

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BUZDOLABI SEBZELİKLERİNİ KONTROLLÜ NEMLENDİRME ÜNİTESİ
TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ogün HIZAR

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Konstrüksiyon Programı

HAZİRAN 2020

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BUZDOLABI SEBZELİKLERİNİ KONTROLLÜ NEMLENDİRME ÜNİTESİ
TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ogün HIZAR
(503181212)**

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Konstrüksiyon Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Zeynep PARLAR

HAZİRAN 2020

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503181212 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ogün HIZAR, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “BUZDOLABI SEBZELİKLERİNİ KONTROLLÜ NEMLENDİRME ÜNİTESİ TASARIMI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Dr. Öğretim Üyesi Zeynep PARLAR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğretim Üyesi Vedat TEMİZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ümit Özgen ÇOLAK ÇAKIR
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 15 Haziran 2020

Savunma Tarihi : 14 Temmuz 2020





Aileme ve arkadaşlarıma,



ÖNSÖZ

İstanbul Teknik Üniversitesi'ndeki yüksek lisans tez çalışmam kapsamında benden yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Dr. Öğretim Üyesi Zeynep PARLAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Tecrübesi ve bilgi birikimi ile tüm çalışmalarında bana yol gösteren Arçelik A.Ş. Garage & Maker Lab. Yöneticisi Celal VATANSEVER'e; bir yıl boyunca tecrübelerini benimle paylaşan, yoğun iş temposunda dahi değerli vaktini ayıran ve beni hep motive eden sevgili danışmanım Nihal YILMAZ'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması kapsamında benimle birlikte yoğun emek harcayan değerli çalışma arkadaşlarım Enes İNANÇ ve Tuğçe USTA'ya da teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans hayatım boyunca bana her konuda destek olan ve birlikte çalışma ortamını paylaştığım çok sevdiğim arkadaşlarım Berkan KAÇMAZ ve Esra GÜBEN'e teşekkür etmeyi borç bilirim.

Üniversite hayatım boyunca ve sonrasında her daim yanımda olan, manevi desteğini ve sevgisini her zaman hissettiren başta biricik ablam olmak üzere sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

Haziran 2020

Ogün HIZAR
Makine Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR.....	xi
SEMBOLLER.....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Araştırması	2
1.1.1 Sebze ve meyvelerin saklanma koşulları ile ilgili literatür araştırması.....	2
1.1.2 Buzdolabındaki nem durumu ile ilgili literatür araştırması.....	3
1.1.3 Patent araştırması	5
1.1.4 Su buharı cihazı ile ilgili literatür araştırması.....	14
1.1.5 Nem ve sıcaklık sensörü ile ilgili literatür araştırması.....	17
1.2 Tezin Amacı ve Kapsamı.....	20
2. BUZDOLABININ TANITILMASI.....	23
2.1 Buzdolabı Tarihçesi.....	23
2.2 Buzdolabının Çalışma Prensibi	24
2.2.1 Buzdolabının yapısı	24
2.2.2 Buzdolabı çalışma prensibi	34
3. TASARIM ALTERNATİFLERİNİN BELİRLENMESİ	37
3.1 Problemin Tariflenmesi ve İstekler Listesinin Oluşturulması.....	37
3.2 Sebzelik	38
3.3 Temel Fonksiyonun Soyutlanması ve Fonksiyon Strüktürü	39
3.4 Alternatiflerin Tasarımı	43
3.4.1 Alternatif I	43
3.4.2 Alternatif II	44
3.4.3 Alternatif III	46
3.4.4 Alternatif IV	47
3.5 Fayda Değer Analizi.....	49
4. SEÇİLEN ÇÖZÜMÜN DETAY TASARIMI.....	63
4.1 Su Tankının Konumlandırılması	64
4.2 Nemlendirme Ünitesinin Kapı Gövdesinde Konumlandırılması.....	69
4.3 Su Buharının Sebzelik İçine Verilmesi	76
4.4 Sensörün Sabitlenmesi.....	80
4.5 Tasarımın Doğrulanması.....	83
4.5.1 Prototip imalatı.....	83
5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER.....	93
5.1 Gıda Testleri	93
5.2 Değerlendirmeler.....	94

KAYNAKLAR.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	101



KISALTMALAR

A.Ş.	: Anonim Şirketi
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
PCB	: Printed Circuit Board
IPC	: International Patent Classification
LED	: Light Emitting Diode
DC	: Direct Current
FDM	: Fused Deposition Modeling
SLS	: Selective Laser Sintering
SLA	: Stereolithography
ABS	: Akrlonitril Bütadien Stire
YY	: Yüzyıl
VIP	: Vacuum Insulation Panel



SEMBOLLER

m	: Metre
mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
kg	: Kilogram
kg.cm	: Kilogram santim
N.m	: Newton metre
rpm	: Revolutions per minute
V	: Volt
L	: Litre
dk	: Dakika
°	: Derece
°C	: Santigrat derece



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Suyu temas yüzeyinin diğer tarafından buharlaştıran piezoelektrik titreştirici cihazın teknik özellikleri.	16
Çizelge 1.2 : Suyu temas yüzeyinden buharlaştıran piezoelektrik titreştirici cihazın teknik özellikleri.	17
Çizelge 1.3 : SHT31 nem ve sıcaklık sensörü teknik özellikleri.	19
Çizelge 3.1 : İstekler Listesi.	37
Çizelge 3.2 : Değer puanları ve anlamları.	58
Çizelge 4.1 : Supap yay hesap değerleri.	68
Çizelge 4.2 : Kullanılan ABS malzemenin mekanik ve termal özellikleri.	84



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : WO2010/029041 numaralı Arçelik A.Ş. firmasına ait patent görseli.	5
Şekil 1.2 : EP2662639B1 numaralı MITSUBISHI firmasına ait patent görseli.	5
Şekil 1.3 : CN105408712B numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.	6
Şekil 1.4 : WO2015086433(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.	7
Şekil 1.5 : EP2372275(A2) numaralı WHIRPOOL firmasına ait patent dokümanındaki nemlendirme sistemi kesit görünüşü.	8
Şekil 1.6 : JP2009030866(A) numaralı TOSHIBA firmasına ait patente ait görsel. ..	8
Şekil 1.7 : DE102013225716(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.	9
Şekil 1.8 : DE102015214210(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent.	9
Şekil 1.9 : DE102016210705(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.	10
Şekil 1.10 : DE102014202122(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.	10
Şekil 1.11 : DE102015214208 (A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.	11
Şekil 1.12 : US2016313048(A1) numaralı BSH BOSCH firmasının ait patent görseli.	11
Şekil 1.13 : DE102013213208(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.	12
Şekil 1.14 : DE102015214211(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.	12
Şekil 1.15 : DE102015201404(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.	13
Şekil 1.16 : DE102016221753(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.	13
Şekil 1.17 : DE10201321048(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.	14
Şekil 1.18 : DE102015214215(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.	14
Şekil 1.19 : Suyu temas yüzeyinin diğer tarafından buharlaştıran piezoelektrik titreştirici cihaz.	15
Şekil 1.20 : Suyu temas yüzeyinden buharlaştıran piezoelektrik titreştirici cihaz. ...	16
Şekil 1.21 : İki farklı tip su buharı üreten cihazın şematik gösterimi.	16
Şekil 1.22 : SHT3, SHT31 ve SHT35 sensörlerinin bağıl nem/hassasiyet grafikleri.	19
Şekil 1.23 : SHT31 nem ve sıcaklık sensör ve elektronik devre kartı.	20
Şekil 2.1 : Buzdolaplarının tarihsel süreç içerisindeki gelişimi.	23
Şekil 2.2 : Günümüzdeki çalışma tipine göre buzdolapları.	24

Şekil 2.3 : Buzdolabı Kompresörü: a) Pistonlu kompresör çalışma prensibi, b) Kompresör dış görünüşü.	25
Şekil 2.4 : Buzdolaplarında kullanılan telli kondenser çeşidi.	25
Şekil 2.5 : Buzdolabında kullanılan evaporatör paneli.	26
Şekil 2.6 : Genleşme valfleri.	26
Şekil 2.7 : Buzdolabında kullanılan filtrenin montajlı hal i.	26
Şekil 2.8 : Buzdolabında kullanılan termostat örneği.	27
Şekil 2.9 : Kılcal bakır boru.	27
Şekil 2.10 : R-134a Soğutucu akışkan.	28
Şekil 2.11 : Buzdolabı dış gövdesi.	29
Şekil 2.12 : Buzdolabı iç gövdesi	29
Şekil 2.13 : Buzdolabı kapısı.	30
Şekil 2.14 : Sebzelik.	31
Şekil 2.15 : Sebzelik örtüsü izometrik ve kesit görünüşleri.	32
Şekil 2.16 : 0 derece bölmesi.	32
Şekil 2.17 : Buzdolabı iç rafları.	33
Şekil 2.18 : Kapı rafları.	33
Şekil 2.19 : Buzdolabı soğutma çevrimi.	35
Şekil 3.1 : Sebzelik kısımları.	39
Şekil 3.2 : Sebzelik patlatılmış görüntüsü.	39
Şekil 3.3 : Fonksiyon strüktürü.	41
Şekil 3.4 : Fonksiyon strüktürünün alt fonksiyonlara ayrılması.	41
Şekil 3.5 : Çözüm Matrisi.	42
Şekil 3.6 : Alternatif I şematik ön kesit görünüşü.	43
Şekil 3.7 : Alternatif I.	44
Şekil 3.8 : Alternatif II şematik ön kesit görünüşü.	45
Şekil 3.9 : Alternatif II.	45
Şekil 3.10 : Alternatif III şematik ön kesit görünüşü.	46
Şekil 3.11 : Alternatif III.	47
Şekil 3.12 : Alternatif IV şematik yan kesit görünüşü.	48
Şekil 3.13 : Alternatif IV.	49
Şekil 3.14 : Öncül su buharı dağılım testi 9 farklı konumun şematik gösterimi.	51
Şekil 3.15 : Su buharı cihazı konumu için öncül su buharı dağılım testleri.	53
Şekil 3.16 : Öncül sensör testleri için sensör konum alternatifleri.	54
Şekil 3.17 : Öncül sensör testleri sıcaklık – zaman grafiği.	56
Şekil 3.18 : Öncül sensör testleri bağıl nem – zaman grafiği.	57
Şekil 3.19 : Alt hedefler ve ağırlıkları.	58
Şekil 3.20 : Hedef büyüklükleri matrisi.	60
Şekil 4.1 : Kapı üzerinde nemlendirme ünitesinin genel görünüşü.	63
Şekil 4.2 : Su tankının buzdolabı içerisindeki konumu.	64
Şekil 4.3 : Ardışık iki kapı rafı arasındaki mesafenin yandan görünüşü.	65
Şekil 4.4 : Su tankının kapı iç gövdesine asılma detayı.	65
Şekil 4.5 : Su tankı yataklayan yüzeyler.	66
Şekil 4.6 : Su tankının kapı iç gövdesine yerleştirilme hareketi.	66
Şekil 4.7 : Su tankı doldurma detay görseli.	67
Şekil 4.8 : Su doldurma aparatının su tankı kapağına yerleştirilme detayı.	67
Şekil 4.9 : Su tankı ucundaki supap.	68
Şekil 4.10 : Supap detayı.	69
Şekil 4.11 : VIP yalıtım malzemesi iç yapısı ve dış görünüşü.	70
Şekil 4.12 : Ünite koruyucu haznesi ile kapı dış gövdesi arasındaki mesafe.	70

Şekil 4.13 : Ünite koruyucu haznesindeki yapıştırma faturası detayı.	71
Şekil 4.14 : Su buharı cihazı yapısı.	71
Şekil 4.15 : Su buharı cihazının montaj sırası.	72
Şekil 4.16 : Ünite kapağı ve sabitleme kapağı merkezlenme detayları.	72
Şekil 4.17 : Su buharı cihazı montajlı hali.	73
Şekil 4.18 : Huni detay.	73
Şekil 4.19 : Huninin ünite kapağına montajı.	74
Şekil 4.20 : Hortumun montajlı hali.	74
Şekil 4.21 : Elektronik kartın hazneye montajı.	75
Şekil 4.22 : Elektronik devre koruma bölgesi.	75
Şekil 4.23 : Ünite kapağının hazneye montajı.	76
Şekil 4.24 : Su tankı ve ünitenin kapıya montaj edilmiş hali.	76
Şekil 4.25 : Sebzelik önü ek parça genel görünüş.	77
Şekil 4.26 : Sebzelik önü contası.	77
Şekil 4.27 : Kapının maksimum açılma derecesi.	78
Şekil 4.28 : Su buharı cihazı yuvasının kapı açılışı sırasında yaptığı dairesel hareketin üstten görünüşü.	78
Şekil 4.29 : Su buharı cihazı yuvası ile sebzelik önü ek parçasının en yakın konumunun üstten görünüşü.	79
Şekil 4.30 : Su buharı cihazı yuvası ile sebzelik önü ek parçası arasında kalan mesafelerin üstten görünüşü.	79
Şekil 4.31 : Su buharı cihazı yuvası ile sebzelik önü ek parçası arasındaki düşey mesafelerin yan kesit görünüşü.	80
Şekil 4.32 : Sensör haznesi konumu izometrik kesit görünüş.	81
Şekil 4.33 : Sensör grubu temel parçaları.	81
Şekil 4.34 : Sensör haznesi kesit görünüşleri.	82
Şekil 4.35 : Sensör haznesi ile sebzelik örtüsü ve buzdolabı dış duvarı arasındaki mesafeler.	83
Şekil 4.36 : Prototip için su tankı ve askıların tasarımı.	84
Şekil 4.37 : Prototip su tankı.	85
Şekil 4.38 : Prototip su tankı askıları.	85
Şekil 4.39 : Haznenin buzdolabı kapı iç gövdesine montajı.	86
Şekil 4.40 : Prototip ünite kapağı.	86
Şekil 4.41 : Prototip huni.	87
Şekil 4.42 : Prototip huni sabitleme somunu.	88
Şekil 4.43 : Prototip su buharı cihazı.	88
Şekil 4.44 : Prototip ünite kapağının buzdolabı kapısına montaj edilmiş hali.	89
Şekil 4.45 : Prototip su tankı askılarının buzdolabı kapısı iç gövdesine montaj edilmiş hali.	89
Şekil 4.46 : Prototip su tankının ünite kapağına ve askılara montaj edilmiş hali.	90
Şekil 4.47 : Prototip sebzelik önü ek parçası.	90
Şekil 4.48 : Prototip supap gruplanmış hali.	91
Şekil 4.49 : Prototip su tankı ile supabın montaj edilmiş hali.	91
Şekil 4.50 : Prototip nemlendirme ünitesinin montaj edilmiş son hali.	92
Şekil 5.1 : Gıda testleri için kullanılan göbek marullar.	93
Şekil 5.2 : Marul testlerindeki su kaybı oranları.	94



BUZDOLABI SEBZELİKLERİNİ KONTROLLÜ NEMLENDİRME ÜNİTESİ TASARIMI

ÖZET

Günümüzde, farklı sektörlerdeki farklı teknolojilerin geliştirilmesi ile birlikte insan yaşamını kolaylaştıran makineler için gerçekleştirilen çalışmalarda hızla artmaktadır. Modern dünyada zamanın en değerli kaynak olması, en kısa zamanda en yüksek performansı veren makinelerin ortaya çıkartılması gerekliliğini göstermektedir. Özellikle, ev içi kullanımına uygun makinelerin performans, enerji tüketimi ve estetik gibi özellikleri, firmaların AR-GE birimlerinde en çok çalışılan konuları arasında yer almaktadır. Buzdolapları da son 100 yılda evrimleşen, farklı fonksiyonlar eklenmeye çalışılan ve aynı zamanda günümüzdeki dijitalleşme çağrılarına cevap vermeye çalışan dayanıklı ev makineleri arasındadır. Kullanımının yaygınlığı ve markaların ortaya çıkardığı rekabet göz önünde bulundurulduğunda, firmaların devamlılıklarını ve büyümelerini sağlamayı amaçlayan teknolojileri geliştirmesi gerektiği açıkça görülmektedir.

Arçelik A.Ş AR-GE birimlerinde, insan hayatını kolaylaştıran buzdolapları üzerine birçok araştırma yapılmaktadır. Rakip firmaların buzdolaplarına ekledikleri yeni özellikleri, başvuruda bulundukları patentleri ve yaptıkları teknoloji yatırımlarını sürekli olarak takip etmektedir. Bunun yanı sıra, mevcut ürün gamında bulunan buzdolaplarının problemlerini ve geliştirmeye müsait alanları üzerine yapılan araştırmalara da imkan yaratmaya çalışmaktadır. Tüketicilerin sahip oldukları problemleri belirlemek ve sahip olmayı isteyecekleri ürünleri keşfedebilmek adına kullanıcı araştırmaları, anketler ve birebir kullanıcı görüşmeleri yaparak birçok farklı koldan çalışmalar yürütmektedir. Bu çalışmalar nihayetinde belirlenen temel iç görüleri ise enerji tüketimi, performans ve fonksiyonellik gibi başlıklar altında sınıflandırmak mümkündür.

Temel görevi, dışarıdan alınan açık ve kapalı gıdaların taze ve sağlıklı bir şekilde saklanmasını sağlamak olan buzdolaplarının en kuvvetli iç görüşü daha gıdaların daha uzun sürelerde taze kalmasını sağlamak olacağını söylemek hatalı olmayacaktır. Rekabetteki ürünlerden farklılaşmak için taze tutma performansının yüksek olduğu dolapların tasarımı gerçekleştirmek gerekmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında da buzdolaplarının sebzelik bölmelerinin taze tutma performansının artırılmasını amaçlayan kontrollü nemlendirme ünitesi tasarımı üzerinde durulmuştur. Sebzelik içerisinde verilecek olan su buharı ile sebze ve meyvelerin daha az su kaybederek daha uzun süre taze saklanabileceği öngörülmüştür. Bunu gerçekleştirilmek için buzdolabı içerisinde bir alan yaratılarak nemlendirme ünitesi ve su haznesi yerleştirilmesi ve oluşturulan su buharının sebzeleşme verilmesi bu tez çalışmasının amacını oluşturmaktadır.

Çalışma süresince, buzdolaplarının tarihi gelişimi ve genel çalışma prensibi kapsamında yapısal parçalar ve sistem çalışması üzerine incelemeler yapılmıştır. Sebze ve meyvelerin hangi ortam koşullarında daha uzun süre taze kalacağı ile ilgili

literatür araştırması yapılmıştır. Aynı zamanda, patent araştırması yapılarak rekabette mevcut olan yapısal tasarımların incelemeleri de çalışmaya dahil edilmiştir.

Tasarım sınır koşullarının belirlenmesi için konstrüksiyon sistemi yaklaşımı kullanılarak problem tarifi yapılmıştır. Problemi çözecek tasarımları ortaya çıkarmanın başlangıç noktası olan istekler listesi oluşturularak gereksinimler belirlenmiştir. Bu gereksinimler soyutlanarak temel fonksiyon elde edilmiştir. Temel fonksiyonu yerine getirecek olan fonksiyon strüktürü üzerinde çalışılmış ve daha sonra alt fonksiyonlar belirlenerek detaylandırılmıştır. Fonksiyonlar karşılayacak olan farklı çözüm alternatifleri oluşturulmuş ve ortaya dört farklı alternatif tasarım çıkmıştır. Alternatifler, fonksiyonellik, uygulanabilirlik ve performans açılarından değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerde ihtiyaç duyulan öncül su buhar dağılım testleri ve sensör konumu belirleme testleri gerçekleştirilmiş ve değerlendirme sürecinde dahil edilmiştir. Alternatifler, farklı teknik uzmanlık alanlarına sahip kişilerden oluşan grup tarafından oylanmıştır. Gereksinimleri en yüksek oranda karşılayan tasarım seçilerek detay tasarımı yapılmıştır.

Tasarımın gerçekleştirilebilmesi için öncelikle buzdolabı kapı iç gövdesi üzerinde bir değişikliğe gidilmiş ve kapı rafı belli bir ölçüde yukarı taşınmıştır. Rafın altında meydana getirilen bu alanda su haznesi ve nemlendirme ünitesi konumlandırılmıştır. Raf üzerinde bulunan su doldurma aparatı sayesinde su haznesi kullanıcı tarafından kolaylıkla doldurulabilmektedir. Su haznesinin altında bulunan supap sayesinde içindeki su nemlendirme ünitesinde bulunan hortum yardımıyla su buharı oluşturma cihazına ulaştırılmaktadır. Ünite içinde bulunan elektronik devre tarafından kontrol edilen cihazın oluşturduğu su buharı sebzelik önündeki açıklıktan sebzelik iç ortamına verilmektedir. Buzdolabı iç gövdesinin yanında bulunan nem ve sıcaklık sensörü ile yukarıda bahsedilen elektronik devre haberleşebilmektedir. Bu sayede sebzelik iç ortamındaki sıcaklık ve nem seviyesi belirlenen seviyelerde kontrollü bir şekilde tutulabilmektedir. Ünite tasarım yapılırken montaj kurgusu da oluşturulmuş ve bu sıraya göre anlatılmıştır. Sistemin tasarım ve montaj hatalarının görülebilmesi ve gıda testlerinin yapılabilmesi için farklı eklemeli imalat yöntemleri ve malzemeler kullanılarak prototip imalatı yapılmıştır.

Çalışmanın sonuç kısmında, yaratılan faydanın gözlemlenebilmesi için gıda testleri yapılmıştır. Gıda testlerinde göbek marulların nemlendirme yapılan ve yapılmayan ortamlardaki ağırlık kayıpları ölçülmüştür. İki farklı test karşılaştırılmış ve ağırlık kaybı oranının iki kat azaldığı gözlemlenmiştir.

Değerlendirmeler kısmında, projenin devamında çalışabilecek konular aktarılmıştır. Ayrıca, nemlendirme ünitesinin tam performansını gözlemleyebilmek amacıyla farklı sebze ve meyveler üzerinde değişik senaryolarda deneylerin yapılabileceğinden bahsedilmiştir.

Sebzeğin nem seviyesinin optimal seviyelerde tutulmasını sağlayacak ve sebze ve meyvelerin tazeliklerini arttırmaya olanak tanıyan bu çalışmanın gelecek çalışmalara ilham olması amaçlanmıştır.

Bu çalışma, Arçelik A.Ş. Merkez AR-GE direktörlüğünde yürütülen bir projedir. Bu proje kapsamında buzdolabı incelemesi, katı modelleme, prototip imalatı ve gerçekleştirilen öncül testlerin tüm evrelerinde Arçelik A.Ş.'nin imkanlarından yararlanılmıştır.

CONTROLLED HUMIDIFYING UNIT DESIGN FOR REFRIGERATOR CRISPERS

SUMMARY

Today, with the development of different technologies in different sectors, studies for machines that facilitate human life are increasing rapidly. The fact that time is the most valuable resource in the modern world shows the necessity to reveal the machines that give the highest performance in the shortest time. In particular, the features such as performance, energy consumption and aesthetics of the machines suitable for domestic use are among the most studied subjects in the R&D departments of the companies. Refrigerators are among the durable home machines that have evolved over the past 100 years, being tried to add different functions and at the same time being tried to respond to today's digitalization calls. Considering the prevalence of use and the competition caused by brands, it is clear that companies should develop technologies aimed at ensuring their continuity and growth. Not only developing technological improvements but also attractive design are important to gain sustainable success for years.

In Arçelik Inc. R&D units, many researches are conducted on refrigerators that facilitate human life. It constantly monitors the new features that rival companies add to their refrigerators, the patents they apply for, and their technology investments. In addition, it tries to create opportunities for research on the problems and areas of development of refrigerators in the current product range. It conducts studies from many different branches by conducting user research, surveys and one-on-one user interviews to identify the problems that consumers have and discover the products they want to have. It is possible to classify the fundamental insights determined at the end of these studies under headings such as energy consumption, performance and functionality.

It would not be wrong to say that the strongest insight of the refrigerators will be to keep the food fresh for longer periods of time, the main task of which is to ensure that the indoor and outdoor foods are kept fresh and healthy. In order to differentiate from competitive products, it is necessary to design refrigerators with high fresh keeping performance.

Within the scope of this thesis, the design of the controlled humidification unit, which aims to increase the fresh keeping performance of the crispers of the refrigerators, is emphasized. With the water vapor to be given in the crisper, it is foreseen that the vegetables and fruits can be kept fresh for a longer period by preventing the vegetables losing their water inside. The purpose of this thesis is to create a space in the refrigerator compartment for placing the humidification unit and water reservoir and giving the created water vapor to the crisper. Additional benefit of the study can be

expressed as giving water vapor will provide evaporative cooling inside the crisper so that overall efficiency of the refrigerating system will improve.

During the study, within the scope of the historical development of the refrigerators and the general working principle examinations were made on structural parts and system operation. A literature search has been conducted on which ambient conditions for vegetables and fruits to stay fresh longer. At the same time, by investigating patent documents, examining the structural designs available in the competition were also included in the study. In order to determine the design boundary conditions, a problem description has been defined using the mechanical designing systematic approach. Requirements have been determined by creating a list of requests, which is the starting point of revealing designs to solve the problem. These requirements were abstracted and the basic function was obtained. The function structure that will perform the basic function has been studied and then sub-functions have been determined and detailed. Different solution alternatives were created to meet the functions and four different alternative designs emerged. Alternatives have been evaluated in terms of functionality, applicability and performance. The preliminary water vapor distribution tests and sensor location tests needed in the evaluations were carried out and included in the evaluation process. The alternatives were voted by a group of people with different technical specialties. Detailed design has been made by selecting the alternative that meets the highest requirements.

In order to realize the design, firstly a change was made on the door interior of the refrigerator and the door rack was moved up to a certain extent. In order to accomplish this revision, the hanging detail of the rack was transferred upward on the surface of interior body manufactured via thermoform technique. In this area formed under the rack, the water tank and humidification unit are located. Humidification unit has been assembled via two screw on the top, and two snap-fit structure on the bottom of the unit body. Thanks to the water filling apparatus on the rack, the water tank can be easily filled by the user without taking the water tank out from the refrigerator. Thanks to the valve located under the water reservoir, the water inside is delivered to the water vapor generating device with the help of a hose in the humidification unit. The water vapor formed by the device controlled by the electronic circuit inside the unit is given to the internal space of the crisper through the opening in front of the crisper. The electronic circuit mentioned above can communicate with the humidity and temperature sensor located next to the inner body of the refrigerator. In this way, the temperature and humidity level of the crisper interior can be kept in a controlled manner at determined levels. While the unit was being designed, assembly setup was created and explained in this order. In order to see the design and assembly errors of the system and to make food tests, prototypes were produced using different additive manufacturing methods and materials. After observing the working performance of the system, an software algorithm was created and embedded in order to accomplish the further vegetable tests.

In the conclusion part of the study, vegetable tests were carried out to observe the created benefit. In food tests, weight losses of belly lettuce were measured in environments with and without humidification. Two different tests were compared and it was observed that the weight loss rate decreased twice.

In the evaluations section, the topics that can be worked on in the continuation of the project are transferred. It is also mentioned that experiments can be carried out in

different scenarios on different vegetables and fruits in order to observe the full performance of the humidification unit.

This study, which will ensure that the humidity level of the vegetables is kept at an optimal level and allows to increase the freshness of vegetables and fruits, is intended to inspire future studies.

This study is a project carried out by the Arçelik Inc. Central R&D directorate. Within the scope of this project, the opportunities of Arçelik A.Ş. have been used in all phases such as refrigerator inspection, solid modeling, prototype manufacturing and prior experiments.





1. GİRİŞ

Sanayi devrimi ile ortaya çıkan elektrik motoru ile birlikte, insanoğlunun modern yaşamı büyük ölçüde değişmiştir. Bu değişimler içerisinde ortaya çıkan birçok ihtiyaç teknoloji sayesinde çözülmeye çalışılmıştır. İhtiyaçlardan ortaya çıkan çeşitli makineler sadece kümülatif olarak maddi imkânı olan kişilerden dışarıya taşarak bireysel olarak ev ortamına da girmiştir. Bu makineler arasında çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, buzdolabı, çeşitli küçük ev aletleri ve eğlence için tasarlanmış aletler bulunmaktadır.

Bu çalışmada, insan yaşamını kolaylaştıran makinelerden bir tanesi olan ev tipi buzdolaplarında, sebzelik çekmecesinde bulunan meyve ve sebzelerin tazeliklerinin daha uzun süre korunmasını sağlayan bir nemlendirme ünitesi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarım için gerekli olan kriterler deneysel olarak incelenmiştir.

Buzdolabı sebzeliklerine konulan sebze ve meyveler, buzdolabı iç ortamı ile dış ortamı arasındaki sıcaklık farkından dolayı hızlı bir şekilde nem kaybetmeye başlamaktadır. Aynı zamanda, dışarıdan sebzelik içerisine konulan sebze ve meyvelerin sıcaklıklarının buzdolabı içerisindeki ortama göre yüksek olmasından dolayı da nem kaybetme olayı gerçekleşmeye başlamaktadır. Mevcut durumda sebzelik çekmecesini üzerinde gerçekleşen bu nem kaybını azaltmaya yönelik bir uygulama bulunsaydı yeterli olmamaktadır. Evaporatif etkilere dolayısıyla sebzeliğe konulan her yeni gıdada nem kaybı yaşanmaktadır. Nem kaybı sonucunda sebze ve meyvelerin hücrelerinde muhafaza ettikleri belli bir miktardaki su sebzelik içerisindeki ortama geçmekte, böylelikle sebze ve meyvelerin hücre içi hidrolik basınçları düştüğünden dolayı büzüşme meydana gelmektedir. Büzüşen sebze ve meyveler ise kullanıcı tarafından tazeliklerini yitirdiklerine dair bir algıya sebep olmaktadır. Ortaya çıkan bu algının yanı sıra, sürekli nem kaybeden gıdalardaki su miktarı belli bir zaman sonra kritik bir seviyenin altına düşeceği için hücresel bozulmalar meydana gelmekte ve gıdada çürüme gerçekleşmektedir. Gıdanın çürümeye başlaması ise kullanım ömrünün azalması anlamına gelmekte ve fazladan atık oluşturmaktadır.

1.1 Literatür Araştırması

1.1.1 Sebze ve meyvelerin saklanma koşulları ile ilgili literatür araştırması

Buzdolaplarında saklanan gıdaların tazeliklerini korumaya etki eden birçok faktör bulunmaktadır. Bu etmenler arasında en fazla etkiye sahip olan iki parametre buzdolabı içindeki nem seviyesi ve sıcaklık dağılımıdır. Soğuk ortama giren sebze ve meyveler, yüzeydeki su buharı doyma basıncına ve havanın kısmi buhar basıncına bağlı olarak, terleme ve soluma yolu ile su kaybetmektedir. Ortamın sahip olduğu bağıl nem oranı sebzelerin daha fazla nem kaybetmesine sebep olacağı için uygun saklama koşullarına erişebilmek için ortamdaki bağıl nem miktarının çoğu sebze ve meyveler için genellikle %90-95 civarında olması gerekmektedir. Sebzelik içerisindeki sıcaklık buzdolabı içindeki ortam sıcaklığından 1-2 °C daha fazla olduğundan ve yüksek bağıl nem miktarından dolayı yoğuşma riski oluşmaktadır. Bu durum da saklanan sebze ve meyvelerin çürümelerine sebep olacaktır [1]. Ortamdaki nem miktarının sebze ve meyvelerin fiziksel özelliklerine olan etkilerini anlayabilmek adına literatürde yer alan teorik ve deneysel çalışmalar incelenmiştir.

Becker ve diğ., sebze ve meyveler üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında; sebze ve meyvelerin gizli ve hissedilir ısı kayıplarına ek olarak nem kayıplarını ve sıcaklık dağılımlarını incelemişlerdir. Sebze ve meyvelerin terleme ve solumalarından yol çıkarak gıdaların termofiziksel özelliklerini ve hava akış parametrelerini belirlemeye odaklanmışlardır. Bu çalışmadaki amaç; tasarımcılar ve buzdolabı üreticileri için geniş bir modelleme kabiliyeti kazandırmaktır. Yaptıkları çalışmalar sonucunda, sebze ve meyvelerin ısı kayıplarını ve sıcaklık dağılımlarını, aynı zamanda nem kayıplarını da tahmin eden bir algoritma geliştirmişlerdir [2].

Lee ve Kader gerçekleştirdikleri çalışmada; meyve ve sebzelerin raf ömürlerinin gıdanın ilk kalitesine, saklanma koşullarının sabitliğine ve dış etmenlere bağlı olduğunu göstermişlerdir. Meyve ve sebzelerin raf ömürlerinin ideal sıcaklıklarda ve bağıl nem seviyelerinde arttırılabileceğini belirtmişlerdir [3].

Dusida ve diğ., 2016'da gerçekleştirdikleri çalışmalarında; nemlendirmenin ve soğuk bir yüzeyin beyaz kuşkonmaz bitkisinin tazeliğine olan etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmaya göre; nem uygulamasının, hava ile kuşkonmazın yüzeyi arasındaki buhar basıncı farkını azalttığı için yüzeyden gerçekleşen nem kaybını azalttığı görülmüştür. Nem uygulamasının yanına ek olarak soğuk bir yüzey geldiğinde beyaz kuşkonmaz

bitkisinin nem kaybı ve kararma oranının azalmakta olduğu ve raf ömrünün 2 ile 3 gün arasında uzadığı gözlemlenmiştir [4].

Tim ve diğ. tarafından yapılan çalışmada; ultrasonik nemlendirme sisteminin etrafı sarılı olmayan meyve ve sebzeler üzerindeki etkileri incelenmiştir. 7 gün boyunca gerçekleştirdikleri deneylerinden sonra mantarların su kaybının normal koşullardan %50 daha az olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, nemlendirme uygulamasının sebze ve meyvelerin görüntüsel olarak bozulma oranını azalttığını görülmüştür [5].

Duong ve diğ. gerçekleştirdikleri çalışmada; iki farklı su buharı cihazının etkisini patlıcan, hardal bitkisi ve incir üzerinde, %95 nem oranında ve 7 °C sıcaklıkta, sırasıyla 10, 6 ve 8 gün boyunca gözlemlemiştir. Nano su buharı cihazından çıkan su taneciklerinin boyutu 100nm, ultrasonik su buharı cihazından çıkan su taneciklerinin boyutu 210nm olarak ölçülmüştür. Bu değerlere göre yapılan deneylerin sonucunda, nano su buharından çıkan su taneciklerinin boyutunun küçük olmasından dolayı gıdaların yüzeyinden kolaylıkla buharlaşabildiği, ultrasonik su buharı cihazının vermiş olduğu su tanecikleri boyutu buharlaşmak için büyük olduğundan yüzeyde ıslaklık yarattığı görülmüştür [6].

Soraya ve diğ. gerçekleştirdikleri çalışmada; nano su taneciği püskürten bir cihazdan çıkan su taneciklerinin saklanma ortamındaki dağılımının, ıspanakların solunumuna, kararlarına ve nem kaybına olan etkisini incelenmiştir. İncelemeler 6 gün boyunca %95 bağıl nem oranında ve 20 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. İncelemeler sonucunda, ıspanakların solunumunun ilk 3 gün boyunca azaldığı ve böylece nem kaybının azaldığı fakat daha sonrasında fark edilebilir bir fark olmadığı görülmüştür. Ortam sıcaklığının 20 °C olmasına rağmen gözlemlenen nem kaybındaki azalma, küçük tanecikli su buharı püskürtmenin ıspanakların nem kaybının önlemede direkt olarak suyla ıslatmaya göre avantajlı olduğu gösterilmiştir [7].

1.1.2 Buzdolabındaki nem durumu ile ilgili literatür araştırması

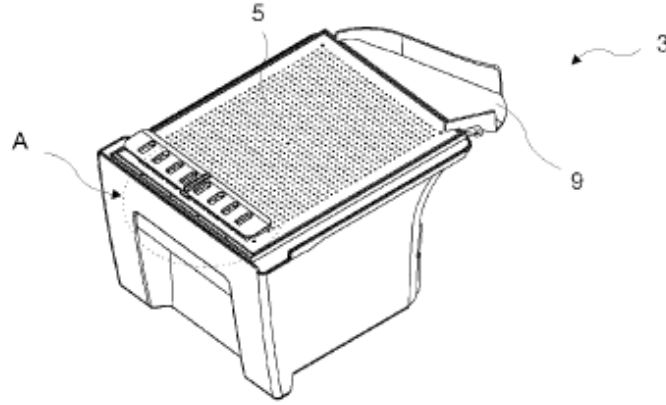
Temel çalışma konusu, buzdolapları sebzeliklerinde su buharı uygulaması ile sebze ve meyvelerin ömrünün uzatılması olması, beraberinde literatürdeki çeşitli uygulamaların incelenmesini gerektirmektedir. Su buharı uygulamasında müdahale edilebilecek parametreler debi, hız, su buharı tanecik boyutu, su buharı akış doğrultusu, uygulama süresi ve su buharının ortam içindeki dağılımı olarak söylenebilir. Bu sebeple, soğutulan kapalı bir hacimde veya buzdolabı sebzeliklerinde bu kontrolün daha

anamlı Şekilde yapılabilmesi için, buzdolabı kabini içindeki ortam koşullarının ve kapalı bir hacimde benzer nem uygulamalarının incelenmesi gerekmektedir. Ayrıca, sebzeliklerdeki gıdaların ömrünün ortam sıcaklığından ve bağıl neminden etkilenmesi, bu koŐullarla ilgili literatürdeki çalıŐmaların araştırılması gerekliliğini doğurmaktadır. Ek olarak, Arçelik AR-GE faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan sebzelik örtüsünün termofiziksel özelliklerinin açıklanması da gerekmektedir.

Stein ve diğ. gerçekleştirdikleri çalışmada; buzdolabı içerisindeki su buharı transferi incelenmiştir. Buzdolabı içindeki ıslanan bir yüzeyin, iç ortam nem seviyesine önemli ölçüde etki ettiği gözlemlenmiştir. Bunun en önemli sebeplerinden bir tanesi olarak ise sızdıran kapı contasının gıda ortamındaki buhar basıncı ile dış ortam buhar basıncı arasında yaratmış olduğu fark belirtilmiştir [8].

Serdar ve Yusuf, 2012’de buzdolabında aktif nem kontrolü üzerine gerçekleştirdikleri çalışmada, buzdolabı sebzeliklerinin iç ortama yerleŐtirdikleri sensörler yardımı ile nem ve sıcaklık seviyeleri incelenmiştir. Yüksüz durumda gerçekleştirilen deneyler rejime oturması için 2 gün, salatalık yüklü deneyler ise 3 gün boyunca devam ettirilmiŐtir. Sensörlerden alınan bağıl nem verisi analiz edilerek özgül nem miktarının bulunmasında kullanılmıştır. Salatalık yüklü deneylerinden elde ettikleri sonuçlarda, bağıl nem miktarının %90’ın üzerinde olduğu durumlarda bile sensörler üzerinde bir yoğuşmanın olmadığını gözlemlenmiştir [9].

WO2010/029041(A1) numaralı Arçelik A.Ő. firmasına ait patent dokümanında; sebzelik örtüsünün alt yüzeyinde oluşan yoğuşmanın, tanecikler halinde sebze ve meyvelerin üzerine düŐerek mrlarına negatif bir etki yarattığından bahsedilmiştir. Bu teknik problemi çözmek amacı ile sebzelik örtüsü aralarında bir hava boŐluęu olan iki yüzey olarak tasarlanmıştır. Arada kalan hava boŐluęuna, buzdolabı arka panelinden hava girişi, örtünün n kısmından ise bu havanın çıkıŐı sağlanmıştır. Ayrıca, oluşturulan bu yeni sebzelik örtüsünün alt yüzeyinde çok sayıda küçük boyutlu delikler bulunmaktadır. Bu deliklerden çıkan belli hacimdeki hava, sebzelik örtüsünün alt yüzeyini girdaplar oluşturarak taramakta ve bu sayede alt yüzeyde oluşan yoğuşma engellenmiş olmaktadır. Bahsedilen sebzelik rtüsü Şekil 1.1’de görülmektedir [10].



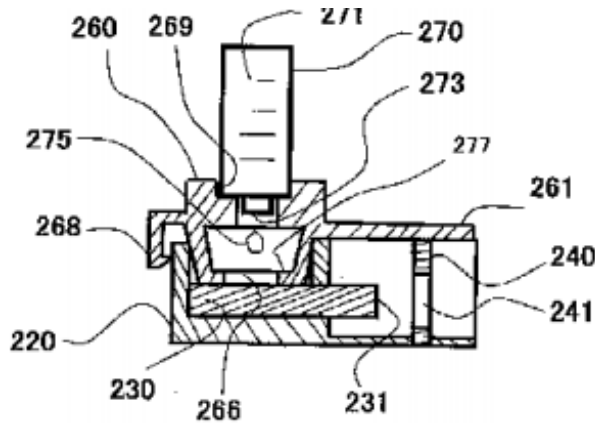
Şekil 1.1 : WO2010/029041 numaralı Arçelik A.Ş. firmasına ait patent görseli.

1.1.3 Patent araştırması

Çalışmanın bu bölümünde sebzeliklerdeki nem seviyesini düzenleyen sistemlerden bahsedilmiştir. Araştırma gerçekleştirilirken F25D IPC kodu ile anahtar kelimeler üzerinden ilerlenmiştir. Konu ile ilgili patent dokümanları aşağıda açıklanmıştır.

İlk olarak incelenen patent dokümanları arasında, buzdolabından farklı sistemlerde kullanılan ve eski yıllara ait patentler yer almaktadır.

EP2662639B1 numaralı MITSUBISHI firmasına ait patent dokümanında; buzdolabı ve klimalarda kullanılabilecek elektrostatik bir su buharı cihazından bahsedilmektedir (Şekil 1.2). Eşanjörde yoğunlaştırılan su kullanılarak buzdolabı iç ortamındaki nem seviyesi düzenlenmektedir [11].



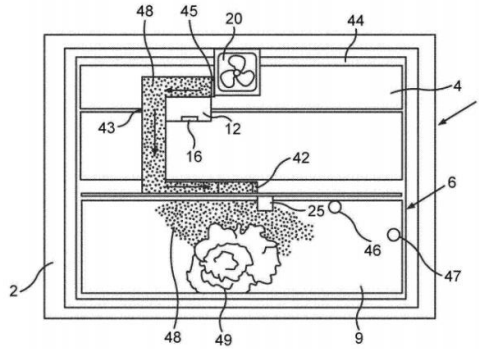
Şekil 1.2 : EP2662639B1 numaralı MITSUBISHI firmasına ait patent görseli.

KR910000134B1(D1) numaralı GOLD STAR firmasına ait patent dokümanında, bir sebzelik içerisinde nem seviyesini kontrol etmek için kullanılan bir nemlendirici cihaz içerisinde yer alan nem algılayan bir sensörden bahsedilmektedir [12].

US2199485D2 numaralı IND PATENTS firmasına ait patentte dokümanında; dondurucu veya soğutuculardaki bölmelerin iç ortamının su buharı püskürtme cihazları ile nemlendirilmesi anlatılmaktadır. Gerekli su, harici bir su tankından sağlanmaktadır. İstemler arasında soğuk su buharı uygulamasından bahsedilmektedir [13].

İkincil olarak incelenen patent dokümanları arasında, buzdolabı içerisinde kullanılan nemlendirme cihazları ile ilgili unsurların yer aldığı patentler yer almaktadır. Daha genel bilgilerin verildiği dokümanlar bu kısımda verilmiştir.

CN105408712B numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent dokümanında, Şekil 1.3'de görüldüğü gibi sebzelik hacminin üst bölgesinde sebze ve meyvelerin organizasyonunu engellemeyecek bir nemlendirme aygıtı yer almaktadır. Aygıt içerisinde, su buharı oluşturmayı sağlayan ultrasonik bir titreştirici parça bulunmaktadır. Ortamdaki bağıl nem seviyesini yükseltmek için kullanılan akışkan aerosoldür. Hazneden titreştirici parçaya iletilen aerosol daha sonra küçük tanecikler halinde, sebzelik içerisindeki ortama bir açıklıktan verilmektedir. Sebzelik içindeki nem seviyesi %85 bağıl nem ve %95 bağıl nem aralığında tutulmaktadır [14].



Şekil 1.3 : CN105408712B numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.

WO2015086433(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent dokümanında; Şekil 1.4'te görüleceği üzere sebzelik içerisine su buharı uygulamasını gerçekleştiren ve sebzelğin yan tarafında harici bir kompartıman yerleştirilmiştir. Bu kompartıman içerisinde nemlendirme fonksiyonunu yerine getiren bir titreştirici cihazın ve su haznesinin de içerisinde bulunduğu hacim yer almaktadır. Patent dokümanının istemlerine göre, su haznesi su ile doldurulabilmek amacı ile titreştirici cihaza göre bağıl olarak hareket edebilmektedir. Ayrıca, kompartıman şeklinde bahsedilen parça da sebzelğe göre bağıl olarak hareket edebilmektedir. Su buharının kompartımandan

sebzelik içerisine geçişi ise, sebzelik ile kompartıman arasında yer alan açıklıktan sağlanmaktadır [15].

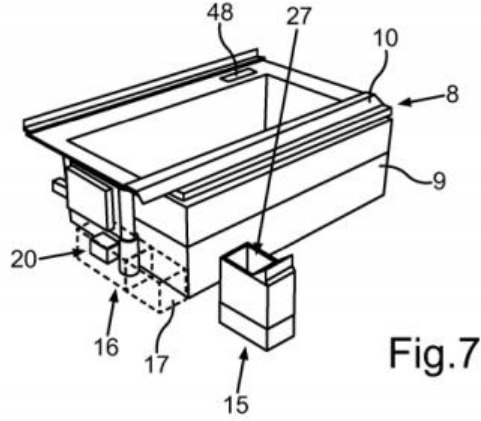


Fig.7

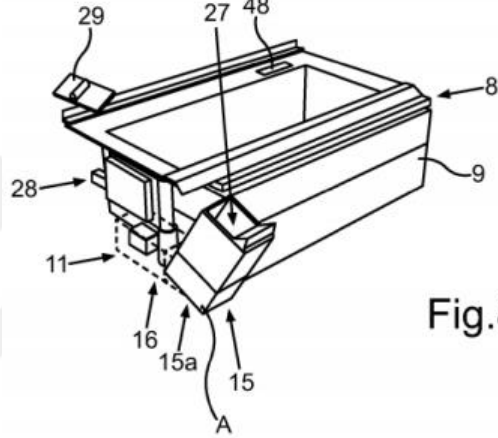
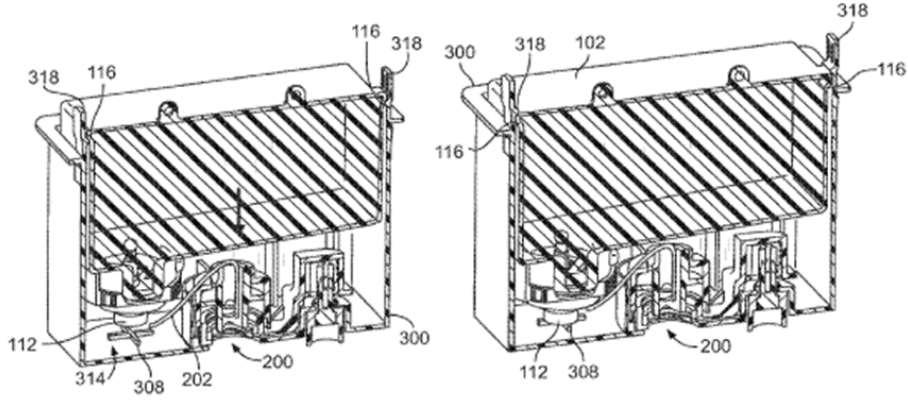


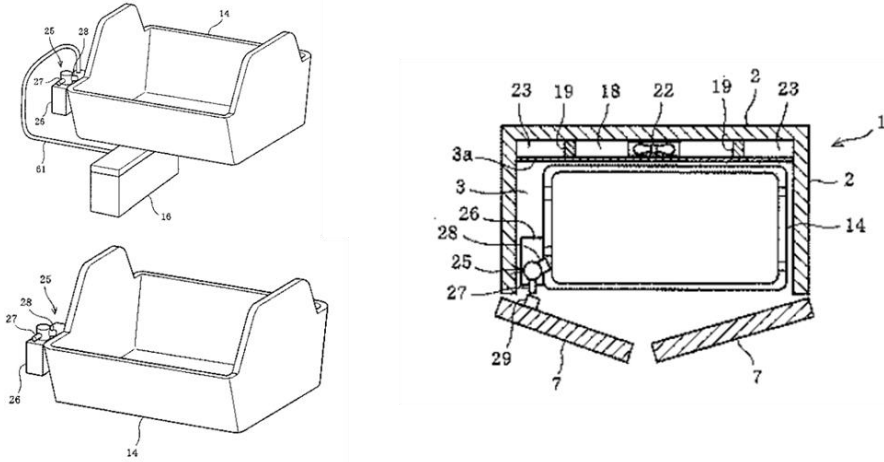
Fig.8

Şekil 1.4 : WO2015086433(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli. EP2372275(A2) numaralı WHIRPOOL firmasına ait patent dokümanında, buzdolabındaki sebzeliğin iç hacmindeki nem seviyesini gözlemlemeye ve gerektiğinde nem miktarını arttırmaya yönelik bir sistem ve metottan bahsedilmiştir. Kullanıcının çıkartıp su doldurabileceği bir su tankındaki su, ultrasonik bir titreştiriciye iletilerek nemlendirme işleminin tamamlanacağından söz edilmiştir. Kapalı çevrim çalışan uyarlanabilir kontrol sistemi ise iç ortamdaki nem seviyesini ölçerek gerektiğinde nemlendirme işlemine izin vermektedir. Nemlendirme sistemi Şekil 1.5'te görüleceği üzere iç içe geçmiş iki kompartıman arasındaki boşlukta yer almaktadır. Yukarıdaki kompartımandan ise su tankı olarak bahsedilmiştir. Dışta kalan büyük kompartıman ise buzdolabı iç gövdesine sabitlenmiş, sebzelik kullanıcı tarafından çıkartıldığında sabit bir şekilde yerinde kalmaktadır [16].



Şekil 1.5 : EP2372275(A2) numaralı WHIRPOOL firmasına ait patent dokümanındaki nemlendirme sistemi kesit görünüşü.

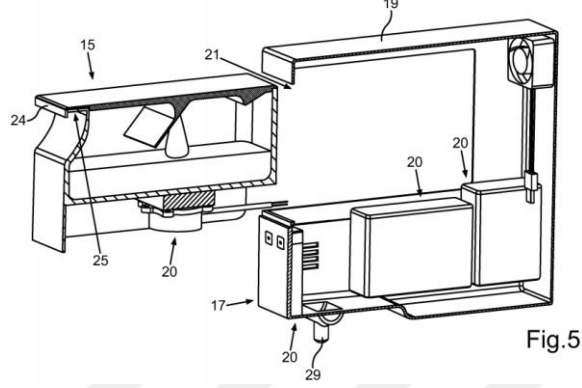
JP2009030866(A) numaralı TOSHIBA firmasına ait patent dokümanında; buzdolabı kapısı açıldıktan sonra sebzelik içerisinde azalan nem seviyesini arttırmaya yönelik tasarlanan bir nemlendirme sisteminden bahsedilmiştir. Şekil 1.6'te gösterilen nemlendirme sisteminde, buzdolabı kapısı kapandıktan sonra kapı üzerinde bulunan buton mekanik olarak aktif edilerek su buharı cihazını çalıştırmaktadır. Su buharı cihazı, sebzelğin yan tarafında bulunan hazneden suyu emerek sebzelik iç ortamına su buharı beslemesi yapmaktadır. Bu sayede kapı açıldığı zaman kaybedilen nem miktarı haznede bulunan su ile yeniden sağlanmaktadır [17].



Şekil 1.6 : JP2009030866(A) numaralı TOSHIBA firmasına ait patente ait görsel.

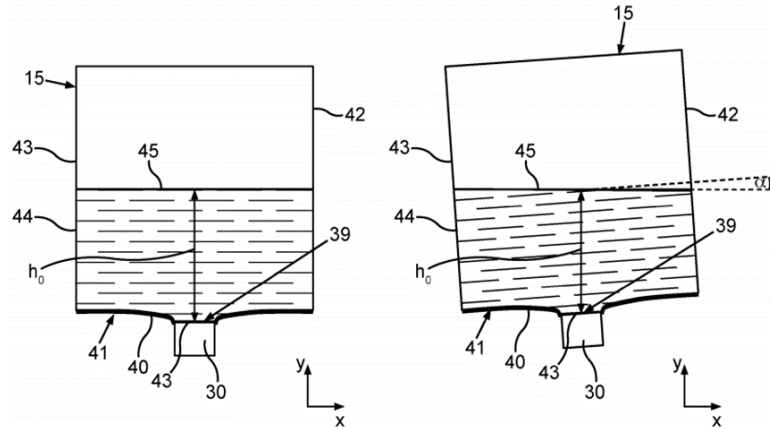
Üçüncül olarak incelenen patent dokümanları arasında, nemlendirme sistemi içerisinde yer alan unsurların detaylarını açıklayan patentler bulunmaktadır. Farklı problemlerin farklı yapısal çözümlerle aşılmasına eğilen dokümanlar bu kısımda verilmiştir.

DE102013225716(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent dokümanında, buzdolabında sebze ve meyvelerin depolanacağı bölüm ile nemlendirme sisteminin bulunduğu bölümün ayrı olduğundan bahsedilmektedir. Şekil 1.7’da gösterilen suyun depolandığı hazne ile nemlendirme sisteminin bir parçası olan titreştirici cihazın birbirine göre bağımsız bir şekilde hareket edebildiği ileri sürülmektedir [18].



Şekil 1.7 : DE102013225716(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.

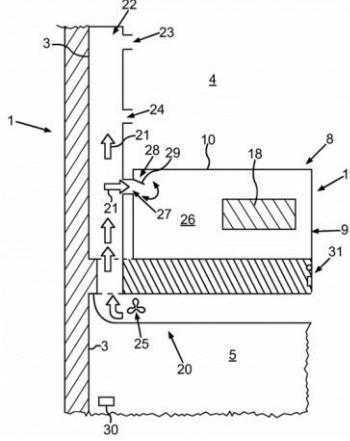
DE102015214210(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent dokümanında, nemlendirme sistemindeki titreştirici ve su buharı üretin cihazın su tankındaki konumu anlatılmaktadır. Şekil 1.8’deki yan ve ön görünüşte, cihaz su tankının tabanının simetri ekseninde konumlandırılmaktadır. İleri sürülen fayda ise, su seviyesindeki dalgalanmalarda bir değişiklik olmasına rağmen su seviyesi değişmeyeceğinden dolayı titreştirici cihazının çalışma performansının değişmeyecek olmasıdır [19].



Şekil 1.8 : DE102015214210(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent.

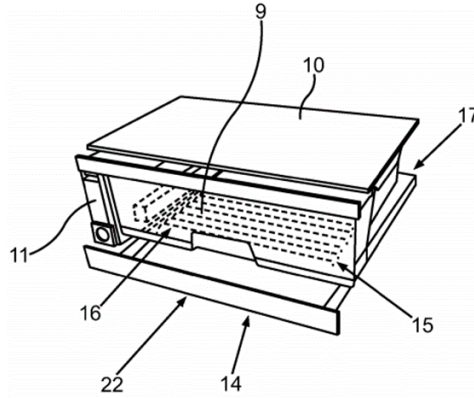
DE102016210705(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patentte, titreştirici cihaz ile üretilen su taneciklerinin sebzelik içerisine verilmesi hava üfleyen bir fan yardımı

ile gerçekleştirilmektedir. Şekil 1.9'da görüldüğü gibi bir kontrol ünitesi yardımı ile hava akışı sağlanarak evaporatif soğutma yapılmaktadır [20].



Şekil 1.9 : DE102016210705(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.

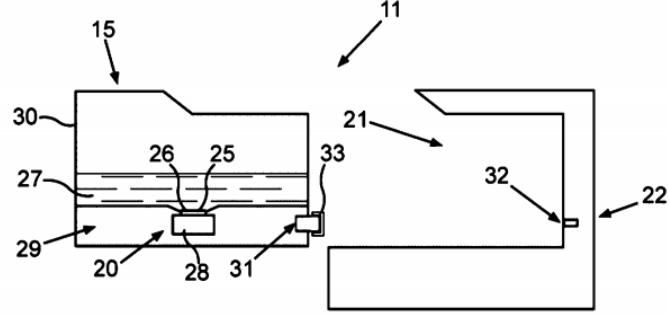
DE102014202122(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent dokümanında; sebzeliğin içerisine nem beslemesi yapıldıktan sonra ortamdaki fazla nem nedeni ile bir yoğuşma meydana geldiği belirtilmiştir. Yoğuşma sonucu biriken su bir çekmeceye toplanarak tahliye edilmektedir. Yoğuşan suyun toplanacağı çekmece ise Şekil 1.10'da görülebileceği üzere sebzeliğin altında yer almaktadır [21].



Şekil 1.10 : DE102014202122(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.

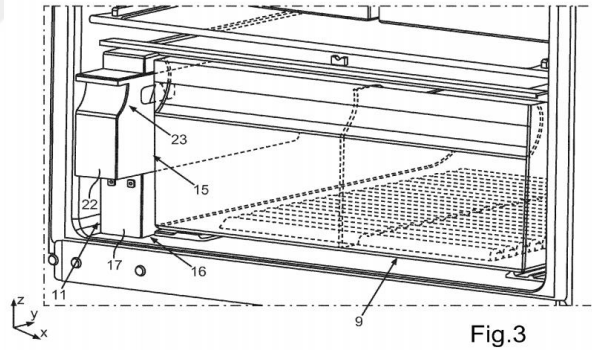
US8998177 B2 numaralı SUZHOU SAMSUNG ELECTRONICS firmasına ait patent dokümanında, çekmece tipindeki bir su haznesinin bulunduğu ve bu haznenin bulunduğu bölümde nemlendirmeyi sağlayan ultrasonik bir su buharı üretici elemanın bulunduğu söz edilmektedir. Bu su haznesinin ise gerektiğinde temizlik amacı ile yerinden sökülebileceği belirtilmiştir [22].

DE102015214208 (A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent dokümanında; Şekil 1.11'deki suyun depolandığı hazne ile nemlendirme ünitesinin birbirine göre bağıl olarak hareket edebildiğinden ve gerektiğinde su haznesinin nemlendirme ünitesinden su doldurmak amacı ile çıkartılabileceğinden bahsedilmiştir [23].



Şekil 1.11 : DE102015214208 (A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.

US2016313048(A1) numaralı BSH BOSCH firmasının ait patent dokümanında; Şekil 1.12'deki sebzelik çekmecesinin yan tarafında bulunan bir nemlendirme ünitesinden bahsedilmektedir. Bu nemlendirme ünitesinin üst sınırının sebzelik çekmecesinin üst sınırı ile aynı hizada olması gerektiği belirtilmektedir [24].

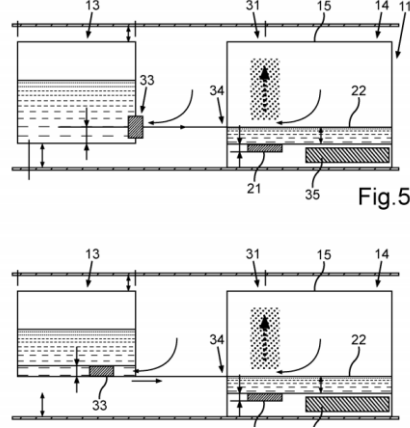


Şekil 1.12 : US2016313048(A1) numaralı BSH BOSCH firmasının ait patent görseli.

CN105980798(B) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent dokümanında, “U” şeklinde bir geometriye sahip bir yuvadan bahsedilmiştir. Bu “U” şeklindeki yuvada yere paralel uzanan iki adet koldan ve dikey bir yüzeyin varlığı anlatılmıştır. Son olarak bu “U” şeklindeki yuva yapısının sebzelik yanındaki bir kompartıman olarak bahsedilen bir hacim içerisinde yer aldığı belirtilmiştir [25].

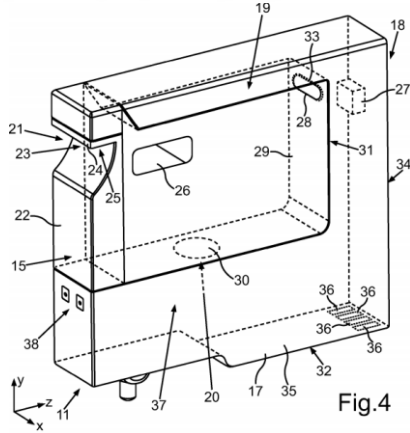
DE102013213208(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent dokümanında, nemlendirme ünitesinin bir parçası olan su tankının içerisinde, su buharı cihazına giden su azaldığında tekrar aynı su seviyesini sağlamaya çalışan bir kapağın varlığından

bahsedilmiştir. Şekil 1.13'te görüldüğü gibi su seviyesi düştüğünde kapak açılarak tekrar cihaza su ulaşması sağlanmaktadır [26].



Şekil 1.13 : DE102013213208(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.

DE102015214211(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent dokümanında, nemlendirme ünitesine oluşabilecek herhangi bir su sızıntısına karşı, sızan suyu tahliye etmeye yarayan en az bir adet açıklığın bulunduğu bahsedilmiştir. Şekil 1.14'te 36 numara ile gösterilen açıklık sayesinde nemlendirme ünitesi dibinde biriken su dışarı atılabilmektedir [27].



Şekil 1.14 : DE102015214211(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent görseli.

DE102015201404(A1) numaralı BSH BOSCH firmasına ait patent dokümanında; Şekil 1.15'te görünen su tankının iç hacmine fan yardımı ile basılacak havayı yönlendirmeye yarayan bir yön değiştirici perde yerleştirilmiştir. Bu eleman sayesinde suyun üst seviyesi ile yön değiştirici elemanın ucu arasındaki mesafe her su seviyesinde sabit kalabilmekte ve bu sayede hava akışı stabil olabilmektedir [28].

oranında elektrik akımı üretebilen ve aynı zamanda elektrik akımı uygulandığında kendi içerisinde titreşim yaratan malzemelerdir. Bu kısımda, su buharı elde etmekte kullanılan piezoelektrik elemanlar özelindeki çalışmalar anlatılmıştır.

Dobre ve Bolle (2001) gerçekleştirdikleri deneysel çalışmalarında, piezoelektrik disklere sahip bir su buharı cihazının oluşturduğu su taneciklerinin boyutunun hangi parametrelere bağlı olduğunu incelemişlerdir. Sistemlerinde kullandıkları piezoelektrik diskler, arka yüzeylerinde bir su filmi oluşturarak suyu küçük tanecikler halinde diskin diğer tarafından verecek şekilde çalışmaktadır (Şekil 1.19). Dobre ve Bolle, disk çapını ve uyguladıkları akımı değiştirerek oluşturdukları çeşitli varyasyonları deneyerek, cihazın üretmiş olduğu su buharı debisinin hangi parametrelerden etkilendiğini de araştırmışlardır. Buldukları sonuçlara göre ise piezoelektrik diskin çapı arttıkça su taneciklerinin boyutu da artmakta ve daha geniş bir şekilde püskürtme yapılabilir. Uygulanan akım arttırıldığında ise aynı şekilde su taneciklerinin boyutu büyümekte fakat püskürtme etkisi artmaktadır [32].



Şekil 1.19 : Suyu temas yüzeyinin diğer tarafından buharlaştıran piezoelektrik titreştirici cihaz.

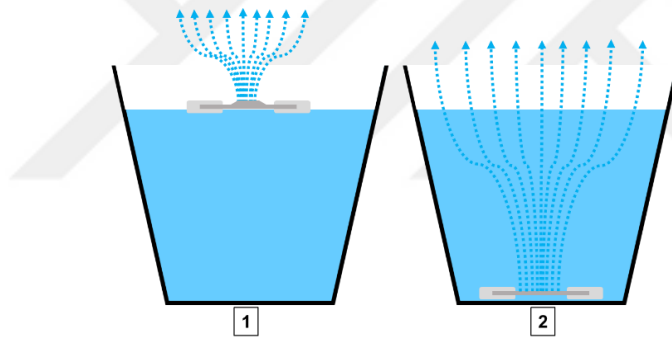
Kudo ve diğ., gerçekleştirdikleri çalışmalarında, 100nm'den daha küçük boyutta su taneciği (su buharı) oluşturan ultrasonik titreştirici bir cihazda tanecik boyutu ile frekans arasındaki ilişki incelenmiştir. Kullandıkları ultrasonik titreştiriciyi su haznesinin tabanına yerleştirerek farklı frekanslarda çalıştırmışlardır (Şekil 1.20). Gözlemlmelerini ise çok çeşitli boyutlarda ölçüm yapabilen bir spektrometre kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Buldukları sonuçlara göre titreştirici cihazdan ortaya çıkan su taneciklerinin boyutu frekansın artması ile azalmaktadır. Frekansın

değiştirilmesi ile su taneciği dağılımının kontrol edilebilmekte olduğu gösterilmiştir [33].



Şekil 1.20 : Suyu temas yüzeyinden buharlaştıran piezoelektrik titreştirici cihaz.

Şekil 1.21'de 1 numaralı su buharı cihazı, Şekil 1.19'da bahsedilen suyu temas yüzeyinin diğer tarafından buharlaştıran tipteki cihazın, 2 numaralı su buharı cihazı ise Şekil 1.20'de gösterilen suyu temas yüzeyinden buharlaştıran tipteki su buharı cihazının şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.21 : İki farklı tip su buharı üreten cihazın şematik gösterimi.

Çizelge 1.1 : Suyu temas yüzeyinin diğer tarafından buharlaştıran piezoelektrik titreştirici cihazın teknik özellikleri.

Boyutlar	Ø16 mm
Boyutlar (Önlükleri ile)	Ø20 mm
Voltaj	5-12V
Rezonans frekans	113 khz
Rezonans empedans	<2 ohm
Kaplin faktörü	> 52%
Statik kapasite	1700±5% pF
Atomizasyon miktarı	≥150cc/saat
Maksimum çalışma gerilimi	60V
Maksimum çalışma sıcaklığı	85 °C

Çizelge 1.2 : Suyu temas yüzeyinden buharlaştıran piezoelektrik titreştirici cihazın teknik özellikleri.

Boyut	Ø25x1,26 mm
Voltaj	24-48 V
Rezonans frekansı	1,65 MHz
Rezonans empedans	< 2 ohm
Statik kapasite	1800 ± 20% pF
Güç	25 W
Ömür	>5000 hrs
Atomizasyon miktarı	420 ± 70 mL/h
Max. çalışma gerilimi	80 V
Max. güç	8 W

Çizelge 1.1 ve Çizelge 1.2’de iki tip piezoelektrik titreştirici cihazın teknik özellikleri verilmiştir. Tablolardan anlaşılacağı üzere, 2. tip cihazın çalışma gerilimi 24 – 48 V arasında, 1. tip cihazın ise 5 – 12 V arasında değişmektedir. Aynı zamanda, 1. tip cihazın maksimum çapı 20 mm, 2. tip cihazın ise 25 mm olarak görülmektedir. Ek olarak, 2. tip cihazın Şekil 1.20’de görülen çalışma prensibine göre oluşturulan su buharının bir fan yardımı ile istenilen ortama yönlendirilmesi gerekmektedir. Bahsedilen sebeplerden dolayı, 1. tipin gereksinimlerinin azlığından dolayı bu tez çalışması kapsamında kullanımının uygun olacağı öngörülmüştür.

1.1.5 Nem ve sıcaklık sensörü ile ilgili literatür araştırması

Bu çalışma kapsamında sebzeliklerde aktif nem seviyesi kontrolü bakış açısı ile değerlendirildiğinde, nem ve sıcaklık sensörü özelliklerinin belirlenmesi ve piyasada mevcut durumdaki nem sensörlerinin karşılaştırılması önem kazanmaktadır. Bu amaçla, literatürde ve piyasada bulunan çalışmalar ve ürünler incelenmiştir.

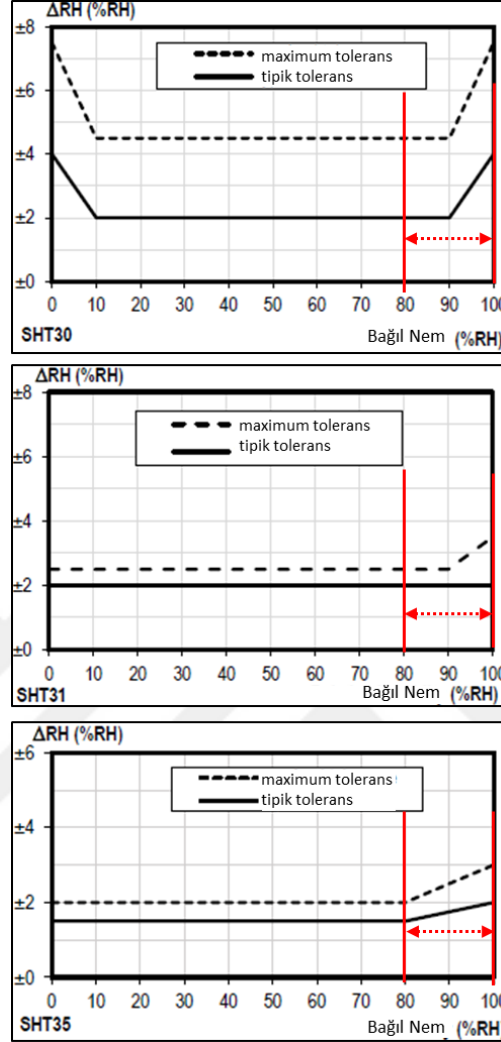
Yusuf ve Serdar, buzdolabında aktif nem kontrolünde kullanılacak sensör seçimi için bir fizibilite çalışması gerçekleştirmişlerdir. Aktif nem kontrolünde önemli özellikler; kararlılık, hata payı ve maliyet olarak belirtilmiştir. Sensörler, yıllar içerisinde kullanım sıklığına da bağlı olarak kalibrasyon eğrilerinde değişiklik gösterme eğiliminde olmaktadır. Nem ve sıcaklık sensörünün buzdolabı gibi uzun süreler kullanılacak bir üründe bulunacak olmasından dolayı kararlılık özelliği büyük önem kazanmaktadır. Bir sensör için yıla bağlı olarak yapılan ölçüm hatasının %1,5 bağlı nem/yıl civarında olduğu düşünüldüğünde, bir buzdolabı içerisinde kullanılan

sensörün 10 yıl sonunda yapacağı hata %15 civarında olacak şekilde değerlendirilebilir. Böyle bir hata %85-%100 gibi yüksek bağıl nem seviyelerinde daha büyük problem yaratacaktır. Bu nedenle, uzun yıllar sonunda hassasiyeti, yüksek nem seviyelerinde çok değişmeyen sensörün seçilmesi tercih edilmelidir [9].

Arçelik A.Ş. 'de kullanılan sensör markalarından bir tanesi olan Sensirion marka sensörlerin SHT30, SHT31 ve SHT35 modelleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Şekil 1.22'deki grafikte bu üç sensörün bağıl nem ölçümündeki toleransları görülmektedir. Grafikte, "tipik tolerans" terimi ortalama bağıl nem ölçüm hassasiyetini belirtmektedir. Buna göre, bu tez çalışmasında çalışılacak nem seviyesi aralığı olan %80 ile %99 bağıl nem aralıklarına bakılmıştır. SHT30 kodlu sensör modelinin tipik toleransı %90 bağıl nem seviyesine kadar %2 olarak seyretmektedir. %90 bağıl nem seviyesinden %99 bağıl nem seviyesine çıkana kadar ise bu değer %4'e yaklaşmaktadır. Bu sensör modelinin maksimum toleransı incelendiğinde ise, %90 ile %99 bağıl nem seviyesi arasında %4,5 tolerans değerinden %8 tolerans değerine yaklaşmaktadır. İkincil olarak, SHT31 kodlu sensör modeli incelendiğinde, tipik tolerans değerinin tüm bağıl nem seviyelerinde sabit ve %2 olduğu görülmektedir. Maksimum tolerans değeri ise, %90 bağıl nem seviyesinden %99 bağıl nem seviyesine yaklaşırken %2,5 değerinden %3,5 değerine artmaktadır. Son olarak, SHT35 kodlu sensör modeli incelendiğinde, %80 ile %99 bağıl nem seviyesi aralığında, tipik tolerans değerinin %1,5'tan %2'ye çıktığı görülmektedir. Aynı zamanda, maksimum tolerans değeri aynı aralıkta, %2'ten %3 değerine artış göstermektedir.

SHT30 kodlu sensör; %90 bağıl nem seviyesinden sonra tipik toleransının ve maksimum toleransının diğer modellere göre anlık olarak yüksek değerlere çıkmasının nemlendirme ünitesinde kullanılacak algoritmanın kararlılığını düşüreceği öngörülmüştür. SHT35 kodlu sensör; %80 bağıl nem seviyesinden %99 bağıl nem seviyesine çıkarken tipik ve maksimum tolerans değerleri artmaya başlamaktadır. Özellikle tipik tolerans değerinin artıyor olması, çalışacak olan algoritmanın kararlılığını düşüreceği öngörülmüştür. SHT31 kodlu sensör; %80 ile %99 bağıl nem seviyesi aralığında, tipik tolerans değerinde herhangi bir artış göstermemektedir. Maksimum tolerans değeri ise %90 bağıl nemden sonra %1 değerinde artmaktadır. Özellikle tipik tolerans değerinin tüm nem seviyelerinde sabit kalıyor olması, nemlendirme ünitesin kullanılacak algorithmada bir korelasyon sayısının belirlenerek

kalibrasyon yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu sebepten dolayı, SHT31 kodlu nem ve sıcaklık sensörünün bu tez çalışması için ihtiyaçları karşılayacağı öngörülmüştür.

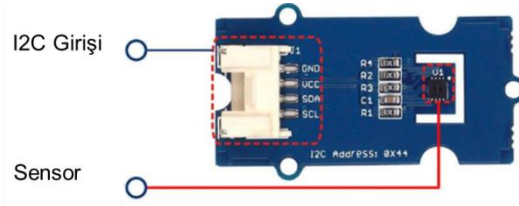


Şekil 1.22 : SHT3, SHT31 ve SHT35 sensörlerinin bağıl nem/hassasiyet grafikleri [34].

Şekil 1.23'te görülen SHT31 kodlu sensörün teknik özellikleri Çizelge 1.3'te sıralanmıştır.

Çizelge 1.3 : SHT31 nem ve sıcaklık sensörü teknik özellikleri.

Besleme Gerilimi	3.3 V ya da 5 V
Çalışma Akımı	100 μ A
Çalışma Sıcaklığı	-40–125 °C
Sıcaklık Sensör Ölçüm Aralığı	-40–125 °C, $\pm 0.3^\circ\text{C}$ hassasiyet
Nem Sensör Ölçüm Aralığı	0% - 100%(Bağıl Nem), $\pm 2\%$ hassasiyet
Sensör Çipi	SHT31
Haberleşme Protokolü	I2C
Ağırlık	9g
Ölçüler	40x20mm



Şekil 1.23 : SHT31 nem ve sıcaklık sensör ve elektronik devre kartı [35].

1.2 Tezin Amacı ve Kapsamı

Arçelik A.Ş. Merkez AR-GE’de yürütülen bu çalışma ile birlikte, sebzeliğin içerisine kontrollü bir şekilde soğuk su buharı takviyesi yapılarak, ortamdaki bağıl nem oranının mümkün olabildiği kadar yüksek tutulması ile sebze ve meyvelerin nem kaybetme hızlarının düşürülmesi amaçlanmaktadır. Bağıl nemi ölçen nem sensörü, ortam sıcaklığını ölçen sıcaklık sensör ile ortama soğuk su buharı uygulamasını gerçekleştiren piezoelektrik özelliğe sahip bir eleman ile sebzeliğin içerisindeki ortam anlık olarak dengede tutulmaya çalışılmaktadır. Sistemde bulunan elektronik devre ile bu süreç belli bir algoritma ile kontrol edilmektedir.

Sebzeliğin içerisine dışarıdan sebze ve meyve konulduğunda, sıcaklık ve nem sensörleri meydana gelen değişimleri algılayarak verileri elektronik devre üzerindeki mikro işlemci ile paylaşır ve mikro işlemci mevcut sıcaklıktaki ideal nem miktarını hesaplayarak piezoelektrik elemanına sinyal yollar. Bu sinyal sonucunda, piezoelektrik elemanın ne kadar süre aktif olarak çalışacağı belirlenmiş olur. Piezoelektrik eleman aktif olduğu süre boyunca soğuk su buharı vermeye devam eder. Sebzeliğin içerisindeki nem miktarı istenilen seviyeye ulaştığında ise mikro işlemci piezoelektrik elemanı pasif hale getirerek ortama verilen soğuk su buharını sınırlanmış olur.

Aynı senaryo kullanıcı sebzeliği her açtığında sıcaklık ve nem miktarı verilerinin değişimine göre kontrollü bir şekilde gerçekleşir. Böylelikle, sebzeliğin içerisinde ihtiyaç duyulan nem miktarı ihtiyacı dış ortamdan sağlanan su haznesi ile giderilmiş olur.

Yukarıda bahsedilen problemin çözümü için, kullanılacak olan parçalarının tamamının buzdolabı gövdesi içerisinde kalan hacimde bulunması gerekmektedir. Bu sebepten, buzdolabı içerisine entegre edilebilen bir nemlendirme ünitesi geliştirilmesi

gerekmektedir. Bu konseptin için tasarım kriterlerinden bir kısmı deneysel olarak belirlenmiştir. Kriter belirlemek için yapılan bu öncül çalışmalar; su buharının homojen dağılmasına ve kullanılacak nem sensörünün uygun konumunun belirlenmesine yönelik olmuştur. Bu kriterler yorumlanarak farklı konsept tasarımlar ortaya çıkarılmıştır.

Yapılan bu çalışmada öncelikle buzdolabının tarihsel gelişimi ele alınmış, buzdolabının genel yapısı ve bu tezde kullanılan parçaların açıklamaları ve mevcut sistemin çalışma prensibi incelenmiştir. Literatür araştırması kapsamında, buzdolabı iç ortama su buharı takviyesi yapılan diğer çalışmalar incelenmiş ve bu su buharı takviyesinin etkisi açıklanmıştır. Yine bu kapsamda, literatürdeki tanımlamalar ve çalışmalar incelenmiştir. Aynı zamanda, buzdolabı içerisine konulan su haznesi ve nemlendirme ünitesi ile ilgili benchmark ve patent araştırmaları bu çalışma kapsamında ele alınmıştır.

Geliştirilmeye aday olacak konseptin tasarım kriterlerinin belirlenmesi için buzdolabı iç gövdesindeki muhtemel konumlar incelenmiş ve çözüm alternatifleri oluşturulmuştur. Fayda değer analizine göre değerlendirilen alternatiflerden ihtiyacı en üst seviyede karşılayan çözüm detaylı bir şekilde tasarlanmıştır.

Tasarımı tamamlanan konseptin sızdırmazlık, su iletimi ve bağlantı detayları geniş bir şekilde anlatılmıştır. Tasarımı tamamlanan parçaların prototip imalatları gerçekleştirilerek sistemin testlere hazır hale gelmeleri sağlanmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise elde edilen sonuçlar değerlendirilerek gelecekte yapılması gereken çalışmalar ve öneriler sunulmuştur.



2. BUZDOLABININ TANITILMASI

2.1 Buzdolabı Tarihçesi

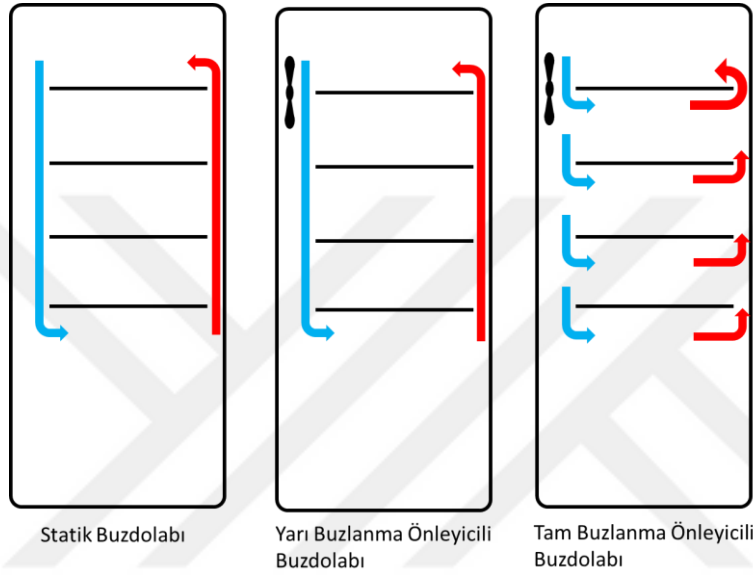
Günümüzde, neredeyse artık her evde bulunan buzdolabının tarihsel süreçteki gelişimine bakılacak olursa, ilk mekanik buzdolabının 18. YY sonlarında geliştirilmiş olduğu ve insan gücü ile çalıştığı görülecektir. İnsan gücü olmadan çalışabilen buzdolabı ise 19. YY ortalarında geliştirilmiş ve eter gazı ile çalıştırılmıştır. Daha sonra 19. YY sonlarına doğru ise elektrik enerjisi ile çalışabilen ilk buzdolabı ortaya çıkmıştır. Kompresör kullanılan bu buzdolabındaki kompresörün çalışması için kullanılan eter gazının patlayıcı olmasından dolayı tehlikeli görülmüş ve patlayıcı özelliği olmayan yeni bir gaz olan freon gazı kullanılmaya başlanmıştır. Bununla birlikte, 20. YY başlarında, emme prensibi ile çalışan otomatik buzdolabı üreten ilk fabrika kurulmuştur. Şekil 2.1’de buzdolabının tarihsel süreç içindeki gelişimi görülmektedir.



Şekil 2.1 : Buzdolaplarının tarihsel süreç içerisindeki gelişimi.

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte soğutma çevrimleri geliştirilmiş ve statik, yarı buzlanma önleyici ve tam buzlanma önleyici tipindeki buzdolapları ortaya çıkmıştır. Şekil 2.2’deki şekilde, statik buzdolaplarında doğal taşınım, yarı buzlanma önleyici olan tipte doğal taşınım ek olarak fanın eklenmesi ve tam buzlanma önleyici tipinde ise havanın ters yönde yönlendirilmesi ile daha verimli buzdolapların şematik gösterimi bulunmaktadır. Bunlara ek olarak çalışılan ileri teknoloji konuları; çeşitli sensör teknolojilerinin geliştirilmesi, buzdolabına koyulan gıdaların daha uzun süre tazeliklerini korumasını sağlamak, günlük yaşamda kullanılan makinelerin

fonksiyonlarının buzdolabına entegre edilmesi, kullanıcılar için buzdolabının ergonomisinin iyileştirilmesi, daha yüksek hacimde gıda depolanması, akıllı buzdolabı sistemleri vs. yer almaktadır. Bu teknolojiler arasında ışık teknolojisi ile gün içindeki güneş ışığı çevriminin taklit edilerek sebze ve meyvelerin tazeliklerinin korunması örnek olarak gösterilebilir. Başka bir örnek olarak, buzdolabı kapağında ek bir su haznesi oluşturularak kullanıcıların soğuk su içme ihtiyacını karşılamaları sağlanmıştır.



Şekil 2.2 : Günümüzdeki çalışma tipine göre buzdolapları.

2.2 Buzdolabının Çalışma Prensipleri

2.2.1 Buzdolabının yapısı

Buzdolabının yapısı düşünüldüğünde iki temel kısımda incelenebilir. Bunlardan bir tanesi, soğutma çevrimini gerçekleştiren mekanik elemanlar, diğeri ise buzdolabı içerisinde saklanacak gıdaların istifleneceği bölümlerdir. Bu elemanlar ve bölümler ayrı bir şekilde açıklanmıştır.

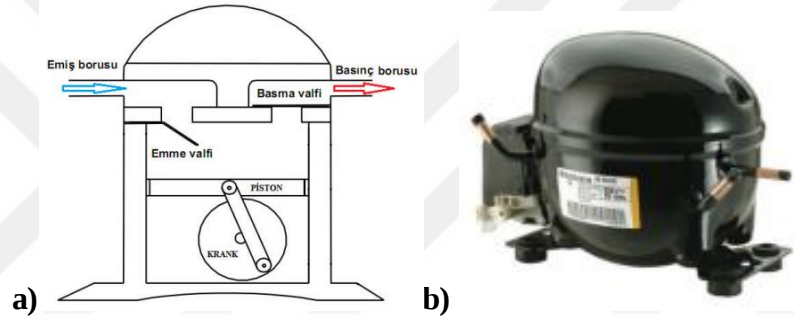
Soğutma çevrimini gerçekleştiren elemanlar;

1. Kompresör,
2. Kondenser (Yoğuşturucu),
3. Evaporatör (Buharlaştırıcı),
4. Genişleme Vanası,
5. Filtre,

6. Termostat,
7. Kılcal Borular,
8. Soğutucu Gaz,

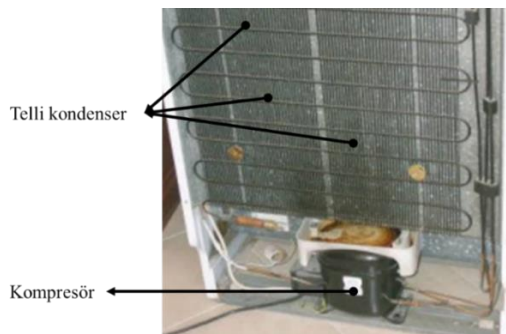
Yukarıda listesi verilen soğutma çevrimi elemanlarından kompresör, kondenser, evaporatör ve genişleme vanası temel dört bileşeni oluşturmaktadır. Geriye kalan elemanlar yardımcı elemanlar olarak düşünülebilir.

Şekil 2.3'te görülen kompresörler, farklı çalışma metotlarına sahip olsalar da yerine getirdikleri görev, buharlaştırıcıdan çıkan soğutucu gazın sıkıştırılmasıdır. Sıkıştırılan gaz daha sonra evaporatöre gönderilir. Evaporatöre gelen soğutucu gaz buharlaşarak ortamdan ısı çeker. Böylelikle, evaporatör soğutulmuş olur ve buharlaşan gaz daha sonra tekrar kompresöre geri gönderilir.



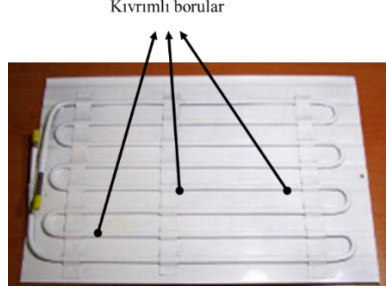
Şekil 2.3 : Buzdolabı Kompresörü: a) Pistonlu kompresör çalışma prensibi, b) Kompresör dış görünüşü [36].

Şekil 2.4'te görülen kondenserin (yoğusturucunun) görevi, sistemde dolaşan soğutucu gazın kompresörde kazandığı ısının sistemden geri alınmasını sağlamaktır. Böylelikle, soğutucu gaz hal değiştirerek sıvı hale geçer ve tekrardan basınçlandırılabilir ve tekrar genişletirilir. Genleşen gaz, tekrardan evaporatörden ısı alacak duruma gelmiş olur.



Şekil 2.4 : Buzdolaplarında kullanılan telli kondenser çeşidi [36].

Şekil 2.5'te görülen evaporatör (buharlaştırıcı), buzdolabı soğutma çevriminde sıvı haldeki soğutucu akışkanın buharlaştırıldığı ve bu esnada ortamda bulunan ısıyı aldığı elemandır. Yüzey alanını arttırmak amacıyla kıvrımlı borular kullanılmaktadır.



Şekil 2.5 : Buzdolabında kullanılan evaporatör paneli [36].

Şekil 2.6'da görülen genişleme valfleri, kondenserden çıkan yüksek basınçlı sıvı haldeki soğutucu akışkanın, buharlaştırıcı girişindeki basınca düşürmeyi sağlamaktadır. Genel olarak sınıflandırmak gerekirse, iki çeşit genişleme valfi bulunmaktadır: otomatik valfler ve termostatik valfler [37].



Şekil 2.6 : Genişleme valfleri [37].

Şekil 2.7'de görülen filtre, sistem içerisinde dolaşan soğutucu akışkanın toz ve küçük parçacıklardan arınmasını ve böylelikle soğutma çevriminin verimini arttırmayı sağlayan yardımcı elemanlardan bir tanesidir.



Şekil 2.7 : Buzdolabında kullanılan filtrenin montajlı hali [36].

Şekil 2.8'de görülen termostat, soğutucu akışkanın ve evaporatör gibi elemanların sıcaklığının belli değerler arasında sabit tutulması için kullanılan kontrol elemanıdır.

Termostatın yapısı, hassas uç, kapiler boru ve esnek bükümlü borudan meydana gelmektedir.



Şekil 2.8 : Buzdolabında kullanılan termostat örneği [36].

Şekil 2.9’da görülen, kılcal borular, kompresör pasif haldeyken yüksek basınçlı akışkanın düşük basınçlı bölüme geçmesini sağlar. Basınç ayarının yapılması ve hacim kontrolünde kullanılmaktadır.



Şekil 2.9 : Kılcal bakır boru [37].

Soğutucu akışkanlar, soğutma çevriminde ısı alışverişini gerçekleştirerek hal değişimine uğrayan ara elemandır. Sürekli hal değişimine uğramasından dolayı sahip olması gereken özellikler arasında; düşük donma sıcaklığı, düşük viskozite, pasif kimyasal özellik, insan sağlığına zararsız olması örnek olarak gösterilebilir. Buzdolaplarında yoğunlukla kullanılan soğutucu akışkan tipleri aşağıdaki gibidir:

- R-22
- R-134a (Şekil 2.10)
- R-717
- R-600A
- R-404A.

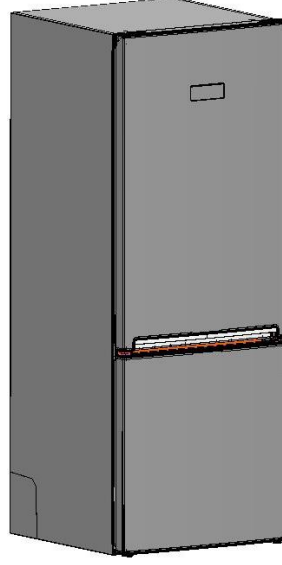


Şekil 2.10 : R-134a Soğutucu akışkan [38].

Buzdolabı içerisinde soğutma çevrimini meydana getiren elemanlar genellikle buzdolabı dış gövdesinin arka kısmında, kullanıcıların gözle göremeyeceği kısımda yer almaktadır.

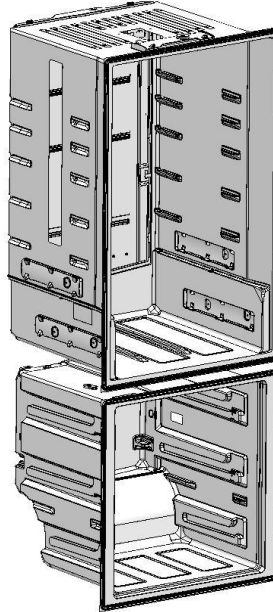
Soğutma sistemi elemanlarına ek olarak, buzdolabı içerisinde gıda istifinin yapılacağı bölümler de yer almaktadır. Bu bölümleri açıklamak için aşağıdaki sınıflandırma yapılabilir:

1. Dış gövde,
2. İç gövde,
3. Kapı,
4. Sebzelik,
5. Sebzelik örtüsü,
6. 0 derece bölmesi,
7. İç gövde rafları,
8. Kapı rafları,



Şekil 2.11 : Buzdolabı dış gövdesi.

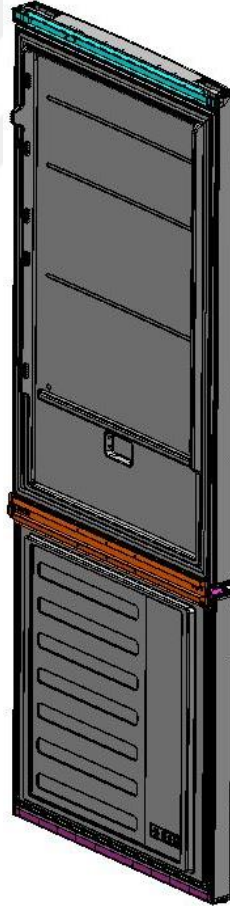
Şekil 2.11’de buzdolabının dış gövdesi görülmektedir. Dış gövde’de yer alan parçalar arasında; gövde yan sac panelleri, gövde üst sac paneli, gövde alt sac paneli ve gövdenin arka kısmında yer alan ver soğutma sistemin bir üyesi olan kondenseri gizleyen arka sac panel yer almaktadır. Bu parçalar çeşitli sac şekillendirme imalat yöntemlerine göre şekillendirildikten sonra birbirlerine vidalar ve perçinler yardımı ile tutturulur.



Şekil 2.12 : Buzdolabı iç gövdesi.

Şekil 2.12’de buzdolabı iç gövdesi görülmektedir. İç gövde, polipropilen malzemeden üretilmiş olan levhaların termoform imalat yöntemi ile şekillendirilmesi yoluyla

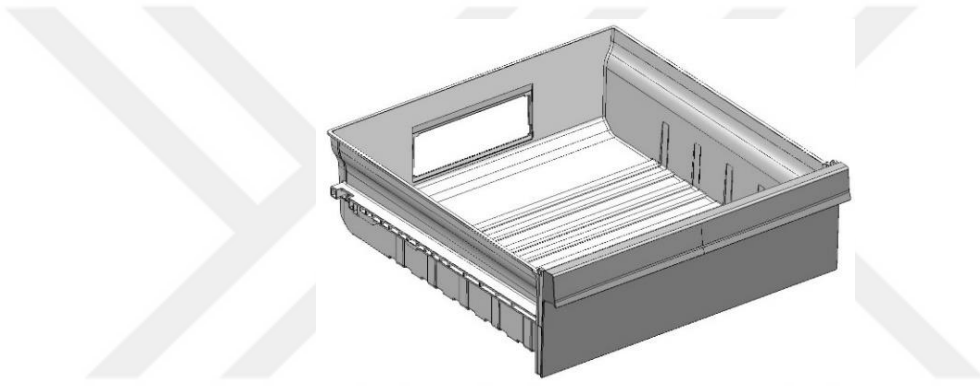
üretilmektedir. Bu yöntemde ısıtılmış levha, şekli verilecek kalıbın üzerine yerleştirildikten sonra vakum etkisiyle kalıbın içerisine doğru çekilir. Bu sayede levha, kalıbın içerisindeki geometriye sahip olmuş olur. Şekil 2.12’de görüleceği gibi iç gövde üzerin birçok girinti ve çıkıntılar mevcuttur. Bu girinti ve çıkıntılar üzerine, buzdolabı iç rafları, sebzelik, sebzelik örtüsü gibi birçok istifleme parçası yerleşmektedir. Aynı zamanda, buzdolabı iç gövdesi ile buzdolabı dış gövdesi arasında kalan hacimde, buzdolabı soğutma sistemine ait bazı parçalar yer alabilmektedir. İç gövdenin içerisinde yaratılan soğuk hacim, dışarıdaki sıcak ortam şartlarından etkilenmemesi amacı ile dış gövde ile iç gövde arasına düşük ısı iletim katsayısına sahip olan polikarbonat köpük malzemesi sıkılarak ısı yalıtımı sağlanır. Polikarbonat köpük malzemesinin bir diğer faydası ise dış gövde ile iç gövde arasında bir köprü görevi görerek, iki parçanın montajı yapıldıktan sonraki sistemin mukavemetini arttırmaktır.



Şekil 2.13 : Buzdolabı kapısı.

Şekil 2.13’te görülen buzdolabı kapısının görevi, kullanıcının buzdolabı iç ortamına koyduğu gıdalara ulaşımı zahmetsiz bir şekilde erişim sağlamasıdır. Buzdolabı

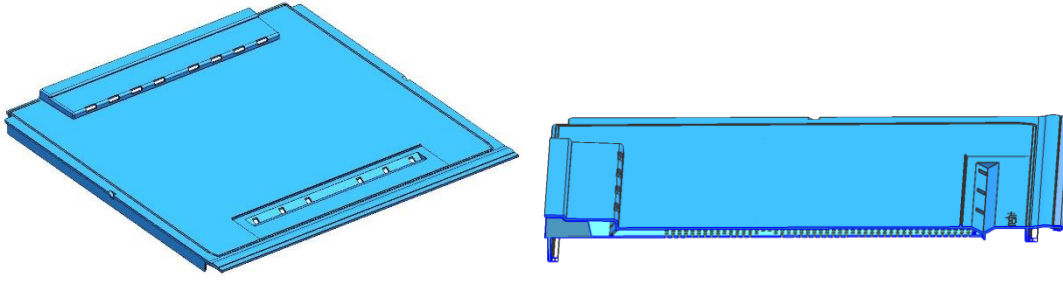
kapısının üzerinde, kapı dış gövde sac paneli, polipropilen malzemeden üretilmiş olan kapı iç gövdesi, mıknatıslanabilen kapı contası, kapı menteşesi yer almaktadır. Kapı iç gövdesi, buzdolabı iç gövdesinde olduğu gibi, termoform yöntemi ile polipropilen malzemeden ısı ve basınç kullanılarak imal edilmektedir. Kapı iç gövdesi üzerinde bulunan çıkıntılar, kapı üzerinde kullanılan raflar için askılık görevi görmektedir. Buzdolabı dış gövdesi ve buzdolabı iç gövdesinde olduğu gibi kapı dış gövdesi ile kapı iç gövdesi arasında kalan hacimde, çeşitli elektronik parçalar, elektrik hattı kabloları bulunabilmektedir. Aynı şekilde, bu iki gövde parçası arasında polikarbonat köpük uygulaması yapılarak ısı yalıtımı sağlanmaktadır. Kapı üzerinde bulunan mıknatıslanabilen körük conta, buzdolabı iç hacmi ile dış ortam arasındaki hava sızdırmazlığını sağlamaktadır.



Şekil 2.14 : Sebzelik.

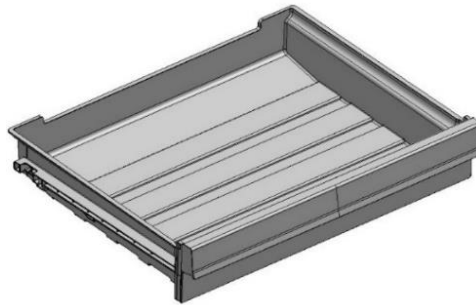
Şekil 2.14'te sebze ve meyvelerin saklandığı ve aynı zamanda bu çalışmanın ana konusunu oluşturacak olan sebzelik parçası görülmektedir. Sebzelik, polipropilen malzemeden enjeksiyon üretim yöntemi kullanılarak üretilir.

Sebzelik, buzdolabı iç gövdesinde oluşturulan soğuk ortamdan bir miktar daha yüksek sıcaklığa sahiptir. Bunun sebebi ise genel olarak sebze ve meyvelerin 4 °C'den daha yüksek sıcaklıklarda ömürlerinin daha fazla olmasıdır. Sebzelik içerisindeki hacim, Şekil 2.15'te görülen sebzelik örtüsü ile buzdolabının iç ortamından ayrılmaktadır. Sebzelikğin arka kısmında bulunan açıklık, buzdolabı iç gövdesinde yer alan mavi renkteki LED ışığın sebzelikğin hacmini aydınlatmasına olanak sağlamaktadır. Bu ışık sayesinde, hem sebzelik içerisine koyulan vitamin değerleri korunmakta hem de kullanıcının sebzelik iç ortamını görmesini sağlamaktadır. Sebzelik iç hacminde gerçekleştirilecek çeşitli uygulamalar ile burada bulunan gıdaların ömürlerinin uzatılması sağlanabilmektedir.



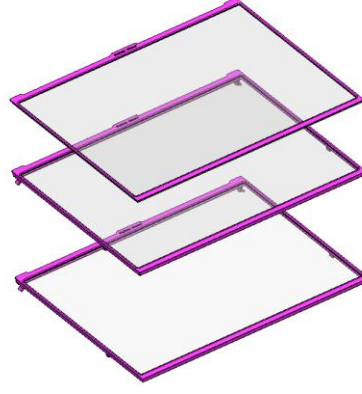
Şekil 2.15 : Sebzelik örtüsü izometrik ve kesit görünüşleri.

Şekil 2.15'te Arçelik K70560 model buzdolaplarında kullanılan sebzelik örtüsü görülmektedir. Sebzelik örtüsünün görevi, buzdolabı iç gövdesinin arka duvarından gelen yönlendirilmiş soğuk havanın kontrollü bir şekilde sebzelik iç hacmine verilmesini sağlamaktır. Sebzelik örtüsünün arka kısmındaki açıklıklardan verilen hava, belirli oranda bölünerek aşağı ve yukarı yönde hareket eder. Bu ayrılma neticesinde sebzelik içerisine verilen havanın debisi değiştiğinden dolayı, sebzelik iç ortamındaki nem ve sıcaklık kontrolü sağlanmış olur. Sebzelik örtüsünün arka kısmından ön kısmına doğru ilerleyen soğuk hava sebzelik örtüsünün ön tarafındaki deliklerden yukarıya doğru ilerler. Bu sayede sebzelik iç hacmindeki fazla nem ortamdan uzaklaştırılmış ve yoğunlaşma ihtimali azaltılmış olur. Sebzeliğin buzdolabı içerisindeki ortam şartlarından ayrışmasını sağlamak amacıyla, sebzelik örtüsünün ön ve arka kenarlarında hava sızdırmazlığını sağlayan iki adet conta bulunmaktadır.



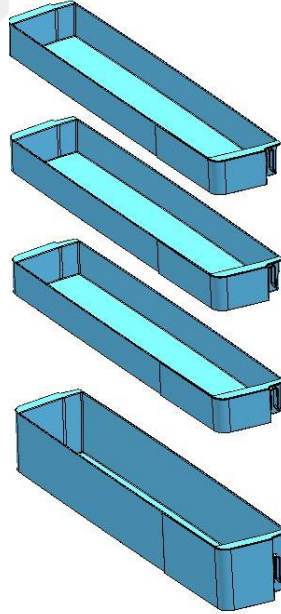
Şekil 2.16 : 0 derece bölmesi.

Şekil 2.16'da diğer bir ismi kahvaltılık bölmesi olan 0 derece bölmesi görülmektedir. 0 derece bölmesi, peynir, sucuk, salam, tereyağı gibi kahvaltılık ürünlerin dondurulmadan, 0 °C'ye en yakın sıcaklıklarda saklanarak tazeliklerinin en uzun sürede korumasını sağlamaktadır. Bunu sağlamak için buzdolabı iç gövdesinin arka panelin 0 derece bölmesinin iç ortamına optimize edilmiş bir hava akışı yönlendirilir. Bu sayede, kahvaltılık ürünlerin uzun süre saklanması mümkün kılınır [39].



Şekil 2.17 : Buzdolabı iç rafları.

Şekil 2.17’de buzdolabı içerisinde çeşitli gıdaların istiflenmesine yaraya raflar görülmektedir. Rafların ana maddesi camdır fakat cam plakanın etrafına plastik malzemeden koruyucu bir iskelet geçirilir. Bu koruyucu iskelet hem cam plakanın kenarlarından aşınmasını engeller hem de rafın buzdolabı iç gövdesinde yer alan taşıyıcı çıkıntılarının üzerine montajını kolaylaştıran yapısal tasarım parçalarını barındırır. Buzdolabı iç gövdesinde yer alan taşıyıcı çıkıntılar farklı yüksekliklerde olabildiği için, rafların kullanımı kullanıcının isteği doğrultusunda gerçekleştirilebilir.



Şekil 2.18 : Kapı rafları.

Şekil 2.18’de kapının iç gövdesine montajı değiştirilebilir bir şekilde yapılan raflar görülmektedir. Görselde görülen en alt kısımdaki rafa genellikle yüksekliği fazla olan şişeler konulmaktadır. Üstteki raflarda ise bir kısıt olmadan gıdalar

istiflenebilmektedir. En üst rafta ise genellikle yumurtalık parçası bulunmaktadır. Bu raflar, buzdolabı iç gövdesindeki taşıyıcı çıkıntılara geçirilerek montajı yapılır. Farklı yükseklik seviyelerinde olabilen bu çıkıntılar sayesinde rafların birbirine göre organizasyonu kullanıcının isteği doğrultusunda kolaylıkla gerçekleştirilebilir.

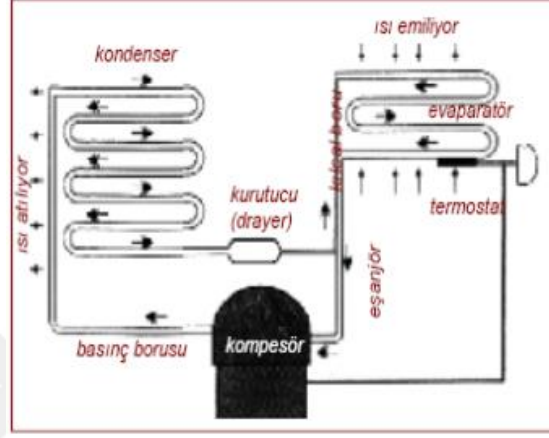
2.2.2 Buzdolabı çalışma prensibi

Ev tipi buzdolaplarının çoğunluğunda kullanılan soğutma yöntemi, buhar sıkıştırma lı soğutma çevrimidir. Bu soğutma çevriminde, buzdolabı içerisindeki soğutulacak olan hacimden, soğutucu akışkanın buharlaştırılması vasıtasıyla ısı çekilir. Tüm buzdolaplarının çalışma prensibi temelde tek kapılı buzdolapları ile aynı olsa da çift kapılı veya buzlanma önleyici tipi buzdolaplarında soğutma çevrimi biraz daha farklılaşabilmektedir.

Tek kapılı buzdolaplarındaki soğutma çevriminde, gaz halindeki soğutucu akışkan kompresör yardımıyla soğutucudan emildikten sonra kondensere basılır. Kondensere giren gaz halindeki soğutucu akışkanın sıcaklığı ve basıncı artar. Kondenserin içerisinde konveksiyon yolu ile ısı transferi gerçekleştirildikten sonra gaz halindeki akışkanın sıcaklığı düşer ve gaz halinden sıvı hale geçiş yapar. Sıvı hale geçen akışkan, sistemde bulunan filtre üzerinden geçerek içerisindeki nem, toz, asit ve benzeri yabancı maddelerden arındırılır. Temizlenen sıvı haldeki soğutucu akışkan kılcal borulardan geçerek sistemde bulunan evaporatöre ulaşır. Evaporatör içerisinde geniş bir hacme aniden giren akışkanın basıncı düşer. Basıncı düşürülen soğutucu akışkan içinde bulunduğu hacimden ısı çekerek sıvı halden gaz hale geçer. Evaporatörde buharlaşan soğutucu akışkan, kompresör yardımı ile emilir ve kondensere basılır. Böylelikle soğutma çevriminin ilk adımına geri dönmüş olur. Soğutma çevrimi kısaca özetlenirse; evaporatörden alınan ısı konsenser üzerinden dış ortama atılır. Buzdolabındaki evaporatörde soğuk havanın tabana çökmesi, tabandaki sıcak havanın yükselmesi ve evaporatör tarafından tekrardan soğutulması ile buzdolabı iç hacminin soğutulma işlemi gerçekleştirilmiş olur. Bu soğutma sisteminin gerçekleştirilmesi için sistemde bulunan elektriksel devrelerden faydalanılır. Kompresörün sahip olduğu elektrik devresine ek olarak kompresöre seri olarak bağlanan bir termostat ve ana devreye paralel bağlanmış olan buton ve lamba bulunur. Devreye eklenmiş olan röle, yardımcı sargıyı devreye sokar veya çıkarır. Kompresöre dâhil olan termik, röle ve motor sargılarını aşırı akımlara karşı korumaya alır. Buzdolabı içerisinde bulunan

termostat, buzdolabı iç hacminin istenilen sıcaklıkta ayarlanmasını sağlar. İç hacimde yer alan lamba butonu kapı kapandığında tetiklenerek aydınlatma ışığının kapanmasını sağlar. Kapı açıldığında ise ışığın verilmesine yarar. Bu sistem bazı buzdolaplarında, mıknatıslanmış kapı contası ile buzdolabı dış gövdesinde yer alan mıknatıs devresi vasıtası ile de gerçekleştirilebilir [40].

Kullanılan soğutma çevrimi Şekil 2.19'daki şemada anlatılmıştır.



Şekil 2.19 : Buzdolabı soğutma çevrimi [40].



3. TASARIM ALTERNATİFLERİNİN BELİRLENMESİ

3.1 Problemin Tariflenmesi ve İstekler Listesinin Oluşturulması

Çalışmanın başında bahsedilen sebze ve meyvelerin nem seviyelerinin korunmasına yönelik gerçekleştirilecek çözümlerin ortaya çıkartılabilmesi için öncelikle kesin bir şekilde problemin tarifinin yapılması gerekmektedir.

Konstrüksiyon sistematiğine uygun olarak çözüm listesinin oluşturulabilmesi amacıyla ödevin tanımı “buzdolabı sebzeliklerinde saklanan meyve ve sebzelerin tazeliklerinin su buharı uygulaması ile korunmasına yönelik kontrollü nemlendirme ünitesi tasarımı” şeklinde yapılmıştır.

Bahsedilen ödevi somutlaştırabilmek amacıyla dili net bir şekilde yazılmış istekler listesinin oluşturulmuştur. İstekler, ödevde istenen tasarımın tanımlanmasına çıktı sağlayacak niteliksel ve niceliksel büyüklükteki özelliklerdir. Belirlenmiş olan istekler listesi Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 : İstekler Listesi.

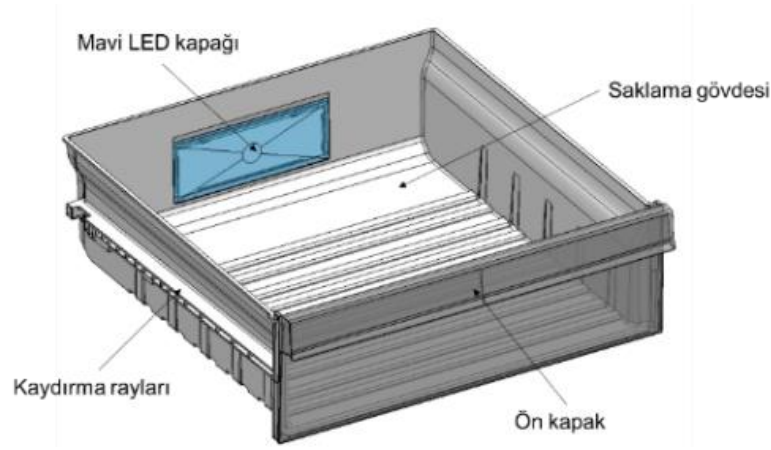
No	İstek Tipi	İstekler
1	K	Su buharının oluşturulması
2	K	Su buharının sebzelik içerisine verilmesi
3	K	Su buharı oluşturan sistemin buzdolabı iç hacminde yer alması
4	K	Su haznesi hacminin 1L ile 2L hacim aralığında olması
5	K	Su haznesinin kullanıcı tarafından çıkartılabilmesi
6	K	Su haznesin yerinden çıkartılmadan su koyulabilmesi
7	K	Su haznesi yerinden çıkartıldığında su kaçağının olmaması
8	K	Sebzelik içerisindeki nem seviyesinin ve sıcaklığın ölçülmesi
9	K	Sebzelik içerisindeki bağıl nem seviyesinin %90-99 arasında tutulması
10	K	Buzdolabı kapağı açıldığında su buharı verilmesinin kesilmesi
11	K	Normal sebzelik kullanımının engellenmemesi
12	K	Mevcut buzdolabı çalışma sisteminin engellenmemesi
13	K	Beko K70 buzdolabına uygulanabilmesi
14	K	Kullanılacak elektronik devrenin 12V ile çalışabilmesi
15	A	Servis ekibi tarafından kolayca müdahale edilebilir olması
16	A	Sebzelik tam yüklü halde iken ünitenin deforme olmaması
17	H	Sistemin kendi kendini temizleyebiliyor olması
K: Kesin İstekler		
A: Arzu Tipi İstekler		
H: Hedef İstekler		

3.2 Sebzelik

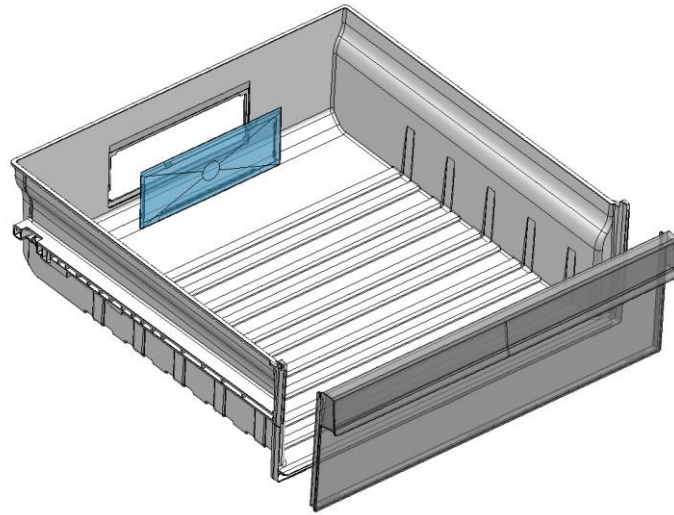
Buzdolabı içindeki saklama hacimlerinden bir tanesi olan sebzeliğin ana saklama bölümünü oluşturan gövde kısmı polipropilen malzemeden, ön kısmındaki tutama kolu ise poliüretan malzemeden imal edilmektedir. Saklama gövdesinde polipropilen malzeme kullanılmasının sebeplerinden bir tanesi büyük yüzey alanına sahip olması ve diğer alternatif malzemelere göre daha uygun fiyatlı olması olarak söylenebilir. Beyaz bir renge sahip olan saklama gövdesi akma mukavemeti düşük fakat yüksek tokluğa sahip bir yapısal tasarıma sahiptir. Toplam 63L hacme sahip olan sebzelik saklama gövdesi yüklenmiş durumda sınırlı mukavemet değerleri arasında şekil değişimine uğrayarak formunu korumaya devam eder. Saklama gövdesinin orta kısımlarında şekil mukavemeti sağlamak amacıyla enine formlar verilmiştir. Sebzelik saklama gövdesi üzerinde bulunan kaydırma rayları ile buzdolabı iç gövdesi içerisinde bulunan kanallar içerisinde hareket ederek hareketini lineer olarak sağlamaktadır.

Şekil 3.1’de görüleceği üzere ön tarafta bulunan kapak kullanıcıların sebzeliğin içerisinde bulunan gıdaları görebilmeleri amacıyla şeffaf, elleri ile tutarak kendilerine doğru çekebilmeleri amacı ile tutama yuvası olacak şekilde tasarlanmıştır. Şekil 3.2’de bu iki parçanın patlatılmış görüntüleri bulunmaktadır. Daha sonra bu iki parça çeşitli geçme tırnakları ile birbirlerine montaj edilmektedir. Bu montaj sırasında ise saklama gövdesinin esneklik özelliğinden yararlanılmaktadır.

Sebzeliğin arka duvarında yer alan boşluğa ise buzdolabı iç gövdesine bulunan ve kullanıcıların buzdolabı kapısını açtıklarında aktive olan bir LED ışık denk gelmektedir. Bu sayede kullanıcılar sebzelik içerisindeki gıdaları kolay bir şekilde görebilmekte ve sebze ve meyvelerin vitamin değerleri korunmaktadır. Şekil 3.2’de görüleceği üzere bu aralık ön taraftan monte edilen şeffaf mavi renkli bir kapak yardımı ile kapatılmaktadır ve tozdan ve kirden korunmaktadır.



Şekil 3.1 : Sebzelik kısımları.



Şekil 3.2 : Sebzelik patlatılmış görüntüsü.

3.3 Temel Fonksiyonun Soyutlanması ve Fonksiyon Strüktürü

Temel fonksiyonun ortaya çıkartılması için öncelikle istekler listesinin analizi gerçekleştirilecektir. İstekler listesinin analizi sonucunda soyut alt elemanlardan oluşan soyut bir üst sistem bulunacaktır. Bu sistemde bulunacak soyut alt elemanlar çözüm alternatiflerini sınırlandırmamalıdır.

Temel fonksiyonun soyutlanması aşamasında atılacak ilk adım, istekler listesinde bulunan arzu ve hedef tipi isteklerin tespit edilerek ihmal edilmesi olacaktır. Çünkü arzu ve hedef tipi istekler ödevin yerine getirilmesi ile doğrudan ilişkisi olmayan isteklerdir. Bu istekler atıldıktan sonra geriye kalan maddeler şu şekildedir:

- Su buharının oluşturulması

- Su buharının sebzelik içerisine verilmesi
- Su buharı oluşturan sistemin buzdolabı iç hacminde yer alması
- Su haznesi hacminin minimum 1L olması
- Su haznesinin kullanıcı tarafından çıkartılabilmesi
- Su haznesin yerinden çıkartılmadan su koyulabilmesi
- Su haznesi yerinden çıkartıldığında su kaçağının olmaması
- Sebzelik içerisindeki nem seviyesinin ve sıcaklığın ölçülmesi
- Sebzelik içerisindeki bağıl nem seviyesinin %85-99 arasında tutulması
- Buzdolabı kapağı açıldığında su buharı verilmesinin kesilmesi
- Normal sebzelik kullanımının engellenmemesi
- Mevcut buzdolabı çalışma sisteminin engellenmemesi
- Servis ekibi tarafından kolayca müdahale edilebilir olması
- Beko K70 buzdolabına uygulanabilmesi
- Kullanılacak elektronik devrenin 12V ile çalışabilmesi

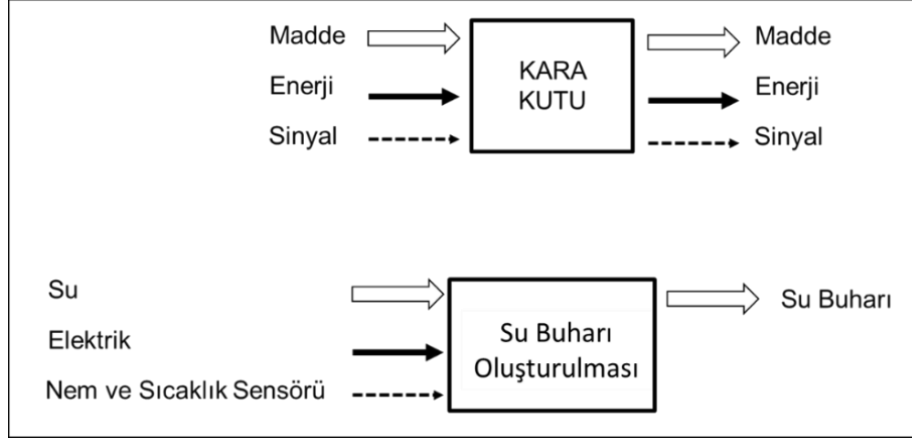
İkinci uygulanacak adım ise, nicel büyüklüklere sahip isteklerin niteliksel büyükler ile açıklanması olacaktır ve temel fonksiyon için vazgeçilebilir olanlar düşünülmeyecektir. Aşağıda temel fonksiyon için isteklerin en soyut hali sıralanmıştır:

- Su haznesinin yeterli hacimde olması
- Sebzelikteki bağıl nem seviyesinin belli aralıklar arasında sabit tutulması

Son olarak, temel fonksiyon aşağıda belirtildiği gibi:

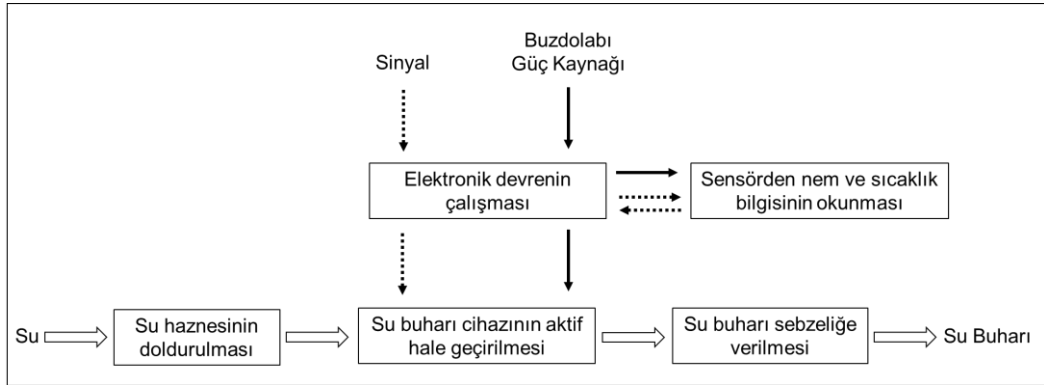
“Buzdolabı sebzeliklerinin iç ortamının su buharı uygulaması ile bağıl nem seviyelerinin belirli aralıklar arasında sabit tutulmasını sağlayacak ve mevcut buzdolabı kullanımını engellemeyecek nemlendirme ünitesinin tasarımı” ifade edilmiştir.

Şekil 3.3’te gösterilen fonksiyon strüktüründe, temel fonksiyon su buharının oluşturulmasıdır. Giriş büyüklükleri; madde girişi su olarak, enerji girişi elektrik enerjisi olarak, sinyal girişi ise nem ve sıcaklık sensöründen gelecek değerler olarak tanımlanmıştır. Çıkış büyüklüklerinde ise sadece su buharı bulunmaktadır.



Şekil 3.3 : Fonksiyon strüktürü.

Şekil 3.3'teki temel fonksiyonun gerçekleştirilebilmesi için alt fonksiyonların ayrılarak analiz edilmesi gerekmektedir. Bu ayrım yapılırken, ilk giriş büyüklüğü olan suyun su haznesine eklenmesi gerekmektedir. Daha sonra, haznedeki suyun, su buharı cihazına ulaştırılması ve cihazın aktif hale geçmesi gerekmektedir. Su buharı cihazının aktif olması, elektronik devrenin ileteceği enerjiye ve sinyale bağlıdır. Elektronik devrenin işleyeceği sinyal ise, nem ve sıcaklık sensöründen gelecek veriye bağlıdır. Elektronik devre ile sensör arasında geri bildirimli çalışma mantığı bulunmaktadır. Sensörden gelen veri, istenilen değerler arasında olduğunda elektronik devre su buharı cihazına frekans bilgisini ve enerjiyi paylaşarak cihazı aktive eder. Aktif hale geçen cihaz, haznedeki suyu su tanecikleri (su buharı) halinde sebzelik içerisine verir. Son olarak, çıkış büyüklüğü su buharı olmaktadır. Özetlenen fonksiyon strüktürünün alt fonksiyonlara kırılmış hali Şekil 3.4'te şematik halde verilmiştir.



Şekil 3.4 : Fonksiyon strüktürünün alt fonksiyonlara ayrılması.

Her bir alt fonksiyonu gerçekleştirebilecek çözümler Şekil 3.5'teki morfolojik çözüm matrisi içerisinde verilmiştir. Birbiri ile ilişkilendirilebilecek veya birlikte

kullanıldıklarında temel fonksiyonu karşılayabilecek kombinasyonlar belirlenecektir. Bu kombinasyonlarda 4 tane farklı alternatif teknik çözüm önerisi sunulacaktır.

Alternatif olarak önerilen çözüm kombinasyonları renklerle matris üzerinde belirtilmiştir.

- Alternatif I 
- Alternatif II 
- Alternatif III 
- Alternatif IV 

Alt Fonksiyonlar Çözümler	Su Haznesinin Konumlandırılması	Su Buharı Cihazının Konumlandırılması	Sensörün Konumlandırılması
1	Sebzelik örtüsü üzerinde	Sebzelik örtüsünde	Buzdolabı iç gövdesi arka duvarında
2	0 derece bölmesi yanında	Sebzelik arka duvarında	Buzdolabı iç gövdesi yan duvarında
3	Sebzelik yanında	Sebzelik ön duvarında	Sebzelik örtüsünde
4	Kapı rafı altında	Sebzelik yan duvarında	
5		Kapı rafı altında	

Şekil 3.5 : Çözüm Matrisi.

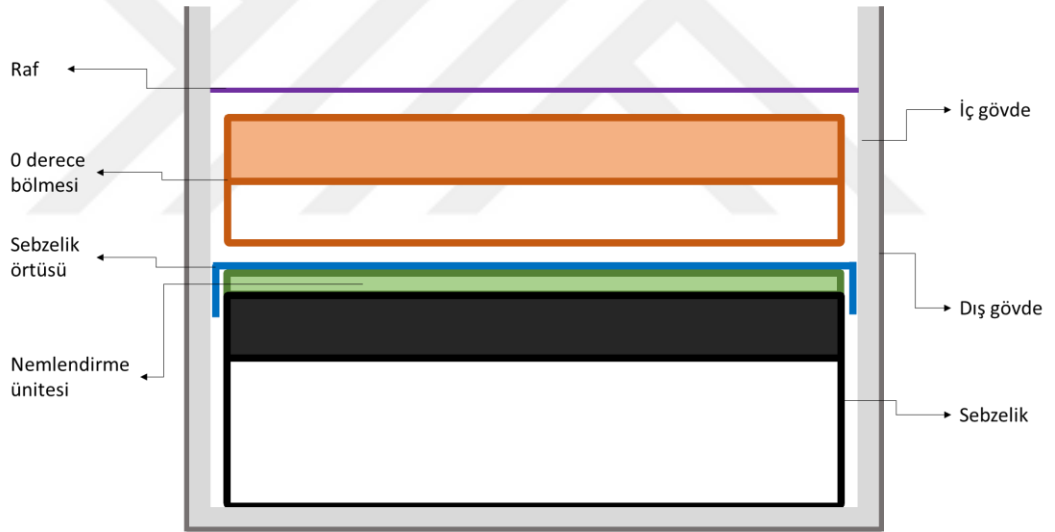
Şekil 3.5'teki çözüm matrisinde, su haznesinin konumlandırılabilceği ve sebzeliğe en yakın konumda olabilecek yerler belirlenmiştir. Bu yerler; sebzelik örtüsü üzeri, 0 derece bölmesi yanı, sebzelik yan tarafı ve kapı rafı altı olarak sıralanmıştır. Daha sonra, su buharı cihazının konumu için aynı şekilde sebzeliğe yakın olması kriteri düşünülerek alternatif bölgeler çıkarılmıştır. Bu bölgeler; sebzelik örtüsünün üzeri, sebzelik arka duvar, sebzelik ön duvarı, sebzelik yan duvarı ve kapı rafı altı olarak belirlenmiştir. Son olarak, sensörün konumu için üç adet konum düşünülmüştür.

Bunlar; buzdolabı iç gövdesi arka duvarı, buzdolabı iç gövdesi yan duvarı ve sebzelik örtüsüdür.

3.4 Alternatiflerin Tasarımı

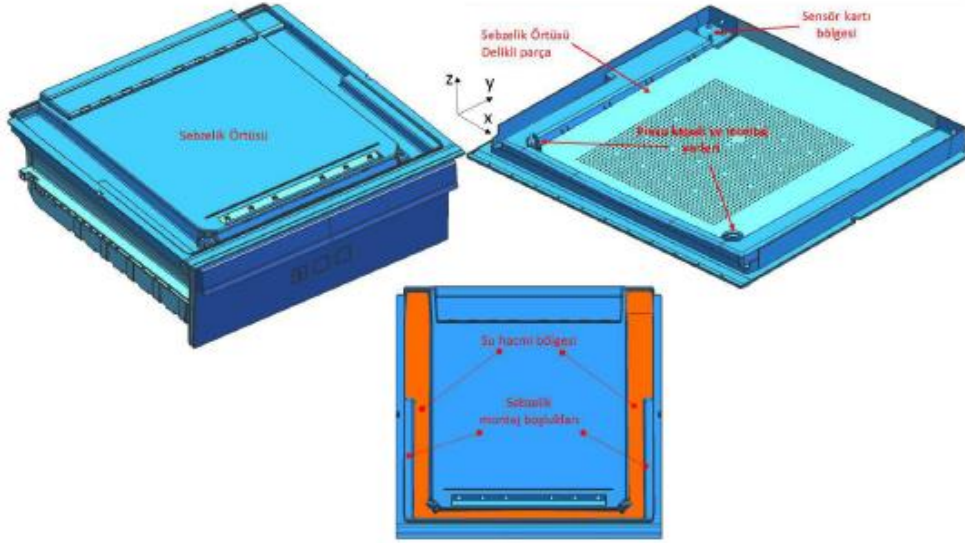
3.4.1 Alternatif I

Kontrollü nemlendirme ünitesi tasarımı için ilk olarak önerilen tasarım alternatifi sebzelik örtüsü üzerinde yer alan bir su tankı ve sistem elemanlarından meydana gelmektedir. Bu alternatifin ortaya çıkmasındaki temel fikir ise buzdolabı içerisindeki sebzelik ve diğer saklama hacimlerinin kısıtlanmadan entegre edilebilir olmasıdır. Bu sebeple en uygun konum olarak sebzelik üzerindeki örtünün belli bir bölümünü kullanmak olarak düşünülmüştür. Fikrin daha somut bir şekilde değerlendirilebilmesi için ilk önce karakalem el çizimleri gerçekleştirilmiş ve daha sonra Şekil 3.6'da görülen şematik bir görüntü bilgisayar ortamında oluşturulmuştur.



Şekil 3.6 : Alternatif I şematik ön kesit görünüşü.

Oluşturulan şema yorumlanarak geliştirilen ve üç boyutlu tasarımı gerçekleştirilen alternatif tasarım Şekil 3.7'de görülebilmektedir.



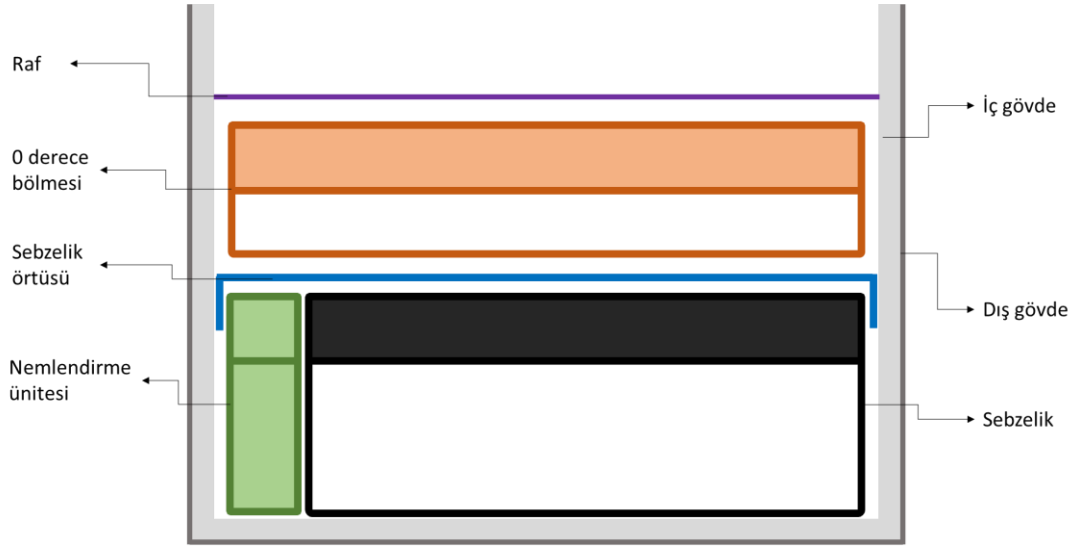
Şekil 3.7 : Alternatif I.

Sebzeliğin üst kısmında bulunan delikli parçanın yan tarafında bulunan deliksiz kısımda bir hacim oluşturularak kullanıcıların suyu doldurabilecekleri bir depo yaratılmıştır. Aynı şekilde sistemde bulunması gereken sensör ve elektronik devrelerin yer alabileceği bir boşluk da bırakılmıştır. Ön tarafta bulunan iki adet yapıya ise su buharı cihazı monte edilerek su buharının önden arkaya çaprazlama bir şekilde verilmesi sağlanmaktadır.

İlk olarak düşünülen durum, sebzeliğin üst kısmının buzdolabı iç gövdesine sabitlenmesi ve kullanıcıların sebzeliğin üst kısmına müdahale edememeleri üzerine olmuştur. Su deposunun üzerinde bir kapak bulunmakta ve gerektiğinde çıkartılıp su haznesinin içerisine ulaşabilmektedir. Bu işlemin gerçekleştirilebilmesi için sebzeliğin üst kısmında bulunan 0 derece bölmesinin yerinden çıkartılması gerekmektedir. Bu alternatif tasarımda, buzdolabındaki kullanılabilir saklama hacminde 2,5 litrelik bir kayıp söz konusudur.

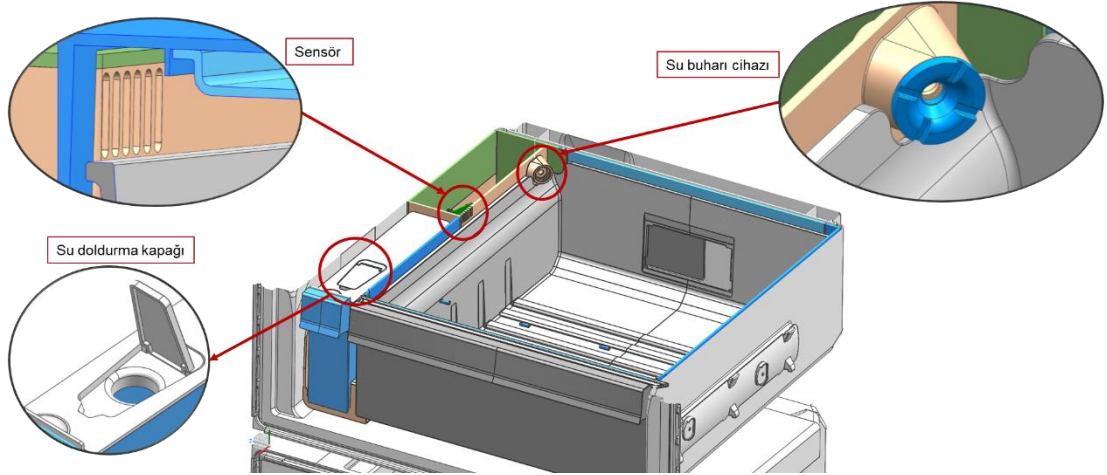
3.4.2 Alternatif II

Bu alternatifte sebzeliğin hacminin bir kısmı nemlendirme ünitesinin konumlandırılması için kullanılmıştır. Birinci alternatifte olduğu gibi Şekil 3.8’de görüleceği üzere ilk önce iki boyutlu bir şekilde fikir üzerinde çalışılarak şematik bir görüntü elde edilmiş ve bunun üzerinden yorumlanarak çeşitli iyileştirmeler yapılarak üç boyutlu ortamda modellenmiştir.



Şekil 3.8 : Alternatif II şematik ön kesit görünüşü.

Şekil 3.9'da önden bakıldığında sebzeliğin sol tarafında bulunan nemlendirme ünitesi, sabit bir ana gövdeye sahiptir ve buzdolabı iç gövdesine tırnak yapıları ve vidalarla tutturulmaktadır. Bu ana gövdenin arka tarafındaki hacminde elektronik devre, su buharı cihazı ve sensör yer almaktadır. Bu alternatifte su seviyesi su buharı cihazından daha alt seviyede kalacağı için bir su pompası ve hortum yapısı da aynı hacme gizlenmiştir. Kullanıcıların ulaşımının engellenmesi için ise üst tarafında vidalarla kapatılarak izole edilmiştir.



Şekil 3.9 : Alternatif II.

Ana gövdenin ön kısmında bulunan su haznesi ise sebzeliğe göre lineer bir hareket yaparak öne doğru çıkabilmektedir. Ayrıca su haznesinin üzerinde kullanıcıların hazneyi dışarı çıkartmalarına gerek kalmadan su doldurabilecekleri bir kapak

bulunmaktadır. Kullanıcıların su haznesini kolay bir şekilde çıkartabilmeleri için ön tarafında tutamaç yapısı sebzelikli ile aynı tutularak tasarlanmıştır.

Su haznesinin altında bulunan ray yapısı ana gövde üzerinde kayarak ilerleyebilmektedir. Arka kısımda bulunan tırnak yapıları ana gövdeye sabitlemeyi gerçekleştirmektedir. Kullanıcı istediği zaman hazneyi kendine doğru çekerek, çıkarabilmektedir.

Bu alternatifte nemlendirme ünitesinin sebzelikli yan kısmında bulunması, kullanılabilir dolap hacminin 7,15 litrelik kısmının kullanılamaması anlamına gelmektedir. Burada ortaya çıkan hacim kaybı, yarattığı dezavantaj açısından çalışmanın ileriki bölümlerinde değerlendirilmiştir.

3.4.3 Alternatif III

Üçüncü alternatif, sebzelikli hacminin azaltılmaması düşünülerek ortaya çıkartılmıştır. Sebzelikli göre daha az kullanım sıklığına sahip, süt ürünlerinin ve et ürünlerinin depolandığı 0 derece bölmesi yanında belli bir kısım nemlendirme ünitesi için ayrılmıştır. Önceki iki alternatif tasarımı olduğu gibi Şekil 3.10'da görülebilen iki boyutlu şematik çizimler üzerinden yorum yapılarak üç boyutlu ortamda ünitenin öncül modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Yapısal gereksinimler ve sistem gereksinimleri incelenerek modele eklenmiştir.



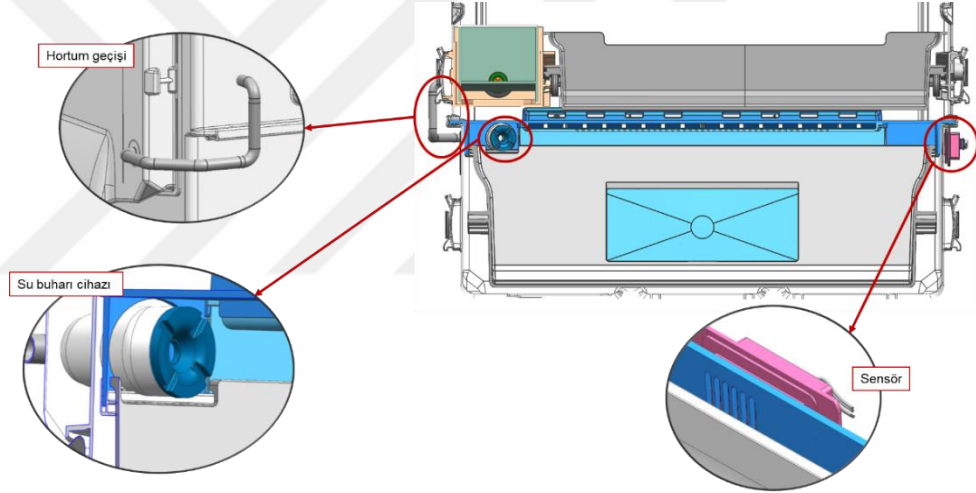
Şekil 3.10 : Alternatif III şematik ön kesit görünüşü.

İkinci alternatifte olduğu gibi nemlendirme ünitesi ana gövdeye sahiptir ve buzdolabı iç gövdesine tırnak ve vidalarla sabitlenebilmektedir. Ana gövdenin arka kısmında ise elektronik devrenin yer aldığı bir bölüm bulunmaktadır. Bu bölümün üst kısmı

vidalanarak bir kapak yardımıyla izole edilmiş ve kullanıcıların müdahale etmeleri engellenmiştir.

Ana gövdenin arkasından çıkan hortum ise buzdolabı iç gövdesinin arka duvarından geçerek, yine buzdolabı iç gövdesinin arka duvarına sabitlenmiş olan su buharı cihazına bağlanır. Bu sayede su haznesinden su buharı cihazına su ulaştırılmış olunur (Şekil 3.11).

Ana gövdenin ön kısmında bulunan su haznesi ise sebzeliğe göre lineer bir hareket yaparak öne doğru çıkabilmektedir. Ayrıca su haznesinin üzerinde kullanıcıların hazneyi dışarı çıkartmalarına gerek kalmadan su doldurabilecekleri bir kapak bulunmaktadır. Kullanıcıların su haznesini kolay bir şekilde çıkartabilmeleri için ön tarafında tutamaç yapısı 0 derece bölmesindeki ile aynı tutularak tasarlanmıştır (Şekil 3.11).



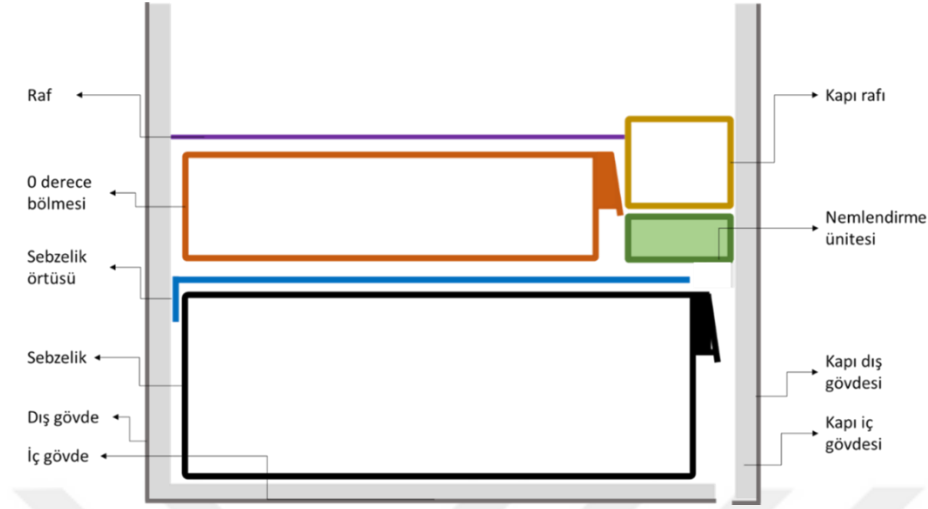
Şekil 3.11 : Alternatif III.

Bu alternatifte nemlendirme ünitesinin 0 derece bölmesinin yan kısmında bulunması, kullanılabilir dolap hacminin 3,5 litrelik kısmının kullanılamaması anlamına gelmektedir. Burada ortaya çıkan hacim kaybı, yarattığı dezavantaj açısından çalışmanın ileriki bölümlerinde değerlendirilmiştir.

3.4.4 Alternatif IV

Son alternatif diğerlerinden farklı olarak buzdolabı gövdesinde değil kapıda, rafın alt kısmında yer almaktadır. Bu sayede 0 derece bölmesi ile kapı rafı arasındaki hacmin değerlendirilebileceği düşünülmüştür. Diğer üç alternatifte olduğu gibi Şekil 3.12’de

görülebileceği üzere iki boyutlu olarak şeması çıkartılan fikir daha sonra geliştirilerek üç boyutlu ortamda modellenmiştir.

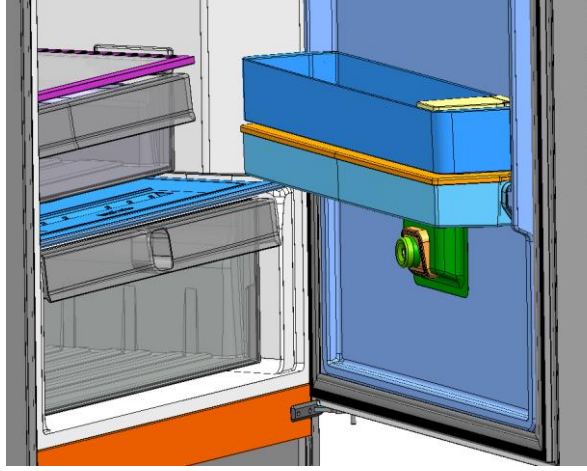


Şekil 3.12 : Alternatif IV şematik yan kesit görünüşü.

Şekil 3.13'teki görselde gözüken su deposu kapı rafının hemen altında konumlandırılmış ve kapı iç gövdesi üzerine monte edilmiştir. Raf yerinden çıkartıldıktan sonra su haznesi kullanıcı tarafından çekilerek çıkabilmektedir. Bu sayede belli periyotlarla temizleme işlemi gerçekleştirilebilmektedir.

Kapı iç gövdesi üzerinde açılan bir boşluğa yerleştirilen bir sistem içerisinde silikon su hortumu, su buharı cihazı ve elektronik devre yer almaktadır. Tırnak yapısı ve vidalar yardımı ile iç gövdeye monte edilen nemlendirme sistemi, kullanıcının erişimine izin vermemektedir.

Su buharı cihazı ise nemlendirme sistemindeki parçaya tırnaklar yardımı ile geçirilir ve daha sonra hortum ile hazneye bağlantısı yapılır. Daha sonra cihaz, buzdolabı kapısı kapatıldığında sebzeliğin ön kapağında bulunan bir açıklıktan sebzeliğin iç hacmine ulaşarak su buharı uygulaması gerçekleştirilebilmektedir. Kapı rafının üzerinde bulunan su doldurma haznesi, kapağı açıldıktan sonra kullanıcı tarafından kolaylıkla kullanılabilir şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede, kullanıcı hazneyi yerinden kaldırmadan su doldurabilmektedir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 : Alternatif IV.

Kapı rafına eklenen su doldurma haznesi, kullanılabilir dolap hacminin 3,4 litrelik kısmını kullanılamaz hale getirmektedir. Burada ortaya çıkan hacim kaybı, yarattığı dezavantaj açısından çalışmanın ileriki bölümlerinde değerlendirilmiştir.

3.5 Fayda Değer Analizi

Oluşturulan dört adet alternatif tasarım arasından tarafsız bir şekilde seçim yapabilmek adına fayda değer analizi yapılmıştır. Bu analizin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle temel hedeflerin belirlenmesi gerekmiştir. Daha sonra, temel hedeflerin alt hedeflere kırılımı gerçekleştirilmiştir. Son olarak, sistem gereksinimleri, kullanıcı deneyimi, literatür araştırmaları, imalat kolaylığı ve maliyet gibi konular düşünülerek her bir alt hedefin ağırlıkları belirlenmiştir.

Belirlenmiş olan temel hedefler aşağıda sıralanmıştır:

- Fonksiyonellik
- Ergonomi
- Uygulanabilirlik

Temel hedeflerin alt hedeflere kırılımı gerçekleştirilmeden önce aşağıdaki konular göz önünde bulundurulmuştur:

Nemlendirme ünitesi tasarımına başlamadan önce buzdolabı incelemeleri gerçekleştirilmiş, pazarlama ve kullanıcı araştırmaları yapılmış, benchmark çalışması, patent araştırmaları ve literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Nemlendirme ünitesinin sebzelik saklama hacmini en az şekilde etkilemesi ve kullanıcıların su doldurma

işlemini ergonomik bir şekilde gerçekleştirebilmeleri göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca, kullanıcıların nemlendirme ünitesinde bulunan su tankını belirli zaman aralıklarında çıkartarak temizlemeleri gerekmektedir. Bu sebepten dolayı su tankının çıkartılabilir bir yapıda olması önemli kriterlerden bir tanesi olarak düşünülmüştür.

Ek olarak, kullanıcı tarafından ünite içerisinde bulunan elektronik ve mekanik parçalara ulaşımın engellenmesi güvenlik açısından ele alınmıştır. Bundan dolayı ünitenin buzdolabı içerisindeki montajının kullanıcı tarafından müdahale edilemeyecek şekilde yapılması gerektiğine karar verilmiştir.

Düşünülmesi gereken bir başka kriter ise buzdolabının mevcut imalatında en az revizyon gerçekleştirilmesi ve bu sayede ortaya çıkacak ek maliyetin minimumda tutulması gerektiğidir. Buzdolabındaki çoğu plastik parça yüksek kalıp maliyetlerine sahiptir. Bu sebeple ortaya çıkacak teknik çözümün getireceği ek maliyetin göz önünde bulundurulması gerekmiştir.

Diğer bir önemli parametre de sebzelik içerisinde uygulanacak olan su buharının homojen bir şekilde dağılması, sensörden okunacak nem ve sıcaklık değerlerinin stabil kalması ve sensör üzerinde su buharı verilen periyod içerisinde yoğunlaşma gerçekleşmemesidir. Bu parametrenin gözlemlenebilmesi için öncül akış testleri ve sensör testleri gerçekleştirilmiştir. Bu test sonuçlarına göre alt hedeflerin ne oranda karşılandığı araştırılmıştır.

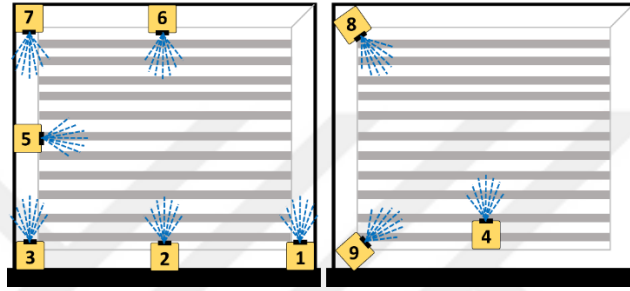
Değerlendirilecek bir diğer kriter ise, sebzelik içerisine uygulanacak olan su buharının sebzelik hacmi içerisinde ne kadar homojen dağıldığı olacaktır. Su buharının homojen dağılması, her noktadaki sebze ve meyveye ulaşması anlamına geldiğinden önemli bir parametre olacaktır. Su buharı cihazının hangi konumunda daha homojen bir dağılım sağladığı ise gerçekleştirilmiş olan öncül akış testleri ile belirlenmiştir. Yapılan akış testleri Şekil 3.15'te gösterilmiştir.

Öncül akış testlerinin test koşulları, Arçelik A.Ş. bünyesindeki uzmanlar tarafından belirlenmiş ve sonuçları yorumlanmıştır. Yapılan bu testin öncül olmasından dolayı bilgisayar ortamında akış modellenmesi gerekli görülmemiştir. Öncül su buharı dağılım testlerinin test koşulları aşağıda verilmiştir:

- Buzdolabı rejim halindedir,
- Sebzelik yüksüzdür,
- Su buharı cihazı 15 dk süre ile aktif edilmiştir,

- Sonraki teste geçmeden önce buzdolabının rejim haline dönmesi için 30 dk beklenmiştir,
- Dağılımı görmek için kırmızı renkte gıda boyası kullanılmıştır,
- Dağılımın gözlemlenebilmesi için sebzelığın tabanındaki yoğuşmaya bakılmıştır,
- Her bir testten sonra üst görünüşten cep telefonu ile görüntü alınmıştır.

Şekil 3.14'te su buharı cihazlarının konumları ve su buharının izleyeceği akış çizgileri şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.14 : Öncül su buharı dağılım testi 9 farklı konumun şematik gösterimi.

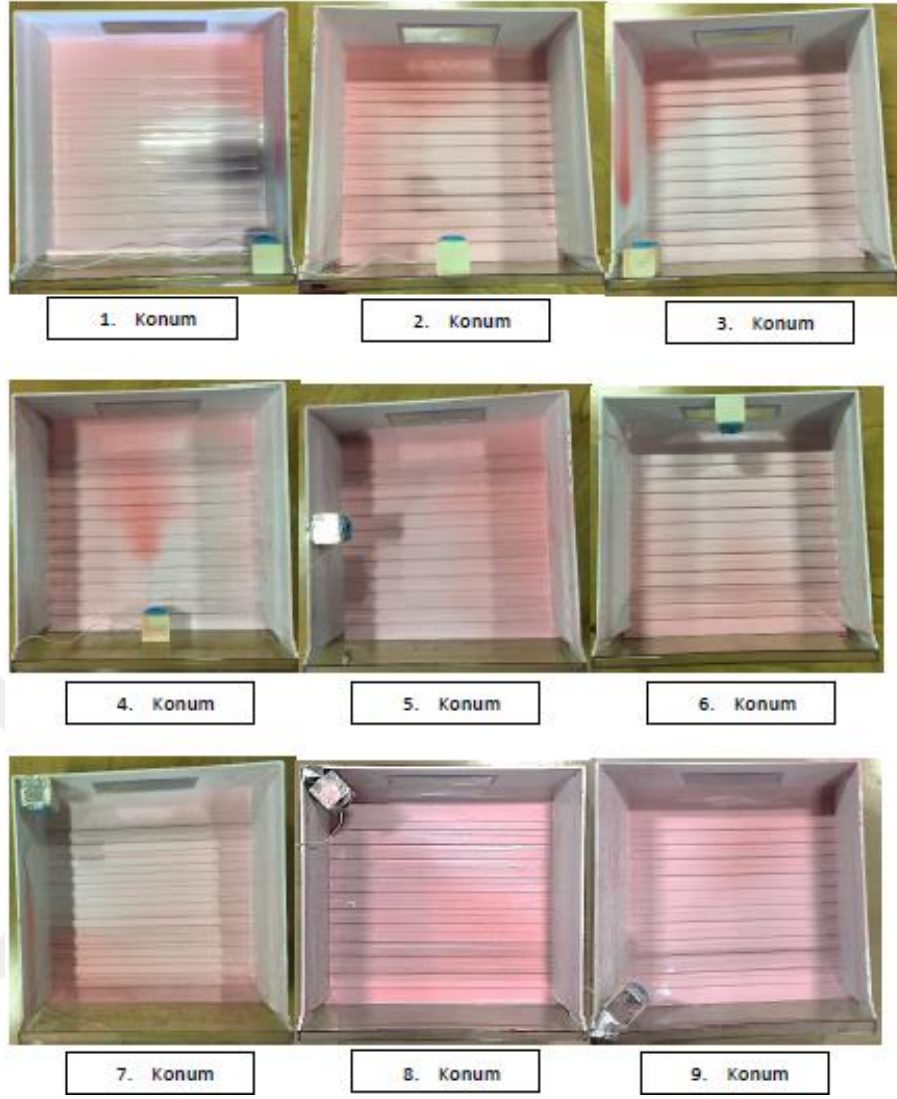
Şekil 3.15'te bir arada verilen su buharı dağılımı öncül testlerinin yorumlanmış hali aşağıda verilmiştir:

- **1. Konum:** Yan duvara bitişik olduğu ve su buharı yan duvara paralel verildiği için, sebzelik duvarında renk yoğunluğunun fazla olduğu görülmüştür. Renk yoğunluğunun fazla olması, duvarda yoğuşma oluştuğunun göstergesidir. Homojen bir dağılım sağlanamamıştır (Şekil 3.15).
- **2. Konum:** Renk yoğunluğunun sebzelığın tabanında homojen bir şekilde dağıldığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebi, sebzelik örtüsü üzerinden gelen hava akışı ile su buharının akış yönünün birbirine zıt olmasından dolayı, su buharı ile havanın homojen olarak karışarak sebzelığın tabanına yayılmasıdır. Sonuç olarak, homojen bir dağılım sağlanmıştır (Şekil 3.15).
- **3. Konum:** Yan duvara bitişik olduğu ve su buharı yan duvara paralel verildiği için, sebzelik duvarında renk yoğunluğunun fazla olduğu görülmüştür. Renk yoğunluğunun fazla olması, duvarda yoğuşma oluştuğunun göstergesidir. Homojen bir dağılım sağlanamamıştır (Şekil 3.15).
- **4. Konum:** Su buharı cihazının, sebzelığın tabanında yer almasından dolayı, su buharı hızlı bir şekilde tabana çökmüş ve tabanda yoğuşmuştur. Resimde

görülebileceği üzere, su buharı akış yönünde yoğunlaşma bölgesi oluşmuştur. Homojen bir dağılım sağlanamamıştır (Şekil 3.15).

- **5. Konum:** Görüleceği üzere, renk yoğunluğu sebzelik sağ yan duvar tarafında daha fazladır. Ayrıca, duvar üzerinde de yoğunlaşma meydana gelmiş ve renk yoğunluğu fazla olarak gözlemlenmiştir. Sağ yan duvar ihmal edildiğinde, genel dağılıma bakıldığında, homojene yakın bir dağılım olduğu söylenebilir (Şekil 3.15).
- **6. Konum:** Su buharı akış yönü, sebzelik arka duvarına dik ve sebzelik örtüsünden geçen hava akışı ile aynı yöndedir. Bu sebepten dolayı, sebzeliğin içine verilen su buharı, sebzelik örtüsü altında gelen hava akışı ile birleşerek sebzelik ön duvarı önünde renk yoğunlaşması meydana gelmiştir. Fakat genel olarak renk dağılımına bakıldığında, homojene yakın bir dağılım elde edilebilmiştir (Şekil 3.15).
- **7. Konum:** Su buharı akış yönü, sebzelik örtüsünden gelen hava akışı ile aynı yöndedir. Aynı yönlü akış oluşmasından dolayı sebzelik tabanının ön duvar tarafında daha yoğun bir renk gözlemlenmiştir. Aynı zamanda, su buharı cihazı sebzelik yan duvarı bitişiğinde olduğu için, sebzelik sol duvarında bir yoğunlaşma meydana gelmiştir. Homojen bir dağılım sağlanamamıştır (Şekil 3.15).
- **8. Konum:** Su buharının çapraz olarak verilmesi, su buharının sebzelik içerisinde homojen olarak dağılmasını sağlamıştır. Resim incelendiğinde ise renk yoğunluğunun her noktada birbirine yakın olduğu görülebilmektedir. Homojen bir dağılım sağlanabilmiştir (Şekil 3.15).
- **9. Konum:** Renk yoğunluğunun sebzelik tabanının her noktasında birbirine yakın olduğu görülebilmektedir. Homojen bir dağılım sağlanabilmiştir (Şekil 3.15).

Bu test koşullarına göre yapılan testlerin sonucu incelenmiş ve su buharının en homojen olarak dağıldığı konum 2, 8 ve 9'ncü konumlar olarak görülmüştür.



Şekil 3.15 : Su buharı cihazı konumu için öncül su buharı dağılım testleri.

Daha önce de belirtildiği üzere, sensör konumunun belirlenmesi için öncül testler gerçekleştirilmiştir. Sensör konumu belirlenmesi için 5 farklı konum Şekil 3.16'da gösterilmiştir. Su buharı uygulamasında, oluşacak buharın zamanla sebzelik tabanına çökeceği bilindiği için sensörler, sebzelik tabanından dikey olarak mümkün olan en uzak noktalara yerleştirilmiştir. Ayrıca, öncül testleri için zaman kazanmak adına sebzelik örtüsü üzerine çift taraflı bantlarla yapıştırılarak deney gerçekleştirilmiştir. Gerçek uygulamada ise, sebzelik örtüsü çıkartılabilen bir yapıya sahip olduğu için sensör bulundurması mümkün olmayacaktır. Sensör konumu testler sonucunda belirlendikten sonra buzdolabı iç gövdesi üzerinde bir yapı oluşturulması ve sebzelik örtüsünde oluşturulacak delikler sayesinde sebzelik iç ortamını ölçmesi sağlanacaktır. Alternatif sensör konumları aşağıda açıklanmıştır;

- **1 numaralı sensör:** Sebzelik örtüsü sağ yan duvarında ve sebzelik ön duvarına en yakın konumda bulunmaktadır. Şekil 3.16'da "1" numara ile temsil edilmektedir.
- **2 numaralı sensör:** Sebzelik örtüsü sağ yan duvarının tam orta noktasında konumlandırılmıştır. Şekil 3.16'te "2" numara ile temsil edilmektedir.
- **3 numaralı sensör:** Sebzelik örtüsü sağ yan duvarında ve sebzelik ön duvarına en uzak noktada konumlandırılmıştır. Şekil 3.16'da "3" numara ile temsil edilmektedir.
- **4 numaralı sensör:** Sebzelik örtüsü arka duvarının tam orta noktasında konumlandırılmıştır. Şekil 3.16'da "4" numara ile temsil edilmektedir.
- **5 numaralı sensör:** Sebzelik örtüsü üst yüzeyinin köşegen merkezinde konumlandırılmıştır. Şekil 3.16'da "5" numara ile temsil edilmektedir. 5 numaralı sensör konumu, yapısal açıdan eklenebilmesi mümkün olmayan bir konumdur. Fakat, sıcaklık ve nem değişimlerini gözlemleyebilmek adına teste dahil edilmiştir.



Şekil 3.16 : Öncül sensör testleri için sensör konum alternatifleri.

Öncül sensör konumu testlerinin koşulları aşağıda verilmiştir:

- Test başlangıcından itibaren ilk 8 saat buzdolabının rejimi gözlemlenmiştir (Şekil 3.17 ve Şekil 3.18'de ilk 30.000 s).
- Rejimden sonran ilk 5 dk su buharı kesintisiz şekilde uygulanmıştır.
- Su buharı uygulamasından sonra 60 dk su buharı verilmemiştir.
- Test 15 saat sonunda durdurulmuştur.
- Sebzelik yüksük (gıdasız) durumdadır.

Gerçekleştirilen öncül test sonuçlarına göre, sebzelik içindeki sıcaklık ile ilgili bulgular aşağıda açıklanmıştır:

- Test süresi boyunca sıcaklıkların dalgalanmalar şeklinde olduğu gözlemlenmiştir. Sebzelik içerisindeki en yüksek sıcaklığa sahip bölgenin, sebzelik ön duvarı civarında yani 1 numaralı sensör konumunda olduğu, en düşük sıcaklığa sahip bölgenin ise sebzelikğin arka kısmı yani 3 ve 4 numaralı sensör konumunda olduğu gözlemlenmiştir. 1 numaralı sensörün okuduğu ortalama sıcaklık değeri 6 °C civarında, 3 ve 4 numaralı sensörün okuduğu ortalama sıcaklık değeri ise 2 °C civarında olduğu görülmüştür. Bunun sebebi, buzdolabı içerisine aktarılan soğuk havanın öncelikle buzdolabı arka duvarından gelmesidir. Soğuk hava sebzelik içerisinde arkadan öne doğru ilerledikçe ısınmaktadır [1] (Şekil 3.17).
- Şekil 3.17’de görüleceği üzere, ilk su buharı uygulaması başladığında, ilk olarak 5 numaralı sensör başlangıçtan 9 saat sonra grafikte “a” ile gösterilen zamanda ölçüm hatası yapmıştır. Aynı şekilde, başlangıçtan 10 saat sonra “b” ile gösterilen zamanda, 4 numaralı sensör de okuma hatası yapmıştır. Bu okuma hatalarının sebebi, Şekil 3.18’de aynı “a” ve “b” zamanlarında bağıl nem seviyesinin %100’e ulaşması ve sensörler üzerinde suyun yoğunlaşması olarak yorumlanmıştır.

Gerçekleştirilen öncül testler sonuçlarına göre, sebzelik içindeki bağıl nem ile ilgili bulgular aşağıda açıklanmıştır:

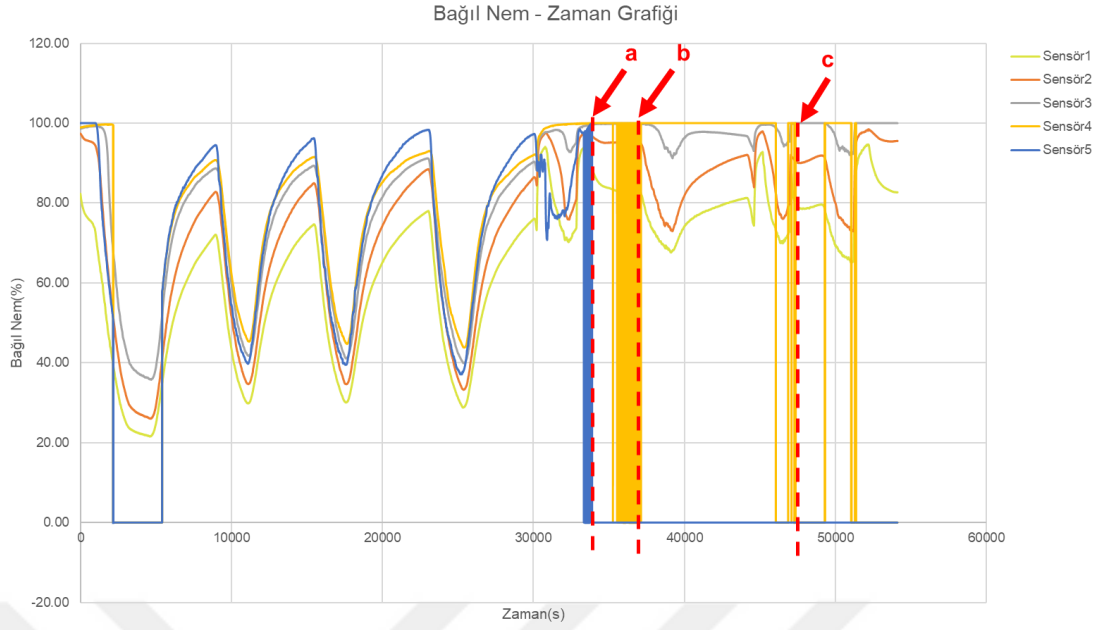
- İlk 8 saatlik zaman aralığında, rejim durumunda, bağıl nemin %40 ile %95 aralığında salınım yaptığı görülmektedir. Farklı sensör konumları için bu dalgalanmanın mevcut olduğu görülmüştür (Şekil 3.18).
- Su buharı uygulamasının başlangıcından sonra, öncelikle 4 numaralı daha sonra 5 numaralı sensörün bağıl neminin %100 mertebelerine ulaştığı görülmüştür. %100 bağıl nem düzeylerinde 4 numaralı sensör üzerinde yoğunlaşma meydana gelmiştir ve bu sebepten dolayı bu noktadan sonra hatalı ölçüm yaparak bağıl nem oranını %0 olarak okumuştur. Şekil 3.18’de görüleceği gibi başlangıçtan 9 saat sonra grafikte “a” ile gösterilen zamanda yoğunlaşma gözlemlenmiş ve test bitimine kadar hatalı okuma gerçekleştirmeye devam etmiştir.
- 5 numaralı sensöre bakıldığında ise, 4 numaralı sensörden 1 saat sonra, grafikte “b” ile gösterilen zamanda bağıl nem seviyesi %100’e ulaşmış ve yoğunlaşma meydana gelmiştir. Aynı şekilde, yoğunlaşmadan dolayı hatalı okuma

3 numaralı sensöre bakıldığında, başlangıçtan 13 saat sonra “c” ile gösterilen zamanda, okuduğu bağıl nem değeri %100’e ulaşmıştır. Fakat yoğunlaşma meydana gelmediği için bir süre sonra ölçüm almaya devam edebilmiştir (Şekil 3.18).

2 numaralı sensöre bakıldığında, test süresi boyunca herhangi bir yoğunlaşma meydana gelmediği gözlemlenmiştir (Şekil 3.18).

1 numaralı sensöre bakıldığında, test süresi boyunca herhangi bir yoğunlaşma meydana geldiği gözlemlenmemiştir (Şekil 3.18).

56

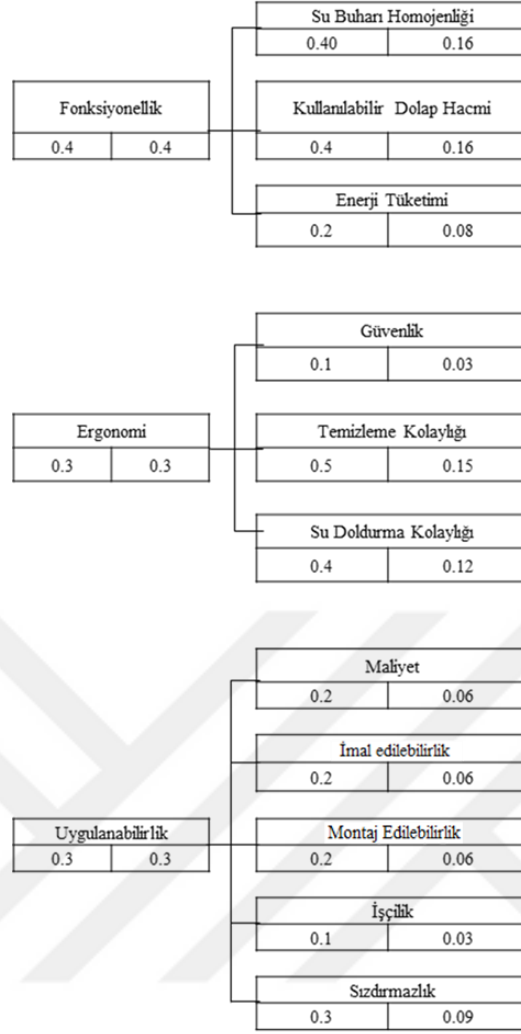


Şekil 3.18 : Öncül sensör testleri bağıl nem – zaman grafiği.

Son olarak temel hedeflerin alt hedeflere daha çık bir şekilde evrilmesi aşağıdaki gibi yapılmıştır:

- Fonksiyonellik
 - Su Buharının homojenliği
 - Sebzelik hacmine etkisi
 - Enerji tüketimine
- Ergonomi
 - Güvenlik
 - Temizleme kolaylığı
 - Su doldurabilme kolaylığı
- Uygulanabilirlik
 - Maliyet
 - Sızdırmazlık
 - Montaj edilebilirlik
 - İşçilik
 - İmal edilebilirlik

Puanlama yapılabilmesi için alt hedefler önceliklendirilerek bir hedef büyüklükleri sistemi oluşturulmuştur. Oluşturulan sistem Şekil 3.19’da gösterilmiştir.



Şekil 3.19 : Alt hedefler ve ağırlıkları.

Oluşturulan alternatiflerin birbirleri ile kıyasının yapılabilmesi ve en uygun çözümün belirlenebilmesi amacıyla hedef büyüklükleri matrisi oluşturulmuştur. Fayda değer analizi kriterlerine göre her bir alt hedefe 1’den 10’a kadar puan verilmiştir. Verilen puanlar ve anlamları Çizelge 3.2’de verilmiştir [41].

Çizelge 3.2 : Değer puanları ve anlamları.

Puan	Anlamı
0	kesinlikle işe yaramaz
1	yetersiz
2	zayıf
3	kabul edilebilir
4	yeterli
5	tatmin edici
6	iyi olmaya yakın
7	iyi
8	çok iyi
9	ihitiyaçtan iyi
10	ideal

Hedef büyüklükler matrisi yardımı ile her bir alt hedefe tarafsız bir şekilde puan verebilmek adına, farklı akademik disiplinde eğitim almış kişilerin oluşturduğu bir grubun görüşleri alınmış ve puanlama gerçekleştirilmiştir. Yapılan puanlamaya göre alternatif tasarımların almış oldukları puanlar gösterilmiştir.





Hedefler			Değerler	g	Alternatif I		Alternatif II		Alternatif III		Alternatif IV	
Temel Hedefler		Alt Hedefler			P1	g*P1	P2	g*P2	P3	g*P3	P4	g*P4
Fonksiyonellik	0.40	Su Buharı Homojenliği	0.40	0.16	7	1.12	6	0.96	6	0.96	5	0.80
		Kullanılabilir Dolap Hacmi	0.4	0.16	8	1.28	5	0.80	6	0.96	7	1.12
		Enerji Tüketimi	0.2	0.08	7	0.56	5	0.40	8	0.64	8	0.64
Ergonomi	0.30	Güvenlik	0.1	0.03	6	0.18	6	0.18	6	0.18	7	0.21
		Temizleme Kolaylığı	0.5	0.15	1	0.15	6	0.90	6	0.90	7	1.05
		Su Doldurma Kolaylığı	0.4	0.12	2	0.24	6	0.72	6	0.72	8	0.96
Uygulanabilirlik	0.30	Maliyet	0.2	0.06	8	0.48	3	0.18	5	0.30	6	0.36
		İmal edilebilirlik	0.2	0.06	7	0.42	4	0.24	4	0.24	6	0.36
		Montaj Edilebilirlik	0.2	0.06	6	0.36	3	0.18	4	0.24	7	0.42
		İşçilik	0.1	0.03	6	0.18	3	0.09	4	0.12	6	0.18
		Sızdırmazlık	0.3	0.09	8	0.72	5	0.45	5	0.45	7	0.63
Σ				1.00	Σ	5.69	Σ	5.10	Σ	5.71	Σ	6.73

Şekil 3.20 : Hedef büyüklükleri matrisi.

Hedef büyüklükleri matrisine göre tasarım alternatiflerinin toplam ağırlıkları şu şekildedir;

- Alternatif I : 5,69
- Alternatif II : 5,10
- Alternatif III : 5,71
- Alternatif IV : 6,73

Sonuç olarak, fayda değer analizine göre 6,73 puanla alternatif IV en yüksek puanı alarak hedefleri en iyi karşılayan çözüm olmuştur. Final puanın diğer alternatiflerden çok farklı olmamasına rağmen bu alternatif seçilmiştir. Sağlamış olduğu su doldurma ve temizleme kolaylığının yanı sıra farklı tip buzdolaplarına uygulanabilirliğinin yüksek olması sahip olduğu önemli avantajlardan kabul edilmektedir.

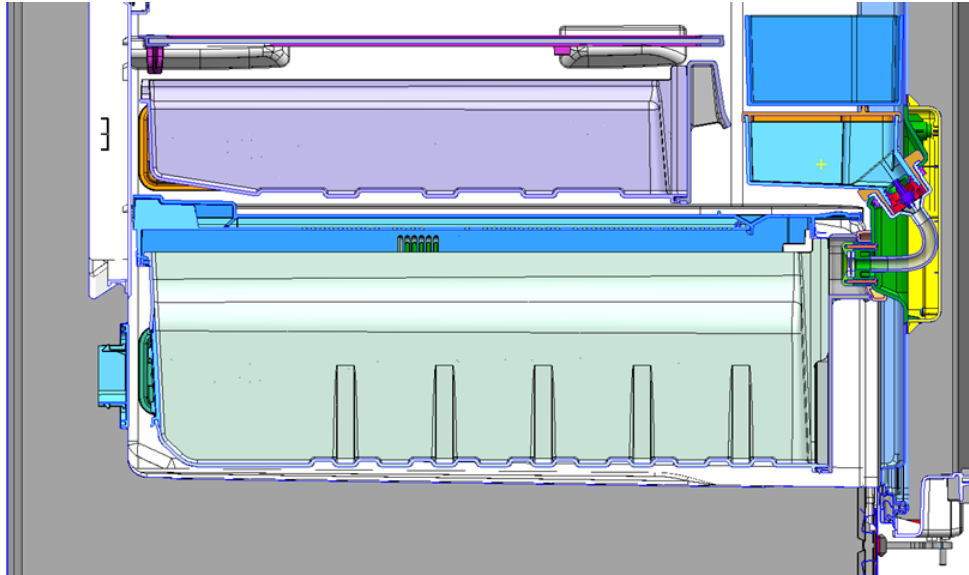
Konseptin belirlenmesinin ardından, detay tasarım gerçekleştirilmiş ve sistemin montajının nasıl olacağı çalışılmıştır.



4. SEÇİLEN ÇÖZÜMÜN DETAY TASARIMI

Fayda değer analizi sonucu seçilen tasarım alternatifinin detay tasarımı Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Konseptin uygulanmasının planlandığı buzdolabı, 70 cm genişliğine sahip buzdolabıdır. Kapı üzerindeki rafların pozisyonları üzerinde değişiklikler yapılarak, nemlendirme ünitesinin sebzeğin karşısına gelecek şekilde konumlandırılması gerçekleştirilmiştir. Sistemin çalışabilirliğini kontrol etmek amacıyla çalışan prototipi üretilmiştir. Üretilen ve buzdolaba montajı gerçekleştirilen prototip tezin bir sonraki bölümünde detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Bu prototip kullanılarak, gıda testleri gerçekleştirilecektir.

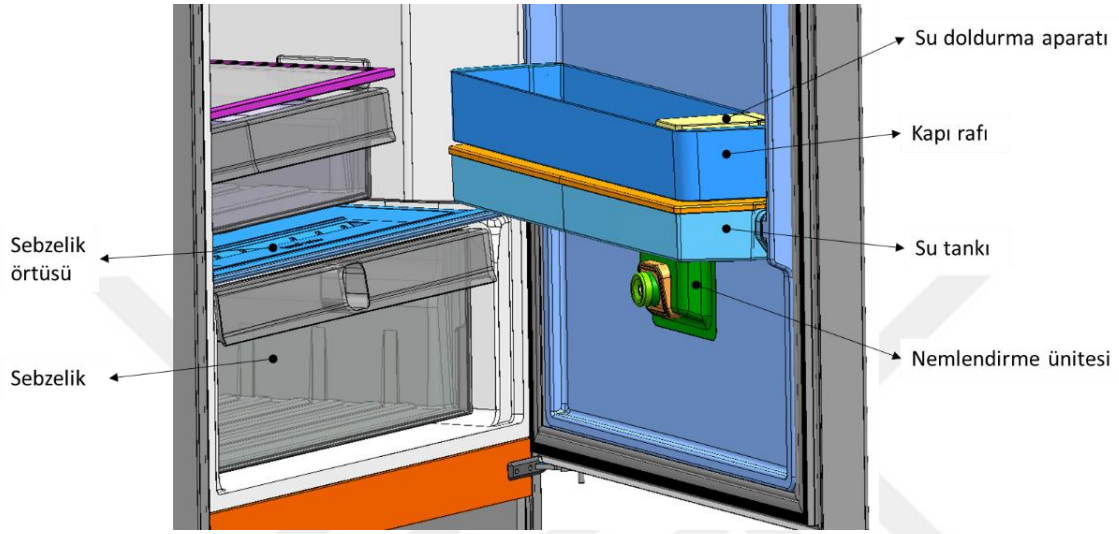
Bu konseptin sahip olduğu ana avantajlardan bir tanesi, sebze ve 0 derece bölmesinde kullanılabilir hacme herhangi bir şekilde müdahale edilmemesidir. Aynı zamanda, raf üzerinde bulunan geniş ağızlı su doldurma aparatı sayesinde kullanıcıların kullanımı kolaylaştırılmıştır. Diğer bir avantaj olarak görülebilecek detay ise, su tankının buzdolabı kapısı üzerinde sabit olmamasından dolayı yukarı doğru çekme hareketi ile kolaylıkla çıkartılarak hijyeninin sağlandıktan sonra çekme yönünün tersi yönünde itirilerek yerine tekrar kolayca oturtulabilmesidir.



Şekil 4.1 : Kapı üzerinde nemlendirme ünitesinin genel görünüşü.

4.1 Su Tankının Konumlandırılması

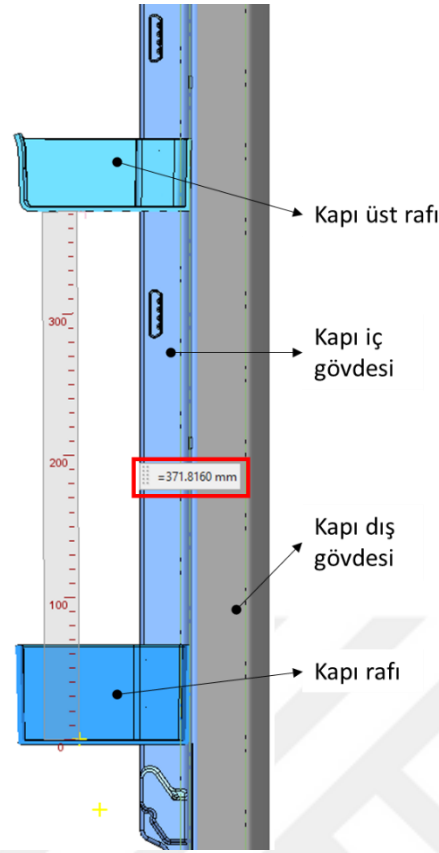
Nemlendirme ünitesi için kullanılacak olan su tankı, sebzelik hacmini sınırlandırmamak amacıyla kapı rafının altında konumlandırılmıştır. Böylelikle, suyun su buharı cihazına ulaştırılması işleminin de yerine getirilmesi daha kolay bir hale gelmiştir.



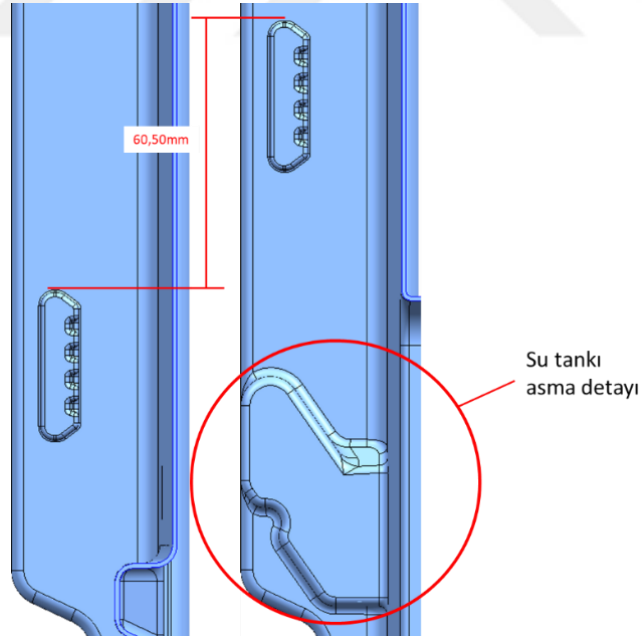
Şekil 4.2 : Su tankının buzdolabı içerisindeki konumu.

Üzerinde çalışılan buzdolabının kapısının iç gövdesi üzerinde bulunan ve kapı raflarını sabitlemek için kullanılan çıkıntılar üzerinde değişiklik yapılmış ve su tankının sabitlenmesine uygun hale getirilmiştir. Böylelikle, termoform yöntemi ile üretilecek olan kapı iç gövdesinin kalıp tasarımında revizyonun yapılması gerekli kılınmıştır. Su tankının montaj şekli ve sabitlenme detayı ile ilgili detay görsel Şekil 4.4'teki gibidir.

Kapı iç gövdesinde yapılan değişiklik, kapı raflarının asılması için yapılan çıkıntıların 60 mm yukarı yönde ötelenmiş olmasıdır. Şekil 4.3'te görüleceği üzere, kapı rafında 2,5 litrelik standart şişe yüksekliğini sağlayan 360 mm ölçüsü sağlanmaya devam etmektedir. Daha sonra su tankı asma detayı da kapı iç gövde üzerine uygun olacak şekilde tasarlanmış ve eklenmiştir.



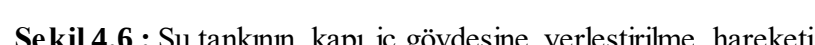
Şekil 4.3 : Ardışık iki kapı rafı arasındaki mesafenin yandan görünüşü.



Şekil 4.4 : Su tankının kapı iç gövdesine asılma detayı.

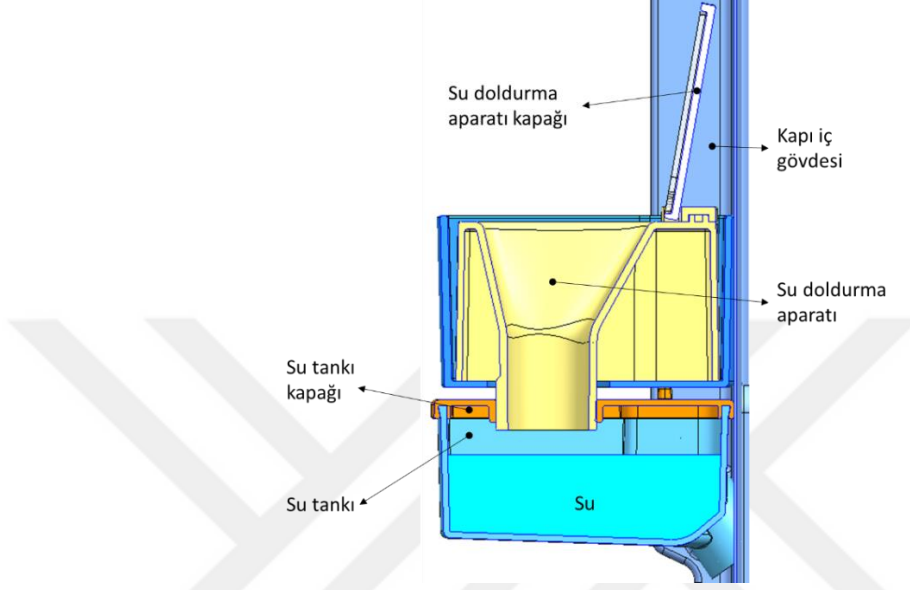
Su tankında bulunan duvarlar ise, kapı üzerindeki bu sabitleme detayı ile eşleşerek, su tankını iç gövdeye yataklayarak sabitlemiş olur. Aynı zamanda su tankının ucunda bulunan ve içerisine supabın monte edildiği gövde de bu yataklayan yüzeyler ile eş

esi esnasında yaptığı lineer hareket Şekil

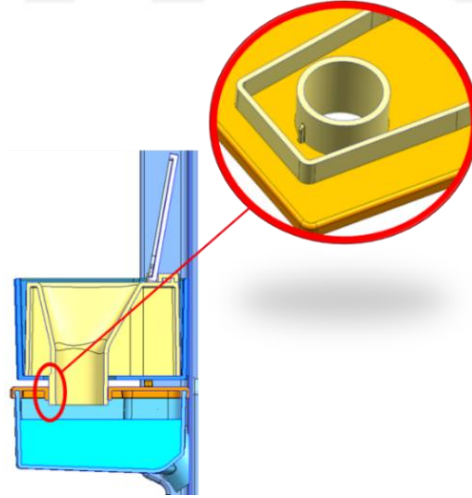


ve kullanıcılar tarafından buzdolabı kapısı açılarak

ihhtimali ortadan kaldırılmış olmaktadır. Bu kapak üzerinde, su doldurma aparatının merkezlenmesini sağlayan bir yarık bulunmaktadır. Bu sayede su doldurma aparatının tek bir şekilde yerleştirilmesinin zorunlu kılınması amaçlanmıştır. Su tankına doldurulan su miktarı ise yaklaşık olarak 2 litredir. Detaylar ile ilgili görseller Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de verilmiştir.



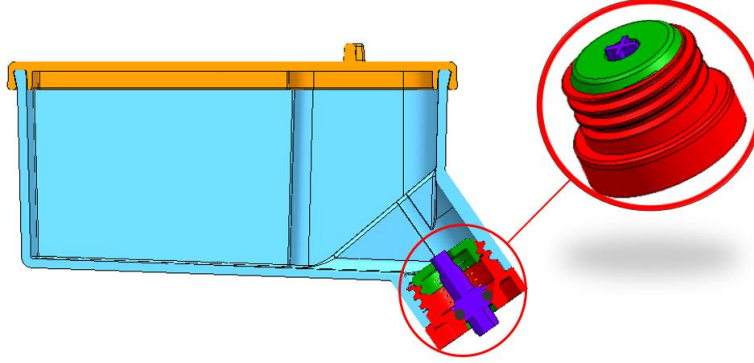
Şekil 4.7 : Su tankı doldurma detay görseli.



Şekil 4.8 : Su doldurma aparatının su tankı kapağına yerleştirilme detayı.

Su tankının ucunda, suyun geçişini kontrol eden bir adet mekanik supap bulunmaktadır. Su tankı sabitleme çıkıntıları üzerinde dururken supap açık konumda durmaktadır. Su tankı yerinden çıkartıldığında ise supap su geçişini engellemektedir. Supabın açık konumdan kapalı konuma gelmesi için su tankının 5 mm hareket ettirilmesi yeterli olmaktadır. Bu noktada, supap içerisinde bulunan mil üzerindeki o-

ring, supap gövdesi içindeki konik yüzeyle eş çalışarak sızdırmazlığı sağlamış olmaktadır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 : Su tankı ucundaki supap.

Temel olarak 5 parçadan meydana gelen supap içerisinde kullanılan basma yayı, sızdırmazlığı yeterli seviyede sağlayacak basma kuvvetini meydana getirebilmektedir. Yay kuvveti hesabı Denklem 4.1'e göre yapılmıştır. Hesap için kullanılan parametrelerin açıklamaları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Supabın detaylı görseli Şekil 4.10'da görülmektedir.

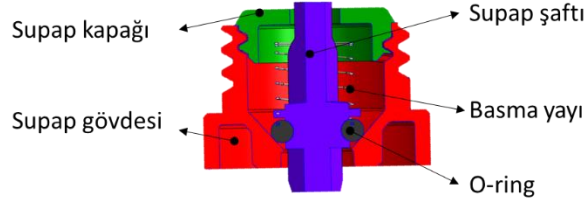
$$C = \frac{G * d^4}{8 * D^3 * i} \quad (4.1)$$

Çizelge 4.1 : Supap yay hesap değerleri.

Kısaltma	Açıklama	Değer	Birim
C	Yay sabiti	0,23	N/mm
G	Çelik kayma modülü (DIN 17223)	210000	N/mm ²
d	Tel çapı	0,5	mm
D	Tel sarım çapı	10	mm
i	Aktif sarım sayısı	7	-

Kullanıcının uygulayacağı el kuvvetinin, supabın açılmasını sağlayacak kadar olması gerektiği düşünüldüğünde ve supap içerisindeki o-ring sızdırmazlık elemanının işlevini yerine getirmesi gerektiği düşünüldüğünde, yay için verilen ön gerilme deplasmanı olan δ , 9 mm olarak belirlenmiştir. Bu değere göre ön gerilme kuvveti Denklem 4.2'den 2N olarak hesaplanmıştır.

$$F_{\delta n} = C * \delta \quad (4.2)$$

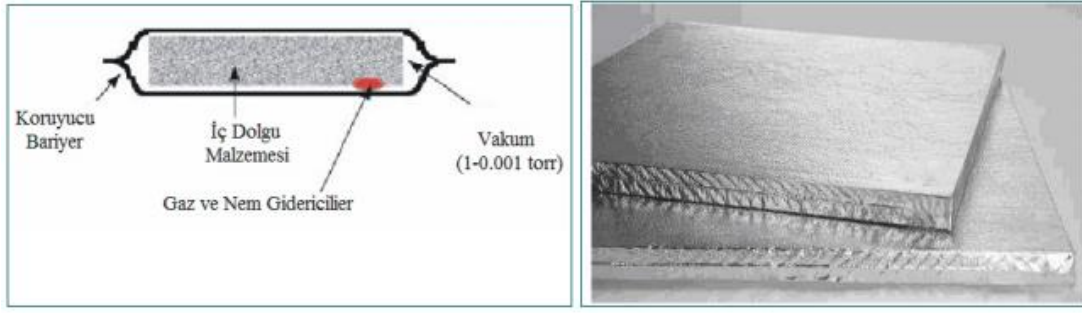


Şekil 4.10 : Supap detayı.

4.2 Nemlendirme Ünitesinin Kapı Gövdesinde Konumlandırılması

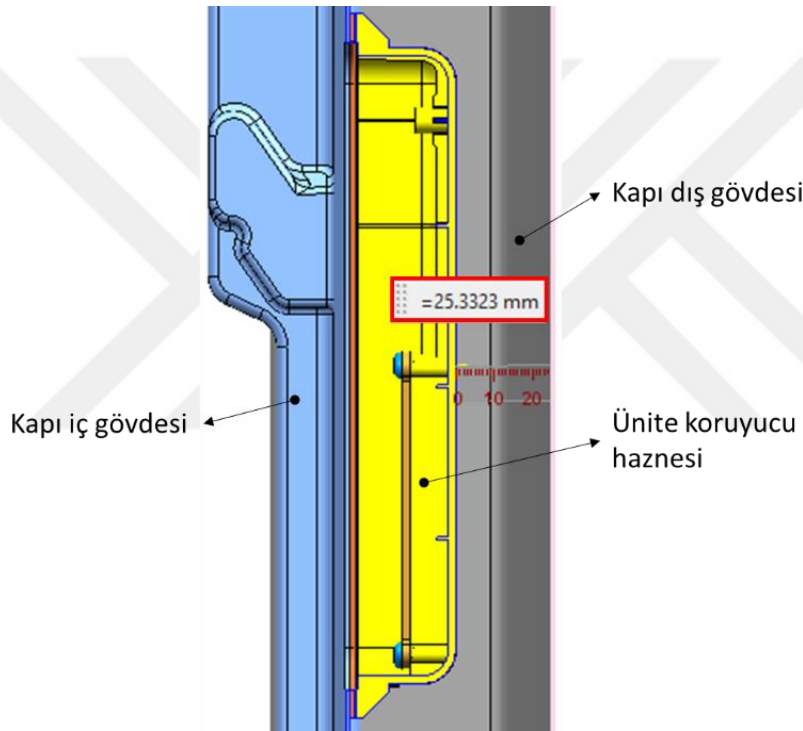
Nemlendirme ünitesi temel olarak su buharı cihazı yuvası, ünite koruyucu haznesi, ünite kapağı, hortum ve huniden oluşmaktadır. Çalışmanın bu kısmında bahsi geçen parçaların kapı iç gövdesine montaj sırası ile detaylı olarak açıklanmıştır.

Buzdolabı kapısının iç gövdesinde daha önce Şekil 4.4'te gösterilmiş olan revizyon gerçekleştirilmişti. Buna ek olarak, ünite koruyucu haznesi isimli parçanın montajı yapılabilmesi için konumu belirtilen alanda bir kesme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemten sonra buzdolabı kapı iç gövdesi ile buzdolabı kapı dış paneli arasına poliüretan köpük malzeme sıkılarak aradaki hacim doldurulmuştur. Burada dikkat edilmesi gereken parametrelerden bir tanesi ise, iç gövdenin dış gövdeye en yakın olduğu noktadaki mesafe değeridir. Arçelik A.Ş. bünyesinde, buzdolapları özelinde gerçekleştirilen çalışmalar doğrultusunda bu mesafenin 25 mm'den daha küçük olmamasının gerektiğine karar verilmiştir. Bu değer aşıldığında, buzdolabı kapısı yeterli yalıtımı sağlayamamakta ve buzdolabının soğutma verimi düştüğü için enerji tüketimi artmaktadır. Ek olarak, bölgesel olarak inceltelen poliüretan yalıtım, kapı iç gövdesi ile dış gövdesi arasında terleme problemi yaratabilmektedir. Bunu engellemek için VIP yalıtım malzemesi kullanılması gerektiği düşünülmüştür. VIP yalıtım malzemesi, içi boşluklu dolgu malzemesinin ince bir koruyucu bariyer ile kapatılmasıyla elde edilir. Bu sayede, dolgu malzemesi ile koruyucu bariyer arasında vakum bölgesi oluşturularak ısı iletim katsayısı önemli ölçüde düşürülmüş olunur [42]. Uygulanacak bu malzemenin kalınlığı bu çalışma kapsamında belirlenmemiştir.



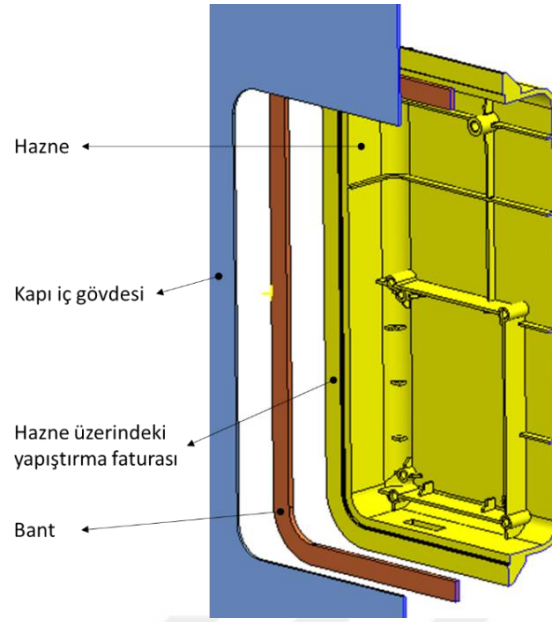
Şekil 4.11 : VIP yalıtım malzemesi iç yapısı ve dış görünüşü.

Bu parametre dikkate alınarak gerçekleştirilen tasarımda ünite koruyucu haznesi ile buzdolabı dış gövdesi arasında kalan mesafe Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12 : Ünite koruyucu haznesi ile kapı dış gövdesi arasındaki mesafe.

Ünite koruyucu haznesinin kapı iç gövdesine montajı, haznenin çeperinde bulunan fatura ile iç gövdenin çift taraflı bant yardımı ile yapıştırılmasıyla gerçekleşir. Montaj ile ilgili detay Şekil 4.13’teki görselde açıklanmıştır. Faturanın genişliği 8 mm olarak belirlenmiştir. Kullanılan çift taraflı bant, 2 mm kalınlığında ve yalıtım için kullanılan tipte standart ürünlerden belirlenmiştir [43].

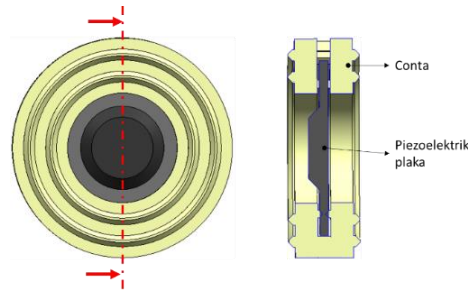


Şekil 4.13 : Ünite koruyucu haznesindeki yapıştırma faturası detayı.

Ünite koruyucu haznesi kapı iç gövdesine monte edildikten sonra, hazne ile dış gövde arasındaki boşluğa poliüretan sıkılarak aradaki boşluğun doldurulması sağlanmıştır. Bu doldurma işleminden sonra poliüretanın zamanla genişlemesinden dolayı hazne bir miktar daha iç gövdeye basılarak yerinde kalması sağlanmıştır.

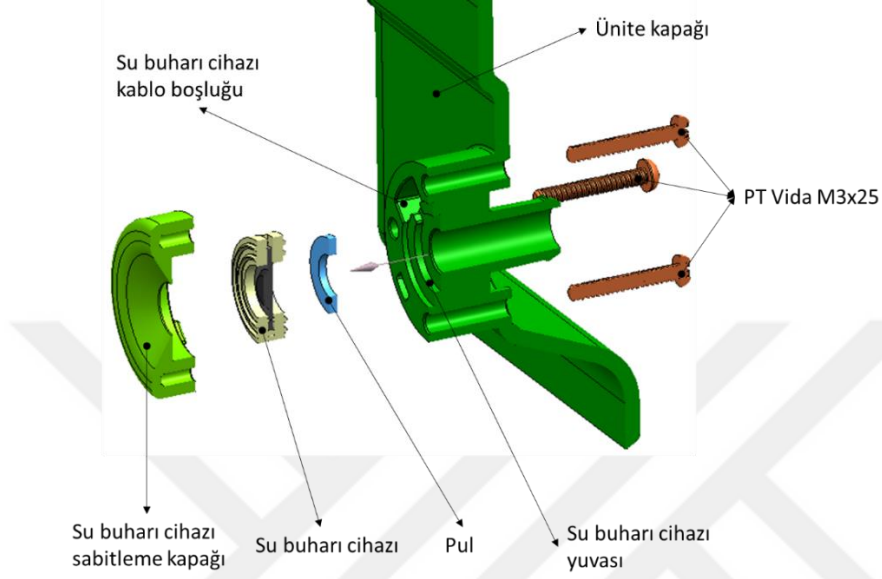
Ünite kapağının, ünite koruyucu haznesine montajı anlatılmadan önce su buharı cihazının tasarımı hakkında bilgi verilmesi gerekmektedir. Su buharı cihazının tasarımı açıklandıktan sonra ünite kapağının uç kısmında bulunan su buharı cihazı yuvasına montajı anlatılmıştır.

Su buharı cihazı kısaca, su buharı oluşturmayı sağlayan piezoelektrik plakadan ve etrafında bulunan contadan oluşmaktadır. Kullanılan conta bu çalışmada anlatılan tasarım için özel olarak üretilmiştir. Su buharı cihazının yapısı Şekil 4.14’te görülmektedir.



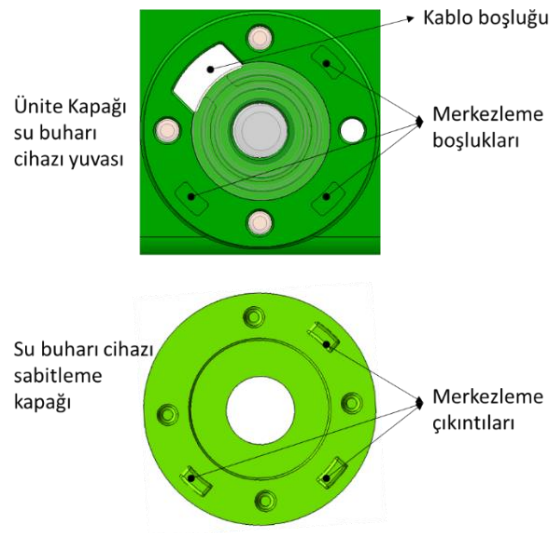
Şekil 4.14 : Su buharı cihazı yapısı.

Su buharı cihazı, yuvasına yerleştirildikten sonra sabitleme kapağı üzerine geçirilir. Sabitleme kapağı üzerinde bulunan 3 adet çıkıntı, ünite kapağının su buharı cihazı yuvası kısmındaki boşluklara geçer. Bu sayede sabitleme kapağının sadece bir şekilde montaj edilmesi gerçekleştirilir. Son olarak, ünite kapağının arka tarafından M4x25 plastik vidaları ile sabitlemesi gerçekleştirilir (Şekil 4.15).

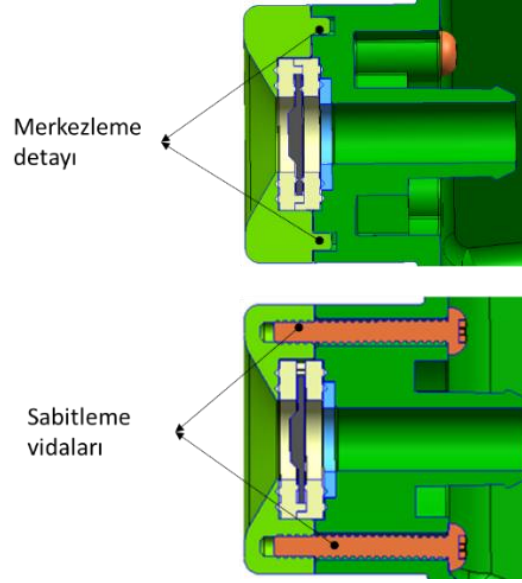


Şekil 4.15 : Su buharı cihazının montaj sırası.

Ünite kapağındaki merkezlenme boşlukları ile sabitleme kapağındaki merkezlenme çıkıntıları Şekil 4.16’da görülmektedir. Su buharı cihazının montajlanmış hali ise Şekil 4.17’de görülmektedir.

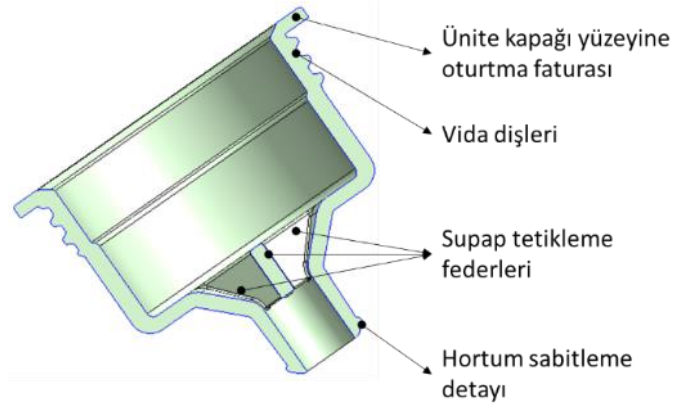


Şekil 4.16 : Ünite kapağı ve sabitleme kapağı merkezlenme detayları.

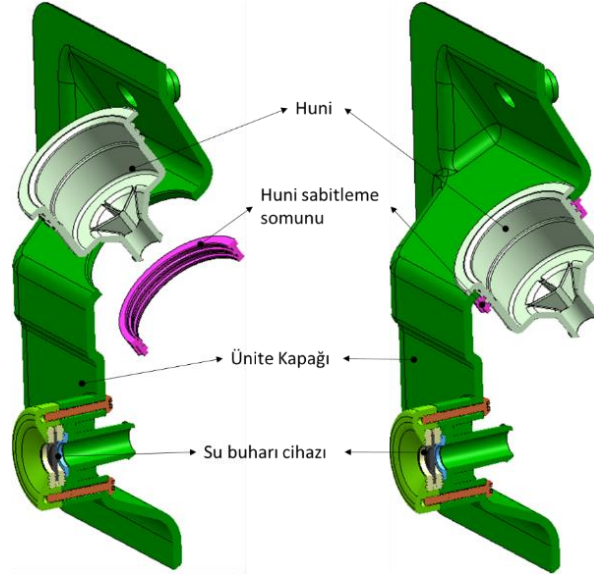


Şekil 4.17 : Su buharı cihazı montajlı hali.

Su buharı cihazının montajı yapıldıktan sonra, ünite kapağının üst kısmında bulunan delikten, huni isimli parça geçirilir ve sabitleme somunu ile kapağa sabitlenir. Huni ile ilgili detayların açıklandığı görsel Şekil 4.18'deki gibidir. Ayrıca, Şekil 4.19'daki görselin sol tarafında huni ve huni sabitleme somunun montajlanmamış hali, sağ tarafında ise montaj yapılmış hali görülebilmektedir.

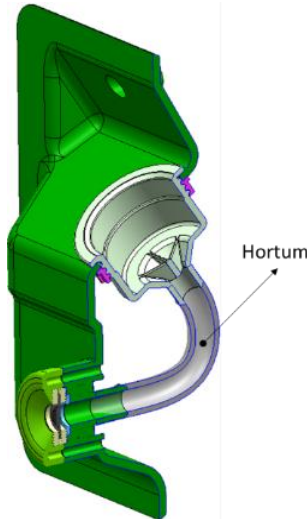


Şekil 4.18 : Huni detay.



Şekil 4.19 : Huninin ünite kapağına montajı.

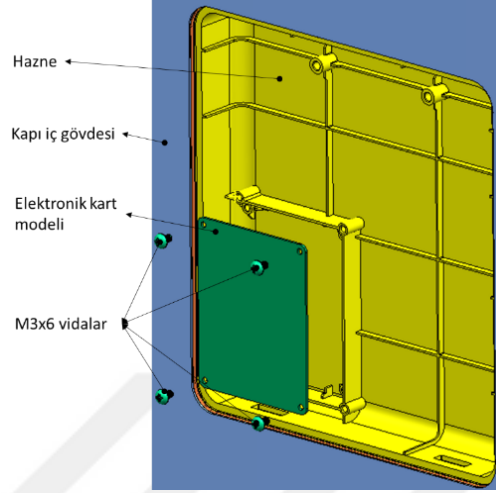
Su buharı cihazı ve huninin ünite kapağına montajlanmasından sonra, iki ucu birbirine bağlayacak ve su iletimini sağlayacak olan hortumun montajı gerçekleştirilecektir. Hortum esneyebilen malzemeden ve şeffaf renkli olarak düşünülmüştür. Montajı esnasında, ünite kapağındaki ve hunideki hortum sabitleme detayına itirilerek geçirilir ve hortum elastik deformasyona uğrayarak suyun sızdırmazlığını sağlar. Bu detay, hortum geçirilirken görece olarak küçük kuvvetlerin uygulanmasını sağlayan fakat çıkartılırken daha fazla kuvveti gerektiren tırnak yapısındadır. Hortumun montajlı hali Şekil 4.20’de görülmektedir.



Şekil 4.20 : Hortumun montajlı hali.

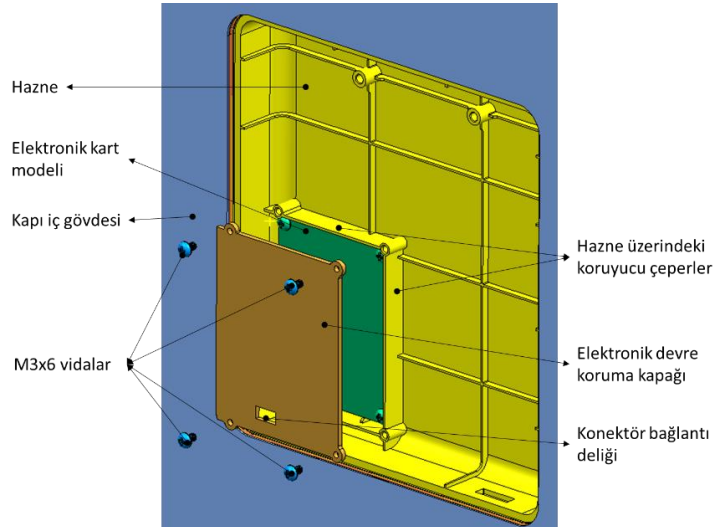
Ünite kapağındaki parçaların montajı gerçekleştirildikten sonra, kapı iç gövdesi üzerindeki haznedeki belirtilen alana elektronik kartın montajı M3x5 plastik vidaları

ile gerçekleştirilir. Kullanılacak olan karttaki elektronik devre elemanları ve kart tasarımı son halinde olmadığından, kartın sığabileceği maksimum ölçüler belirlenmiş ve bir kart modeli çizilmiştir. Buna göre montaj delikleri de tasarımda belirtilmiştir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 : Elektronik kartın hazneye montajı.

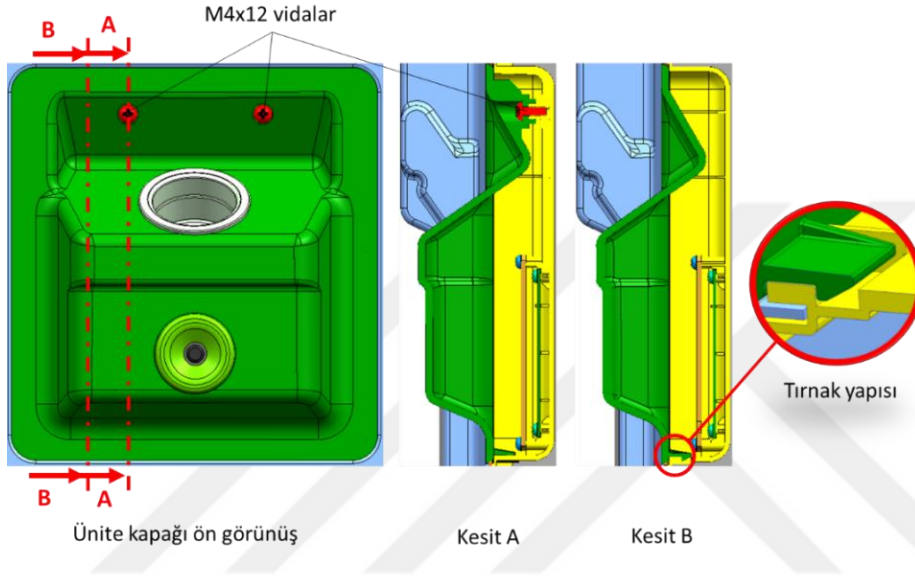
Aynı zamanda, elektronik kartın ortamdaki nemden ya da oluşabilecek su sızıntılarından etkilenmemesi için bir bölme oluşturulmuştur. Bu bölmenin dış çeperleri hazne üzerinden çıkmaktadır. Daha sonra elektronik devre kapağı isimli parça, M3x5 mm plastik vidaları yardımı ile hazneye sabitlenmektedir. Devre koruma kapağı üzerinde bulunan konektör deliğinden elektrik bağlantısı yapılabilmektedir.



Şekil 4.22 : Elektronik devre koruma bölgesi.

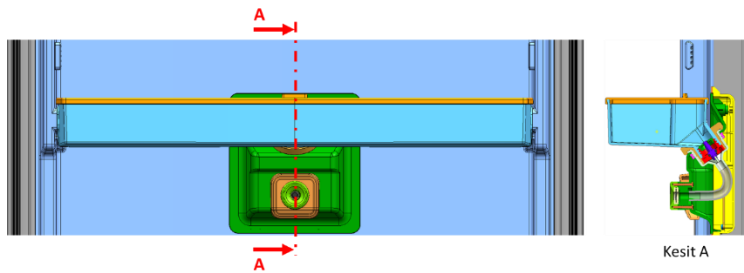
Elektronik kartın montajı gerçekleştirildikten sonra Şekil 4.23'te ünite kapağının hazneye montajı gösterilmektedir. 2 adet tırnak yapısı ve 2 adet M4x12 plastik vidası

kullanılarak montaj gerçekleştirilmektedir. Kullanıcının dışarıdan müdahalesini engellemek ve aynı zamanda estetik görünüşü bozmamak adına, ünite kapağının alt kısmında tırnaklı birleşim detayı uygulanmıştır. Üst kısımdaki vidalı montaj detayı, su haznesi yerine oturtulduğunda görünmeyeceği için müdahale edilemez ve estetik görünümü bozmayacağı için kullanılmasında sakınca görülmemiştir. Tırnak ve vida bağlantıları yapılmadan önce su buharı cihazında bulunan kabloların konektör yardımı ile elektronik devreye montajı yapılmıştır.



Şekil 4.23 : Ünite kapağının hazneye montajı.

Ünite kapağının montajı da gerçekleştirildikten sonra su tankı yerine takılarak sistem tamamlanmış olur. Kapı üzerindeki nemlendirme ünitesinin ön görünüşü ve kesit görünüşü Şekil 4.24'te verilmiştir.

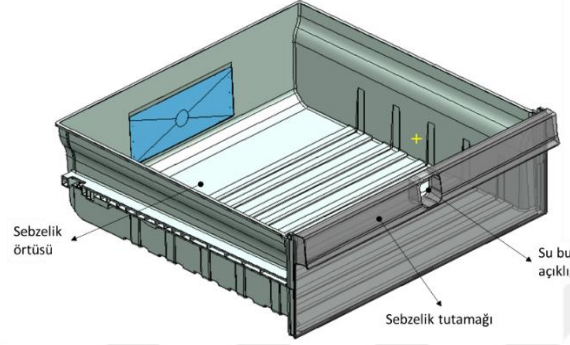


Şekil 4.24 : Su tankı ve ünitenin kapıya montaj edilmiş hali.

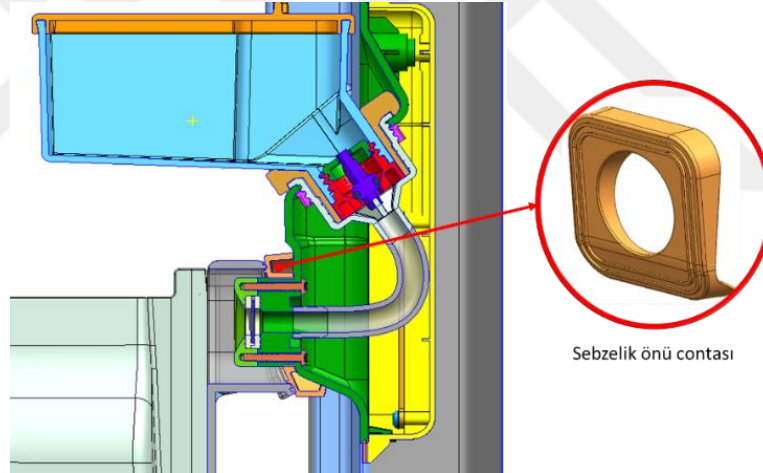
4.3 Su Buharının Sebzelik İçine Verilmesi

Sebzelik önündeki tutamağın bulunduğu parça üzerine bir boşluk oluşturularak, su buharının sebzelik içerisine verilmesi sağlanmaktadır (Şekil 4.25). Bu noktada, kapı

kapatıldığı zaman, sebzelik içerisinde oluşturulan nemli havanın dışarı çıkmasını engellemek için tutamak ile su buhar cihazı arasına alın contası eklenmiştir. Nemlendirme ünitesi ve su haznesi kapıya takıldıktan sonra bu conta da su buharı cihazı yuvasının etrafına geçirilerek sabitlenmesi sağlanır. Üzerinde bulunan şeritler sayesinde esnekliği artırılan conta, kapı kapatıldığında hava kaçağını engellemesi amaçlanmıştır (Şekil 4.26).

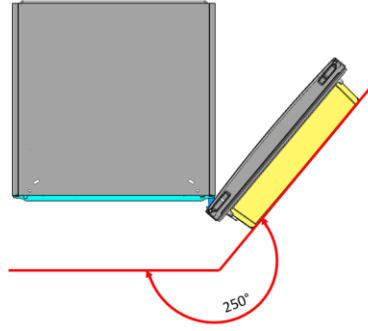


Şekil 4.25 : Sebzelik önü ek parça genel görünüş.



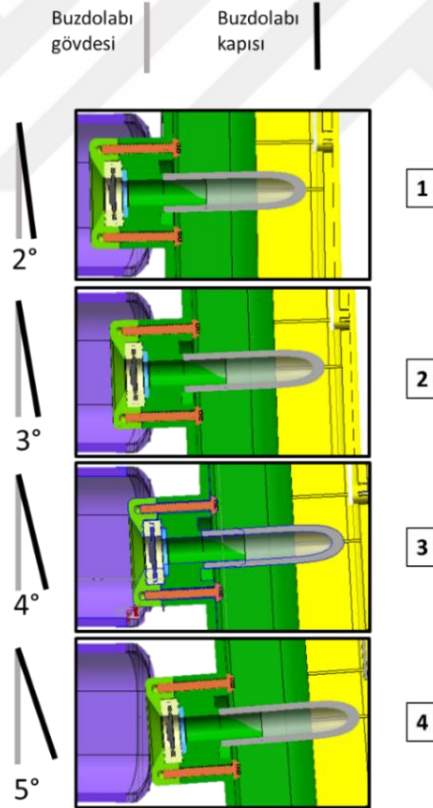
Şekil 4.26 : Sebzelik önü contası.

Buzdolabı kapısı iki noktadan mesnetli bir konstrüksiyona sahiptir. Burada mesnetleri oluşturan parçalar, kapı endüstriyel kapı menteşeleri ile aynı çalışma mantığında çalışmaktadır. Bu sebepten ötürü, buzdolabı kapısı açıldığında zemine dik olan bir eksen etrafında yaklaşık olarak 250° dönme hareketi yapabilmektedir. Buzdolabı kapısı açık haldeyken taramış olduğu alan Şekil 4.27’de gösterilmiştir.



Şekil 4.27 : Kapının maksimum açılma derecesi.

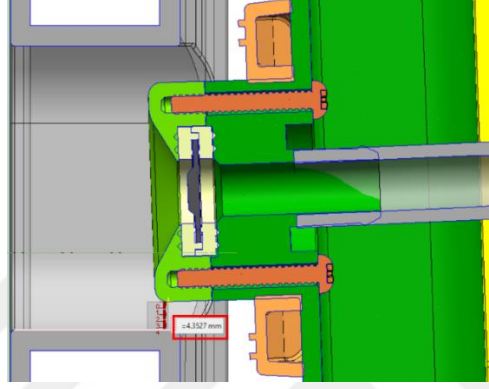
Kapının rotasyon hareketi süresince taradığı bir alan ortaya çıkmaktadır. Kullanılan sebzelik önü ek parçasının, bu hareket esnasında nemlendirme ünitesinin sebzelik tarafında bulunan ve su buharı cihazını muhafaza eden parçanın hareketini engellememesi gerekmektedir. Bunun için dönme açısı analizi yapılmış ve gerekli toleranslar verilmiştir. Kapının hareketi esnasında su buharı cihazının içinde bulunduğu parçanın yapmış olduğu hareket Şekil 4.28’de verilmiştir.



Şekil 4.28 : Su buharı cihazı yuvasının kapı açılışı sırasında yaptığı dairesel hareketin üstten görünüşü.

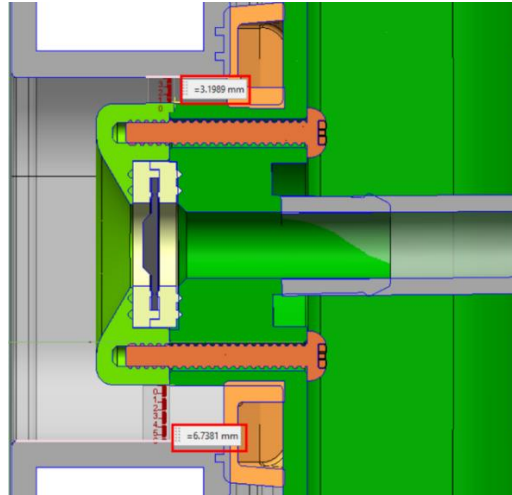
Su buharı yuvası toplamda 5°’lik bir hareket yaptığında, sebzelik önündeki ek parçadan tamamen kurtulabilmektedir. Bu hareketin dördüncü derecelik kısmında su

buharı cihazı yuvasının, sebzelik önü ek parçası ile en yakın temas mesafesine ulaşmaktadır. Şekil 4.28'teki görselin üçüncü karesinde bu mesafe görülebilmektedir. İkinci karenin büyütülmüş hali ise Şekil 4.29'da verilmiştir. Burada okunan değere göre, arada kalan mesafe 3.2 mm'dir. Bu mesafe, talaşlı imalat, plastik enjeksiyon kalıp ve termoform yöntemleri ile imalatı gerçekleşen parçalardan gelecek toleransları karşılamak için bırakılmıştır. Gerekli görüldüğün sebzelik önündeki ek parçanın revizyonu gerçekleştirilerek yerine daha geniş bir versiyonunun montajı gerçekleştirilebilir.



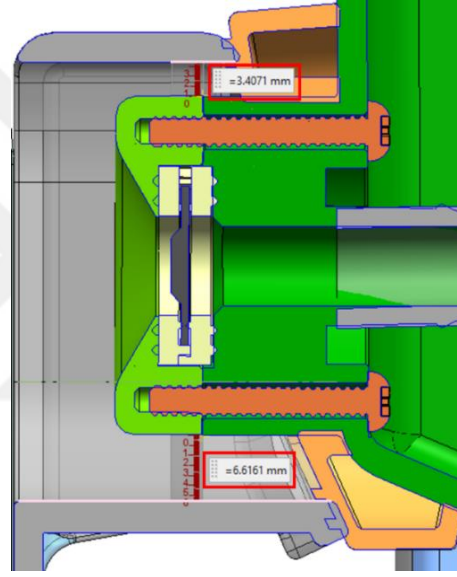
Şekil 4.29 : Su buharı cihazı yuvası ile sebzelik önü ek parçasının en yakın konumunun üstten görünüşü.

Kapının yapmış olduğu dairesel hareketin dönme merkezi su buharı cihazı yuvasının merkezinde olmamasından dolayı, su buharı cihazı yuvası ile sebzelik önü ek parçası arasında bırakılan mesafeler asimetrik olarak bırakılmıştır (Şekil 4.30).



Şekil 4.30 : Su buharı cihazı yuvası ile sebzelik önü ek parçası arasında kalan mesafelerin üstten görünüşü.

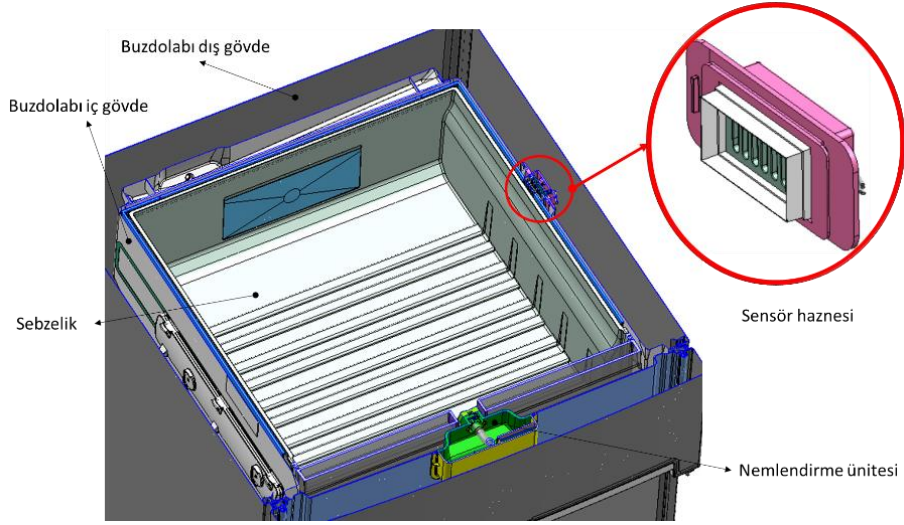
Aynı zamanda, kapının sürekli kullanımında menteşelerde meydana gelebilecek deformasyonlar ve kapı üzerinde bulunan plastik parçaların esnemesinden kaynaklı ölçü değişimlerini tolerans sınırları içerisinde bırakabilmek amacıyla, sebzelik önü ek parçası ile su buharı cihazı yuvası arasında düşey yeterli mesafeler bırakılmıştır. Bırakılan bu ölçüler Şekil 4.31’de görülebilmektedir. Buzdolabı kapısının çökme yönü yerçekimine bağlı olacağı için zemine doğru olacaktır. Bu sebepten, iki parça arasındaki alt kısmında kalan mesafenin daha fazla olması öngörülmüştür. Buzdolaplarında kullanılan mekanik parçaların ömürlerinin tespiti için yapılan testlerin sonuçlarına göre sebzelik önü ek parçası ile su buharı cihazı yuvası arasında bırakılan mesafenin 5 ile 8 mm arasında olmasına karar verilmiştir.



Şekil 4.31 : Su buharı cihazı yuvası ile sebzelik önü ek parçası arasındaki düşey mesafelerin yan kesit görünüşü.

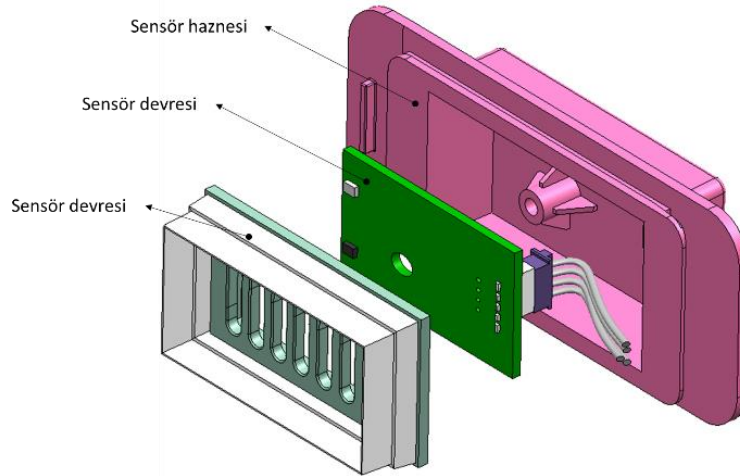
4.4 Sensörün Sabitlenmesi

Öncül sensör konumu testlerine göre en uygun sensör konumunun 2 numaralı konum olduğu belirlendikten sonra yapısal tasarım çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Sensörün yapısal tasarımdaki konumu Şekil 4.32’de gösterilmiştir.

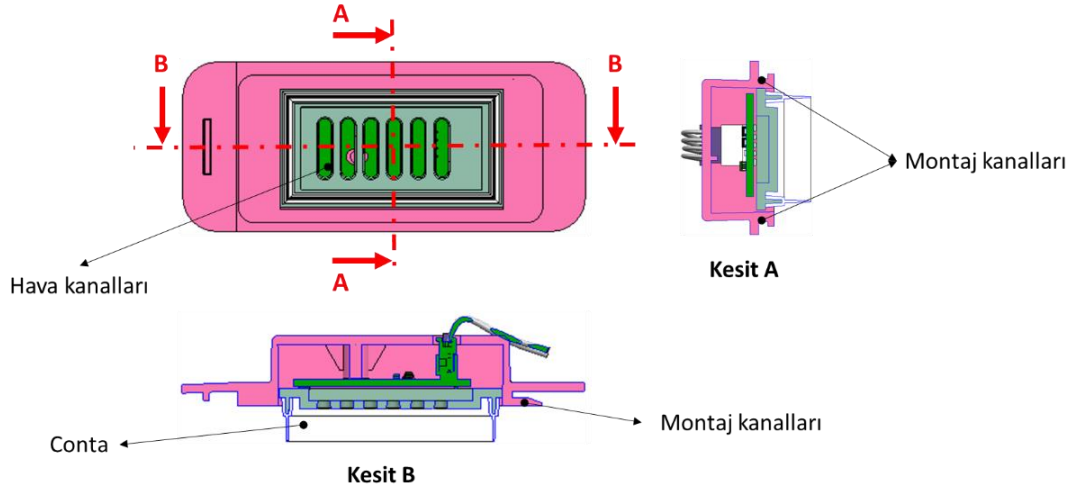


Şekil 4.32 : Sensör haznesi konumu izometrik kesit görünüşü.

Sensör grubu temel olarak hazne, devre kartı ve kapak olmak üzere üç adet parçadan oluşmaktadır (Şekil 4.33). Sensörün haznesinde bulunan 6 adet kanal bulunmaktadır. Aynı zamanda, bu kanallardan sebzelik örtüsü yan duvarında da bulunmaktadır. Sensör haznesinde bulunan contalı kapağın ağız kısmı sebzelik yan duvarı ile eşleşir. Bu sayede sebzelik iç ortamındaki hava sensöre aynı şekilde ulaşabilmektedir. Burada kanallı boşluk bırakılmasının sebebi, sebzelik içerisinde oluşturulan ortamın en az şekilde dışarı kaçmasını sağlamaktır. Oluşturulan bu kanallar, sensör haznesi, sensör devre kartı ve contalı kapak ile ilgili kesit görünüşler Şekil 4.34’te verilmiştir.

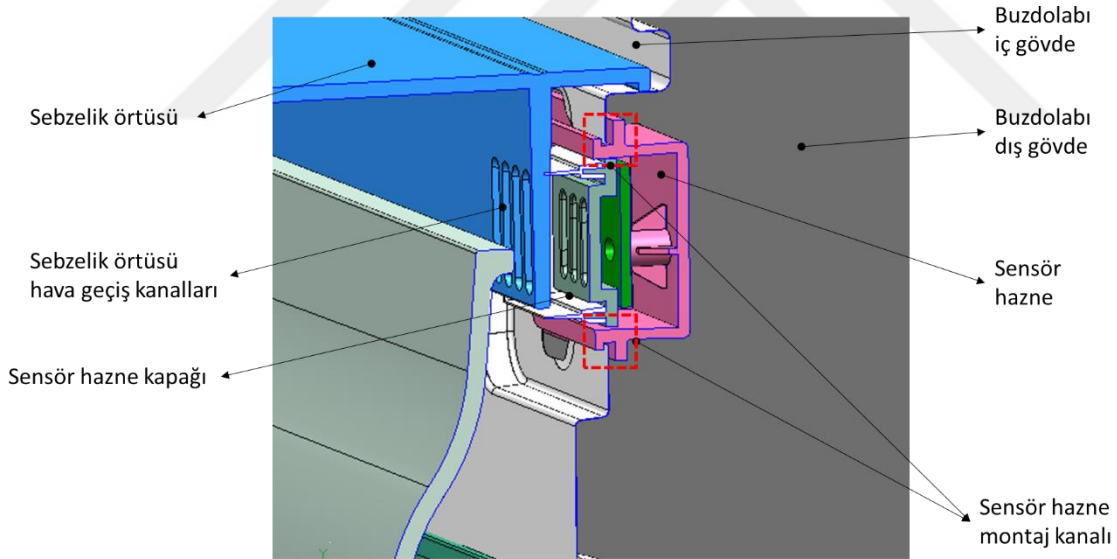


Şekil 4.33 : Sensör grubu temel parçaları.



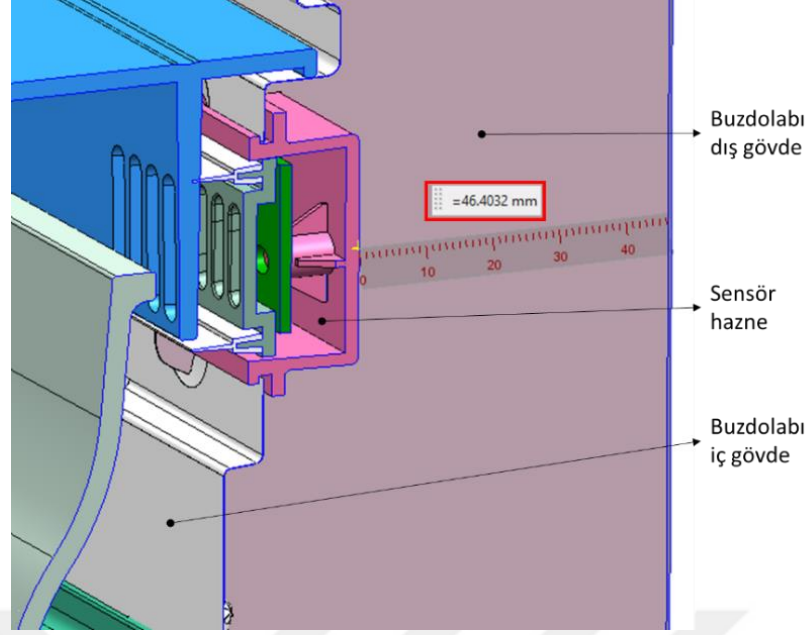
Şekil 4.34 : Sensör haznesi kesit görünüşleri.

Sensör haznesinin montajı, üzerinde bulunan kanalların buzdolabı iç gövdesi üzerine geçirilmesiyle gerçekleşir. Sensör haznesi yerleştirildikten sonra üzerine conta kapak kapatılır ve poliüretan sıkılarak, hazne ile buzdolabı dış gövdesi arasının doldurulması sağlanır (Şekil 4.35).



Şekil 4.35 : Sebzelik örtüsü hava geçiş kanalı ve sensör haznesi montaj detayı.

Buzdolabı içerisinde minimum poliüretan kalınlığının, terleme olmaması ve enerji tüketiminin artmaması için sensör haznesi ile buzdolabı dış gövdesi arasındaki mesafenin 46 mm olmasına karar verilmiştir (Şekil 4.35).



Şekil 4.35 : Sensör haznesi ile sebzelik örtüsü ve buzdolabı dış duvarı arasındaki mesafeler.

4.5 Tasarımın Doğrulanması

Sistemin tasarımının doğrulanabilmesi ve yapılacak gıda testlerinin gerçekleştirilebilmesi için prototip imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde prototip için yapılan ek tasarım ve imal edilmiş parçalar anlatılmıştır. Bu parçaların çoğunluğu yeni bir tasarıma sahip iken bazıları üzerinde değişiklik yapmak yeterli olmuştur. Aynı zamanda, prototipte çalışacağı düşünülen Arçelik bünyesinde kullanılan hazır sızdırmazlık elemanları yer almıştır.

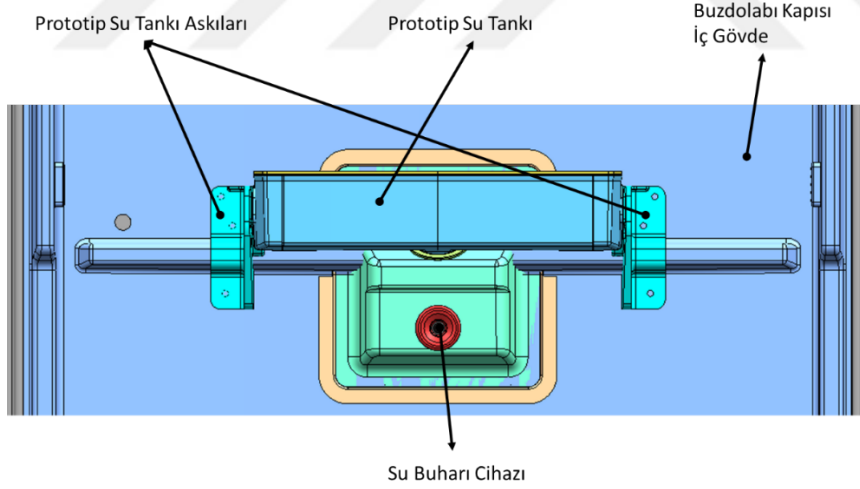
4.5.1 Prototip imalatı

Parçaların imalat yöntemleri arasında, katmanlı imalat yöntemlerinden olan SLA ve FDM teknolojisi kullanılmış. Su sızdırmazlığının gerekli görüldüğü parçalar SLA teknolojisi ile imal edilmiştir. SLA teknolojisi, sıvı haldeki reçine bazlı termoset plastik malzemenin UV ve lazer ışık altında katılaştırılma yöntemine dayanan ve yüksek yüzey kalitesi sağlayabilen katmanlı üretim yöntemidir [44]. Su sızdırmazlığının yüksek öneme sahip olmadığı basit parçalar ise FDM teknolojisi ile imal edilmiştir. FDM teknolojisi, günümüzde çoğu üç boyutlu yazıcının kullandığı, katı haldeki filamentin erime sıcaklığına kadar ısıtarak katmanlı bir şekilde birbiri üzerine yığılmasına dayanan imalat yöntemidir. FDM teknolojisinde sıklıkla kullanılan filament malzemeleri ABS ve PLA'dır [45]. Bu çalışmada FDM teknolojisi

ile imal edilen parçalarda malzeme olarak daha yüksek mukavemet değerlerine ve ömre sahip olan ABS kullanılmıştır. Kullanılan malzemenin mekanik ve termal özellikleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Kullanılan ABS malzemenin mekanik ve termal özellikleri.

Mekanik ve Termal Özellikler	Değer
Akma modülü	1681.5 MPa
Akma gerilmesi	39 MPa
Kopma gerilmesi	33.9 MPa
Akma birim uzama	4.8 %
Sertlik	97 (Shore A)
Camsı geçiş sıcaklığı	97 °C
Erime sıcaklığı	225 – 245 °C



Şekil 4.36 : Prototip için su tankı ve askıların tasarımı.

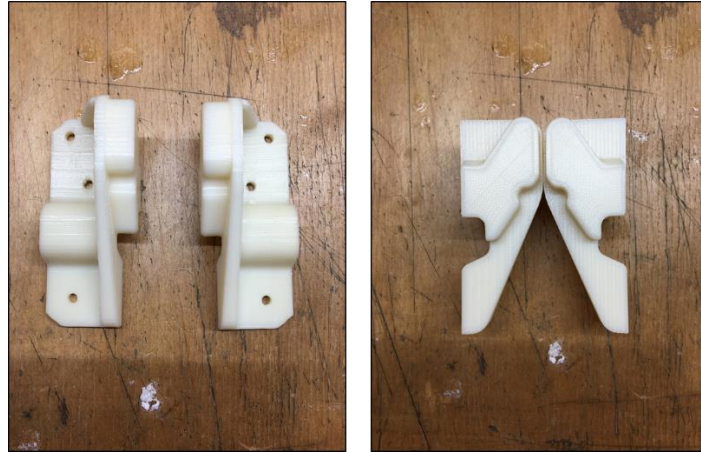
Şekil 4.36’deki görselde prototip için tasarlanan yeni su tankı, su tankı kapağı ve su tankı askıları görülmektedir. Prototip için ayrı bir tasarım yapılmasının sebebi, su tankının daha küçük boyutlarda da gıda testleri için kullanılabilecek olması, imalat süresinin ve kullanılacak malzemenin azaltılması ve buzdolabına yapılacak montajın kolay olmasıdır. Bu amaç ile, su tankının uzunluğu yarı yarıya kısaltılmıştır. Su tankının mevcut tasarımdaki konumu aynı kalacak şekilde, askıların tasarımı

yapılmıştır. Buna göre imalatı SLA teknolojisi ile reçine bazlı polimer malzemeden gerçekleştirilen su tankının prototipi Şekil 4.37’de görülmektedir.



Şekil 4.37 : Prototip su tankı.

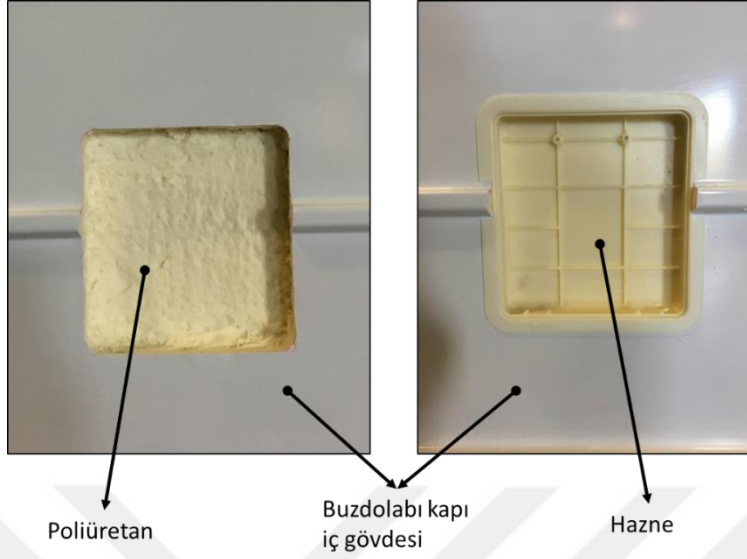
SLA teknolojisi ile olan katmanlı üretim yönteminde, en üstteki katmanın yüzey kalitesi, ilk başlanan katmanlara göre daha yüksek olmaktadır. Bu sebeple, Şekil 4.37’da gösterilen kızak detayları, yüzey kalitesi yüksek olacak şekilde bir üretim oryantasyonla üretilmiş ve bu sayede iki ABS yüzey arasında meydana gelecek sürtünme minimum hale getirilmiştir.



Şekil 4.38 : Prototip su tankı askıları.

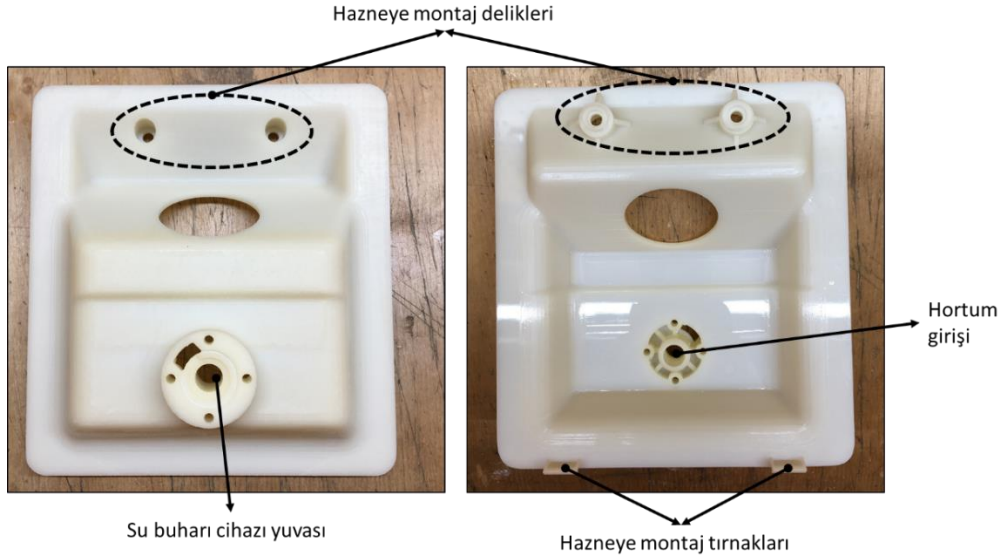
Şekil 4.37’deki kızak yuvaları ile eşleşecek olan ve askı üzerinde bulunan yüzeyler Şekil 4.38’da gösterilmiştir. Su tankı askılarında su sızdırmazlığı istenmediği için

FDM yöntemi ile ABS malzemeden üretilmesi yeterli olmuştur. Bu askılar daha sonra buzdolabı kapısı iç gövdesine üçer adet plastik vidası ile sabitlenmiştir.



Şekil 4.39 : Haznenin buzdolabı kapı iç gövdesine montajı.

Şekil 4.39’da haznenin buzdolabı kapı iç gövdesine montajı gösterilmektedir. İlk önce haznenin kapı iç gövdesindeki yeri bilgisayar ortamında gerçekleştirilen referans konuma göre belirlenmiştir. Daha sonra haznenin yerleşeceği boşluktaki poliüretan boşaltılmıştır. Daha sonra, FDM yöntemi ile ABS malzemeden imal edilmiş olan hazne yerine yerleştirilmiş ve yapıştırılarak sabitlenmiştir. Su sızdırmazlığı hazne için önemli bir parametre olmadığı için FDM teknolojisi ile üretilmiştir.



Şekil 4.40 : Prototip ünite kapağı.

Şekil 4.40'de hazneye montaj edilecek ünite kapağının prototipi görülmektedir. Hortum girişi kısmında ve su buharı cihazı yuvasında sızdırmazlığın istenmesinden dolayı bu parça SLA teknolojisi ile imal edilmiştir. Aynı zamanda, katmanlı üretim teknolojisinin özelliğinden dolayı parçalar anizotropik bir iç yapıya sahip olmaktadır. Bundan dolayı, hesaplanan tırnak et kalınlığında 1.25 emniyet katsayısı öngörülerek prototip üretimi gerçekleştirilmiştir.



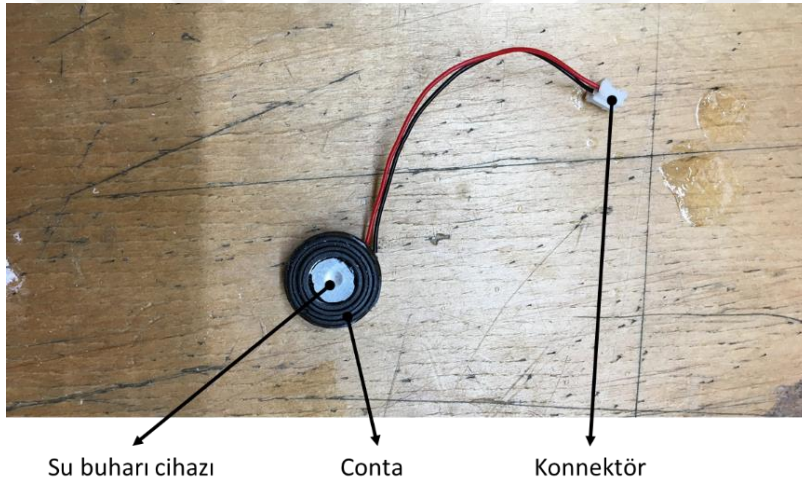
Şekil 4.41 : Prototip huni.

Şekil 4.41'de görülen huni parçası su sızdırmazlığının istendiği diğer bir parçadır. Bu sebeple, SLA teknolojisi kullanılarak reçine bazlı polimer malzeme ile imalat gerçekleştirilmiştir. Görseldeki hortum girişi ile Şekil 4.40'de görülen hortum girişi arasındaki sızdırmaz bağlantı kullanılacak silikon hortum ile sağlanmıştır. Daha sonra, huni ünite kapağında bulunan konumuna yerleştirilerek Şekil 4.42'teki sabitleme somunu ile sabitlemesi gerçekleştirilmiştir.



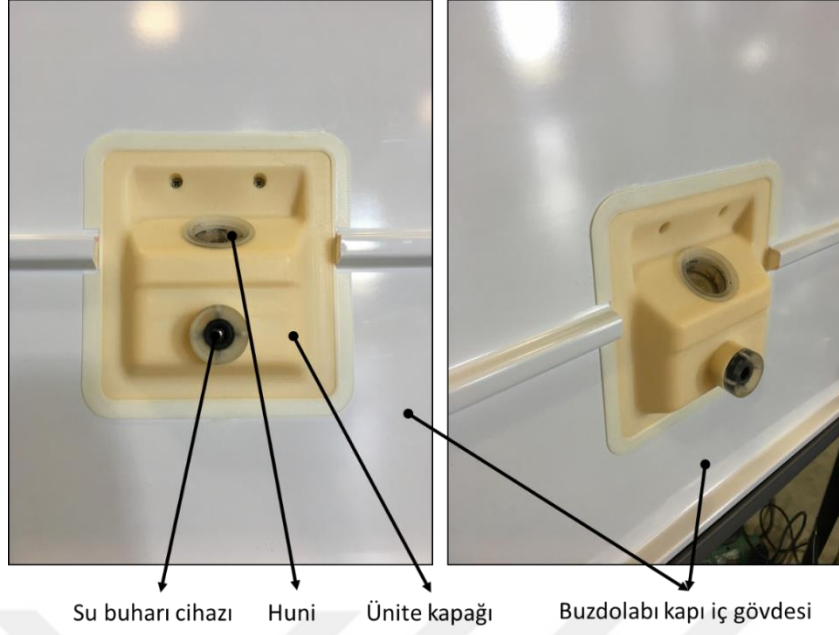
Şekil 4.42 : Prototip huni sabitleme somunu.

Şekil 4.42’te görülen sabitleme somunu prototipi FDM teknolojisi ile ABS malzemedan üretilmiştir.



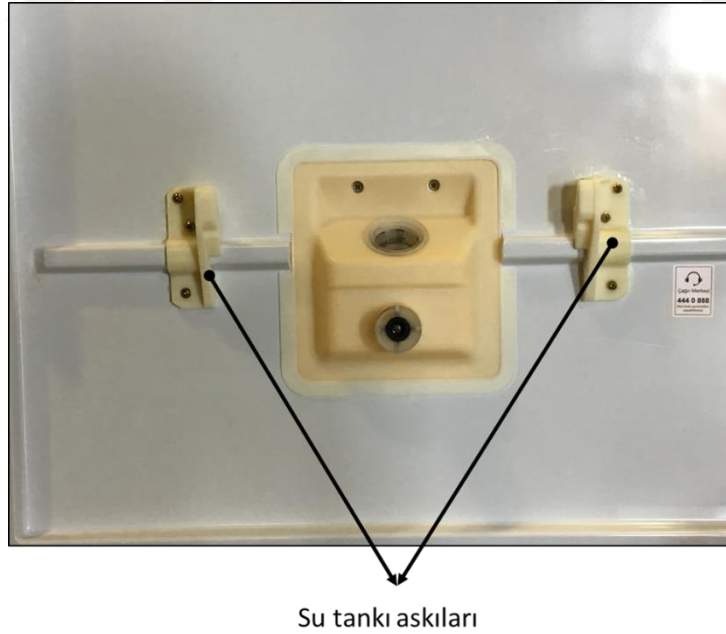
Şekil 4.43 : Prototip su buharı cihazı.

Şekil 4.43’te prototipte kullanılan su buharı cihazı görülmektedir. Cihazın etrafında bulunan conta 40 sertlik değerinde silikon malzemedan imal edilmiştir.



Şekil 4.44 : Prototip ünite kapağının buzdolabı kapısına montaj edilmiş hali.

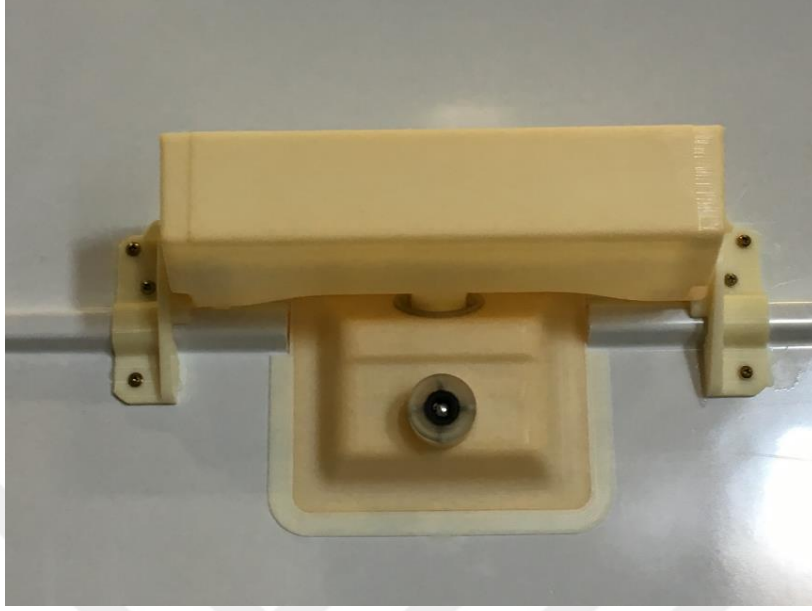
Şekil 4.44'te ünite kapağının buzdolabı kapısı iç gövdesi üzerindeki hazneye montaj edilmiş hali görülmektedir. Ünite kapağının montajı gerçekleştirilirken ilk önce alt taraftaki tırnaklar yerine geçirilir ve daha sonra üst taraftaki deliklerden M4 plastik vidası ile hazneye sabitlenir.



Şekil 4.45 : Prototip su tankı askılarının buzdolabı kapısı iç gövdesine montaj edilmiş hali.

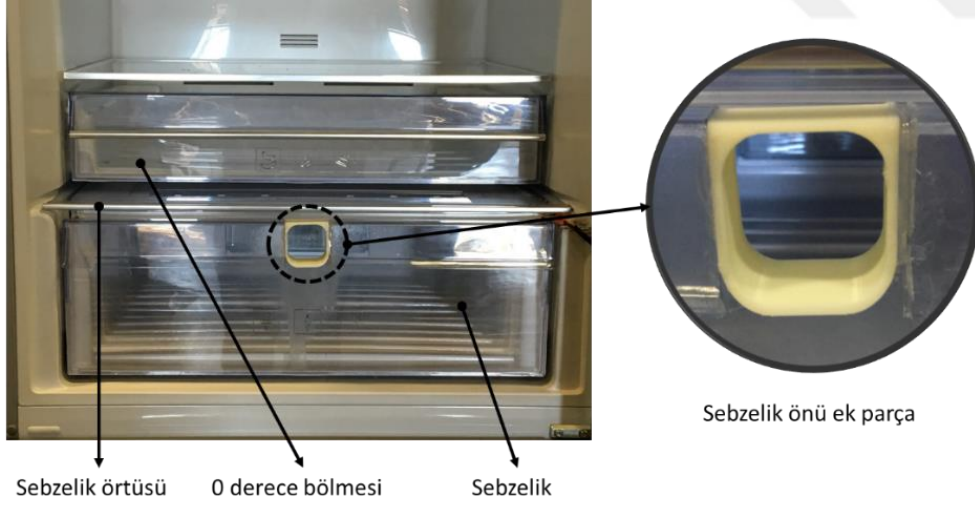
Şekil 4.45'de su tankı prototip askılarının buzdolabı kapı iç gövdesine montaj edilmiş hali görülmektedir. Askıların konumları, bilgisayar ortamında oluşturulan tasarım baz

alınarak belirlenmiştir. Daha sonra her birisi için üç adet M4 plastik vidası ile kapı iç gövdesine ve arkasında bulunan poliüretan köpüğe vidalanmıştır.



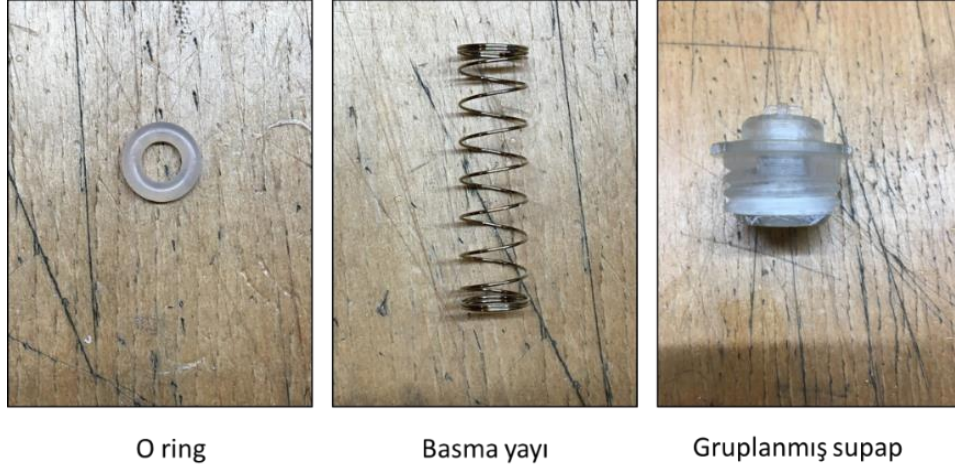
Şekil 4.46 : Prototip su tankının ünite kapağına ve askılara montaj edilmiş hali.

Şekil 4.46’da prototip su tankının ünite kapağına montaj edilmiş hali görülebilmektedir.



Şekil 4.47 : Prototip sebzelik önü ek parçası.

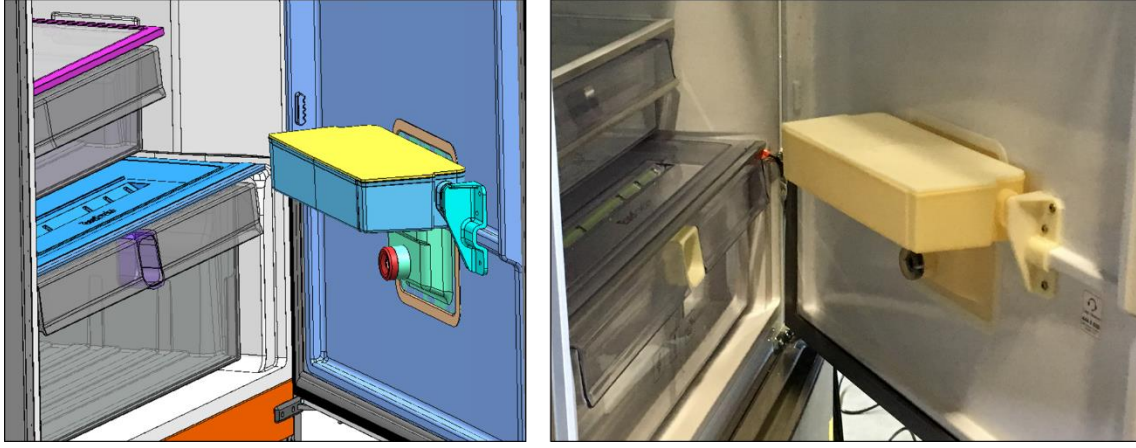
Şekil 4.47’de prototip için imal edilmiş olan sebzelik önü ek parçası görülmektedir. Bu parçada su sızdırmazlığının olmasına gerek olmadığı için FDM teknolojisi ile ABS malzemesinden üretilmiştir.



Şekil 4.48 : Prototip supap gruplanmış hali.



Şekil 4.48’de görülen prototip supap parçaları su sızdırmazlığının beklendiği parçalardandır. Bu sebeple, SLA teknolojisi kullanılarak üretimi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, Şekil 4.49’da görüleceği üzere su tankındaki yerine montajı gerçekleştirilmiştir. Katmanlı üretim tekniklerinde kaynaklı tolerans hatalarından dolayı, su sızdırmazlığının sağlanması için supap dış gövdesi etrafındaki dişlerine etrafına teflon bant sarılmıştır.



Şekil 4.50 : Prototip nemlendirme ünitesinin montaj edilmiş son hali.

Şekil 4.50'deki görselde nemlendirme ünitesi için üretilen prototipin montaj edilmiş son hali ve bilgisayar ortamında oluşturulmuş hali görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Tasarlanan nemlendirme ünitesinin gerçek anlamdaki faydasının gözlemlenebilmesi için gıda yüklü testler gerçekleştirilmiştir.

5.1 Gıda Testleri

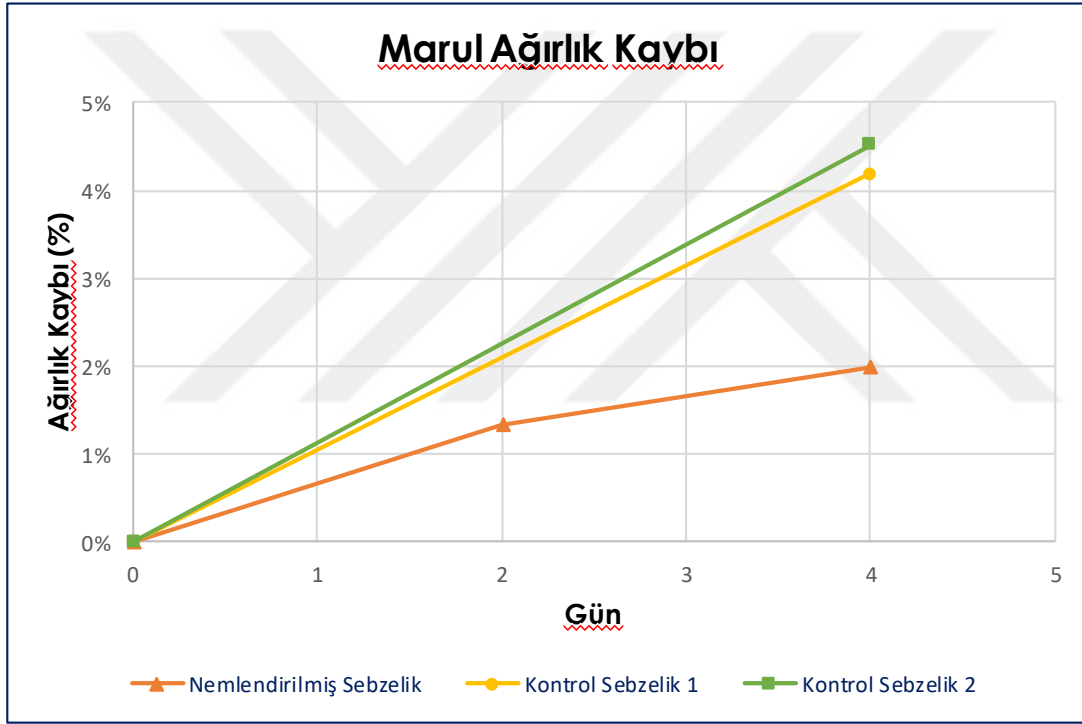
Nemlendirme ünitesinin çalışması için elektronik algoritma tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu algoritmaya göre sebzelik içerisindeki sıcaklık ve bağıl nem değerleri okunarak özgül nem hesaplamaları yapılmaktadır. Özgül nem miktarı için bir alt limit ve bir üst limit değeri belirlenmiştir. Hesaplanan özgül nem değeri alt limitten küçük ise sistem çalışmakta ve ortama su buharı verilmektedir. Ortamdaki özgül nem değeri üst limit aştığında ise su buharı cihazı kapanmaktadır.

Testler Şekil 5.1’de görülen 6 adet yarım göbek marul kullanılarak yapılmıştır. Marul sebzelerinin kullanılma amacı, su kaybının en hızlı şekilde gözlemlenebilen bitkilerden bir tanesi olmasından dolayıdır. Gıda testleri 4 gün boyunca devam etmiştir ve bu süre içerisinde buzdolabı kapısı ve sebzelik açılmamıştır. Bu süre sonunda ise marulların ağırlıkları ölçülmüş ve ilk ağırlıkları ile karşılaştırılmıştır. Ağırlık kayıplarına bakılmasının sebebi; marulların ağırlıklarının çoğunluğunun sudan meydana gelmesi ve oluşan ağırlık kaybının da sudan kaynaklanacağıdır. Su kaybının gerçekleşmesi ise, sebze ve meyvelerin tazelikleri ile doğru orantılıdır.



Şekil 5.1 : Gıda testleri için kullanılan göbek marulları.

Aynı zamanda, kontrol dolaplarında da göbek marul yüklü testler gerçekleştirilmiştir. Bu iki test birbiri ile kıyaslanarak ağırlık kayıplarındaki farklar görülmüştür. Bu farklar incelendiğinde ise su buharı uygulaması yapılmayan kontrol dolaplarında bulunan göbek marulların ağırlık kayıplarının 4 gün sonunda, su buharı uygulaması yapılan dolaplara göre 2 kat daha fazla olduğu görülmüştür. Şekil 5.2’de görülen grafikte, nemlendirilmiş sebzelik ve kontrol sebzeliklerinde bulunan göbek marulların ağırlık kayıplarının yüzdesel oranları verilmiştir. Bu oranlar incelendiğinde, kontrol dolaplarındaki marulların ağırlıklarının 4 gün sonunda %4’ün üzerinde olacak şekilde kaybettikleri görülmektedir. Nemlendirilmiş sebzelikteki marulların su kaybetme oranları ise %2 civarlarında kalmıştır.



Şekil 5.2 : Marul testlerindeki ağırlık kaybı oranları.

Sonuç olarak, nemlendirilme yapılan sebzeliklerde bulunan marulların ağırlık kayıp oranı, nemlendirilme yapılmayan sebzeliklerdeki marulların ağırlık kayıp oranının %50’si civarında kalmıştır.

5.2 Değerlendirmeler

Tez çalışmasında, Arçelik A.Ş. Merkez AR-GE Garage & Maker Lab. Yöneticiliğinde yürütülen, buzdolabı sebzeliklerinin nemlendirilmesi için çalışılan konseptte buzdolabı iç gövdesine entegre edilebilen bir nemlendirme ünitesi tasarım alternatifleri

alışılmıştır. Çalışmanın başlangıcında gerçekleştirilen literatür ve patent araştırmasında gıdaların saklanma koşulları incelenmiş, sıcaklık ve nemin etkisi üzerinde durulmuştur.

Konstrüksiyon sistemiği yaklaşımına uygun olarak problem tarifi yapılmıştır. Problemi karşılayacak istekler listesi üzerinden soyutlamalar yapılarak temel fonksiyon meydana getirilmiştir. Temel fonksiyonu yerine getirecek fonksiyon strüktürü ve alt elemanları çalışılmıştır. Fonksiyona uygun 4 farklı alternatif çözüm ortaya çıkartılarak bilgisayar ortamında tasarımları gerçekleştirilmiştir. Alternatiflerin değerlendirilmesi için öncül su buharı yayılım testleri ve öncül sensör konumu belirleme testleri yapılmıştır. Alternatif tasarımlar arasında objektif bir değerlendirme yapılmıştır. Gereksinimleri en yüksek seviyede karşılayan tasarımlardan bir tanesi seçilmiş ve detay tasarımı yapılmıştır.

Yapılan detay tasarım su tankının konumlandırılması, nemlendirme ünitesinin konumlandırılması, su buharının sebzelik içerisine verilmesi ve sensörün konumlandırılması başlıkları altında incelenmiştir. Her bir başlık montaj sırasına göre kurgulanarak anlatılmıştır. Sistemin testlerinin yapılabilmesi montaj kurgusunun tekrardan gözden geçirilebilmesi için farklı eklemeli imalat metotları kullanılarak prototipi yapılmıştır. Mevcut buzdolabı kapı gövdesinde değeriklikler yapıldığı için ısı analiz yapılarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Ancak bu analizler bu çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

Detay tasarımı yapılan konseptte, su haznesine yer aabilmek adına buzdolabı kapısındaki en alt raf 60 mm yukarı ötelenmiştir. Meydana getirilen bölgeye nemlendirme nitesi ve su haznesi konumlandırılmıştır. Kapı rafında bulunan su doldurma aparatı ile su haznesi doldurulabilmektedir. Su haznesinin altında bulunan supap yardımı ile içerideki su nemlendirme ünitesinde bulunan su buharı oluşturma cihazına hortum ile iletilmektedir. Cihazın yuvası ile sebzelik n eşleşmektedir. Sistemdeki elektronik kart ile kontrol edilen su buharı oluşturma cihazı çalıştığında sebzelik i ortamına su buharı belirli aralıklarla verilmektedir. Aynı zamanda, buzdolabı i gövdesinde sıcaklık ve nem sensörü konumlandırılmıştır. Sebzelik i ortamındaki sıcaklık ve nem seviyesine göre sensör ile elektronik kart haberleşmektedir. Bu sayede amaçlanan nemlendirme işlemi kontrollü bir şekilde gerçekleşmektedir.

Yapılan bu çalışma ile, sebzelikteki sebze ve meyvelerin tazeliklerini uzun süre koruyacak nemlendirme ünitesi tasarımı yapılarak prototip imalatı gerçekleştirilmiştir. Nemlendirme ünitesinin faydasının gözlemlenebilmesi adına marul üzerinde su kaybının incelendiği gıda testleri gerçekleştirilmiştir. Bu testlere göre, nemlendirmenin marulların su kaybını %50 oranında azalttığı görülmüştür. Tasarlanan sistemin faydasının daha derin olarak anlaşılması için farklı senaryolar oluşturularak gıda testleri gerçekleştirilebilir. Aynı zamanda bu çalışmada gerçekleştirilen nemlendirme ünitesi tasarımı gelecekte farklı tip buzdolaplarına uyarlanabilecektir.



KAYNAKLAR

- [1] **Kocatürk, S.** (2013). *Soğutulan bir hacim içerisinde yatay yüzey altında yoğuşmanın gıdalara ilişkin ısı-kütle transferi ile birlikte irdelenmesi.* (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] **Becker, B. R. Misra, A. ve Fricke, B. A.** (1996). Bulk Refrigeration of Fruits and Vegetables Part 1: Theoretical Considerations of Heat and Mass Transfer, *HVAC&R Research*, Vol.2, No.2, p.122-134.
- [3] **Lee, S. K. ve Kader, A. A.** 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biol. Technol.* 20, 207-220.
- [4] **Tirawat, D., Flick, D., Merendet, V., Derens, E. ve Laguerre, O.** (2016). Combination of fogging and refrigeration for white asparagus preservation on vegetable stalls. *Postharvest Biol. Technol.* 124, 8-17.
- [5] **Brown, T., Corry, J. E. L. ve James, S. J.** (2004). Humidification of chileld fruit and vegetables on retail display using an ultrasonic fogging system with water/air ozonation. *International Journal of Refrigeration.* 27, 862-868.
- [6] **Hung, D. V., Tong, S., Tanaka, F., Yasunaga, E., Hamanaka, D. ve diğ.** (2011). Controlling the weight loss of fresh produce during postharvest storage under a nano-size mist environment. *Journal of Food Engineering.* 106, 325-300.
- [7] **Saenmuang, S., Al-Haq, M. I., Makino, Y., Kawagoe, Y., ve Oshita, S.** (2012). Particle size distribution of nano-mist in a spinach-storage atmosphere and its effect on respiration and qualities. *Journal of Food Engineering.* 112, 69-77.
- [8] **Stein, M. A., Inan, C., Bullard, C., ve Newell, T.** (2002). Closed door moisture transport in refrigerator/freezers. *International Journal of Energy Research.* 26, 793-805.
- [9] **Kuyumcu, Y., ve Kocatürk, S.** (2012). Buzdolabında Aktif Nem Kontrolü Uygulaması ve Nem Sensörü Fizibilite Çalışması, *Arçelik A.Ş. Ar-Ge Araştırma Raporu*, İstanbul, Türkiye.
- [10] **ARCELIK ANONİM SİRKETİ** (2010). *WO Patent No.* WO2010/029041(A1)
- [11] **MITSUBISHI ELETRIC CORP.** (2013). *EP Patent No.* EP2662639(B1)
- [12] **GOLD STAR CO. LTD.** (1988). *KR Patent No.* KR910000134B1(D1)
- [13] **IND PATENTS CORP.** (1940). *US Patent No.* US2199485(D2)
- [14] **BSH BOSCH UND SIEMENSHAUSGERATE GMBH** (2016). *CN Patent No.* CN105408712 (A)

- [15] **BSH BOSCH UND SIEMENS HAUSGERATE GMBH** (2015). *WO Patent No.* WO2015086433(A1)
- [16] **WHIRPOOL CO.** (2011). *EP Patent No.* EP2372275(A2)
- [17] **TOSHIBA CORP.** (2009). *JP Patent No.* JP2009030866(A)
- [18] **BSH BOSCH UND SIEMENS HAUSGERATE GMBH** (2015). *DE Patent No.* DE102013225716(A1)
- [19] **BSH BOSCH UND SIEMENSHAUSGERATE GMBH** (2017). *DE Patent No.* DE102015214210(A1)
- [20] **BSH BOSCH UND SIEMENSHAUSGERATE GMBH** (2017). *DE Patent No.* DE102016210705(A1)
- [21] **BSH BOSCH UND SIEMENSHAUSGERATE GMBH** (2015). *DE Patent No.* DE102014202122(A1)
- [22] **SUZHOU SAMSUNG ELECTRONICS Co. Ltd.** (2015). *US Patent No.* US8998177 B2
- [23] **BSH BOSCH UND SIEMENSHAUSGERATE GMBH** (2017). *DE Patent No.* DE102015214208(A1)
- [24] **BSH BOSCH UND SIEMENS HAUSGERATE GMBH** (2016). *US Patent No.* US2016313048(A1)
- [25] **BSH BOSCH UND SIEMENSHAUSGERATE GMBH** (2019). *CN Patent No.* CN105980798(B)
- [26] **BSH BOSCH UND SIEMENSHAUSGERATE GMBH** (2015). *DE Patent No.* DE102013213208(A1)
- [27] **BSH BOSCH UND SIEMENSHAUSGERATE GMBH** (2017). *DE Patent No.* DE102015214211(A1)
- [28] **BSH BOSCH UND SIEMENSHAUSGERATE GMBH** (2016). *DE Patent No.* DE102015201404(A1)
- [29] **BSH BOSCH UND SIEMENSHAUSGERATE GMBH** (2018). *DE Patent No.* DE102016221753(A1)
- [30] **BSH BOSCH UND SIEMENSHAUSGERATE GMBH** (2014). *DE Patent No.* DE102013210481(A1)
- [31] **BSH BOSCH UND SIEMENSHAUSGERATE GMBH** (2017). *DE Patent No.* DE102015214215(A1)
- [32] **Dobre, M., ve Bolle, L.** (2001). Practical design of ultrasonic spray devices: experimental testing of several atomizer geometries. *Experimentel Thermal and Fluid Science.* 26, 205-211.
- [33] **Kudo, T., Sekiguchi, K., Sankoda, K., Namiki, N., ve Nii, S.** (2016). Effect of ultrasonic frequency on size distributions of nanosized mist generated by ultrasonic atomization. *Ultrasonics Sonochemistry.* 37, 16-22.
- [34] **Url-1** < <https://www.sensirion.com/en/environmental-sensors/humidity-sensors/digital-humidity-sensors-for-various-applications/>>, erişim tarihi, 02.02.2020

- [35] **Url-2** < http://wiki.seeedstudio.com/Grove-TempAndHumi_Sensor-SHT31/>, erişim tarihi, 02.02.2020
- [36] **MEB**, Soğutma Sistemi Elemanları, Elektrik-Elektronik Teknolojisi, Ankara, 2011.
- [37] **Evsen, O.** (2019). *Ticari buzdolaplarında enerji verimliliği yüksek yeni nesil kondenser tasarımının sayısal incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- [38] **Url-3** < <http://tr.fluorined-chemical.com/hfc-refrigerant/tetrafluoroethane-gas-hfc-134a-refrigerant.html> >, erişim tarihi, 15.01.2020
- [39] **Url-4** < https://www.arcelik.com.tr/teknolojiler/no-frost-buzdolabi/kahvaltılık-0_bolmesi >, erişim tarihi 19.01.2020
- [40] **MEB**, Soğutma ve Soğutucular, Elektrik-Elektronik Teknolojisi, Ankara, 2012
- [41] **Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote K.H.** *Engineering Design: A System Approach (3th ed.)*, Germany, Elsevier ,2007
- [42] **Kumlutaş, D., ve Yılmaz, U.** (2008). Binalarda vakum izolasyon panelleri kullanılmasının soğutma yüküne etkisi. *Mühendis ve Makina*. 49, 583.
- [43] **Url-5** < https://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~/3M-Extreme-Sealing-Tape-4412G/?N=5002385+8710960+8713621+3293241061&preselect=8710676+8710815&rt=rud >, erişim tarihi, 25.05.2020
- [44] **Url-6** < <https://www.tridi.co/3d-baski-sla> >, erişim tarihi, 07.05.2020
- [45] **Url-7** < <https://arti90.com/portfolio-item/fdm-teknolojisi/>>, erişim tarihi, 07.05.2020



ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Ogün HIZAR
Doğum Yeri ve Tarihi : Bandırma, 1994
E-Posta : ogunhizar@gmail.com

Öğrenim Durumu:

- **Lisans** : 2018, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği