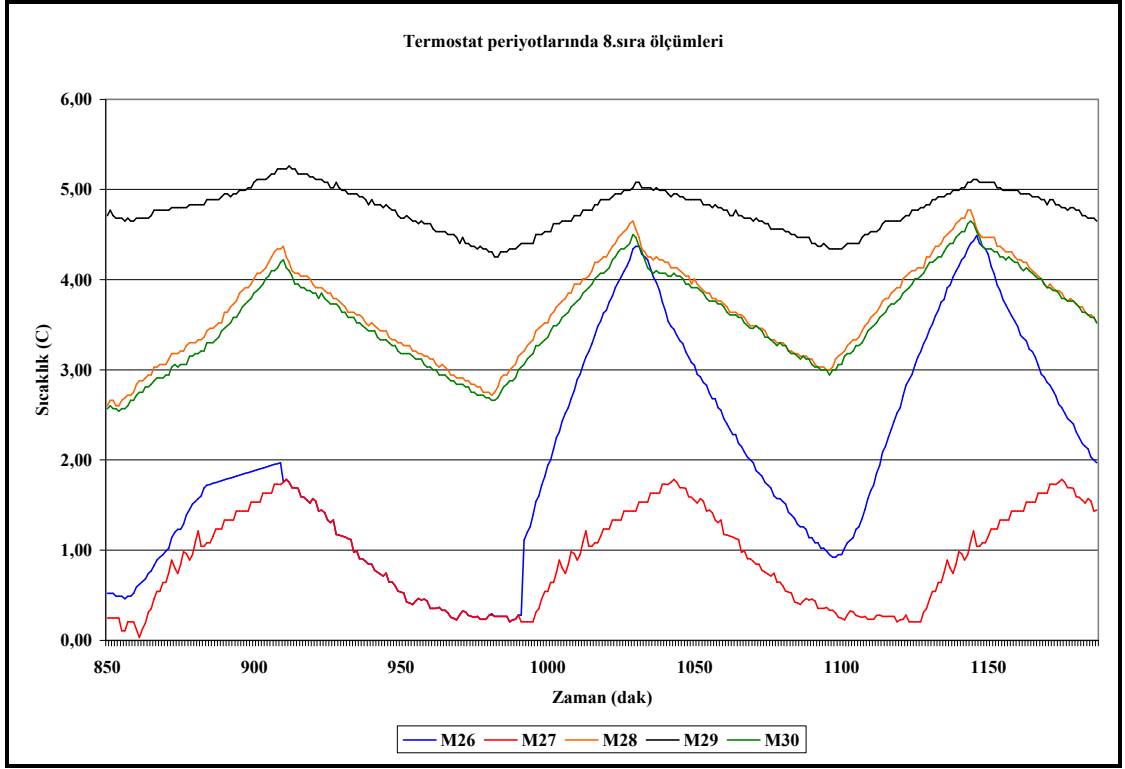
Şekil 4.10: Sıra numarası 8 olan yüklem grubunun tüm zamanlarda ki sıcaklık dağılımı.

Genel ısı geçiş bilgileri, taşınım yolu ile gerçekleşen ısı geçişlerinde, kapalı bir hacim içerisindeki hava doğal akışına bırakılırsa, ısı kaynağının etkisi ile sıcak olan havanın yukarı yönde hareket edeceği, soğuk havanın ise gittikçe azalan miktarda, bir başka ifade ile artan sıcaklığın etkisi ile zeminde etkili olacağı yönündedir.

Bu genel yaklaşım bile, böylesi bir soğutucu dolabın alt kısmında gittikçe sıcaklığı düşen bir ortam oluşacağını ortaya koyar. Dolap içinde en soğuk bölgelerin, en alt bölgede yoğunlaşacağı, sıcaklığın en yüksek olduğu bölgelerin ise dolabın üst kısmında yer alacağı beklenmektedir. Fakat ön cam kapak yüzeyindeki kayıplar ve ön kapı yüzünde oluşan sıcaklık düşmeleri ile birlikte, dolap içi hava hareketinin ne yönde gerçekleşeceği bir miktar ön görülerin oluşmasını zorlaştırır.

Ancak bu testimizde son ölçüm grubu olan 8 numaralı ölçüm grubu içindeki, ölçüm noktalarının sıcaklık değişimlerinin genel yapısı incelendiğinde, sistemin belirli bir eğilim içinde olduğu gözlenmektedir.

Daha detaylı incelemek için; tüm ölçüm değerleri içinden, termostat çalışma zamanları aralığında, 8.sırada yapılan ölçümler dikkate alınarak elde edilecek grafiği şekil 4.11 de irdelemek faydalı olacaktır.



Şekil 4.11 : Termostat kontrol periyotlarında 8. sıra ölçümlerinin sıcaklık değişim grafiği.

Bu ölçüm grubuna ait ölçüm noktalarının minimum ve maksimum sıcaklıkları dikkate alındığında, sıcaklık farkları 3,05 °C ile 4,68 °C ile arasında değişmektedir.

Kabul edilebilir sınırlar içinde olsa dahi M29 numaralı ölçüm noktası, diğer gruplardaki M24-M19-M14-M9 ölçüm noktaları ile aynı genel yapı içerisinde hareket etmekte ve termostat çalışma zaman aralıklarında zayıf sıcaklık değişimleri ile, 8. grup içindeki sıcaklık farkını artıran bir unsur olmaktadır.

M26 ve M27 ölçüm noktaları birbirlerine değer olarak oldukça yaklaşarak, soğutucu dolabın arka cepesinde ortak bir sıcaklık hattı oluşturma yönünde çok yakın değerler almaya başlamışlardır.

M28 ve M30 içinde benzer bir durum söz konusudur ve böylelikle soğutucu dolabın ön kapak cephesinde ortak bir sıcaklık alanı oluşmuştur.

M29 numaralı ölçüm noktasının zayıf değişimler ile hareketini ihmal ederek, dolabın arka ve ön cephelerindeki sıcaklık farkı 2,41 °C ye kadar inmiş durumdadır. Bu sıcaklık farkı, gazlı içecek üreticilerinin genelinin talep ettiği sıcaklık farkının neredeyse %50 daha düşüğü olması nedeniyle oldukça uygundur.

Bu bölüme kadar olan incelemelerde yükleme grupları içindeki ölçüm noktaları, kendi yatay düzlemleri üzerinde değerlendirildi.

Bu incelemelerde, direkt ilgili ölçüm grubunun, yani ilgili yükleme sırasının ölçüm değerleri dikkate alındı. Yatay düzlemlerdeki bu değerlendirmelere, diğer yatay ölçüm gruplarındaki ölçüm noktalarının genel sıcaklık değişim karakteristikleri de eklenerek, soğutucu dolabın içinde termal değişim ana hatları ile ortaya çıkmıştır.

Yatay düzlemlerde netleşen, sıcaklık değişim incelemeleri, bundan sonraki bölümde dikey hatlar üzerinde incelenecektir.

#### **4.2.Eş Dikey İz Düşüm Üzerinde Bulunan Ölçüm Noktalarının İncelenmesi**

Aynı dikey iz düşümler üzerinde bulunan ölçüm noktaları, bu bölümde ayrı ayrı incelenecektir. Soğutucu dolap içinde zamana bağlı sıcaklık değişimleri dikkate alınarak yapılacak bu analiz, düşey olarak termal analizin elde edilebilmesine katkıda bulunacaktır.

Yatay termal analizde olduğu gibi, dikey termal analizde de şekil 3.2 de bulunan sıra numaraları ve bölüm 3.7 deki termoelement yerleşim planları referans alınmıştır. Ancak eş dikey hatlarda, yatay düzlemlerden daha farklı bir termal analiz yöntemi kullanılacaktır.

Her ölçüm noktasında, soğutucu dolabın rejime girmeden önceki zamanları için, ilgili ölçüm noktasının sıcaklık değeri aritmetik ortalama yöntemi ile elde edilecektir. Bu ortalama değer, grafikte x ekseninde yer alacaktır.

Grafiğin y ekseninde ise, ilgili ölçüm noktasının dolap için bulunduğu fiziksel konumun dikey mesafesi olacaktır. Bu dikey mesafe, dolap iç hacmi referans alınarak ve dolap içinde taban 0 noktası kabul edilerek mm. cinsinden ifade edilecektir.

Bu yaklaşım bize ilgili dikey kontrol hattının termal dağılımını, termostat kontrolü öncesindeki zamanlarda verecektir.

Fakat farklı bir sorgulama ve analizi rejim şartları içinde, yani soğutucu dolabın termostat kontrolünün devreye girdiği zamanlarda da yapmak gerekir. Böylelikle soğutucu dolap içindeki termal değişimin dikey hatlarda, termostat kontrol zamanlarına ulaşana kadar ve ulaştıktan sonra farklı bir eğilim içinde olup olmadığının analizi gerçekleşmiş olur.

Bu analizler için gerekli olan termostat kontrol zamanlarına ulaşılmadan önceki, tüm ölçüm noktalarındaki ortalama sıcaklık değerleri tablo 4.1 de olduğu gibi hesaplanmıştır.

Tablo 4.1: Tüm ölçüm noktalarının, termostat kontrolü devreye girmeden önceki ortalama sıcaklık değerleri.

Yükseklik	A Dikey Hattı		B Dikey Hattı		C Dikey Hattı		D Dikey Hattı		E Dikey Hattı	
	Kod	Sıc. °C	Kod	Sıc. °C	Kod	Sıc. °C	Kod	Sıc. °C	Kod	Sıc. °C
1035 mm.	M6	13,66	M7	14,94	M8	15,09	M9	16,19	M10	15,46
920 mm.	M11	12,00	M12	12,04	M13	15,74	M14	16,52	M15	16,12
690 mm.	M16	10,88	M17	11,33	M18	13,17	M19	17,52	M20	14,62
460 mm.	M21	12,54	M22	10,42	M23	9,10	M24	17,14	M25	13,35
230 mm.	M26	9,61	M27	8,85	M28	12,24	M29	15,10	M30	12,40

Bu tabloda görülen yükseklik değerleri, soğutucu dolap içinde, dolap iç hacminde zeminden, ölçüm noktasına kadar olan dikey mesafedir.

Tabloda da görüleceği üzere, soğutucu dolap içinde aynı dikey iz düşüm üzerinde bulunan ölçüm noktaları A-B-C-D-E dikey hattı adları ile adlandırılmıştır.

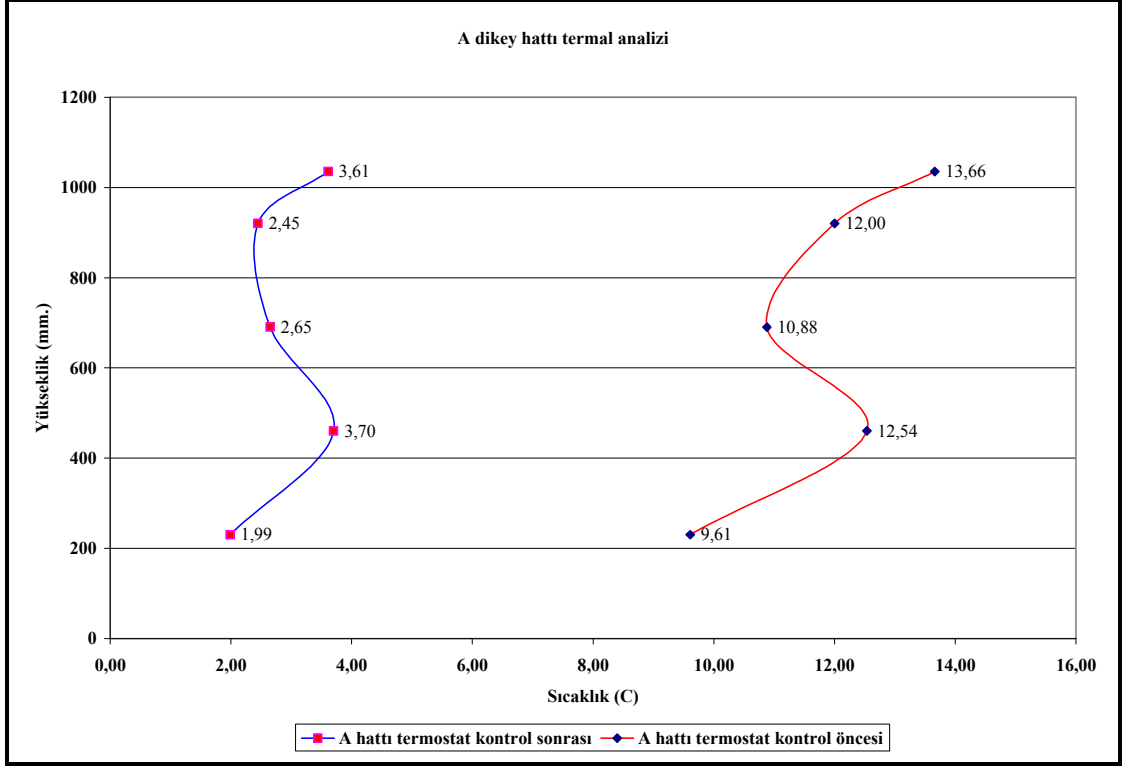
Yine bu analizlerde gerekli olan sadece termostat kontrol zamanları içerisinde, tüm ölçüm noktalarının ortalama sıcaklık değerleri ise tablo 4.2 de olduğu gibi hesaplanmıştır.

Tablo 4.2: Tüm ölçüm noktalarının, termostat kontrolü altındaki zamanlarda, ortalama sıcaklık değerleri.

Yükseklik	A Dikey Hattı		B Dikey Hattı		C Dikey Hattı		D Dikey Hattı		E Dikey Hattı	
	Kod	Sıc. °C	Kod	Sıc. °C	Kod	Sıc. °C	Kod	Sıc. °C	Kod	Sıc. °C
1035 mm.	M6	3,61	M7	5,70	M8	4,97	M9	5,43	M10	5,62
920 mm.	M11	2,45	M12	3,46	M13	4,98	M14	5,85	M15	5,23
690 mm.	M16	2,65	M17	3,08	M18	3,41	M19	5,06	M20	4,54
460 mm.	M21	3,70	M22	2,83	M23	0,91	M24	5,69	M25	3,87
230 mm.	M26	1,99	M27	0,91	M28	3,66	M29	4,77	M30	3,56

#### 4.2.1.Ölçüm numarası M6-M11-M16-M21-M26 olan dikey hattın incelemesi

Soğutucu dolabın (kapı yüzü) önden bakışta, arka sol hattını oluşturan M6-M11-M16-M21-M26 ölçüm noktalarının, A dikey hattının, sıcaklık değişiminin tablo 4.1 ve tablo 4.2 ye göre karşılaştırmalı grafiği şekil 4.12 de olduğu gibidir.



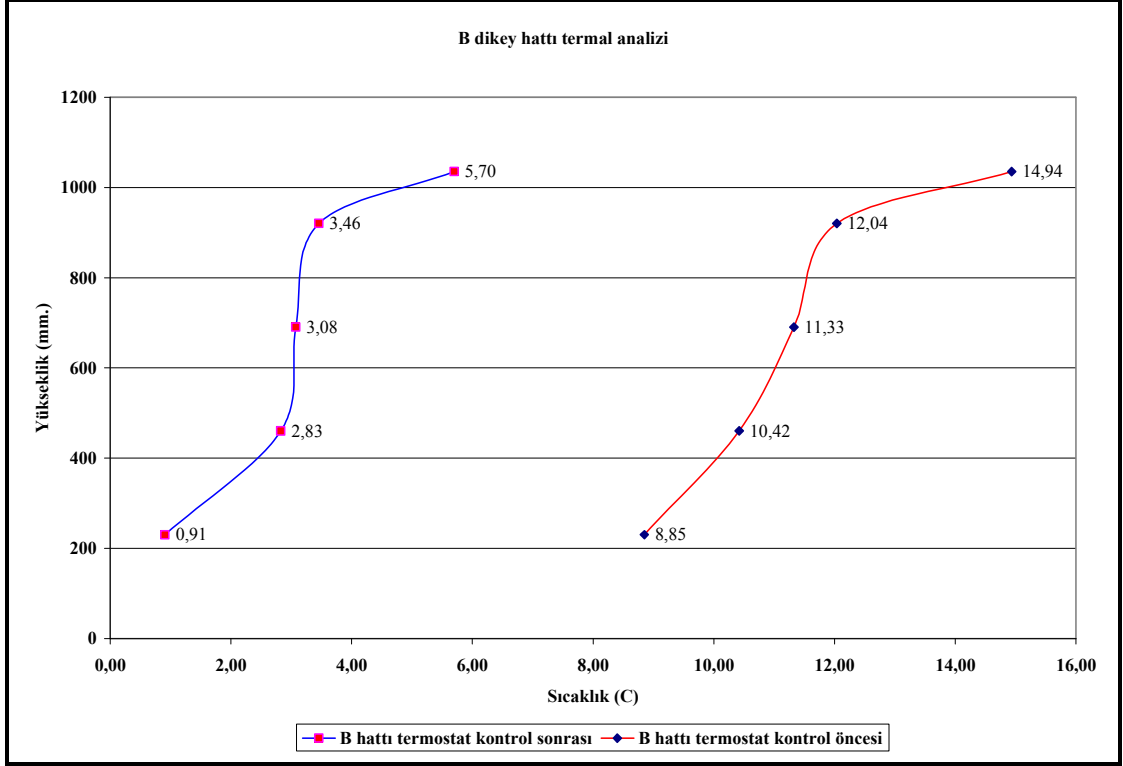
Şekil 4.12 : A dikey hattı sıcaklık analiz grafiği.

Elde edilen ölçümler ile termostat kontrolü öncesi ve sonrasında oluşan grafik incelendiğinde, sıcaklık değişim fonksiyonlarının birbirlerine paralellik gösterdiği izlenmektedir. Soğutucu dolabın A dikey hattında en soğuk alanı, alt kısımlar, en sıcak alanı ise üst kısımlarda oluşmaktadır.

#### 4.2.2. Ölçüm numarası M7-M12-M17-M22-M27 olan dikey hattın incelemesi

Soğutucu dolabın (kapı yüzü) önden bakışta, arka sağ hattını oluşturan M7-M12-M17-M22-M27 ölçüm noktalarının, B dikey hattının, sıcaklık değişiminin, tablo 4.1 ve tablo 4.2 ye göre karşılaştırmalı grafiği şekil 4.13 de olduğu gibidir.



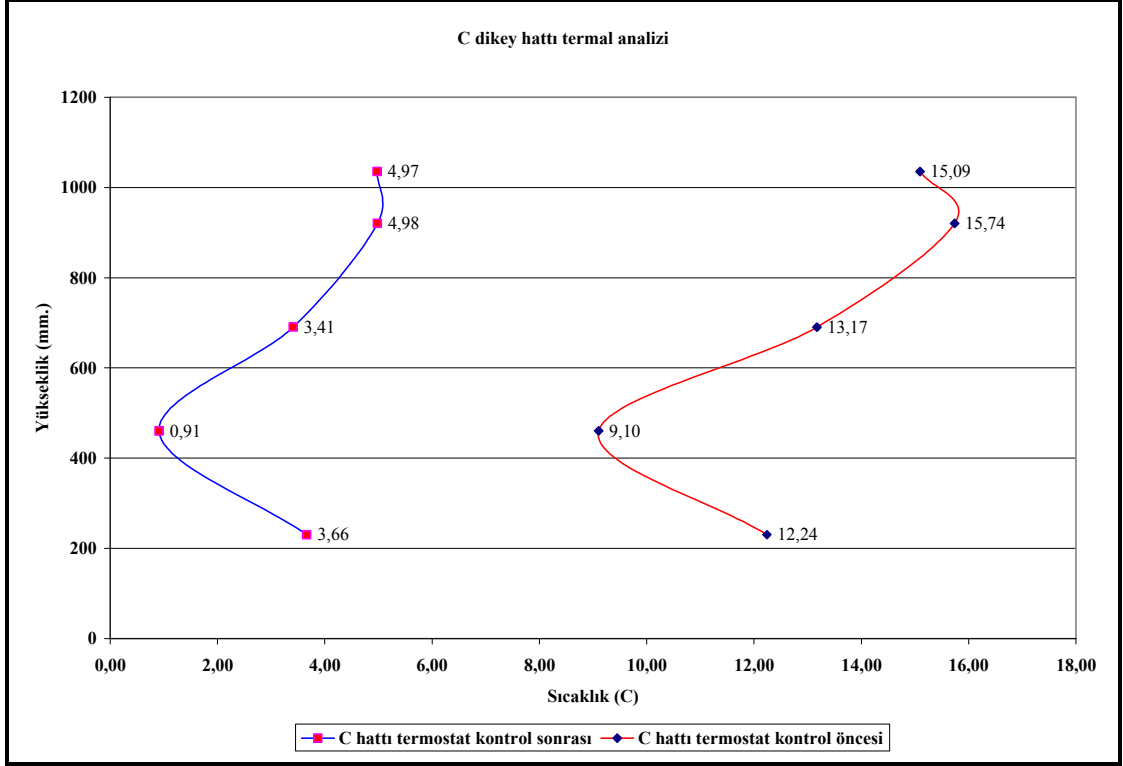


Şekil 4.13: B dikey hattı sıcaklık analiz grafiği.

Elde edilen ölçümler ile termostat kontrolü öncesi ve sonrasında oluşan grafik incelendiğinde, sıcaklık değişim fonksiyonlarının birbirlerine paralellik gösterdiği izlenmektedir. Soğutucu dolabın B dikey hattında en soğuk alanı, alt kısımlar, en sıcak alanı ise üst kısımlarda oluşmaktadır.

#### 4.2.3. Ölçüm numarası M8-M13-M18-M23-M28 olan dikey hattın incelemesi

Soğutucu dolabın (kapı yüzü) önden bakışta, ön sol hattını oluşturan M8-M13-M18-M23-M28 ölçüm noktalarının, C dikey hattının, sıcaklık değişiminin, tablo 4.1 ve tablo 4.2 ye göre karşılaştırmalı grafiği şekil 4.14 de olduğu gibidir.



Şekil 4.14 : C dikey hattı sıcaklık analiz grafiği.

Elde edilen ölçümler ile termostat kontrolü öncesi ve sonrasında oluşan grafik incelendiğinde, grafik fonksiyonları açısından bir paralellik görülmektedir. Ancak soğutucu dolabın 6 sıra numaralı yerleşiminde bulunan M23 noktası C dikey hattının en düşük sıcaklığa sahip noktasıdır.

Oysaki genel beklenti en alt noktanın en düşük olması yönünde iken, ölçümler C dikey hattındaki M23 ölçüm noktasında farklı bir eğilim oluştuğunu açıkça izlenmesine sebep olmuştur. Bu bölgedeki sıcaklık değişimini değerlendirirken, bölüm 4.1.4 'ün tekrar gözden geçirilmesinde fayda olacaktır.

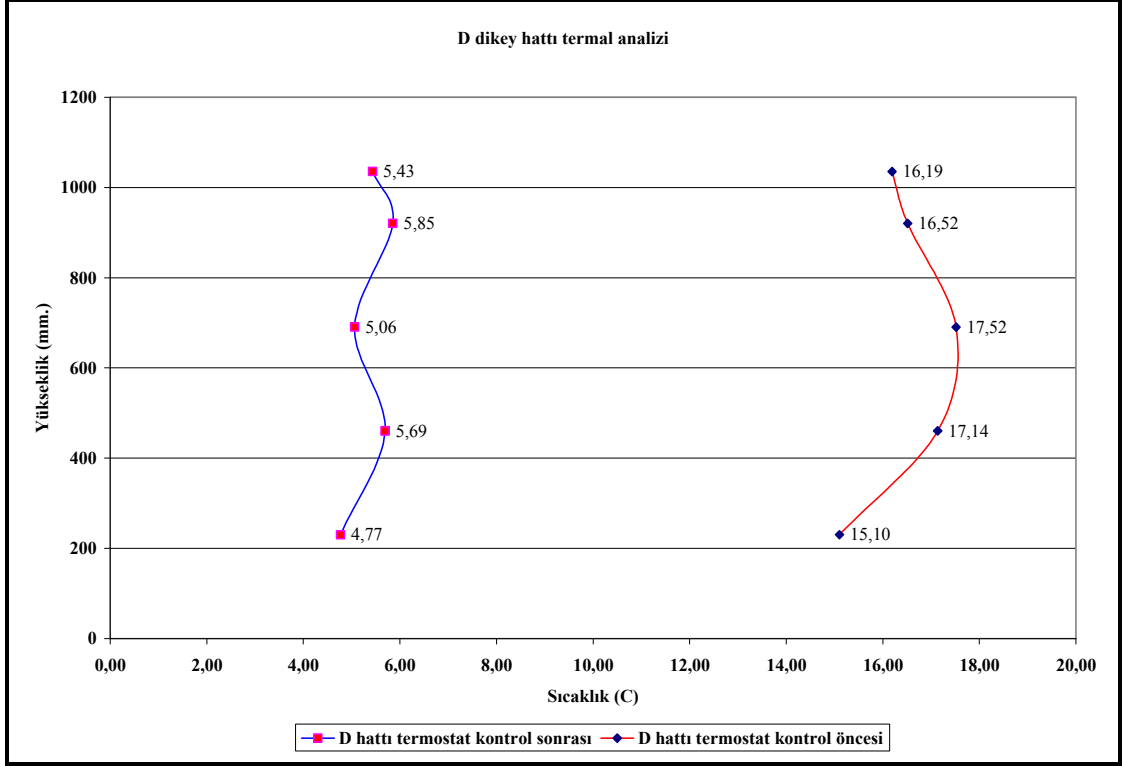
Çünkü bölüm 4.1.4 de açıkça ifade edildiği üzere, 6. sraya denk gelen ve sadece 6. sıra bölgesinin arka yüzeyinde oluşan ek ısı kaybı vardır. Bu ek ısı kaybının, soğutucu dolabın iç hacminde 6 sıra yüksekliğinde farklı bir ısı akışı oluşturarak genel beklentileri farklı yönde etkilediği düşünülmektedir. Sıcaklık değişimleri soğutucu dolap içinde incelendiğinde, makul bir ısı akışı varken, 6. sırada arka cephede sıcaklık artmakta ve 6.

sıra ön cephede sıcaklık düşmektedir. Yani sözde evaporatöre yakın olan nokta ısınırken, uzak olan nokta derin soğuma etkisi göstermektedir.

Bunun nedeni, aslen dolabın ön kapak yüzeyinde sıcaklığın düşmesi değildir. 6. sıra arka cephede, yani evaporatöre bağlı olduğu yüzey alanının alt kısmında, dışarıdan içeriye ısı geçişinin fazla olmasıdır. Gerekçesi bölüm 4.1.4 de belirtildiği üzere, kondanser ve evaporatör ölçülerinin birbirleri ile aynı olmaması, kondanser yüzey alanının, evaporatörden daha büyük olmasıdır. Ayrıca bölüm 5' de ele alınacak olan sayısal çözümleme yöntemi ile bu bölümde türbülanslı akışların daha yoğun olduğu görsel olarak da tespit edilmiştir.

#### **4.2.4.Ölçüm numarası M9-M14-M19-M24-M29 olan dikey hattın incelemesi**

Soğutucu dolabın önden (kapı yüzü) bakışta, ön sağ hattını oluşturan M9-M14-M19-M24-M29 ölçüm noktalarının, D dikey hattının, sıcaklık değişiminin, tablo 4.1 ve tablo 4.2 ye göre karşılaştırmalı grafiği şekil 4.15 de olduğu gibidir.

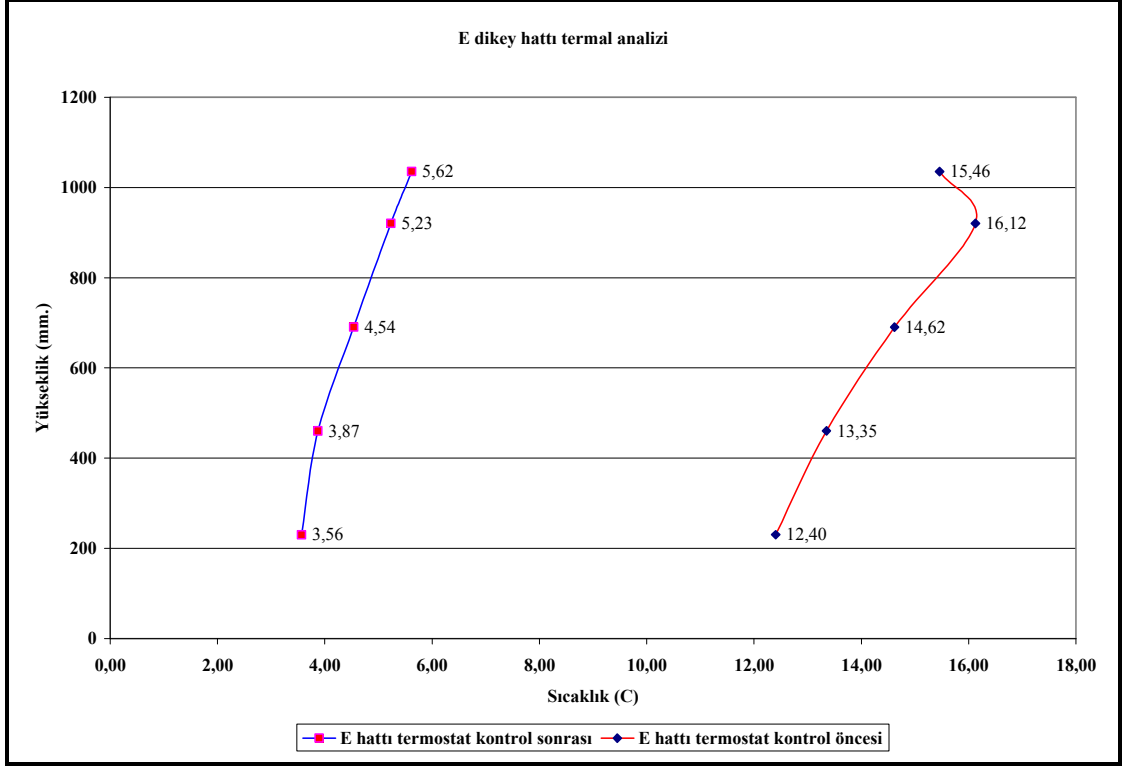


Şekil 4.15 : D dikey hattı sıcaklık analiz grafiği.

D dikey hattında bulunan ölçüm noktalarının termostat kontrol zamanlarına, nispi olarak diğer ölçüm noktalarına göre daha geç tepki verdiğini ve nedenlerini bölüm 4.1.3 de açıklamıştık. Bu genel karakteristik yapının D dikey hattı boyunca mevcut olduğunu D dikey hattının termostat kontrol sonrası grafik fonksiyonunu, A,B ve C dikey hatları ile kıyasladığımız zaman da görmekteyiz.

#### 4.2.5. Ölçüm numarası M10-M15-M20-M25-M30 olan dikey hattın incelemesi

Soğutucu dolabın önden (kapı yüzü) bakışta, ön orta hattını oluşturan M10-M15-M20-M25-M30 ölçüm noktalarının, E dikey hattının, sıcaklık değişiminin, tablo 4.1 ve tablo 4.2 ye göre karşılaştırmalı grafiği şekil 4.16 de olduğu gibidir.



Şekil 4.16 :E dikey hattı sıcaklık analiz grafiği.

E dikey hattının termostat kontrolü öncesi grafik fonksiyonu, termostatın devreye girmesi ve termostat zamanlarının başlaması ile birlikte, termostat kontrol zaman aralığı içindeki fonksiyon grafiğine yakınsamıştır.

D hattından sonra termostat kontrol zamanlarında, tepkimeleri en zayıf olan hat D dikey hattı olmuştur. Soğutucu dolap içinde metal kutuların aralıksız yerleşim düzenekleri gereği, taşınım ile ısı geçişinin en çok zorlandığı bölgenin D dikey atından sonra E dikey hattı olduğu düşünülmektedir.

Ayrıca bir farklılık oluşturup oluşturmayacağını incelemek için, ölçüm noktaları yerleşim planında, diğerlerinden farklı olarak 4. sıra yerleşim planında 20 numaralı ölçüm noktası iç sırada ve ortaya yerleştirilmiştir. Ancak tüm ölçüm sonuçları incelendiğinde bu ölçüm noktası, soğutucu dolap içinde hemen hemen geometrik orta noktada bulunduğu için, tüm dikey hatlardan bağımsız bir iz düşüme sahip olmasına rağmen, etkinliği E dikey hattı ile bütünleşmiştir.

## **5. SAYISAL HESAPLAMA YÖNTEMİ YARDIMI İLE ISI VE AKIŞ ANALİZİ**

Bundan önceki tüm bölümlerde, fiili olarak gerçekleştirilen teste ait ölçülebilen sonuçlar dikkate alınarak, soğutucu dolap içindeki sıcaklık değişimi incelendi. Ancak farklı ölçülerde ve farklı özelliklere sahip dolaplar için bu fiili testlerin tekrarlanması gerekmektedir. Test yapmadan değişik boyut ve çalışma şartlarındaki soğutucuların analizlerini sağlıklı yapabilmek için ise, bu test sonuçlarının veya yakın çözümlerin elde edilebildiği bilgisayar destekli hava akışı ve ısı analizinin yapılmasına ihtiyaç vardır.

### **5.1. Bilgisayar Destekli Hesaplamaların Koşulları ve Çözüm Yöntemi**

Başlangıç değerleri, yapılan testin ölçüm noktalarının başlangıç değerleri ile aynı olmak üzere, analiz için kullanılan paket programlar ve kabul edilen şartlar şunlardır:

Soğutucu dolabın geometrisinin oluşturulmasında ve sayısal çözümlemede gerekli olan ağ yapısının sağlanmasında ve çözümlenmesinde Star-CCM+ paket programı kullanılmıştır.

Dolap geometrisi oluşturulurken iç ölçüler 521 mm x 465mm x 1571 mm olarak alınmıştır. Dış ölçüler 595 mm x 600 mm x 1850 mm alınmıştır.

Dolap yalıtım malzemesi olarak, poliüretan köpük kullanılıp ısı iletim katsayısı 0,035 W/mK alınmıştır. Ortalama yalıtım kalınlığı 37 mm. olarak alınmıştır.

Evaporatör sıcaklığı için sabit -12 °C sınır şartı girilmiştir. Çevre sıcaklığı 32 °C alınmıştır.

Dolabın iç yüzeylerine sınır şartı olarak serbest akış sıcaklığı 32 °C ve ısı geçiş katsayısı 10 W/m<sup>2</sup>K alınmıştır.

Dolabın 6 tane dış yüzeyi için ,kabuk iletimi özelliği açılmıştır.

Yalıtım malzemesi ve metal kutu içecek isimlerinden iki tane katı malzeme oluşturulup, yalıtım malzemesi için belirtilen değer, metal kutu içecek isimli malzeme için ise; bütün değerler sıvı su ile aynı girilmiş sadece ısıl iletkenlik değeri sudan farklı olarak 0,6 yerine 2 W/mK girilmiştir. Bunun nedeni ise kola kutusunun içinde taşınım ile ısı geçişinde göz önünde bulundurulmasıdır.

Yerçekimi y ekseninde -9,81 m/s<sup>2</sup> girilmiştir. Çözüm ağı ( mesh ) 1.309.531 tane hücreden oluşturulmuştur.Çözüm ağı için her tarafta 13 mm ölçüsünde tetrahedral ağ (mesh) kullanılmıştır.

Dolap içindeki akışkan hava olarak seçip yoğunluğuna ideal gaz özelliği atanmıştır. Dolabın içindeki bütün ısı geçişi doğal taşınım yolu ile gerçekleştiği kabul edilmiştir.

Sürtünmeli ısınma özelliğini gerektirecek yüksek hızlar olmadığı için bu özellik aktif edilmemiştir.

Metal kutu içeceklerin dışlarına bir cidar direnci atanmamıştır. Dış cidarı alüminyum olmasından dolayı ısı iletim direnci çok düşük olacağı için ihmal edilmiştir.

378 tane metal kutulu içeceğin sınırları için program otomatik olarak çiftleştirme (coupled) sınır şartını atamıştır.

Solver ayarlarından default olarak “SIMPLE” algoritması uygulanmış , basınç ayrıklaştırması için “Body Force Weighted” seçilip yoğunluk, momentum ve enerji ayrıklaştırması için “2nd order upwind” seçilmiştir.

“Under Relaxtion Factor” ler çözüm ilerledikçe düşürölüp 8 de 1 ine kadar indirilmiştir.

Çözüm yöntemi özellikleri olarak programda, implicit formulation [16], green-gauss cell based gradient option [17] çözümleneleri kullanılmıştır.

Akışın çözümünde kullanılan genel enerji denklemi : [17]

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \int_V \rho \chi E dV + \oint_A [\rho H(v - v_g) + v_g p] \cdot da = \\ - \oint_A q'' \cdot da + \oint_A T \cdot v da + \oint_V f \cdot v dV + \oint_V s dV \end{aligned} \quad (5.1.1)$$

$E$  toplam enerji,  $H$  toplam entalpi,  $q''$  ısı değişim vektörü,  $T$  sürtünme gerilimi,  $f$  toplam kuvvet faktörü,  $v$  hız vektörü,  $v_g$  gridlerde oluşan hız vektörü,  $s$  enerji kaynağına katkıda bulunabilecek ek enerji olarak denklemde yerini almıştır. Toplam enerji ve toplam entalpi arasındaki bağıntı ise şöyledir.

$$E = H - p / \rho \quad (5.1.2)$$

$$H = h + |v|^2 / 2 \quad (5.1.3)$$

$$h = C_p T \quad (5.1.4)$$

Çözümlemede kullanılan analiz yöntemlerinden implicit formulation ile her n zaman adımlamasında, grid oluşumu içindeki ağ noktaları üzerinde değeri belirlemek için genel olarak; [16]

$$T_1 = \frac{(\rho \phi V)^n - (\rho \phi V)^{n-1}}{\delta t} \quad (5.1.5)$$

bağıntısı kullanılmıştır.

Bilgisayarda sayısal analizde kullanılan bir diğer çözümleneme metodu ise, basınç esaslı çözüm metodudur.[17]



$$\oint \rho \vec{v} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (5.1.6)$$

$$\oint \rho \vec{v} \cdot d\vec{A} = -\oint p I d\vec{A} + \oint \bar{\tau} d\vec{A} + \int_V \vec{F} \cdot dV \quad (5.1.7)$$

Bu çözümlerle momentum ve süreklilik denklemleri bir arada değerlendirilerek kararlı durumlara ulaşmak hedeflenmiştir. I matriks tanımlaması,  $\bar{\tau}$  stres faktörü,  $\vec{F}$  ise kuvvet vektörü olarak denklemde yerini alır.

Sayısal çözümlerde kullanılan bir başka çözümler yöntemi ise, green-gauss cell based gradient option analiz tekniğidir [17]. Bu teknikte iraksaklık teoremi aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir.

$$\int_V \nabla \phi dV = \oint_A \phi da \quad (5.1.8)$$

Bu formül gradyanların başlangıç noktası yapılıması ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$(\nabla \phi)_r = \frac{1}{V_0} \sum_f \phi_f a_f$$

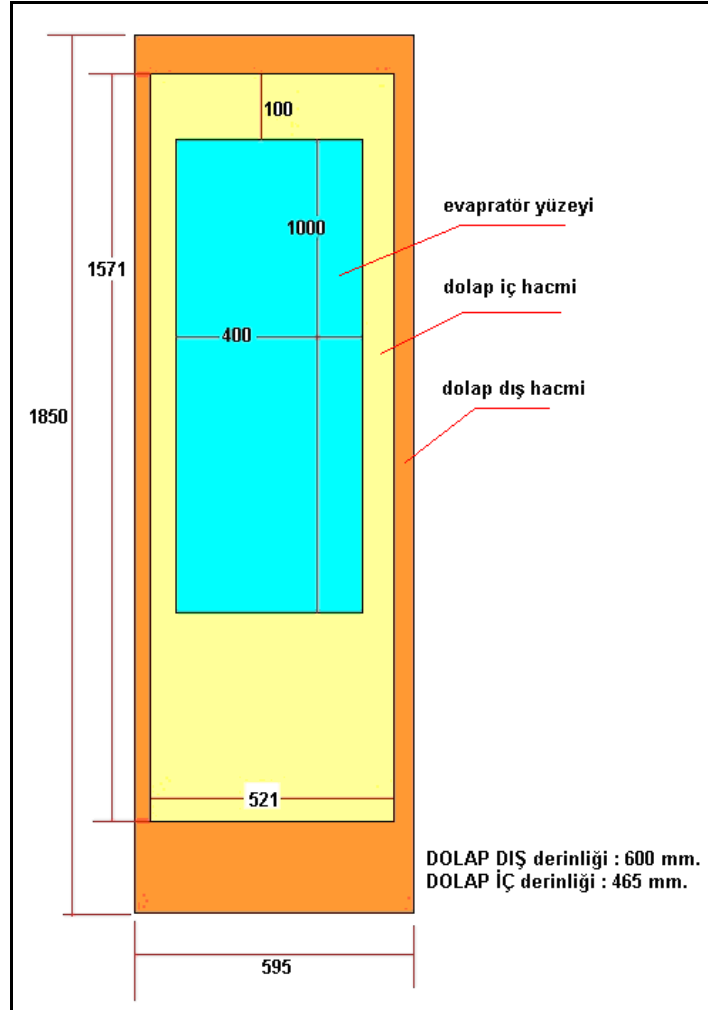
Ağ oluşumlarındaki hücrelerin değerleri ise aritmetik ortalama ile bulunur.

$$\phi_f = \frac{\phi_0 + \phi_1}{2} \quad (5.1.9)$$

Tüm bu bahsi geçen denklemler, çözümün gerçekleşmesi için kullanılan paket programda seçilmiş olan çözümler tekniklerinin genel yapısını tarif eden denklemlerdir ve program tarafından kullanılmıştır.

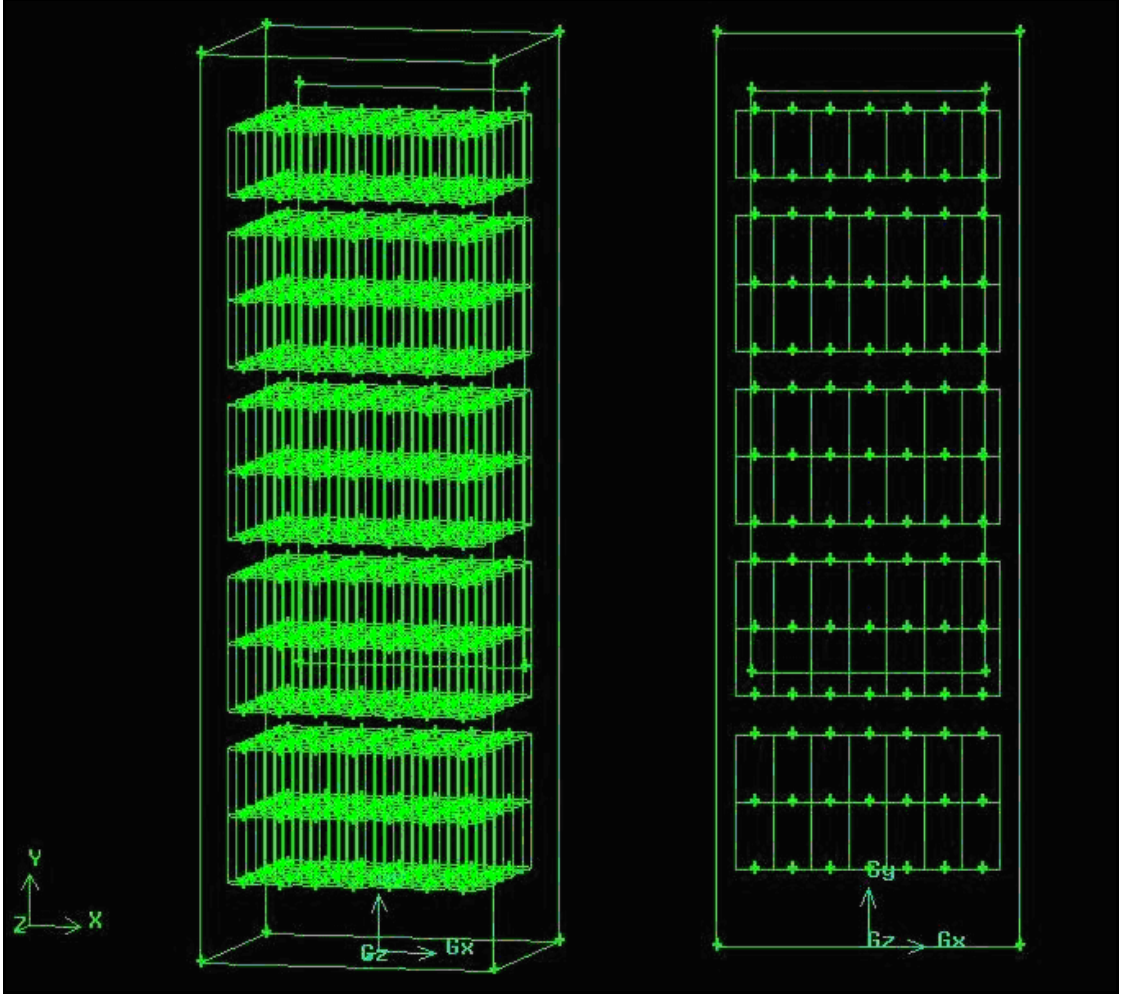
## 5.2. Sayısal Çözüm İçin Esas Alınan Geometri

Soğutucu dolabın genel geometrisine ilişkin önden görünüşü şekil 5.1 de olduğu gibidir. Sayısal çözüm için tüm çalışma boyunca koordinat sisteminde y dikey eksen olarak soğutucu dolabın yüksekliğini, x yatay eksen olarak soğutucu dolabın genişliğini, z ise soğutucu dolabın derinliğini oluşturan eksen olarak dikkate alınmıştır.



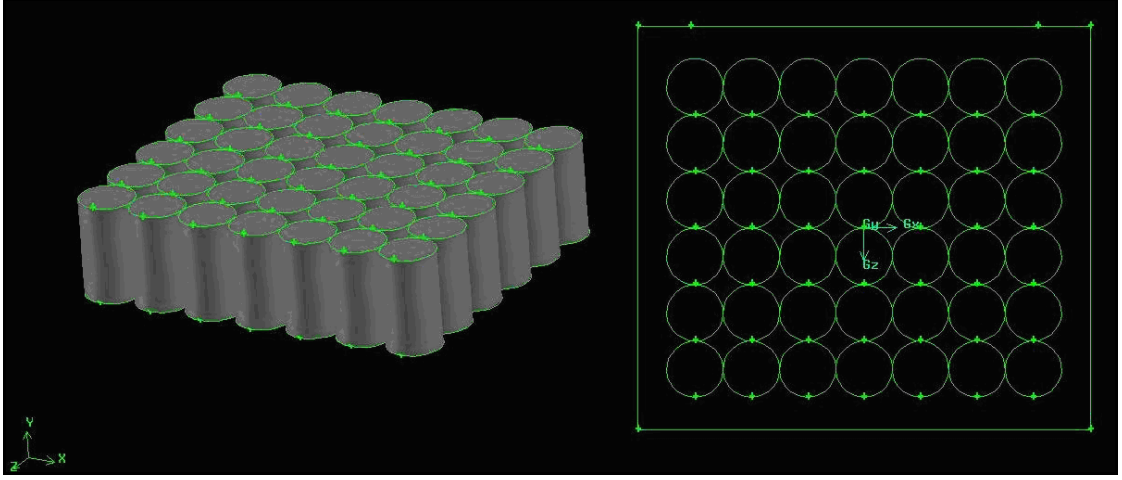
Şekil 5.1: Soğutucu dolabın mm cinsinden ölçülendirilmiş genel görüntüsü.

Gerek soğutucu dolabın, gerekse dolap içine sayısal çözümlerde kullanılmak üzere yerleştirilecek olan metal kutu içecekler bilgisayar ile modellenmiştir. Soğutucu dolaba ilişkin modellemenin görüntüleri şekil 5.2 de olduğu gibidir.



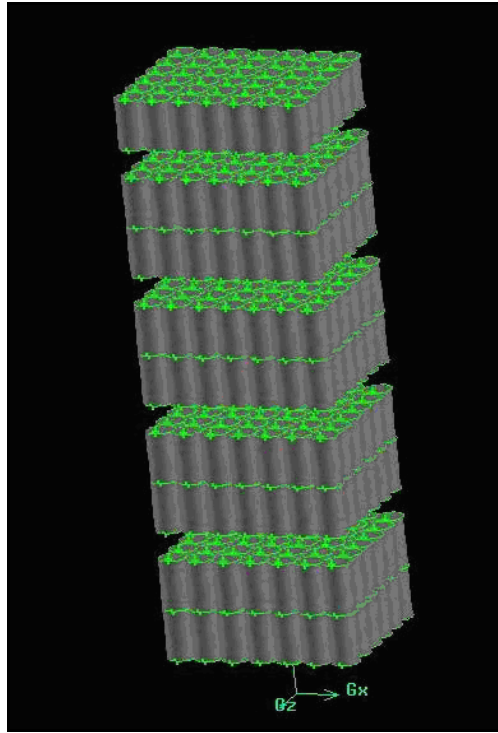
Şekil 5.2 : Soğutucu dolabın sayısal çözüm için oluşturulan modeli.

Soğutucu dolabın içinde yer alması ön görülen standart metal kutulu içeceklere ait modellemelerin genel görüntüsü şekil 5.3 ' de olduğu gibidir.



Şekil 5.3 : Metal kutulu içeceklerin model görüntüsü.

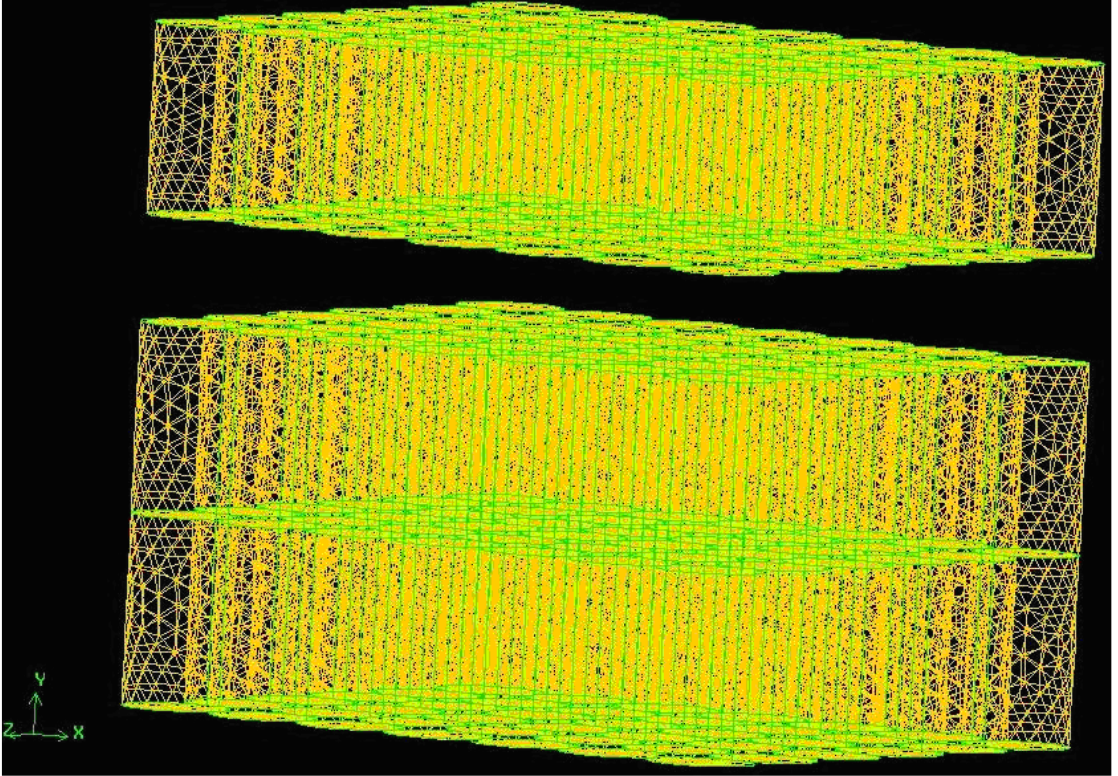
Metal kutulu içeceklerin dolap içinde kapladığı kütsel alanın katı modellemesi şekil 5.4' de olduğu gibidir.



Şekil 5.4: İçeceklerin soğutucu dolap içinde toplam görünümü.

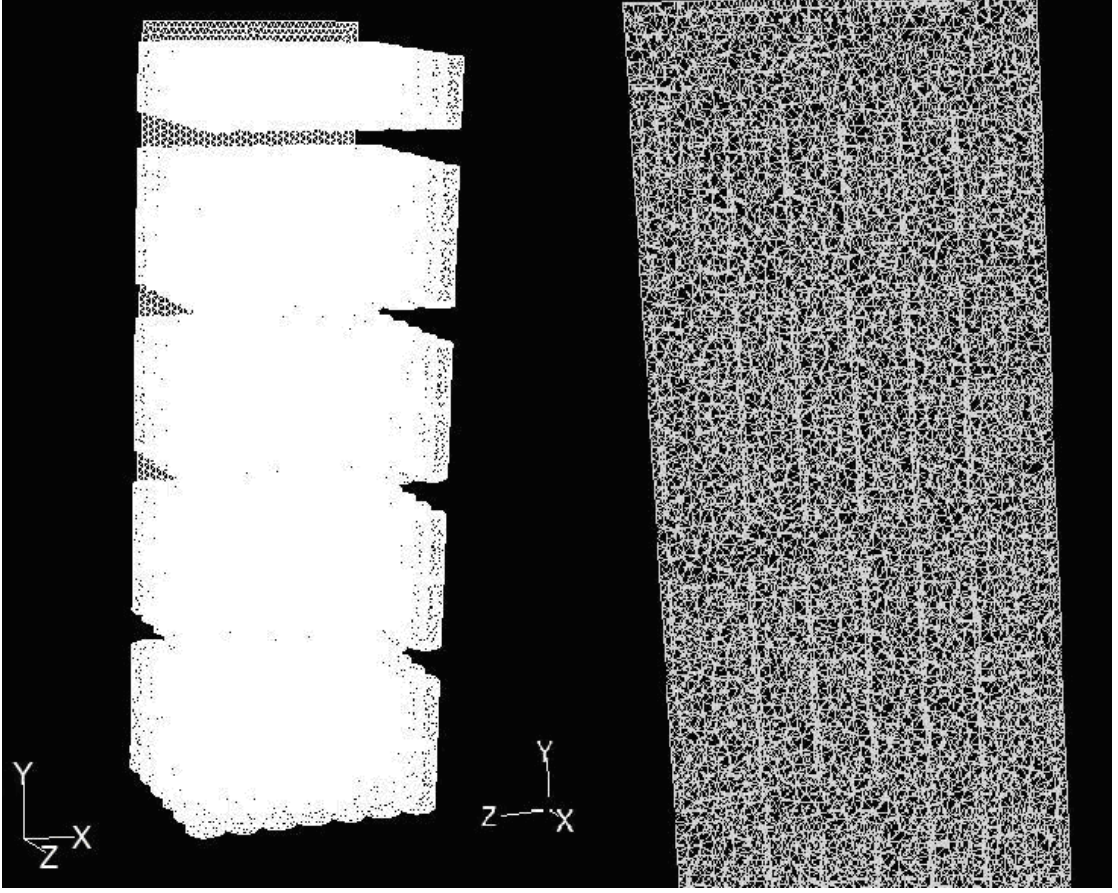
### 5.3. Sayısal Analizde Kullanılan Çözüm Ağları

Çözümlemede 1.309.531 adet çözüm hücresi (mesh) oluşturulmuştur. Çözüm ağları 13 mm lik tetrahedral ağlardan oluşmaktadır. Metal kutulu içeceklerde oluşturulan çözüm ağlarına yönelik görünüş şekil 5.5' de olduğu gibidir.



Şekil 5.5: Metal kutulu içeceklerde ağ oluşumu.

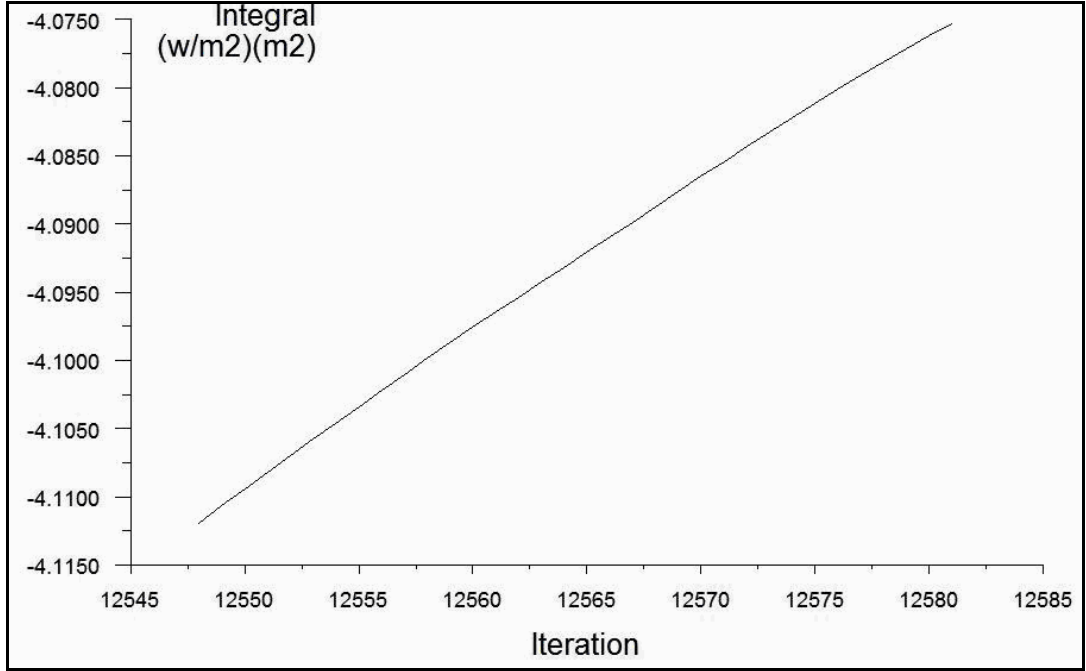
Soğutucu dolap içinde yine aynı yöntem ile oluşturulmuş ağ düzeneği ise şekil 5.6' de olduğu gibidir.



Şekil 5.6: Soğutucu dolap içindeki ağ oluşumu.

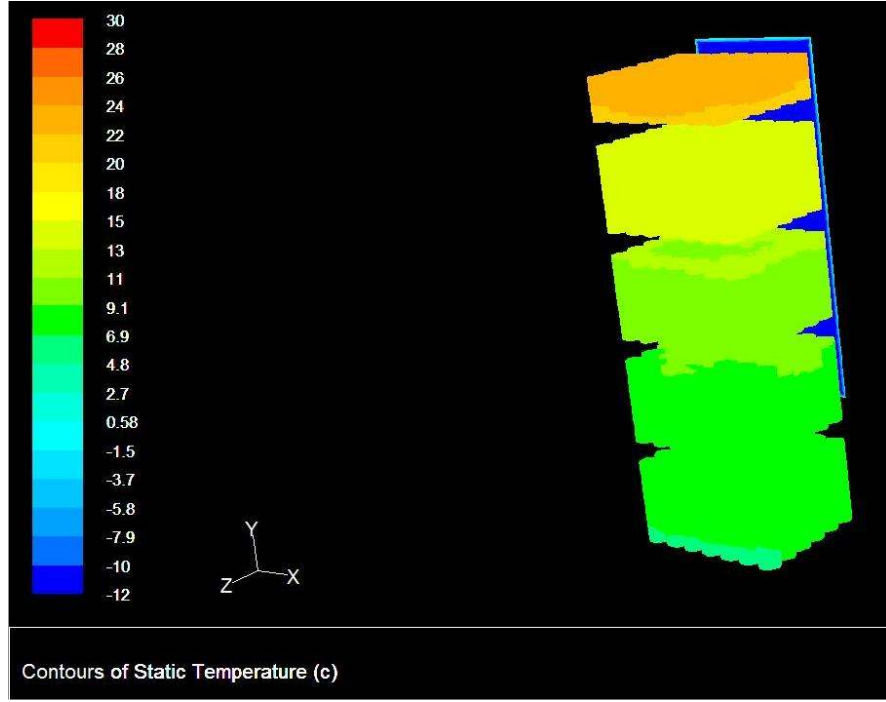
#### 5.4. Sayısal Çözümlerin Görsel Sonuçları

Hazırlanan katı modellemeler ve ağ noktaları ile çözüme ulaşılmaya çalışılmıştır. Her iterasyon adımı, enerji dengesinin sağlanması yönünde olumlu sonuçlar vermiştir. İterasyon adedi artıkça mutlak dengeye yaklaşılmıştır. Enerji dengesinin iterasyona bağlı değişimi şekil 5.7 ' de olduğu gibidir.

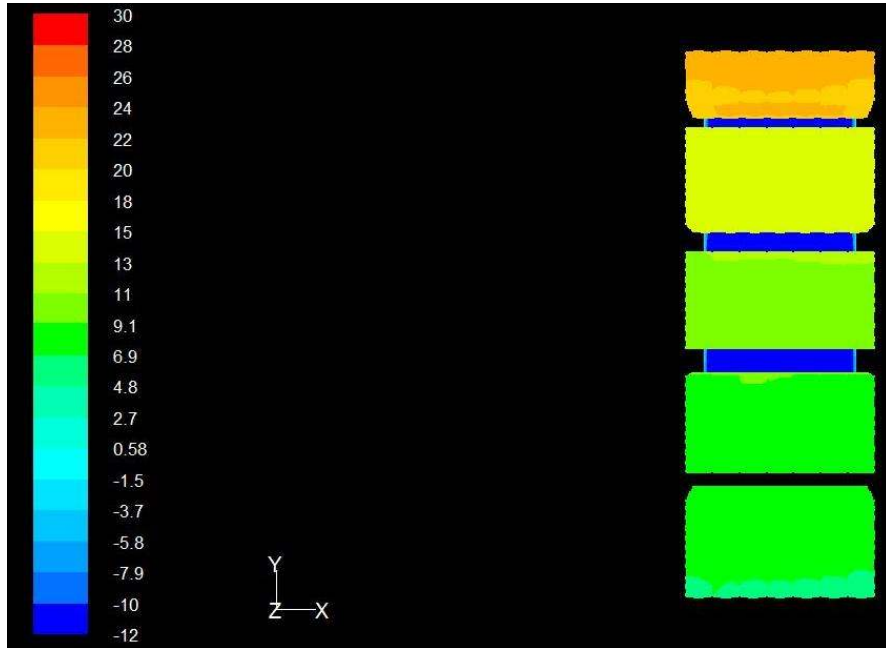


Şekil 5.7 : Enerji dengesinin iterasyonla değişimi.

Farklı görünüş açıları üzerinden, çözümlene devam ederken, metal kutulu içecekler üzerinde oluşan sıcaklık dağılımının, fiili test sonuçları ile sayısal çözümlenin 435. dakikasında benzer sonuçlar verdiği şekil 5.8, şekil 5.9 ve şekil 5.10' de görülmektedir. Yapılan bu çalışma, mutlak enerji dengesinin oluşumundan daha fazla, sıcaklık değişimin soğutucu dolap içinde dağılım hareketinin incelenmesine yönelik olduğu için, belirtilen şekiller bu konuda analize daha kolay imkan sağlamaktadır.

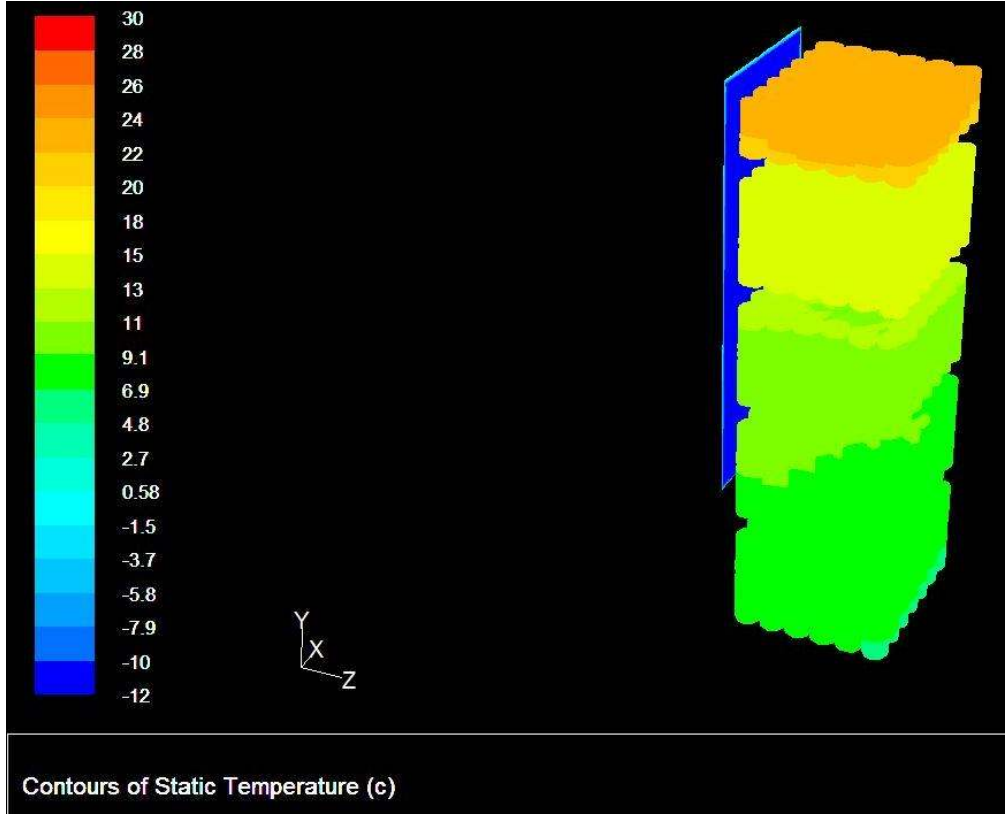


Şekil 5.8 : Metal kutulu içeceklerde sıcaklık dağılımı görünüş 1.



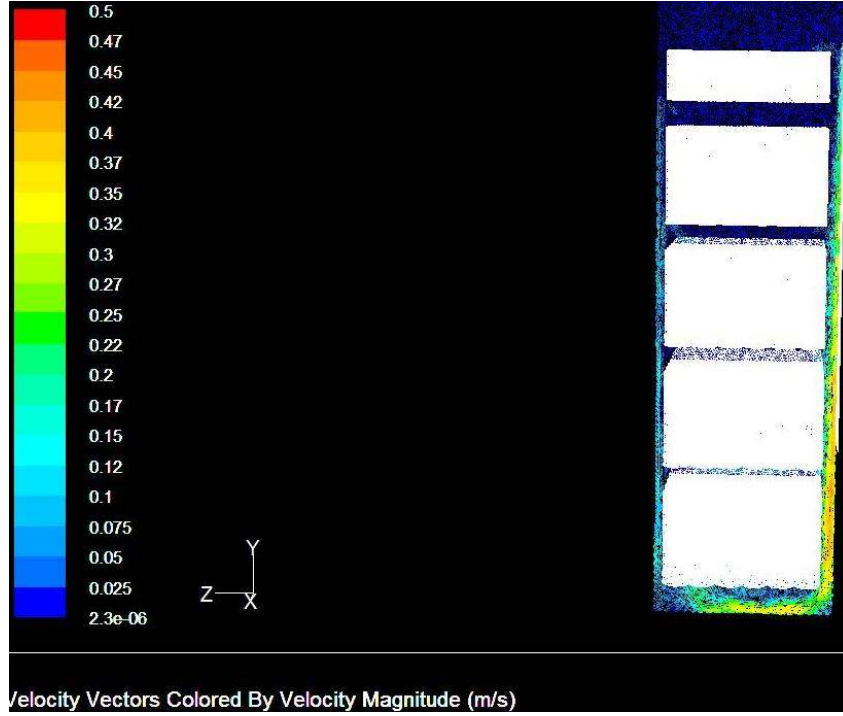
Şekil 5.9: Metal kutulu içeceklerde sıcaklık dağılımı görünüş 2.



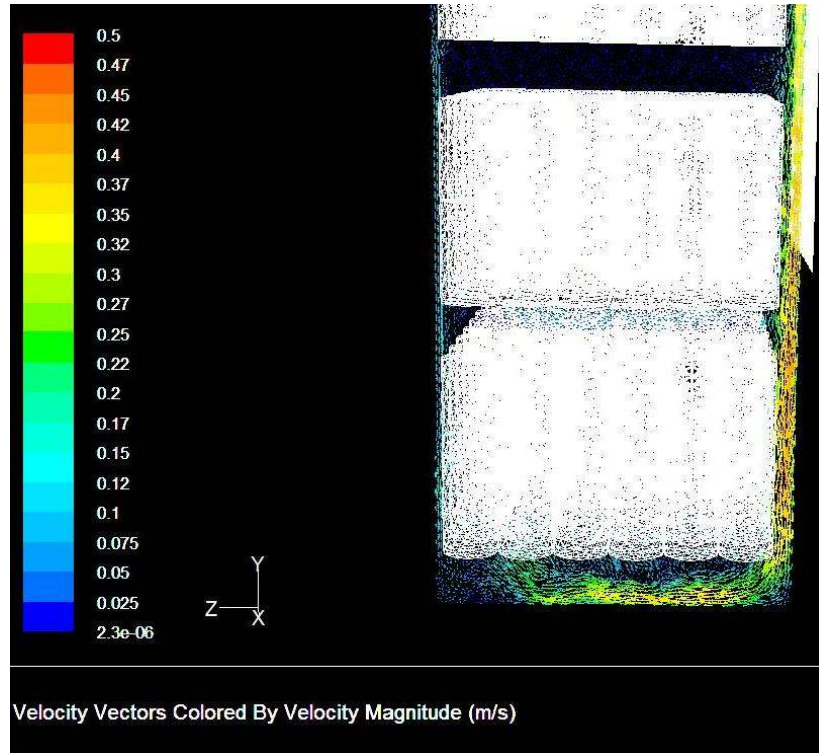


Şekil 5.10 : Metal kutulu içeceklerde sıcaklık dağılımı görünüş 3.

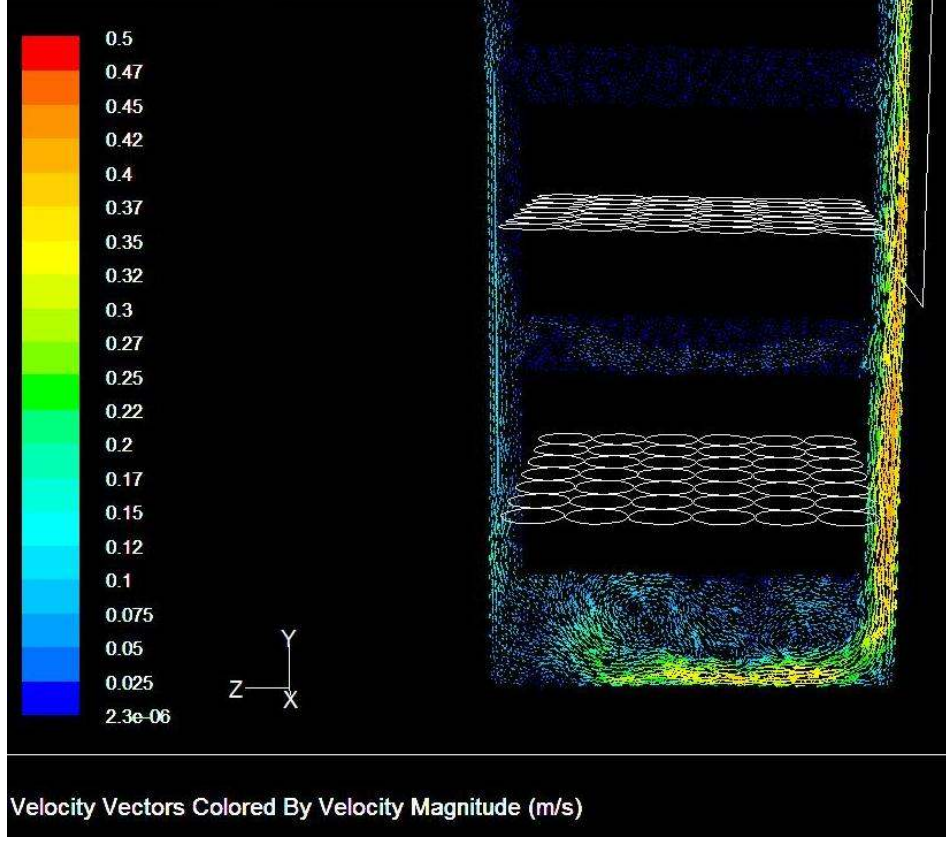
Soğutucu dolabın alt kısmından oluşan sıcaklık değişimleri, soğutucu dolabın diğer alanlarına göre daha karmaşık bir değişime sahiptir. Bu nedenle soğutucu dolabın alt kısmına ilişkin ve x koordinatına dik olan bakış açısı ile elde edilen sıcaklık dağılımlarının fiili test sonuçlarına eş koşullu olarak, sayısal çözümlemenin 840. dakikasında ki sonuçları, şekil 5.11, şekil 5.12 ve şekil 5.13 ' de verilmiştir.



Şekil 5.11 : Soğutucu dolap alt kısım sıcaklık dağılımı görünüş 1.

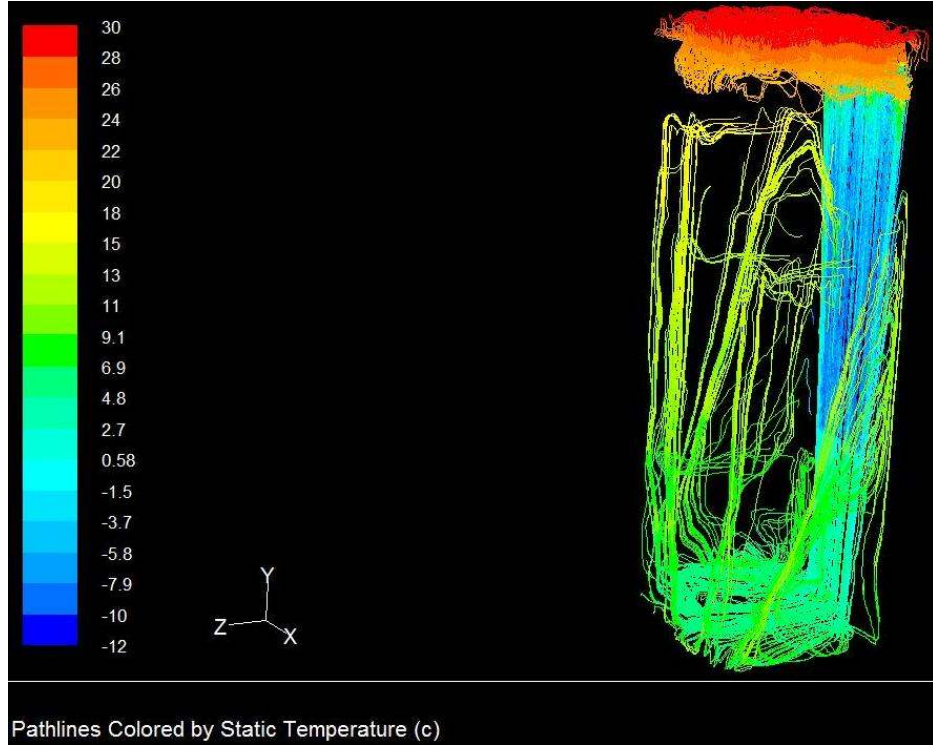


Şekil 5.12 : Soğutucu dolap alt kısım sıcaklık dağılımı görünüş 2.

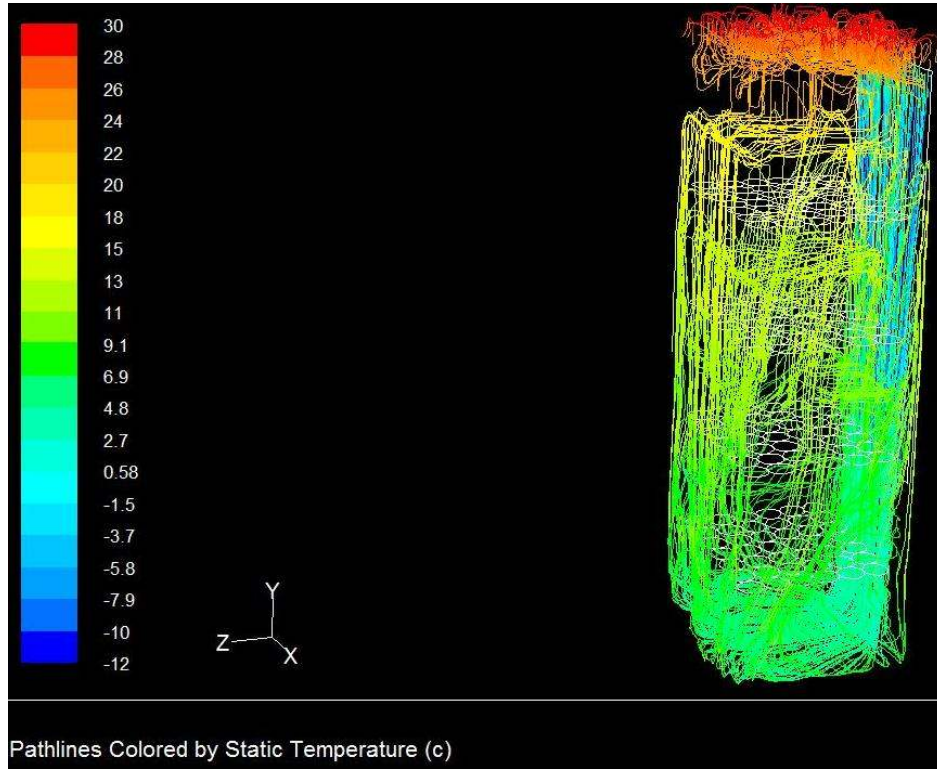


Şekil 5.13 : Soğutucu dolabın alt kısmındaki sıcaklık dağılımı görünüş 3.

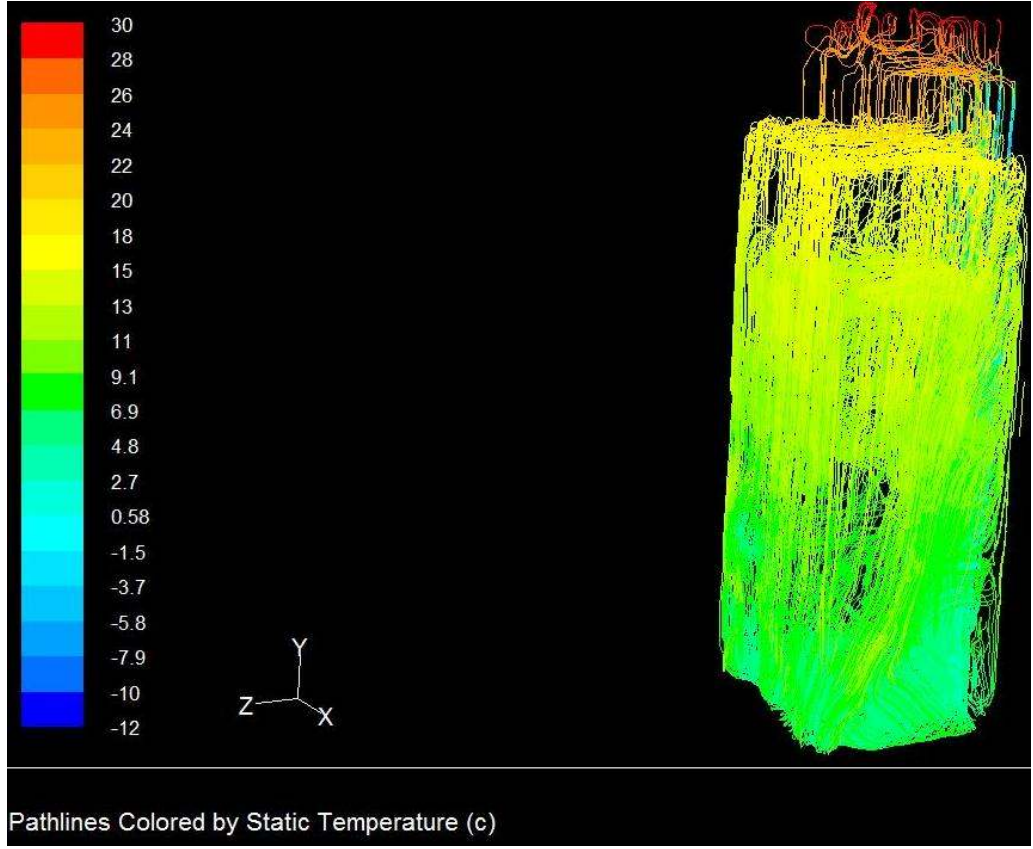
Soğutucu dolap içinde sıcaklık dağılımını daha iyi görmek için sayısal çözümleme esnasında alınan akış çizgilerine ilişkin görüntüler, görüntü yoğunluk sırasına göre ve fiili test sonuçları eş değerlerine denk gelen 555. dakika görüntüleri, şekil 5.14, şekil 5.15 ve şekil 5.16 ' da olduğu gibidir.



Şekil 5.14 : Akış çizgilerine göre sıcaklık dağılımı görünüşü 1.



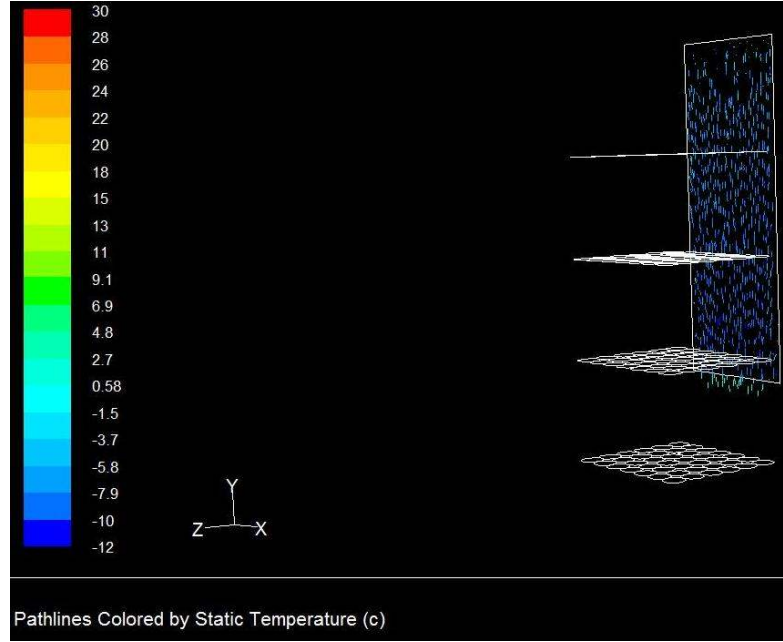
Şekil 5.15 : Akış çizgilerine göre sıcaklık dağılımı görünüşü 2.



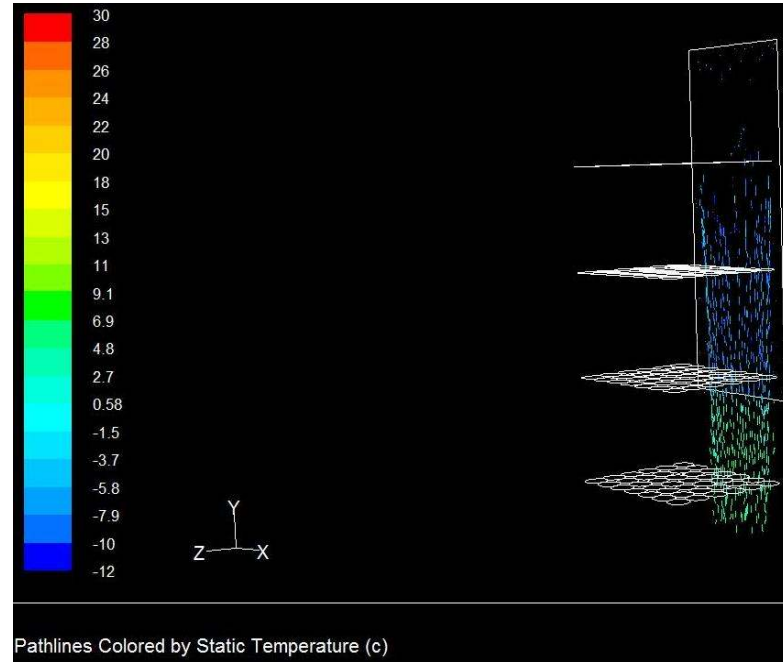
Şekil 5.16 : Akış çizgilerine göre sıcaklık dağılımı görünüşü 3.

Soğutucu dolap içinde sıcaklık dağılımını şu ana kadar olan şekil gösterimlerinde anlık olarak gösterildi. Ancak sıcaklık dağılımının hangi alanlarda ne yönde hareket ettiğini daha iyi anlayabilmek ve daha doğru bir yaklaşım ile analiz edebilmek için, farklı iterasyon adımlarındaki değişimleri izlemek gereklidir.

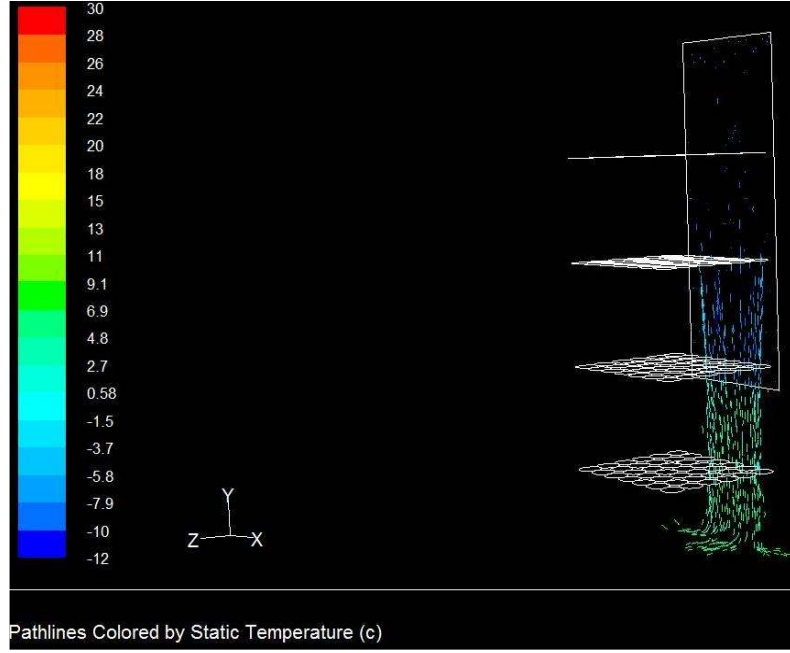
Başlangıç noktasından itibaren ilerleyen çözüm adımlarındaki sıcaklık değişimi ve akış çizgileri şekil 5.17, şekil 5.18, şekil 5.19, şekil 5.20, şekil 5.21, şekil 5.22, şekil 5.23, şekil 5.24, şekil 5.25 ve şekil 5.26' da olduğu gibidir. Kullanılan paket programın imkanlarından dolayı elde edilen bu şekiller, aslen sıcaklık dağılımından daha fazla olarak, sıcaklık değişiminin ilerleyen adımlar ile hangi yolu ağırlıklı olarak tercih ettiğini göstermektedir. Şekiller yaklaşık olarak 110 dakikalık aralıklar ile alınmıştır.



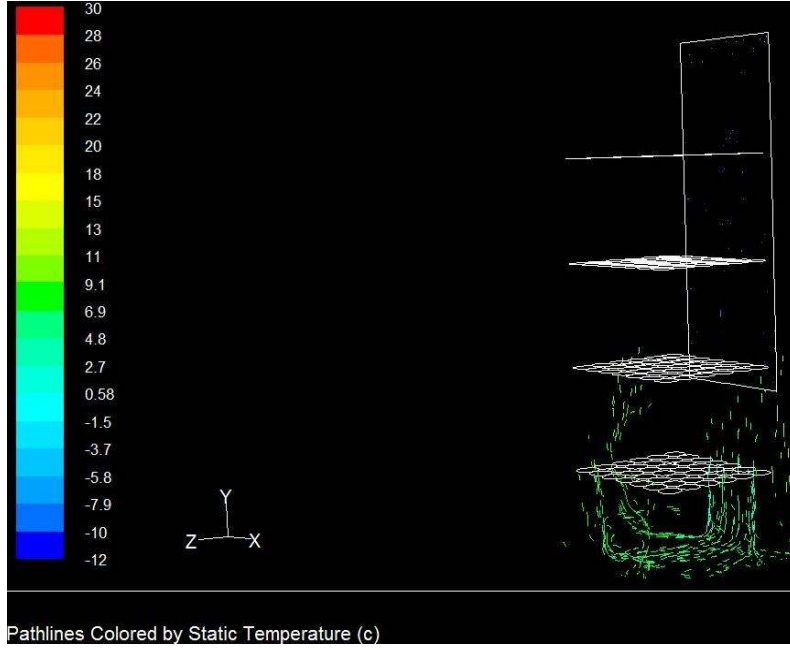
Şekil 5.17 : Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 1.



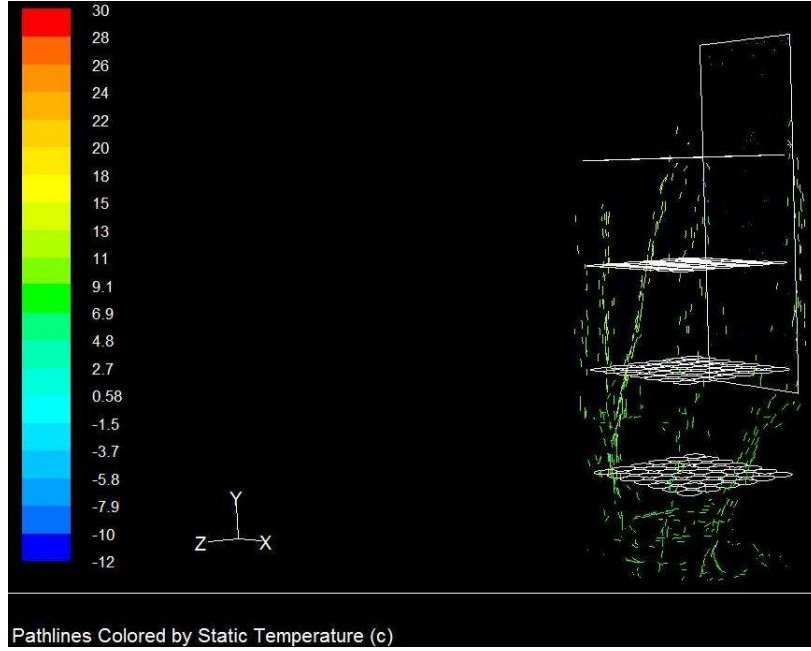
Şekil 5.18 : Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 2.



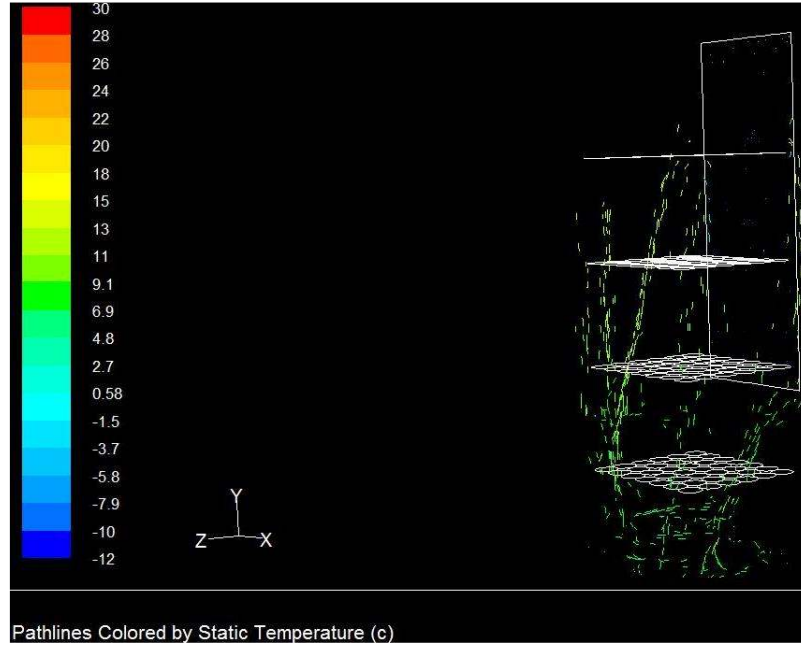
Şekil 5.19 : Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 3.



Şekil 5.20 : Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 4.

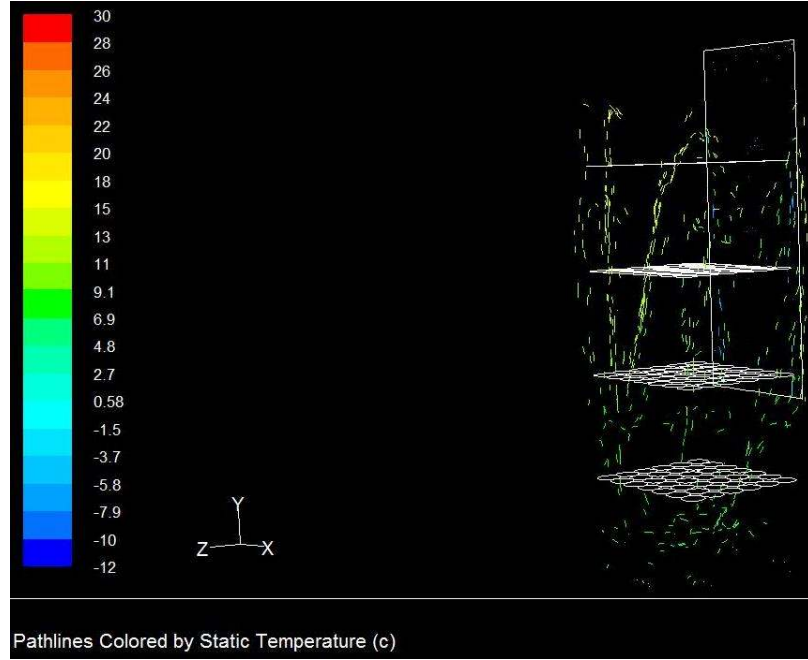


Şekil 5.21 : Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 5.

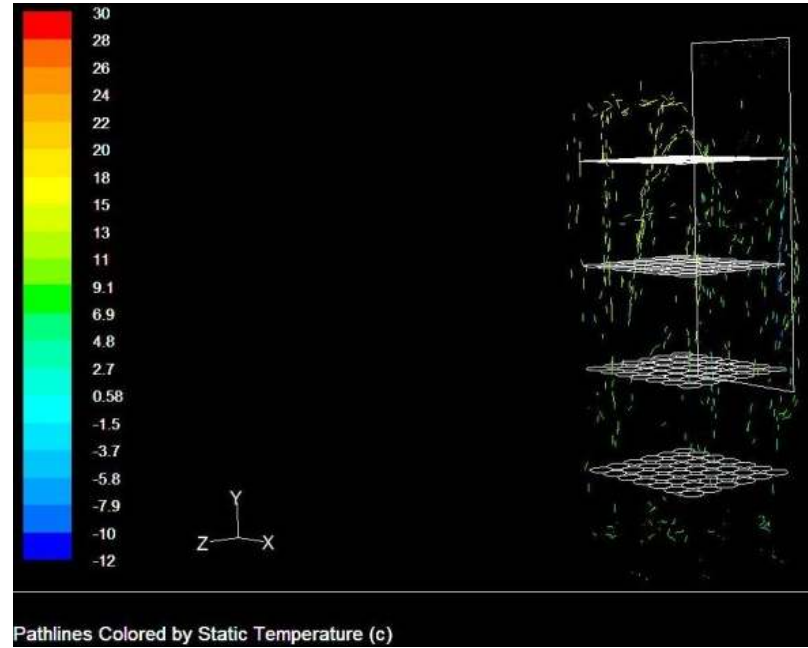


Şekil 5.22 : Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 6.

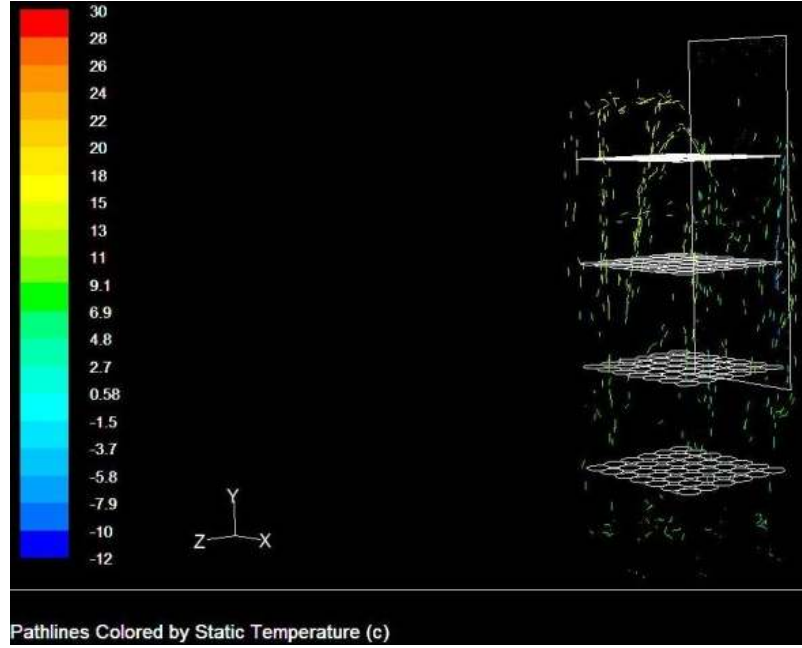




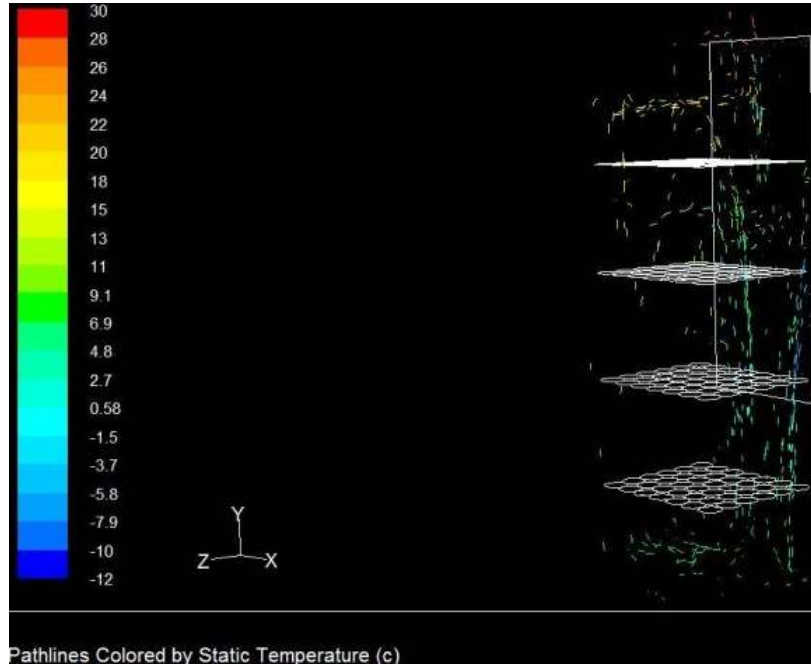
Şekil 5.23: Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 7.



Şekil 5.24 : Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 8.



Şekil 5.25 : Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 9.



Şekil 5.26 : Farklı çözüm adımlarında sıcaklık dağılımı görünüşü 10.

### **5.5. Sayısal Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Sayısal çözümlenin yapıldığı programlardan elde edilen sayısal sonuçların esas alınarak elde edilen görsel sonuçlar, soğutucu dolabın yüklü haldeki sıcaklık değişimini incelemede oldukça katkı sağlamıştır.

Sayısal çözümlene sonucu elde edilen sıcaklık dağılımı ve akış yönleri, fiili olarak gerçekleştirilen test sonuçları ile örtüşmektedir.

Soğutucu dolabın yalıtım kalınlığının artırılması veya dolap içindeki havanın ısı taşınım katsayısının düşürülmesi gibi, program üzerinden yapılacak sayısal koşul farklılıkları, daha iyi bir tasarıma ihtiyaç duyan soğutucular için, farklı alternatifler oluşturarak sayısal çözümlene yapan programlar sayesinde deneysel çalışma yapmadan çözümler elde edilebilmektedir. Ancak bu çalışmanın ihtiyaç duyduğu alan, daha iyi veya daha hızlı soğuma elde etmek değil, soğutucu dolap içindeki termal hareketi izleyebilmek olmuştur.

Bu nedenle, gerçekleştirilen test sonuçlarını doğrulayan bir sayısal çözümlene sonuçları elde edilmiş ve dolap içindeki kritik hacimsel bölgelerdeki akışın genel karakteristiği elde edilebilmiştir.

## 6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Meşrubat sektörünün gazlı içecek üretimi dikkate alınarak, en ideal homojen sıcaklık dağılımı gösterebilecek soğutucu dolaba ulaşma yolunda, deneysel ve sayısal olarak yapılan bu çalışma incelendiğinde;

18 saat üzerinde gerçekleştirilen test sonuçları analiz edilmiş ve bu test sonuçlarında bir kırılma olmadığı ve uygun değerler olduğu anlaşılmıştır. Bu ölçümlerin dolap iç hacmi dikkate alındığında, yatay ve dikey analizleri yapılarak, soğutucu dolap içinde sıcaklık dağılımı ve sıcaklık farklarına göre ısı akışını tahmin etmeye yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan sayısal çözümleme analizi sonuçları test sonuçlarına yakınsamaktadır ve görsel katkılar ile çalışmanın yorumlanabilme yeteneğini artırmıştır.

Tüm sıcaklık analizleri sonucunda;

- Evaporatör yüzeyinin soğutma kaynağı olduğu dikkate alındığında, evaporatör yüzeyinde buharlaşmanın ilk başladığı kısımda daha erken ve hızlı soğuma elde edildiği gözlenmiştir.
- Buharlaşmanın ilk başlangıç noktalarına yakın ölçüm noktalarının, termostat kontrollerine daha sert sıcaklık farkları oluşturacak yönde tepki verdiği tespit edilmiştir.
- Aynı şekilde bu bölgelere daha uzak ölçüm noktalarının, daha yakın olanlara göre termostat kontrol zamanlarına, tepkilerinin daha yumuşak, sıcaklık farkları açısından daha düşük olduğu grafik analizler ile izlenmiştir.
- Soğutucu dolabın termostat süreçleri başladıktan sonra, tüm ölçüm noktaları dikkate alındığında, eş zamanlı kontrollerde hiçbir ölçüm değeri 0 °C altına düşmemiştir.

- Yine eş zamanlı ölçümlerde, herhangi iki ölçüm noktası arasındaki sıcaklık farkı 5,5 °C 'nin üstüne çıkmayarak, bugünün şartlarında, gazlı içecek üreticilerinin talep ettikleri ana kriterlerinin en ön sırada olan sıcaklık dağılımına ilişkin yapıyı, test dolabının oluşturabildiği gözlenmiştir.
- Ölçüm noktaları arasında sıcaklık farkını matematiksel olarak artış yönünde en çok zorlayan alanın 6. sıra M21 ve M23 numaralı ölçüm noktaları olduğu tespit edilmiştir.
- En ideal soğutucu dolabın, en az sıcaklık farklarına sahip, homojen bir yapı gösteren sıcaklık dağılımına sahip bir dolap olduğu düşünüldüğünde, en önemli hususlardan biriside homojen ısı kayıplarıdır.
- Homojen içyapı oluşturmaya gayret edilirken, içeriden dışarıya bölgesel olarak farklı değerlerde ısı kaybı gerçekleşmesi, soğutucu dolap içindeki ısı akışını olumsuz yönde bozmaktadır.

Testi gerçekleştirilen bu tip bir soğutucunun, test sonuçları ve sonuçlara ilişkin termal analizine göre, daha idealize edilmiş bir sıcaklık dağılımına erişebilmek için ;

- Harici evaporatör kullanımlarında, genel görünüş tek parça halinde görünüyor olsa bile, çift evaporatör kullanılmalı, her evaporatör için ayrı buharlaşma-kısma valfi- noktaları geliştirilmelidir. Çift buharlaşma noktası, soğutucu dolap içinde A ve B dikey hatlarına denk gelecek şekilde geliştirilmelidir.
- Dolabın ön cephesinin de camlı bir kapı mevcuttur. Teşhir amaçlı soğutucularda bu camlı aksam zorunludur. Ön cephesinde kullanılan cam kapı, yüzey boyunca fiziksel olarak aynı özellikleri taşıdığı için, teorik olarak cam kapı yüzünün her alanında aynı ısı kaybı söz konusudur (kapı contası ve cam kenar alanlarındaki alüminyum çitalar hariç). Soğutucunun geri kalan tüm ana gövdesi de genel olarak eşdeğer ısı iletim katsayılarına sahip malzemelerden oluşur. Abs iç gövde, poliüretan yalıtım, metal saç dış gövde. Bu alanlarında tamamı ısı yalıtımı açısından eşdeğer olmasına rağmen, denge bozucu bir unsur olan harici kondanser grubunun yer aldığı arka cephe, ayrıca itinalı bir çalışma gerektirmelidir. Arka cephede homojen bir ısı transferi yoktur. Kondanser, arka

cephe duvarı ve evaporatör üçlemesinde, soğutucu dolabın arka yüzünde evaporatör bulunmayan alanlarda farklı bir ısı transfer alanı oluşturmaktadır. Sıcaklığı 80 °C sıcaklığı bulan kondanser, iç kısımda evaporatörün kaplamadığı arka yüz alanlarında, daha fazla ısı kaybı oluşturmaktadır. Bu soğutucunun iç hacminde olumsuz yönde etkisini göstermektedir. Harici kondanser ve evaporatör kullanımında, soğutucu dolabın arka cephesinde mümkün olduğunca, eş ısı kaybına sahip bir tasarım oluşturulması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Coca Cola Company, “Marketing equipment management technical test - approval procedure”, *Coca Cola Company*, (2008)
- [2] TS 7858 , “Soğutucu Dolaplar, Ticari-Deney Metotları-Rasgele Mekanik Dokunma Deneyi”, *Türk Standartları Enstitüsü*, (1990)
- [3] TS EN ISO 23953-2 , “Soğutuculu teşhir dolapları - Bölüm 2: Sınıflandırma, kurallar ve deney şartları”, *Türk Standartları Enstitüsü*, (2007)
- [4] David Cowen, David Zabrowski, “Application and Evaluation of Ashrae 117 – 2002 and Ashrae 32.1 – 1997”, *Food Service Technology Center Report, (FSTC 5011.04.01)*, (2004)
- [5] Geoff Day, Ben Rossetto, Joseph Ho, “Testing of Purpose-Built refrigerating Vaccine Storage Cabinets”, *Australian General Practice Network by Test Research, Thermal Laboratory Team, Report Number E175VC-01*, (2009)
- [6] J.K. Gupta, M. Ram Gopal, S. Chakraborty , “Modeling of a domestic frost-free refrigerator”, *International Journal Of Refrigeration*, 30-2007, pages 311–322 (2007)
- [7] Jacek Smolka, Andrzej J. Nowak , Dawid Rybarz, “Improved 3-D temperature uniformity in a laboratory drying oven based on experimentally validated CFD computations”, *Journal of Food Engineering*, volume 97, pages 373-383, (2010)
- [8] O. Laguerre, D. Flick, “Heat transfer by natural convection in domestic refrigerators”, *Journal of Food Engineering*, volume 62, pages 79-88, (2004)
- [9] Onrawee Laguerre, Evelyne Derens, Bernard Palagos, “Study of domestic refrigerator temperature and analysis of factors affecting temperature: a French survey”, *International Journal of Refrigeration*, volume 25, pages 653-659, (2002)
- [10] Nestle Company, “Technical specifications for the manufacture of Nestle cabinets”, *Nestle Company*, (2001)
- [11] ISO 7371, “Household refrigerating appliances - Refrigerators with or without low-temperature compartment - Characteristics and test methods”, *International Organization For Standardization*, (2005)
- [12] Klimasan A.Ş. <http://www.klimasan.com.tr/Default.aspx?languageId=1> , (Ziyaret tarihi 28-12-2009)

- [13] Pull-Down Test Analysis Technical Document of Klimasan A.Ş. Research and Development Department , ***Klimasan A.Ş.*** (2001)
- [14] Angelantoni Industrie Operating Instructions for Climatic Chamber Catalog, ***Angelantoni Industrie*** , (2002)
- [15] Siemens Micromaster Eco&Midimaster Eco Operating Instructions (Order No: 6SE9586-4AA86), ***Siemens Company*** , (2000)
- [16] Cd-Adapco , Star-CCM+, Methodology, ***Cd-Adapco Company***, (2008)
- [17] Cd-Adapco , Star-CCM+, User Guide, ***Cd-Adapco Company***, (2009)



## **ÖZGEÇMİŞ**

1972 yılında Gölcük' de doğdu. İlk ve Ortaokulu Gölcük' de, lise öğrenimini Ayvalık' da tamamladı. 1989 yılında girdiği Yıldız Üniversitesi, Kocaeli Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünden 1994 yılında Makina Mühendisi olarak mezun oldu. Isıtma, soğutma, havalandırma üzerine çeşitli şirketlerde proje, uygulama ve Ar-Ge mühendisi olarak görev aldı. Şu anda Ayvalık' da kendi işletmesinde, inşaat sektöründe faaliyet göstermektedir. Evli ve iki çocuk babasıdır.