

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BUZDOLABINA ADAPTE EDİLEBİLEN, KATMANLI DONMA YÖNTEMİ
İLE SAYDAM BUZ YAPABİLEN BİR BUZ MAKİNASI KONSTRÜKSİYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çetin USLU

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Konstrüksiyon Programı

MAYIS 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BUZDOLABINA ADAPTE EDİLEBİLEN, KATMANLI DONMA YÖNTEMİ
İLE SAYDAM BUZ YAPABİLEN BİR BUZ MAKİNASI KONSTRÜKSİYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Çetin USLU
(503131202)**

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Konstrüksiyon Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Zeynep Parlar

MAYIS 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503131202 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Çetin USLU**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**BUZDOLABINA ADAPTE EDİLEBİLEN, KATMANLI DONMA YÖNTEMİ İLE SAYDAM BUZ YAPABİLEN BİR BUZ MAKİNASI KONSTRÜKSİYONU**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Zeynep PARLAR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Cevat Erdem İMRAK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. İlknur KOÇAŞ
Gedik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2015**
Savunma Tarihi : **26 Mayıs 2015**

Aileme,

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım boyunca desteğini esirgemeyen ve kıymetli bilgileriyle bana yol gösteren tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Zeynep Parlar'a, Arçelik A.Ş. ARGE Direktörlüğü'ne, özellikle Cem Kural, Mehmet Durmaz, Yalçın Güldalı, Dr. Alper Soysal, Levent Hasanreisoglu, Samet Akan, Dr. Serdar Kocatürk, Dr. Kemal Sarıoglu ve Gökmen Peker'e, İTÜ Makina Fakültesi Konstrüksiyon Anabilim Dalı'nın değerli mensuplarına, tüm eğitim ve öğretim hayatım boyunca hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs 2015

Çetin Uslu
Makina Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMA VE SEMBOLLER.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xxi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı.....	2
1.2 Literatür Özeti.....	4
1.3 Patent Araştırması.....	7
1.4 Pazar Araştırması.....	14
2. KATMANLI DONMA VE KONSTRÜKSİYON KRİTERLERİ.....	27
2.1 Katmanlı Donma Yönteminin Teknik Detaylarının İncelenmesi.....	27
2.1.1 Soğuk yüzey sıcaklıklarının incelenmesi.....	34
2.1.2 Pompa gereksiniminin incelenmesi.....	37
2.1.3 Buz dökme sisteminin incelenmesi.....	39
2.1.4 Saydamlık ölçütünün belirlenmesi.....	41
2.2 Buz Makinasının Adapte Edileceği Buzdolabının Genel Yapısı.....	44
3. ALTERNATİF KONSTRÜKSİYONLARIN OLUŞTURULMASI.....	51
3.1 Problemin Tarifi ve İstekler Listesinin Oluşturulması.....	52
3.2 Temel Fonksiyonun Tanımlanması.....	53
3.3 Alternatif Konstrüksiyonların ve Fonksiyon Strüktürlerinin Oluşturulması.....	55
3.3.1 Alternatif konstrüksiyon 1 ve fonksiyon strüktürü.....	55
3.3.2 Alternatif konstrüksiyon 2 ve fonksiyon strüktürü.....	61
3.4 En İyi Alternatifin Belirlenmesi.....	66
4. ÖNERİLEN KONSTRÜKSİYONUN ŞEKİLLENDİRİLMESİ.....	69
4.1 Buz Makinasının Konstrüktif Detayları.....	69
4.1.1 Buz makinası grubu.....	70
4.1.2 Buz makinası şasisi ve aksesuar grubu.....	73
4.1.3 Sistemin buzdolabı çoklu kullanım bölmesine adapte edilmesi.....	74
4.2 Montaj Detaylarının İncelenmesi.....	78
5. PROTOTİP ÇALIŞMALARI VE DENEYLER.....	85
5.1 Prototip Çalışmaları.....	85
5.2 DeneySEL Çalışmalar.....	88
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	95
KAYNAKLAR.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	99

KISALTMALAR

A.Ş.	: Anonim Şirket
ARGE	: Araştırma Geliştirme
R&D	: Research and Development
L/m³	: Litre/Metreküp
°C	: Santigrat Derece
µ/s	: Mikron/Saniye
mm	: Milimetre
Co.	: Company
Inc.	: Incorporated
gr	: Gram
kg	: Kilogram
dak, dk	: Dakika
kPa	: Kilopaskal
l/dk	: Litre/Dakika
cm	: Santimetre
DC	: Direct Current
SLA	: Stereolithography
CFD	: Computational Fluid Dynamics

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Sprey tipi ticari buz makinası buzlarının saydamlık ölçümleri.	42
Çizelge 2.2 : Şelale tipi ticari buz makinası buzlarının saydamlık ölçümleri.	43
Çizelge 3.1 : İstekler listesi.	53
Çizelge 3.2 : Temel değerlendirme kriterleri ve katsayıları.	66
Çizelge 3.3 : Alt değerlendirme kriterleri ve hedef büyüklükleri.	68
Çizelge 5.1 : Prototipten elde edilen buzların saydamlık ölçümleri.	91

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Havanın sudaki çözünürlüğünün, sıcaklık ve basınç ile değişimi [1].	4
Şekil 1.2 : US3289430 numaralı patentin genel görünümü.	8
Şekil 1.3 : US3430452 numaralı patentin genel görünümü.	9
Şekil 1.4 : US5193357 numaralı patentin genel görünümü.	10
Şekil 1.5 : US6148621 numaralı patentin genel görünümü.	11
Şekil 1.6 : US2012324915 numaralı patentin genel görünümü.	12
Şekil 1.7 : US2014165619 numaralı patentin genel görünümü.	13
Şekil 1.8 : Saydam buz makinasına sahip buzdolabının genel görünümü.	15
Şekil 1.9 : Buzdolabından elde edilebilecek buz çeşitleri ve boyutları [13].	15
Şekil 1.10 : Buzdolabında bulunan buz makinasının yapısı.	16
Şekil 1.11 : Sprey tipi ticari buz makinası.	16
Şekil 1.12 : Sprey tipi ticari buz makinasının çalışma prensibi [14].	17
Şekil 1.13 : Sprey tipi ticari buz makinasının buz yapma kısmının yapısı.	17
Şekil 1.14 : Sprey tipi ticari buz makinasında su püskürtme sisteminin yapısı.	18
Şekil 1.15 : Sprey tipi ticari buz makinasının evaporator yapısı.	18
Şekil 1.16 : Sprey tipi ticari buz makinasındaki buz kabının yapısı.	19
Şekil 1.17 : Sprey tipi ticari buz makinasındaki iç hazne yapısı.	20
Şekil 1.18 : Sprey tipi ticari buz makinasının arka duvar kısmının iç yapısı.	20
Şekil 1.19 : Sprey tipi ticari buz makinasındaki pompaya ait teknik bilgiler [15].	21
Şekil 1.20 : Sprey tipi ticari buz makinasının alt kısmının yapısı.	21
Şekil 1.21 : Şelale tipi ticari buz makinası.	22
Şekil 1.22 : Şelale tipi ticari buz makinasının buz yapma bölümünün yapısı.	22
Şekil 1.23 : Şelale tipi ticari buz makinasının evaporator yapısı.	23
Şekil 1.24 : Şelale tipi ticari buz makinasının su besleme sistemi yapısı.	23
Şekil 1.25 : Şelale tipi ticari buz makinasında suyu buz kabı üzerine dağıtan yapı.	24
Şekil 1.26 : Şelale tipi ticari buz makinasındaki pompaya ait teknik bilgiler [16].	24
Şekil 1.27 : Şelale tipi ticari buz makinasının alt kısmının yapısı.	24
Şekil 2.1 : Statik durumda buz oluşumunun şematik gösterimi.	29
Şekil 2.2 : Suyun akması durumunda buz oluşumunun şematik gösterimi.	29
Şekil 2.3 : Katmanlı donma yöntemini uygulamak için gerekli en temel sistem.	30
Şekil 2.4 : Sprey tipi ticari buz makinasının buz kabı ve evaporatör yapısı.	34
Şekil 2.5 : Sprey tipi ticari buz makinasının evaporatör yüzeyi sıcaklıkları.	35
Şekil 2.6 : Şelale tipi ticari buz makinasının buz kabı ve evaporatör yapısı.	36
Şekil 2.7 : Şelale tipi ticari buz makinasının evaporatör yüzeyi sıcaklıkları.	36
Şekil 2.8 : Sprey tipi ticari buz makinasında kullanılan pompa.	37
Şekil 2.9 : Sprey tipi ticari buz makinasındaki pompanın karakteristik eğrisi.	38
Şekil 2.10 : Şelale tipi ticari buz makinasında kullanılan pompa.	38
Şekil 2.11 : Şelale tipi ticari buz makinasındaki pompanın karakteristik eğrisi.	39
Şekil 2.12 : İncelenen ticari buz makinalarındaki soğutma çevrimi [17].	40
Şekil 2.13 : Saydamlık ölçüm cihazının genel görünümü.	41
Şekil 2.14 : Sprey tipi ticari buz makinası buzlarının genel görünümü.	42

Şekil 2.15 : Şelale tipi ticari buz makinası buzlarının genel görünümü.....	43
Şekil 2.16 : Buz makinasının adapte edileceği buzdolabının genel görünümü.	45
Şekil 2.17 : Buz makinasının adapte edileceği buzdolabının detay görünümü [18]..	45
Şekil 2.18 : Buz makinasının adapte edileceği bölmenin genel görünümü.....	46
Şekil 2.19 : Mevcut buzdolabı ürünündeki kabin dibi yapısı.	47
Şekil 3.1 : Teknik sistemdeki giriş ve çıkış büyüklükleri.	55
Şekil 3.2 : Alternatif konstrüksiyon 1'in şematik görünümü.	56
Şekil 3.3 : Alternatif konstrüksiyon 1 için çoklu kullanım bölmesi içi sıcaklıklar. ..	58
Şekil 3.4 : Alternatif konstrüksiyon 1'in fonksiyon strüktürü.....	60
Şekil 3.5 : Alternatif konstrüksiyon 2'nin şematik görünümü.	61
Şekil 3.6 : Alternatif konstrüksiyon 2 için çoklu kullanım bölmesi içi sıcaklıklar. ..	63
Şekil 3.7 : Alternatif konstrüksiyon 2'nin fonksiyon strüktürü.	65
Şekil 4.1 : Buzdolabına adapte edilecek buz makinası sisteminin temel grupları.	69
Şekil 4.2 : Buz makinası grubunun genel görünümü.	70
Şekil 4.3 : Buz kabı şasisinin genel görünümü.	71
Şekil 4.4 : Su toplayıcı-dağıtıcı parça ve su besleme borusunun genel görünümü. ..	72
Şekil 4.5 : Buz makinası şasisi ve aksesuar grubunun genel görünümü.	73
Şekil 4.6 : Şasi, stok çekmecesinin kesit görünüşü ve cam raf detayları.	74
Şekil 4.7 : Buz makinasının çoklu kullanım bölmesine yerleşimi.	74
Şekil 4.8 : Çoklu kullanım bölmesinin iç plastiği üzerinde yapılan değişiklikler.	75
Şekil 4.9 : Askılık yapılarının iç plastikteki konumları.	76
Şekil 4.10 : Buz makinasının adapte edilmesinden sonra genel görünüm.	77
Şekil 4.11 : Su toplayıcı-dağıtıcı parçanın, buz kabı şasisine montajı.	78
Şekil 4.12 : Buz kabı şasisinin, buz makinası şasisine montajı-1.....	79
Şekil 4.13 : Buz kabı şasisinin, buz makinası şasisine montajı-2.....	79
Şekil 4.14 : Pompanın buz makinası şasisine montajı.	80
Şekil 4.15 : Valf-şamandıra sisteminin buz makinası şasisine montajı.	81
Şekil 4.16 : Stok çekmecesini tekerlerinin montajı.	81
Şekil 4.17 : Askılık yapılarının çoklu kullanım bölmesi iç plastiğine montajı.	82
Şekil 4.18 : Buz makinası şasisinin çoklu kullanım bölmesine montajı.	82
Şekil 4.19 : Buz stok çekmecesini ve buzdolabı cam rafının yapıya dahil edilmesi. ...	83
Şekil 5.1 : Buz kabını oluşturacak yapıların lazer kesim sonrası görünümü.....	86
Şekil 5.2 : Buz kabı yapısının genel görünümü.	86
Şekil 5.3 : Montaj edilmiş buz kabı şasisi ve buz kabının genel görünümü.	87
Şekil 5.4 : Su toplayıcı-dağıtıcı parça ve su besleme borusunun genel görünümü. ..	88
Şekil 5.5 : Buz yapma sisteminin genel görünümü.....	89
Şekil 5.6 : Deneyler sonucunda elde edilen buzların genel görünümü.	91
Şekil 5.7 : Su toplayıcı-dağıtıcı üzerinde yapılan CFD çalışması.	94

BUZDOLABINA ADAPTE EDİLEBİLEN, KATMANLI DONMA YÖNTEMİ İLE SAYDAM BUZ YAPABİLEN BİR BUZ MAKİNASI KONSTRÜKSİYONU

ÖZET

Bazı tüketici grupları, temelde içecekleri soğutmak amacıyla kullanılan buzların alışılmış standart buzlara göre daha saydam bir görünümde olması gibi bir isteğe sahiptir. Buzun daha saydam yapıda olması tüketicide buzun daha kaliteli olduğu algısını yaratmaktadır. Aynı zamanda saydam buz yapma prosesi ile elde edilecek buz, standart bir buza göre tatsız ve kokusuz olacaktır. Üstelik saydam buz saflaştırıldığı için aynı ortam koşullarındaki standart bir buza göre daha geç erimektedir. Bu yüzden bir içeceği saydam buz kullanarak soğutmak hem içeceğin tadını ve kokusunu bozmayacak hem de buzun uzun süre erimeden içeceği soğutabilmesini sağlayacaktır.

Saydam buz yapabilen çeşitli kapasitelerde ticari buz makinaları mevcuttur. Ancak bu ticari buz makinaları her ne kadar bazı tüketicilerin ihtiyaçlarına karşılık verse de kapladıkları ekstra hacim ve getirdikleri ek maliyetler bu makinalar için olumsuz bir durumdur. Bu ticari buz makinalarında bulunan hızlı ve saydam buz yapma gibi öne çıkan fonksiyonel özellikleri, buzdolabına adapte edilebilecek bir buz makinasına kazandırmak tüketici ihtiyacını karşılamak adına daha kompakt bir çözüm oluşturacaktır. Tüketici, evinde kullanacağı tek bir ürünle hem buzdolabına duyduğu gereksinimleri karşılayabilecek hem de hızlı ve saydam buz yapabilen bir buz makinasının avantajlarından faydalanabilecektir.

Bu ihtiyaçlara karşılık verecek yeni bir ürünün gelişimine katkı sağlamak için hazırlanan bu çalışmanın amacı; buzdolabına adapte edilebilen, “fractional freezing” yani katmanlı donma yöntemiyle saydam buz yapabilen bir buz makinası konstrüksiyonu gerçekleştirmek adına öncü bir çalışma yapmaktır. Tez kapsamında sadece fiziksel prensip olarak katmanlı donma yöntemini kullanarak buz yapabilen bir makinanın şekillendirilmesi hedeflenmiştir.

Çalışmanın alt yapısını oluşturmak amacıyla; literatür araştırması, patent araştırması ve pazarda bulunan benzer ürünlerin incelendiği bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Literatürde incelenen çalışmalarda, buzun saydamlığının bozulmasının ardındaki en temel nedenin donma sırasında su-buz ara yüzeyinde oluşan ve atmosfere difüze olamayan, sonuç olarak da buz içerisinde hapsolan hava kabarcıkları olduğundan yaygınlıkla bahsedilmiştir. Yapılan patent araştırmasında ise, buzdolabına adapte veya solo bir buz makinasında, bir veya birkaç farklı yöntemi bir arada kullanarak saydam buz elde edebilen konstrüksiyonlara alınmış patentlere rastlanmıştır. Ancak bu patentlerdeki saydam buz elde etme yöntemlerinden, katmanlı donma yöntemi haricindeki yöntemler bu çalışmanın konusu dışında kaldığından dolayı detaylı incelenmemişlerdir. Sadece katmanlı donma yöntemi ile ilgili alınan patentlerin detaylarına yer verilmiştir. Sonrasında yapılan pazar araştırmasında ise, buzdolabına adapte edilmiş olan ancak saydam buz yapma yöntemi olarak donma hızının

düşürülmesi yöntemini kullanan ürün ve katmanlı donma yöntemi ile saydam buz yapabilen iki farklı tip ticari buz makinası ürünü incelenmiştir. İncelemeler sonucunda katmanlı donma yöntemiyle birlikte kısa sürelerde bir buz döngüsünün tamamlandığı, donma hızının düşürülmesi yönteminde ise saydam buz elde etmek için geçen bir buz döngüsünün ise uzun süreler boyunca devam ettiği göze çarpmaktadır.

Buzdolabına adapte edilebilecek, katmanlı donma yöntemiyle saydam buz yapabilen bir buz makinası konstrüksiyonu için göz önünde bulundurulması gereken teknik kısıtları iki farklı açıdan değerlendirmek mümkündür. Birinci guruptaki kısıtlar, saydam buz elde edebilmek için kullanılacak katmanlı donma yönteminin uygulanabilmesi için gerekli olan teknik detaylardır. Katmanlı donma yönteminin temel prensibi, donma sırasında çözünürlüğü azalan ve su-buz ara yüzeyinde konsantrasyonu artan havanın, akış halindeki su sayesinde bu bölgeden uzaklaştırılmasıdır. Böylece elde edilecek buzun içinde hava kabarcıkları bulunmaz ve buz saydam olur. Katmanlı donma yöntemiyle saydam buz elde edebilmek için öncelikle suyun üzerinden akacağı soğuk bir yüzey elde etmek gerekmektedir. Bu açıdan bakıldığında teknik sistemi, soğuk yüzey elde edebilmek için kullanılan bir soğutma çevrimi ve soğuk yüzey üzerinden akacak suyun sirkülasyonunu sağlayacak bir su besleme sistemi olarak ikiye ayırmak mümkündür. Katmanlı donma yöntemiyle saydam buz elde edilebilecek konstrüksiyonu oluştururken göz önünde bulundurulması gereken ikinci kısıt grubu ise, buz yapma sisteminin adapte edileceği buzdolabının konstrüktif kısıtlarıdır. Gerçekleştirilen fizibilite çalışmaları sonucunda buz makinasının hangi tip buzdolabına adapte edileceği belirlenmiştir. Sonrasında ise, bu adaptasyon işlemini gerçekleştirebilmek için göz önünde bulundurulması gereken konstrüktif kısıtlar detaylı olarak incelenmiştir.

Teknik sistemi oluşturacak tüm kısıtların belirlenmesiyle ortaya çıkan sınırlar içerisinde kalacak şekilde konstrüksiyondan beklenen tüm istekler listelenmiştir. Bu istekler doğrultusunda alternatif konstrüksiyonlar oluşturulmuştur. Katmanlı donma yöntemiyle saydam buz elde edebilmek için oluşturulan sprej tipi ve şelale tipi buz makinası alternatifleri için gerçekleştirilen fayda-değer analizi ile bir kıyaslama yapılmıştır. Fayda-değer analizinin sonucunda şelale tipi buz makinası detaylandırılacak konstrüksiyon alternatifi olarak seçilmiştir.

Önerilen şelale tipi buz makinası alternatifinin konstrüktif detayları bilgisayar ortamında 3 boyutlu olarak modellenmiştir. Sistemin, buzdolabına adaptasyonu için gerekli yapısal değişiklikler de mevcut buzdolabının 3 boyutlu modelleri üzerinde yapılmıştır. Aynı zamanda buz makinası konstrüksiyonunun buzdolabı içerisine montaj edilebilmesi için gerekli montaj detayları üzerine de çalışılmıştır.

Önerilen alternatif konstrüksiyonun bilgisayar ortamında şekillendirilmesinden sonra bu konstrüksiyonun kendisinden beklenen fonksiyonu yerine getirip getirmediğini incelemek amacıyla prototipleme ve deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen deneylerin sonucunda, birinci sıradaki buzların tamamının diğer sıradaki buzlara göre daha saydam olduğu gözlenmiştir. Bunun hem akış karakteristiğinin hem de yüzeydeki sıcaklık dağılımının istenilen yapıda olmamasından kaynaklandığı görüşüne varılmıştır. Buz makinası prototipi kullanılarak elde edilen ilk sıradaki buzların saydamlık derecesi ölçülmüştür. Ölçümler sonucu belirlenen saydamlık derecesi, ticari olarak piyasada bulunan buz makinalarının saydamlık derecesine oldukça yakındır ve yapılan bu ön konstrüksiyonun bu anlamda başarılı olduğu söylenebilir.

Deneyler sırasında gözlemlenen bir diğer durum ise, sistemde elde edilen su akışının, buz hücrelerinin orta kısmını tam olarak dolduramamasından dolayı buzların hücrelerin kenarlarına doğru oluşması ve buz yapma döngüsünün devam etmesiyle birlikte de bu hücreler arasında kalın buz köprülerinin oluşmasıdır. Buz kabı hücrelerinin yapısındaki bazı konstrüktif faktörlerin bu duruma neden olduğu düşünülmektedir.

Buz kabı üzerinde oluşturulan su akışı her ne kadar düzgün bir formda olsa da bir buz hücresinden diğerine akan suyun bir kısmı, suyun buz kabı yüzeyine çarpması etkisiyle istenmeyen bölgelere sıçramaktadır. Kanatçıkların eğim açısı değiştirilerek veya bir siperlik yapısı konstrüksiyona eklenerek bu durumun önlenmesi mümkün olabilir.

Deneysel prototipin çalışması sırasında karşılaşılan bazı problemlerin yanında, sistemde bir buz döngüsünün tamamlanması için hedeflenen süreler deneyisel prototip üzerinde sağlanabilmiştir.

Prototip ile yapılan deneyisel incelemelerde, istenilen kaliteye oldukça yakın kalitede buz oluşturulabilmiştir. Ancak buzların saydamlık derecesinin artırılması ve daha homojen bir yapıda elde edilebilmesi için soğuk yüzey sıcaklıklarının optimize edilmesi ve su akış karakteristiğinin sayısal olarak incelenmesi gerekmektedir.

A REFRIGERATOR ADAPTABLE ICE MACHINE DESIGN THAT CAN MAKE CLEAR ICE USING FRACTIONAL FREEZING METHOD

SUMMARY

A considerable number of consumers basically demand that the ice used to cool beverages should look more clear compared to standard ones since ice formations with more clear structure are perceived to be more quality. In addition, ice made by using clear ice making process will be tasteless and odor-free. Furthermore, they melt later compared to standard ice forms since clear ice is purified. Therefore, using clear ice to cool any beverages will not only keep their taste and smell as they are and but also cool them for longer time since they melt later.

Commercial ice machines that can make clear ice at various capacity levels are available in markets. Although such machines can meet consumers' demands to a certain extent, considerable space they take up and extra expenses they cause are the disadvantages of such machines. If the functional features of these commercial machines such as quick and clear ice making can be adapted to standard refrigerators, it can be a compact solution to meet consumers' demands for a multi-purpose machine functioning both as a refrigerator and ice machine.

The aim of this study is to carry out a preliminary study to design a refrigerator adaptable ice machine that can make clear ice using fractional freezing method and to contribute to the attempts to develop a new compact product to meet consumer demands accordingly. Within the scope of this dissertation, only the design of a machine that can make ice using fractional freezing method as physical principle is dealt with.

In order to obtain a background for the study, the related literature was reviewed, and patent research and a series of further research on similar products in the market were carried out. The examination of the studies in the related literature mostly revealed that the reason lying behind the deterioration of ice clarity is the air bubbles that are formed between ice-water interface and that cannot diffuse to atmosphere and; therefore, are trapped in ice formation. It is also suggested that the reason of such air bubbles formation is the changes in the solubility of air in water depending on temperature and pressure differences. Some researchers examined the air bubbles that are formed in materials when metals melt and later solidify during certain manufacturing processes such as casting and welding. In order to simplify the examination process, researchers establish an analogical connection between two processes: melting and solidifying of metals; and ice formation from water. Similarly, patent research following the review of available research in the literature revealed a number of patented designs that are used to make various clear ice forms by using one or more different methods. These designs were adapted into refrigerators or ice machines. However, the methods used to make clear ice other than fractional freezing method were not examined in detail since they are not within the scope of this study. Only the details about the patents using fractional freezing method were provided in the study. According to information obtained from the

examination of similar products available in the market, it was observed that the clear ice making cycle is completed in a shorter time when fractional freezing method is used. Whereas, the method using the lowering of freezing rates resulted in much longer clear ice making cycle, which was often mentioned in the related literature.

There are two different perspectives to evaluate the limitations to be considered while designing a refrigerator-adaptable ice machine that makes clear ice by using fractional freezing method.

The limitations in the first group consist of technical details necessary to apply fractional freezing method to have clear ice formations. The basic principle of fractional freezing method is to remove the air, whose solubility decreases while freezing and concentration on water-ice interface increases, by using flowing water. When this technique is applied, ice forms are clear since no air bubbles are formed in ice. In order to have clear ice forms by using fractional freezing method, it is necessary to have a cold surface on which water will flow. When considered from this perspective, it is possible to divide the system into two subsystems: a cooling cycle to obtain a cold surface; and a water feeding system to circulate the water that flows over the cold surface. In order to obtain more detailed information about similar technical systems, a series of measurements were made on commercial spray type and waterfall type ice machines whose design features were examined during market search phase of the current study. One of these measurements was to determine surface temperature in ice trays used to make ice forms. Heat sensors were used to measure these surface temperatures. The values obtained from these measurements were displayed as graphics to examine temperature changes on ice tray surfaces throughout ice making process. Later, a series of measurements were carried out on the pumps used in commercial ice machines. Various catalogues and manuals provide information about both pumps. In order to verify the accuracy of this information, pressure decreases were measured for different flow rate values and pump characteristics curve was obtained accordingly. After these measurements, another group of measurements were made by operating the pump together with the electronic system of ice machine in order to calculate the flow rate of water pumped on technical system and pressure decrease corresponding with the flow rate value. After that, the system used to remove ice cubes from the trays was examined. It was found that hot gas defrost cycle was applied to remove ice forms from the trays. Finally, clarity of ice made in spray and waterfall type ice machines were measured in order to be able to examine clarity of ice more scientifically. For the purposes of these measurements, a device was used that basically determines the changes in light transmittance. The values obtained from these measurements brought a quantitative dimension to clarity concept. Moreover, it was possible to establish criteria to compare clarity values to be obtained in future ice machines designs in a more scientific way.

The second group of limitations to be considered while designing a machine to make clear ice forms by using fractional freezing method is about design limitations of refrigerator to which this ice making system will be adapted. The type of refrigerator to be used was determined after the feasibility studies carried out. Later, design limitations to be considered during the adaptation of the design to refrigerator were examined in detail.

When all the limitations of the technical system were determined, the expectations from the design were listed with references to such limitations. Alternative designs were prepared based on these expectations. The cost-value analyses of alternative spray and waterfall type ice machines designed to make ice forms using fractional freezing method were compared, which revealed that waterfall type ice machine should be the design alternative to be focused in the current study.

The design details of alternative waterfall type ice machine were modelled in computer environment in 3-D form. The structural changes with regards to the adaptation of the system to refrigerator were applied to these 3-D models. In addition, the necessary details regarding the adaptation of the ice machine onto refrigerator were worked on.

After the alternative design details were applied on computer environment, a prototype and trial version of the design was prepared to test whether it fulfills the desired functions. The tests showed that the ice cubes on the first row were more clear than those on the other rows. It has been agreed that this situation results from the fact that neither flow characteristics nor the distribution of temperature on the surface had the desired form and value. Later, the clarity of the ice cubes on the first row, which were made by using the prototype of the design, was measured. The clarity values obtained from this measurement were very close to those of commercial ice machines available in the market. Therefore; it can be concluded that this preliminary design is successful in this sense.

Another situation observed during these tests is the formation of thick ice bridges among the cells since water flow in the system fail to fill up the center points of the cells completely; and therefore, ice cubes are formed at the sides of the cells as a result of continuing ice formation. It is thought that the structural details of ice tray cause this situation.

Another situation faced during the process is undesired water splashes while it flows over ice tray. Although water flow over ice tray has a smooth form, some of the water flowing from one ice cell to the other splashes to unwanted areas since it hits ice tray surface. It is clear that water splashes are an undesired consequence. It is possible to eliminate this negative situation by changing the inclination angle of fins or adding shields to the design.

Thanks to this experimental prototype study, it was possible to determine some potential problems in the design and to test the durations planned to complete ice making cycle.

In accordance with literature review and market research, it has been concluded that the use of refrigerator adaptable fractional freezing physical principle is a convenient alternative in terms of both the duration of ice making process and the practicality of the method. Thanks to the experimental application on a prototype, it was possible to make ice cubes with a quality level close to the desired one. However; it is necessary to examine water flow characteristics numerically and optimize cold surface temperatures so as to increase clarity values at a more homogenous structure.

1. GİRİŞ

Özellikle refah seviyesinin belirli bir eşiğin üstünde olduğu bazı ülkelerde, temelde içecekleri soğutmak amacıyla kullanılan buzların alışılmış standart buzlara göre daha saydam bir görünümde olması gibi istekler mevcuttur. Buzun daha saydam yapıda olması tüketicide buzun daha kaliteli olduğu algısını yaratmaktadır. Aynı zamanda saydam buz yapma prosesi ile elde edilecek buz, standart bir buza göre tatsız ve kokusuz olacaktır. Üstelik saydam buz saflaştırıldığı için aynı ortam koşullarındaki standart bir buza göre daha geç erimektedir. Bu yüzden bir içeceği saydam buz kullanarak soğutmak hem içeceğin tadını ve kokusunu bozmaz hem de buzun erimeden daha uzun süre içeceğin soğutulabilmesini sağlar.

Saydam buz yapabilen çeşitli boyutlarda ve kapasitelerde ticari buz makinaları mevcuttur. Ancak bu ticari buz makinalarının sahip olduğu, hızlı buz yapma ve yapılan buzun saydamlık derecesinin oldukça iyi olması gibi bazı fonksiyonel özelliklerin, buzdolaplarında bulunan konvansiyonel buz makinalarında yeterli mertebelerde olmaması ticari buz makinalarının tezgah üstü ve tezgah altı olarak sınıflandırılabilir, ev tipi kullanıma uygun üretilmiş modellerini de ortaya çıkarmıştır. Buzdolabında bulunan buz makinalarının, üretilen buzların saydamlığı ve buz yapma süreleri gibi faktörlerden dolayı tüketici beklentilerine cevap vermemesi durumunda tüketiciler, tezgah altı veya tezgah üstü olarak kullanılabilir bu buz makinalarını temin ederek evlerinde ve iş yerlerinde kullanabilmektedirler.

Ancak ev tipi buz makinaları her ne kadar bazı tüketicilerin ihtiyaçlarına karşılık verse de kapladıkları ekstra hacim ve getirdikleri ek maliyetler bu makinalar için olumsuz bir durumdur olarak görülebilir. Bahsedilen bu ticari buz makinalarında bulunan, hızlı ve saydam buz yapma gibi öne çıkan fonksiyonel özellikleri, buzdolabına adapte edilebilen bir buz makinasına kazandırmak tüketici ihtiyacını karşılamak adına daha kompakt bir çözüm oluşturabilir. Tüketici, evinde kullanacağı tek bir ürünle hem buzdolabına duyduğu gereksinimleri karşılayabilir hem de hızlı ve saydam buz yapabilen bir buz makinasının avantajlarından faydalanabilir.

Buzun saydam olup olmamasının fiziksel prensiplerinin incelendiği çalışmalar literatürde yer almaktadır. Bu fiziksel prensipler doğrultusunda geliştirilen çeşitli yöntemler ile saydam buz elde edilebilecek ürünler ve bu ürünlerin bazı teknik detayları için alınmış patentler de mevcuttur. Bu yöntemlerin bazılarıyla çok uzun sürelerde saydam buz elde edilebildiği gibi bazı yöntemlerle de oldukça kısa sürelerde saydam buz elde edilebilmektedir. Saydam buz yapabilen ticari buz makinalarının tamamında, kısa sürelerde ve çok miktarlarda saydam buz üretebilen yöntem tercih edilmektedir. Bu yöntem de “fractional freezing” yani katmanlı donma olarak adlandırılabilir.

Temelde soğuk bir yüzeyden akan suyun katman katman donması şeklinde özetlenebilir. Kış günlerinde karların erimesiyle çatı kenarlarında oluşan sarkıtların ve soğuk havalarda uçak kanatlarında oluşan ince buz katmanının oldukça saydam olması gibi örnekler de temelde katmanlı donma yöntemiyle aynı fiziksel prensipe dayanır. Hızlı ve saydam buz elde edebilen, buzdolabına adapte bir buz makinası konstrüksiyonunu gerçekleştirmek için, mevcut literatürdeki çalışmaların ve patentlerin iyi anlaşılması gerekmektedir. Bu bilgiler ışığında gerçekleştirilecek konstrüksiyonun hangi tip buzdolabına adapte edileceğinin fizibilitesi de yapılmalıdır. Bu çalışmaların sonucunda ortaya çıkacak başarılı bir konstrüksiyon hem tüketici ihtiyaçlarına yanıt verebilecek faydalı bir ürün olacaktır hem de ev tipi buz makinası kavramına yeni bir bakış açısı getirecektir.

1.1 Tezin Amacı

Sunulan çalışmanın amacı; buzdolabına adapte edilebilen, “fractional freezing” yani katmanlı donma yöntemiyle saydam buz yapabilen, bir buz makinası konstrüksiyonu gerçekleştirmek adına öncü bir çalışma yapmaktır. Tez kapsamında sadece fiziksel prensip olarak katmanlı donma yöntemini kullanarak buz yapabilen bir makinanın şekillendirilmesi hedeflenmiştir.

Bu hedef doğrultusunda birinci bölümde, buzun saydam veya sisli olmasının fiziksel nedenlerini inceleyen literatürdeki çalışmalardan bahsedilmiştir. Daha sonra, prensip olarak katmanlı donma yöntemini kullanarak saydam buz elde eden buzdolabına adapte edilmiş veya solo ticari buz makinaları için alınmış patentler incelenmiştir. Sonrasında, yapılan pazar araştırmalarıyla piyasada bulunan benzer ürünlerin konstrüktif detayları incelenmiştir.

İkinci bölüm ise katmanlı donma yönteminin teknik detaylarının anlatıldığı ve katmanlı donma yöntemi ile saydam buz yapabilen aynı zamanda da buzdolabına adapte edilebilecek bir yapıda olması gereken buz makinası konstrüksiyonu için yapısal kısıtların belirlendiği bölümdür. Yapısal kısıtlar belirlenirken, buz makinasının adapte edileceği buzdolabı da detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Üçüncü bölüm ise, konstrüksiyon alternatiflerinin ve bu alternatif konstrüksiyonlar için oluşturulan fonksiyon strüktürlerinin anlatıldığı bölümdür. Elde edilen alternatif konstrüksiyonları metodolojik bir şekilde kıyaslayabilmek adına çeşitli değerlendirme kriterleri belirlenmiştir. Sonrasında ise, belirlenen değerlendirmeye kriterleri için objektif bir şekilde değer katsayıları seçilmiştir. Bu değerlendirme kriterleri ve belirlenen değer katsayıları doğrultusunda konstrüksiyon alternatiflerinin kıyaslandığı bir fayda-değer analizi yapılarak, alternatif konstrüksiyonlardan bir tanesi detaylandırılmak üzere seçilmiştir.

Dördüncü bölümde ise, önerilen alternatif için detay konstrüksiyon şekillendirilmiştir. Aynı zamanda bu konstrüksiyonun buzdolabı içerisine adapte edilebilmesi için buzdolabının bazı yapısal unsurları üzerinde çeşitli değişiklikler yapılmıştır. Detaylı olarak şekillendirilen buz makinası konstrüksiyonunun, buzdolabına adapte edilebilmesi için gerekli bazı montaj detayları üzerine de çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Beşinci bölüm, bilgisayar ortamında şekillendirilen konstrüksiyon için gerçekleştirilen prototipleme ve deneysel çalışmaların detaylı bir şekilde açıklandığı bölümdür. Konstrüksiyonun kendisinden beklenen fonksiyonu yerine getirip getirmediği ve sistem çalışırken herhangi bir problemin olup olmadığı yapılan deneysel çalışmalar ile detaylı bir şekilde gözlemlenmiştir.

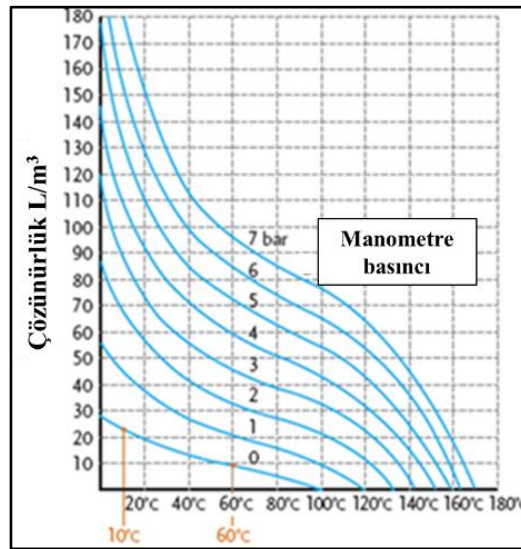
Altıncı ve son bölümde ise, gerçekleştirilen deneylerin sonuçları irdelenerek bu sonuçların paralelinde çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

Bu çalışma Arçelik A.Ş. ARGE Direktörlüğü bünyesinde gerçekleştirilmiş bir ARGE projesi olup; Yapısal Tasarım Yöneticiliği, Termodinamik ve Akışkanlar Dinamiği Teknoloji Aileleri'nin imkanlarından faydalanılmıştır.

1.2 Literatür Özeti

Bu literatür araştırması, buzun saydam veya sisli olmasının ardındaki fiziksel etkileri içermektedir.

Havanın su içerisindeki çözünürlüğünün sıcaklık ve basınç ile değişim gösterdiği bilinmektedir. Şekil 1.1'deki grafikte havanın su içerisindeki çözünürlüğünün, sıcaklık ve basınç ile değişimi gösterilmiştir [1].



Şekil 1.1: Havanın sudaki çözünürlüğünün, sıcaklık ve basınç ile değişimi [1].

Bu grafikte bahsedilen “manometre basıncı” bulunulan yerin atmosferik basıncı referans alınarak yapılan ölçüm türüdür. İçinde bulunulan ortamın basıncını sıfır kabul ederek bu basınca göre ölçüm yapılır. Örneğin, deniz seviyesinde 1 atm olan atmosfer basıncının karşılığı yukarıdaki grafikte “0 bar manometre basıncı” olarak gösterilmiştir. Sıcaklıklar ise santigrat derece cinsinden verilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı üzere basıncın artmasıyla havanın su içerisindeki çözünürlüğü artmaktadır. Fakat sıcaklık artışıyla birlikte havanın su içerisindeki çözünürlüğü azalmaktadır. Örneğin, 1 atm basınçta 0 °C sıcaklıktaki havanın su içerisindeki çözünürlüğü en yüksektir. Eğer suyun sıcaklığı 1 atm basınç altında 0 °C'nin altında bir değerde olursa su faz değiştirerek buz haline geçecektir. Buz kristali içinde havanın çözünürlüğü yok denecek kadar azdır bu yüzden de buz kristali içerisinde hemen hemen hiç çözünmüş hava bulunmaz. Suda belli bir miktarda çözünmüş olan hava, donma ile birlikte buzdan ayrışır ve su-buz ara yüzeyinin hemen üstünde

birikir. Hava miktarı belli bir derişikliğin üzerine çıktığında ise su-buz ara yüzeyinde veya varsa su içindeki katı parçacıklar etrafında görünür kabarcıklar meydana gelir.

Yapılan araştırmalarda, buzun saydamlığının bozulmasının ardındaki temel nedenin donma sırasında su-buz ara yüzeyinde oluşan ve atmosfere difüze olamayan, buz içerisinde hapsolan hava kabarcıkları olduğundan yaygınlıkla bahsedilmiştir. Bu hava kabarcıklarının da aslında, sıcaklık ve basınç farkına bağlı olarak havanın su içerisindeki çözünürlüğünün değişmesinin neden olduğu açıklanmıştır [2-5]. Bazı araştırmacılar da; metallerin döküm, kaynak gibi imal prosesleri ile şekillendirilmesi sırasında parça içerisinde oluşabilen ve mukavemet kaybı ile sonuçlanan hava kabarcıklarının nedenlerini, daha pratik araştırabilmek adına suyun donması süreciyle analogi kurarak incelemişlerdir [3,4].

Maeno'nun yaptığı çalışmada [2], buz oluşumu sırasında su içerisinde bulunan havanın çözünürlüğünün azalmasıyla birlikte ortaya çıkan hava kabarcıklarının, buzun saydam olmamasındaki en önemli neden olduğundan bahsedilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda, içinde çözünmüş hava miktarı bakımından doymuş haldeki su termal olarak yalıtılmış bir kaba koyulmuştur. Bu yalıtılmış kap içerisindeki suyun donması esnasında, su içerisinde oluşan hava kabarcığı yapıları 0.4 ila 15.0 μ /s aralığında değişen farklı donma hızlarında incelenmiştir. Suyun donma hızındaki değişim, kabın tabanındaki pirinç levhayı soğutmak ve kabın üst kısmında bulunan ısıtıcının sıcaklık değerlerini değiştirmek suretiyle elde edilen bir sıcaklık gradyeni ile sağlanmıştır. Sonuç olarak, donma hızı belli bir hızın üstündeyse hava kabarcığının buz kristali içinde hapsediği, belli bir hızın altındaysa buzdan ayrılıp üstteki suya difüzyon yoluyla geçebileceği belirtilmiştir. Ancak daha sonra yapılan literatürdeki bazı çalışmalarda, bu sürecin böyle gerçekleşmediğinden bahsedilmiştir.

Wei ve diğerlerinin gerçekleştirdiği çalışmada [3], döküm ve kaynak gibi imal proseslerinde metallerin ergiyip tekrar katılaşmasıyla birlikte malzeme içerisinde oluşabilen hava kabarcıkları incelenmiştir. Bu durumu daha kolay araştırabilmek adına metallerin ergiyip tekrar katılaşması süreci ile sudan buz oluşumu süreci arasında analogik bir bağlantı kurulmuştur. Suyun donması ile ilgili yapılan deneylerde belirli donma hızlarında "ice worm" olarak da literatürde geçen uzun hava kabarcıklarının oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu oluşumun yavaş donma sırasındaki sıcaklık salınımlarından kaynaklandığı, hızlı donma durumunda ise çok sayıda küçük kabarcık oluşumunun gerçekleştiği belirtilmiştir. Ayrıca çok yavaş

donmada ise buzdan suya geçen havanın kabarcık oluşturmada difüzyon ile yığın suya dağılacığı ve sonuçta saydam buz meydana geleceğı belirtilmiştir. Akan suyun donması durumunda ise çoğunlukla saydam, kabarcıksız buz meydana geleceğinden de söz edilmiştir. Bahsedilen bu durum aslında “fractional freezing” yani katmanlı donma yöntemini tanımlamaktadır. Bu yöntemde sürekli akış halindeki su, çözünmüş havanın buz yüzeyinin üstünde birikmesini engelleyecektir.

Wei ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada [4], yine bir önceki çalışmaya benzer şekilde ergimiş metalin yeniden kristallenmesi sırasında oluşan hava kabarcığı mekanizması ile suyun donması sırasında oluşan hava kabarcığı mekanizması arasında kurulan analogi üzerinden çalışılmaya devam edilmiştir. Bu çalışmada, donma sırasında buzdan ayrılan havanın, su-buz ara yüzünün üstünde biriktiğinden ve derişimin doyma seviyesini geçmesiyle birlikte de kabarcıklaşmanın başladığından bahsedilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda, suyun donması sırasında donma doğrultusu tarafında bulunan yüzeydeki sıcaklık ve gaz konsantrasyonu değerlerinin zamana bağılı değışimleri incelenmiştir. Konsantrasyon sınır tabakasının kalınlığı için de yapılan hesaplar doğrultusunda bir tahmin yapılmıştır ve ölçümlerde bununla örtüşen yaklaşık 1mm’lik bir sınır tabaka kalınlığını gözlemlenmiştir.

Wei ve diğerlerinin gerçekleştirdiğı bir çalışmada [5], Maeno’nun çalışmasında bahsettiğı [1] ve literatürde de kabul gören donma hızının kabarcık büyüme hızından yüksek olması durumunda kabarcığın hapsolması kriterinin aslında eksik olduğı, kabarcık genişlese de buz yüzeyinden ayrılmayacağı ve şekil değıştirerek (daralıp uzayarak) büyümeye devam edeceğı belirtilmiştir. Kabarcık oluşumu süreci de beş aşamaya ayrılmıştır. Bu aşamalar;

- Donma yüzeyi üzerinde çekirdeklenme,
- Küresel büyüme
- Donma hızına bağılı uzama,
- Kabarcıkların yok olması,
- Buz içinde boşlukların oluşumu, şeklindedir.

Literatürden elde edilen bilgilerin özeti aslında şu şekildedir; donma sırasında buzdan ayrılan hava, buz ile temas halinde olan suya geçmektedir. Donma süreci devam ettikçe suyun buz yüzeyine bitişik olan bölgesinde çözünmüş hava yoğunluğu artmaktadır. Çok yavaş donmada bu hava yoğunluğu difüzyon ile su kütlesinin

kalanına geçmektedir ve saydam buz oluşmaktadır. Daha hızlı donmada ise buz içerisinde hava kabarcıkları oluşmaktadır ve bu hava kabarcıkları su-buz ara yüzeyinde bir kez oluştuktan sonra tekrar su kütlesinin kalanına difüzyon yoluyla geçememektedir. Öyleyse durgun sudan saydam buz elde edilmesi için gereken temel şartlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Tek yönlü donma (tercihen tabandan atmosfere açık yöne doğru),
- Sabit ve düşük bir donma hızı,
- Suyun mümkün olduğunca saf olması.

Yine literatürde bahsedilen, soğuk bir yüzey üzerinden akan suyun katmanlı donması prensipine dayanan katmanlı donma yönteminde ise kısa sürelerde saydam buz elde edilebilmektedir. Bunun sebebi, su-buz ara yüzeyinin üstünde biriken yüksek hava konsantrasyonuna sahip suyun hareket halinde olması ve kabarcıkların oluşmasını beklemeden donma yüzeyinden uzaklaştırılmasıdır. Bu sayede ısıtma ya da diğer yöntemlerdeki gibi hava konsantrasyonunun difüzyon ile donma ara yüzeyinden kaçmasını beklemeye gerek kalmaz ve çok daha kısa sürelerde saydam buz elde edilebilir.

Bu tez kapsamında da kısa sürelerde saydam buz elde edebilmek amacıyla katmanlı donma yöntemi tercih edilmiştir.

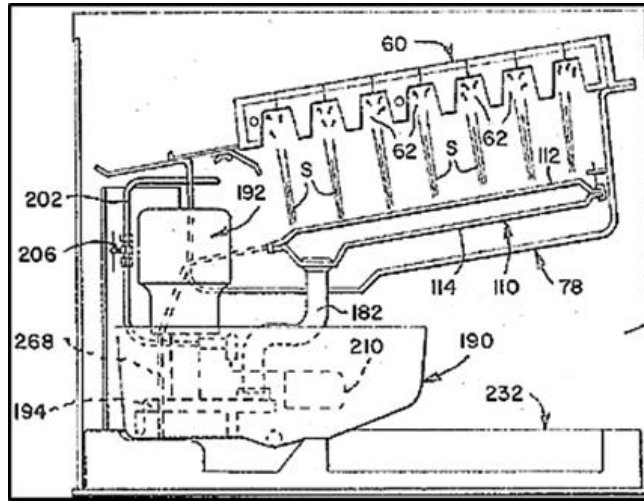
1.3 Patent Araştırması

Buzdolabına adapte edilebilen, katmanlı donma yöntemiyle saydam buz yapabilen bir buz makinası konstrüksiyonu fikri ilk ortaya çıktığında, mevcut durumda pazarda satışta olan ve bazı teknik özelliklerinin patentlerle yasal olarak korunduğu ürünleri ve bu ürünler için alınmış patentleri incelemek önemli bir unsurdur. Yapılacak doğru bir patent araştırması gerçekleştirilecek konstrüksiyon çalışmasının sonucunda çıkacak yeni ürünün, fikri haklar açısından yasal ve uygulanabilir bir durumda olup olmadığı konusunda şüphesiz ki kıymetli bilgiler verecektir. Aynı zamanda incelenen patentlerdeki bazı teknik detaylar konstrüksiyonun gelişmesine katkı sağlayacak fikirler de doğurabilir.

Buzdolabında veya ticari bir buz makinasında saydam buz yapılmasıyla ilişkin daha önceden alınmış patentler mevcuttur. Yapılan patent araştırmasında Avrupa Patent Ofisi'nin veritabanı kullanılmıştır. Araştırma sonucunda bir veya birkaç farklı

yöntemi bir arada kullanarak saydam buz elde edebilen buz makinası konstrüksiyonları ve bu konstrüksiyonların bazı teknik detayları ile ilgili alınmış patentlere rastlanmıştır. Ancak bu patentlerdeki saydam buz elde etme yöntemlerinden, katmanlı donma yöntemi haricindeki yöntemler bu çalışmanın konusu dışında kaldığından dolayı incelenmeyeceklerdir. Sadece katmanlı donma yöntemi ile ilgili alınan patentlerin detaylarına yer verilecektir. Yapılan patent araştırmasında, yasal olarak ilk patentlenilen yapının detaylarından bahsederken sadece buz yapma sistemi olarak anlatılan ve saydam buz ile ilgili bir detaydan bahsedilmeyen yapıların daha sonraları kullanılan bazı sistemlerde saydam buz elde edilebilecek yöntem olarak anlatıldığı durumlara da rastlanmıştır.

US3289430 numaralı 06.12.1966 yılında Manitowoc Co. tarafından alınmış olan Şekil 1.2’de genel görünümü verilmiş patentte sprej tipi bir buz makinasından bahsedilmektedir. Patentte su püskürtmeli katmanlı donma yöntemine dayalı otomatik bir buz yapma düzeneğinin detaylarına yer verilmiştir [6].



Şekil 1.2 : US3289430 numaralı patentin genel görünümü.

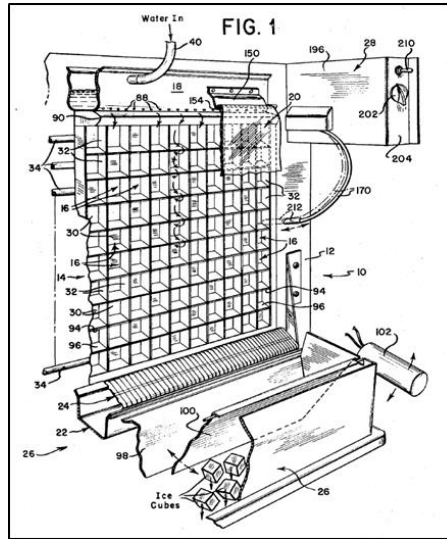
Adında saydam buz ifadesi geçmese de, konstrüksiyon amaçları arasında “crystal clear ice” ifadesi geçmektedir. İstemlerde korunmaya çalışılan unsurlar,

- Kabinin üst kısmına yerleştirilmiş evaporatör ile birleşik aşağıya dönük bir buz kalıbı ve bağlantı elemanları.
- Alta eğik biçimde yerleştirilmiş enjektörler.
- Şebekeden çekilen suyun rejenerasyon sistemi ile altta biriken su haznesinden geçirilerek ön soğutma yapılması.

- Kalıptan aşağıya düşen buzların buz bekletme haznesine düşmesini sağlayan mazgal yapısı.
- Su biriktirme haznesindeki su miktarını belli bir seviyede sabitleyecek vana ve şamandıra, şeklinde özetlenebilir.

Patent olmuş bir başvuru için, o patentin yasal olarak koruma altında olduğu süre başvuru tarihinden itibaren 20 yıldır. Patentteki fikir veya teknoloji, 20 yıl sonrasında herhangi bir yasal korumaya sahip olmamaktadır ve kullanımına açık duruma gelmektedir. Buna göre değinilecek patentler için 20 yıllık yasal koruma süresi tamamlanmış olanlar geliştirilecek yeni konstrüksiyonlar için bir kısıt oluşturmaz.

Şekil 1.3'te genel görünümü verilmiş olan **US3430452** numaralı 04.03.1969 yılında alınmış kişisel patentte bir buz yapma düzeneğinden bahsedilmektedir. Soğutma çevrimi kullanılarak soğutulan, düşeyde ve yatayda hücrelere ayrılmış bir buz kabı üzerinden sürekli bir su akışı sağlayarak buz yapılabildiğinden bahsedilmektedir [7].

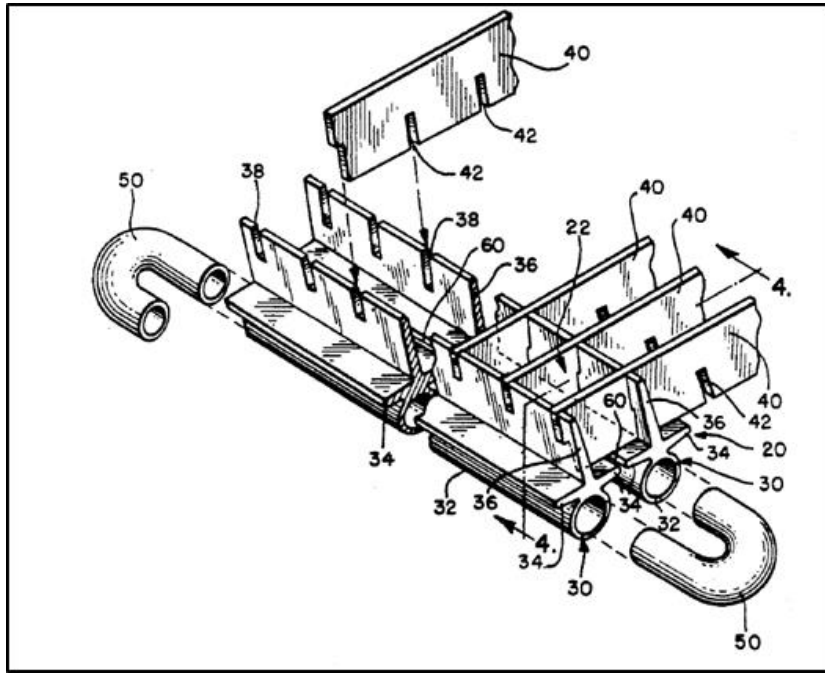


Şekil 1.3 : US3430452 numaralı patentin genel görünümü.

Buz kabının arkasında soğutma çevriminin elemanlarından biri olan evaporatör bulunmaktadır ve bu iki eleman birbiri ile bütünleşik bir yapıdadır. Buz hücreleri üzerinden akan su bu hücreler üzerinde zamanla buz oluşturmaktadır. Suyun bulunduğu su tankı ise buz kabının altına konumlandırılmıştır. Suyun hücreler üzerinden akışını sağlayan pompa da buz kabının altında su tankının bulunduğu kısma konumlandırılmıştır. Sistemde ortaya çıkan atık su ise bir drenaj yardımıyla sistemden uzaklaştırılmaktadır. Patentle korunan kısım, bu yöntemin tamamı ve

sistem komponentlerinin sistem içerisinde ne şekilde konumlandırıldığıdır. Patentte anlatılan buz makinasının ürettiği buzların saydamlığından bahseden herhangi bir ifade bulunmamaktadır. Ancak bu patentte anlatılan buz yapma sistemi ile aynı yöntemi kullanan ve saydam buz yapabilen ticari buz makinaları günümüzde mevcuttur.

US5193357 numaralı 16.03.1993 yılında Manitowoc Co. tarafından alınmış patentte şelale tipi bir buz makinası için geliştirilmiş olan bir evaporatör/buz kalıbı konstrüksiyonundan bahsedilmektedir [8]. Şekil 1.4'te bu konstrüksiyonun genel görünümü verilmiştir.

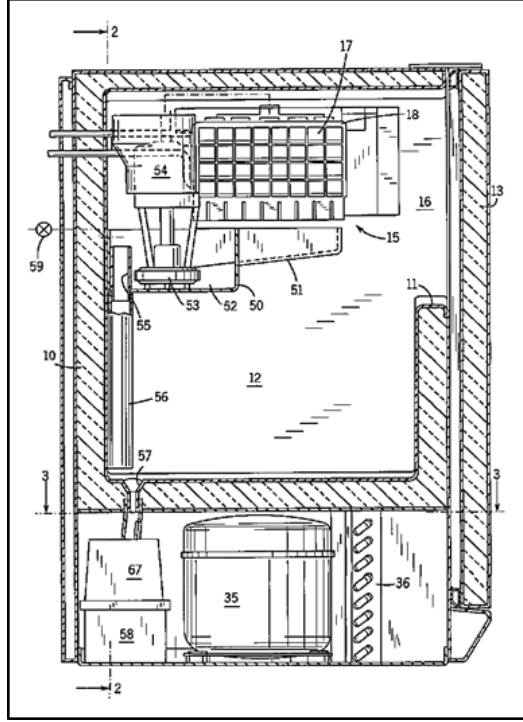


Şekil 1.4 : US5193357 numaralı patentin genel görünümü.

Bu konstrüksiyonda serpantinli borulama, boruları bağlayan ve kapalı bir evaporatör oluşturmaya yarayan bağlantı elemanları ve serpantinlerle montaj edilerek buz kalıplarını oluşturan ayırıcı elemanlar kullanılmıştır. Evaporatör/buz kalıbı montajına da yer verilmiştir. İstemlerde korunmaya çalışılan unsurlar,

- Serpantinli borulama,
- Boruları birleştiren evaporatör bağlantıları,
- Serpantinlerle birleşen ve buz kalıplarını oluşturan ayırıcı elemanlar, şeklinde özetlenebilir.

Şekil 1.5'te genel görünümü verilmiş olan, **US6148621** numaralı 21.11.2000 tarihli U-Line Co. ve Manitowoc Food Service Group Inc. tarafından alınan bu patentte, ev tipi bir saydam buz yapma makinasından bahsedilmektedir [9]. Metal olmayan bir örtü içinde olan buz makinası metal evaporatör levhalarının çevresini sarmaktadır. Bu metal olmayan örtü, plakanın üstüne yerleştirilmiş bir çatı ve plakanın ön tarafına doğru bir eğim içermektedir.

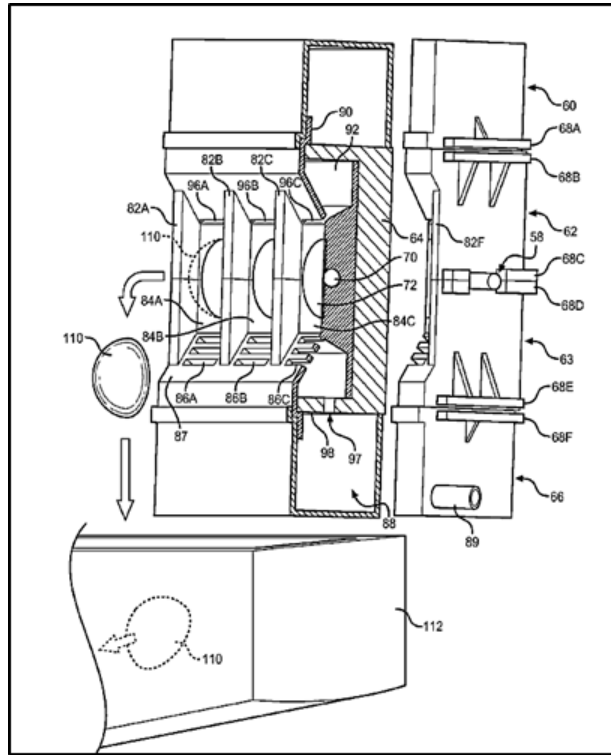


Şekil 1.5 : US6148621 numaralı patentin genel görünümü.

Buz makinasının su dağıtıcısı, örtünün çatısına montaj edilmiştir. Saydam buz makinasına sahip bir yapının buz yapması ve bu buz küplerinin toplanmasını kontrol eden bir yöntemden detaylı olarak bahsedilmektedir. Sistemde buz yapabilmek için bir soğutma çevrimi kullanılmaktadır. Bu soğutma çevriminin elemanlarından olan evaporatör üzerine metal plakalar montaj edilmiştir. Evaporatörden gelen akışkan kompresörden geçerek kondansere gönderilir. Sistemde mevcut olan fan kondanseri soğutmaktadır. Soğutma çevrimi akışkanı, kondanserden geçtikten sonra tekrar evaporatöre gönderilir ve çevrim bu şekilde devam eder. Kompresör ve evaporatör arasındaki bir valf sayesinde sıcak gaz kontrolü yapılabilir. Buz makinası, evaporatör panelleri üstünden su sirkülasyonunu sağlayacak bir pompaya sahiptir. Su sirkülasyonu sağlanarak donma başlatılır. Donma döngüsünün tamamlanıp tamamlanmadığının kontrolü kondanserden çıkan akışkanın sıcaklığı ölçülerek

yapılmaktadır. Donma döngüsünün tamamlanmasıyla birlikte, sistem sıcak gaz çevrimi yaparak buzların evaporatör üzerindeki panellerden ayrılmasını sağlamaktadır. Sistemde kullanılan suyun yukarıdan aşağıya kademeli olarak dökülmesi ve kondenserden çıkan akışkanın sıcaklığı ölçülerek sıcak gaz çevriminin başlatılması istemlerde korunan unsurlardır. Gerçekleştirilecek yeni konstrüksiyonda bu kontrol sistemine benzer bir yapı kullanılacaksa, patent kritik olabilir.

US2012324915 numaralı 27.12.2012 yılında Whirlpool Co. tarafından alınmış ve Şekil 1.6'da genel görünümü verilmiş olan patentte, buzdolabındaki soğutucu bir bölmede bulunan buz makinasından bahsedilmektedir [10].



Şekil 1.6 : US2012324915 numaralı patentin genel görünümü.

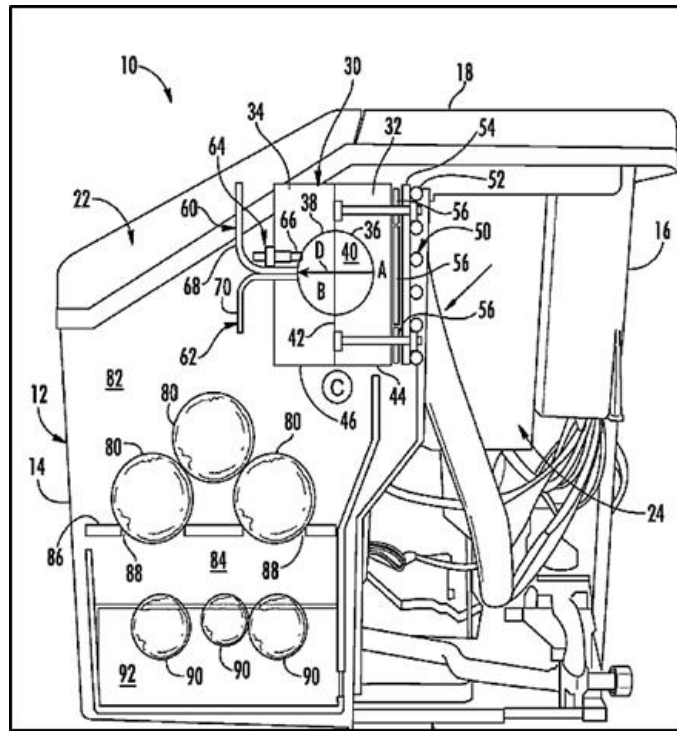
Sistemin üst kısmında bulunan su dağıtıcı haznedeki suyun, ısı iletimi özelliği iyi olan herhangi bir formdaki soğuk yüzeyden akarak aşağıdaki rezervuar bölmesinde toplandığından ve bir pompa aracılığıyla rezervuardaki suyun tekrar üst kısımdaki su dağıtma haznesine gönderildiğinden bahsedilmektedir. İstenilen boyutlarda buz oluşana kadar sistemdeki suyun sirkülasyonunu sağlayarak, suyu soğuk yüzeyin üzerinden akıtılmaktadır. İstemlerde korunmaya çalışılan unsurlar,

- Sistemin her buz için ayrı ayrı bölümlere (kulvarlara) ayrılması,

- Her bir kulvara suyun verildiği kısmın ve rezervuarda toplanmak üzere kulvarın altında bulunan mazgallı kısmın da her bir kulvar için ayrı ayrı olması,
- Buz makinasının buzdolabının taze gıda kısmında olması,
- Buzların toplandığı stok haznesi,
- Buzun depolandığı stok haznesinin buzdolabının dondurucu kısmında olması, şeklinde özetlenebilir.

Bu patent, kabul olma tarihi ve içeriği itibariyle risk teşkil etmektedir. Özellikle her bir buz için suyun aktığı kısmın kulvarlara ayrılması dikkat edilmesi gereken bir unsurdur. Yeni buz makinası konstrüksiyonunda bu patentin detayları göz önünde bulundurulmalıdır.

Şekil 1.7’de genel görünümü verilen, **US2014165619** numaralı 26.12.2012 tarihli Whirlpool Co. tarafından yapılmış patent başvurusunda saydam buz küreleri yapan bir buz makinasından bahsedilmektedir [11].



Şekil 1.7 : US2014165619 numaralı patentin genel görünümü.

Kalıp aparatı kapalı pozisyondayken su, kalıba hem girmekte hem çıkmaktadır ve bu sırada tek yönden soğutulmaktadır. Böylece su buz kabı yüzeyinden akarken bir yandan da katman katman donar. Kalıbın iki yarısı oluşacak saydam buzun etrafını

kaplayacak şekilde birleşmektedir ve buz oluşurken kalıbın şeklini almaktadır. Temel olarak katmanlı donma yönteminin küresel geometri oluşturacak şekilde uygulanması olarak özetlenebilir. Patentle korunan kısım, bu tekniği kullanarak buz yapan düzenektir.

1.4 Pazar Araştırması

Buzdolabına adapte edilebilen, katmanlı donma yöntemiyle saydam buz yapabilen buz makinası konstrüksiyonuna başlamadan önce pazarda bulunan benzer ürünler incelenmiştir. Pazardaki mevcut ürünlerin araştırılmasındaki temel amaç, mevcut ürünlerin teknolojik üstünlüklerinin ve zayıflıklarının belirlenmesidir. Bu araştırma sonucunda elde edilen bilgiler sentezlenerek, yapılacak yeni konstrüksiyon için belirlenecek kriterler gözden geçirilmelidir. Yapılacak doğru bir pazar araştırması, konstrüksiyon kriterlerinin doğru seçilmesini sağlamakla birlikte yeni ürünün pazarda mevcut bulunan ürünlerden daha üstün özelliklerde olabilmesine olanak sağlayacaktır.

Buzdolabına adapte edilebilen ve katmanlı donma yöntemiyle saydam buz yapabilen buz makinası için yapılan pazar araştırmasında aslında iki yol izlenmiştir. Öncelikle, buzdolabı bünyesindeki buz makinalarında saydam buz yapabilen ürünler araştırılmıştır. Araştırmalar sonucunda belirlenen kriterlere uygun olarak sadece tek bir ürün bulunmuştur. Bu ürünün, Malezya Pazarı'nda mevcut olduğu tespit edilerek bir adet ürün temin edilmiştir. Ancak yapılan ürün incelemesinde bu ürünün çok uzun sürelerde buz yaptığı ve kullandığı yöntemin ise katmanlı donma olmadığı belirlenmiştir. Bu yüzden bu üründen çok detaylı olarak bahsedilmeyecektir. Daha sonrasında pazar araştırmasının kapsamı, katmanlı donma yöntemiyle hızlı ve saydam buz yaptığı deklerasyonunda bulunan ticari buz makinaları olarak belirlenmiştir. Yapılan pazar araştırmasının kapsamı Türkiye'de satışta olan ürünler olarak belirlenmiştir. Gerçekleştirilen pazar araştırmalarının sonucunda ise, Amerika menşeli sprey tipi ve şelale tipi iki farklı ticari buz makinası temin edilerek, bu makinaların çeşitli konstrüktif detayları incelenmiştir. Sprey ve şelale tipi bu buz makinaları saydam buz yapma yöntemi olarak katmanlı donma yöntemini kullanmaktadırlar. Sprey tipi ticari buz makinası soğuk yüzeye nozüller yardımıyla su püskürtmektedir. Şelale tipi ticari buz makinası ise, bir su dağıtıcı parça ile soğuk yüzey üzerinde, şelale akışına benzer bir şekilde devamlı su akışı sağlamaktadır.



Şekil 1.8 : Saydam buz makinasına sahip buzdolabının genel görünümü.

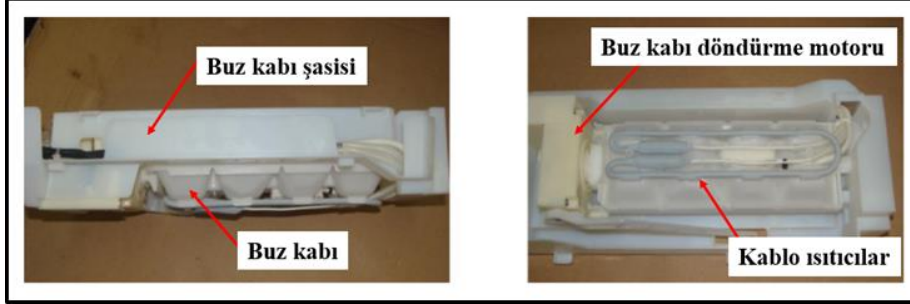
Şekil 1.8’de genel görünümü verilen 4 kapılı buzdolabının bünyesinde saydam buz yapabilen bir buz makinası bulundurduğu deklare edilmektedir.

Mode	Icon	Ice size	Clarity of ice	Required time for each ice making
Ice making OFF		—	—	—
Normal ice		Normal	Normal	Approx.2 hours
Large ice		Large	Normal	Approx.3 and a half hours
Clear ice (Normal size)		Normal	High	Approx.6 hours
Clear ice (Large size)		Large	High	Approx.8 hours

Şekil 1.9 : Buzdolabından elde edilebilecek buz çeşitleri ve boyutları [13].

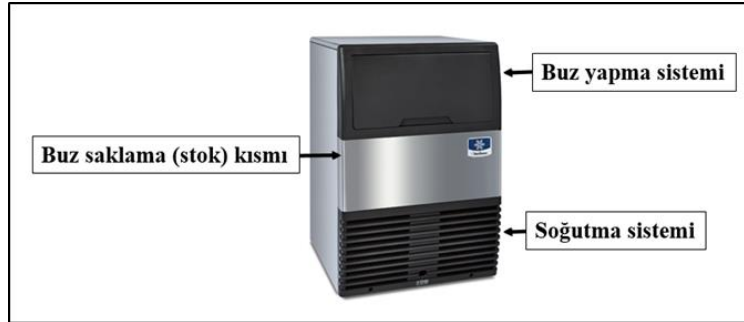
Şekil 1.9’da gösterilen ürün kataloğundaki bilgiye göre, bünyesinde bulunan buz makinası iki farklı boyutta saydam veya saydam olmayan buz yapabilme opsiyonuna sahiptir. Aynı zamanda katalogda saydam veya saydam olmayan buz tercihinin ve buz boyutundaki tercihe göre, buzdolabına adapte edilmiş buz makinası için buz yapma döngülerinin süreleri verilmiştir. Saydam buz seçeneği için bir buz yapma döngüsü süresinin, normal boyuttaki buz için yaklaşık 6 saat, büyük boyuttaki buz için ise yaklaşık 8 saat olduğu göze çarpmaktadır. Buz makinasında saydam buz elde etmek için kullanılan fiziksel yöntem donma hızının düşürülmesi yöntemidir. Saydam buz seçeneği için buz döngüsü sürelerinin uzun olması bu fiziksel yöntemin karakteristiğinden kaynaklanmaktadır. Donma hızının düşürülmesi yöntemi ile uzun sürelerde saydam buz elde edilebildiğinden, literatür özetinde de bahsedilmiştir.

Ürün üzerinde yapılan incelemede, buz makinası bünyesindeki buz kabının altında ısıtıcı bulunduğu gözlemlenmiştir. Şekil 1.10'da bu buz kabının yapısı gösterilmektedir. Donma yukarıdan aşağıya doğru yönlendirilmekte ve çözünen hava buzun dibinde toplanmaktadır. Bu nedenle, çözünürlüğü azalan havanın difüzyonu tam olarak sağlanmadığı için aslında tam saydam buz elde edilememektedir.



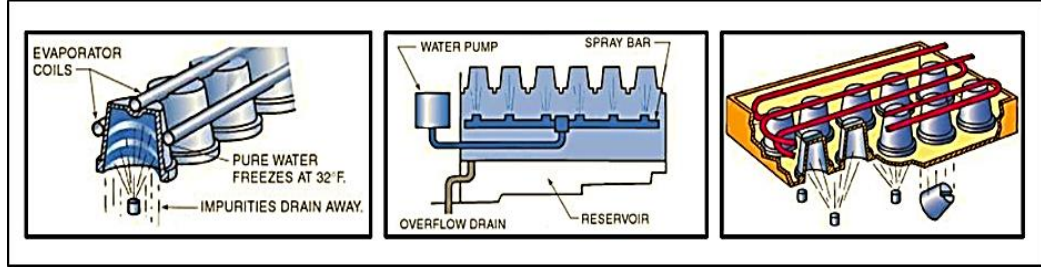
Şekil 1.10 : Buzdolabında bulunan buz makinasının yapısı.

Gerçekleştirilen saydamlık ölçümleri sonucunda; üretilen buzların beklenen saydamlıkta olmadığı tespit edilmiştir. Ancak deklare edilen buz yapma sürelerinin ise ürün üzerinde sağlanabildiği gözlenmiştir.



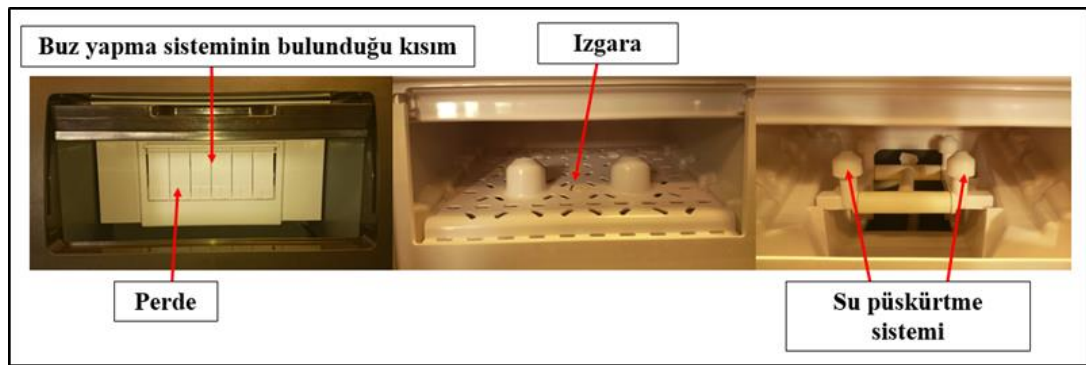
Şekil 1.11 : Sprey tipi ticari buz makinası.

Üzerinde detaylı incelemenin yapıldığı ürünlerden ilki, sprej tipi ticari buz makinasıdır. Şekil 1.11'de genel görünümü verilen buz makinası, prensip olarak katmanlı donma yöntemini kullanmaktadır. Soğuk yüzeye nozüllerle su püskürtterek, bu yüzey üzerinde sürekli akış halinde olan suyun kademeli/katmanlı bir şekilde donmasıyla buz yapmaktadır. Bu ticari buz makinasında farklı boyutlarda saydam buz yapabilme seçeneği mevcuttur. Buz makinasını 3 ana bölüme ayırarak olursak, buz makinasının üst bölümü buz yapma sisteminin bulunduğu kısımdır. Orta bölümü ise elde edilen buzların saklandığı stok kısmıdır. Buz makinasının en alt kısmındaki bölüm ise, soğutma çevrimi elemanlarının konumlandırıldığı soğutma sistemi bölümüdür.



Şekil 1.12 : Sprey tipi ticari buz makinasının çalışma prensipi [14].

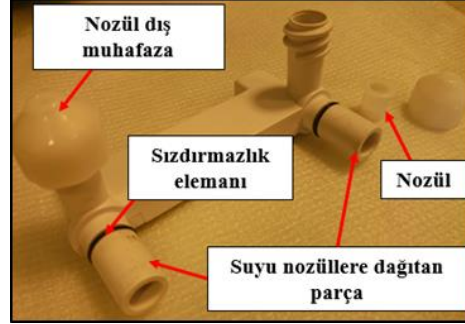
Şekil 1.12’de gösterildiği üzere, sprej tipi buz makinasının çalışma şeklini özetleyecek olursak; evaporatör ile bütünleşik buz kapları, açık kısımları aşağı doğru bakacak şekilde buz yapma sisteminin tavanına konumlandırılmıştır. Suyu buz kabına doğru püskürtecek nozül sistemi de, buz kabıyla arasında optimum bir mesafe kalacak şekilde buz yapma sisteminin taban kısmına konumlandırılmıştır. Buz kabı üzerindeki evaporatörden geçen soğutucu akışkan sayesinde buz kapları soğutulmaktadır. Aşağıdaki nozüller ise su deposundan aldığı suyu, buz yapma işlemi bitinceye kadar buz kaplarına püskürtmektedir. Böylece soğuk buz kabı yüzeyi üzerinde sürekli akış halinde bulunan su kademeli/katmanlı bir şekilde donmaktadır ve çok kısa sürelerde saydam buz elde edilebilmektedir. Sistem buz yapma işlemini bitirince bu kez evaporatör içerisine sıcak gaz gönderilmektedir. Bu sayede buzların buz kabından ayrılması sağlanır. Buz kabı ile arasındaki bağı ayrılmasıyla birlikte buzlar, yer çekiminin de etkisiyle aşağı düşer. Eğimli bir yüzeyin yönlendirmesiyle de buz stok kısmına gider.



Şekil 1.13 : Sprej tipi ticari buz makinasının buz yapma kısmının yapısı.

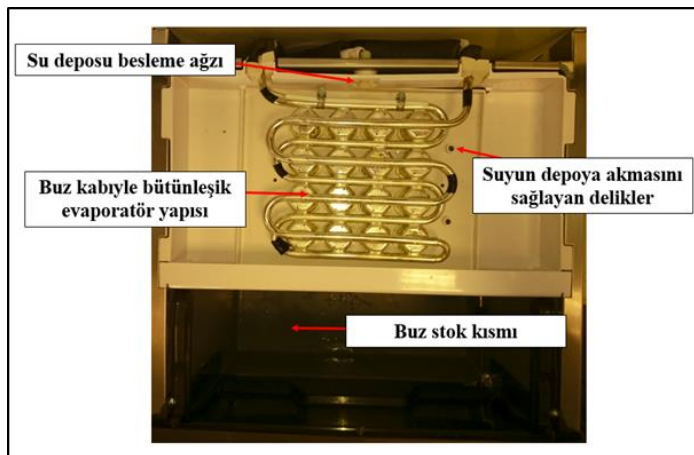
Şekil 1.13’te görüldüğü üzere buz yapma sisteminin içinde, su püskürtmeyi sağlayan nozül sistemi, püskürtülen suyun tekrar su deposuna gitmesi için delikli ve aynı zamanda buz kabından düşen buzları buz stok kısmına yönlendirmek için eğimli bir ızgara bulunmaktadır. Sistemin en dışında da nozüllerden püskürtülen suyun, buz

stok haznesine sıçramasını azaltmak için bir perde yapısı kullanılmıştır. Bu perde yapısı kısmen su sıçrama problemini çöze de yine de sistem çalışırken oluşan istenmeyen su sıçramaları göze çarpmaktadır.



Şekil 1.14 : Sprey tipi ticari buz makinasında su püskürtme sisteminin yapısı.

Şekil 1.14'te gösterilen su püskürtme sistemini, su besleme borusundan gelen suyu nozüllere dağıtan parça, nozül dış muhafaza ve nozül oluşturmaktadır. Nozül ve suyu nozüllere dağıtan parçada, muhtemelen suyun içinde bulunan kireç, toz ve tortu benzeri maddelerden dolayı oluşmuş katmanlar göze çarpmaktadır. Bu katman, kullanım süresinin artmasıyla birlikte daha da kalınlaşabilecektir. Bu durum, sistemi hijyen açısından olumsuz etkileyebileceği gibi buz kabına su püskürtmek için kullanılan nozüllerde tıkanma gibi bir riski de oluşturabilir. Eğer nozüllerde herhangi bir tıkanma söz konusu olursa sistem hiç buz yapamayabilir. Üstelik optimum su akış hızı ve uygun su konisi geometrisini oluşturamazsa sistemin çıktısı olan buzlar istenilen saydamlıkta olmayabilir.

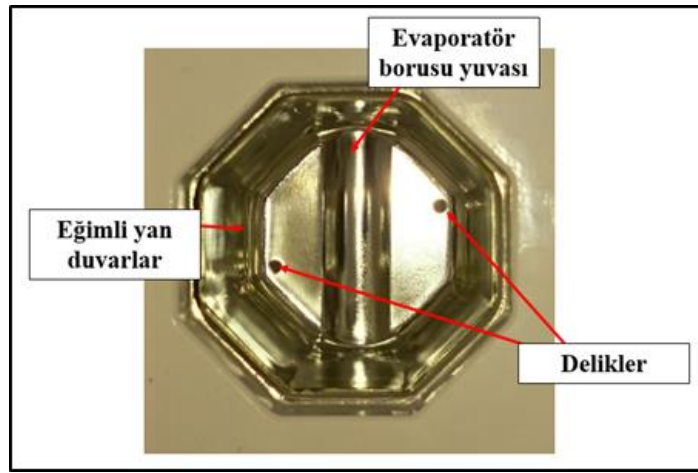


Şekil 1.15 : Sprey tipi ticari buz makinasının evaporator yapısı.

Sistemde bulunan Şekil 1.15'te gösterilen buz kabıyla bütünleşik evaporatör yapısı, her bir buz kabının iki yan yüzeyine ve tabanına temas edecek şekilde kıvrılarak buz

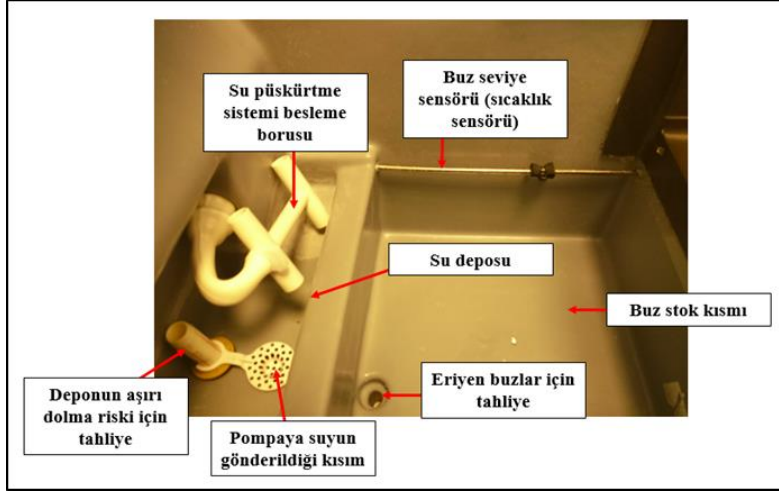
kaplarına kaynaklanmıştır. Buz kapları ile yekpare bir şekilde duran düz bir plaka aslında buz kapları ve evaporatör için bir şasi gibidir. Su deposunun doldurulması, sistemin üst kısmındaki buz kabıyla bütünleşik evaporatör yapısının hemen arkasındaki besleme ağzından yapılmaktadır. Bu besleme ağzından akan su buz kaplarını bir arada tutan şasi üzerindeki deliklerden aşağıya akarak su deposunu doldurmaktadır. Su deposu ise tam bu deliklere gelecek şekilde aşağıya konumlandırılmıştır.

Şekil 1.16’da spray tipi buz makinasında, içerisinde buzların oluşturulduğu sekizgen formdaki buz kabı gösterilmiştir.



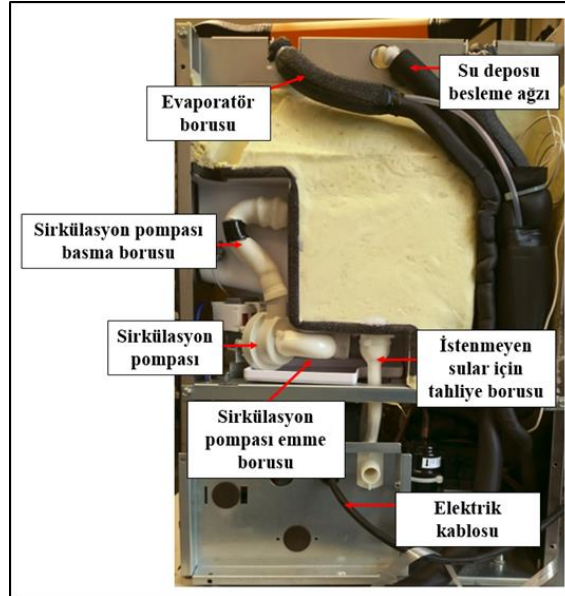
Şekil 1.16 : Spray tipi ticari buz makinasındaki buz kabının yapısı.

Sekizgen formdaki buz kabı incelendiğinde, buzun aşağı daha kolay düşmesi için yan duvarlara eğim verildiği göze çarpmaktadır. Buz kabı tabanına evaporatör borusunun daha iyi oturması için bu borunun formunda bir yuva yapılmıştır. Buz kabındaki en önemli detay ise, buzların dökülmesi sırasında buz kabı ve buz arasında oluşabilecek vakum etkisiyle buzun düşmeme riskini ortadan kaldırmak için buz kabı tabanına açılmış olan iki adet deliktir. Bu delikler her ne kadar vakum etkisini ortadan kaldırmak amaçlı sistemde yer bulmuşsa da, buz yapma döngüsü sırasında ilk buz katmanı oluşmadan önce bu deliklerden evaporatörün bulunduğu kısma su kaçmaktadır. Sırayarak evaporatör kısmında biriken sular soğuyan evaporatör yüzeyi üzerinde zamanla donmaktadır. Evaporatör borularının sürekli su ile temas etmesi bu boruların korozyona uğrama riskini oluşturmaktadır. Bu riski önlemek adına, evaporatör borularının dış kısmı hem korozif etkilere karşı dayanıklı hem de su tutma özelliği kötü olan yani hidrofobik bir kaplama ile kaplanmıştır.



Şekil 1.17 : Sprey tipi ticari buz makinasındaki iç hazne yapısı.

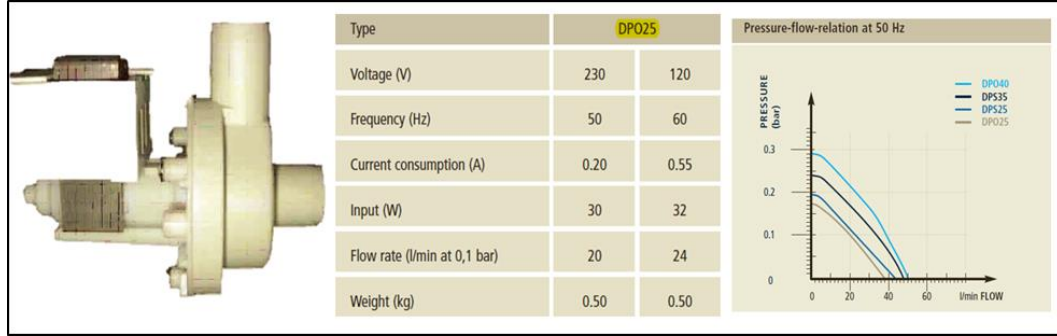
Şekil 1.17’de görüldüğü üzere sistemde, su deposunun açıkta olması göze çarpmaktadır. Sistemde iki adet tahliye bulunmaktadır. İlki, su deposunun aşırı dolma durumuna karşı oluşabilecek taşma riskini önlemek için diğeri ise, buz stok kısmında buzların erimesiyle ortaya çıkan suyun tahliyesi için kullanılmaktadır. Ayrıca buz stok kısmı içerisinde bulunan sıcaklık sensörü ile stok kısmının doluluğu kontrol edilmektedir. Stok kısmında biriken buzlar zamanla üst üste bir yığın oluşturmaktadır. Buzlar bu sensöre yaklaştıkça da, sensörün algıladığı sıcaklık değerleri düşmektedir. Böylece stok kısmının doluluğu algılanabilmektedir.



Şekil 1.18 : Sprey tipi ticari buz makinasının arka duvar kısmının iç yapısı.

Şekil 1.18’de sprej tipi buz makinasının arka duvar kısmının iç yapısının genel görünümü verilmiştir.

Buz makinasının arka kısmında, su sistemi ve soğutma sistemi için gerekli boruların yerleşimi bulunmaktadır. Sirkülasyon pompası depodan suyu alıp su püskürtme sistemine suyu basabilecek uygun bir konuma montaj edilmiştir. Sistemde istenemeyen atık suların tahliyesi için de tahliye borusu bulunmaktadır.



Şekil 1.19 : Sprey tipi ticari buz makinasındaki pompaya ait teknik bilgiler [15].

Buz kaplarında buz oluşumu bitene kadar su püskürtme sistemine suyu basan sirkülasyon pompası hakkında bazı teknik detaylara kataloglardan ulaşılmıştır. Şekil 1.19’da bu pompaya ait kataloglardan elde edilen bazı teknik detaylar gösterilmiştir.



Şekil 1.20 : Sprey tipi ticari buz makinasının alt kısmının yapısı.

Şekil 1.20’de gösterilen buz makinasının soğutma sistemi, makina gövdesinin tabanına konumlandırılmıştır. Bir adet kompresör, kondanser ve fandan oluşmaktadır. Sistemdeki soğutucu akışkan olarak “R-134A” kullanılmaktadır. Soğutma sisteminin olduğu alt kısımda, buz boyutu ve buz stok kısmının doluluğunu ayarlamak için bir panel koyulmuştur. Buz makinasının açma/kapama tuşu da hemen bu panelin altında bulunmaktadır.

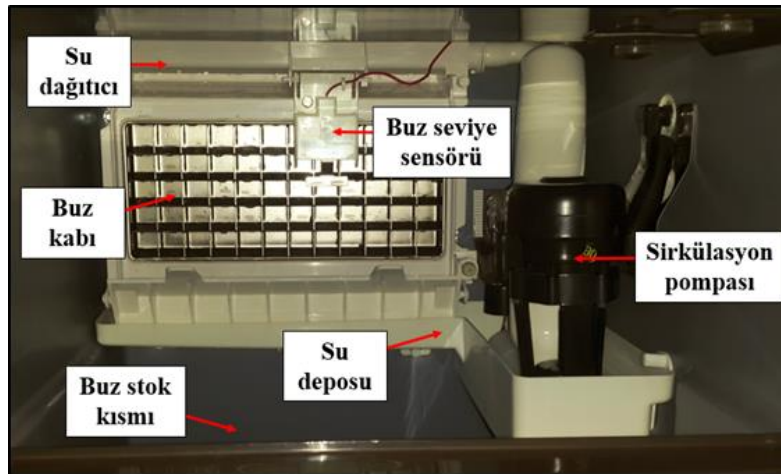
Yapılan tüm bu incelemelerin cihazın kararlılığına etki edebileceği düşünülerek, sistem üzerinde detaylı incelemeler yapılmadan önce buz makinası çalıştırılarak buz

yapma kapasitesi incelenmiştir. Günlük buz yapma miktarı buz makinasının bulunduğu ortam koşullarına göre değişkenlik gösterecektir ancak yine de ortalama bir kapasite ifade edilecek olursa, günde yaklaşık 14 kg buz yaptığı gözlemlenmiştir. Ayrıca her çevrim için geçen süre ise ortalama 30-40 dakika aralığındadır.



Şekil 1.21 : Şelale tipi ticari buz makinası.

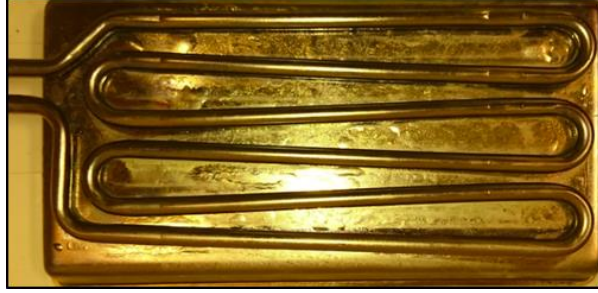
Konstrüktif detaylarının incelendiği bir diğer ürün ise Şekil 1.21’de genel görünümü verilmiş olan şelale tipi ticari buz makinasıdır. Bu makinada da prensip olarak yine katmanlı donma yöntemi kullanılmaktadır.



Şekil 1.22 : Şelale tipi ticari buz makinasının buz yapma bölümünün yapısı.

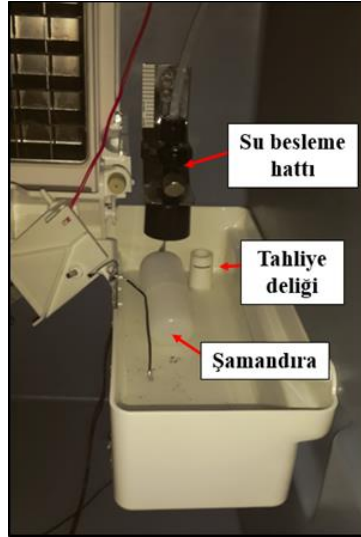
Şekil 1.22’de görüldüğü üzere, bir önceki spreyl tipi buz makinasından farklı olarak buz kabı hücrelere bölünmüştür ve arkasında bulunan evaporatör ile soğutulan buz kabı bu kez yan konumlandırılmıştır. Bu buz kabının üstünde bulunan ve bu

hücrelere belirli miktarda su akıtan sistem sayesinde buz kabı üzerinde sürekli bir akış sağlanmaktadır. Sonuç olarak donma esnasında suda bulunan ve çözünürlüğü azalan hava yüzünden oluşabilecek hava kabarcıkları su akışının etkisiyle uzaklaştırılır ve oluşan buz saydam olur. Buzlar oluşurken belirli bir kalınlığa geldiklerinde buz seviye sensörüne temas eder ve buz yapma işlemi tamamlanır. Daha sonra evaporatör boruları içerisinde sıcak akışkan gönderilerek buzların buz kabından ayrılması sağlanır.



Şekil 1.23 : Şelale tipi ticari buz makinasının evaporator yapısı.

İçinden soğutucu akışkanın geçtiği evaporatör boruları, hücrelere ayrılmış buz kabının arkasındaki düz yüzeye konumlandırılmıştır. Şekil 1.23'te genel görünümü verilen buz kabıyla bütünleşik evaporatör yapısında, metal buz kabı ve metal evaporatör birbirlerine kaynaklanarak montaj edilmişlerdir.



Şekil 1.24 : Şelale tipi ticari buz makinasının su besleme sistemi yapısı.

Şekil 1.24'te şelale tipi buz makinasındaki su besleme sisteminin yapısı gösterilmiştir. Sistemde bulunan su deposuna su beslemesi bir valf-şamandıra sistemiyle yapılmaktadır. Su seviyesinde kontrolsüz bir artış olma ihtimaline karşın

belirli bir seviye sonrasındaki suyu tahliye etmek için bir tahliye borusu konumlandırılmıştır.



Şekil 1.25 : Şelale tipi ticari buz makinasında suyu buz kabı üzerine dağıtan yapı.

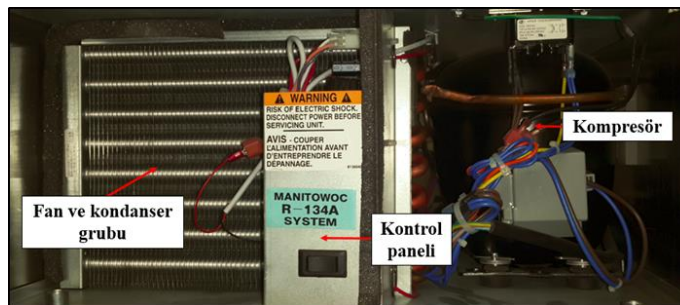
Şekil 1.25'te gösterilen ve buz kabı üzerinde bulunan su dağıtıcı parça, sistemdeki pompa vasıtasıyla basılan suyu buz kabı üzerine akıtır. Sistemde olabildiğince düzgün bir su dağılımı oluşturabilmek için su dağıtıcı parça üzerine delikler açılmıştır.



Şekil 1.26 : Şelale tipi ticari buz makinasındaki pompaya ait teknik bilgiler [16].

Buz yapma işlemi boyunca, buz kabı üzerinden suyun akıtılması ve su deposuna akan suyun tekrar buz kabı üzerine gönderilmesi bir pompa vasıtasıyla yapılmaktadır. Şekil 1.26'da bu pompa ile ilgili çeşitli teknik özellikler gösterilmiştir.

Şekil 1.27'de gösterilen ve buz kabının soğutulmasını sağlayan fan, kondanser ve kompresörden oluşan soğutma sistemi, buz makinasının en alt kısmına konumlandırılmıştır.



Şekil 1.27 : Şelale tipi ticari buz makinasının alt kısmının yapısı.

Sistemdeki soğutucu akışkan olarak “R-134A” kullanılmaktadır. Buz makinasının açılıp kapatılmasını sağlayacak kontrol paneli de soğutma sisteminin hemen önünde bulunmaktadır.

Yapılan tüm bu incelemeler öncesinde cihaz, günlük buz yapma kapasitesinin ve bir buz yapma döngüsü için geçen zamanın tespiti için çalıştırılarak incelenmiştir. Günlük buz yapma miktarı buz makinasının bulunduğu ortam koşullarına göre değişkenlik gösterecektir. Örneğin, sıcak bir ortamda bulunan buz makinasının soğutma sistemi daha yüksek kapasiteyle çalışırken daha soğuk bir ortamda bulunan buz makinasının soğutma sistemi ise daha düşük kapasiteyle çalışmaktadır. Çünkü sıcak ortamdaki buz makinasını efektif soğutabilmek için, bu makinadan daha fazla ısı çekilmelidir. Şelale tipi buz makinasının buz yapma kapasitesi günde yaklaşık 43 kg olarak gözlemlenmiştir. Ayrıca bir buz yapma döngüsü için geçen zaman yaklaşık 35-40 dakika aralığında değişmektedir.

2. KATMANLI DONMA VE KONSTRÜKSİYON KRİTERLERİ

Buzdolabına adapte edilebilecek, katmanlı donma yöntemiyle saydam buz yapabilen bir buz makinası konstrüksiyonu için göz önünde bulundurulması gereken sistem gereksinimlerini iki farklı açıdan değerlendirmek mümkündür. Birinci gereksinim gurubu, saydam buz elde edebilmek için kullanılacak katmanlı donma yönteminin efektif bir şekilde uygulanabilmesi için gerekli olan sistem kısıtlarıyla oluşan gereksinimlerdir. İstenilen buz boyutu ve formu, buz kabı konstrüksiyonunu etkileyecektir. Buz kabı konstrüksiyonu da, soğutma sisteminin kapasitesini ve buz kabı yüzeyinden homojen bir şekilde su akışı sağlaması gereken su besleme sistemini doğrudan etkileyecek bir unsurdur. Bu parametrelerin uygun bir şekilde optimize edilip edilmediği ise, sistem çıktısı olarak elde edilecek buzun istenilen saydamlık derecesine sahip olup olmamasını belirleyecektir.

Diğer gruptaki gereksinimler ise, buz yapma sisteminin adapte edileceği buzdolabının konstrüktif kısıtlarından doğan gereksinimlerdir. Sistemin ne tip bir buzdolabına ve hangi bölmesine adapte edileceği, mevcut buzdolabı konstrüksiyonu üzerinde ne kadar değişiklik yapılabileceği, mevcut komponentlerden farklı komponentler sisteme dahil edilecekse ne şekilde buzdolabı yapısına adapte edileceği gibi faktörler konstrüksiyonu yapılacak yeni buz makinasının kısıtlarını oluşturacaktır.

Her iki gruptaki gereksinimleri göz önünde bulundurarak konstrüksiyon sürecine devam etmek nihai üründen beklenen özelliklerin tam olarak sağlanabilmesi için oldukça faydalı olacaktır.

2.1 Katmanlı Donma Yönteminin Teknik Detaylarının İncelenmesi

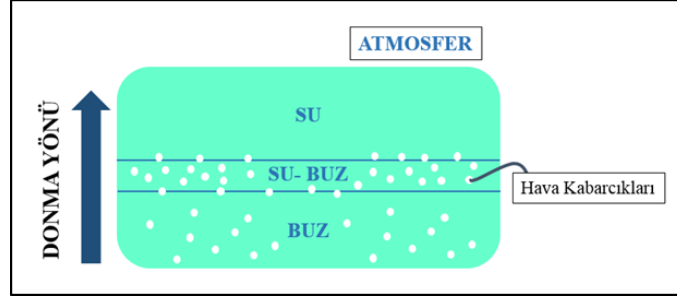
Günlük hayatta buzdolaplarında veya ticari buz makinalarında buz elde etmek için şehir şebeke suyu veya içme suyu kullanılmaktadır. Bu sular kullanılarak elde edilen buzlar genellikle sisli bir görünüme sahiptir. Çünkü bu sular aslında saf değildirler. Şehir şebeke suları ve içme sularının içinde bulunan klor, mineraller, çeşitli toz ve partiküller ve su içinde çözünmüş durumda bulunan hava bile suyu saf olmaktan

uzaklaştırır. Buzu bu sisli görünümünden uzak, olabildiğince saydam şekilde elde edebilmek için buz oluşumundan önce veya buz oluşumu sırasında suda bulunan ve suyun saflığını bozan maddelerden ayırtmak gerekmektedir. Birçok alanda alışlagelmiş kullanım alanı bulan sisli buz yerine saydam buzun tercih edilme sebepleri aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Su, içindeki saflığını bozucu maddelerden arındırıldığı için saydam buz kokusuz ve tatsızdır. Bu özelliği sebebiyle bir içeceği soğutmak için kullanıldığında içeceğin tadına ve kokusuna etki etmez.
- Su, içindeki saflığını bozucu maddelerden arındırıldığı için saydam buzun erime noktası daha yüksektir. Bu nedenle bir içeceği soğutmak için kullanıldığında sisli buza göre daha uzun süre erimeden içeceği soğutabilmektedir.
- Saydam buz estetik açıdan sisli buza göre daha güzel görünmektedir. Bu estetik görünümü insanlarda buzun kaliteli olduğu algısını yaratmaktadır. Özellikle restoranlarda ve içecek reklamlarında bu sebepten dolayı tercih edilmektedir.

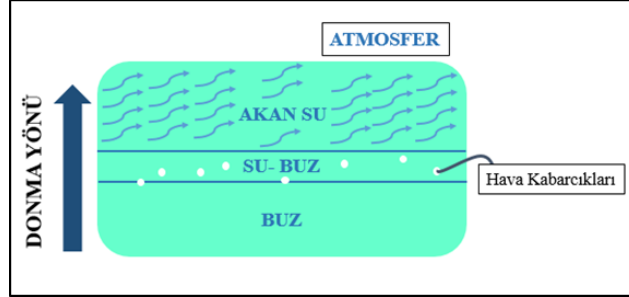
Suya uygulanabilecek çeşitli filtreleme yöntemleriyle, suyun içinde çözünmüş halde bulunan hava dışındaki birçok saflığını bozucu maddeyi sudan ayırtmak büyük ölçüde mevcuttur. Standart buz elde etme yöntemiyle, filtreden geçirilmiş su kullanılsa dahi içinde çözünmüş halde bulunan havadan dolayı saydam buz elde edilememektedir.

Havanın su içerisindeki çözünürlüğü sıcaklık ve basınç değişimi etkisiyle farklılık göstermektedir. Sıcaklık sabitken, basıncın artmasıyla birlikte havanın su içerisindeki çözünürlüğü artmaktadır. Basınç sabitken de sıcaklığın azalmasıyla havanın su içerisindeki çözünürlüğü artmaktadır. Örneğin, sabit 1 atm basınç altında ve 0 °C’de, havanın sudaki çözünürlüğü en yüksek mertebededir. Bu durum suyun 0 °C sıcaklığın altına inerek buz fazına geçmesiyle değişmektedir. Havanın buz içerisindeki çözünürlüğü yok denecek kadar azdır. Bu yüzden donma sırasında çözünürlüğü azalan hava, su-buz ara yüzeyinde ayrılarak çözünemeyeceği bir ortama difüzyon yoluyla geçme eğilimi göstermektedir. Eğer hava, buz oluşumu sırasında difüzyonla başka bir yere geçemezse buz içerisinde hava kabarcığı şeklinde hapsolür. Bu da aslında buzun sisli gözükmesinin en temel sebebidir.



Şekil 2.1 : Statik durumda buz oluşumunun şematik gösterimi.

Şekil 2.1’de gösterildiği üzere aşağıdan yukarıya donma sırasında, su-buz ara yüzeyi hava konsantrasyonu bakımından oldukça yoğundur. Buradaki yüksek konsantrasyonlu hava, eğer donma hızı belirli bir limitin altındaysa difüzyon yoluyla bir üst katmanda bulunan suya geçer ve en son olarak da donmanın biteceği üst yüzeyden de atmosfere yayılır. Eğer donma hızı bu difüzyon hızından daha büyük olursa, oluşan hava kabarcıkları buz içerisinde kalır ve sisli görünüme sebep olur. Statik durumdaki suyun aşağıdan yukarıya donması durumu için sisli görünümü engellemek adına çeşitli yöntemler öngörülmüştür ve hepsinin temelinde donma sırasında konsantrasyonu artan havanın ortamdan uzaklaştırılması prensibi yatmaktadır. Bu yöntemde donma hızının difüzyon hızından daha küçük olması gerektiğinden saydam buz elde etmek uzun sürecektir.

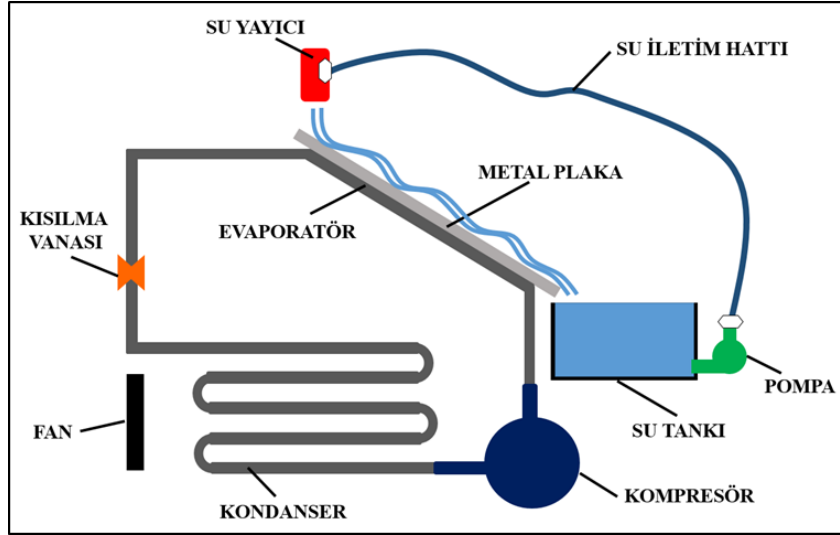


Şekil 2.2 : Suyun akması durumunda buz oluşumunun şematik gösterimi.

Soğuk bir yüzey üzerinde akan suyun donması durumunda olay biraz daha farklılaşmaktadır. Şekil 2.2’de gösterildiği üzere donma sırasında çözünürlüğü azalan ve su-buz ara yüzeyinde konsantrasyonu artan hava akış halindeki suyun dinamik etkisiyle bu bölgeden uzaklaştırılır. Bu yöntemle uygun akış hızı sağlanırsa başka herhangi bir etkide bulunulmadan saydam buz elde etmek mümkündür. Bu yöntemde, soğuk yüzey sıcaklıkları ve akış hızı optimum şekilde belirlendiğinde kısa sürelerde saydam buz elde etmek mümkün olacaktır. Çünkü statik donmada olduğu gibi, difüzyon hızından daha düşük donma hızına olan gereksinim ortadan kalkar. Bu

yöntem literatürde katmanlı donma olarak geçmektedir. Bu yöntemi kullanarak hızlı ve saydam buz üretebilen ticari buz makinaları mevcuttur. Bu makinaların katmanlı donma prensibini uygulamak için kullandıkları teknik sistem temelde çeşitli teknik detayları içermektedir.

Şekil 2.3'te katmanlı donma yöntemini uygulayabilmek için gerekli olan en basit temel sistem gösterilmiştir.



Şekil 2.3 : Katmanlı donma yöntemini uygulamak için gerekli en temel sistem.

Suyun akarak katman katman donmasıyla saydam buz elde edebilmek için öncelikle suyun üzerinden akacağı soğuk bir yüzey elde etmek gerekmektedir. Bu açıdan bakıldığında teknik sistemi, soğuk yüzey elde edebilmek için kullanılan bir soğutma çevrimi ve soğuk yüzey üzerinden akacak suyun sirkülasyonunu sağlayan su besleme sistemi olarak ikiye ayırmak mümkündür. Soğutma çevrimini ele alacak olursak; ısı iletim katsayısı yüksek olan, ince metal bir plakanın altında içinden soğutucu akışkan geçen ve ince metal plakayı soğutan evaporatör boruları bulunmaktadır. Evaporatör boruları içerisinden geçen soğutucu akışkan metal plakadan ısı çekerek bu plakayı soğutmaktadır. Düşük basınçtaki bu soğutucu akışkanın basıncı, kompresör vasıtasıyla yüksek basınca çıkartılır. Kompresörden sonra ise kondansere gönderilir. Kondanser elemanı bir fan yardımıyla üzerine hava üflenerek soğutulmaktadır. Soğutucu akışkan kondanserde ısını kaybederek yoğuşmaktadır. Kondanserden çıktıktan sonra kısılma vanasından geçen soğutucu akışkanın basıncı düşer. Düşük basınçlı soğutucu akışkan tekrar evaporatöre giderek metal plaka üzerinden ısı çeker ve çevrim buz yapma döngüsü tamamlanana kadar devam eder. Metal yüzeyin

sıcaklığı şüphesiz ki saydam buz elde edebilmek için en önemli parametrelerden birisidir. Akış halindeki suyun zamanla katman katman donabilmesini sağlamak için metal plakanın yüzeyi 0 °C'nin altındaki sıcaklıklarda olmalıdır. Ancak metal plaka üzerinde zamanla katman katman oluşan buzlar, akan su ile soğuk yüzey arasındaki ısı geçişi miktarını değiştirebilir. Çünkü belirli bir süreden sonra buz katmanının oluşmasıyla birlikte su artık metal plaka üzerinden değil de soğuk buz yüzeyi üzerinden akacaktır. Bu yüzden soğutma çevriminin kapasitesiyle birlikte paralel değişen metal yüzey sıcaklığı, proses süresince değişkenlik gösterebilir. Bu dikkate alınması ve iyi optimize edilmesi gereken bir unsurdur.

Katmanlı donma yöntemiyle saydam buz yapmak için gerekli diğer proses ise, soğutma çevrimiyle sıcaklığı 0 °C'nin altındaki sıcaklıklara düşürülen metal plaka üzerinde buzun oluşmasını sağlayabilecek optimum hızda bir su akışı sağlamaktır. Soğuk yüzey üzerinden akan suyun hızı, en kritik parametrelerden bir diğeridir. Su soğuk yüzeye sahip metal plaka üzerinden çok hızlı akıtılırsa, yüzey üzerinde buz oluşumu uygun bir şekilde sağlanamayabilir. Eğer su çok yavaş akıtılırsa da bu kez suyun donması sırasında ortaya çıkan ve hava konsantrasyonu bakımından yoğun olan tabaka su tarafından yeterli miktarda süpürülemeyebilir ve sonuçta buz elde edilse dahi saydam olmayabilir. Suyun bu daimi akışını bir pompa vasıtasıyla sağlamak mümkündür. Soğuk yüzey üzerinden akan suyun hızını optimize edebilmek için kullanılacak pompanın karakteristiği çok önemlidir. Optimum akış hızının elde edilebilmesi, saydam buz yapmak için kullanılacak teknik sistemin işletme koşullarına göre en uygun pompanın seçilmesiyle mümkün olacaktır. Pompa seçimi yaparken de, pompa debisi ve basma yüksekliği (basınç düşüşü) arasındaki korelasyon iyi irdelenmeli ve sistemde saydam buz oluşabilmesi için gerekli optimum akış hızını sağlayabilecek bir pompa seçilmelidir.

Katmanlı donma yöntemiyle saydam buz elde etmek temelde bu parametrelere bağlı olsa da bu yöntemle saydam buz üretebilen bir buz makinası konstrüksiyonu gerçekleştirilmek istendiğinde sistem daha karmaşık bir yapıya dönüşmektedir. Katmanlı donma yöntemi şematik gösterimlerle tanımlanırken bahsedilen düz metal plakayı ele alalım. Bu metal plaka üzerinden akan suyun katman katman donmasıyla elde edilebilecek nihai buz, saydam olsa dahi metal plaka yüzeyinde olduğu için eni ve boyu yaklaşık metal plaka boyutlarında olan bir kalıp şeklinde oluşacaktır. Bu kalıp halindeki buzun yüksekliği de buz yapma çevriminin devam ettiği süreyle

doğru orantılı bir şekilde artacaktır. Bu durum tüketici kullanımına sunulacak bir buz makinası konstrüksiyonu için çok fonksiyonel bir yöntem değildir. Dolayısıyla bir buz makinası konstrüksiyonu ele alındığında ilk akla gelebilecek problemlerden biri buzun hangi boyut ve formda tüketici kullanımına sunulacağıdır. Bu probleme verilecek cevap ile ortaya çıkacak buz kabı formu aslında tüm soğutma çevrimi sisteminin ve su besleme sisteminin tasarımını şekillendirecek bir cevap olacaktır. Bu boyutsal tanımlamaları yaparken katmanlı donma yönteminden kaynaklanabilecek bazı kısıtları göz önünde bulundurmakta fayda vardır. İlk kısıt buz kabı konstrüksiyonunun etkin bir şekilde soğutulabileceği bir formda şekillendirilmesidir. Soğutma çevrimi elamanlarından evaporatörü ele alalım. Katmanlı donma yöntemini uygulamak için oluşturulacak teknik sistemde evaporatörün görevi, suyun üzerinden akarak katman katman donabileceği yüzeyin, uygun sıcaklık aralığında olmasını sağlamaktır. Suyun üzerinden akacağı bu yüzeyin efektif soğutulabilmesi için de evaporatörün buz kabına temas ettiği alanın en az ihtiyacı karşılayacak kadar büyük olması gerekmektedir. Aksi takdirde buz kabından evaporatör içindeki soğutucu akışkana yeterli miktarda ısı geçişi olamayacak ve dolayısıyla da yeterli donma hızı sağlanamayacaktır. Böyle olumsuz bir durumda sistemde buz elde edilse dahi buzun saydamlık derecesi iyi olmayabilir. Bu bakımdan buzun boyutları ve formu belli olduktan sonra konstrüksiyonu oluşturulacak buz kabının efektif soğutulabilmesi için evaporatörün, maksimum alanda sisteme etki edebileceği bir şekilde boyutlandırılması da kritik olacaktır.

Buzun boyutlarının ve formunun ne olacağını tanımlarken katmanlı donma yönteminden kaynaklanabilecek bir diğer kısıt ise buz kabı üzerinde uygun su akışının sağlanabilmesidir. Su, buzun formunu oluşturacak tüm yüzeylere temas ederek optimum hızda, olabildiğince homojen bir şekilde buz kabı yüzeylerinden akmalıdır. Sistemde optimum soğuk yüzey sıcaklıklarının elde edildiğini kabul edersek, bu tip homojen bir su akışıyla birlikte suyun katman katman donması sağlanabilir ve donma esnasında sudaki çözünürlüğü azalan hava sebebiyle oluşacak hava kabarcıkları buzun içerisinde hapsolmeden akış halindeki su sayesinde donma bölgesinden uzaklaştırılabilir. Fakat buz kabı üzerindeki optimum hızdan uzak ve düzensiz bir akış ile buz elde edilse dahi oluşacak hava kabarcıkları su-buz ara yüzeyinden uzaklaştırılamayacak ve sonuç olarak da buz yeterli saydamlık seviyesinde olamayacaktır.

Katmanlı donma yöntemini temel alan bir buz makinası konstrüksiyonu için buzun boyutlarını ve formunu tanımlarken saydam buz elde edebilmek için gerekli bazı kriterlerden bahsedildi. Bunların hepsi proses sırasında yöntemi doğru bir şekilde uygulayabilmek adına önemli olan kriterlerdir. Ancak buzun boyutlarının ve formunun ne şekilde olacağı sadece saydam buz elde etme prosesi sırasında değil proses tamamlandıktan sonra da kritik bir önem taşımaktadır. Sistemde optimum yüzey sıcaklıkları ve buz kabı soğuk yüzeyi üzerinden homojen bir akışın sağlanmasıyla bu teknik sistemde saydam buz üretilebilmektedir. Fakat bu teknik sistemde, soğuk buz kabı yüzeyi üzerinde akan suyun katmanlı donmasıyla oluşacak buz, suyun aktığı her yüzey üzerinde donacak ve sonuç olarak da buz bu yüzeylere yapışık şekilde oluşacaktır. Buzları tüketicinin kullanımına sunabilmek için buz ile buz kabı yüzeyi arasında suyun donması etkisiyle oluşan bu bağ koparılmalıdır. Bu bağın koparılması için ilk düşünülebilecek sistem buz kabı yüzeyini ısıtmaktır. Buz kabı yüzeyine yapışık bir şekilde temasta olan buzlar, buz kabı yüzeyine verilecek ısıyla birlikte en dıştaki yüzeylerinin bir miktar erimesi nedeniyle buz kabı yüzeyinden ayrılabilir. Bu yöntemde buzların buz kabından ayrılmasını yerçekiminin etkisiyle daha efektif bir şekilde sağlayabilmek için buzların buz kabından ayrılacağı yüzeyleri uygun miktarda eğimli şekillendirmek mantıklı olacaktır.

Katmanlı donma yöntemiyle çalışan bir teknik sistemin efektif çalışmasını ve istenilen saydamlıkta buz elde edilebilmesini etkileyen en önemli parametrenin buzun boyutları ve formu olduğu açıktır. İstenilen buz boyutu ve formu, buz kabı konstrüksiyonu ile doğrudan ilişkilidir.

Buz kabı konstrüksiyonu gerçekleştirilirken dikkat edilmesi gereken unsurlar toparlanacak olursa;

- Buz kabı konstrüksiyonu, istenilen saydamlıkta buz elde edebilmek için gereken soğuk yüzey sıcaklıklarının oluşmasına olanak sağlamalıdır. Yani evaporatör boruları buz kabı üzerinde yeterli miktarda alanı soğutabilmelidir. Buz kabı şekillendirilirken bu durum göz ardı edilmemelidir.
- Buz kabı konstrüksiyonu, soğuk yüzey üzerinden akacak suyun tüm buz kabı yüzeyiyle olabildiğince temaslı ve olabildiğince homojen bir şekilde akmasına olanak sağlayacak bir yapıda olmalıdır.
- Buz kabı konstrüksiyonu, buz yapma prosesi tamamlandıktan sonra buzların buz kabından ayrılmasına olanak sağlamalıdır.

Bu parametreleri göz önünde bulundurarak detaylandırılan teknik sistem için bundan sonraki adım, sistemin çıktısı olan buzların saydamlık derecesinin ölçülmesidir. Çeşitli optik sistemlerle ışığın buz içerisinden geçebilme seviyesine göre belirlenen buzun saydamlık derecesi eğer ölçümler sonucunda istenilen mertebelerde değilse geriye dönüş yaparak buz kabı konstrüksiyonu, soğuk yüzey sıcaklıkları ve pompa seçimi gibi önemli kriterler tekrar irdelenmeli ve sistemi istenilen doğrulukta çalıştırabilmek için gerekli konstrüktif revizyonlar yapılmalıdır.

Sistemdeki buz kabı konstrüksiyonuna göre detaylanan; soğuk yüzey sıcaklıkları, su sirkülasyon sistemi için kullanılacak pompa ve buz dökme sistemi gibi teknik detaylar hakkında öncül bilgi sahibi olmak ve bu bilgilerden faydalanarak daha iyi bir konstrüksiyon ortaya koymak için pazarda bulunan mevcut ürünlerin teknik sistemleri incelenmiştir. Bu bağlamda, mevcut ürünlerin incelenmesi bölümünde yapısal detayları hakkında bilgi verilen katmanlı donma yöntemini iki farklı şekilde uygulayan ticari buz makineleri ele alınmıştır. Bu makineler sprej tipi ve şelale tipi ticari buz makineleridir. Bu makinelerin teknik sistemlerinin ve sistem çıktısı olarak elde edilen buzların saydamlık derecesinin incelenmesi, ayrıca genel bir şekilde bu teknik sistemlerin üstünlüklerinin ve zayıflıklarının belirlenmesi de buzdolabına adapte edilecek saydam buz yapabilen bir buz makinesi konstrüksiyonunun detaylandırılması için fayda sağlayacaktır.

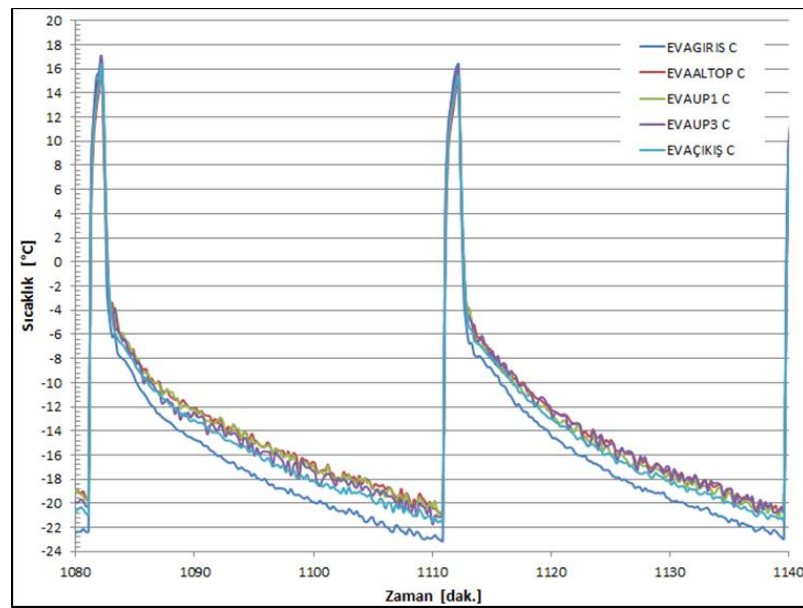
2.1.1 Soğuk yüzey sıcaklıklarının incelenmesi

Pazar araştırması başlığı altında bazı yapısal özellikleri incelenmiş olan sprej tipi ve şelale tipi ticari buz makineleri katmanlı donma yöntemini kullanarak saydam buz yapabilmektedir. Buz yapma prosesi sırasında soğuk yüzeye sahip olan buz kaplarının yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi yeni konstrüksiyonun gerçekleştirilmesi için öncül faydalı bilgiler verecektir. Şekil 2.4'te sprej tipi ticari buz makinesinin evaporatör ile bütünleşik bir yapıda olan buz kabı gösterilmiştir.



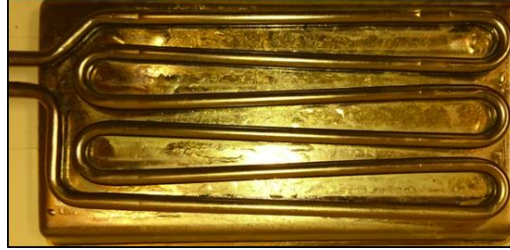
Şekil 2.4 : Sprej tipi ticari buz makinesinin buz kabı ve evaporatör yapısı.

Sprey tipi ticari buz makinası daha önce de bahsedildiği gibi soğuk yüzeye nozüllerle su püskürtülmesi suretiyle, bu yüzey üzerinde sürekli akış halinde olan suyun kademeli/katmanlı bir şekilde donması sonucunda buz yapmaktadır. Katmanlı donma yönteminin uygulanabilmesi için suyun üzerinden aktığı soğuk yüzeyin sıcaklığı önemli bir teknik detaydır. Bu yüzden spray tipi olan bu buz makinası için buz yapma prosesi sırasında oluşan soğuk yüzeylerin sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. İçinden soğutucu akışkan geçen ve buz kabı yüzeyinden ısı çeken evaporatör yapısının boruları, bu sistemde buz kabının tabanına, sağ ve sol yan yüzeyine temas edecek şekilde konumlandırılarak kaynaklanmıştır. Şekil 2.4'te görüldüğü gibi evaporatör buz kabıyla bütünleşik olduğundan buz kabının da evaporatörün bir parçası olduğu kabul edilebilir. Bu kabul doğrultusunda evaporatör üzerindeki belli başlı noktalardan alınan sıcaklık aslında teknik sistemde buzun oluşması için ihtiyaç duyulan soğuk yüzey sıcaklıklarıdır. Yüzey sıcaklıkları için yapılan ölçümlerde sıcaklık sensörleri (termokupl) kullanılmıştır. Temas ettiği yüzeylerden sıcaklık ölçümü yapan sensörler kullanıcının ayarladığı zaman aralıklarında ölçümler yaparak bağlı oldukları bilgisayara data gönderimi yaparlar. Bilgisayarda bulunan yazılım sayesinde gelen datalar işlenerek sayısal grafiklere dönüştürülür. Bu grafiklerdeki değişim eş zamanlı olarak bilgisayardan takip edilebildiği gibi daha sonrasında da bu dataları kullanabilmek için datalar, yazılımın dosya formatıyla birlikte kayıt edilebilmektedir. Şekil 2.5'te spray tipi ticari buz makinasının buz yapması sırasında evaporatör üzerinden sıcaklık sensörleriyle alınan sıcaklık ölçümleri gösterilmiştir.



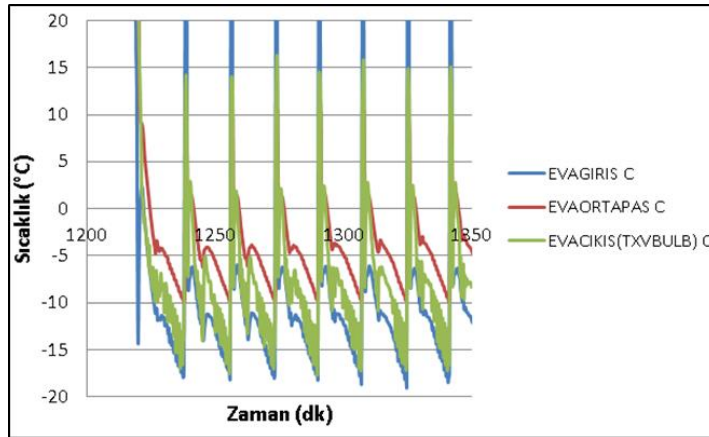
Şekil 2.5 : Sprey tipi ticari buz makinasının evaporatör yüzeyi sıcaklıkları.

Grafik ardışık iki buz çevrimi için geçen sürede toplanan datalara göre çizilmiştir. Eğer bir buz yapma çevrimi için grafiği inceleyecek olursak, 0 °C'nin üzerindeki sıcaklıklar buz yapma prosesiyle ilişkili olmayan kısımdır. Buz oluşumunun başladığı asıl kısım -4 °C civarı olarak tahmin edilebilir. Tüm buz yapma prosesi sırasında da soğuk yüzey sıcaklıkları yaklaşık olarak -4 °C ile -23 °C arasında değişim göstermektedir.



Şekil 2.6 : Şelale tipi ticari buz makinasının buz kabı ve evaporatör yapısı.

Soğuk yüzey sıcaklıkları incelenen diğer ürün ise şelale tipi ticari buz makinasıdır. Bu makina da katmanlı donma yöntemi ile buz yapmaktadır. Bir önceki spray tipi ticari buz makinasından farklı olarak buzun oluşacağı kısım hücrelere bölünmüştür. Şekil 2.6'da gösterildiği üzere arkasında bulunan evaporatör ile soğutulan buz kabı bu kez yan konumlandırılmıştır. Bu buz kabının üstünde bulunan ve bu hücrelere belirli miktarda su akıtan sistem sayesinde buz kabı üzerinde sürekli bir akış sağlanmaktadır. Soğuk yüzey sıcaklıkları ölçülürken bir önceki sistem için yapılan işlemlerin aynısı tekrarlanmıştır. Evaporatör üzerindeki belirli noktalardan alınan sıcaklık ölçümlerinin sonuçlarından bir grafik elde edilmiştir. Şekil 2.7'deki grafikte görülen ölçüm sonuçları toplamda ardışık yedi buz yapma çevrimi süresince evaporatör üzerindeki sıcaklık değişimlerini göstermektedir.



Şekil 2.7 : Şelale tipi ticari buz makinasının evaporatör yüzeyi sıcaklıkları.

Bir buz yapma çevirimi için grafiği inceleyecek olursak buzun oluşmaya başladığı sıcaklık -5 °C dolayları olarak tahmin edilebilir. Buz yapma prosesi sırasında da soğuk yüzey sıcaklıkları yaklaşık olarak -5 °C ile -18 °C arasında değişim göstermektedir.

2.1.2 Pompa gereksiniminin incelenmesi

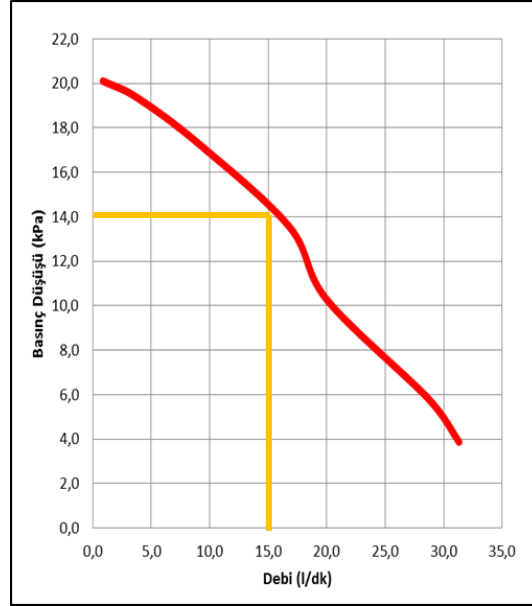
Mevcut ürünlerin incelenmesi başlığı altında, sprej tipi ve şelale tipi ticari buz makinalarının katmanlı donma yöntemini uygulayabilmeleri için sistemde kullanılan suyun soğuk yüzey üzerinden daimi bir şekilde akması gerekmektedir. Her iki makina da suyun sistem içerisindeki sirkülasyonunu sağlamak için pompa kullanmaktadır. Bu iki makina temelde aynı prensiple saydam buz elde etseler de sprej tipi ticari buz makinası sistemdeki suyu nozüller yardımıyla sprej şeklinde buz kabına püskürtmekte ve şelale tipi ticari buz makinası da bir su dağıtıcı parça ile suyu buz kabı üzerinden şelale benzeri bir formda akıtmaktadır. Dolayısıyla bu iki farklı uygulamada kullanılan pompalar karakteristikleri bakımından birbirinden farklıdır. Çünkü her iki sistem için de pompa kapasitesi ihtiyacı farklıdır. Kataloglardan bu iki pompa için bazı spesifikasyonlar elde edilse de teknik sistem içinde hangi debilerde ve hangi basınç düşülerinde çalıştıklarını tespit etmek yapılacak yeni buz makinası konstrüksiyonunda kullanılacak pompayı doğru belirleyebilmek için öncül bilgiler verecektir.



Şekil 2.8 : Sprej tipi ticari buz makinasında kullanılan pompa.

Şekil 2.8’de görülen sprej tipi ticari buz makinasında kullanılan pompa hakkında teknik bilgiler çeşitli kataloglarda mevcuttur. Ancak bilgilerin doğruluğunu test etmek için ilk önce farklı debi değerlerine karşılık gelen basınç düşüleri belirlenmiştir ve bu verilere göre bir pompa karakteristiği eğrisine ulaşılmıştır. Daha sonra pompanın teknik sistem üzerinde ne kadarlık debideki suyu bastığını ve bu

debiye karşılık gelen basınç düşüşü değerini bulabilmek için pompa, buz makinasındaki elektronik sistemle birlikte çalıştırılarak ölçümler yapılmıştır.



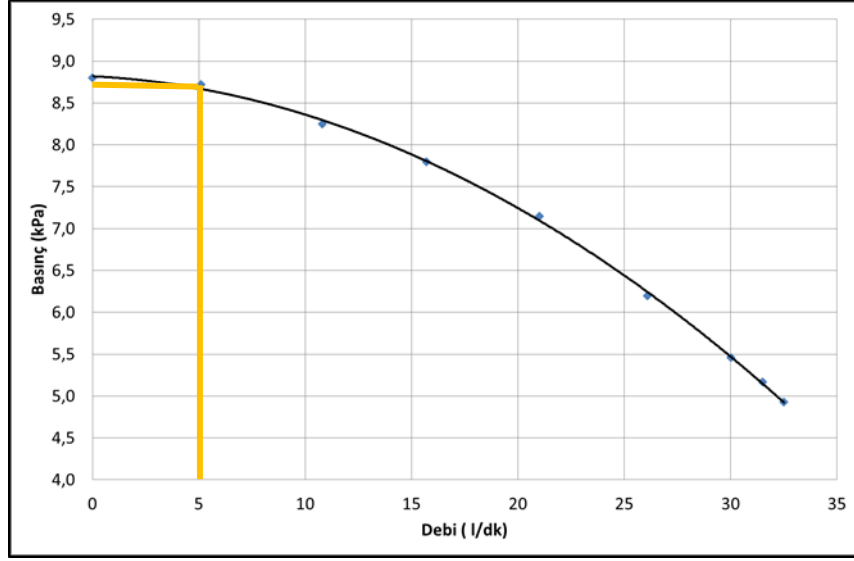
Şekil 2.9 : Sprey tipi ticari buz makinasındaki pompanın karakteristik eğrisi.

Şekil 2.9'da bu ölçümler sonucu ortaya çıkan pompa karakteristiği eğrisi gösterilmektedir. Teknik sistem içerisinde kullanılan pompa buz yapma süresi boyunca 15 l/dk'lık debiye karşılık yaklaşık 14 kPa basınç düşüşüyle çalışmaktadır.



Şekil 2.10 : Şelale tipi ticari buz makinasında kullanılan pompa.

Diğer ticari buz makinası olan şelale tipinde ise Şekil 2.10'da genel görünümü verilen pompa kullanılmaktadır. Yine aynı şekilde ilk önce pompanın farklı debilerde çalışmasına karşılık gelecek basınç düşüşleri bulunarak pompa karakteristik eğrisine ulaşılmıştır. Daha sonra da buz makinası çalışırken pompanın ne kadarlık debide ve hangi basınç düşüşüyle çalıştığı belirlenerek grafiğe aktarılmıştır.



Şekil 2.11 : Şelale tipi ticari buz makinasındaki pompanın karakteristik eğrisi.

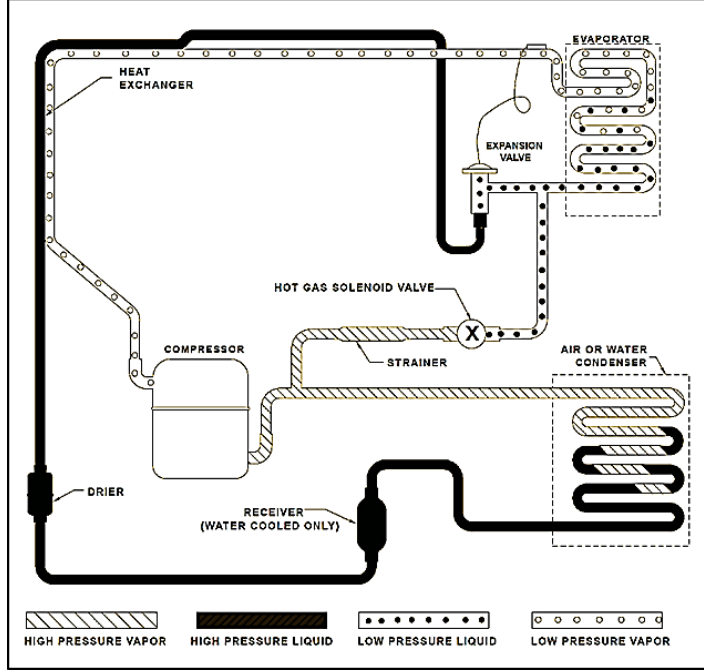
Şekil 2.11’de yapılan ölçümler sonucu elde pompa karakteristiği eğrisi, sistem buz yaparken pompanın çalıştığı debi ve basınç düşüşü değerleri gösterilmiştir. Grafiğe göre pompa, buz yapma çevirimi sırasında 5 l/dk’lık debiye karşılık yaklaşık 8,75 kPa basınç düşüşüyle çalışmaktadır.

2.1.3 Buz dökme sisteminin incelenmesi

Katmanlı donma yönteminin efektif bir şekilde uygulanabilmesi adına, optimum soğuk yüzey sıcaklıkları ve bu soğuk yüzey üzerinden akan suyun homojen şekilde akması için uygun su sirkülasyon yapısı oluşturulmalıdır. Bu parametrelerin doğruluğu, oluşacak buzların saydamlığını doğrudan etkileyecektir. Ancak teknik sistemde, istenilen buzun oluşumu tamamlandıktan sonra buzun yapıştığı buz kabı yüzeylerinden ayrılabilir olması gerekir. Aksi takdirde ortaya koyulan konstrüksiyon, kullanıcı açısından fonksiyonel olmayan bir konstrüksiyon olacaktır.

İncelenen mevcut ürünlerden spreyl tipi ticari buz makinası ve şelale tipi ticari buz makinası, buz yapma prosesinin tamamlanmasıyla oluşan buzları yapıştırdıkları buz kabı yüzeylerinden ayırmak için aynı yöntemi kullanmaktadırlar. Kullandıkları yöntem teknikte “hot gas de-frost” olarak geçmektedir. Soğutma çevrimi sistemi, buz yapma döngüsünü tamamladıktan sonra buzlar yüzeyden ayrılana kadar sıcak gaz çevrimi şeklinde çalışmaktadır. Böylece buz yapma döngüsü sırasında üzerinden ısı çekilen buz kabı, buzların ayrılması sırasında da ısıtılmaktadır. Bir süre sonra sıcak yüzeyle temas halinde olan buzların dış yüzeyleri bir miktar erir ve buz kabı yüzeyi

ile buz arasındaki bağ kopar. Böylece buzlar, kolaylıkla buz kabından ayrılırlar. Sistem yeni bir buz yapma döngüsüne başlayınca yine önceki gibi soğutma çevrimi sistemi olarak çalışır.



Şekil 2.12 : İncelenen ticari buz makinalarındaki soğutma çevrimi [17].

Bu sistem Şekil 2.12’de şematik olarak gösterilmiştir. Klasik soğutma çevriminde, düşük basınçtaki soğutucu akışkan, kompresör vasıtasıyla yüksek basınçta çıkartılır. Kompresörden sonra ise kondansere gönderilir. Soğutucu akışkan kondanserde ısını kaybederek yoğuşmaktadır. Kondanser çıkışında soğutucu akışkan, yüksek basınçlı sıvı halindedir. Kondanserden çıktıktan sonra kısılma vanasından geçerek basıncı düşer. Düşük basınçlı soğutucu akışkan evaporatör yardımıyla ortamdan ısı çekerek düşük basınçlı buhar haline dönüşür. Sıcak gaz çevriminde ise, kompresör ile evaporatör arasında bulunan selenoid valf açık durumdadır. Selenoid valfin açılmasıyla birlikte kompresörde basıncı yükseltilen soğutucu akışkan buharı soğutma çevrimindeki gibi kondansere değil evaporatöre yönlendirilir. Evaporatörden geçen soğutucu akışkan tekrar kompresöre gelir ve basıncı bir miktar daha yükseltilerek tekrar evaporatöre gider. Sistem bu şekilde döngüsüne devam eder. Buzların, buz kabı yüzeyinden ayrılması tamamlanınca da selenoid valf kapanır ve sistem yine klasik soğutma çevrimi olarak çalışır.

Buz kabı yüzeyine yapışan buzları, bu yüzeylerden ayırmak için “hot gas de-frost” yöntemine benzer başka yöntemleri de kullanmak mümkündür.

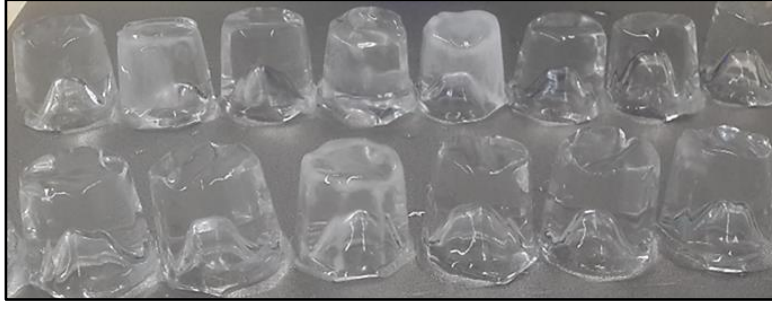
2.1.4 Saydamlık ölçütünün belirlenmesi

Buzdolabına adapte edilebilen, katmanlı donma yöntemi ile saydam buz yapabilen bir buz makinası konstrüksiyonu gerçekleştirilirken incelenecek faktörlerden biri de saydamlık kriterinin ölçütüdür. Buzun saydam olup olmadığı herhangi bir nicel ifade ile tanımlanmazsa şüphesiz ki gerçekleştirilecek çalışma bilimsellikten uzak olacaktır. Bu bağlamda buzun saydamlığını niteliksel ifadelerden niceliksel ifadelere dönüştürebilmek için buzların saydamlığını ölçebilecek bir cihaz kullanılmalıdır. Arçelik A.Ş. bünyesinde bulunan ve temelde ışık geçirgenliğinin miktarını ölçen cihaz kullanılarak buzların saydamlık dereceleri incelenebilmektedir. Saydamlık ölçümü ile ilgili yapılacak tüm deneylerde de bu cihaz kullanılmıştır. Bu bölümdeki çalışmada, toplamda iki farklı buz makinasından elde edilen buzların, belirli sayıdaki buz yapma döngüleri tekrarlanarak, saydamlıkları ölçülmüştür. Bu makinalar, spreylip ve şelale tipi ticari buz makinalarıdır.

Bu iki buz makinasından elde edilen buzlar, ürünlerin bulunduğu pazarlarda saydam buz olarak kabul görmüştür. Dolayısıyla saydamlık derecelerinin tespit edilmesi, gerçekleştirilecek yeni konstrüksiyon için bir referans niteliğinde olacaktır. Her buz makinası için ardışık üç buz çevrimi için ölçümler gerçekleştirilmiştir. Her çevrimde de rastgele üç adet buz alınarak ölçüm yapılmıştır. Ölçümler sonucunda cihaz ekranından okunan değer, ışık geçirgenliğine bağlı olarak değişen boyutsuz bir değer olup, farklı saydamlıktaki buzların nicel olarak karşılaştırılması amacıyla değerlendirilmiştir. Şekil 2.13'te saydamlık ölçüm cihazının genel görünümü verilmiştir.



Şekil 2.13 : Saydamlık ölçüm cihazının genel görünümü.



Şekil 2.14 : Sprey tipi ticari buz makinası buzlarının genel görünümü.

Buzdolabına adapte edilebilen bir buz makinası konstrüksiyonunun çıktısı olacak buz için bir referans oluşturması amacıyla sprej tipi ticari buz makinasının ürettiği buzlar saydamlık ölçme cihazı ile ölçülmüştür. Makinadan elde edilen buzların genel görünümü Şekil 2.14’te verilmiştir. Sprej tipi buz makinasının buz kabı sekizgen geometriye sahiptir. Bu buz kabı içerisinde oluşan sekizgen formdaki buzları daha sağlıklı inceleyebilmek adına ölçümler toplamda dört farklı yüzeyden yapılmıştır. Saydamlık ölçüm cihazı her bir yüzey ile karşısında bulunan yüzey arasındaki saydamlık derecesini ölçtüğü için sonuçta tüm yüzeyler arasındaki saydamlık ölçülmüş olmaktadır.

Şüphesiz ki buzun farklı yüksekliklerinden veya tabanından tavanına doğru ölçümler yapılırsa farklı saydamlık değerleri bulunabilir. Ancak saydamlık ölçümünün belirli bir sistematığa oturtulabilmesi adına sadece karşılıklı dört adet yüzeyden ölçümler alınmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi ardışık üç buz çevriminin her birinden rastgele seçilen üç adet buzun saydamlık ölçümü yapılmıştır. Ölçümlerden elde edilen sonuçlar Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 : Sprej tipi ticari buz makinası buzlarının saydamlık ölçümleri.

		1. Yüzey	2. Yüzey	3. Yüzey	4. Yüzey	Ortalama
1. TUR	Buz No. 1	66	98	97	61	81
	Buz No. 2	25	80	27	47	45
	Buz No. 3	41	78	23	23	41
				1. Tur Ortalama		56
2. TUR	Buz No. 1	76	97	85	58	79
	Buz No. 2	97	35	98	76	77
	Buz No. 3	71	78	44	47	60
				2. Tur Ortalama		72
3. TUR	Buz No. 1	96	70	38	52	64
	Buz No. 2	93	86	24	52	64
	Buz No. 3	97	93	95	96	95
				3. Tur Ortalama		74
				Genel Ortalama		% 67

Saydam buz yapabilen ve mevcut ürünler bölümünde incelenen şelale tipi ticari buz makinasının ürettiği buzların da saydamlık derecesinin ölçümü yeni buz makinası konstrüksiyonunun üreteceği buzlar için referans alınabilir.



Şekil 2.15 : Şelale tipi ticari buz makinası buzlarının genel görünümü.

Şekil 2.15'te görüldüğü gibi şelale tipi ticari buz makinasından elde edilen buzlar tam bir küp değildir. Buzlar, eğimli buz kabı yüzeylerinden dolayı paralelkenar prizma şeklindedir. Bu formdaki buzı saydamlık ölçüm cihazında sağlıklı bir şekilde ölçebilmek için üç farklı yüzeyden ölçüm yapılmıştır. Cihaz iki yüzey arasındaki saydamlık derecesini belirlediği için, ölçümler sonucunda tüm yüzeyler arasındaki saydamlık değerleri belirlenmiş olur. Ölçümlerden elde edilen sonuçlar Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 : Şelale tipi ticari buz makinası buzlarının saydamlık ölçümleri.

		1. Yüzey	2. Yüzey	3. Yüzey	Ortalama
1. TUR	Buz No. 1	90	80	22	64
	Buz No. 2	96	63	30	63
	Buz No. 3	65	56	28	50
			1. Tur Ortalama		59
2. TUR	Buz No. 1	94	73	40	69
	Buz No. 2	96	78	19	64
	Buz No. 3	85	56	20	53
			2. Tur Ortalama		62
3. TUR	Buz No. 1	87	63	32	61
	Buz No. 2	93	47	34	58
	Buz No. 3	83	61	44	63
			3. Tur Ortalama		61
			Genel Ortalama		%61

Ölçümler sonucunda elde edilen ortalama saydamlık derecesi sprey tipi ticari buz makinası için %67 ve şelale tipi ticari buz makinası için %61 olarak çıkmıştır. İki

farklı tipteki ticari buz makinasında ölçülen ortalama saydamlık dereceleri, konstrüksiyonu gerçekleştirilen buz makinası üzerinde yapılacak saydamlık ölçüm çalışmalarında referans değerler olarak göz önünde bulundurulmalıdır.

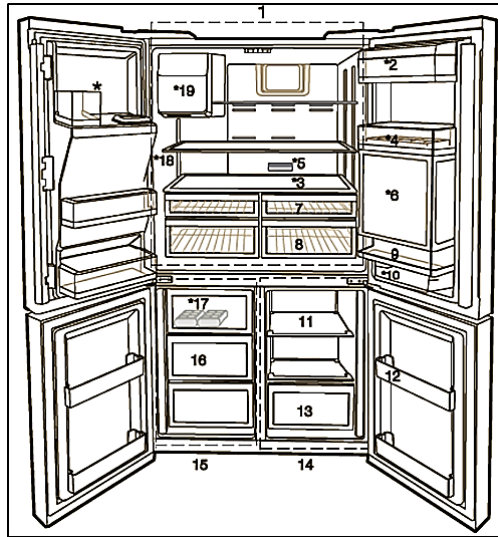
2.2 Buz Makinasının Adapte Edileceği Buzdolabının Genel Yapısı

Katmanlı donma yöntemiyle saydam buz yapabilen, buzdolabına adapte bir buz makinası konstrüksiyonu için önemli olan ilk aşama bu yöntemin detaylarının kavranmasıdır. Teknik sistemin çıktısı olacak buzun boyutları ve formu konstrüksiyonu yapılacak buz makinasının neredeyse tüm yapısını etkilemektedir. Belirlenen buz boyutları ve formunun sağlanabilmesi için gerekli olan buz kabı, istenen kriterleri gerçekleştirebilecek şekilde detaylandırılmalıdır. Buz kabının konstrüktif detayları, sistemin efektif soğutulabilmesini sağlamak için soğutma çevriminin kapasitesini ve çevrimde kullanılacak elemanların özelliklerini belirlemektedir. Buz kabı üzerinden akacak suyun tüm yüzeylere temas ederek olabildiğince homojen akması da buz boyut ve formuna paralel şekillenen buz kalıbıyla oldukça ilişkilidir. Sistem çıktısı olacak buzun, buz kabından ayrılabilmesi ve nihai buzun istenilen saydamlıkta elde edilmesi gibi diğer faktörler de katmanlı donma yönteminin kısıtları doğrultusunda şekillendirilecek konstrüksiyon kriterleri olacaktır. Ancak asıl istenilen konstrüksiyonun, sadece bu yöntemle buz yapabilen bir buz makinası olmadığını, oluşturulacak sistemin buzdolabı içine adapte edilebilir bir yapıda olması gerektiğini konstrüksiyon sürecinin başlangıcından bitişine kadar göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Buz makinasının birçok detayını sınırlandıracak unsur buzdolabının konstrüktif sınırlarıdır. Bu bağlamda buz makinası konstrüksiyonunun detaylandırılmasına başlamadan önce sistemin hangi tip bir buzdolabı içerisine adapte edileceği, sistemin buzdolabı içerisindeki soğutucu bölmeye mi yoksa dondurucu bölmeye mi konumlandırılacağı kesinlik kazanmalıdır. Gerçekleştirilecek buz makinası konstrüksiyonunun başarılı bir şekilde buzdolabına adapte edilebilmesi için kullanılacak buzdolabının seçimi oldukça kritiktir. Seçimi yaparken buzdolabı ürün gamının detaylarına hakim olunmalıdır. Bu çalışmaya benzer çalışmalar yapılmışsa daha önceki deneyimler doğrultusunda yapılan çalışmalar incelenmelidir.



Şekil 2.16 : Buz makinasının adapte edileceği buzdolabının genel görünümü.

Gerçekleştirilen fizibilite çalışmaları sonucunda, konstrüksiyonu gerçekleştirilecek olan buz makinasının adaptasyonu için Arçelik A.Ş. ürün gamında bulunan gardirop tipi dört kapılı buzdolabı tercih edilmiştir. Şekil 2.16’da genel görünümü verilmiş olan ürün ambalajsız haliyle, 185 cm yüksekliğinde 90 cm genişliğinde ve 86 cm derinliğindedir. Toplam brüt hacmi ise 750 litredir. Ürünün dış sacı iz bırakmaz nitelikteki inoks kaplamayla kaplanmıştır. Bu buzdolabı, şirketin ürün gamındaki en geniş hacimli ürünlerden biridir.



Şekil 2.17 : Buz makinasının adapte edileceği buzdolabının detay görünümü [18].

Buzdolabı içerisinde, gıdaların soğutularak daha uzun süre saklanabileceği soğutucu bölme Şekil 2.17’de 1 numara ile gösterilmiştir. Standart bir kullanım için buzdolabında en çok ihtiyaç duyulabilecek bölme olduğu için tüm buzdolabı yapısında en fazla yeri soğutucu bölme kaplamaktadır. Soğutucu bölme, buzdolabının kapısı üzerindeki kontrol paneli kullanılarak 2 °C ile 8 °C arasındaki

sıcaklık değerlerine ayarlanabilmektedir. Soğutucu bölme içerisinde 19 numara ile gösterilmiş olan buz yapma bölmesi yapısında bulunan otomatik buz yapma makinasının günlük buz yapma kapasitesi 1 kg olarak deklare edilmiştir.

Buz makinası her bir çevrimde yaptığı buzlu otomatik olarak buz stok kısmına dökmektedir. Buz makinası ve su pınarı için gerekli olan su, şebeke beslemeli olarak alınabilmektedir. Buzdolabı kapısı üzerinde bulunan su/buz pınarı üzerinden kullanıcı hem buz hem de su ihtiyacını karşılayabilmektedir. Yine soğutucu bölme içerisinde bulunan ve şekilde 7 numara ile gösterilen sıfır derece bölmeleri, soğutucu bölmenin ayarlanabildiği sıcaklıklardan daha düşük sıcaklarda saklanması gereken yiyecekler için kullanılmaktadır. Şarküteri ürünleri, uzun süre beklemeden tüketilecek et ürünleri için bu bölme uygundur. Ancak sebze ve meyveler bu bölme içerisinde saklanmamalıdır. Sebze ve meyveleri saklamak için 8 numara ile gösterilmiş olan sebzelikler kullanılmalıdır.

15 numara ile gösterilmiş olan bölme ise gıdaların dondurularak saklanabileceği dondurucu bölmedir. Buzdolabı kapısı üzerindeki kontrol paneli yardımıyla bu bölme, -18 °C ile -24 °C aralığındaki sıcaklık değerlerine ayarlanabilmektedir. Bu bölmede 3 adet çekmece bulunmaktadır.

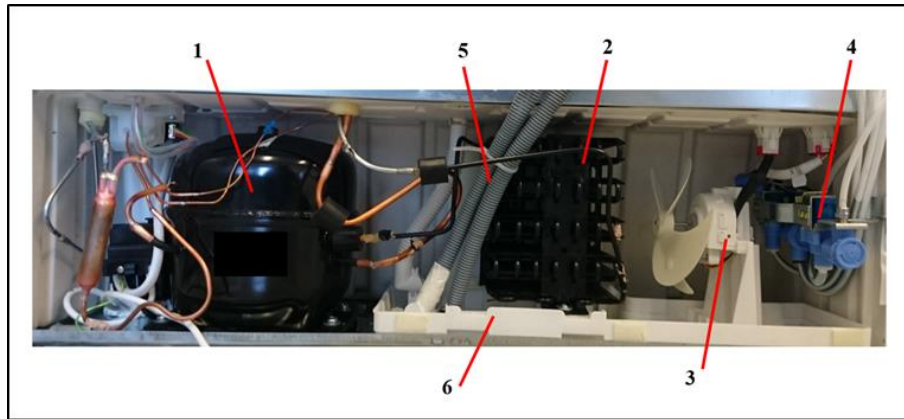
14 numaralı bölme ise çoklu kullanım bölmesi (multizone) olarak adlandırılmaktadır. Bu şekilde adlandırılmasının sebebi ise, bu bölmenin hem soğutucu hem de dondurucu bölme olarak kullanılabilmesidir. Kullanıcı -24 °C ile +10 °C aralığındaki sıcaklıklarda bu bölmeyi ayarlayabilmektedir. Bu bölmede bir adet çekmece ve iki adet cam raf bulunmaktadır.



Şekil 2.18 : Buz makinasının adapte edileceği bölmenin genel görünümü.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda, saydam buz yapabilen yeni buz makinası konstrüksiyonunun, seçilen dört kapılı buzdolabı içerisindeki Şekil 2.18’de genel görünümü verilmiş olan çoklu kullanım bölmesine adapte edilmesine karar verilmiştir. Gerçekleştirilecek yeni konstrüksiyon için bu bölmenin konstrüktif sınırları esas alınmalıdır. Yapılacak yeni buz makinası konstrüksiyonu çoklu kullanım bölmesi içerisinde mümkün olduğunca az yer kaplamalıdır. Çünkü çoklu kullanım bölmesi mevcut üründe, hem soğutucu hem de dondurucu bölme olarak kullanılabildiğinden, yeni buz makinası konstrüksiyonunun yerleşimiyle birlikte azalan hacim, deklare edilen toplam soğutucu ve dondurucu bölme hacminden de azalacaktır. Buzdolabı içerisinde kullanıcıya gıda saklamak amacıyla sunulan faydalı hacmin azalması istenilen bir durum değildir. Yeni konstrüksiyon gerçekleştirilirken, çoklu kullanım bölmesinin plastik şasisi üzerinde bazı yapısal değişikliklerin yapılması gerekebilir. Ancak yapılması zorunlu olabilecek değişiklikler olabildiğince minimum seviyede tutularak iç plastiğin yapısı çok değiştirilmemelidir. Metal saclardan oluşturulmuş buzdolabı dış gövdesi ile iç plastikler arasında dolgu şeklinde poliüretan malzemesi bulunmaktadır. Poliüretan, sistem içerisinde esas olarak ısı yalıtımının sağlanabilmesi için kullanılmaktadır. Ancak ek fayda olarak da buzdolabı iskeletini destekleyen ve buzdolabı gövdesinin daha rijit bir yapıda olmasını sağlayan bir malzemedir. Bu yüzden yapılacak yeni buz makinası konstrüksiyonunda dış gövde ile iç plastikler arasında bulunan poliüretan kalınlıkları değiştirilmemelidir.

Soğutucu, dondurucu ve çoklu kullanım bölmelerinin soğutulmasını sağlayan soğutma sistemi elemanları ise buzdolabının kabin dibi yapısı içerisine konumlandırılmıştır. Şekil 2.19’da mevcut üründe soğutma sisteminin konumlandırıldığı kabin dibi yapısının genel görünümü verilmiştir.



Şekil 2.19 : Mevcut buzdolabı ürünündeki kabin dibi yapısı.

Kabin dibi yapısındaki belli başlı komponentleri inceleyecek olursak;

1- Kompresör

2- Kondanser

3- Fan

4- Valfler

5- Drenaj boruları

6- Buharlaştırma kabı, şeklindedir.

Yapılacak yeni buz makinası konstrüksiyonu için kritik olacak yapısal kısıtlardan bir tanesi de mevcut ürünün kabin dibi boyutlarıdır. Mevcut üründe buzdolabının soğutulması tek bir soğutma çevrimi ile sağlanmaktadır. Bu yüzden sistemde bir adet kompresör, kondanser ve fan bulunmaktadır. Ancak yapılan araştırmalar sonucunda katmanlı donma yöntemiyle saydam buz elde edilebilecek yeni buz makinası konstrüksiyonu için, buzdolabının soğutma çevriminden bağımsız çalışacak ek bir soğutma çevrimine ihtiyaç olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum mevcut ürünlerdeki sisteme ikinci bir kompresör ve kondanserin dahil edilmesi gereksinimini doğurmaktadır. Yani mevcut kabin dibinin konstrüktif sınırları içerisinde, ek bir kompresör ve kondanser uygun bir şekilde yerleştirilmelidir. Bu duruma sadece kompresör ve kondanseri kabin dibine sığdırmak düşüncesiyle yaklaşmamak gerekir. Çünkü kompresör ve kondanserin bu sınırlar içine yerleştirilebilmesi kadar önemli olan diğer konu ise, bu komponentlerin seri üretim hattındaki mevcut teknolojik altyapı kullanılarak montaj edilebilirliğinin sağlanmasıdır. Aksi takdirde sistem montaj edilemeyecek ve yapılan konstrüksiyon ürüne adapte edilmiş bir şekilde kullanılamayacaktır.

Konstrüksiyonu yapılacak yeni buz makinasının soğutma kapasitesi ihtiyacı öngörüldükten sonra, bu kapasiteyi karşılayacak kompresör ve kondanser boyutları belirlenmelidir. Daha sonra boyutları belirlenen komponentlerin, mevcut kabin dibi yapısına yerleşiminin yapılıp yapılamayacağı üretim teknolojisi de göz önünde bulundurularak etüt edilmelidir.

Katmanlı donma yöntemini kullanarak saydam buz yapabilen bir buz makinası konstrüksiyonunun buzdolabına adaptasyonu için çözülmesi gereken yapısal problemler aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Buz makinası konstrüksiyonu, çoklu kullanım bölmesinin faydalı hacmini olabildiğince koruyacak şekilde, kompakt bir yapıda olmalıdır.
- Buz makinası konstrüksiyonu, montaj edileceği çoklu kullanım bölmesinin plastik şasisi üzerinde olabildiğince az değişiklik gerektirmelidir.
- Buzdolabının herhangi bir yerinde izolasyon kalınlığı değiştirilmemelidir.
- Buzdolabının metal saclardan oluşan dış şasisinin konstrüktif sınırları korunmalıdır.
- Buzdolabına adapte edilecek yeni buz makinasının soğutma sistemini oluşturabilmek için gerekli olan bir adet kompresör ve kondanser, mevcut üründeki kabin dibi yapısının konstrüktif sınırları içerisinde kalacak ve üretim esnasında montaj edilebilecek şekilde yerleştirilmelidir.

3. ALTERNATİF KONSTRÜKSİYONLARIN OLUŞTURULMASI

Mühendislik çalışmalarının amacı, toplumsal ve ekonomik ihtiyaçların ortaya çıkardığı çok değişik türde ürün ve teknik yapının meydana getirilmesidir. Bazı araştırmacılara göre mühendislik uğraşısı özellikle de konstrüktif uğraşı; sosyal, bilimsel, ekonomik ve sanatsal yaşamın bütün alanlarını etkiler ve bunlardan etkilenir.

Konstrüksiyonun, öğrenilebilir ve öğretilabilir bir teknik olması için belirli bir bilimsel alt yapı şarttır. Bu bilimsel alt yapının konstrüksiyon uğraşısında daha etkin kullanılabilmesi için de konstrüksiyon kavramına daha metodolojik bir bakış açısıyla yaklaşmak faydalı olacaktır.

Bu bağlamda konstrüksiyon sistematığının işlem basamakları uygulanabilir. Bu sistematığın ilk adımı, konstrüksiyon fikrini ortaya çıkaran problemin doğru ve eksiksiz tarifenmesidir. Doğru yapılacak problem tarifi, ortaya çıkacak nihai ürünün ihtiyacı karşılamasını sağlayacaktır. Ancak tüm konstrüksiyon faaliyetinin çıkış noktasını ve temelini oluşturan problem tarifi eğer eksik veya yanlış bir şekilde oluşturulursa ortaya çıkacak nihai konstrüksiyon kendisinden beklenen fonksiyonu gerçekleştiremeyecek ve sonuç olarak da ihtiyacı karşılayacak bir ürün olamayacaktır. Problem tarifinden sonra, konstrüksiyondan beklenen istekler bir liste haline getirilmelidir ve bu istekler arasında bir önem sırası oluşturulmalıdır. Belirlenen istekler doğrultusunda konstrüksiyondan beklenen temel fonksiyon, en üst soyutluk derecesinde tanımlanarak yapılacak konstrüksiyon faaliyetine olabildiğince geniş bir perspektiften bakılmalıdır. Ortaya çıkan temel fonksiyon doğrultusunda, birbirinden farklı teknik yapılar kurgulanarak, alternatif fonksiyon strüktürleri oluşturulmalıdır. Bu alternatif fonksiyon strüktürlerini, olabildiğince objektif bir şekilde fayda-değer analizleri ile puanlandırdıktan sonra en yüksek puanı alan alternatif için detaylı konstrüksiyon çalışması yapılmalıdır.

3.1 Problemin Tarifi ve İstekler Listesinin Oluşturulması

Yeni bir ürün gereksinimini tetikleyen temel unsur tüketici ihtiyaçlarıdır. Tüketicilerin günlük yaşam içerisinde karşılaştıkları problemler ise ihtiyaçları ortaya çıkarmaktadır. Bu problemleri belirleyebilmek ve iyi tanımlayabilmek, yeni bir ürün konstrüksiyonuna başlamadan önce yapılması gereken ilk ve en önemli iştir. Çünkü problem tarifinden sonra konstrüksiyon adına gerçekleştirilecek her çalışma mevcut problemi çözmek amacıyla yapılacaktır. Problemin yanlış tarifiyle konstrüksiyonu da yanlış şekillendirecek ve ortaya çıkan nihai ürün mevcut tüketici ihtiyacına karşılık veremeyecektir.

Bu çalışmada problemin tarifi, pazar araştırmaları ve şirket içi fikirlerin derlenmesiyle oluşturulmuştur. Yapılan araştırmalar sonucunda mevcut buzdolaplarında bulunan buz makineleri incelendiğinde, buzların saydamlık derecesinin ve makinelerin günlük buz yapma kapasitesinin yeterli olmaması gibi bazı olumsuz durumlar dikkat çekmiştir. Piyasadaki ticari buz makinelerinin ev tipi kullanıma uygun olanlarından bir kısmı bu ihtiyaçları karşılamaktadır. Ancak bu ticari buz makinelerine sahip olmak için ekstra bir ücret ödenmesi ve bu makinelerin evde kaplayacakları ekstra hacim gibi olumsuz sebepler, bu makinelerin özelliklerini daha kompakt bir yapıya getirip, halihazırda birçok evde yaygınlıkla kullanılan buzdolabı ürününe adapte etme fikrini ortaya çıkarmıştır.

Tüm bu geri bildirimlerin değerlendirilmesiyle elde edilen problem tanımı şu şekildedir:

“Buzdolabına adapte edilebilen, saydam buz yapabilen otomatik bir buz makinesi konstrüksiyonu.”

Bu problemi çözmek amacıyla öncelikle tüm isteklerin doğru bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Niceliksel veya niteliksel isteklerin tümünü bir arada inceleyebilmek için istekler listesi oluşturulmalıdır. Çizelge 3.1’de oluşturulmuş istekler listesinde:

- K: Kesin istek
- A: Arzu tipi istek
- H: Hedef gösteren istek, olarak tanımlanmaktadır.

Çizelge 3.1 : İstekler listesi.

İstek Tipi		İstekler
1	K	Gıdayla temas halinde bulunacak tüm malzemeler, gıdayla uyumlu (food safe) olmalı.
2	K	Sistem, buzdolabı iç plastiğinin konstrüktif sınırlarını aşmamalı.
3	K	Buzdolabı izolasyon kalınlığı değiştirilmemeli.
4	K	Sistem, otomatik çalışabilmeli.
5	K	Soğutma sistemi için gerekli olacak ekstra komponentler buzdolabı kabin dibi yapısının sınırlarını aşmamalı.
6	H	Sistem, servis, montaj ve imalat kolaylığı sağlamalı.
7	A	Sistem, en az 1×1×1 inç boyutlarında buz yapabilmeli.
8	A	Sistemin algılanan kalitesi yüksek olmalı.
9	H	Sistem, buzdolabı içerisinde olabildiğince az hacim kaplamalı.
10	K	Sistemden elde edilecek buzlar saydam olmalı.
11	K	Sistem, bir çevrimde en az 100 gram buz üretebilmeli.
12	K	Sistemin bir çevrim süresi en fazla 60 dakika olmalı.
13	H	Sistemde istenmeyen su sıçramaları en aza indirilmeli.
14	A	Sistem, üç farklı boyutta buz yapabilmeli.
15	K	Buzlar, buz kabından kolayca ayrılabilirmeli.
16	H	Buz stok çekmecesinde en az 1 kg buz saklanabilmeli.
17	H	Sistemde kullanılacak pompanın boyutları küçük olmalı.

3.2 Temel Fonksiyonun Tanımlanması

Temel fonksiyonun tanımlanması aşaması aslında istekler listesinin sadeleştirilmesidir. Bu sadeleştirme işlemini yaparken arzu tipi olarak belirtilmiş istekler ve hedef tipi istekler göz ardı edilir. Daha sonra sistemin fonksiyonu ile doğrudan ilişkili olmayan istekler de elenir. Niceliksel bilgiler niteliksel hale dönüştürülür ve temel fonksiyon bakımından çok önemli olmayanlar dikkate alınmaz. Ortaya çıkan ve olabildiğince üst soyutluluk taşıyan tanımlama daha önce görmezden gelinen önemli istek varsa bu yönde geliştirilir. Son olarak da temel fonksiyon, herhangi bir niceliksel ifade kullanılmadan tariflenir.

Arzu tipi istekler ve sistemin fonksiyonu ile doğrudan ilişkili olmayan istekler göz ardı edilirse liste şu şekilde oluşacaktır:

- Gıdayla temas halinde bulunacak tüm malzemeler, gıdayla uyumlu (food safe) olmalı
- Sistem, buzdolabı iç plastiğinin konstrüktif sınırlarını aşmamalı
- Buzdolabı izolasyon kalınlığı değiştirilmemeli
- Sistem, otomatik çalışabilmeli

- Soğutma sistemi için gerekli olacak ekstra komponentler buzdolabı kabin dibi yapısının sınırlarını aşmamalı
- Sistemden elde edilecek buzlar saydam olmalı
- Sistem, bir çevrimde en az 100 gram buz üretebilmeli
- Sistemin bir çevrim süresi en fazla 60 dakika olmalı
- Buzlar, buz kabından kolayca ayrılabilmeli

Sistem fonksiyonu ile ilgili doğrudan ilişkili olmayan isteklerleri de bu listeden çıkarılırsa liste şu şekilde oluşacaktır:

- Sistem, buzdolabı iç plastiğinin konstrüktif sınırlarını aşmamalı
- Sistemden elde edilecek buzlar saydam olmalı
- Sistem, bir çevrimde en az 100 gram buz üretebilmeli
- Sistemin bir çevrim süresi en fazla 60 dakika olmalı
- Buzlar, buz kabından kolayca ayrılabilmeli

Niceliksel bilgiler niteliksel hale dönüştürülür ve temel fonksiyon bakımından çok önemli olmayanlar dikkate alınmazsa liste şu şekilde oluşacaktır:

- Sistem buzdolabı içine adapte edilebilir olmalı
- Sistem, saydam buz yapabilmeli
- Kısa sürelerde buz yapabilmeli

Ortaya çıkan ve olabildiğince üst soyutluluk taşıyan bu tanımlamayı daha önce görmezden gelinen önemli istekler doğrultusunda geliştirirsek liste şu şekilde olacaktır:

- Buzdolabına adapte
- Otomatik çalışan
- Saydam buz yapabilen
- Hızlı buz yapabilen

Ortaya çıkan ve olabildiğince üst soyutluluk taşıyan temel fonksiyon şu şekildedir:

“Buzdolabında, hızlı ve saydam buz yapabilen bir buz makinası.”

3.3 Alternatif Konstrüksiyonların ve Fonksiyon Strüktürlerinin Oluşturulması

Temel fonksiyon “Buzdolabında, hızlı ve saydam buz yapabilen bir buz makinası” olarak belirlenmişti. Bu temel fonksiyonu gerçekleştirecek olan teknik sistem için; giriş, çıkış büyüklükleri ve temel fonksiyonu gerçekleştiren sistem olan kara kutu Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



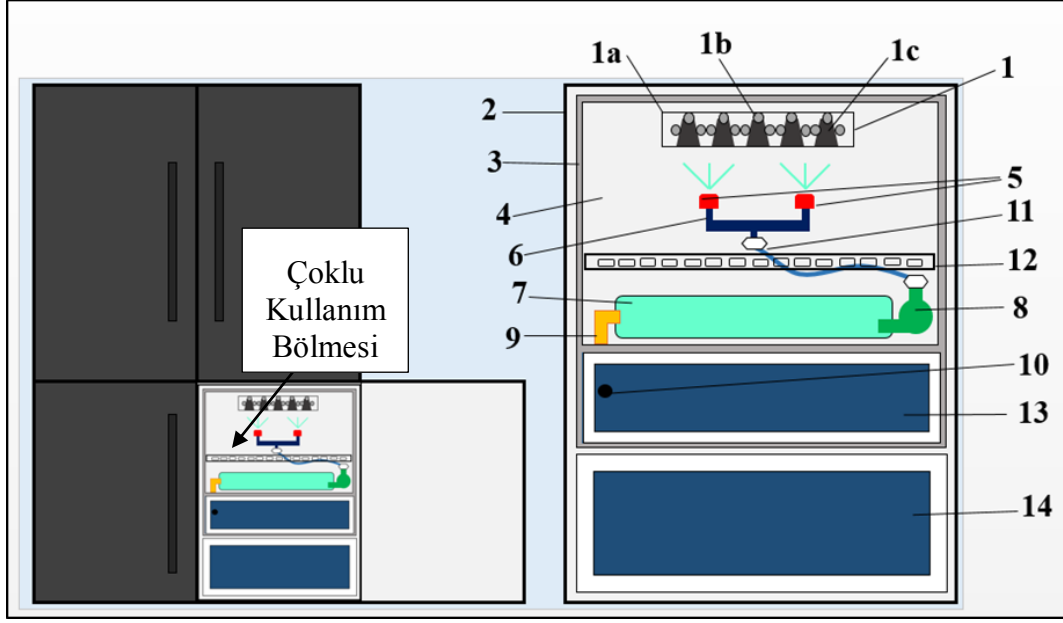
Şekil 3.1 : Teknik sistemdeki giriş ve çıkış büyüklükleri.

Teknik bir sistemin giriş ve çıkış büyüklükleri üç temel özellikte olabilir. Bu temel özellikleri, madde, enerji ve sinyal olarak isimlendirebiliriz. Şüphesiz ki tasarlanacak teknik bir sistemde bu üç tür özelliğin ağırlığı aynı olmayabilir. Bir enerji makinasında esas ağırlığı enerji ile ilgili büyüklükler, madde işleyen bir sistemde madde, bir haberleşme sisteminde ise sinyal büyüklükleri taşır.

Temel fonksiyonun belirlenmesinden sonra, her biri bu temel fonksiyonu baz alacak şekilde alternatif konstrüksiyonlar ve bu konstrüksiyonlara ait fonksiyon strüktürleri oluşturulmuştur. Bu yüzden her bir strüktür için temel fonksiyon aynıdır ancak bu fonksiyonu gerçekleştirecek sistem detayları birbirlerinden farklılaşmaktadırlar.

3.3.1 Alternatif konstrüksiyon 1 ve fonksiyon strüktürü

Şekil 3.2’de gösterilen birinci alternatifte, akış halindeki suyun soğuk yüzey üzerinde katmanlı donmasını sağlamak için soğuk yüzeye sahip buz kabına sprey şeklinde su püskürtülmektedir. Bu sayede, su donarken yapısında bulunan ve saflığını bozan maddelerden ayırır ve sistem saydam buz üretebilir.



Şekil 3.2 : Alternatif konstrüksiyon 1'in şematik görünümü.

Şekilde görüldüğü gibi sistem buzdolabının çoklu kullanım bölümüne konumlandırılmıştır. Çoklu kullanım bölümü mevcut üründe, buzdolabı üzerindeki kontrol paneli kullanılarak soğutucu bölme veya dondurucu bölme olarak ayarlanabilmektedir. Buz yapma sisteminin çoklu kullanım bölümüne adaptasyonu bu yapı bir miktar değişecektir. Buz yapma sisteminin soğutma kapasitesi ihtiyacından dolayı buzdolabından bağımsız bir soğutma çevrimine ihtiyaç duyulmaktadır. Sistemin buzdolabına adapte edilmesiyle birlikte, biri buzdolabı için diğeri ise buz yapma sistemi için iki ayrı soğutma çevrimi kullanılacaktır. Her bir sistem için ayrı soğutma çevrimi ekipmanları tek bir buzdolabı bünyesinde mevcut olacaktır.

1- Evaporatörlü buz kabı

1a- Buz kabı plastik şasisi

1b- Metal evaporatör boruları

1c- Metal buz kabı hücreleri

2- Çoklu kullanım bölümü iç plastiği

3- Buz yapma sistemi iç şasi

4- Buz yapma sistemi dış şasi

5- Nozüller

6- Nozüllere su besleyen difüzör

7- Su deposu

8- Pompa

9- Valf

10- Sıcaklık sensörü

11- Pompa difüzör arası hortum

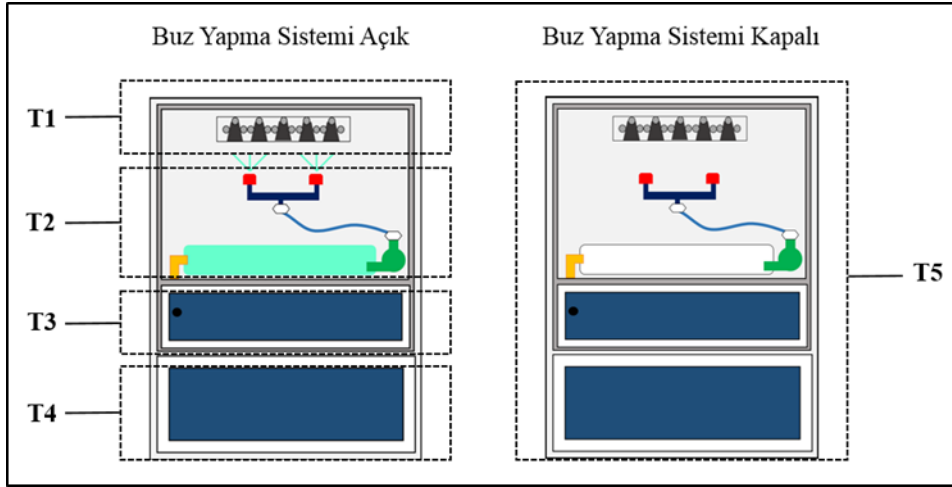
12- Eğimli perfore parça

13- Buz stok çekmecesine

14- Çoklu kullanım bölmesi çekmecesine

Sistem çalışmaya başladığında bir soğutma çevrimi de çalışmaya başlamaktadır. Buz kabıyla bütünleşik yapıdaki evaporatörün (1b) içinden soğutucu akışkan geçmekte ve metal buz kabı hücreleri (1c) soğutulmaktadır. Evaporatör ve buz kabı hücreleri birbirlerine kaynaklanmış durumdadır. Buz kabı hücrelerinin daha rijit olması ve zamanla konumlarında bozulma olmaması için bir plastik şasiyle (1a) yekpare üretilmiştir. Sistemin çalışmaya başlamasıyla birlikte valf (9) açılmakta ve su deposu (7) dolmaktadır. Belirli bir süreyle yeterli miktarda su aldıktan sonra sistem valfi kapatmaktadır. Su deposunun yeterli hacimde dolmasıyla birlikte pompa (8) çalışmaya başlar. Sistemde kullanılan DC akımla çalışan pompa, suyu depo tarafından emer ve nozülleri besleyen, her bir nozüle (5) suyu dağıtan difüzöre(6) basar. Pompa difüzör arası bir hortum (11) mevcuttur. Nozüllere basınçla gelen su bir sprey konisi oluşturur. Soğuk buz kabı yüzeyine çarpan su bir yandan ince katmanlar halinde donarken suyun büyük bir çoğunluğu da yerçekimi etkisiyle tekrar aşağıdaki üstü açık su deposuna akar. Buz yapma çevrimi tamamlanana kadar su, soğuk yüzeye sahip buz kabına püskürtülür. Buz yapma çevrimi sonlandığında soğutma çevrimi bu kez sıcak gaz çevrimi şeklinde değiştirilir. Buz kabıyla bütünleşik yapıda olan evaporatör içinden geçen sıcak gaz buz kabı yüzeyini bu kez ısıtmaya başlar. Bu ısı etkisiyle buzlar buz kabından ayrılır. Yerçekimi etkisiyle aşağı düşen buzlar eğimli perfore yapıdaki (12) eğimin yönlendirmesiyle buz stok çekmecesine (13) gönderilir. Sistemin buzdolabı üzerindeki kontrol panelinde stok çekmecesinin doluluk miktarı seçilebilmektedir. Buz stok çekmecesinde bulunan sıcaklık sensörü (10), çekmecedeki buz miktarının artışına ve azalışa göre paralel

değişecek sıcaklıkları algılar ve bu sayede buz stok çekmecesinin doluluk oranını ayarlar.



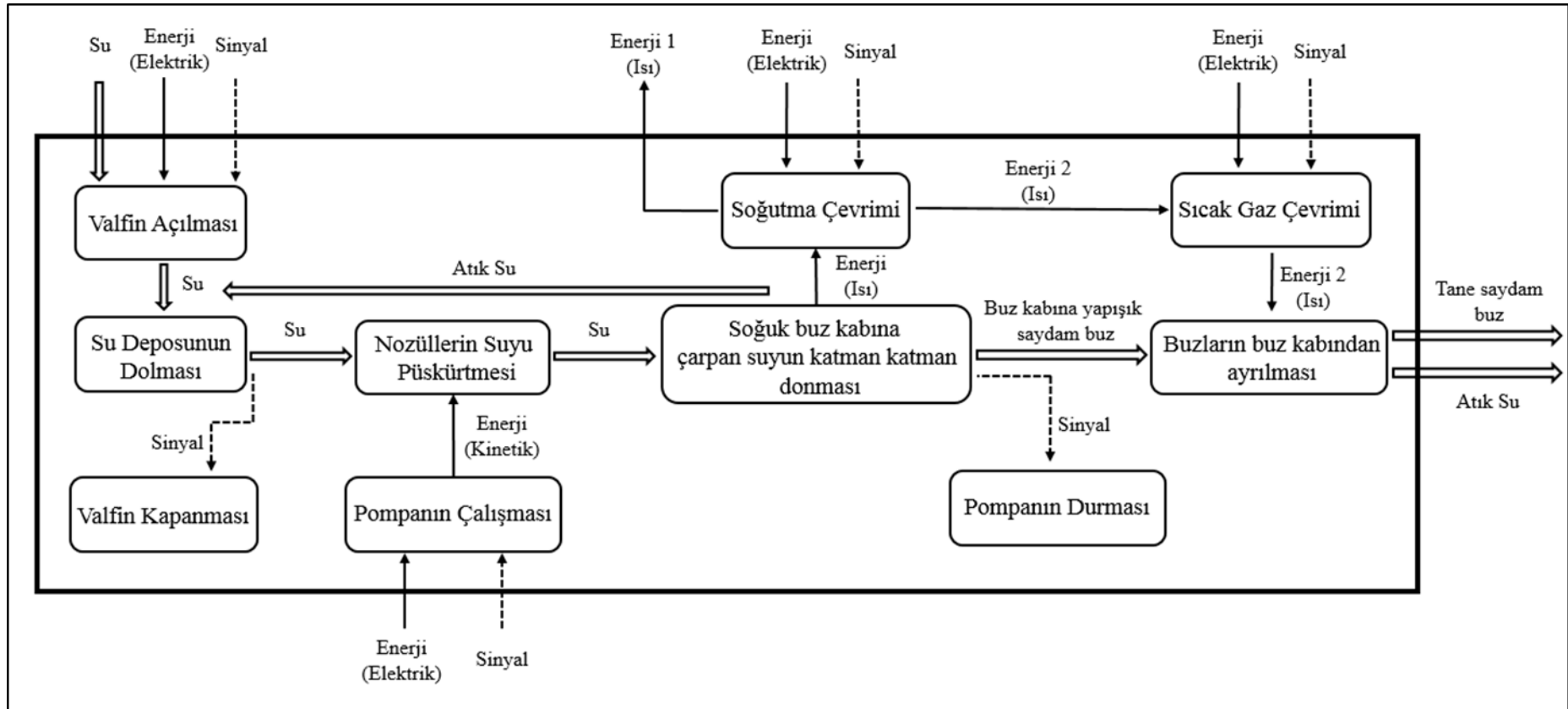
Şekil 3.3 : Alternatif konstrüksiyon 1 için çoklu kullanım bölmesi içi sıcaklıklar.

Daha önce bahsedildiği üzere çoklu kullanım bölmesi mevcut üründe soğutucu bölme veya dondurucu bölme olarak kullanılabilmekteydi. Buz yapma sisteminin adaptasyonu ile birlikte çoklu kullanım bölmesi içerisinde buz yapma işlemi sırasında sıcaklığı kullanıcı tarafından değiştirilemeyen bölümler mevcuttur. Şekil 3.3'te görüldüğü üzere sistemdeki buz yapma ünitesi açık durumdayken sıcaklığı farklı dört adet bölüm bulunmaktadır. Suyun püskürtüldüğü evaporatörlü buz kabı sıcaklığı olan T1, yüzeyden akan suyun katmanlı donmasını sağlamak için 0 °C'nin altındadır. Nozül sisteminin, pompa ve su deposunun bulunduğu bölümün sıcaklığı olan T2, depo ve hortum içerisindeki suyun donmadan nozüllerden püskürtülebilmesi için 0 °C'nin üzerindedir. Sistemin çalışmasıyla elde edilen buzların saklandığı kısım olan buz stok çekmecesinin içi T3 sıcaklığı ise, buzların erimesini engellemek için 0 °C'nin bir miktar altındaki bir değerdedir. Sistemin en altında bulunan çoklu kullanım bölmesinin sıcaklığı T4, 0 °C'nin altındadır. Eğer buz yapma sistemi çalışmıyorsa tüm çoklu kullanım bölmesi dondurucu bölme olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla T5 sıcaklığı da 0 °C'nin altındadır. Çoklu kullanım bölmesi içerisinde buz yapma sistemi dışında, buzdolabının soğutma çevrimine bağlı bir evaporatör ve fan mevcuttur. Evaporatörlü buz kabının sıcaklığı T1 dışındaki tüm bölgelerin sıcaklığı bu

evaporatör ve fan yardımıyla, soğuk hava akışının çeşitli şekillerde yönlendirilmesiyle sağlanacaktır.

Buz yapma sisteminin dış şasisi (3), çoklu kullanım bölmesi iç plastiğindeki raylar üzerine oturtulduktan sonra içeriye doğru itilir ve ray üzerindeki yuvaya oturtulur. Böylece buz yapma sistemi şasisi, çoklu kullanım bölmesi iç plastiğine yataklanmış olur. Sistemin daha emniyetli bir yapıda olması için buz yapma makinası dış şasisi ve çoklu kullanım bölmesi iç plastiği arasında uygun sayıdaki vida bağlantısı yapılarak bu ikisinin montajı tamamlanmış olur. Buz yapma sistemi iç şasisinin içine, buz yapma sisteminin diğer parçaları montaj edilir. Daha sonra iç şasi dış şasiye vidalanır. Buz stok çekmecesini ise, buz yapma sistemi dış şasisinin iç kısmında bulunan raylı profil üzerine yataklanır, stok çekmecesini bu profil üzerinde ileri veya geri kayarak hareket edebilmektedir. Sistem çoklu kullanım bölmesi içinde ancak şekillerde görüldüğü gibi boylu boyunca konumlandırılabilir. Çünkü sistemde, buz kabı üzerinden akan suyun tekrar su deposunda toplanabilmesi için eğimli yapılar, nozüllerin oluşturduğu su sprey konisinin genişçe bir alanı taraması ve su sıçramalarının fazla olması nedeniyle buz yapma sistemi iç şasisi geniş olmak zorundadır. Buz stok çekmecesini hariç diğer buz yapma sistemi, çoklu kullanım bölmesinin neredeyse yarısını kaplamaktadır. Buna bir de stok çekmecesini eklediğimizde, çoklu kullanım bölmesi içinde buz yapma sistemi dışında ekstra kullanım için sadece bir adet çekmece kalmaktadır. Buz makinası yapısının, çoklu kullanım bölmesinin arka duvarını neredeyse tamamen kapatması da göz önünde bulundurulması gereken bir detaydır. Çoklu kullanım bölmesinin arka duvarının iç kısmında evaporatör ve fan komponentleri bulunmaktadır. Bu arka duvardaki evaporatör ve fan komponentleri ile ilgili herhangi bir arıza meydana gelirse, bu komponentlere ulaşım gerekli bakımı yapabilmek için öncelikle buz makinası komponentlerinin birçoğunun, çoklu kullanım bölmesinden çıkartılması gerekir. Bakım ve servis edilebilirlik açısından düşünülürse bu olumsuz bir durumdur. Ayrıca sistemin kapladığı hacmin fazla olması da olumsuz bir durumdur. Detaylı konstrüksiyonun şekillendirilmesine bu alternatif konstrüksiyon ile devam edilirse gereksiz hacim kayıpları üzerine çalışılarak sistem daha kompakt bir yapıya getirilmelidir.

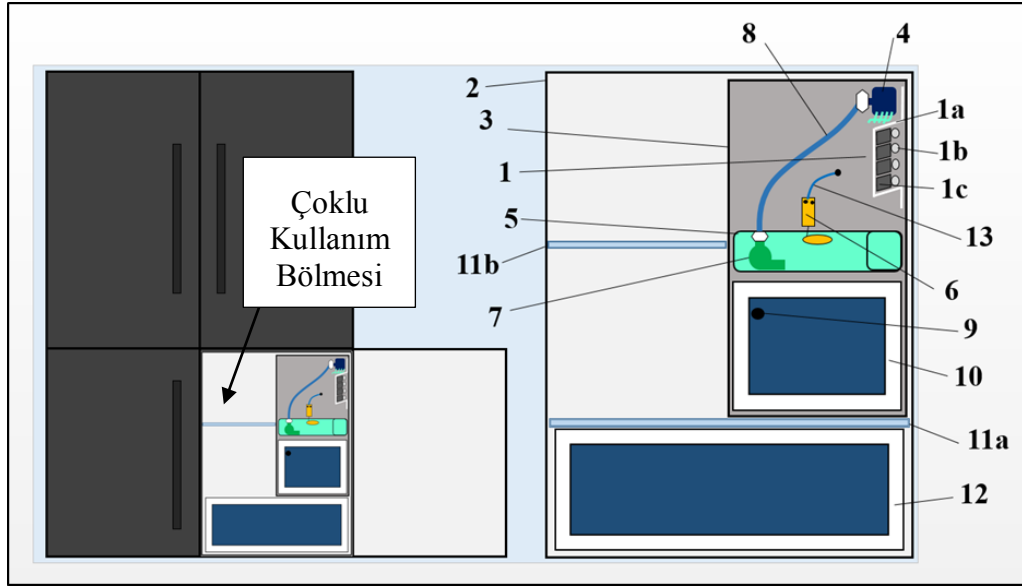
Alternatif konstrüksiyon 1 için oluşturulmuş fonksiyon strüktürü Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4 : Alternatif konstrüksiyon 1'in fonksiyon strüktürü.

3.3.2 Alternatif konstrüksiyon 2 ve fonksiyon strüktürü

İkinci alternatifte, akış halindeki suyun soğuk yüzey üzerinde katmanlı donmasıyla saydam buz elde edilmesi prensibi olan katmanlı donma yöntemini uygulamak için, soğuk yüzeye sahip bir buz kabına su toplayıcı-dağıtıcı parça yardımıyla su akıtılmaktadır. Sistem bu şekilde saydam buz üretebilmektedir.



Şekil 3.5 : Alternatif konstrüksiyon 2'nin şematik görünümü.

Şekil 3.5'te görüldüğü gibi ikinci alternatif de yine buzdolabının çoklu kullanım bölmesine konumlandırılmıştır. Çoklu kullanım bölmesi mevcut üründe, buzdolabı üzerindeki kontrol paneli kullanılarak soğutucu bölme veya dondurucu bölme olarak ayarlanabilmektedir. Buz yapma sisteminin çoklu kullanım bölmesine adaptasyonu bu yapı bir önceki alternatifte olduğu gibi bir miktar değiştirilecektir. Buz yapma sisteminin soğutma kapasitesi ihtiyacından dolayı buzdolabından bağımsız ikinci bir soğutma çevrimi yine sistem bünyesinde bulunacaktır. Sistemin buzdolabına adapte edilmesiyle birlikte, biri buzdolabı için diğeri ise buz yapma sistemi için iki ayrı soğutma çevrimi mevcut olacaktır. Her bir sistem için ayrı soğutma çevrimi ekipmanları buzdolabı bünyesinde mevcuttur.

1- Evaporatörlü buz hücreleri (buz kabı)

1a- Buz kabı plastik şasisi

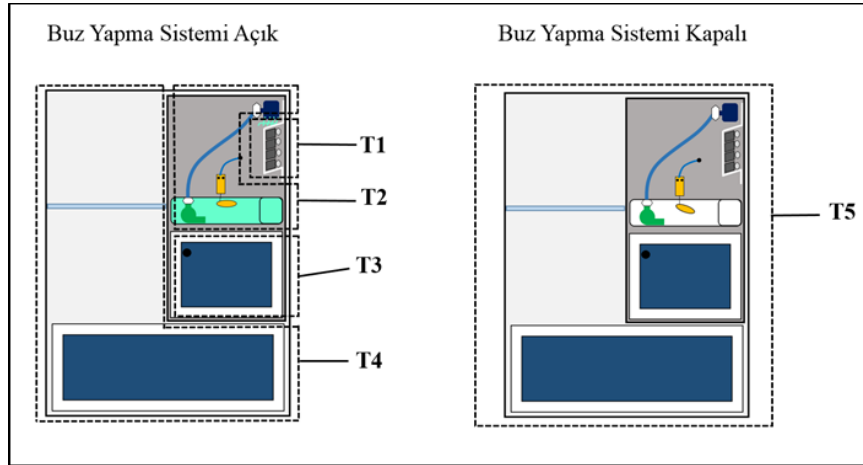
1b- Metal evaporatör boruları

1c- Metal kanatçıklar ve metal kap ile oluşturulmuş buz hücreleri

- 2- Çoklu kullanım bölmesi iç plastiği
- 3- Buz yapma sistemi şasisi
- 4- Su toplayıcı-dağıtıcı
- 5- “L” formundaki su deposu
- 6- Şamandıra sistemi
- 7- Pompa
- 8- Pompa ile su toplayıcı-dağıtıcı arası bağlantı hortumu
- 9- Sıcaklık sensörü
- 10- Buz makinası stok çekmeces
- 11a- Çoklu kullanım bölmesi birinci cam raf
- 11b- Çoklu kullanım bölmesi ikinci cam raf
- 12- Çoklu kullanım bölmesi çekmece
- 13- Şamandıra sistemi şebeke arası bağlantı hortumu

Sistem çalışmaya başladığında bir soğutma çevrimi de başlamaktadır. Buz kabıyla bütünleşik yapıdaki evaporatörün (1b) içinden soğutucu akışkan geçmekte ve metal buz kabı hücreleri (1c) soğutulmaktadır. Evaporatör, metal kanatçıklar ve metal kap ile oluşturulmuş buz kabı yapısı ile kaynaklanmış durumdadır. Eğimli üst yüzeyi sayesinde buz kabı hücreleri üzerine suyu akıtan ve tüm buz kabı sistemini bir arada tutan buz kabı plastik şasisi (1a), diğer buz kabı komponentleriyle yekpare üretilmiştir. Sistemin çalışmaya başlamasıyla birlikte şamandıra sisteminden (6) su verilmekte ve “ L” formundaki su deposu (5) dolmaktadır. Şamandıra sistemi ile su şebeke sisteminin bağlantısını sağlamak amacıyla bir bağlantı hortumu (13) kullanılmıştır. Belirli bir süre su aldıktan sonra şamandıra yükselir ve su alma işlemi sona erer. Su deposunun yeterli hacimde dolmasıyla birlikte pompa (7) çalışmaya başlar. Sistemde kullanılan DC akımla çalışan pompa, suyu depodan emer ve suyu buz hücreleri üzerine olabildiğince homojen dağıtan su toplayıcı-dağıtıcı (4) parçanın içine basar. Pompa ve su toplayıcı-dağıtıcı arasındaki su bağlantısını sağlamak için bir hortum (8) kullanılmaktadır. Pompa debisi, su toplayıcı-dağıtıcı parçadan sisteme su taşmasını önlemek için optimum şekilde ayarlanmıştır. Buz kabı plastik şasisi üzerine akan su, şasi üzerindeki eğimli kısım sayesinde buz kabı hücrelerinin

yüzeylerinden akarak zamanla ince katmanlar şeklinde donar. Suyun donmayan fazlaca kısmı ise aşağıdaki su deposuna akar ve buz yapma çevrimi bitene kadar pompa tarafından tekrar su toplayıcı-dağıtıcı parçaya basılır. Buz yapma çevrimi sonlandığında soğutma çevrimi bu kez sıcak gaz çevrimi şeklinde değiştirilir. Buz kabıyla bütünleşik yapıda olan evaporatör içinden geçen sıcak gaz, buz kabı yüzeyini bu kez ısıtmaya başlar. Bu ısı etkisiyle buzlar buz kabından ayrılır. Buz kabından ayrılan buzlar, üstü açık “L” formundaki su kabının içine düşmeyecek şekilde kayarak aşağıdaki buz stok çekmecesine düşer. Her çevrimde üretilen buz için bu döngü geçerlidir. Sistemde, buzdolabı üzerindeki bir kontrol panelinden stok çekmecesinin doluluk miktarı seçilebilmektedir. Buz stok çekmecesinde (10) bulunan sıcaklık sensörü (9), çekmecedeki buz miktarının artışına ve azalışa göre paralel değişecek sıcaklıkları algılar ve bu sayede buz stok çekmecesinin doluluk oranını ayarlar.



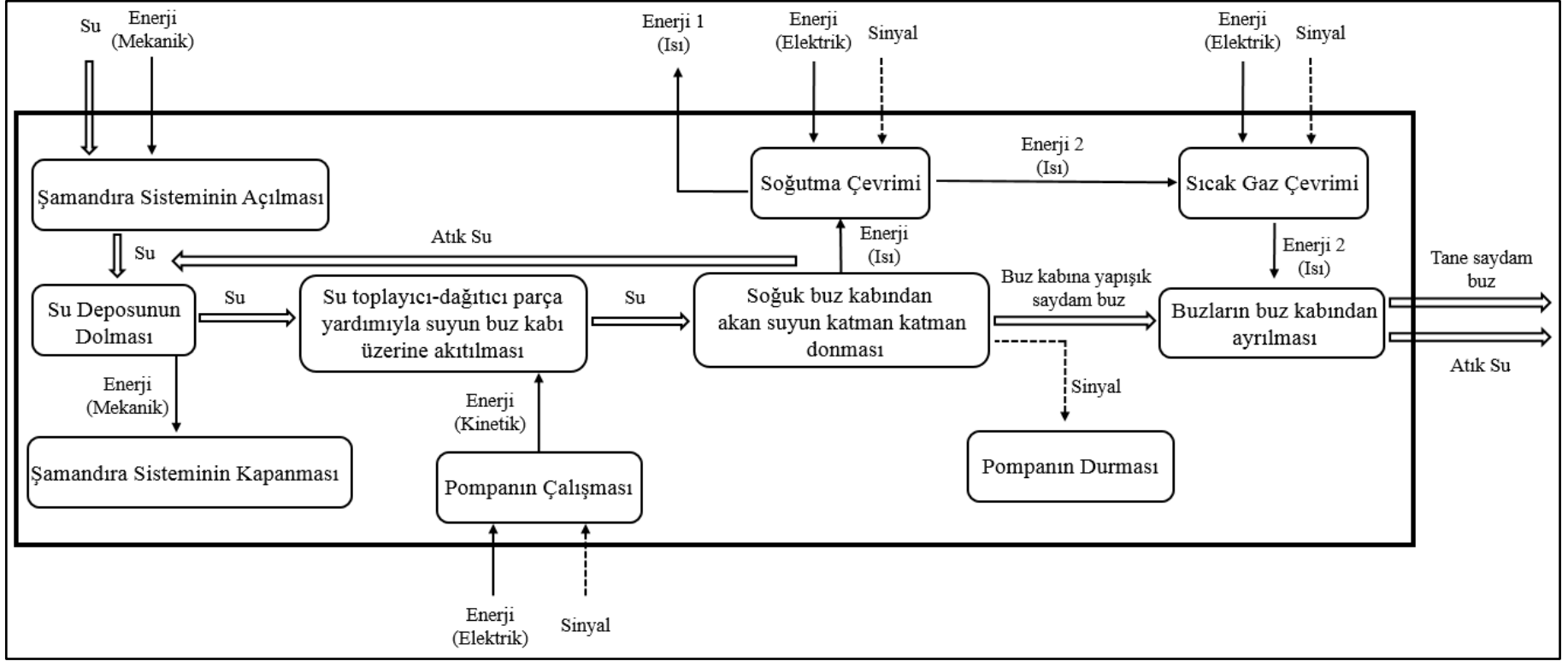
Şekil 3.6 : Alternatif konstrüksiyon 2 için çoklu kullanım bölmesi içi sıcaklıklar.

Çoklu kullanım bölmesi mevcut üründe soğutucu bölme veya dondurucu bölme olarak kullanılabilir. Bu alternatif konstrüksiyonda da bir öncekine benzer şekilde, buz yapma sisteminin adaptasyonu ile birlikte çoklu kullanım bölgesinde sıcaklığı kullanıcı tarafından değiştirilemeyen bölümler mevcut olacaktır. Şekil 3.6’da görüldüğü üzere sistemdeki buz yapma ünitesi açık durumdayken sıcaklığı farklı dört adet bölüm bulunmaktadır. Suyun üzerinden akıtıldığı evaporatörlü buz kabı sıcaklığı olan T1, yüzeyden akan suyun katmanlı donmasını sağlamak için 0 °C’nin altındadır. Su toplayıcı-dağıtıcı parçanın, pompanın, şamandıra ve su deposunun bulunduğu bölümün sıcaklığı olan T2, depo ve hortum içerisindeki suyun donmadan buz kabına akıtılabilmesi için 0 °C’nin üzerindedir. Sistemin çalışmasıyla

elde edilen buzların saklandığı olan buz stok çekmecesini içi sıcaklık olan T3 ise, buzların erimesini engellemek için 0 °C'nin bir miktar altındaki bir değerdedir. Sistemin sol tarafında bulunan bölümündeki cam buzdolabı rafları ve aşağıdaki büyük çekmece buz yapma sisteminden bağımsız yapılar olsa da, buz yapma sistemi açık durumdayken sadece dondurucu bölüm olarak kullanılabilir. Dolayısıyla bu bölümün sıcaklığı olan T4, 0 °C'nin altındadır. Eğer buz yapma sistemi çalışmıyorsa tüm çoklu kullanım bölmesi dondurucu olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla T5 sıcaklığı da 0 °C'nin altındadır. Çoklu kullanım bölmesi içerisinde buz yapma sistemi dışında, buzdolabının soğutma çevrimine bağlı bir evaporatör ve fan mevcuttur.

Buz yapma sisteminin şasisi (3), çoklu kullanım bölmesi iç plastiğindeki askılık yapılarına geçirilerek oturtulur. Böylece buz yapma sistemi şasisi, çoklu kullanım bölmesi iç plastiğine yataklanmış olur. Sistemin daha emniyetli bir yapıda olması için buz makinası şasisi ve çoklu kullanım bölmesi iç plastiği arasında uygun sayıdaki vida bağlantısı yapılarak bu ikisinin montajı tamamlanmış olur. Buz yapma sistemi şasisinin içine, buz yapma sisteminin diğer parçaları montaj edilir. Buz stok çekmecesini ise, çoklu kullanım bölmesi iç plastiğinde bulunan raylı profil üzerine yataklanır, böylece buz stok çekmecesini bu profil üzerinde ileri veya geri kayarak hareket edebilmektedir. Sistemin sol tarafında kalan kullanılabilir hacime ise iki adet buzdolabı rafı (11a,11b) koyulmaktadır. Bu raflar çoklu kullanım bölmesi iç plastiğindeki raylara oturtularak yataklanır. Çoklu kullanım bölmesinin en alt kısmındaki çekmece (12) buz yapma sisteminden bağımsız kullanıma olanak sağlamaktadır. Sistem çoklu kullanım bölmesinin yan duvarına konumlandırılabilir. Çünkü kontrolsüz su dağılımı ve sıçramaları bu alternatifte bir öncekine göre daha azdır. Su, buz kabı üzerinden daha düşük bir debiyle akar ve basit bir "L" profilli su kabı kullanımıyla buz kabı üzerinden akan su uygun bir şekilde bu kaptaki toplanabilmektedir. Sistemi çoklu kullanım bölmesi yan duvarına konumlandırabilmek kullanılabilir hacim kazanmak açısından avantaj sağlamaktadır. Buz yapma sisteminin kapladığı hacim tüm çoklu kullanım bölmesi hacminin neredeyse üçte biri kadardır.

Alternatif konstrüksiyon 2 için oluşturulmuş fonksiyon strüktürü Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7 : Alternatif konstrüksiyon 2'nin fonksiyon strüktürü.

3.4 En İyi Alternatifin Belirlenmesi

İstekler listesinde belirlenen kriterler doğrultusunda oluşturulan alternatiflerin birbirlerine göre üstünlükleri ve zayıflıkları açıklandıktan sonra en iyi alternatifin belirlenmesi için bir fayda-değer analizi yapılmalıdır. Yapılacak bu fayda-değer analizi için belirlenen temel kriterler aşağıdaki gibidir.

- Fonksiyonellik: Sistemden beklenen fonksiyonu, sistemin gerçekleştirebilme özelliği
- Üretim Basitliği: Sistemde kullanılacak elemanların kolay üretilme özelliği
- Estetik: Sistemin kullanıcıda kaliteli ürün algısı oluşturabilmesi
- Maliyet: Parça sayısı ve maliyeti, standart parça kullanımı gibi özellikler
- Güvenlik: Sistemin güvenli olabilmesi

Temel değerlendirme kriterlerini göz önünde bulunduracak olursak bu değerlendirme kriterlerinin ağırlıkları, şüphesiz ki konstrüksiyondan beklenen özelliklere göre birbirinden farklılaşacaktır. Örneğin, fonksiyonelliğin ön planda olduğu bir konstrüksiyonda bazı estetik kaygılar göz ardı edilebilir veya sistem güvenliğinin en üst seviyede olması gereken bir konstrüksiyonda maliyetteki artışlar fazla dikkate alınmayabilir. Yapılan iki farklı alternatif konstrüksiyon için temel değerlendirme kriterlerinin ağırlıkları Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 : Temel değerlendirme kriterleri ve katsayıları.

Temel Değerlendirme Kriteri	Temel Değer Katsayısı
Fonksiyonellik	0,30
Üretim Basitliği	0,20
Maliyet	0,20
Güvenlik	0,15
Estetik	0,15

Temel değerlendirme kriterlerinin baz alınarak oluşturulduğu alt değerlendirme kriterleri, iki alternatif arasında yapılacak kıyaslamanın uygun bir şekilde detaylandırılmasını sağlayacak ve en sonunda yapılacak seçimin daha geniş bir perspektifte incelenmesine olanak sağlayarak seçimin doğruluğunu artıracaktır. Temel değerlendirme kriterlerine bağlı olarak oluşturulan alt değerlendirme kriterleri aşağıdaki gibidir.

- Fonksiyonellik

-İstenmeyen su sıçramalarının azlığı

-Düşük sistem karmaşıklığı

-Kapladığı hacim

- Üretim Basitliği

-Elemanların yapısal olarak basit olması

-Elemanların imal edilebilirliği veya tedarik edilebilirliği

-Montaj kolaylığı

- Maliyet

-Toplam eleman sayısının azlığı

-Standart eleman kullanımı

-Personel maliyetinin azlığı

- Güvenlik

-Sistem güvenliği

-Sistem elemanlarının ortalama ömürlerinin fazla olması

-Kullanıcı güvenliği

- Estetik

-Düşük ses seviyesi

-Kullanıcı tarafından olabildiğince az görülecek yapıda olması

-Temizlik ve hijyen

Belirlenen kriterler doğrultusunda yapılan, tüm puanlama detayları ve sonuçlar Çizelge 3.3’de gösterilmiştir. Bu değerlendirme çizelgesine göre 10 puan üzerinden,

- Alternatif konstrüksiyon 1: 5,26 puan
- Alternatif konstrüksiyon 2: 6,33 puan, almıştır.

Bu kapsamlı incelemeden sonra detaylandırılacak konstrüksiyon için Alternatif 2’yi seçmek daha mantıklı gözükmektedir. Çalışmanın bundan sonraki aşamalarında da Alternatif konstrüksiyon 2 için detaylı çalışmalar yapılmıştır.

Çizelge 3.3 : Alt değerlendirme kriterleri ve hedef büyüklükleri.

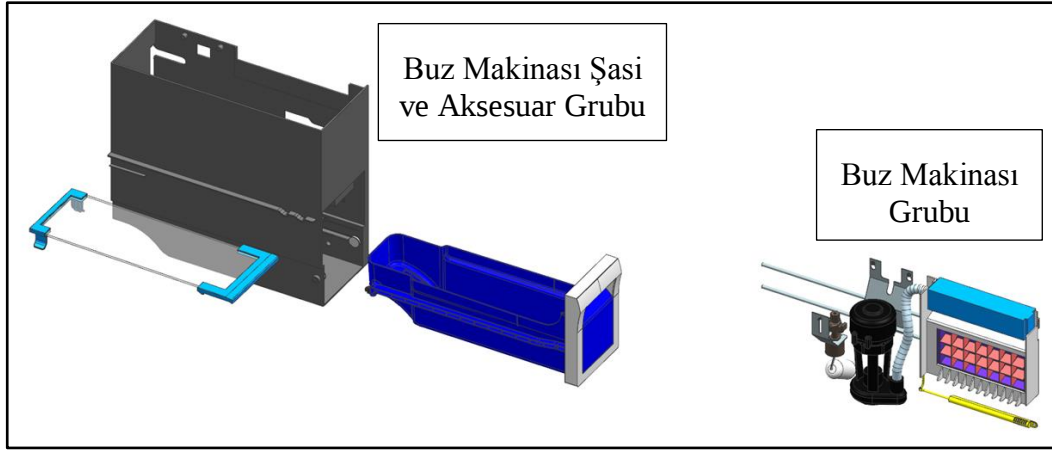
Alt Değerlendirme Kriterleri	Üst Değer Katsayısı	Alt Değer Katsayısı	Alternatif 1 (Sprey)		Alternatif 2 (Şelale)	
			Değer	Ağırlıklı Değer	Değer	Ağırlıklı Değer
İstenmeyen su sıçramalarının azlığı	0,30	0,05	4	0,20	6	0,30
Düşük sistem karmaşıklığı	0,20	0,10	5	0,50	6	0,60
Kapladığı hacim	0,50	0,15	4	0,60	6	0,90
Elemanların yapısal olarak basit olması	0,30	0,06	6	0,36	7	0,42
Elemanları imal edilebilirliği veya tedarik edilebilirliği	0,30	0,04	5	0,20	6	0,24
Montaj kolaylığı	0,40	0,10	5	0,50	7	0,70
Toplam eleman sayısının azlığı	0,50	0,10	6	0,60	7	0,70
Standart eleman kullanımı	0,30	0,07	6	0,42	6	0,42
Personel maliyetinin azlığı	0,20	0,03	5	0,15	5	0,15
Sistem güvenliği	0,40	0,05	6	0,30	6	0,30
Sistem elemanlarının ortalama ömürlerinin fazla olması	0,30	0,02	6	0,12	7	0,14
Kullanıcı güvenliği	0,40	0,08	7	0,56	7	0,56
Düşük ses seviyesi	0,40	0,10	5	0,50	6	0,60
Kullanıcı tarafından olabildiğince az görülecek yapıda olması	0,20	0,025	5	0,125	6	0,15
Temizlik ve hijyen	0,40	0,025	5	0,125	6	0,15
		$\Sigma = 1$		$\Sigma = 5,26$		$\Sigma = 6,33$

4. ÖNERİLEN KONSTRÜKSİYONUN ŞEKİLENDİRİLMESİ

Fayda-değer analizinin sonucunda iki farklı konstrüksiyon alternatifi arasında, problemin çözümüne en uygun olanı iki numaralı alternatif olan şelale tipi buz makinası olmuştur. Bu bölümde de şelale tipi buz makinasının yapısal detaylarının şekillendirilmesi, buzdolabı içerisindeki çoklu kullanım bölmesine adaptasyonu ve montaj detayları anlatılacaktır.

4.1 Buz Makinasının Konstrüktif Detayları

Buzdolabına adapte edilebilen ve saydam buz yapabilen bir buz makinası konstrüksiyonunu Şekil 4.1’de görüldüğü üzere temelde iki ana grubu ayırmak mümkündür.



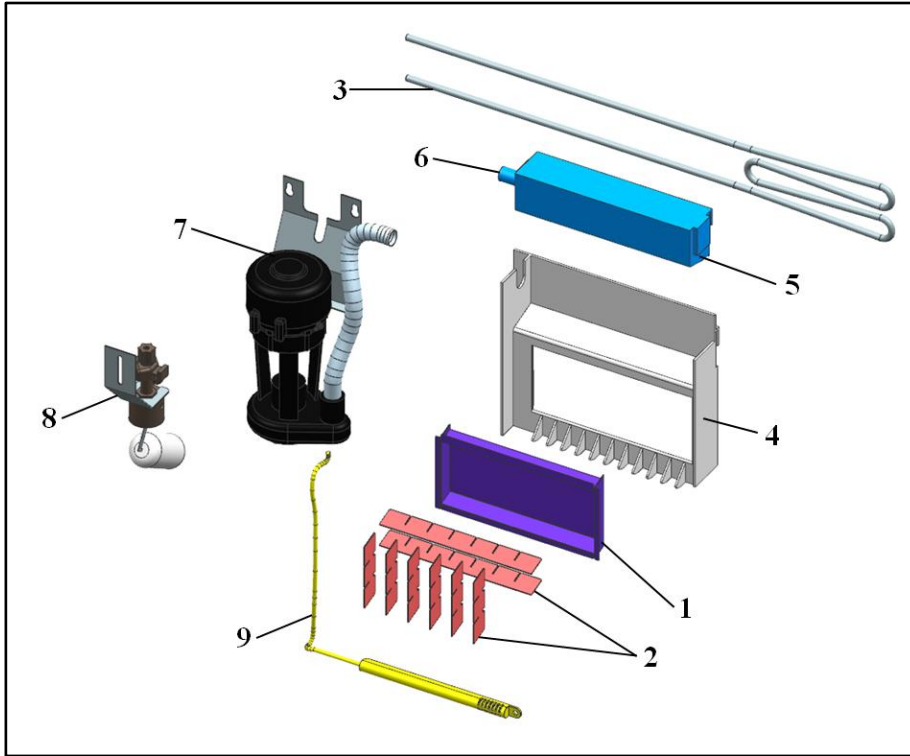
Şekil 4.1 : Buzdolabına adapte edilecek buz makinası sisteminin temel grupları.

Birinci grup buz kabı, su sirkülasyon sistemi ve stok haznesinin sıcaklığını kontrol eden bir sıcaklık sensöründen oluşan buz makinası grubudur. Diğer grup ise buz makinası için su kabı yapısının bulunduğu, tüm buz makinası komponentlerinin üzerine montaj edildiği buz makinası şasisidir. Ayrıca bu şasi üzerine yataklanan bir buz stok çekmecesini ve yine bu şasi ile buzdolabı iç plastiğine yataklanan bir adet cam rafı da bu ikinci gruba dahil edilebilir. Buz makinası sistemi ise şasiye montaj edildikten sonra tüm sistem şasiyle birlik çoklu kullanım bölmesi iç plastiğine montaj edilmektedir. Çoklu kullanım bölmesi iç plastiği üzerinde sistemin montajı yapılır.

edilebilmesi için belirli bazı değişiklikler yapıldığı için, çoklu kullanım bölmesi iç plastiğinin yapısı temel bir konstrüksiyon grubu olarak ele alınmamıştır. Ancak buz makinasını bu bölmeye dolayısıyla da buzdolabının tamamına adapte edebilmek kritik bir unsur olduğu için çoklu kullanım bölmesi iç plastiği üzerinde yapılan değişiklikler ilerleyen bölümlerde anlatılacaktır.

4.1.1 Buz makinası grubu

Buz makinası grubu, katmanlı donma yöntemiyle saydam buzun elde edildiği kısımdır. Temelde suyun üzerinden aktığı soğuk bir yüzey ve bir su sirkülasyon sisteminden oluşmaktadır. Şekil 4.2’de buz makinası grubu ve bu grubu oluşturan komponentler gösterilmektedir.



Şekil 4.2 : Buz makinası grubunun genel görünümü.

- 1- Ana buz kabı parçası
- 2- Buz hücrelerini oluşturan yatay ve düşey metal kanatçıklar
- 3- Evaporatör borusu
- 4- Buz kabı şasisi
- 5- Su toplayıcı-dağıtıcı

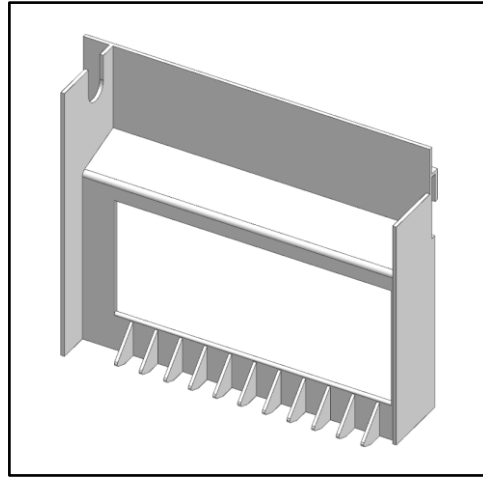
6- Su besleme borusu

7- Sirkülasyon pompası

8- Valf-şamandıra sistemi

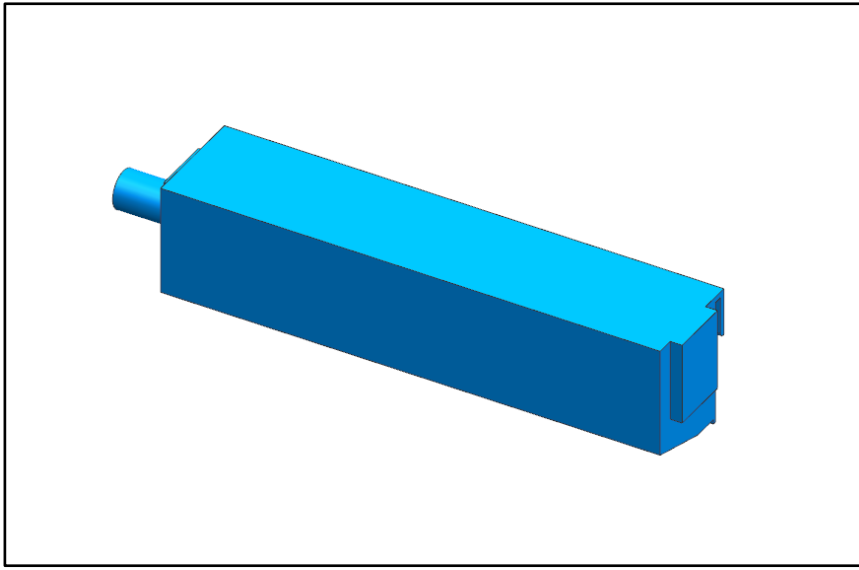
9- Sıcaklık sensörü

Sistemde üzerinden akan suyun katmanlı bir şekilde donması sonucu buz elde edilen yapı buz kabıdır. Buz kabının temel yapısını oluşturan parçalar 1 ve 2 numaralı parçalardır. 2 numaralı düşey ve yatay kanatçıklar, yapılarında bulunan, montaj açıklıklarından birbirlerine geçirilerek metal ana buz kabı parçasına konumlandırılmaktadır. Metal kanatçıklar, ana buz kabı içerisinde dörtgenler prizması şeklinde buz oluşmasına olanak sağlayacak şekilde boyutlandırılmıştır. Ayrıca sistemden elde edilecek buzun uygun bir şekilde buz kabından ayrılmasını sağlamak amacıyla buz kabı ana parçasının duvarlarına uygun açıda eğim verilmiştir. Kanatçıkların birbirine geçirildiği montaj açıklıkları da, kanatçıkların eğimli bir şekilde durmasına olanak sağlayacak şekilde uygun açı verilerek açılmıştır. Katmanlı donma yönteminin gereksinimlerinden biri de bu buz kabının soğutulmasıdır. Kanatçıklı yapıyla oluşturulmuş buz kabının soğutulması, buz kabı ana parçasının arka duvarında bulunan evaporatör ile sağlanmaktadır. Evaporatörün uçları buz makinasının soğutma çevrimini oluşturan sisteme bağlıdır. Ana buz kabı parçası, kanatçıklar ve evaporatör, sistemin efektif bir şekilde soğutulmasına olanak sağlamak adına ısı iletim katsayısı yüksek olan malzemelerden üretilmişlerdir. 1, 2 ve 3 numaralı parçalar nihai montaj işlemlerinden sonra bütünleşik bir yapıda olacaklardır.



Şekil 4.3 : Buz kabı şasisinin genel görünümü.

Şekil 4.3'te genel görünümü verilen buz kabı şasisi, yapısında buz kabı üzerine suyun aktığı eğimli bir yüzey bulundurmaktadır. 1, 2 ve 3 numaralı parçaların birbirilerine kaynaklanması sonrasında buz kabı ve evaporatör yekpare bir durumda olacaktır. 4 numaralı buz kabı şasisi de buz kabının çevresine plastik enjeksiyon ile kalıplanacaktır. Bu işlemin sonunda buz kabını oluşturan komponentler ve buz kabı şasisinin tümü yekpare bir duruma gelecektir. Buz kabı şasisinin ön yüzünün alt kısmında bulunan şasiye dik bir şekilde konumlandırılmış olan federler ise sistemde oluşacak buzun su kabına düşmeden uygun bölüme yönlendirilmesi için uygun aralıklarda yapıya dahil edilmiştir.

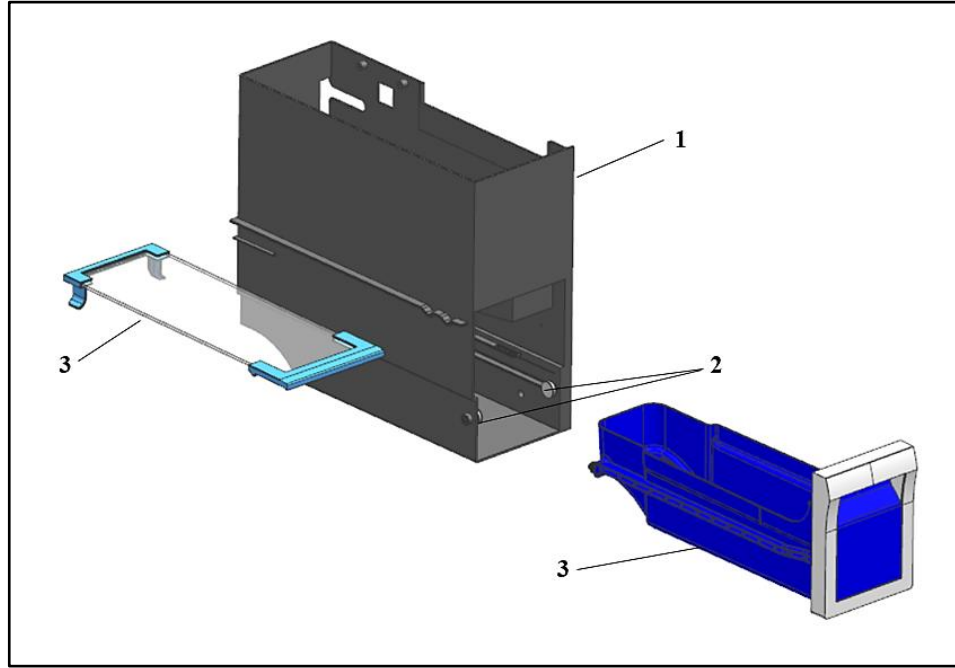


Şekil 4.4 : Su toplayıcı-dağıtıcı parça ve su besleme borusunun genel görünümü.

Evaporatör ile soğutulan buz kabı yüzeyinde buzun oluşması için uygun dağılımdaki daimi su akışının, buz kabı yüzeyinde sağlanması gerekmektedir. Sistemde bulunan 7 numaralı sirkülasyon pompası su deposundan suyu emer ve optimum debiyle suyu 6 numaralı su besleme borusu içerisine basar. 5 numaralı su toplayıcı-dağıtıcı ise suyu uygun akış formunda, buz kabı üzerine akıtır. Şekil 4.4'te su besleme borusunun ve su toplayıcı-dağıtıcı parçanın genel görünümü verilmiştir. Buz yapma döngüsü süresince su toplayıcı-dağıtıcı buz kabı üzerine su akıtmaktadır. Su deposunun dolması ise 8 numaralı valf-şamandıra sistemi ile sağlanmaktadır. Su şebekesine bağlı valf-şamandıra sistemi yeterli hacimdeki suyu depoya doldurduktan sonra şamandıra suyun kaldırma kuvvetiyle birlikte yatay konuma gelir ve valfi kapatarak sisteme su alımını durdurur. Sisteme su alımının kontrolü her bir çevrimde bu şekilde yapılır.

4.1.2 Buz makinası şasisi ve aksesuar grubu

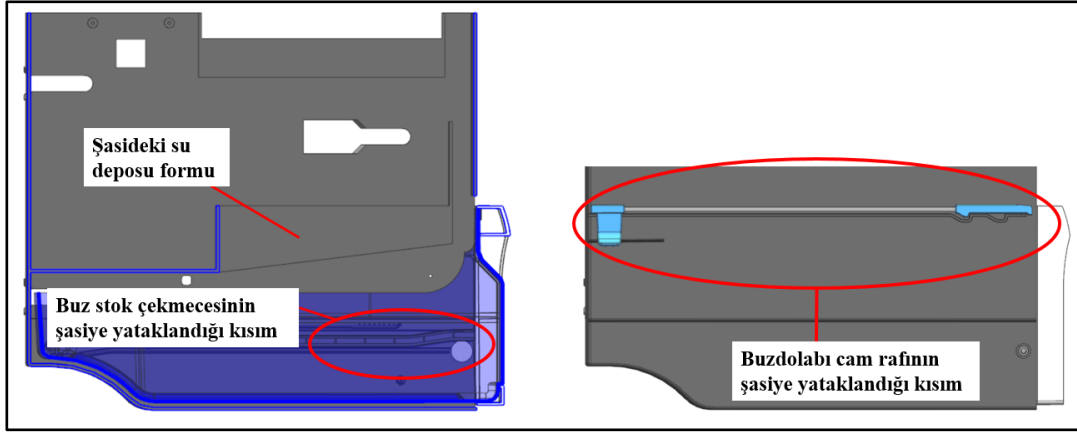
Buz makinası grubunu bir arada tutan ve sistemin tamamının buzdolabı çoklu kullanım bölmesine montaj edilebilmesini sağlayan yapı buz makinası şasisidir. Buzların stoklandığı stok çekmecesini ve buzdolabı cam rafı da buz makinası şasisine yataklanır. Şekil 4.5'te buz makinası şasisi ve aksesuar grubunun genel görünümü verilmiştir.



Şekil 4.5 : Buz makinası şasisi ve aksesuar grubunun genel görünümü.

- 1- Buz makinası şasisi
- 2- Buz stok çekmecesini için tekerler
- 3- Buz stok çekmecesini
- 4- Buzdolabı cam rafı

1 numara ile gösterilen buz makinası şasisinin alt kısmında bulunan ve 2 numara ile gösterilen tekerler buz stok çekmecesinin şasi içerisinde ileri ve geri hareket edebilmesini sağlamak için kullanılmıştır. Aynı zamanda buz stok çekmecesinin yan kısımlarında bulunan raylar sayesinde buz stok çekmecesini şasiye yataklanmaktadır. 3 numara ile gösterilen buzdolabı cam rafı bir yandan buz makinası şasisinin yan kısmında bulunan yapıya diğer yandan ise çoklu kullanım bölmesinin iç duvarındaki çıkıntı yapıya yataklanmaktadır.

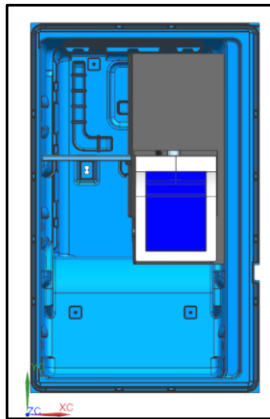


Şekil 4.6 : Şasi, stok çekmecesinin kesit görünüşü ve cam raf detayları.

Şekil 4.6’da görüldüğü üzere, sistemde bulunacak olan su deposu için ek bir parça kullanmak yerine, buz makinası şasisinin belirli bir kısmına su deposu formu verilmiştir. Böylece su deposu için ek bir parça kullanmaya gerek kalmamıştır.

4.1.3 Sistemin buzdolabı çoklu kullanım bölmesine adapte edilmesi

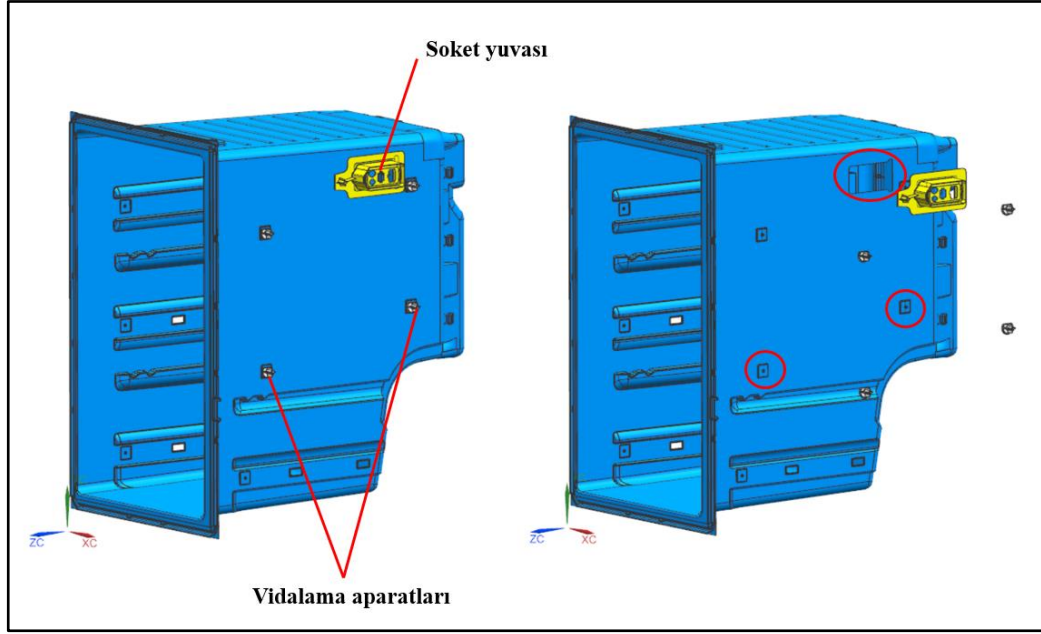
Seçilen alternatifi detaylı olarak şekillendirirken bu konstrüksiyonun buzdolabı içerisine adapte edilebilecek bir yapıda olması göz önünde bulundurulmuştur. Sistem gereksinimleri kısmında da anlatıldığı üzere yapılacak buz makinası konstrüksiyonu buzdolabı içerisindeki çoklu kullanım bölmesine adapte edilecektir. Şekil 4.7’de buz makinasının çoklu kullanım bölmesine yerleşimi için öngörülen durum gösterilmiştir.



Şekil 4.7 : Buz makinasının çoklu kullanım bölmesine yerleşimi.

Çoklu kullanım bölmesinin iç plastiğinin sınırları aslında buz makinasının yerleşiminin yapılabileceği konstrüktif sınırlardır. Buz makinası şekillendirilirken bu konstrüktif sınırlar göz önünde bulundurulmuştur. Sistemin çoklu kullanım bölmesine dolayısıyla da buzdolabına adaptasyonu sırasında, çoklu kullanım bölmesi

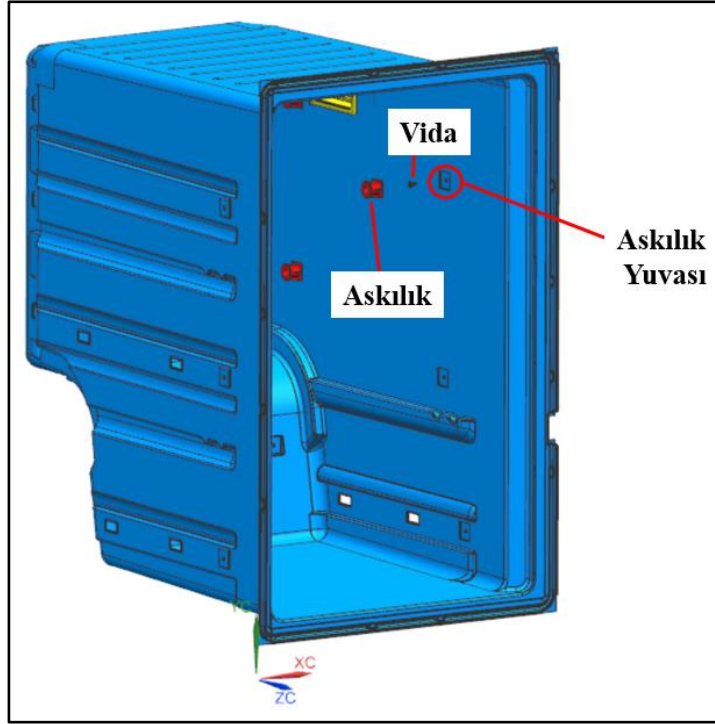
iç plastiğinde olabildiğince az değişiklik yapılmaya çalışılmıştır. Çoklu kullanım bölmesine buz makinasının montaj edilebilirliğini sağlamak adına yapılan değişiklikler Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 : Çoklu kullanım bölmesinin iç plastiği üzerinde yapılan değişiklikler.

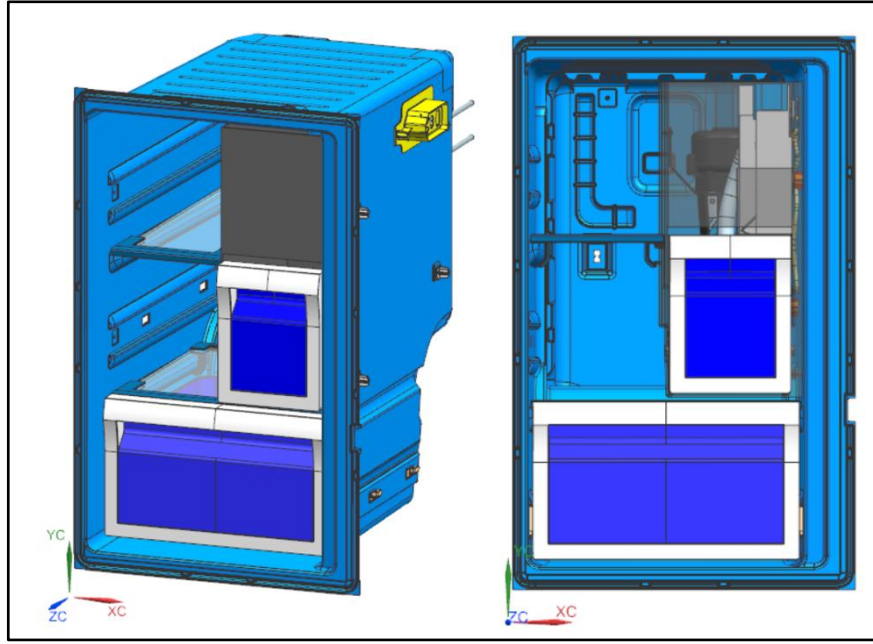
Çoklu kullanım bölmesi iç plastiği üzerinde yapılan değişikliklerden ilki, buz makinasının montajının yapılacağı yan duvarın düz bir forma getirilmesidir. Mevcut ürünlerdeki çoklu kullanım bölmesi iç plastiğinin yan duvarlarında, cam rafların ve sebzeliklerin montaj edilebilmesi için bazı formlar oluşturulmuştur. Bu formlar yeni buz makinasının iç plastik duvarına montaj edilebilmesine olanak sağlamamaktadır. Bu yüzden buz makinasının, çoklu kullanım bölmesi iç plastiğine montaj edileceği duvar düz bir yapıya getirilerek girintili ve çıkıntılı yapılar ortadan kaldırılmıştır.

Buz makinasında bulunan pompanın ve sıcaklık sensörünün, hem enerji beslemesini sağlamak hem de elektronik kontrolünü sağlamak adına, bu komponentlerin çıkış kablolarının soket bağlantılarının yapılması gerekmektedir. Mevcut iç plastik yapısı üzerinde yapılan ikinci değişiklik ise, soket yuvasını konumlandırabilmek adına iç plastiğine uygun bir yerden bir bağlantı deliği açılmasıdır. Açılan bu deliğe soket yuvası konumlandırılmıştır. Böylece komponentlerin elektronik bağlantıları bu soket yuvasındaki soket girişlerine yapılabilmektedir.



Şekil 4.9 : Askılık yapılarının iç plastikteki konumları.

Buz makinası sisteminin parçalarında biri olan buz makinası şasisinin, çoklu kullanım bölmesi iç plastiğine montajında kullanılan elemanlardan biri askılık yapılarıdır. Şekil 4.9’da bu askılık yapılarının iç plastikteki konumları gösterilmektedir. İç plastiğin dış duvarına bu askılıkların tam karşısına gelecek şekilde vidalama aparatı konumlandırılır. Buzdolabı dış sacı ile iç plastik arasının poliüretan malzemesiyle doldurulduğundan daha önce bahsedilmişti. Poliüretan, buzdolabı yapısında hem ısı yalıtımı sağlamakta hem de genel buzdolabı iskeletini daha rijit bir hale getirmektedir. Dış sac ile iç plastiğin arası poliüretan malzemesiyle doldurulduğunda bu vidalama aparatları poliüretan içinde kalır. Poliüretan bu vidalama aparatının tüm çevresini doldurduğu için, vidalama aparatı rijit bir şekilde poliüretana sabitlenmiş olur. Daha sonra iç plastiğe konumlandırılacak olan askılık yapıları iç plastiğin iç duvarında bulunan yuvalara oturtulur ve askılık ile vidalama aparatı birbirine vidalanır. Böylece buz makinası şasisinin sağlam bir şekilde bu askılık yapılarına takılması sağlanabilir. İç plastikte yapılan değişikliklerden sonuncusu da bu askılık yapılarının iç plastiğin iç duvarına konumlandırılabilmesi için oluşturulmuş yuvalardır.



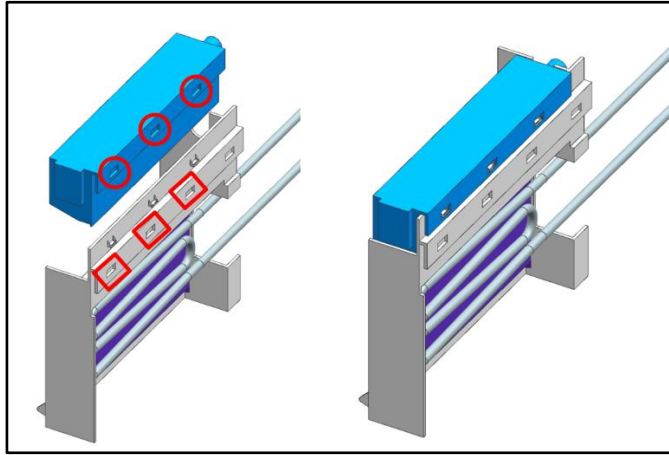
Şekil 4.10 : Buz makinasının adapte edilmesinden sonra genel görünüm.

Mevcut dört kapılı buzdolabının çoklu kullanım bölmesinde, en alt kısımda bir sebzelik çekmecesini bulunmaktadır. Bu sebzeliğin hemen üstünde sebzeliğin üstünü örten ve aynı zamanda kullanıcının çeşitli gıdaları çoklu kullanım bölmesinde saklayabilmesine olanak sağlayan bir cam raf vardır. Bu cam rafın hemen üstünde yine aynı amaçlar için kullanılabilecek bir cam raf daha bulunmaktadır.

Şekil 4.10’da yeni buz makinası konstrüksiyonunun çoklu kullanım bölmesine adapte edilmesiyle birlikte ortaya çıkan durum gösterilmiştir. Çoklu kullanım bölmesinin mevcut ürünlerdeki yapısında en alt kısımda bulunan sebzelik çekmecesinin ve bunun hemen üst kısmında bulunan cam rafın yapısında herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Bu yapıların üst kısmında bulunan faydalı hacim, yeni buz makinası konstrüksiyonunun ve bu yapının şasisinin, çoklu kullanım bölmesinin yapısına dahil olmasıyla birlikte yarı yarıya inmiştir. Sistemin üst kısmında, buz makinası dışında kalan faydalı hacmin daha fonksiyonel bir şekilde kullanılabilmesi adına bu bölüme küçük bir cam raf koyulmuştur. Buz makinası bünyesinde bulunan elektronik komponentlerin bağlantıları daha önce anlatıldığı gibi iç plastiğe konumlandırılan soket yuvasına yapılmaktadır. Ayrıca buz makinası sistemine su alımını kontrol eden valf-şamandıra sistemine su besleyecek boru da buz makinası şasisinin ve iç plastiğin uygun bölgelerinden geçirilerek su şebekesine bağlanmaktadır. Eğer su şebekeden değil de bir damacanadan alınacaksa, damacana ve valf-şamandıra sistemi arasında bir pompa kullanılabilir.

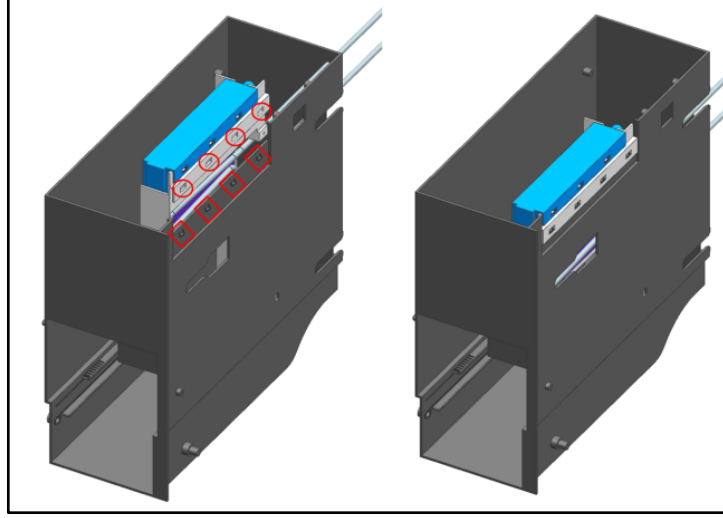
4.2 Montaj Detaylarının İncelenmesi

Yapılan yeni buz makinası konstrüksiyonunun, kendisinden beklenen fonksiyonları yerine getirebilmesi kadar önemli olan diğer unsurlar da tüm sistemin buzdolabına adapte edilebilir olmasıdır. Bu bağlamda iki unsur önemlidir. İlki, buz makinasının tamamının konstrüktif sınırları, çoklu kullanım bölmesi iç plastiğinin konstrüktif sınırları göz önünde bulundurularak oluşturulmalıdır. Bir diğer unsur ise, buz makinasını oluşturan komponentlerin ve buz makinası şasisinin, çoklu kullanım bölmesine uygun ve kolay bir şekilde montajının yapılabilmesidir. Çünkü seri üretim hattında üretilen bir buzdolabı için montaj edilebilirliğin ve montaj sürelerinin oldukça önemli olduğu aşıkardır. Konstrüksiyonun tümünün detaylandırılması bu iki unsurun da göz önünde bulundurulmasıyla yapılmıştır.



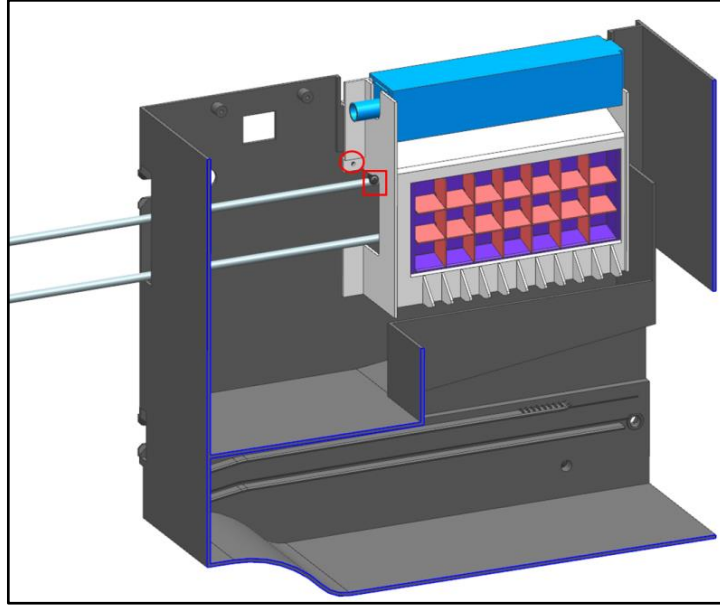
Şekil 4.11 : Su toplayıcı-dağıtıcı parçanın, buz kabı şasisine montajı.

Sistemde buzun oluştuğu buz kabı yapısının; ana buz kabı parçası, kanatçıklar ve evaporatörün birbirine kaynaklanmasıyla oluşturulduğundan bahsedilmişti. Buz kabı şasisi ise, birbirine kaynaklanan bu metal parçaların etrafına plastik enjeksiyon ile kalıplanarak imal edilir. Nihayetinde ise buz kabı metal parçaları ve buz kabı şasisi aslında tek bir parça haline gelir. Suyu buz kabı yapısının yüzeylerine dağıtan parça olan su toplayıcı-dağıtıcı, bu buz kabı şasisi üzerine Şekil 4.11’de gösterildiği gibi montaj edilmektedir. Su toplayıcı dağıtıcı üzerinde bulunan tırnak yuvaları, buz kabı şasisi üzerinde bulunan tırnaklı yapılara geçirilir. Bu ikisi arasındaki tırnaklı geçme bağlantısı, su toplayıcı-dağıtıcı parçanın olabildiğince rijit bir şekilde buz kabı şasisine montajlı olabilmesi için dar bir tolerans değeri belirlenerek şekillendirilmiştir.



Şekil 4.12 : Buz kabı şasisinin, buz makinası şasisine montajı-1.

Su toplayıcı-dağıtıcı, su besleme borusu ve buz kabı yapılarının birbirine montaj edilmesinden sonraki adım tüm sistemin buz makinası şasisine montaj edilmesi olacaktır. Şekil 4.12’de bu montaj işlemi gösterilmiştir. Su toplayıcı-dağıtıcı parçanın buz kabı şasisine montaj edilmesinde kullanılan benzer tırnaklı geçme bağlantısı buz kabı sisteminin de buz makinası şasisine montaj edilmesinde kullanılmıştır.

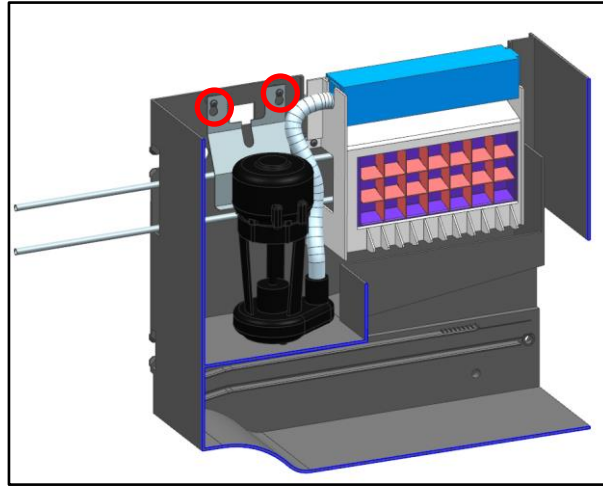


Şekil 4.13 : Buz kabı şasisinin, buz makinası şasisine montajı-2.

Buz kabı ve su dağıtım yapılarının, buz makinası şasisi üzerindeki tırnaklara geçirilmesinden sonra bu bağlantının hem sistem hem de kullanıcı güvenliğini artırmak amacıyla Şekil 4.13’te görüldüğü üzere bir adet vida bağlantısı yapılmıştır. Buz kabı ve su dağıtım yapılarına kullanıcının erişebilmesi çok kolay değildir.

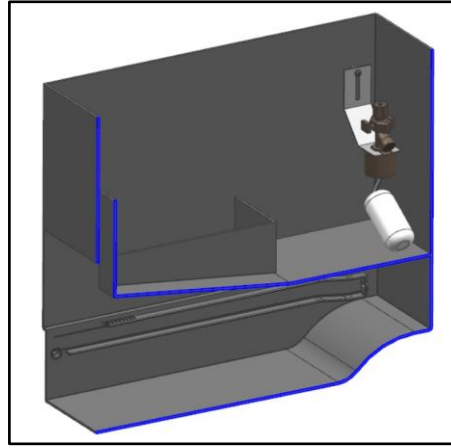
Çünkü buz makinası şasisinin etrafı; içerideki buz kabı, pompa, valf-şamandıra sisteminin dışarıdan görülebilir olmaması için kapatılmıştır. Ama yine de kullanıcının bu bölgeye erişebilme ihtimali göz önünde bulundurularak bir vida bağlantısı kullanılmak durumunda kalınmıştır.

Gereksiz vida kullanımı hem montaj kolaylığını hem de montaj süresini olumsuz etkilemektedir. Ancak öncelikle kullanıcı güvenliği sonra da sistem güvenliği açısından konstrüksiyonun bazı montaj adımlarında, daha güvenilir bir montaj bağlantısı sağlamayabilmek için vida bağlantısı tercih edilmiştir.



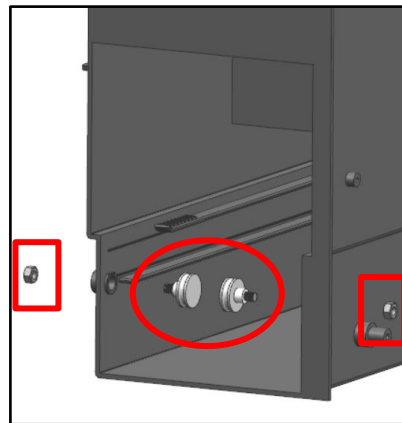
Şekil 4.14 : Pompanın buz makinası şasisine montajı.

Sistemde suyu, su deposundan emerek su besleme borusuna basan sirkülasyon pompası Şekil 4.14'te görüldüğü gibi buz makinası şasisine iki adet vida ile montaj edilmektedir. Sonrasında, pompanın suyu bastığı pompa çıkışı ile su besleme borusu arası gıda uyumlu bir malzeme ile üretilmiş bir hortum ile birbirine bağlanır. Böylece su sirkülasyon sistemini oluşturan; su deposu, pompa, su besleme borusu ve su toplayıcı-dağıtıcı yapıları birbiri ile ilişkilendirilerek montajları tamamlanmış olur. Sistem çalışırken su, daimi bir şekilde buz kabı üzerinden akıtıldığı için, suyun buza dönüşmeyen büyük bir kısmı buz kabı üzerinden akarak tekrar su deposunda birikir. Her buz çevriminde oluşan buz miktarı kadar su ise depodan eksilmektedir. Her çevrim sonrasında eksilen bu miktar kadar su, valf-şamandıra sistemi kullanılarak tekrar sisteme dahil edilmektedir. Valf-şamandıra sisteminin de montajı buz makinası şasisi iç duvarına, su deposunun bulunduğu kısma yapılmaktadır.



Şekil 4.15 : Valf-şamandıra sisteminin buz makinası şasisine montajı.

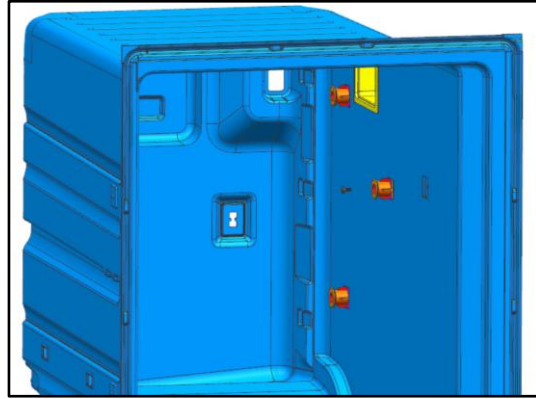
Valf-şamandıra sistemi, buz makinasının ihtiyacı olan suyu yeterli ve kontrollü bir şekilde su deposuna doldurmak amacıyla kullanılır. Valf-şamandıra sisteminin üst kısmına bir ucu su şebekesine bağlı olan bir hortum takılır. Valf-şamandıra sistemi Şekil 4.15'teki durumda açık konumdadır. Yani bu sistem bu pozisyonda su şebekesine bağlanırsa sistem su deposuna su almaya başlar. Belli bir miktarda alınan suyun kaldırma kuvvetinin etkisiyle şamandıra yatay konuma gelir ve sistemdeki valf kapanır. Böylece su deposuna su alma işlemi tamamlanır. Valf-şamandıra sisteminin buz makinası yapısına montajı, buz makinası şasisi içerisinde bulunan su deposu kısmına vidalanması suretiyle yapılır. Sistemde elektronik bir valf kullanmak yerine daha basit yapıdaki şamandıra sistemi kullanılmıştır. Şamandıra sistemi mekanik bir çözüm getirdiği için ekstra bir elektronik kontrol ve enerji bağlantısı gerektirmez.



Şekil 4.16 : Stok çekmecesı tekerlerinin montajı.

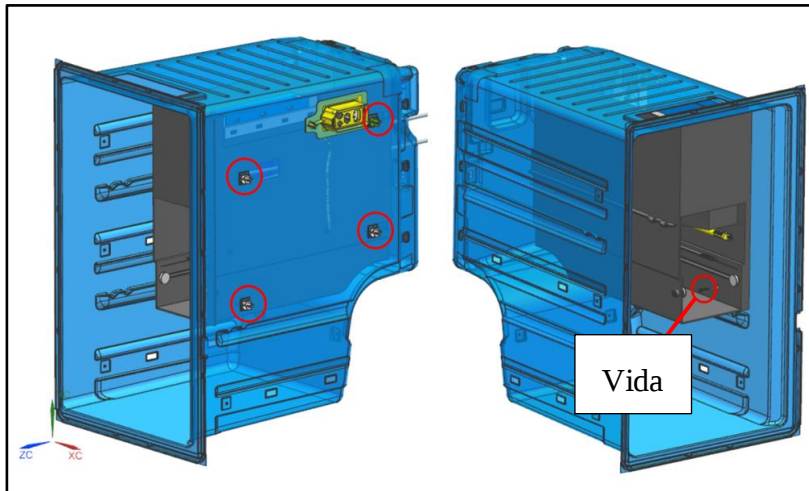
Buz stok çekmecesinin, buz makinası şasisi içerisinde ileri geri hareket edebilmesini sağlamak adına Şekil 4.16'da görüldüğü üzere tekerler kullanılmıştır. Buz makinası şasisinin yan duvarında bulunan yuvalara vida somunları oturtulur. Daha sonra

tekerin döndüğü vidalı mil bu somunlara geçirilerek sıkılır. Teker bu milin ucunda serbest bir şekilde dönebilmektedir.



Şekil 4.17 : Askılık yapılarının çoklu kullanım bölmesi iç plastiğine montajı.

Buz makinasını oluşturan komponentlerin tamamı buz makinası şasisine montaj edildikten sonra, buz makinası grubunun çoklu kullanım bölmesi iç plastiğine montaj edilmesi gerekmektedir. Bu montaj işlemini sağlamak adına öncelikle Şekil 4.17’de görülen askılık yapılarının iç plastiğe montaj edilmesi gerekmektedir. Askılık yapıları iç plastikte bulunan yuvalara oturtulur daha sonra iç kısımdan vida geçirilerek vidalanır. Sistemin buzdolabı çoklu kullanım bölmesine adapte edilmesi başlığı altında anlatıldığı üzere bu askılık yapılarının vidalandığı aparat, poliüretanın içinde kalacak olan vidalama aparatlarıdır.



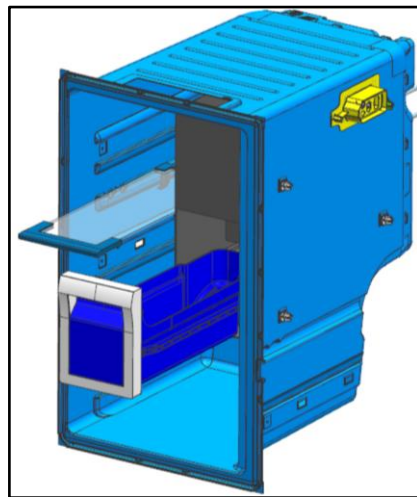
Şekil 4.18 : Buz makinası şasisinin çoklu kullanım bölmesine montajı.

Yeni buz makinası konstrüksiyonunun montajının son adımı, üzerinde buz makinası komponentlerinin bulunduğu buz makinası şasisini çoklu kullanım bölmesi iç

duvarına montaj edilmesidir. Şekil 4.18’de gösterilen bu son montaj adımı şu şekilde gerçekleşir;

- Buz makinası şasisi çoklu kullanım bölmesi iç kısmına doğru yaklaştırılır, pompa ve sıcaklık sensörünün kabloları buz makinası ve çoklu kullanım bölmesi iç plastiği arasında kalan kısımdan soket yuvalarına takılır. Bu işlemi yapabilmek için kabloların yeterli uzunlukta olması önemlidir.
- Daha sonra, buz makinası yan duvarında bulunan montaj açıklıkları, iç plastiğe montajlı durumda olan askılıklara denk gelecek şekilde konumlandırılır. Uygun konuma gelen buz makinası şasisi çoklu kullanım bölmesi içine doğru sürülür. Bu sürme işlemi uygun mesafe boyunca yapılırsa askılık yapıları, buz makinası şasisi üzerindeki montaj açıklıklarının bittiği yere dayanacaktır. Sonrasında, buz makinası şasisinin ön kısmında, buz stok çekmecesini için bulunan kısımdan askılıkların uygun yere dayanıp dayanmadığı kontrol edilir.
- Askılıkların uygun konuma geldiğinden emin olunduktan sonra, hem kullanıcı güvenliği hem de sistem güvenliğini sağlamak adına, buz makinası şasisinin iç kısmından Şekil 4.18’de sağ tarafta gösterildiği gibi bir adet vidanın bağlantısı yapılır.

Bu şekilde tüm buz makinasının çoklu kullanım bölümüne montajı tamamlanmış olur.



Şekil 4.19 : Buz stok çekmecesini ve buzdolabı cam rafının yapıya dahil edilmesi.

Son işlem basamağı ise Şekil 4.19’da görüldüğü üzere buz stok çekmecesinin ve buzdolabı cam rafının çoklu kullanım bölümünün yapısına dahil edilmesidir. Buz

stok çekmecesini buz makinası şasisinin ön kısmında bulunan açıklığa getirilerek, çekmecenin yan tarafında bulunan ray yapılarının buz makinası şasisi üzerindeki tekerlere denk gelmesi sağlanır. Stok çekmecesini yataklandıktan sonra buz makinası şasisi içerisine doğru sürülür. Böylece buz makinasının tüm komponentlerinin çoklu kullanım bölmesi içerisine adaptasyonu sağlanmış olur. Daha sonra buzdolabı cam rafı da bir yandan buz makinası şasisi üzerindeki kısma diğer yandan da çoklu kullanım bölmesi iç plastiğinde bulunan kısma yataklanır.

Çoklu kullanım bölmesi iç plastiğinin arka kısmından çıkan evaporatör borusunun soğutma sistemi hattına bağlanmasıyla ve valf-şamandıra sisteminin su şebekesine bağlanmasıyla birlikte sistem çalışmaya hazır bir duruma getirilmiş olunur.

5. PROTOTİP ÇALIŞMALARI VE DENEYLER

Önerilen alternatif konstrüksiyonun bilgisayar ortamında şekillendirilmesinden sonra bu konstrüksiyonun kendisinden beklenen fonksiyonu yerine getirip getirmediğinin incelenmesi amacıyla bir prototipi imal edilmiş ve bu prototip kullanılarak deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Montajı gerçekleştirilen prototip, bir soğutma çevrimine bağlanmış ve buz kabı yüzeyinin soğutulması sağlanmıştır. Ayrıca buz elde edebilmek amacıyla gereken suyun sirkülasyonunu sağlamak üzere bir pompa ve su deposu sistemine bağlanmıştır. Buz yapma sisteminin tamamı çalışır duruma getirildikten sonra bu yapı üzerinde çeşitli incelemeler yapılarak sistemi daha iyi çalışır duruma getirebilmek için çeşitli öngörülerde bulunulmuştur.

5.1 Prototip Çalışmaları

Buzdolabına adapte edilebilen ve katmanlı donma yöntemiyle saydam buz yapabilen bir buz makinası konstrüksiyonunun doğruluğunu teyit etmek amacıyla bir prototip imalatı gerçekleştirilmiştir. Teknik sistemin doğruluğunu hızlı bir şekilde test etmek için, önerilen konstrüksiyonun detaylandırılması bölümünde bahsedilen parçaların tümünün prototipleri imal edilmemiştir. Sadece buz yapma sisteminin temelini oluşturan parçalar yani; buz kabı, evaporatör boruları, buz kabı şasisi, su toplayıcı-dağıtıcı ve su besleme borusu parçalarının prototipleri imal edilmiştir. Çünkü buz yapma sisteminin çıktısı olacak buzun saydamlığının öngörülen kriterlere ne kadar yakın olduğunu görebilmek için bu parçalar ile bir deney düzeneği oluşturmak yeterli olacaktır. Prototipleri imal edilen buz kabı, evaporatör boruları, buz kabı şasisi, su toplayıcı-dağıtıcı ve su besleme borusu parçaları, ön çalışmaları gerçekleştirebilmek amacıyla bir buzdolabı içerisine yerleştirilmiştir.

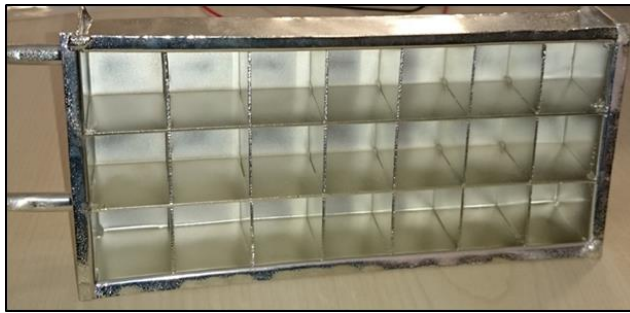
Teknik sistemde kullanılan buz kabı, iki ucu soğutma çevrimine bağlı olarak evaporatör borusu ile bütünleşik bir durumdadır. Sistemdeki soğutma çevrimi ile birlikte soğutucu akışkan evaporatör borularının içinden geçerek buz kabı üzerinden ısı çekmektedir. Eş zamanlı olarak da su sirkülasyon sistemi, buz yapma döngüsü

tamamlanana kadar buz kabı üzerinden devamlı bir su akışı sağlamaktadır. Buz kabı ve evaporatör borularının imalatında, efektif bir ısı geçişi sağlamak adına ısı iletim katsayısı yüksek olan bakır malzemesi tercih edilmiştir. Buz boyutları kesinleştirildikten sonra buz kabı sacının konstrüksiyonu gerçekleştirilmiştir. Buz kabı ve üzerinde bulunan kanatçıklı yapılar için öncelikle büyük bir sac plakadan belirlenen boyutlarda lazer kesim yapılmıştır. Şekil 5.1’de lazer kesim sonrasında elde edilen parçalar gösterilmektedir.



Şekil 5.1 : Buz kabını oluşturacak yapıların lazer kesim sonrası görünümü.

Lazer kesim işlemi ile elde edilen sac plakanın, uygun buz kabı formuna ulaşması için büküm işlemleri yapılmıştır. Daha sonra buz kabı yapısında bulunan kanatçık yapıları birbirlerine geçirilerek buz kabı içerisine kaynaklanmıştır. Buz kabının soğutulmasını sağlayacak evaporatör borusu da bükülerek, buz kabının arka yüzeyine olabildiğince geniş bir alanda temas edecek şekilde kaynak edilmiştir. Evaporatör ile bütünleşik buz kabını, çevre koşullarından dolayı oluşabilecek korozyon etkilerden korumak amacıyla buz kabı yapısının tamamına koruyucu bir kaplama uygulanmıştır. Kaplama seçimi yapılırken bu kaplamanın gıda uyumlu olması göz önünde bulundurulmuştur. Bahsedilen büküm, kaynak ve kaplama işlemlerinden sonra elde edilen buz kabı Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2 : Buz kabı yapısının genel görünümü.

Buz kabı ve evaporatör, elde edilecek prototipteki metal elemanlardır. Buz kabı şasisi, su toplayıcı-dağıtıcı ve su besleme borusu parçaları ise plastik parçalar olacaktır. Bu parçaların imalatında, hızlı prototipleme yöntemlerinden olan SLA (stereolithography) tercih edilmiştir. Çünkü elde edilen prototiplerle yapılacak deneyler sulu ortamda gerçekleştirilecektir. SLA yöntemiyle elde edilen parçalar suya karşı dirençlidirler yani suyu absorbe etmezler. Böylece parçalar sulu ortamda çeşitli yapısal bozukluklara uğramadan kullanılabilirler.

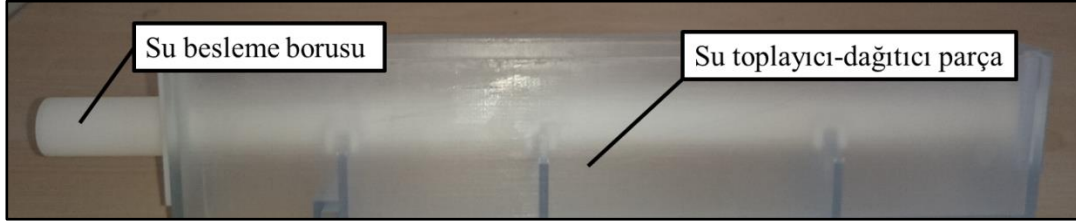
SLA, ilk patenti 1986 yılında Charles Hull isimli kişi tarafından alınmış bir hızlı prototipleme tekniğidir. Bu teknik, oda koşullarında sıvı durumda bulunan bir fotopolimer malzemenin belirli kısımlarına ultraviyole lazer ışını uygulanmasıyla birlikte bu bölgelerin kurlenmesi esasına dayanır. Bilgisayar yazılımı ile kontrol edilen bu lazer ışını, nihai parçanın geometrisini oluşturacak şekilde katman katman belirli bölgelerin kurlenmesini sağlar. Bu proses sırasında ortaya çıkabilecek destek yüzeyleri uygun bir şekilde temizlendikten sonra parça kullanıma hazır duruma gelmiş olur [19].

Buz kabı şasisi SLA yöntemi ile imal edildikten sonra özellikle suyun buz kabı yüzeyine aktığı kısımların pürüzlülükleri azaltılmıştır. Hatta bu yüzeydeki su akışının daha optimum olabilmesini sağlamak için parça boyanmıştır. Daha sonrasında buz kabı, buz kabı şasisi üzerindeki yuvaya uygun bir şekilde oturtularak sıcak silikon yardımıyla buz kabı şasisine sabitlenmiştir. SLA yöntemi ile imal edilen ve daha sonra boyanan buz kabı şasisi ve bu şasiye montaj edilmiş buz kabı Şekil 5.3’de gösterilmiştir.



Şekil 5.3 : Montaj edilmiş buz kabı şasisi ve buz kabının genel görünümü.

Buz yapma döngüsü sırasında sistemde kullanılan su, bir pompa yardımıyla su deposundan emilerek su besleme borusu yardımıyla su toplayıcı-dağıtıcı parçaya doğru basılmaktadır. Su, toplayıcı-dağıtıcı parçasındaki uygun sayı ve büyüklüklerdeki deliklerden geçerek buz kabı yüzeyine akmaktadır. Şekil 5.4'te SLA yöntemi ile imal edilmiş olan su toplayıcı-dağıtıcı ve su besleme borusunun genel görünümü verilmiştir.



Şekil 5.4 : Su toplayıcı-dağıtıcı parça ve su besleme borusunun genel görünümü.

Buz yapma sisteminin temelini oluşturan parçaların prototipleri hazırlandıktan ve tüm parçaların montaj işlemleri gerçekleştirildikten sonra sistemin tamamı bir buzdolabının iç duvarına montaj edilmiştir. Evaporatörün soğutma çevrimine, su toplayıcı-dağıtıcı grubunun da su sirkülasyon sistemine bağlanmasıyla birlikte sistem buz yapmaya hazır duruma getirilmiştir.

5.2 Deneysel Çalışmalar

Buzdolabına adapte edilebilen ve katmanlı donma yöntemiyle saydam buz yapabilen bir buz makinası konstrüksiyonunun kendisinden beklenen fonksiyonu yerine getirip getirmediğini belirlemek amacıyla bir takım deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bilgisayar ortamında şekillendirilen konstrüksiyon için imal edilen prototip, bu deneysel çalışma için gerekli ortamı hazırlamak için kullanılmıştır. Prototip kullanılarak oluşturulan teknik sistem, buzdolabı içine adapte edilerek evaporatör borusu soğutma çevrimine, su toplayıcı-dağıtıcı ve su besleme borusu ise su sirkülasyonunun sağlanabilmesi için pompa-su deposu sistemine bağlanmıştır. Deneysel prototipte öncelikle; katmanlı donma prensibinin uygulanmasıyla sistemde buz elde edilip edilemediği, buz elde edilebiliyorsa bu buzların saydamlık derecelerinin ne mertebede olduğu ve sistemin çalışması sırasında ortaya çıkabilecek üstünlükler ve zayıflıklar incelenmiştir.

Gerekli montaj işlemlerinin tamamlanmasıyla birlikte Şekil 5.5'teki buz yapma sistemi elde edilmiştir.



Şekil 5.5 : Buz yapma sisteminin genel görünümü.

Buzdolabına adapte edilen teknik sistemde buzun saydamlığını etkileyebileceği düşünülen bazı paramatereler deneysel çalışmalara başlamadan önce belirlenmiştir. Bu parametrelerden bazıları doğrudan konstrüktif yapıyla alakalı olup bazıları ise soğutma çevriminin karakteristiği ile ilgilidir. Deneysel çalışmalarda buzun saydamlığında değişim sağlayabileceği düşünülen parametreleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür;

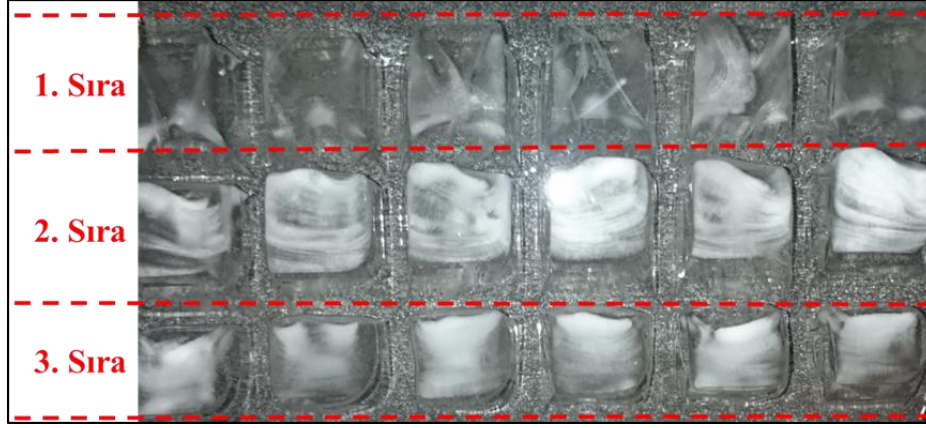
- Buz kabı yüzeyine akan suyun debisi;
 - Pompa karakteristiği
 - Pompa besleme voltajı
 - Su toplayıcı-dağıtıcı parçanın konstrüksiyonu
- Buz kabı ve buz kabı şasisinin konstrüktif detayları
- Su akışının karakteristiği
- Soğutma çevriminin algoritması

Yukarıda sözü edilen parametrelerin sistem üzerindeki etkilerinin tek tek incelenmesi bu çalışmanın kapsamı dışında kalmaktadır. Sunulan çalışmada saydam buz yapabilmek için gerekli fiziksel prensibin belirlenmesi ve bu prensibin uygulanabileceği uygun şekillendirmenin yapılabilmesi amaçlanmıştır. Yapılan

deneyler ile bahsedilen parametrelerin etkisi açısından bir ön fikir edinilmesi de amaçlanmıştır.

Öncül deneysel çalışmalarda DC beslemeli bir pompa kullanılmıştır. Pazar araştırması bölümünde incelenen ticari buz makinelerinde ölçülen debi değerleri göz önünde bulundurularak öncül çalışmalar için bir debi değeri belirlenmiştir. Kullanılan pompanın besleme voltajı değiştirilerek veya suyun sistemdeki sirkülasyonunun sağlanabilmesi için gerekli olan diğer parçaların üzerinde konstrüktif değişiklikler yapılarak su akış debisini değiştirmek ve farklı debi değerleri için deneyleri çoğaltmak mümkündür. Ancak daha önce de değinildiği gibi sunulan çalışmanın hedefi, belirlenen fiziksel prensip için geliştirilen konstrüksiyonun amaca ulaştığını test etmektir. Buz kabındaki hücrelerin formu ve boyutları, şirket içinde belirlenen istekler doğrultusunda şekillendirilmiştir. Ayrıca buz kabındaki hücreleri oluşturan kanatçıkların montajı için; hem akan suyun bir hücreden diğer hücreye geçişine olanak sağlamak adına hem de buzun hücrelerde oluşumu tamamlandıktan sonra bu hücrelerden kolayca çıkabilmesini sağlamak adına bir eğim açısı belirlenmiştir. Kanatçık yapıları belirlenen bu açı değerine göre montaj edilerek buz kabı konstrüksiyonun bir parçası haline getirilmişlerdir. Su akış karakteristiği, aslında birçok farklı kritere bağlıdır. Su toplayıcı-dağıtıcı parçanın konstrüktif yapısı, kullanılan pompa, buz kabı ve buz kabı şasisinin konstrüktif yapısı ve yüzey özellikleri gibi kriterler su akış karakteristiğini etkileyebilir. Deneylerden elde edilecek sonuçlar ışığında akış karakteristiği sayısal olarak incelenerek en uygun geometrik boyutlar ileriki çalışmalar kapsamında ele alınabilir. Sistemdeki buz kabı yüzeyinin soğutulmasını sağlayacak soğutma çevrimi için de pazar araştırması bölümünde incelenen ticari buz makinelerindeki soğuk yüzey sıcaklıkları göz önünde bulundurularak bir algoritma belirlenmiştir. Deney sonuçları bu açıdan ele alınırsa, gerçekleştirilen konstrüksiyon ile saydamlık derecesi oldukça iyi buz elde edebilmek için daha optimum bir soğutma çevrimi algoritması oluşturulması adına önerilerde bulunulabilir.

Buz kabı geometrisi ve sistem parametreleri yapılan incelemeler sonucunda belirlenmiştir. Deney sonuçları yapılan seçimlerin hangi yaklaşıklıkla doğru olduğu konusunda fikir verecektir.



Şekil 5.6 : Deneyler sonucunda elde edilen buzların genel görünümü.

Şekil 5.6’da yapılan deneyler sonucunda elde edilen buzlar görülmektedir. Şekilde görüldüğü üzere gerçekleştirilen ilk deneylerden elde edilen buzların saydamlığının her bir buz sırası için aynı olmadığı; ilk sıradaki buzların nispeten saydam fakat ikinci ve üçüncü sıradaki buzların ise sisli olduğu göze çarpmaktadır. Prototip buz yapma makinası ile elde edilen buzlardan, sadece birinci sırada oluşan buzlar saydam buz olarak kabul edilirse, bu buzların saydamlık ölçümünü yapmak deney sonucunu yorumlayabilmek adına daha niceliksel bir bilgi verecektir. Saydamlık ölçütünün belirlenmesi başlığı altında anlatılan saydamlık ölçüm yöntemi bu aşamada da kullanılacaktır. Ölçümler yapılırken olabildiğince objektif sonuçlar elde edebilmek ve karşılıklı tüm yüzeylerin ışık geçirgenliğini tespit edebilmek için üç farklı yüzeyden saydamlık ölçümü alınmıştır. Ardışık üç buz döngüsü için ilk sırada oluşan buzlar içinden rastgele üç tane alınarak yapılan saydamlık ölçümlerinin sonuçları Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 : Prototipten elde edilen buzların saydamlık ölçümleri.

		1. Yüzey	2. Yüzey	3. Yüzey	Ortalama
1. TUR	Buz No. 1	52	67	29	49
	Buz No. 2	62	50	56	56
	Buz No. 3	36	41	26	34
			1. Tur Ortalama		46
2. TUR	Buz No. 1	35	60	25	40
	Buz No. 2	77	48	21	49
	Buz No. 3	65	72	22	53
			2. Tur Ortalama		47
3. TUR	Buz No. 1	57	71	32	53
	Buz No. 2	48	64	41	51
	Buz No. 3	54	67	52	64
			3. Tur Ortalama		56
			Genel Ortalama		% 50

Yapılan ölçümlerde ortalama saydamlık değeri % 50 çıkmıştır. Saydamlık ölçütünün belirlenmesi başlığı altında incelenen ticari buz makinalarında ölçülen ortalama saydamlık derecesi, sprey tipi ticari buz makinası için % 67, şelale tipi ticari buz makinası için ise %61 olarak belirtilmiştir. Öncül deneyler sonucunda elde edilen buzlardan ilk sırada bulunan ve nispeten saydam olduğu kabul edilen buzların % 50,48 olarak ölçülen saydamlık derecesi her iki tip ticari buz makinasının saydamlık derecesinden de bir miktar düşük çıkmıştır. Ancak yapılan bu saydamlık ölçümlerinin tüm dünyaca kabul görmüş standart bir ölçüm olmadığını belirtmek gerekmektedir. Bu ölçümlerin yapılmasındaki amaç, belirli verilere dayanarak buzların saydam olup olmadığı hakkında daha niceliksel bir yorum yapabilmektir. Ayrıca geometrik büyüklükler ve diğer parametrelerin seçimi öngörülere dayanarak yapıldığı dikkate alınırsa ön çalışmalar açısından elde edilen saydamlık derecesi kabul edilebilir seviyededir. Bunun yanında buzun oluşması sırasında yapılan gözlemler de konstrüksiyonun geliştirilmesine yardımcı olacaktır.

Deneyler sırasında yapılan gözlemlere dayanarak ilk sıradaki buzların daha saydam olmasına, su akış karakteristiğinin buz kabındaki ikinci ve üçüncü sıralarda bozulmasının neden olduğu düşünülmektedir. Buz kabı üzerindeki suyun akışı ile ilgili problem birçok farklı açıdan irdelenerek bir çözüme kavuşturulabilir. Örneğin, buz kabındaki hücreleri oluşturan kanatçık yapılarının montaj edilmesi sırasında bir öngörü ile belirlenen eğim açısı değeri akış karakteristiğini etkiliyor olabilir. Akış analizi yapılarak sayısal olarak eğim açısının etkisi incelenebilir ve buna göre en uygun değer belirlenebilir. Soğuk yüzey sıcaklıklarının uygun değerlerde olmaması da buzların tamamının saydam olmamasını etkiliyor olabilir. Bu nedenle farklı yüzey sıcaklıklarının deneysel olarak incelenmesi bu durumun açıklanmasında faydalı olacaktır. Buna göre, buz kabı yüzeyinin soğutulmasını sağlayan soğutma çevriminin algoritması üzerinde değişiklikler yapmak elde edilen buzlardaki homojen olmayan saydamlık sorununa bir çözüm getirebilir.

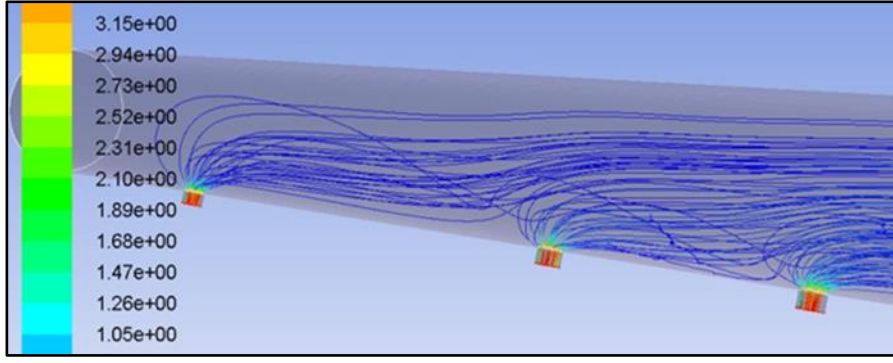
Prototip buz makinasının çalışması sırasında, buz hücrelerini oluşturan kanatçık yapılarının üzerinde ve buz kabı ile buz kabı şasisi arasında kalın buz köprülerinin oluştuğu göze çarpmaktadır. Bu buz köprülerinin oluşmasından dolayı buz kabındaki hücrelerde oluşan buzlar birbiriyle bütünleşik bir yapıda oluşmakta ve buzları birbirinden ayırmak zorlaşmaktadır. Sistemde elde edilen su akışı, buz hücrelerinin orta kısmını tam olarak dolduramadığından buzlar hücrelerin kenarlarına doğru

oluşmaktadır. Buz kabı hücrelerinin yapısındaki bazı konstrüktif faktörlerin bu duruma neden olduğu söylenebilir.

Prototipin çalışması sırasında göze çarpan bir diğer durum ise, buz kabı üzerindeki su akışı sırasında oluşan su sıçramalarıdır. Buz kabı üzerinde oluşturulan su akışı her ne kadar düzgün bir formda olsa da bir buz hücresinden diğerine akan suyun bir kısmı, suyun buz kabı yüzeyine çarpması etkisiyle istenmeyen bölgelere sıçramaktadır. Bunun nedeni, su akış debisinin optimum değerden fazla olması olabilir. Nihai üründe böyle bir durum kesinlikle yaşanmamalıdır. Bu olumsuz durumu ortadan kaldırmak adına su akış debisi optimize edilebilir. Su sirkülasyonunu sağlayan pompanın farklı voltajlarla beslenmesiyle farklı debi değerleri elde edilebilir. Ayrıca su toplayıcı-dağıtıcı parça ve su besleme borusu üzerindeki deliklerin sayıları ve çapları değiştirilerek de su akış debisi, su sıçramalarını engellemek adına daha optimum bir değere getirilebilir. Buz kabındaki hücreleri oluşturan kanatçık yapılarının montaj edilmesi için uygun görülen eğim açısını değiştirmek de bu probleme bir çözüm sağlayabilir. Eğer bu probleme çözüm bulmak için değiştirilen debi değeri ile herhangi bir olumlu sonuç alınamazsa veya debideki bu değişim buzun saydamlığıyla ilgili diğer bazı konularda olumsuz sonuçlara neden olursa buz kabının önünü kapatan bir siperlik yapısı konstrüksiyona dahil edilerek su sıçramalarının yayıldığı alan azaltılabilir.

Deneysel prototipin çalışması sırasında karşılaşılan problemlerin yanında, sistemde bir buz döngüsünün tamamlanması için hedeflenen kısa süreler deneysel prototip üzerinde sağlanabilmiştir.

Gözlemlenen problemlerin genel olarak su akış karakteristiği ve debisi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Hem saydamlık derecesinin artırılabilmesi hem de her sırada homojen bir buz yapısı elde edilebilmesi açısından detaylı sayısal incelemelere gerek olduğu kanısına varılmıştır. Gerçekleştirilen bu ilk prototip sayısal modelin kurulmasına ve doğrulanmasına da katkı sağlayacaktır. Detaylı olarak gerçekleştirilecek akış karakteristiği ve buna etki eden parametrelerin sayısal olarak incelenmesi ile elde edilecek sonuçlar ışığında geometrik boyutlar değiştirilebilir.



Şekil 5.7 : Su toplayıcı-dağıtıcı üzerinde yapılan CFD çalışması.

Şekil 5.7’de su toplayıcı-dağıtıcı parça üzerinde yapılan bir CFD çalışması gösterilmiştir. CFD çalışmalarıyla elde edilen bilgiler göz önünde bulundurularak; buz kabı yapısı, su besleme borusunun ve su toplayıcı-dağıtıcı parçanın konstrüksiyonu üzerinde çeşitli yapısal değişikliklerin gerçekleştirilmesi düşünülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında; bazı ticari buz makinalarının sahip olduğu saydam ve hızlı buz yapabilme gibi özelliklere sahip, buzdolabına adapte edilebilen bir buz makinası konstrüksiyonu ortaya koyabilmek adına öncül çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bazı öngörüler ışığında ortaya koyulan ve bu çalışmanın da konusu olan ön konstrüksiyonun, imal edilen prototiple ve yapılan deneysel çalışmalarla kendisinden beklenen fonksiyonu yerine getirip getirmediği incelenmiştir. Sunulan bu çalışmayla ilgili önemli çıkarımlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir;

- Yapılan literatür ve pazar araştırmaları doğrultusunda, buzdolabına adapte edilecek buz makinasında katmanlı donma fiziksel prensibinin kullanılmasının, hem buz yapma süresi hem de yöntemin uygulanabilirliği açısından uygun bir seçenek olduğu sonucuna varılmıştır. Katmanlı donma prensibini uygulayabilmek için oluşturulan alternatif konstrüksiyonlar için yapılan fayda-değer analizi sonucunda şelale tipi buz makinası alternatifi detaylandırılmıştır.
- Buz makinasının prototipi kullanılarak elde edilen ilk sıradaki buzların saydamlık derecesi %50 olarak ölçülmüştür. Ticari olarak piyasada bulunan buz makinalarının saydamlık derecesine oldukça yakındır ve yapılan bu ön konstrüksiyonun bu anlamda başarılı olduğu söylenebilir.
- Birinci sıradaki buzların tamamının diğer sıradaki buzlara göre daha saydam olduğu gözlenmiştir. Buz kabı üzerindeki akış karakteristiği, buz hücrelerinin boyutlandırılmasına ilişkin konstrüktif detaylar ve yüzeydeki sıcaklık dağılımı iyileştirilerek, buz kabının tamamında homojen bir saydamlık sağlanabileceği değerlendirilmektedir. Bu nedenle konstrüksiyonun geliştirilmesi açısından akış karakteristiğinin sayısal olarak incelenmesi gerekmektedir. Bu sonuçlar dikkate alınarak akış karakteristiğini doğrudan etkileyen geometrik büyüklükler belirlenebilir. Örneğin, buz kabındaki hücreleri oluşturan kanatçık yapılarının montaj edilmesi sırasında bir öngörü ile belirlenen eğim açısı değeri değiştirilebilir. Bunun yanında su dağıtıcı

boyutları ve bu dağıtıcının diğer konstrüktif detayları da göz önünde bulundurulmalıdır.

- Sistemde elde edilen su akışı, buz hücrelerinin orta kısmını tam olarak dolduramadığından buzlar hücrelerin kenarlarına doğru oluşmakta ve buz yapma döngüsünün devam etmesiyle birlikte de bu hücreler arasında kalın buz köprüleri oluşmaktadır. Buz kabı hücrelerinin yapısındaki bazı konstrüktif faktörlerin bu duruma neden olduğu düşünülmektedir.
- Buz kabı üzerinden su akarken geniş bir alana yayılan istenmeyen su sıçramaları oluşmaktadır. Buz kabı üzerinde oluşturulan su akışı her ne kadar düzgün bir formda olsa da bir buz hücresinden diğerine akan suyun bir kısmı, suyun buz kabı yüzeyine çarpması etkisiyle istenmeyen bölgelere sıçramaktadır. Kanatçıkların eğim açısı değiştirilerek veya bir siperlik yapısı konstrüksiyona eklenerek bu durumun önlenmesi mümkün olabilir.
- Deneysel prototipin çalışması sırasında karşılaşılan bazı problemlerin yanında, sistemde bir buz döngüsünün tamamlanması için hedeflenen kısa süreler deneysel prototip üzerinde sağlanabilmiştir.

Sunulan tez buzdolabına adapte edilebilecek bir buz makinası konstrüksiyonu için bir öncü çalışmadır. Tez kapsamında sadece fiziksel prensip olarak katmanlı donma yöntemini kullanarak saydam buz yapabilen bir makinanın şekillendirilmesi hedeflenmiştir. Prototip ile yapılan deneysel incelemelerde buz kabının ilk sırasında, istenilen kaliteye oldukça yakın kalitede buz oluşturulabilmiştir. Buzların saydamlık derecesinin artırılması ve daha homojen bir yapıda elde edilebilmesi açısından soğuk yüzey sıcaklıklarının optimize edilmesi ve su akış karakteristiğinin sayısal olarak incelenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Url-1**, <<http://www.cibsejournal.com/cpd/2010-05/>>, alındığı tarih 16.05.2015
- [2] **Maeno, N.** (1967). Air Bubble Formation in Ice Crystals, Physics of Snow and Ice : proceedings, Volume:1, pages 207-218
- [3] **Wei, P.S., Kuo, Y.K., Chiu, S.H., Ho, C.Y.** (2000). Shape of A Pore Trapped in Solid During Solidification, International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume: 43, pages 263-280
- [4] **Wei, P.S., Huang, C.C., Wang, Z.P., Chen, K.Y., Lin, C.H.** (2004). Growths of Bubble/Pore Sizes in Solid During Solidification—an in Situ Measurement and Analysis, Journal of Crystal Growth, Volume: 270, pages 662-673
- [5] **Wei, P.S., Hsiao, S.Y.** (2012). Pore Shape Development from A Bubble Captured by A Solidification Front, International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume: 55, pages 8129-8138
- [6] **Dedricks, A.N., Swanson, R.H.** (1966). Spray Type Ice Cube Making Machine, United States Patent, No: 3289430
- [7] **Dedricks, A.N., Mueller, L.A.** (1969). Ice Cube Making Apparatus, United States Patent, No: 3430452
- [8] **Kohl, V.L., Federspiel, M.E.** (1993). Ice Machine with Improved Evaporator/Ice Forming Assembly, United States Patent, No: 5193357
- [9] **Byczynski, D., et all.** (2000). Domestic Clear Ice Maker, United States Patent, No: 6148621
- [10] **Bortoletto, A., et all.** (2012). Vertical Ice Maker Producing Clear Ice Pieces, United States Patent, No: 2012324915
- [11] **Culley, B.K.** (2014). Clear Ice Spheres, United States Patent, No: 2014165619
- [12] **Ingrassia, T., Zuccolo, S.** (2008). Device and Method for Automatically Producing Clear Ice, and Refrigerator Featuring Such A Device, European Patent, No: 1918663
- [13] **Sharp SJF99GBK Operation Manual.** (t.y.). page 12
- [14] **Whitman, B., Johnson, B., Tomczyk, J., Silberstein, E.** (2012). Refrigeration and Air Conditioning Technology, 7th Edition, page 694
- [15] **Url-2**,<http://www.hanning-hew.de/wChinesisch/download/Prospekte/SP/040213DrainPumps_E.pdf>, alındığı tarih 16.05.015
- [16] **Url-3**, <http://www.morrillmotors.com.cn/product_d4.asp?id=299>, alındığı tarih 16.05.2015

- [17] **Url-4**,
<http://www1.eere.energy.gov/buildings/appliance_standards/pdfs/acim_preliminary_tsd_ch3_market_technology_2012_01_16.pdf>, alındığı tarih
17.05.2015
- [18] **Url-5**,
<http://download.arcelik.com/Download.UsageManuals/28161_tr_TR_201502131531876_User%20Manual%20-%20Filetur__A.pdf>, alındığı tarih
17.05.2015
- [19] **Url-6**, <<http://www.livescience.com/38190-stereolithography.html>> alındığı
tarih 18.05.2015

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Çetin USLU

Doğum Yeri ve Tarihi : Eskişehir, 1988

E-Posta : uslucetin13@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği