

**ÖN SOĞUTMASIZ YAYINIMLI SOĞURMALI
SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN BÜYÜK
HACİMLERDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

**2013
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

Adem MEMİŞOĞLU

**ÖN SOĞUTMASIZ YAYINIMLI SOĞURMALI SOĞUTMA
SİSTEMLERİNİN BÜYÜK HACİMLERDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

Adem MEMİŞOĞLU

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Ocak 2013**

Adem MEMİŞOĞLU tarafından hazırlanan "ÖN SOĞUTMASIZ YAYINIMLI SOĞURMALI SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN BÜYÜK HACİMLERDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN DENEYSSEL OLARAK İNCELENMESİ" başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğuna onayladım.

Yrd. Doç. Dr. Bahadır ACAR



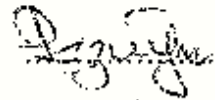
Tez Danışmanı, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 18/ 01/ 2013

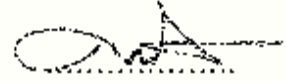
Üyvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

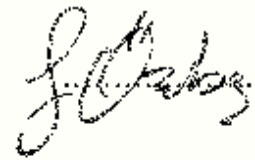
Başkan : Doç. Dr. Ziyaeddin RECEBLİ (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Bahadır ACAR (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Engin ÖZBAS (OMÜ)

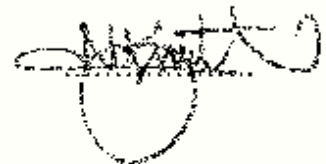


...../...../2012

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıŐtır.

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Adem MEMİŞOĞLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÖN SOĞUTMASIZ YAYINIMLI SOĞURMALI SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN BÜYÜK HACİMLERDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Adem MEMİŞOĞLU

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Bahadır ACAR

Ocak 2013, 59 sayfa

Bu çalışmada; uzun yıllardır bilinmekle birlikte son yıllarda güncel olmaya başlayan soğutma teknolojileri ele alınmıştır. Öncelikle soğutmanın güncel olmasını sağlayan koşullar gözden geçirilmiş, daha sonra soğutmada kullanılacak teknolojiler sınıflandırılmıştır. Teorik olarak kullanılacak teknolojiler arasından günümüzde pratik hayata geçirilmesi mümkün olan yayınlı soğurmalı soğutma sistemleri ele alınmıştır. Bu çalışmada ön soğutmasız yayınlı (difüzyonlu) soğurmalı soğutma (YSS) sistemi deneysel ve teorik olarak incelenmiştir. Ön soğutmasız yayınlı (difüzyonlu) soğurmalı soğutma sisteminde (YSS) soğutucu akışkan olarak amonyak (NH_3), soğurucu akışkan olarak su (H_2O) ve difüzör olarak helyum (He) gazı kullanılmıştır. Ön soğutmalı ve ön soğutmasız sistemler incelenip bu sistemlerde yapısal değişiklikler yapılarak daha büyük bir hacmi soğutma işlemi hedeflenmiş ve

yeni bir ön soğutmasız yayınlı soğurmalı soğutma sistemi (YSS2) imal edilmiştir. Tasarımı yapılan sistemin deneyleri yapılmış sonuçlar kaydedilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Yayınlı soğurmalı soğutma sistemi, amonyak, helyum.

Bilim Kodu : 708.1.038

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

PRE-COOLING THE USABILITY OF LARGE VOLUMES OF DIFFUSION ABSORPTION REFRIGERATION EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SYSTEMS

Adem MEMİŞOĞLU

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Energy Systems Engineering

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Bahadır ACAR

January 2013, 59 pages

In this study, for many years, started to become known in recent years with the current cooling technologies are discussed. First cooling conditions that allow current to be revised, then awarded for cooling technologies. Technologies that can be used as a practical implementation of theoretical possible diffusion absorption refrigeration systems today are discussed. In this study, pre-cooled diffusion (diffusion) absorption refrigeration system (DAR) system were investigated experimentally and theoretically. Pre-cooled diffusion (diffusion) absorption refrigeration system (ISS) as a refrigerant ammonia (NH_3) as the absorber fluid water (H_2O) and diffuser as a helium (He) gas was used. Pre-cooling and pre-cooling systems, these systems examined and structural modifications targeted on a larger cooling volume and a new diffusion pre-cooled absorption refrigeration system (DAR2) is made. Design of experiments, the system can be made from the results.

Key Words : Diffusion absorption refrigeration, Ammonia, Helium.

Science Code : 708.1.038

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütölmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren Yrd. Doç. Dr. Bahadır ACAR ve Yrd. Doç. Dr. Engin ÖZBAŞ'a teőekkürlerimi borç bilirim.

Bu tez çalıőmasının hazırlanmasında değerli yardımlarını esirgemeyen ve her türlü kolaylığı sağlayan Salim BOZ ve Yüksel AKU'ya teşekkür ederim.

Aynı zamanda tezin tamamlanmasında emeği geçen tüm arkadaşlarıma sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Sevgili aileme, maddi ve manevi yardımlarını esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	3
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
BÖLÜM 3.	9
YAYINIMLI SOĞURMALI SOĞUTMA SİSTEMLERİ	9
3.1. GİRİŞ.....	9
3.2. YAYINIMLI SOĞURMALI SOĞUTMA SİSTEMLERİ.....	10
3.3. SİSTEMDE KULLANILAN AKIŞKANLAR	11
3.3.1. Soğutucu Gaz Olarak Amonyak	12
3.3.2. Soğurucu Akışkan Olarak Su	13
3.3.3. Basınç Dengeleyici Gaz Olarak Helyum	13
3.4. DALTON YASASI VE YSS SİSTEMLERİYLE İLİŞKİSİ	14
3.5. ÖN SOĞUTMALI YAYINIMLI SOĞURMALI SOĞUTMA SİSTEMİ.....	15
3.5.1. YSS1 Sistemi İle Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Sisteminin Karşılaştırılması	16
3.5.2. YSS Sistemi İçin Zayıf Çözelti Çevrimi	17
3.5.3. YSS Sistemi İçin Amonyak ve Helyum Çevrimi	19

Sayfa

3.6. ÖN SOĞUTMASIZ YAYINIMLI SOĞURMALI SOĞUTMA SİSTEMİ ...	21
3.6.1. Ön Soğutmasız YSS Sisteminin Tasarımı	22
3.6.2. Ön Soğutmasız YSS Sisteminin Çalışması	23
BÖLÜM 4.	25
YSS SİSTEMLERİ İÇİN SOĞUTMA TESİR KATSAYISI	25
4.1. ÖN SOĞUTMASIZ YSS SİSTEMİNİN SOĞUTMA ÇEVİRİMİ.....	29
BÖLÜM 5.	30
METARYAL VE METOD	30
5.1. ISI KAYNAĞINA GÖRE YSS SİSTEMLERİNİN ANALİZİ.....	30
5.2. ISI KAYNAĞI OLARAK ELEKTRİKLİ ISITICI KULLANIMI	30
5.3. SİSTEMİN DENEY DÜZENİĞİNİN KURULMASI.....	31
5.4. SİSTEMİN SICAKLIK ÖLÇÜM NOKTALARI	38
BÖLÜM 6.	39
DENEYSEL BULGULAR	39
BÖLÜM 7.	51
SONUÇ VE ÖNERİLER	51
7.1. SONUÇLAR	51
7.2. ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Dalton 'un kısmı basınçlar yasası.....	14
Şekil 3.2. Ön soğutmalı yayınımlı soğurmalı soğutma sistemi YSS1	16
Şekil 3.3. YSS1 zayıf çözelti çevrimi	18
Şekil 3.4. YSS1 amonyak ve helyum çevrimi	20
Şekil 3.5. Ön soğutmasız yayınımlı soğurmalı soğutma sistemi	22
Şekil 3.6. Ön soğutmasız ve ön soğutmalı sistemlerin buharlaştırıcıları	23
Şekil 3.7. Ön soğutmasız YSS2 sisteminin çevrim şeması.....	24
Şekil 4.1. STK hesabı için kullanılan değerlerin cihaz üzerindeki yerleri.....	25
Şekil 4.2. REFPROP programı ile ilgili etiket.	27
Şekil 4.3. REFPROP programı ile saf amonyağın termodinamik özellikleri	27
Şekil 4.4. REFPROP programı ile elde edilen amonyak-su için T-x grafiği	28
Şekil 4.5. REFPROP programıyla bulunan amonyak-su karışımının özellikler.....	28
Şekil 4.6. YSS2 sisteminin soğutma çevrimi T-s diyagramı	29
Şekil 5.1. YSS sistemi için tasarlanan kaynatıcı bölgesinin görünümü.....	31
Şekil 5.2. YSS sistemi için tasarlanan yoğuşturucu bölgesinin görünümü.....	32
Şekil 5.3. YSS sistemi için tasarlanan buharlaştırıcı bölgesinin görünümü	33
Şekil 5.4. YSS sistemi için tasarlanan soğurucu bölgesinin görünümü.....	34
Şekil 5.5. Tasarımı yapılan YSS sisteminin genel çizimi	35
Şekil 5.6. YSS sisteminin basıncını ölçmek için sistem üzerinde manometre.....	36
Şekil 5.7. Tasarımı yapılan YSS sisteminin genel görünümü.....	37
Şekil 5.8. Tasarımı yapılan YSS sisteminin sıcaklık ölçüm noktaları.	38
Şekil 6.1. YSS için kaynatıcı çıkış noktasının sıcaklık dağılımı.....	40
Şekil 6.2. YSS için kaynatıcı giriş noktasının sıcaklık dağılımı	41
Şekil 6.3. YSS için kabarcık pompası çıkış noktasının sıcaklık dağılımı	42
Şekil 6.4. YSS için kabarcık pompası çıkış noktası	42

	<u>Sayfa</u>
Şekil 6.5. YSS için yoğuşturucu giriş noktasının sıcaklık dağılımı.....	43
Şekil 6.6. YSS için yoğuşturucu çıkış noktasının sıcaklık dağılımı	44
Şekil 6.7. YSS için yoğuşturucu çıkış noktası	44
Şekil 6.8. YSS için sıvı amonyağın buharlaştırıcıya giriş noktasının dağılımı.....	45
Şekil 6.9. YSS için buharlaştırıcı giriş noktasının sıcaklık dağılımı.....	46
Şekil 6.10. YSS için buharlaştırıcı giriş noktasının görünümü.....	46
Şekil 6.11. YSS için buharlaştırıcı çıkış noktasının sıcaklık dağılımı	47
Şekil 6.12. YSS için sistemin basınç dağılımı.	48
Şekil 6.13. YSS için sistemin basınç göstergesi.	48
Şekil 6.14. YSS için dış ortam sıcaklık değerleri.....	49
Şekil 6.15. YSS için kaynatıcı bölgesindeki sıcaklık dağılımı.....	50

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- °C : Santigrat (Derece Celsius)
A : Alan (m²)
E : Toplam verim
I : Devreden çekilen akım (Amper)
mbar : Milibar (Hava basıncı)
ml : Mililitre
m/s : Saniyedeki metre
m² : Metrekare
R : Devreden çekilen güç (Watt)
Q : Isı
T : Sıcaklık
v : Özgül hacim
h : Entalpi
V : Hız
W : İş
w : Kütle oranları
x : Derişim
g : Yerçekimi İvmesi
m : Kütle
P : Basınç
c : Işık hızı
C : Özgül ısı

KISALTMALAR

- YSS : Yayınımlı soğurmalı soğutma
YSS1 : Ön Soğutmalı Yayınımlı Soğurmalı Soğutma
YSS2 : Ön Soğutmasız Yayınımlı Soğurmalı Soğutma
STK : Soğutma Tesir Katsayısı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İnsanlık tarihinin başlangıcından günümüze ve geleceğe doğru sürekli bir gelişim göstermekte olan teknolojinin temelinde hep insan konforu olmuştur. Enerjinin verimli kullanılması ve enerji maliyetinin azaltılması konusunda birçok çalışma yapılmış ve yapılmaktadır. Küresel ısınmanın meydana getirdiği olumsuzluklar ile birlikte daha da ön plana çıkan “Çevre Bilinci” kavramı da bundan sonraki teknolojik gelişmelere konfor faktörünün yanı sıra yeni bir yaklaşımı da gündeme getirmiştir. Kısacası teknolojik gelişmelerde sadece konfor değil aynı zamanda çevrecilik ve ekonomiklik de etkin ve belirleyici bir rol oynamaktadır.

Konfor denilince akla gelen birçok unsur vardır bunlardan birisi de “Soğutma”dır. Bir maddenin veya ortamın sıcaklığını onu çevreleyen hacim sıcaklığının altına indirmek ve orada muhafaza etmek üzere ısının alınması işlemine soğutma denir. Kısaca ısının bir ortamdan çekilerek başka bir ortama aktarılması işlemidir.

Gelişen teknoloji ile birlikte kullanılan enerji kaynaklarının çevreye vermiş oldukları zararlar sonucu son yıllarda “Yenilenebilir Enerji Kaynakları” üzerine yapılan araştırmaların oldukça hız kazandığı ve ciddi yatırımların yapıldığı görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından ilk akla gelenler ise rüzgâr ve güneş enerjisidir. Bu enerji kaynakları doğrudan kullanılabilirdiği gibi, elektrik üretimi ile dolaylı olarak da kullanılabilir. Kullanıma sunulan bir imalatın elektrik dışında aynı zamanda “Alternatif Enerji Kaynakları” ile çalışabilmesi de yine geliştirilen teknolojiye bir üstünlük kazandırmaktadır. Kullanılan bir cihazın yerine ve konumuna göre başka bir enerji kaynağıyla da çalıştırılabilmesi tüketici açısından önemli bir tercih sebebi olabilmektedir.

Genel bir ifade ile geliştirilen bir teknolojinin hem çevreci olması hem de yenilenebilir enerji kaynağı ile kullanılabilmesi araştırmacılar açısından, bunların yanı sıra alternatif enerji kaynakları ile de çalıştırılabilmesi pazarlama açısından en önemli hedefdir. Araştırma konusu olarak Alternatif bir enerji kaynağı ile de çalışabilen soğutmanın seildiğı bu çalışmada “evrecilik” ve “alternatif enerji kaynakları” açısından bir uygulama yapılmıştır. Soğurmalı soğutma sistemleri; sistem olarak kesik kesik (aralıklı) alışan ve sürekli (aralıksız) alışan şeklinde sınıflandırılır. Ev tipi (domestic), karavan, yat vs. şeklindeki araçlarda, endüstriyel ve iklimlendirme uygulanma alanlarına sahiptir. Ayrıca gaz yağı, doğalgaz, LPG, buhar, elektrikli ısıtıcı ve güneş enerjisi gibi ısı kaynakları ile çalışırlar.

Yayınımlı soğurmalı soğutma evrimi (YSS) ilk olarak von Platen ve Munters tarafından ortaya atılmış ve günümüze kadar buzdolaplarında yaygın olarak kullanılmıştır. evrimde soğutucu akışkan olarak amonyak, soğurucu akışkan olarak su, basınç dengeleyici gaz olarak da helyum gazı kullanılmıştır [4]. Bu sistem, çevrimde sıvı amonyak ön soğutmaya tabi tutulmadığından “Ön Soğutmalı” olarak adlandırılabilir.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Kouremenos ve Stegou-Sagia Üç akışkanlı soğurmalı soğutmada basınç dengeleyici gaz olarak kullanılan hidrojenin yerine helyum gazının kullanılabilirliğini üzerine bir çalışma yapmışlardır. Amonyak-helyum gaz karışımındaki amonyağın ve amonyakhidrojen gaz karışımındaki amonyağın özelliklerini geliştirilen bir bilgisayar programı ile karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir [1].

Smirnov vd. Yayınımlı soğurmalı ev tipi soğutucularda ısı transfer panellerinin kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Kristal tip yapıya sahip paneller ile 20°C dış ortam sıcaklığında -15°C'ye ve 43°C dış ortam sıcaklığında -1°C'ye ulaşılmıştır [2].

Eames ve Wu Yeni tip ejektör gücü ile soğurma ve emiş çevrimli soğutucu üzerine teorik bir çalışma yapmışlardır. Lityum-bromür akışkanının kullanıldığı sistemde ejektör kullanımı ile tek etkili sistemlere göre daha iyi soğutma tesir katsayısı (STK) elde edilmiştir [3].

White, Yayınımlı soğurmalı soğutma sistemlerindeki kabarcık pompası üzerine bir inceleme yaparak kabarcık akışını görüntülemişlerdir. Ayrıca soğutucu olarak amonyağın, soğurucu olarak suyun ve basınç dengeleyici olarak kullanıldığı The von Plantes ve Munters tarafından bulunan çevrimin dışında, soğutucu olarak bütanın, soğurucu olarak suyun ve basınç dengeleyici olarak da amonyağın kullanıldığı Einstein soğutma çevrimi de ele alınmıştır [4].

Shi vd. Ejektörlü soğurmalı ısı dönüştürücüler üzerine yaptıkları çalışmada, tek kademeli ısı dönüştürücü, iki kademeli ısı dönüştürücü, çift soğurmalı ısı dönüştürücü ve ejektörlü soğurmalı ısı dönüştürücü sistemlerinin performansları karşılaştırılmıştır. Ejektörlü soğurmalı sistemde ejektör soğurucu girişine

bağlanmıştır. Elde edilen verilere göre ejektörlü soğurmalı sistemin performansı diğerlerine göre daha yüksek çıkmıştır [5].

Sözen ve Arcaklıoğlu Yapay sinir ağıları tekniğini kullanarak ejektörlü soğurmalı ısı dönüştürücünün ekserji kayıplarını incelemişlerdir. Çalışma ısı güneş havuzundan sağlanan sistemin performansının yükseltilmesi amacıyla soğurucu girişinde bir ejektör kullanılmıştır [6].

Srihirin ve Aphornratana Soğutucu akışkan olarak amonyak, soğurucu akışkan olarak suyun ve basınçlandırıcı gaz olarak da helyumun kullanıldığı yayınlı soğurmalı soğutma sistemi üzerine yaptıkları çalışmada sistem performansının kuvvetli şekilde kabarcık pompasının karakteristik özelliği ile buharlaştırıcı ve soğurucu kütle transfer performansına bağlı olduğunu ortaya koymuşlardır [7].

Jiang vd. Üç basınçlı soğurmalı-ejektörlü karma soğutma sistemi ile küçük çift etkili soğurmalı soğutma sisteminin soğutma tesir katsayılarını (STK) karşılaştırmışlardır. Ejektörlü sistemin STK'sı 0,9–1,0 kadar, çift etkili sistemin ise biraz daha düşük çıkmıştır. Ayrıca, her iki sistem ekonomiklik açısından da değerlendirilmiş ve yıllık olarak ejektörlü sistemin toplam maliyeti çift etkili sistem göre daha düşük bulunmuştur [8].

Jakob vd. Çalışma ısını güneş enerjisinden sağlayan bir yayınlı soğurmalı soğutma sisteminin tasarım ve imalatını yaparak termodinamik analizini gerçekleştirmişlerdir. Tasarımı yapılan sistem, otel ve karavanlarda kullanılan 40-200 W kapasiteli soğutucudan farklı olarak, 2,5 kW kapasiteli olacak şekilde imal edilmiştir. Sistemde soğutucu akışkan olarak amonyak, soğurucu akışkan olarak su ve basınç dengeleyici gaz olarak da helyum kullanılmıştır. Güneş kolektörünün çıkış sıcaklığı 120°C–160°C, buharlaştırıcı sıcaklığı ise +5°C ile -10°C kaydedilmiştir [9].

Koyfman vd. Yayınlı soğurmalı soğutma sistemlerinin performansını etkileyen en önemli parçası olan kabarcık pompası üzerine deneysel bir çalışma yapmışlardır. Soğutucu olarak R22 akışkanının kullanıldığı düzenekte ısı kaynağı olarak 140W, 160W, 180W, 200W, 220W ve 240W'lık güce sahip elektrikli ısıtıcılar

kullanılmıştır. Deneysel çalışma boyunca en yüksek kaynatici çıkış sıcaklığı ortalaması 90°C'nin altında seyretmiştir. Bu durum, soğutucu olarak hidrokloroflorokarbon (HCFC) akışkanlarının kullanıldığı sistemlerin güneş enerjisi gibi düşük ısı kaynaklarının sistemin çevrimi için kullanılabilirliğini ortaya koymuştur [10].

Arslan ve Eğrican Deneysel olarak inceledikleri buzdolabı uygulamasında kullanılan yayınlı soğurmalı soğutma sisteminin termodinamik analizini yapmışlardır. Tamamen ısı güç ile çalışan bu sistemlerin performansı düşüktür. Yapılan çalışmada sistem üzerindeki ısı kayıpları belirlenerek ısı kayıplarının azaltılması ile sistem performansının artırılması amaçlanmıştır. Deneysel verilerin ve teorik çalışmaların sonucunda sistemin bazı bölgelerindeki kayıpların çevrimin tamamlanabilmesi için mutlaka olması gerekli olduğu, bazı bölgelerdeki ısı kayıplarının ise gereksiz olduğunu tespit etmişlerdir. Bu gereksiz ısı kayıplarının önlenmesi ile sistem performansında belirgin bir iyileşmenin meydana geleceğini termodinamik analiz ile ortaya koymuşlardır [11].

Moreira vd. Soğutucu olarak amonyak, soğurucu olarak su ve basınç dengeleyici olarak da helyumun kullanıldığı yayınlı soğurmalı soğutma sistemi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışmada sistemdeki kaynatici, kabarcık pompası, saflaştırıcı, yoğuşturucu, sıvı ısı değiştirici, soğurucu ve depo, genleşme bölgesi, buharlaştırıcı, amonyak ön soğutma bölgesi ve gaz ısı değiştirici Termodinamiğin I. ve II. kanununa göre incelenmiştir [12].

Zohar vd. Yayınlı soğurmalı soğutma sistemlerinin performansını arttırmaya yönelik bu çalışmalarında buharlaştırıcı üzerinde yapısal bir değişikliğe giderek normal kullanımda ön soğutmaya tabi tutulan sıvı amonyağı, ön soğutmaya tabi tutmadan doğrudan buharlaştırıcıya bağlamışlardır. Teorik olarak yapılan inceleme sonucunda sistem performansının ön soğutmasız yapılı sistemde ön soğutmalı (normal) sisteme göre %14–20 civarında arttığını belirlemişlerdir [13].

Chen ve Herold, Yayınlı soğurmalı soğutma sistemlerinin çevrim akışını arttırmaya yönelik bir çalışma yapmışlardır. Bunun için ısı değiştiricili yeni bir kaynatici

tasarımı ve imalatı yapmışlardır. Araştırma sonucunda yeni kaynatıcı tasarımı ile soğutma tesir katsayısı, değişiklik yapılmamış sisteme göre %50'den fazla ciddi bir iyileşmeyi sağlamıştır [14].

Sözen ve Özalp, Gerekli ısının güneş enerjisinden sağlandığı ejektörlü soğurmalı soğutma sistemi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Amonyak-su çifti kullanıldığı ejektörlü sistem ve Türkiye'deki güneş enerjisi potansiyeli ile çalışılabilirliği termodinamik olarak incelenmiştir [15].

Sözen ve Özalp, Amonyak-su çifti ile çalışan soğurmalı soğutma sistemlerinde ejektör kullanımı ile sistem performansını arttırmaya yönelik bir çalışma yapmışlardır. Yoğuşturucu girişine bağlanan ejektör ile sisteme üçlü basınç meydana getirilerek sistemin soğutma tesir katsayısı %49 arttırılmıştır [15].

Lin vd. Bir dizel motorunun atık ısı ile çalıştırılan yayınlı soğurmalı soğutucuların karakteristik özelliklerini incelemiştir. Ayrıca bu ısı kaynağı ile AC, DC elektrikli ısıtıcılar ile LPG gazının kullanıldığı ısıtıcının performansları karşılaştırılmıştır. Sonuçta dizel motorun atık ısıyla, AC ve DC elektrikli ısıtıcılara göre daha iyi bir performans sağlanmıştır [16].

Orian ve Levy, Üçlü basınç ile çalışan soğurmalı soğutma sistemi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Üçlü basınç için sistemde buharlaştırıcı ile soğurucu arasına bir ejektör bağlantısı yapılmıştır. Akışkan olarak organik çözeltilerin kullanıldığı sistemde ejektörün püskürtme açısının, oluşan püskürmeli akışın çekirdeği ile ilgili özelliklerin farklı basınçlar altındaki durumları deneysel olarak incelenmiştir [17].

Zohar vd. Yaptıkları teorik çalışmada yayınlı soğurmalı soğutma sisteminde organik bir soğurucu olarak DMAC (dimethylacetamide) ve soğutucu olarak R22, R32, R124, R125 ve R134a akışkanlarının performansını karşılaştırmışlardır. Sistemlerde basınçlandırıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır. Elde edilen veriler ayrıca amonyak-su çifti ile karşılaştırılmış ve STK'nın (soğutma tesir katsayısı) en yüksek değeri 0.298 ile amonyak-su çiftinde, en düşük 0.136 ile DMAC-R32 çiftinde

elde edilmiştir. Organik soğurucu ile incelenen beş soğutucudan STK'nın en yüksek değeri 0.224 ile DMAC-R22 çiftinde elde edilmiştir [18].

Zohar vd. Bu çalışmalarında yayımlı soğurtmalı soğutma sisteminde kullanılan amonyak-su ve çalışma akışkanlarından hidrojenin yerine helyum kullanılması durumunu termodinamik bir model ile incelemişlerdir. İnceleme sonucunda helyum kullanımının hidrojene göre çok daha iyi olduğu ve soğutma tesir katsayısının %40 kadar artış gösterdiği belirlenmiştir [18].

Ben Jemaa vd. Soğutucu olarak amonyağın, soğurucu olarak suyun ve basınç dengeleyici gaz olarak hidrojenin kullanıldığı yayımlı soğurtmalı soğutma sisteminin ekserji analizini yapmışlardır. İnceleme neticesinde diğer soğutma sistemlerine göre soğutma tesir katsayısı düşük çıkmıştır [19].

Zohar vd. Yaptıkları başka bir çalışmada yayımlı soğurtmalı soğutma sistemlerindeki kaynaticı ile kabarcık pompasının (bubble pump) yapısında değişiklik yaparak çevrimin performansını incelemişlerdir. Normalde dış cidar kaynaticı iç cidar kabarcık pompası şeklinde iç içe bir yapıda iken, bunun yanı sıra kaynaticı ile kabarcık pompası tamamen ayrı ve kısmen ayrı olmak üzere 2 farklı yapı daha tasarlanmıştır. Analizler sonucu bu üç yapı arasından, kaynaticı ile kabarcık pompasının tamamen ayrı olduğu yapıda en düşük verim elde edilmiştir. Ancak bu yapıda verilen ısı doğrudan zengin çözeltiliye ulaşmış, diğerlerinde ise ısı zayıf çözeltiliye geçtikten sonra zengin çözeltiliye ulaşmıştır [20].

Özbaş, Yaptığı çalışmada yayımlı (difüzyonlu) soğurtmalı soğutma (YSS) sistemini deneysel ve teorik olarak incelemiştir. YSS sisteminde soğutucu akışkan olarak amonyak (NH_3), soğurucu akışkan olarak su (H_2O) ve difüzör olarak helyum (He) gazı kullanmıştır. Tasarımı ve imalatı yapılan sistem için elektrik enerjisi, alternatif enerji kaynaklarından LPG ve yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi ısı kaynağı olarak tercih edilmiştir. Elektrik ısıtıcılı sistemin performansını artırmak amacıyla iki ayrı tasarım geliştirmiştir: (i) Ön soğurtmalı sistemde yapısal değişiklikler yaparak ön soğutmasız sistem (YSS2) imal etmiştir. (ii) Ön soğurtmalı sistemin absorber girişine yerleştirilen bir enjektörün kullanıldığı sistemin (YSS3)

tasarım ve imalatını yapmıştır. Elektrik enerjisi ile yaptığı deneylerde iç ortam sıcaklığı 3°C ile en iyi sonuca ön soğutmalı enjektörlü sistemde (YSS3) ulaşmışken, soğutma tesir katsayısı bakımından dolaşım oranının yüksek olmasından dolayı ön ön soğutmasız sistemde (YSS2) %27 ile en iyi verimi elde etmiştir. Ayrıca enjektör kullanımı ile ön soğutmalı sistemin performansının %26 arttığını görmüştür. Sistemin yenilenebilir enerji kaynakları ile çalışması sonucu ülkemizin zengin güneş enerjisi kaynağının soğutma sistemlerinde de kullanılabileceğini deneysel olarak göstermiştir [21].

Erbecer, Yaptığı çalışmada ön soğutmasız yayımlı soğurmalı soğutma (YSS) sistemini deneysel ve teorik olarak incelemiştir. YSS sisteminde soğutucu akışkan olarak amonyak (NH₃), soğurucu akışkan olarak su (H₂O) ve difüzör olarak helyum (He) gazı kullanmıştır. Tasarım ve imalatı yapılan sistemde yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi ısı kaynağı olarak tercih etmiştir. Güneş enerjisinin ısı kaynağı olarak kullanıldığı ön soğutmalı ve ön soğutmasız sistemleri Meydana geldiğini gözlemlemiş ve güneş enerjisinin soğutma sistemlerinde kullanılabilceğini deneysel olarak göstermiştir [22].

BÖLÜM 3

YAYINIMLI SOĞURMALI SOĞUTMA SİSTEMLERİ

3.1. GİRİŞ

Soğutma, ortam sıcaklığını çevresinde bulunan diğer ortamlara göre daha düşük bir sıcaklığa getirme ve bu sıcaklık üzerinde kararlı kalmanın sağlanmasıdır. Soğutulacak ortam katı, sıvı ve buhar fazında olabilir. Soğutulacak ortamdaki ısı duyulur veya gizli ısı etkisi, ışıma, kimyasal reaksiyon, termoelektrik ve manyetik etkilerle ısı çekilebilir. Soğutma işleminin sürekli olması amacıyla çevrimler oluşturulur [25].

Soğutma işleminin gerçekleşebilmesi için ısı enerjisinin sıcaklığı düşük bir ortamdaki, sıcaklığı daha yüksek bir ortama doğru akması gerekir. Termodinamiğin II. Kanunu ile ilgili ifadesinde; sıcaklık yüksek olan bir ortamdaki düşük olan bir ortama kendiliğinden serbest olarak geçiş yapar ama sıcaklık düşük olan bir ortamdaki yüksek olan bir ortama kendiliğinden serbestçe geçiş yapamaz, İşlemler topluluğundan meydana gelen herhangi bir çevrimde, çevrim dışarıdan bir güç almadan düşük sıcaklıktaki bir kaynaktan ısı alarak, daha yüksek sıcaklıktaki bir diğer kaynağa ısı veremez. Dolayısıyla soğutma olayının gerçekleşebilmesi için çevrim dışarıdan ek bir güce gereksinim duyar [26].

Günümüzde soğutulacak malzemeye, miktarına, soğutma yapılacak yere, istenilen sıcaklık değerine, vb. nedenlere bağlı olarak değişiklik gösteren soğutma çevrimleri kullanılmaktadır [27].

3.2. YAYINIMLI SOĞURMALI SOĞUTMA (YSS) SİSTEMLERİ

Soğurmalı soğutma sisteminin buzdolaplarında kullanılmasının geçmişi çok eskilere dayanmaktadır. Elektrik enerjisinin yaygın olarak kullanılmadığı dönemlerde, buzdolaplarında soğutma sistemi olarak ısı gücü ile çalışan soğurmalı sistem kullanılmıştır. Hatta bu sistem için buzdolabı uygulamasında kullanılan ilk soğutma sistemi de denilebilir. Fakat elektrik enerjisinin yaygınlaşması ile birlikte yerini klasik kompresörlü sisteme bırakmıştır. Kompresörlü sistemlerin buzdolaplarındaki kullanımının yaygınlaşması, soğurmalı soğutma sistemi üzerinde yapılan çalışmaları da uzun bir süre yavaşlatmıştır. Fakat kompresörlü sistemlerdeki gürültü sorununun çözülememiş olması, sessiz çalışma özelliğine sahip olan soğurmalı sistemi kısmen tercih edilir bir hale getirmiştir. Böylelikle soğurmalı sistem üzerinde yapılan çalışmalar son yıllarda tekrar hız kazanmıştır [5].

Soğurmalı soğutma çevrimi ilk olarak von Platen ve Munters tarafından ortaya atılmış ve günümüze kadar buzdolaplarında yaygın olarak kullanılmıştır. Bu çevrimde sistem içerisinde üç akışkan dolaşmaktadır. Soğutucu akışkan olarak amonyak, soğurucu akışkan olarak su, basınç dengeleyici gaz olarak da hidrojen veya helyum gazı kullanılır [3].

Büyük kapasiteli soğurmalı soğutma sistemlerinde eriyiğin dolaşımı soğurucu ile kaynatıcı arasına konan bir mekanik pompa ile sağlanmaktadır. Ev tipi küçük kapasiteli yayımlı soğurmalı soğutma sistemlerinde ise buharlaştırıcı ve soğurucu arasında dolaşan hidrojen veya helyum gazının kısmi basıncından yararlanarak soğurucu ile kaynatıcı arasındaki basınç farkı dengelenir. Böylece sistem basıncının sabit kalması nedeniyle eriyik dolaşımı için mekanik pompaya gerek kalmaz [32].

Sistemdeki dolaşım, sabit basınç altında habbecik pompasının akışkanları yukarıya doğru hareket ettirmesi ve yerçekiminin de akışkanları aşağı yönde hareket ettirmesi ile sağlanmaktadır [10].

Sistemin bazı bölgelerinde basınç küçük değişiklikler gösterse de toplam basınç göz önüne alındığında bu değişikliklerin ihmal edilebilecek seviyelerde olduğu söylenebilir [10].

Yapılan ilk deneylerde kaynatıcı, buharlaştırıcı ve soğurucu basınçları ölçülmüş ve aralarında oldukça küçük basınç farkının olduğu gözlemlenmiştir. Bundan dolayı sonraki deneylerde sadece kaynatıcının basıncı ölçülmüş ve bu ölçüm değeri sistem basıncı olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda basınç dengeleyici gaz olarak kullanılan hidrojen veya helyumun sistem içindeki bir diğer görevi ise sistemin basıncını belirlemektir [10].

Ayrıca sistemin ısı gücü ile çalışması ve çevrimdeki dolaşımın hiçbir mekanik parça içermeyen habbecik pompası (bubble pump) ile sağlanması sisteme sessiz çalışma imkânı da vermektedir [3].

Pompasız ev tipi yayınımlı soğurmalı soğutma sisteminin çalışması aşağıda belirtilen iki esasa dayanır;

- Yüksek miktarlardaki amonyağın, düşük basınçta soğuk su tarafından emilmesi (soğurulması) ve yüksek sıcaklık ve basınçta ayrılması özelliğine,
- Amonyak buharının yüksek basınç ve sıcaklıkta yoğunlaşması ve düşük sıcaklıkta buharlaşma özelliğine bağlıdır [32].

3.3. SİSTEMDE KULLANILAN AKIŞKANLAR

Ev tipi küçük kapasiteye sahip olan yayınımlı soğurmalı soğutma sistemlerinde, soğutucu akışkan olarak amonyak, soğurucu akışkan olarak su, basınç dengeleyici gaz olarak da hidrojen veya helyum gazı kullanılır [3].

Amonyak-su çözeltisinin kullanıldığı yayınımlı soğurmalı soğutma sistemlerinde seçilecek nötr gazın amonyak-su çözeltisinden daha hafif olması istenir. Ayrıca nötr gazın özelliği öyle olmalıdır ki, amonyağın bu gaz içerisinde yayınımlı (difüzyonu)

kolaylıkla gerçekleşebilsin. Bu şartlara uygun nötr gaz olarak, genellikle hidrojen (H₂) ve helyum (He) kullanılır [32].

Yayınımlı soğurmalı soğutmalı sistemlerde basınç dengeleyici gaz olarak uzun yıllar boyunca hidrojen gazı kullanılmıştır. Buharlaşmanın sağlanabilmesi için, soğutucu akışkanın kısmi basıncının düşürülmesi ve basınç dengeleyici gaz içerisine yayılarak buharlaşabilmesi gerekmektedir. Bu gereklilik düşünüldüğünde sistem için en uygun olan basınç dengeleyici gaz hidrojen gazıdır. Fakat hidrojen gazının yanıcı bir gaz olması alternatif basınç dengeleyici gaz arayışlarını gündeme getirmiştir. Bu bağlamda hidrojene alternatif olarak helyum gazı kullanılmaya başlanmıştır. Helyum gazının hidrojene alternatif olmasında, helyumun diğer alternatif gazlara göre viskozite değerinin düşük, yayılım (difüzyon) katsayısının yüksek olmasının büyük bir etkisi vardır [19].

3.3.1. Soğutucu Gaz Olarak Amonyak (R717)

Amonyak, soğutma ve ısı pompası uygulamaları için tasarımcılar ile amonyak kullanıcıları arasında tüm güvenlik kanunları, standartları ve yasal yönetmelikleri açısından güvenli ve verimli bir soğutucu olarak kabul edilmektedir. Amonyak, ağır ve keskin kokusundan dolayı çok tehlikeli ve korkutucu gibi algılansa da, diğer risklerle karşılaştırıldığında, kaza ve ölümcül kaza oranı oldukça düşüktür [33].

Soğutucu olarak amonyak, ilk kez 1872 yılında ABD’de David Boyle tarafından sıkıştırma işleminde kullanılmıştır. Laboratuvarında patlayan eteri denedikten sonra, amonyak ile işletmeyi seçen Carl von Linde, ilk kompresörünü 1876 yılında Trieste’de bir bira fabrikası için başlatmıştır. İkinci seçimi yani amonyak daha güvenli çıkmıştır. O tarihten itibaren amonyak endüstriyel uygulamalarda kullanılan öncelikli soğutucu madde olmuştur. Bunun sebebi, amonyağın eşsiz termodinamik özellikleri ve amonyak kullanan soğutma sistemlerinin etkin olduğu kadar verimli de olmasıdır [33].

Amonyagın önemli bir avantajı da güçlü karakteristik bir kokuya sahip olan tek soğutucu madde olmasıdır. Amonyak denildiğinde, genelde tehlikeli, zehirli ve

patlayıcı ve korkunç bir kokuya sahip olduğuna dair olumsuz bir tepki verilmektedir. Oysa amonyak kokusu gerçekten de bir avantajdır, zira en küçük kaçaklar bile hemen fark edilmekte ve düzeltilebilmektedir [33].

3.3.2. Soğurucu Akışkan olarak Su

Su hidrojen ve oksijenden oluşan, oda sıcaklığında sıvı durumda bulunan, renksiz, kokusuz, tatsız bir maddedir. Su yeryüzünde üç fiziksel durumda bulunan tek maddedir. Katı (buz), sıvı (su), gaz (su buharı). Ancak su +4°C'ye kadar bütün cisimlerin tersine ısıtıldıkça büzülür, soğutuldukça da genişir. Elementlerin büyük bir ısı çıkararak birleşmesinden meydana gelen su gözle görülen ve elle tutulur bir maddedir. Ancak, elementlerden biri veya diğeri ile birleşen maddeler etkisiyle ayrışabilir. Suyun ısı kapasitesi ve buharlaşma ısısı sırası ile 15°C'de 1 kal/gr ve 580 kal/gr olup diğere cisimlere göre yüksektir [38].

Su, eriyebilen birçok madde için çok iyi bir çözücüdür. Bu tip maddeler (hidrofilik maddeler olarak da bilinir) iyice karıştırılmak sureti ile su içinde erirler (örneğin; tuz). Su ile karışmayan maddeler ise (örneğin; yağ) hidrofobik maddeler olarak bilinirler. Bir maddenin su içindeki erime kabiliyeti, maddenin su molekülleri arasına çekilme kuvvetinin durumuna bağlıdır. Eğer maddenin su içinde erime (çözülme) kabiliyeti yoksa moleküller su molekülleri arasından dışarı itilir ve çözülme olmaz. Su iyi bilinen bir çözücü olmasından dolayı özel bir maddedir. Birçok madde suyun polar bir molekül olmasından dolayı çok iyi çözünür. Yüklü gruplar içeren hemen tüm maddeler bu nedenle su içinde çözünme eğilimindedir [39].

Hem suyun hem de amonyağın molekül yapısının polar olmasından dolayı aralarında oldukça kolay bağ meydana gelmekte, yani amonyak su içinde çözülebilmektedir. Sonuç olarak su amonyağı çok rahat bir şekilde soğurabilmektedir.

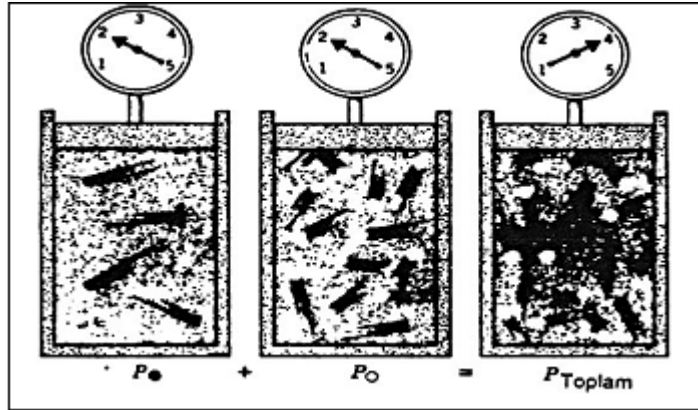
3.3.3. Basınç Dengeleyici Gaz Olarak Helyum

Yayınımlı soğurmalı soğutmalı sistemler için en iyi basınç dengeleyici gaz hidrojen gazı olup uzun yıllar boyunca kullanılmıştır. Fakat hidrojen gazının yanıcı bir gaz

olması alternatif basınç dengeleyici gaz arayışlarını gündeme getirmiştir. Bu bağlamda hidrojene alternatif olarak helyum gazı kullanılmaya başlanmıştır. Helyum gazının hidrojene alternatif olmasında, helyumun diğer alternatif gazlara göre viskozite değerinin düşük, yayılım (difüzyon) katsayısının yüksek olmasının büyük bir etkisi vardır [19].

3.4. DALTON YASASI VE YSS SİSTEMİYLE İLİŞKİSİ

Gaz basıncı, gaz taneciklerinin buldukları kabın çeperleriyle çarpışmalarından kaynaklanmaktadır. Kabın hacmini değiştirmeden, çarpışma sıklığını dolayısıyla basıncı artırmanın iki yolu vardır: Birincisi gazın sıcaklığını yükseltmektir. Böylece gaz taneciklerinin hızları ve çarpışma sayısı artar. İkincisi ise, kap içerisindeki gaz taneciklerinin sayısını artırmaktır. Çünkü sabit bir sıcaklıkta bir gazın uyguladığı basınç gaz taneciklerinin cinsi ile ilgili olmayıp, mevcut gaz tanecik sayısına bağlıdır. Şekil 3.1'de de görülebileceği gibi, bir kap içerisindeki gazın basıncı, aynı ya da farklı bir gazdan eşit sayıda tanecik ilave edilerek iki katına çıkarılabilir [45].



Şekil 3.1. Dalton 'un kısmi basınçlar yasası.

Bir gaz karışımındaki herhangi bir gazın "o kaptaki yalnız başına bulunduğu zamanki basıncına, o gazın kısmi basıncı (P_i)" denir. Kısmi basınç belirli bir sıcaklıkta, sadece o gazın tanecik sayısına bağlıdır. Dalton Yasasına göre, bir gaz karışımının toplam basıncı, karışımındaki her bir gazın kısmî basınçları toplamına eşittir. Buna göre A, B, C, D, E, gibi çeşitli gazlardan oluşan bir karışım için

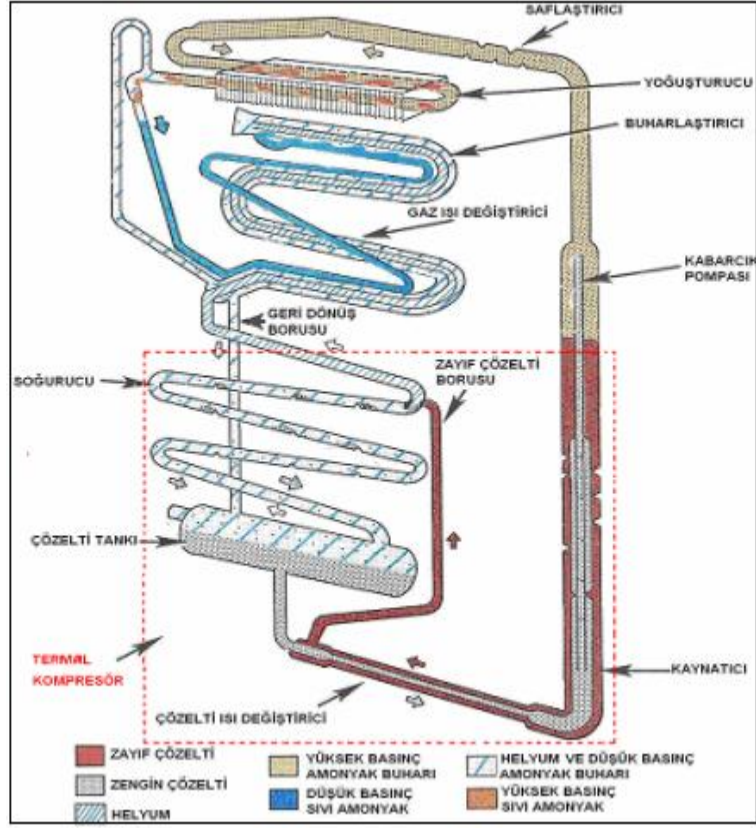
$$P_{\text{Toplam}} = PA + PB + PC + PD + PE + \dots \quad (3.1)$$

Eşitliği ile toplam basınç bulunur [1].

Dalton Yasasına göre çalışan yayınlı soğurmalı soğutma (YSS) sistemlerinde de basınç değeri sistemin neresinden ölçülürse ölçülsün aynıdır yani ölçülen toplam basınçtır. Buharlaştırıcıya giren sıvı amonyak helyumla karşılaşınca Dalton Yasası gereğince sanki vakumlu (düşük basınçlı) bir ortama girmiş ve helyum gazı yokmuş gibi davranır. Bu şekilde kısmi basıncı düşen sıvı amonyak buharlaşır ve helyum gazı içerisinde kimyasal bir tepkime olmaksızın yayınımla (difüzyon) ilerler [32]. Böylece sistem iki basınçta (yüksek ve düşük) çalışır.

3.5. ÖN SOĞUTMALI YAYINIMLI SOĞURMALI SOĞUTMA SİSTEMİ

Yayınlı soğurmalı soğutma (YSS) çevrimi ilk olarak 1920 yıllarında İsveç-Stockholm'da bulunan Royal Teknoloji Enstitüsü öğrencilerinden Platen ve Muntres tarafından bulunmuştur ve "Electrolux" ticari ismi ile yıllardır üretilmektedir. Sistem içerisinde, soğutucu akışkan olarak amonyak, soğurucu akışkan olarak su ve basınç dengeleyici olarak da hidrojen gazı olmak üzere üç çalışma akışkanı bulunur. Hareketli hiçbir parçanın bulunmadığı sistemde, bakım-onarım, gürültü ve titreşim de söz konusu değildir. Karavan ve kamp kullanımı için gaz yağı veya sıvılaştırılmış petrol gazının (LPG) yakılması sonucu elde edilen ısı enerjisi ile soğutucu cihaz çalıştırılabilir. Ayrıca gürültünün en az seviyede olması istenen otel gibi yerlerde de elektrikli ısıtıcı ile sistem sessiz olarak çalıştırılabilir [10].



Şekil 3.2. Ön soğutmalı yayınlı soğurmalı soğutma sistemi YSS1.

Sistemdeki akışkanların akışını sağlayan tek güç, sistemin üst kısmı civarında meydana gelen önemsiz büyüklükteki hidrolik basınçtır. Böyle küçük basınç farkları ile akışkanların sıralanması oldukça önemlidir ve makul seviyede olmazlarsa sistem çalışmayacaktır [42]

3.5.1. YSS1 Sistemi İle Buhar Sıkıştırma Soğutma Sisteminin Karşılaştırılması

Soğurma sistemi, ilk defa Michael Faraday tarafından bir asırdan fazla zaman önce amonyağın yoğuşturulması denemeleri sırasında keşfedilmiştir. Daha sonra 1862 yılında Franz Carre tarafından yapımı gerçekleştirilen sistemde mekanik enerji yerine “ısı enerjisi” kullanılmıştır [41].

Buhar sıkıştırma mekanik soğutma çevrimi, yoğuşturucu, buharlaştırıcı ve kısılma vanası ve kompresör olmak üzere dört ana elemandan oluşmakta olup, verilen iş

sayesinde soğutucu akışkanın mekanik olarak kompresör tarafından sıkıştırılması esasına dayanır [41].

Soğurmalı soğutma çevrimiyle buhar sıkıştırımlı çevrim karşılaştırıldığında birçok benzerlik hemen göze çarpmaktadır. Buharlaştırıcı ile yoğuşturucu soğurmalı soğutma sisteminde de aynen mevcuttur. Fark olarak kompresör ve kısılma vanasının yerini bir kaynatıcı ile bir soğurucu almaktadır [1].

Soğurmalı soğutma çevriminde, buharlaştırıcıdan gelen soğutucu akışkan buharı, içinde soğurucu bulunan bir hücreye girerek soğurucu tarafından emilir. Soğutucu madde ile zenginleşen karışım kaynatıcı bölümüne sevk edilerek burada ısıtılır ve soğutucu madde daha yüksek basınçta buharlaşır. Soğurucu, zayıf eriyik durumunda tekrar soğurucuya dönerek soğutucu akışkanı emme işini tekrarlar. Amonyak-su çifti ile helyum veya hidrojen gazının akışkanlarını oluşturduğu yayınımlı soğurmalı soğutma sistemini içerisinde her akışkan için birer tane olmak üzere toplamda üç ayrı çevrim meydana gelmektedir. Bunlar, soğurucu akışkan çevrimi, soğutucu akışkan çevrimi ve basınçlandırıcı gaz çevrimidir [5].

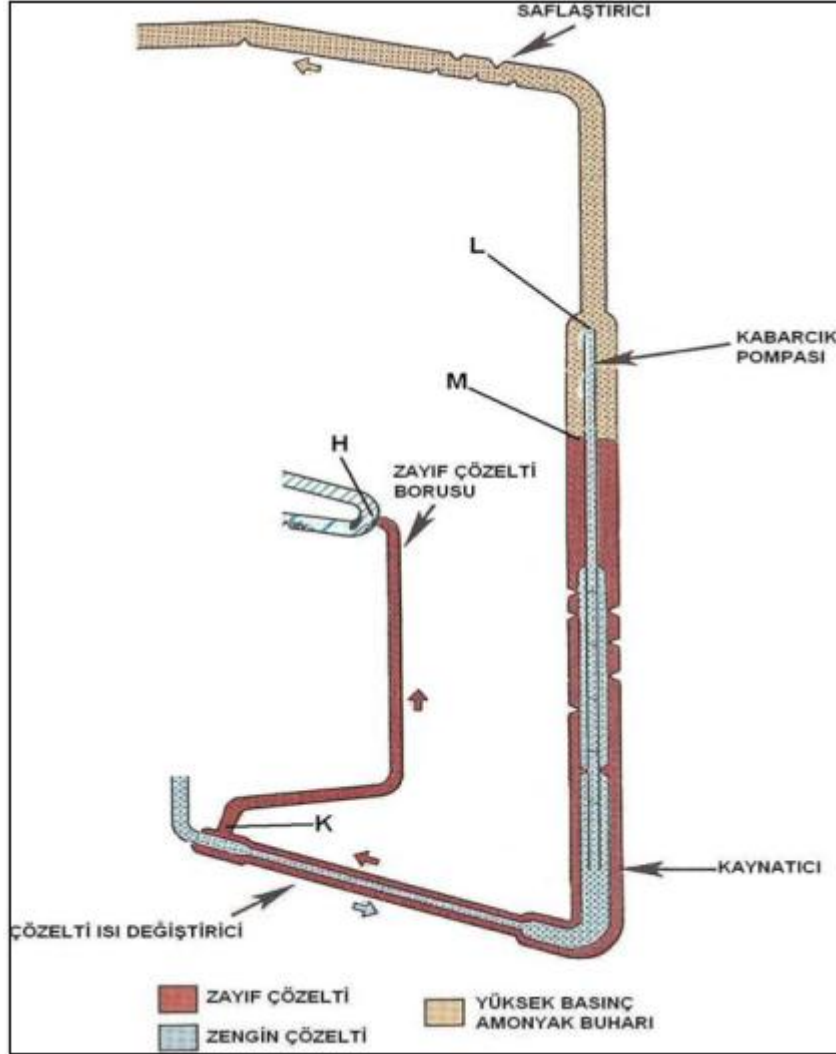
Yayınımlı soğurmalı soğutma sistemine %25 yoğunluğa sahip amonyak-su çözeltisi doldurulur. Yani çözelti kütleli olarak %25 amonyak, %75 su içermektedir. Amonyak miktarının fazla olduğu çözelti “zengin çözelti” olarak, amonyak miktarının az olduğu çözelti ise “zayıf/fakir çözelti” olarak belirtilir [42].

3.5.2. YSS Sistemi İçin Zayıf Çözelti Çevrimi

Soğurucu akışkan yani suyun çevrimi çözelti tankı içerisinde amonyak ile karışım halinde başlar. Çift cidarlı yapıya sahip olan kaynatıcı kısmında zengin çözelti olarak ifade edebileceğimiz amonyak-su karışımı yaklaşık 180°C’de kaynamaya başlayarak amonyak buharlaşıp sudan ayrışır [10].

Kaynatıcıda amonyağın çözelti içinden buharlaşarak ayrışması sonucunda sıvı fazda kalan ve amonyak bakımından fakirleşen karışım, sistemde soğurucu akışkan olarak görev yapmaktadır. Kaynatıcının iç cidarında yükselen zayıf çözelti, borunun üst

kısmına yani kabarcık pompasına (L noktası) gelince dış boruya düşer ve bu arada bir miktar su buharı da içeren amonyak buharı yoğunlaştırucuya doğru ilerler.



Şekil 3.3. YSS1 zayıf çözelti çevrimi.

Amaç yoğunlaştırucuya saf amonyak buharı göndermek olduğundan amonyak buharının beraberinde taşıdığı su buharı bir su ayırıcı olan saflaştırıcı (rectifier) tarafından ayrıştırılır. Bu olay yaklaşık 150°C’de kaynatıcıyı terk eden buharın saflaştırıcıdan geçerken çevreye ısı vermesi neticesinde 70°C civarına düşmesi sonucu içerdiği su buharının yoğunlaşması ve dış cidardan aşağıya doğru kayarak kaynatıcıya geri dönmesi ile gerçekleşir [41].

Bileşik kaplardaki durumu yayınlımlı soğurmalı soğutma sitemi için de geçeridir ve kaynatıcıda ayrışan zayıf çözeltili seviyesi (M noktası), zayıf çözeltili borusunun soğurucuya bağlantı yerinden (H noktası) daima yukarıda kalır. Böylece soğutucu akışkanı soğuracak olan zayıf çözeltili, zayıf çözeltili borusundan soğurucuya doğru akar. Burada soğutucu akışkanı soğuran zayıf çözeltili, zengin çözeltili haline gelerek çözeltili tankına gider, tanktan da tekrar kaynatıcıya doğru ilerler. Sonuç olarak soğurucu akışkan olarak zayıf çözeltili çevrimi için kaynatıcı ve soğurucu bölgeleri arasında meydana gelmektedir denilebilir [5].

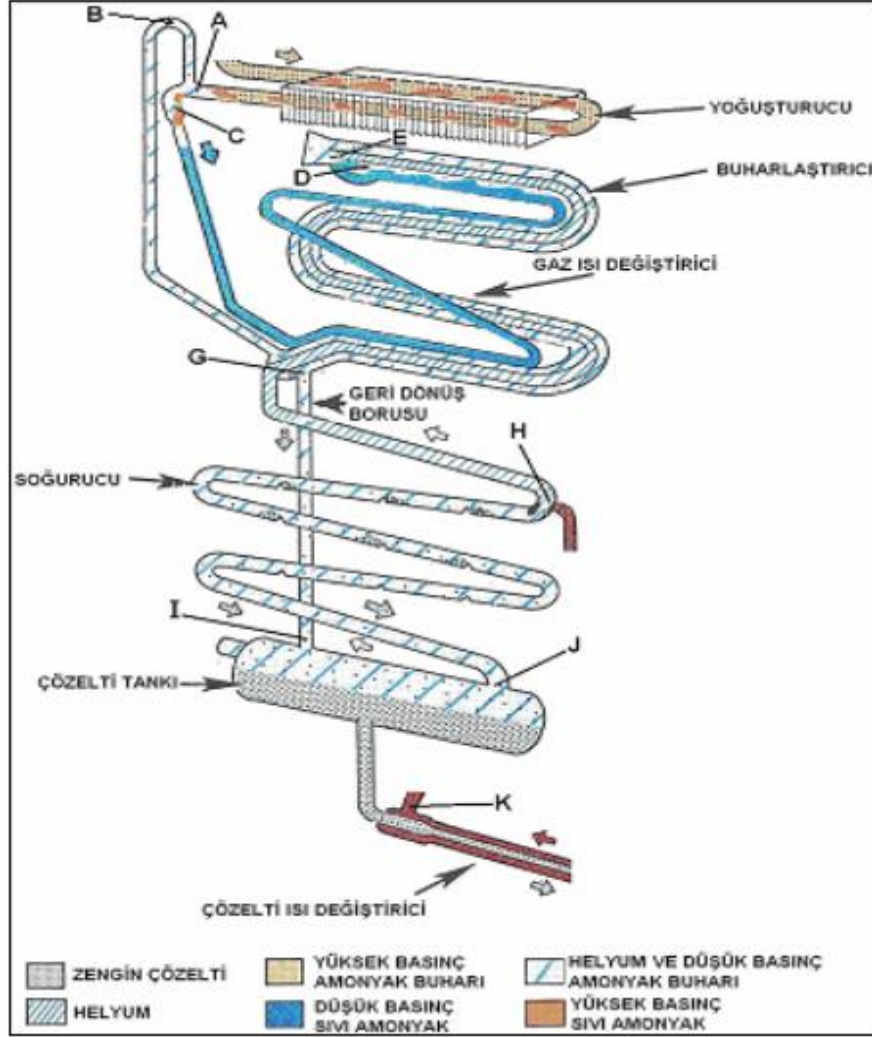
3.5.3. YSS Sistemi İçin Amonyak ve Helyum Çevrimi

Soğutucu akışkan amonyağın çevrimi de çözeltili tankı içinde başlar. Kabarcık pompasından çıkan amonyak buharı ise saflaştırıcıda içinde barındırdığı bir miktar su buharından kurtulduktan sonra yoğuşturucuya gider [5]. Yoğuşturucuya giren amonyak buharı 25°C civarında dışarıya ısı vererek yoğuşur [32]. Yoğuşturucu çıkışında (A noktası) sıvı hale gelen amonyak soğutma işlemini gerçekleştirebilmek için (C noktası) kılcal boru içinden gaz ısı değıştiricisine doğru akar. Eğer yoğuşturucu içinde sıvı hale dönüşmeyip gaz halinde amonyak kaldıysa gaz geçiş borusundan (B noktası) geçerek geri dönüş borusuna (G noktası), oradan da çözeltili tankına (I noktası) gider [4].

Yoğuşmuş düşük basınçlı amonyak (C noktası) gaz ısı değıştiricisinde ön soğutmaya tabi olur [4]. Aynı zamanda ısısını helyuma aktararak helyumun genleşmesini sağlar. Böylelikle amonyaktan aldığı ısı ile genleşen helyumun da daha fazla amonyak buharını taşıyabilmesi sağlanmış olur. Gaz ısı değıştiriciden buharlaştırıcı girişine ulaşan düşük basınçlı sıvı amonyak helyum ile karşılaşır ve kısmi basıncı düşerek buharlaşır. Böylece ortamın gizli ısısını çekerek soğutma işlemini gerçekleştirir [32].

Buharlaştırıcı girişinde kısmi basıncı düşerek gaz haline gelen amonyak helyumla birlikte buharlaştırıcının iç cidarından (E noktası) soğurucuya doğru akar. Buradaki olay kuru hava ile nemli havanın durumuna benzetilerek açıklanabilir.

Nasıl ki nemli hava kuru havaya göre ağırlığı artıp yerçekimi etkisiyle yere doğru çöküyorsa, buharlaştırıcının iç cidarında da (E noktası) helyumun amonyak buharı ile ağırlığı artar ve soğurucuya doğru yerçekimi kuvvetiyle ilerlemesi mümkün olur [5].



Buharlaştırıcı girişindeki iç cidardan (E noktası) amonyak buharıyla helyum gazı yerçekimi etkisiyle soğurucu başlangıcına kadar (H noktası) beraber giderler. Soğurucu girişinde (H noktası) yaklaşık %10 yoğunluğa sahip zayıf çözelti ile karşılaşırlar. Bu noktadan itibaren, soğurucunun serpantin özelliğinden dolayı ortama ısı veren amonyak buharı yoğunlaşmaya başlar ve yoğunlaşan amonyak zayıf çözelti tarafından soğurulur. Zengin çözelti haline gelen akışkan çözelti tankına (J noktası) dökülür. Bu arada amonyak buharından kurtulan helyum gazı havadan hafif olduğu

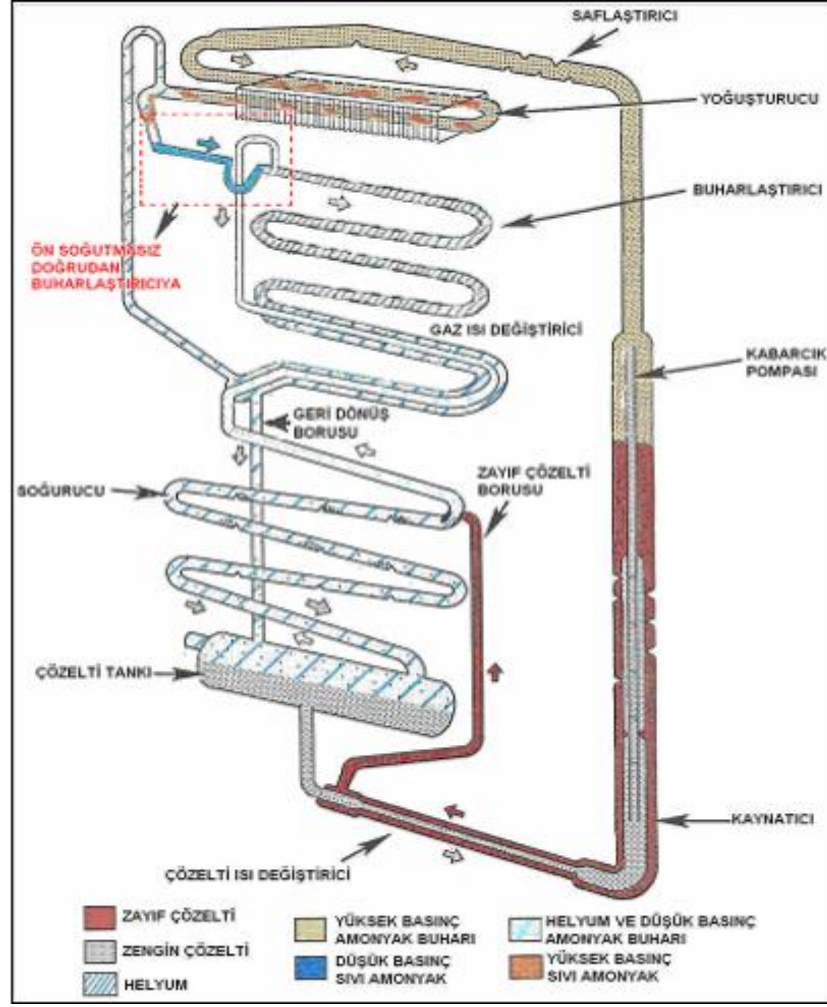
duruma tekrar kavuşur, geldiği yolu takip ederek, gaz ısı değiştiricide genişir ve buharlaştırıcı i cidarına (E noktasına) ulaşır [32].

Yoęuřturucu ve gaz ısı değiştiriciden geçerek buharlaştırıcı girişine ulaşan dūřuk basınçlı sıvı amonyağın hepsi, özellikle sistemin ilk çalıştırıldığı zamanlarda, buharlaşmayıp sıvı olarak kalabilir. Böyle bir durumda da sıvı kalan amonyak buharlaştırıcının dış cidarından (D noktasından) yer çekimi etkisiyle aşağıya doğru akar. Geri dnūřüm borusuna ulaşan buharlaşmamış sıvı amonyak, daha önce yoğuşturucu çıkışında sıvı hale gelmemiş amonyak buharı ile birlikte (G noktası) zlti tankına giderek tekrar çevrime dâhil olur. Soęurucu akışkan çevrimi, kimi yerde sıvı, kimi yerde gaz ve kimi yerde de zlti halinde olmak üzere sistemin tamamında söz konusu iken, helyum gazının çevrimi ise buharlaştırıcı i cidarı (E noktası) ile soğurucu girişi (H noktası) arasında meydana gelmektedir.

3.6. N SOğUTMASIZ YAYINIMLI SOğURMALI SOğUTMA SİSTEMİ

Zohar ve arkadaşları [4], normal n soğutmalı yayınımlı soğurmalı çevrimden yola çıkarak sistem performansını arttırmak amacıyla buharlaştırıcı kısmında yapısal bir değişikliğe giderek sistemi incelemişlerdir. Normal çevrimde n soğutmaya tabi tutulan dūřuk basınçlı sıvı amonyağın, n soğutmaya tabi tutulmadan doğrudan buharlaştırıcıya gönderilmesi durumunu teorik olarak araştırmışlar ve sistem performansında %14–20 civarında bir artışın sağlanabileceğini ortaya koymuşlardır. Yapılan teorik çalışmada, soğutucu akışkan olarak amonyak, soğurucu akışkan olarak su ve basınç dengeleyici/basinlandırıcı olarak da hidrojen gazı kullanılmıştır.

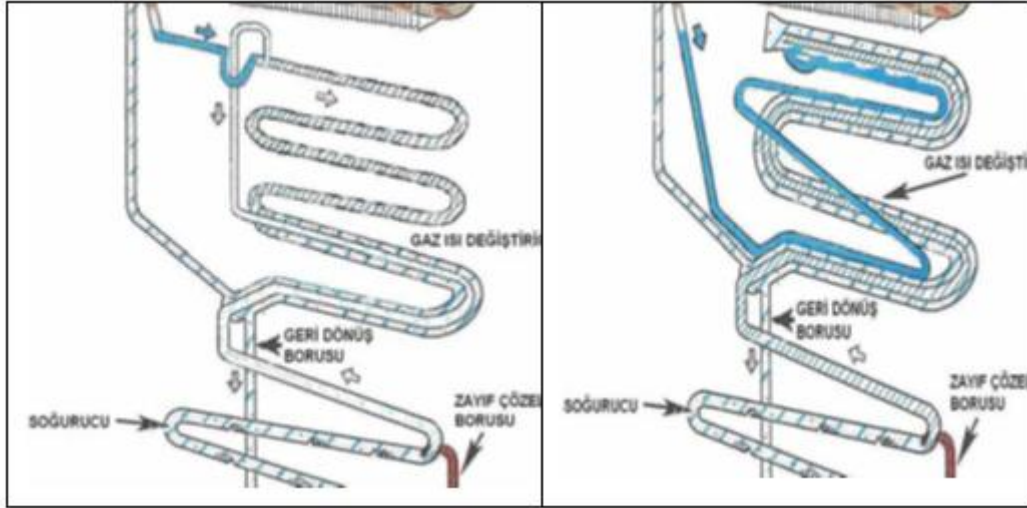
n soğutmasız yayınımlı soğurmalı soğutma sisteminin deneysel olarak incelenmesine karar verilen bu çalışmada ise Zohar ve arkadaşlarının yapmış olduğu teorik çalışmadan farklı olarak hidrojen gazı yerine helyum gazı kullanılmıştır. Şekil 3.5.'de n soğutmasız YSS sisteminin şeması görülmektedir.



Şekil 3.5. Ön soğutmasız yayınlı soğurmalı soğutma sistemi.

3.6.1. Ön Soğutmasız YSS Sisteminin Tasarımı

YSS1 sisteminden farklı olarak yoğuşturucudan çıkan sıvı amonyak ön soğutmaya tabi olmadan doğrudan buharlaştırıcıya gönderilir. Bunun gerçekleşebilmesi için Zohar ve arkadaşlarının yapmış olduğu teorik çalışma göz önüne alınarak normal sisteme göre farklı bir buharlaştırıcı tasarımı yapılmıştır. Şekil 3.6.'da ön soğutmasız sistem ile ön soğutmalı sistemlerin buharlaştırıcıları arasındaki fark şematik olarak görülmektedir.

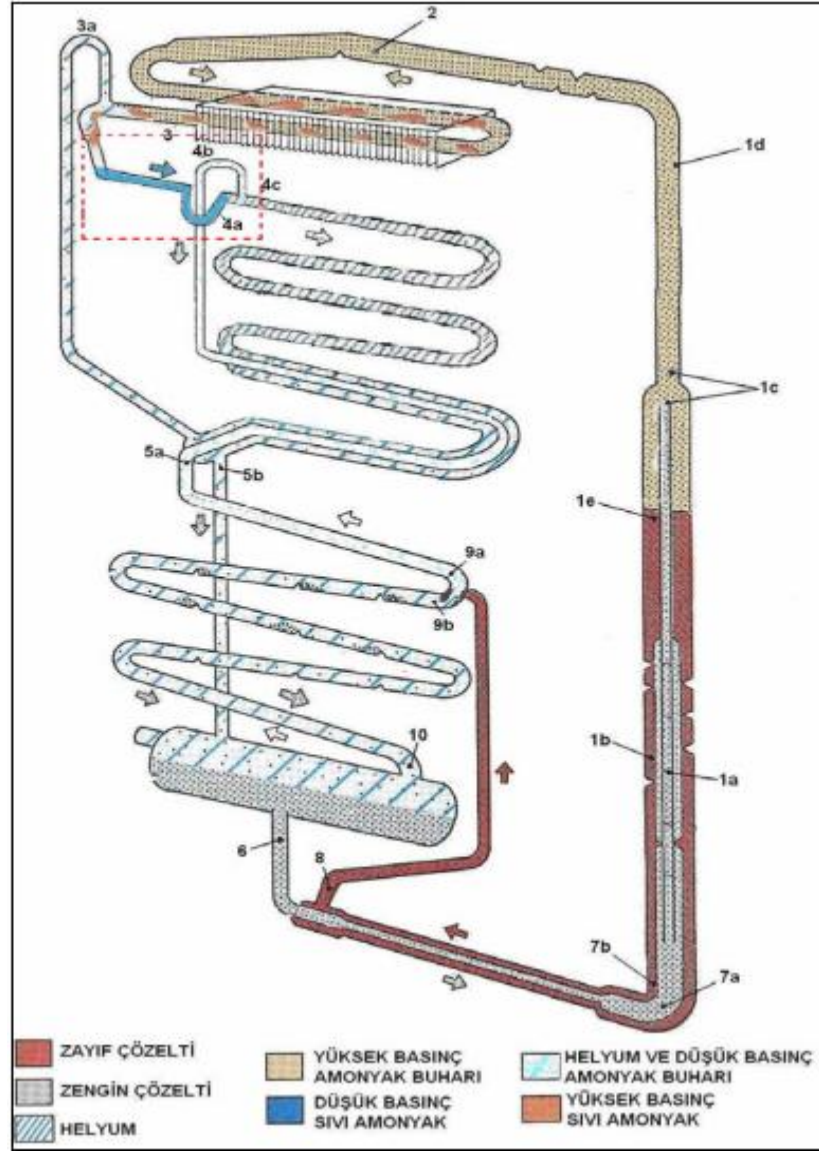


Şekil 3.6. Ön soğutmasız ve ön soğutmalı sistemlerin buharlaştırıcıları.

Ön soğutmalı sistemin buharlaştırıcı kısmı normal cihaza göre 0,5m daha uzundur. Bunun sonucu olarak da YSS2 sisteminde dolap içinde kalan buharlaştırıcı kısmı 0,5m daha fazladır. Diğer kısımlar YSS1 ve YSS2 sistemlerinin her ikisi için de aynıdır. Ayrıca tasarım ve imalat sırasında yapılan ölçüm ve hesaplamalar sonucu YSS1 sisteminin hacmi 1,7 lt bulunurken, ön soğutmasız YSS2 sisteminin hacmi 1,8lt olarak bulunmuştur.

3.6.2. Ön Soğutmasız YSS Sisteminin Çalışması

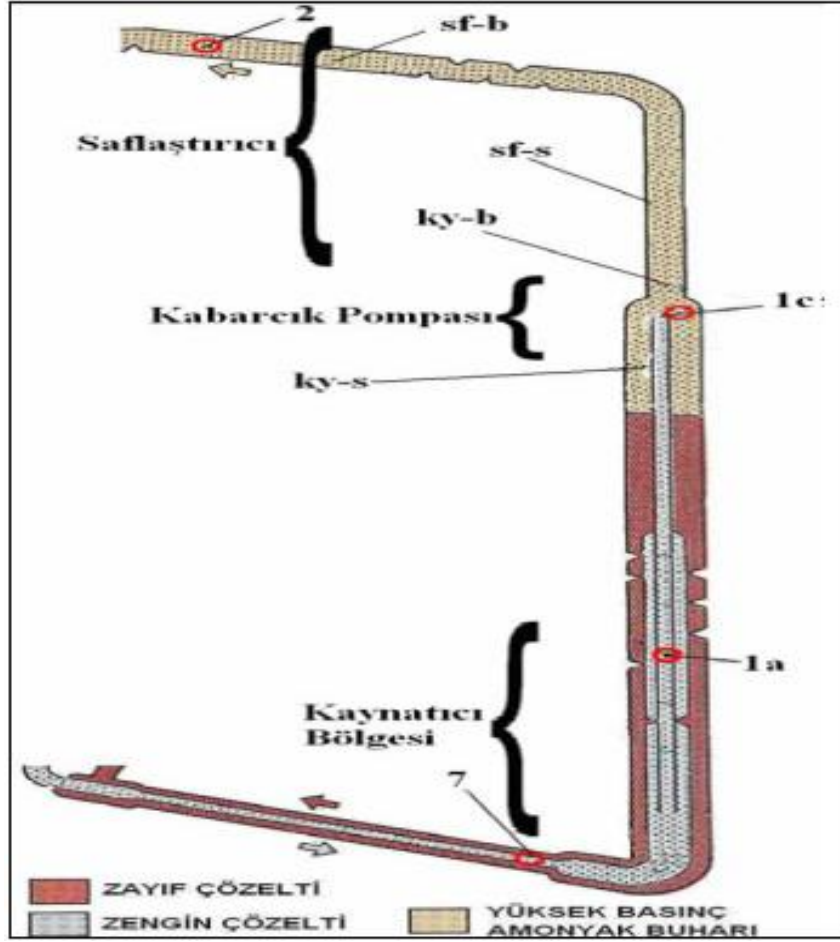
Ön soğutmasız YSS2 sisteminde yoğuşan amonyağın sıvı fazdaki kısmı (3) doğrudan buharlaştırıcı kısmına gider. Buharlaştırıcı girişinde (4c), soğuk helyum gazı ile karışan sıvı amonyağın kısmi basıncı düşer ve buharlaşarak iç ortamın gizli ısını çekmeye başlar (4a). Buharlaşan amonyak (4b) helyum gazının yoğunluğunu artırarak (nemli hava gibi) helyum gazı ile birlikte gaz ısı değiştirici ve soğurucuya doğru yerçekimi etkisiyle ilerler. YSS1 sisteminde olduğu gibi soğurucu girişinde (9b) helyum içindeki amonyak buharı zayıf çözelti tarafından soğurularak çözelti tankına doğru devam ederek çevrimini tamamlar. Buharlaştırıcı içinde ilerleyen bulaşmamış sıvı amonyak gaz ısı değiştiriciden geçerken sıcaklığını bir miktar artırarak doğrudan (5b) çözelti tankına geçer. Diğer bütün çevrim olayları ve akışkanların sistemdeki durumu YSS1 cihazındaki ile aynıdır [4]. Şekil 3.7.'de YSS sisteminin çevrim şeması görülmektedir.



Şekil 3.7. Ön soğutmasız YSS2 sisteminin çevrim şeması.

BÖLÜM 4

YSS SİSTEMLERİ İÇİN SOĞUTMA TESİR KATSAYISI



Şekil 4.1. STK hesabı için kullanılan değerlerin cihaz üzerindeki yerleri.

Soğutma Tesir Katsayılarının (STK) hesaplanmasında kullanılan sıcaklık değerlerinin cihazlar üzerinden okunan noktaları şekilde görüldüğü gibidir. Kaynatıcı bölgesinde amonyak-su çözeltisinin sıcaklığı bir ısı kaynağı ile artırılıp amonyağın sudan ayrışması ve yoğunlaştırıcıya saf amonyağın ulaşması amaçlanır. Saflaştırıcıda ise ayrışma sırasında buharlaşan suyun yoğunlaşarak geri dönmesi sağlanır. Sistem

performansı soğutma işlevini yerine getiren saf amonyağın kütleli debisi ile doğru orantılı olup STK hesabı için kütleli debinin belirlenmesi gereklidir. Bunun için de kütle ve enerjinin korunumu denklemleri kullanılır. Şekil 5.1.'de STK hesaplamalarında kullanılan sıcaklık değerlerinin cihaz üzerindeki ölçüm yerleri görülmektedir.

Saflaştırıcı bölgesindeki kütleli korunumu eşitlikleriyle de yoğunlaştırucuya giden saf amonyak buharının kütleli debisi, m_{ky-b} bulunur.

$$m_{1c} = m_{ky-s} + m_{ky-b} \quad (4.2)$$

$$x_{1c} \cdot m_{1c} = x_{ky-s} \cdot m_{ky-s} + x_{ky-b} \cdot m_{ky-b} \quad (4.3)$$

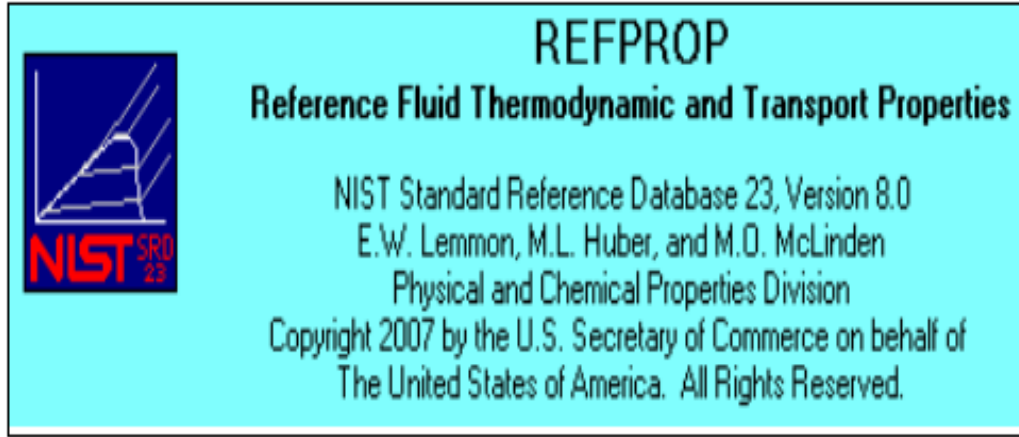
$$h_{1c} \cdot m_{1c} + q_{ky} = h_{ky-s} \cdot m_{ky-s} + h_{ky-b} \cdot m_{ky-b} \quad (4.4)$$

Saflaştırıcı bölgesindeki kütleli korunumu eşitlikleriyle de yoğunlaştırucuya giden saf amonyak buharının kütleli debisi, m_{sf-b} bulunur.

$$m_{ky-b} = m_{sf-s} + m_{sf-b} \quad (4.5)$$

$$x_{ky-b} \cdot m_{ky-b} = x_{sf-s} \cdot m_{sf-s} + x_{sf-b} \cdot m_{sf-b} \quad (4.6)$$

Eşitliklerde kullanılacak kütle oranları (x) ve entalpiler (h) için akışkan gruplarının fiziksel ve kimyasal özelliklerini gösteren REFPROP programından yararlanılmıştır. Şekil 4. 2. de program ile ilgili bilgilerin yer aldığı etiket görülmektedir.



Şekil 4.2. REFPROP programı ile ilgili etiket.

Sistemin çalışması için gerekli ısı kaynağı olarak Elektrik kullanılmıştır. Güç hesabı yapıldıktan sonra bulunan değerler yerine konularak sistemin performansını gösteren birim iş başına yapılan soğutma miktarı olan “Soğutma Tesir Katsayısı” bulunur.

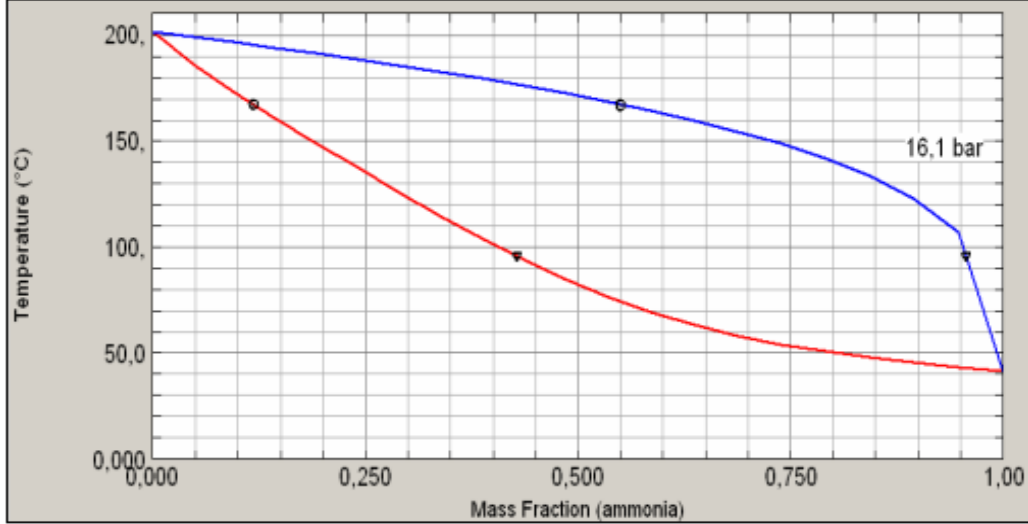
$$STK = m_{sf} - b \frac{h_{4c} - h_5}{q_{ky}} \quad (4.5)$$

Elde edilen enerji hesabı için buharlaştırıcının giriş (T4c) ve çıkış (T5) noktalarındaki sıcaklıkların entalpi değerlerinin bilinmesi gerekir. Bunun için de REFPROP programından saf amonyağın termodinamik özelliklerine bakılmış ve sonuçlar Şekil 5.3.’de verilmiştir.

	Temperature (°C)	Pressure (bar)	Liquid Density (kg/m ³)	Vapor Density (kg/m ³)	Liquid Enthalpy (kJ/kg)	Vapor Enthalpy (kJ/kg)	Liquid Entropy (kJ/kg-K)	Vapor Entropy (kJ/kg-K)
1	-18,800	2,0042	663,59	1,6850	257,13	1582,5	1,1467	6,3574
2	17,000	7,7817	614,59	6,1025	422,70	1621,1	1,7521	5,8824

Şekil 4.3. REFPROP programı ile saf amonyağın termodinamik özellikleri.

STK hesabı için son olarak saflaştırıcı çıkışındaki kütleli debinin bulunması gerekmektedir. Bunun için de yine REFPROP programından faydalanılarak kaparcık pompası (1c), ortalama kaynatıcı (ky) ve ortalama saflaştırıcı (sf) sıcaklıklarındaki akışkanın kütle oranları (x) Şekil 4. 4.'deki T-x grafiğinden okunarak bulunur.



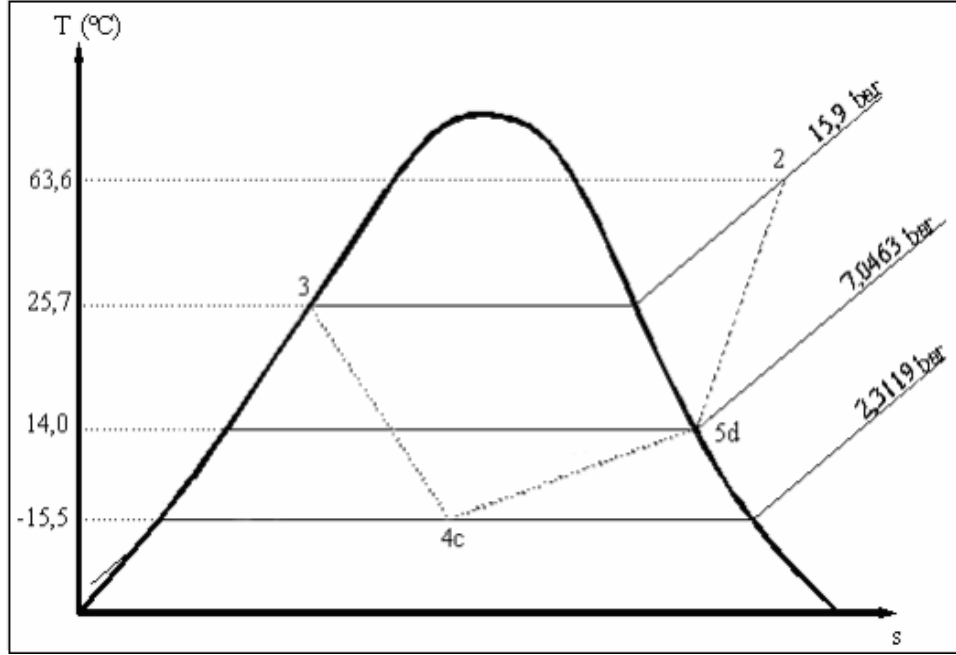
Şekil 4.4. REFPROP programı ile elde edilen amonyak-su karışımı için T-x grafiği.

1c (kabarcık pompası) noktasında tamamen sıvı, ortalama kaynatıcı sıcaklığına göre sıvı (ky-s) ile buhar (ky-b) ve ortalama saflaştırıcı sıcaklığında yine sıvı (sf-s) ile buhar (sf-b) kütle oranları REFPROP programında %35 amonyak-su çözeltisine göre yerine konulduğunda Şekil 4. 5.'deki tablo elde edilir.

4: ammonia/water: Specified state points (35,/65,)							
	Mass Frac. (ammonia)	Mass Frac. (water)	Temperature (°C)	Pressure (bar)	Density (kg/m ³)	Enthalpy (kJ/kg)	Entropy (kJ/kg-K)
1	0,35000	0,65000	114,50	16,100	291,97	443,95	1,9934
2	0,11550	0,88450	167,60	16,100	839,79	676,11	2,2204
3	0,54840	0,45160	167,60	16,100	8,3563	2306,4	6,7265
4	0,42804	0,57196	95,400	16,100	780,90	341,10	1,7859
5	0,95680	0,043200	95,400	16,100	10,038	1777,4	6,0271

Şekil 4.5. REFPROP programıyla bulunan amonyak-su karışımının termodinamik özellikler.

4.1. ÖN SOĞUTMASIZ YSS SİSTEMİNİN SOĞUTMA ÇEVİRİMİ



Şekil 4.6. YSS2 sisteminin soğutma çevrimi T-s diyagramı.

Isı kaynağı olarak yine elektrik enerjisinin kullanıldığı ön soğutmasız sistemin (YSS2) soğutma çevrimi T-s diyagramı Şekil 5.6.'da görüldüğü gibidir. Soğurucu girişinde (5b) 14°C sıcaklık ve 7 bar basınca sahip soğutucu akışkan amonyak doymuş buhar halindedir. Kaynatıcıda sisteme 75 W'lık ısı enerjisi verilmesiyle soğutucu akışkan kaynatıcı çıkışında (2) kızgın buhar fazında 63,6°C sıcaklığa ve 15,9 bar basınca ulaşmaktadır. Yoğuşturucu çıkışında (3) sabit basınç altında ısıyı atarak doymuş sıvı haline gelen soğutucu akışkan, 25,7°C sıcaklığındadır. Doymuş sıvı haldeki amonyak yoğuşturucu çıkışından sonra ön soğutmaya tabi tutulmayarak doğrudan buharlaştırıcı girişinde (4c) gitmektedir. Burada helyum gazı ile karşılaşan sıvı amonyakın helyum içinde yayılımı (difüzyon) sonucu kısmi basıncı düşer ve buharlaşma gerçekleşir. Buharlaştırıcı girişinde (4c) -9,5°C sıcaklığına ve 2,8 bar basınca ulaşan amonyak ıslak buhar fazında termal kompresöre yani soğurucuya oradan da kaynatıcıya doğru ilerleyerek çevrimi tamamlar.

BÖLÜM 5

MATERYAL VE METOD

5.1. ISI KAYNAĞINA GÖRE YSS SİSTEMLERİNİN DENEYSEL ANALİZİ

Ev tipi küçük kapasiteli soğurmalı soğutma sistemi olarak da adlandırılabilen yayınlı soğurmalı soğutma sistemleri (YSS), çeşitli ısı kaynakları ile çalışabilir. Bu ısı kaynakları; gaz yağı, doğal gaz, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), buhar, elektrikli fişek rezistans, jeotermal ve güneş enerjisi şeklinde belirtilebilir [1]. Deneysel olarak yapılan bu çalışmada tasarım ve imalatı yapılan cihaz, yaygın kullanım olarak elektrikli ısıtıcı ile denenmiştir.

Elektrikli ısıtıcı ile ön soğutmasız yayınlı soğurmalı soğutma sistemi (YSS) denenmiştir. Deneylerde %25'lik 7 litre amonyak-su çözeltisi kullanılmıştır. Deneyler 10 ve 13 bar helyum gazı basıncı ile iki aşamalı olarak yapılmış ve sonuçlar bilgisayar ortamında otomatik olarak kaydedilmiştir. Tasarım ve imalatı yapılan sistemin depo hacmi 10 litre boru hacmi de 5 litre olmak üzere toplamda 15 litrelik bir hacimden oluşmaktadır.

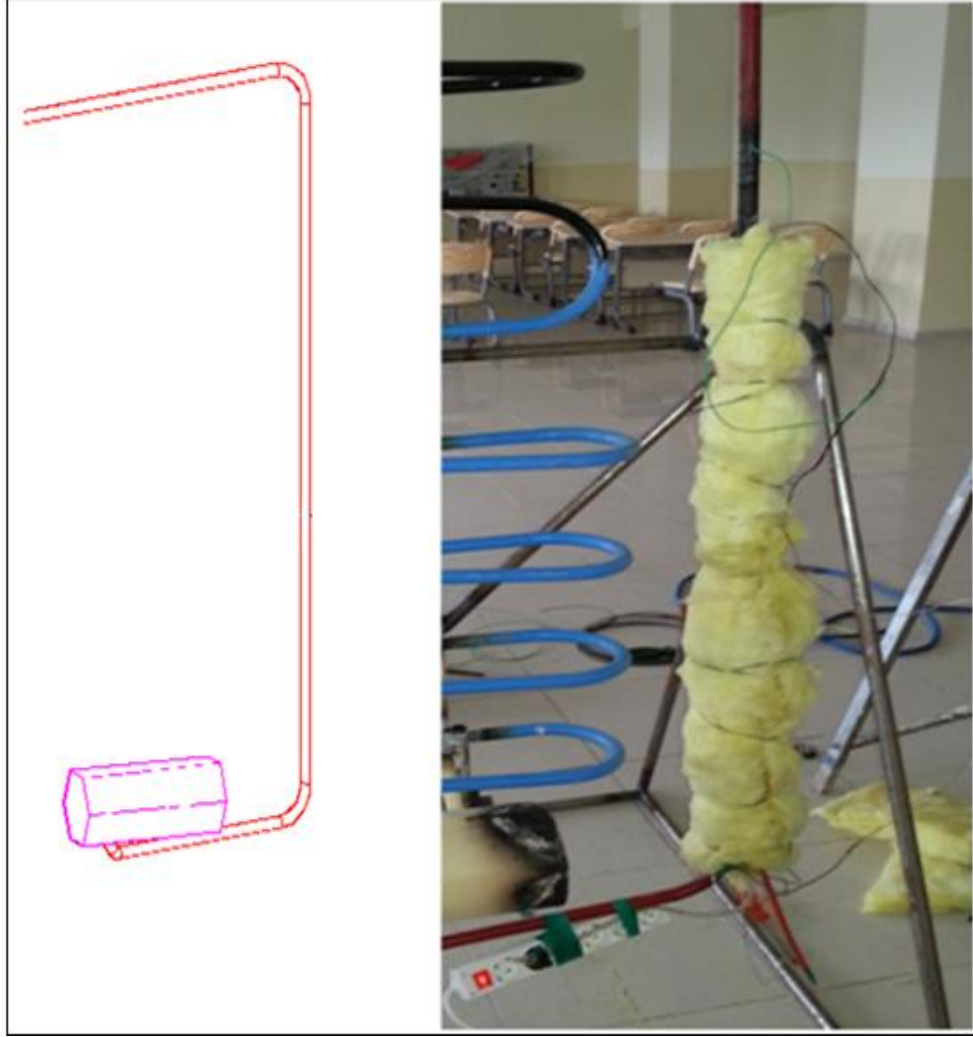
Yapılan ölçümler bilgisayar destekli otomatik kayıt sistemi ile takip edilmiştir.

5.2. ISI KAYNAĞI OLARAK ELEKTRİKLİ ISITICI KULLANIMI

Elektrikli ısıtıcı ile çalıştırılan cihazlar, özellikle sessizliğin çok önemli olduğu otel gibi yerlerde yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Tasarım ve imalatı yapılmış olan YSS, cihazı 3 adet 75 W güce sahip elektrikli ısıtıcılar ile test edilmişlerdir. 1 saatlik deneyler yapılmış ve sonuçları incelenip ve kaydedilmiştir. Bundan dolayı deney sonuçları 1 saatlik sonucuna göre çizilmiştir.

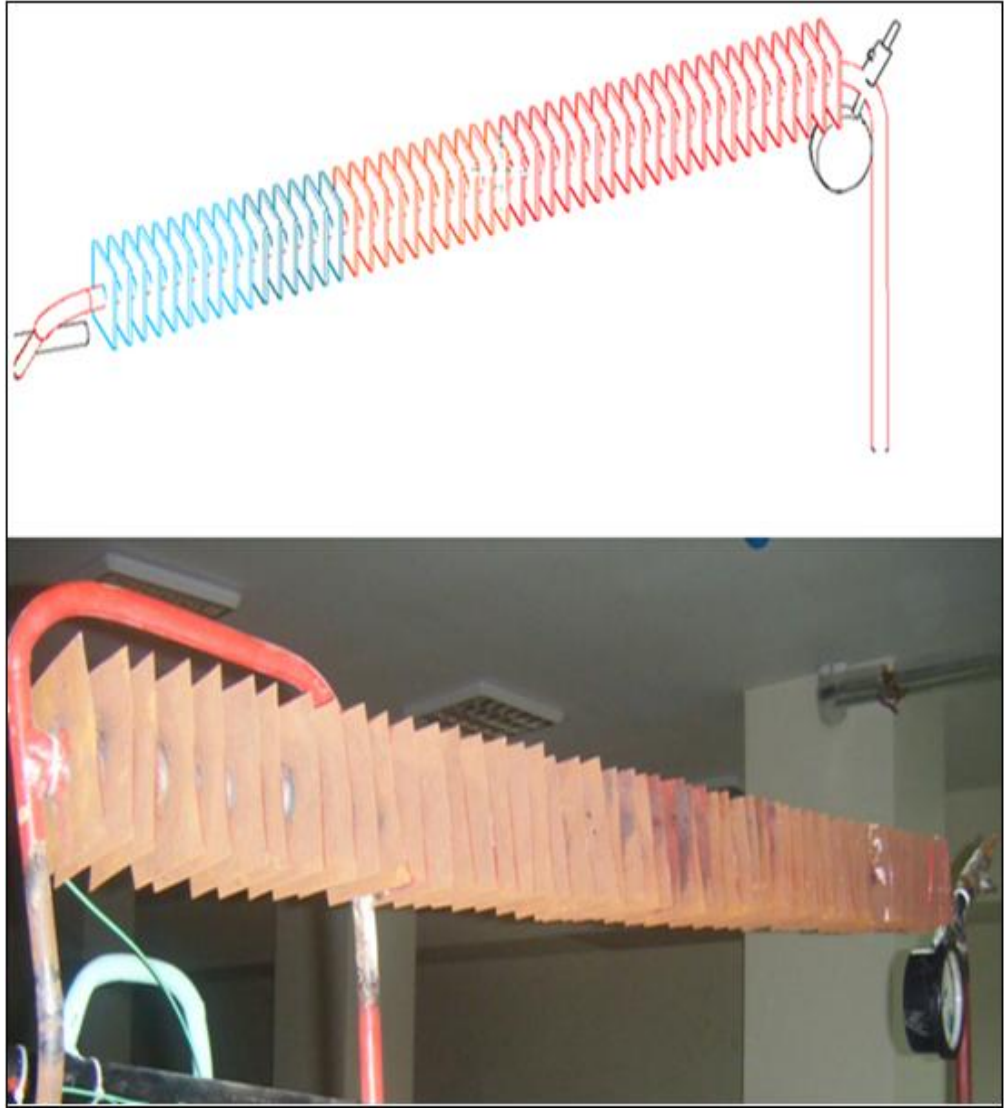
5.3. SİSTEMİN DENEY DÜZENEĞİNİN KURULMASI

YSS sisteminde elektrik enerjisi kullanılarak yararlanılmasına karar verildikten sonra deney düzeneğinin kurulmasına geçilmiştir. Elektrik enerjisi rezistans yardımıyla ısı enerjisine çevrilmiştir.



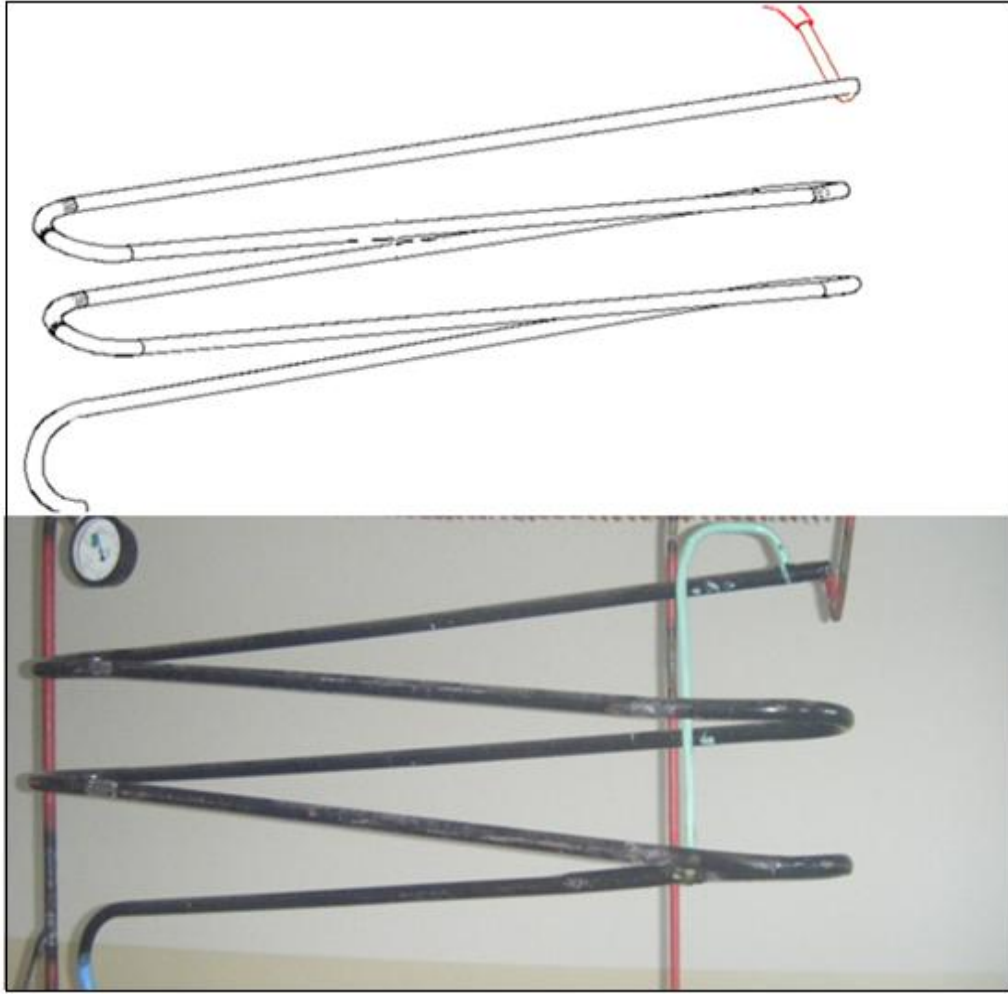
Şekil 5.1. YSS sistemi için tasarlanan kaynatıcı bölgesinin görünümü.

Şekil 5.1'de görüldüğü gibi sistemin kaynatıcı bölgesi yapıldıktan sonra elektrik enerjisini ısı enerjisine çeviren rezistanslar kaynatıcı bölgeye yerleştirilmiştir. Isının kaybolmaması ve daha erken zamanda sistem içerisindeki akışkanı kaynatması için kaynatıcı bölge yalıtılmıştır.



Şekil 5.2. YSS sistemi için tasarlanan yoğuşturucu bölgesinin görünümü.

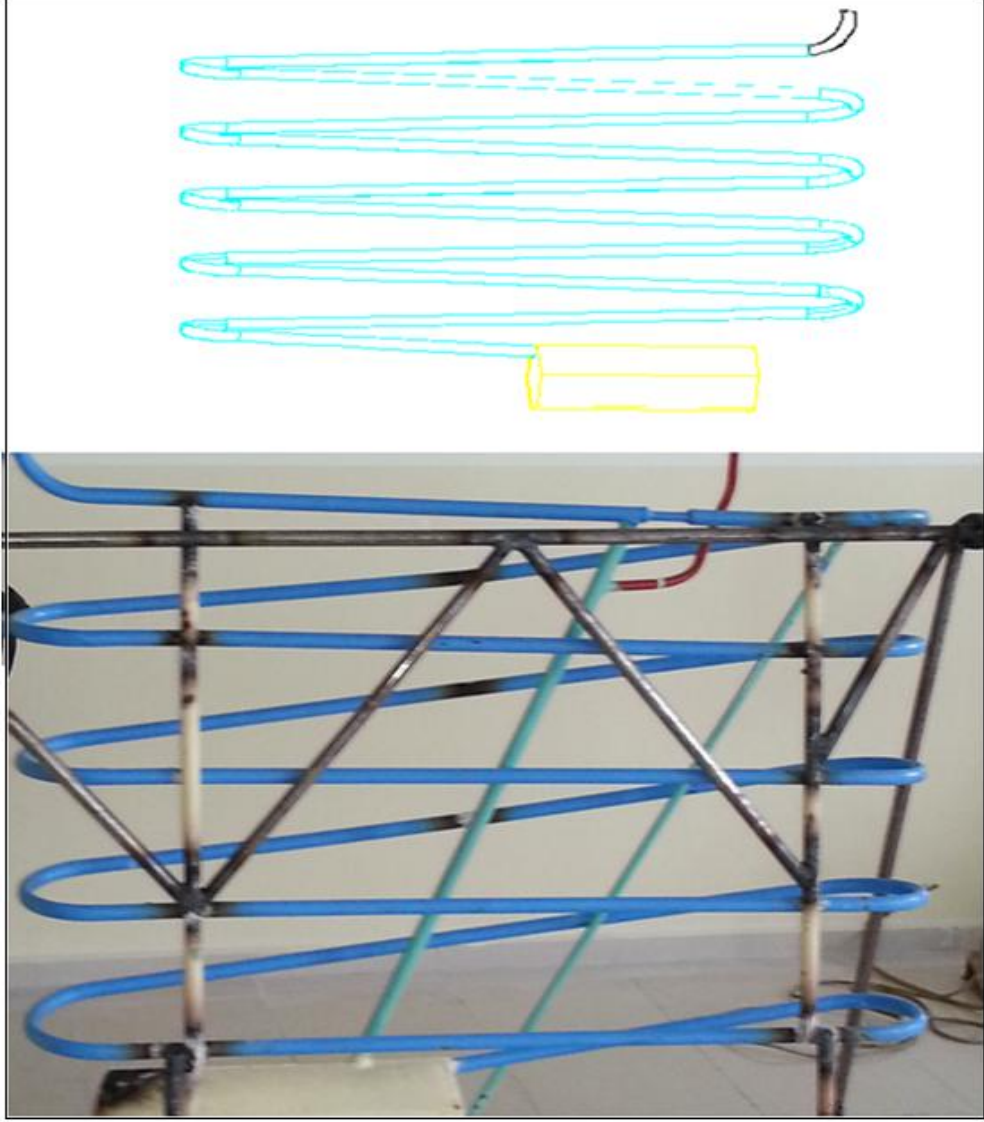
Şekil 5.2'de görüldüğü gibi imalatı yapılan sistemin yoğuşturucu bölgesinin çizimi bilgisayar ortamında tasarlanmış ve çizim üzerinde gerekli eğim ve hacim hesaplamaları yapılmıştır. Sistem içerisinde kaynatıcı bölgeden çıkıp yoğuşturucu bölgesine giren buhar halindeki amonyağın yoğuşturucu da ısısını atmasıyla sıvı hale geleceği bilindiği için yoğuşturucu bölgesinde sıvı amonyağın rahat akış sağlayıp buharlaştırıcıya erken ulaşmasını sağlamak için yoğuşturucuya 5⁰'lik bir eğim verilmiştir.



Şekil 5.3. YSS sistemi için tasarlanan buharlaştırıcı bölgesinin görünümü.

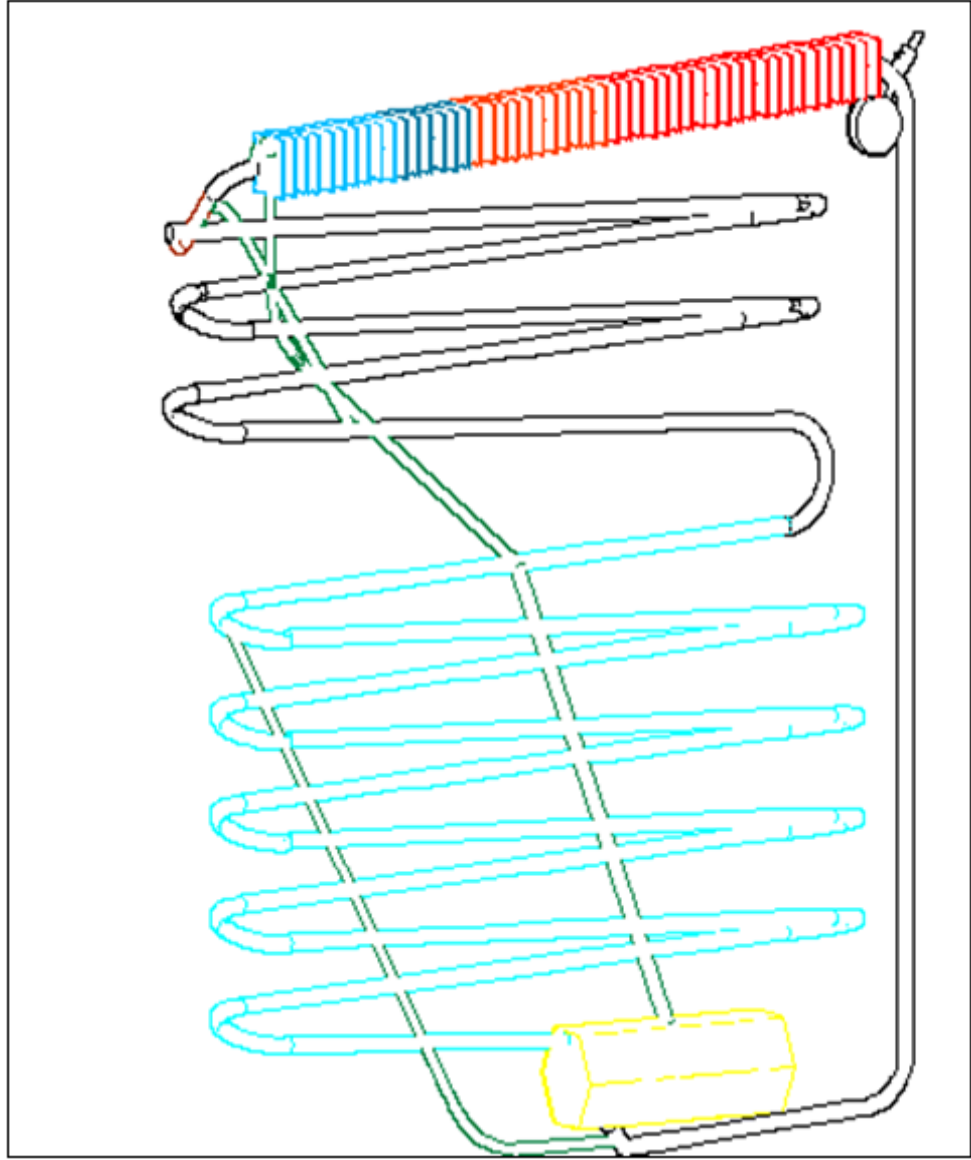
Şekil 5,3'te tasarımı düşünülen YSS sisteminin buharlaştırıcı bölgesinin çizim ve imalatı görülmektedir. Yoğuşturucudan çıkan sıvı amonyağın buharlaştırıcıya ulaşmasıyla başlayan soğutma işlemi sistemdeki eğiminde etkisiyle ileriye doğru devam etmektedir. Buharlaştırıcının giriş noktasında buharlaşmaya başlayan amonyağın sistemde herhangi bir engellemeye sebep olmaması için, buharlaştırıcı giriş noktasından buharlaştırıcı çıkış noktasına bir baypas hattı kurulmuş böylece ortamdan ısı çekerek buharlaşan amonyağın direkt olarak buharlaştırıcının çıkış noktasına atılması sağlanmıştır. Buharlaştırıcı girişinde soğuk helyum gazı ile karşılaşan sıvı amonyağın kısmi basıncı düşer ve buharlaşarak iç ortamın gizli ısını çekmeye başlar. Buharlaşan amonyak helyum gazının yoğunluğunu artırarak helyum gazı ile birlikte gaz ısı değiştirici ve soğurucuya doğru yerçekimi etkisiyle ilerler.

Sistemde soğurucu girişinde helyum içindeki amonyak buharı zayıf çözelti tarafından soğurularak çözelti tankına doğru devam ederek çevrimi tamamlar.



Şekil 5.4. YSS sistemi için tasarlanan soğurucu (ısı değiştirici) bölgesinin görünümü.

Şekil 5.4'te buharlaştırıcıda ortamın gizil ısını çekerek soğutma işlemini yapan amonyak buharının yoğunluğu artar. Böylece helyum gazı ile soğurucuya gelen amonyak yer çekimi etkisiyle çözelti tankına doğru iner ve çevrim tamamlanır.

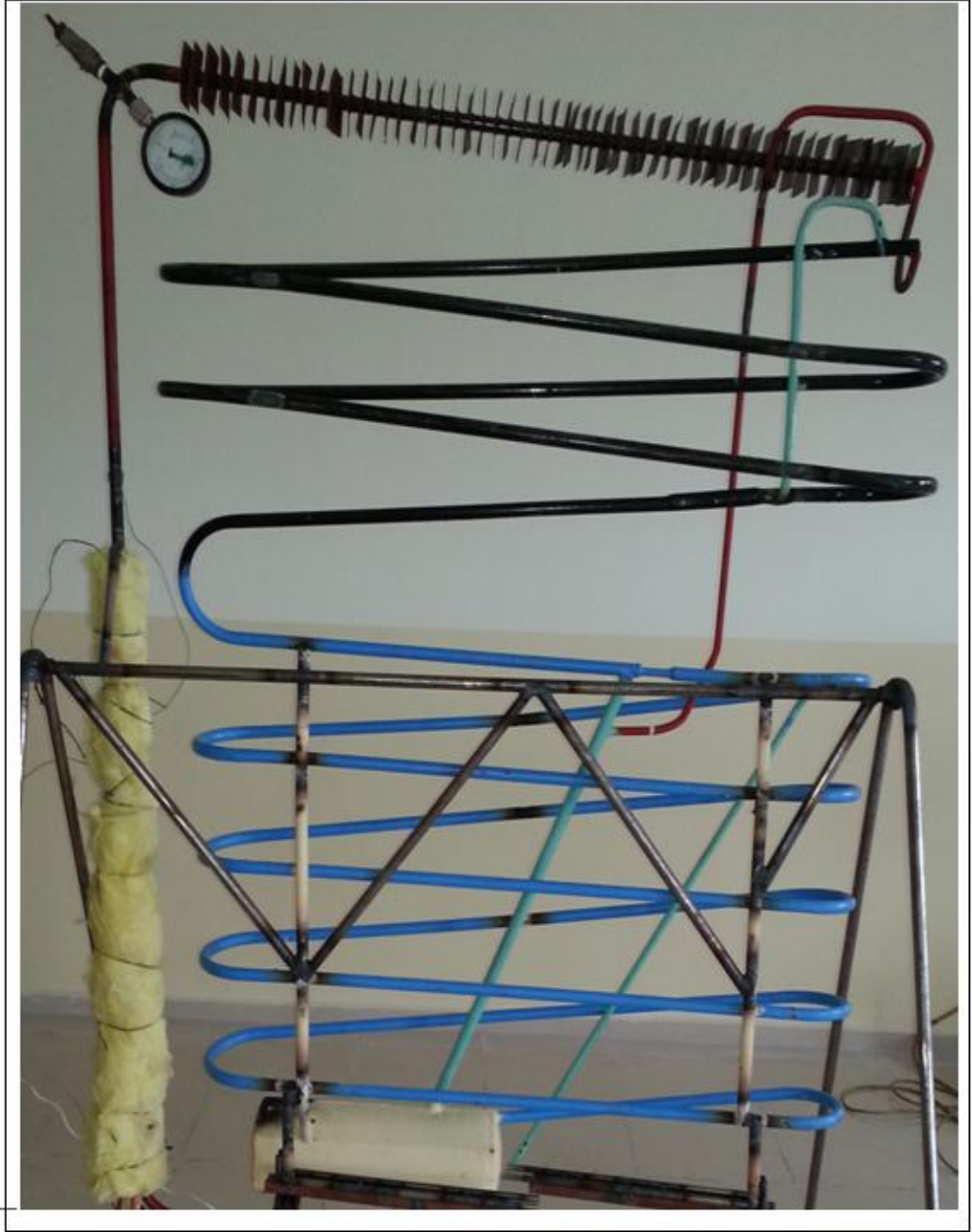


Şekil 5.5. Tasarımı yapılan YSS sisteminin genel çizimi.



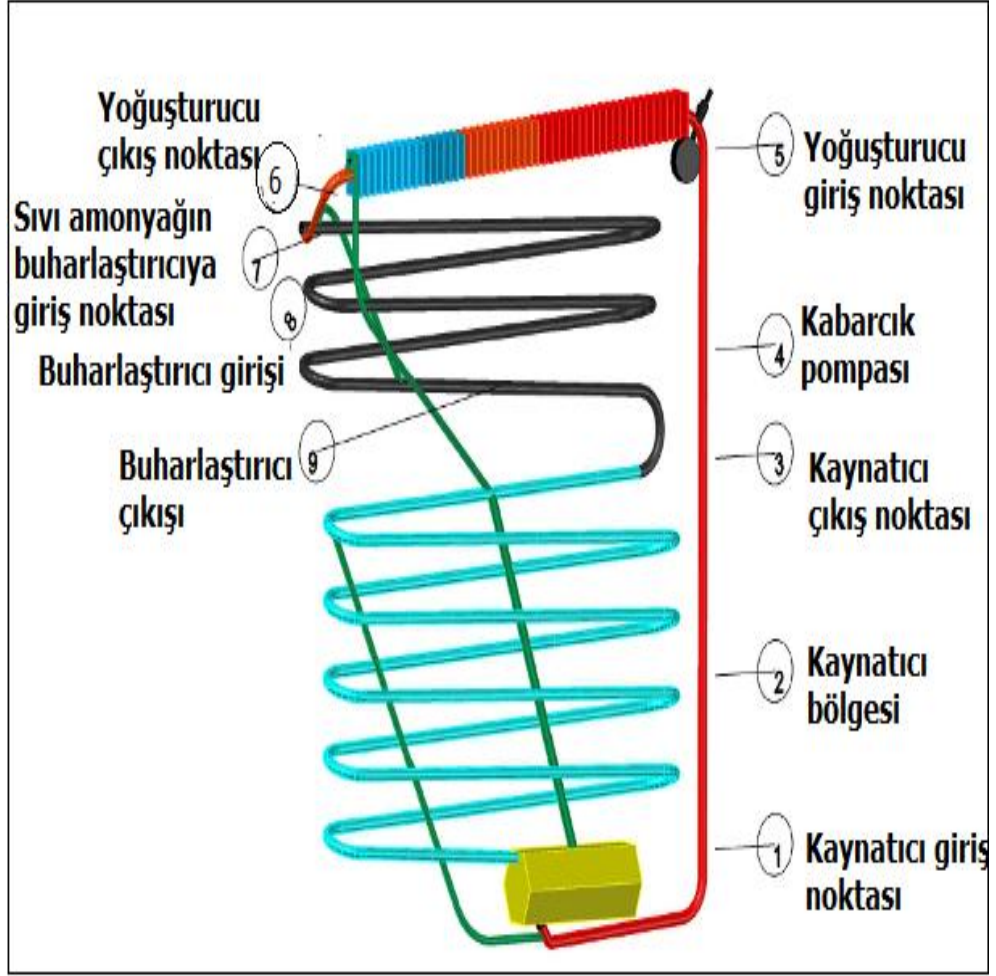
Şekil 5.6. YSS sisteminin basıncını ölçmek için sistem üzerine takılmış manometre.

Tasarım ve imalatı yapılan YSS sistemi 10 bar ve 13 bar basınçlarda denenmiş ve deney sonuçları kaydedilmiştir.



Şekil 5.7. Tasarımı yapılan YSS sisteminin genel görünümü.

5.4. SİSTEMİN SICAKLIK ÖLÇÜM NOKTALARI



Şekil 5.8. Tasarımı yapılan YSS sisteminin sıcaklık ölçüm noktaları.

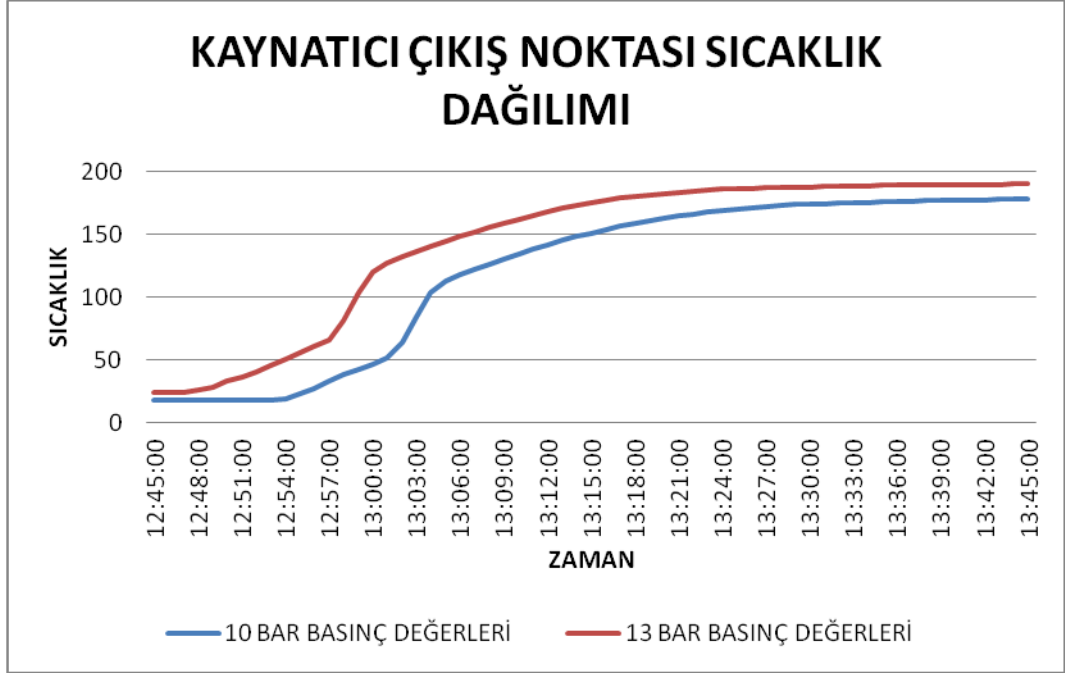
Tasarımı yapılan sistemde, kaynaticı giriş noktası, kaynaticı bölgesi, kaynaticı çıkış noktası, kabarcık pompası çıkış noktası, yoğuşturucu giriş noktası, yoğuşturucu çıkış noktası, düşük basınçlı sıvı amonyağın buharlaştırıcıya giriş noktası, buharlaştırıcı giriş noktası, buharlaştırıcı çıkış noktası ve dış ortam sıcaklığı olmak üzere 10 noktada sıcaklık değerleri alınmıştır. Sıcaklık değerleri ölçüm noktaları belirlenirken kaynaticı bölgesi, yoğuşturucu bölüm, buharlaştırıcı bölüm ve absorber bölüm olarak kısımlandırılmış ve her bölümde max değerleri verebilecek noktalar belirlenip ölçüm noktaları tayin edilmiştir.

BÖLÜM 6

DENEYSEL BULGULAR

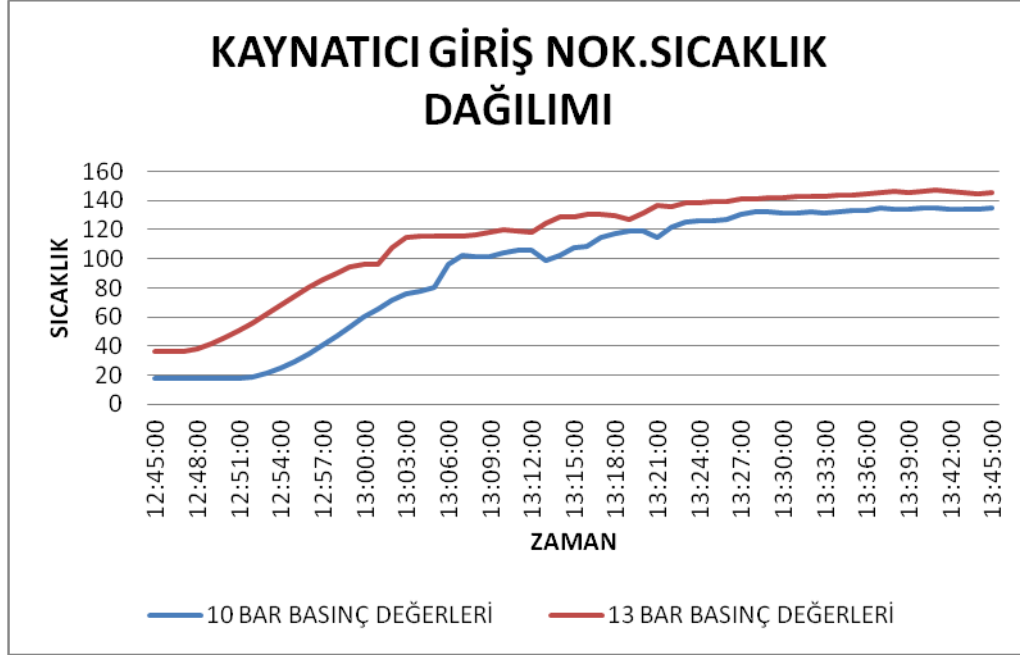
Yapılan deneylerde saflaştırıcı çıkış noktası (T_{sf}), kaynatıcı çıkış noktası (T_{ky}), kaynatıcı (T_{1a}), kabarcık pompası çıkış noktası (T_{1c}), yoğuşturucu giriş noktası (T_2), yoğuşturucu çıkış noktası (T_3), düşük basınçlı sıvı amonyağın buharlaştırıcıya giriş noktası ($4a$), buharlaştırıcı giriş noktası (T_{4c}), buharlaştırıcı çıkış noktası (T_5), kaynatıcı giriş noktası (T_7), sıcaklıklarının zamana bağlı değişim grafikleri çıkarılmıştır. Ayrıca sistem basıncının tespiti için saflaştırıcı- kaynatıcı çıkış noktasına (P_2), basınçölçer bağlanmış ve sistem basıncının zamana bağlı değişiminin grafiği de çizilmiştir. Ölçümler bilgisayara bağlı olarak otomatik kayıt sistemi ile takip edilmiştir. Grafiklerde diğer deneylerden farklı olarak saate bağlı beşer dakikalık olmak üzere toplam 1 saatlik zamana bağlı sıcaklık ve basınç değişimi görülmektedir.

Şekil 6.1.'de Ön soğutmasız yayınlı soğurmalı soğutma sistemi için kaynatıcı çıkış noktasının zamana bağlı sıcaklık dağılımı görülmektedir. Deneylere saat 12.45'te başlanmıştır. Grafikten de anlaşılacağı gibi sıcaklık saat 12.55'ten 13.30'a kadar yükseliş göstermiştir. Saat 13:30 dan sonra deney süresince sabit değerlerde devam etmiştir. Kaynatıcı çıkış noktasındaki sıcaklık değerlerinin artış gösterme sebebi kaynatıcı bölgesindeki çözeltinin habbecik pompası yardımı ile yukarı yönlü hareket etmesinden kaynaklanmaktadır.



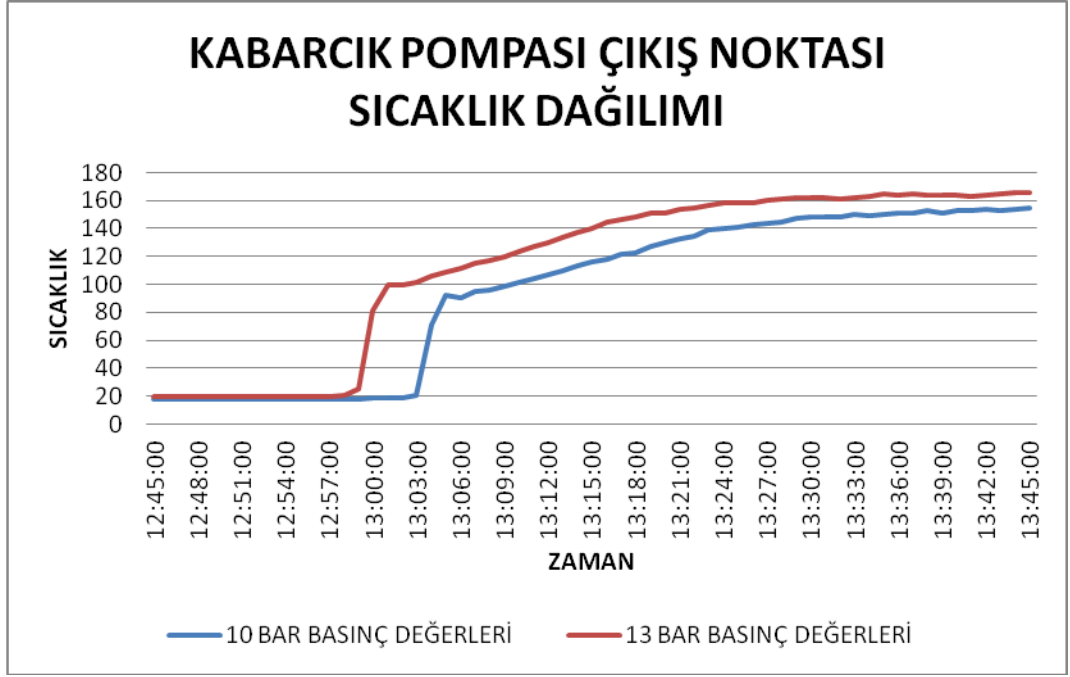
Şekil 6.1.YSS için kaynatıcı çıkış noktasının sıcaklık dağılımı.

Şekil 6.2.'de Ön soğutmasız yayınlı soğurmalı soğutma sistemi için kaynatıcı giriş noktasının zamana bağlı sıcaklık dağılımı görülmektedir. Grafikten de anlaşılacağı gibi 12.45 - 12.50 saatleri arasında sıcaklık yükselişi fazla değil iken saat 12.50'den sonra 13.00'a kadar hızlı bir değişim meydana gelmiştir. Sistemdeki kaynatıcı giriş noktasında ki en yüksek sıcaklık değeri yaklaşık olarak 150°C' ye ulaşmıştır. Saat 13.40'tan itibaren deney süresince sabit kalmıştır.

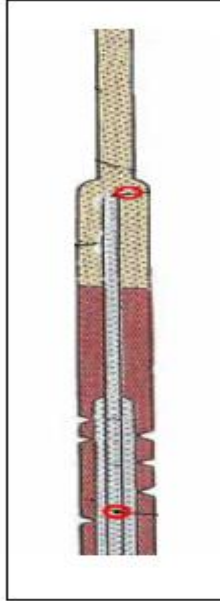


Şekil 6.2.YSS için kaynatıcı giriş noktasının sıcaklık dağılımı.

Şekil 6.3.'te Ön soğutmasız yayınımlı soğurmalı soğutma sistemi için kabarcık pompası çıkış noktası sıcaklık değerleri verilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı gibi saat 12.45- 12.58 saatleri arası sabit kalan değerler saat 12.58'den itibaren deney süresince artış göstermiştir. Kaynatıcı bölgesinin en üst kısmında bulunan habbecik pompası kaynatıcıdan gelen yüksek basınç ve yüksek sıcaklıktaki amonyak çözeltisinin ayrışmasını sağlayarak yoğuşturucuya amonyak buharı göndermektedir. İyi bir soğutmanın sağlanabilmesi için çözeltinin en iyi şekilde ayrıştırılmasına özen gösterilmelidir.



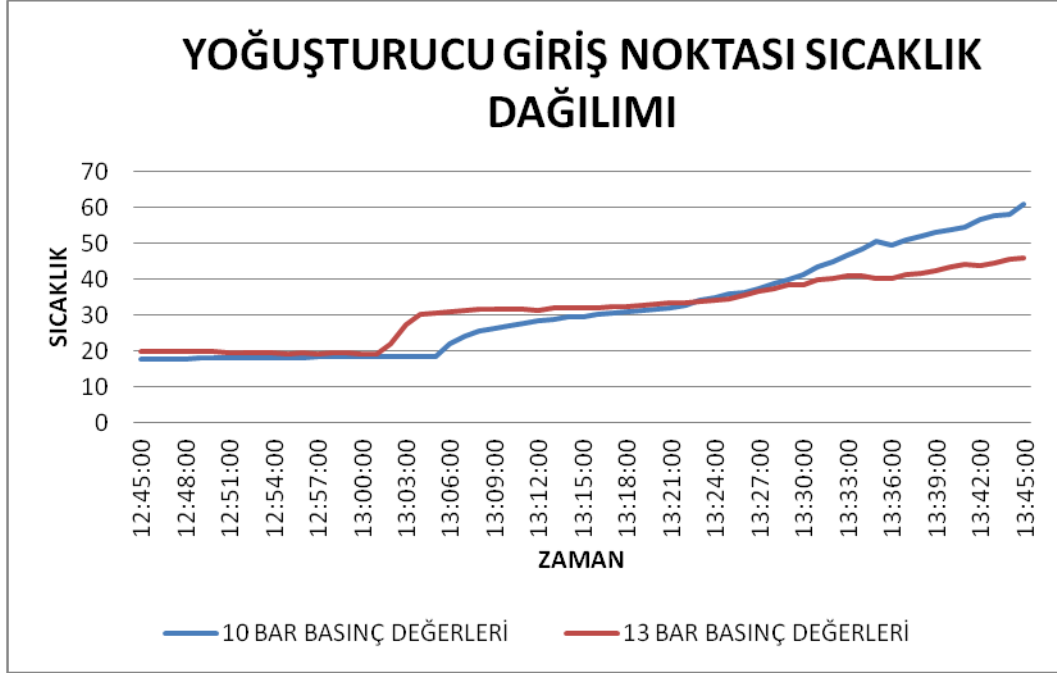
Şekil 6.3. YSS için kabarcık pompası çıkış noktasının sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.4. YSS için kabarcık pompası çıkış noktası.

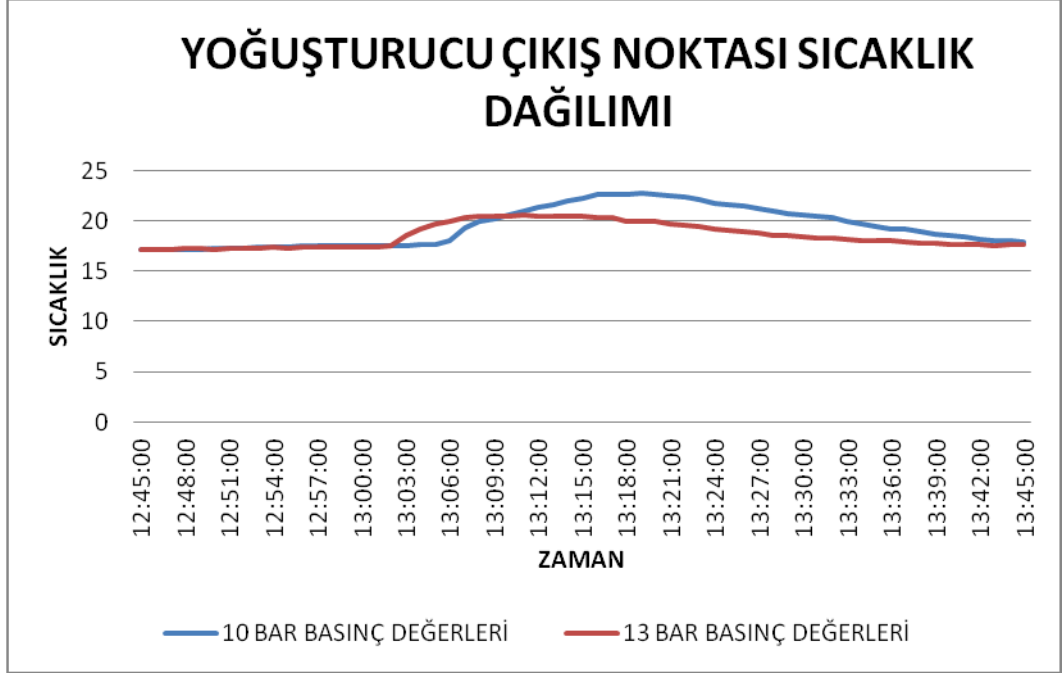
Şekil 6.4.'te Ön soğutmasız yayınımlı soğurmalı soğutma sistemi için yoğuşturucu giriş noktasının sıcaklık dağılımı görülmektedir. Grafikten de anlaşılacağı gibi saat 12.45'ten 13.00'e kadar sabit kalırken saat 13.00 ile 13.45'e kadar yükseliş

göstermektedir. Sistemde en yüksek sıcaklık yaklaşık olarak 63 dereceye kadar ulaşmış deney süresince küçük dalgalanmalarla devam etmiştir.

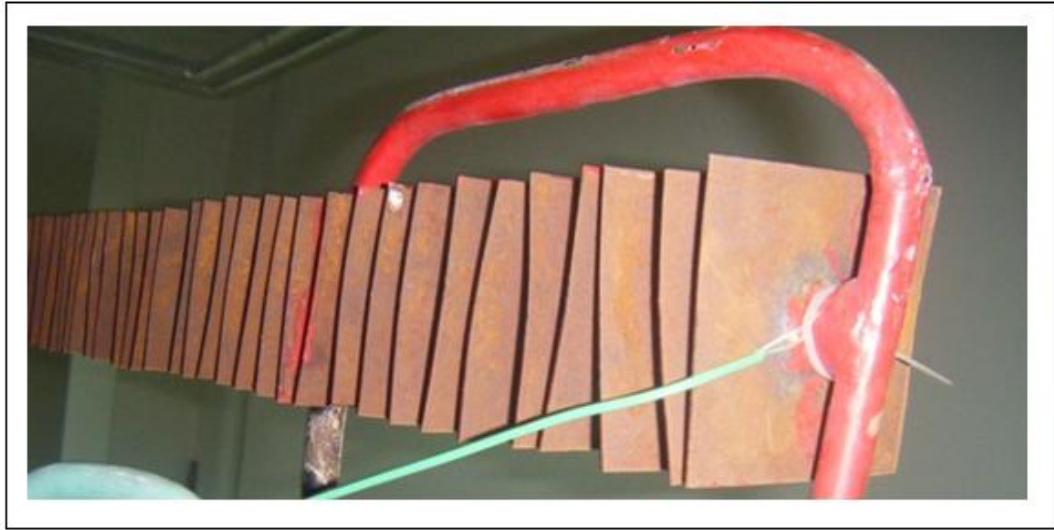


Şekil 6.5. YSS için yoğuşturucu giriş noktasının sıcaklık dağılımı.

Şekil 6.5.'da Ön soğutmasız yayınlımlı soğurmalı soğutma sistemi için yoğuşturucu çıkış noktasının sıcaklık dağılımı görülmektedir. Grafikte de örüldüğü gibi sıcaklık 12.45'ten 13.00'e kadar yükseliş göstermemiş daha sonraki saatlerde bir miktar artış görülse de ilerleyen saatler de tekrar azalma yaşanmıştır.



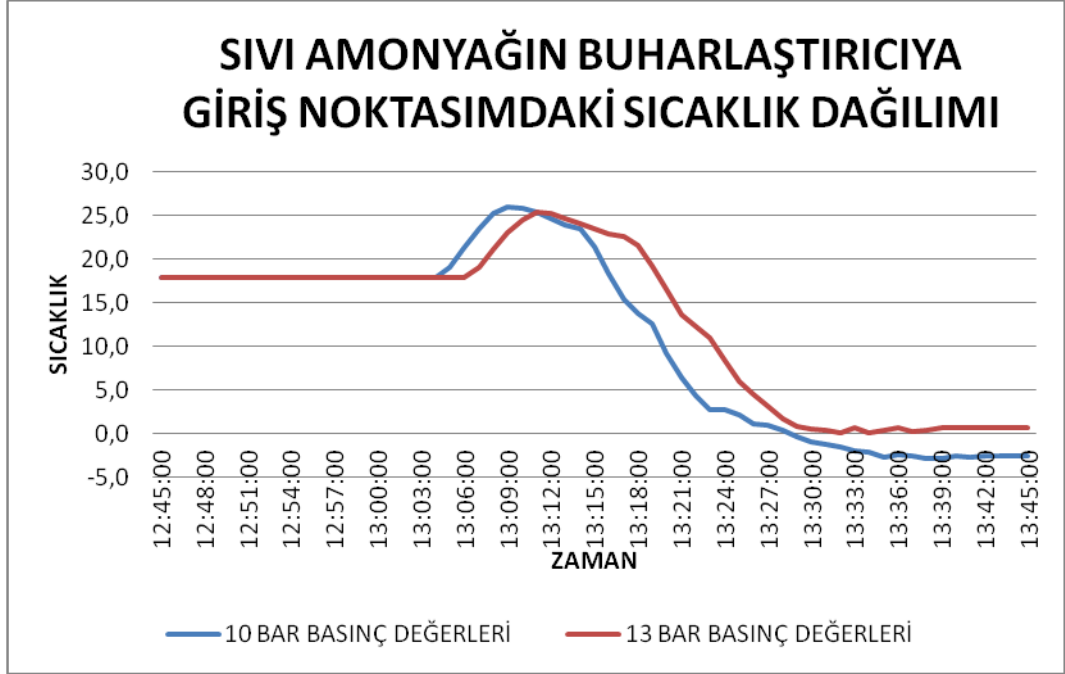
Şekil 6.6. YSS için yoğuşturucu çıkış noktasının sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.7. YSS için yoğuşturucu çıkış noktası.

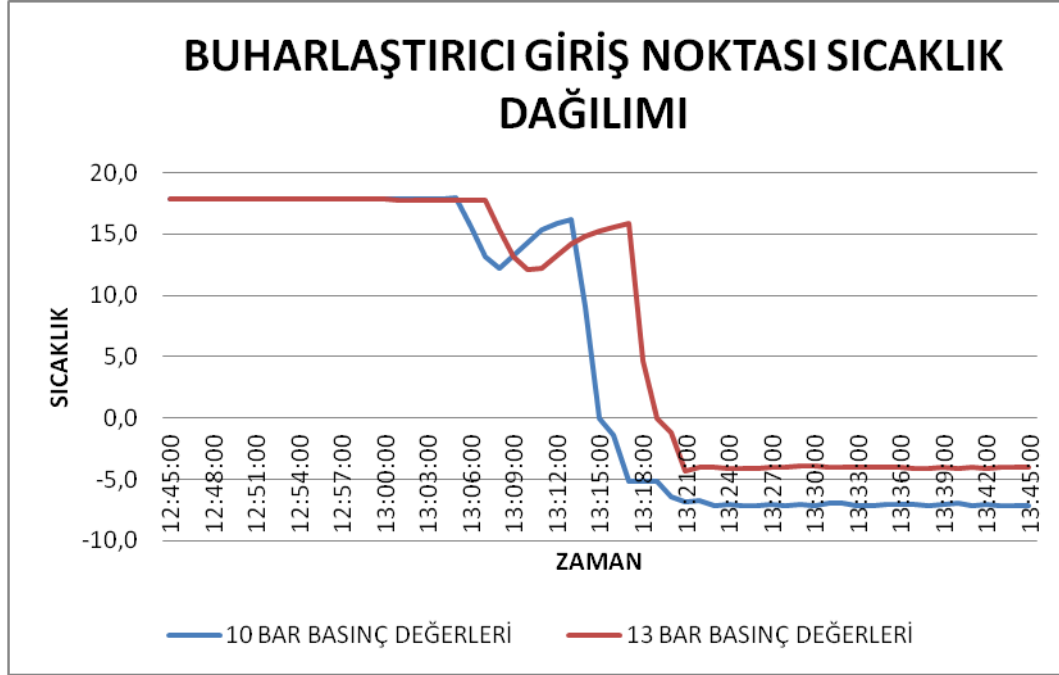
Şekil 6.6.'da Ön soğutmasız yayınlı soğurmalı soğutma sistemi için düşük basınçlı sıvı amonyağın buharlaştırıcıya giriş noktasının sıcaklık dağılımı gösterilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı gibi sistemde sıcaklık saat 12.45'ten 13.05'e kadar sabit kalmış sonraki saatlerde düşüş göstermiştir. Düşük basınçlı sıvı amonyağın buharlaştırıcıya giriş noktasının sıcaklığı 13 bar basınçta $0,6^{\circ}\text{C}$ 'ye 10 bar basınçta ise

yaklaşık olarak -3°C 'lere kadar düşmüştür. Görüldüğü gibi sistemdeki basıncın soğutma sıcaklığına etkisi oldukça etkilidir.

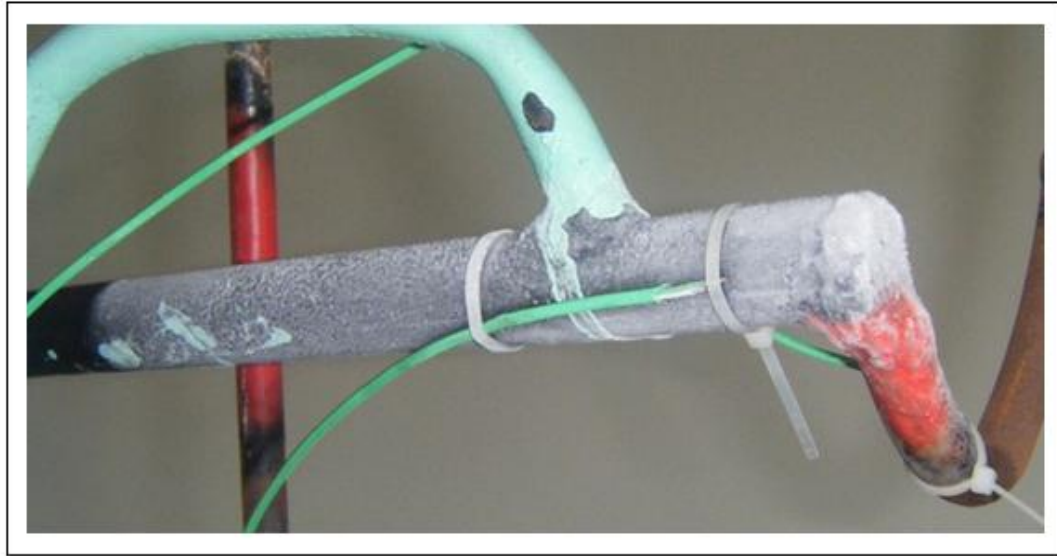


Şekil 6.8. YSS için sıvı amonyağın buharlaştırıcıya giriş noktası sıcaklık dağılımı.

Şekil 6.7.'de Ön soğutmasız yayınımlı soğurmalı soğutma sistemi için buharlaştırıcı giriş noktasının sıcaklık dağılımı gösterilmiştir. Grafikte de görüldüğü gibi buharlaştırıcıya giriş noktasının sıcaklığı başlangıçta $17-18^{\circ}\text{C}$ iken saat 13.06'ya kadar sabit değerlerde kalmıştır. Saat 13.06'dan sonraki saatlerde sürekli düşüş göstermiştir. Buharlaştırıcı giriş noktası sıcaklığı 13 bar basınçta yaklaşık olarak -4°C 10 bar basınçta ise $-7,1^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar düşmüştür.

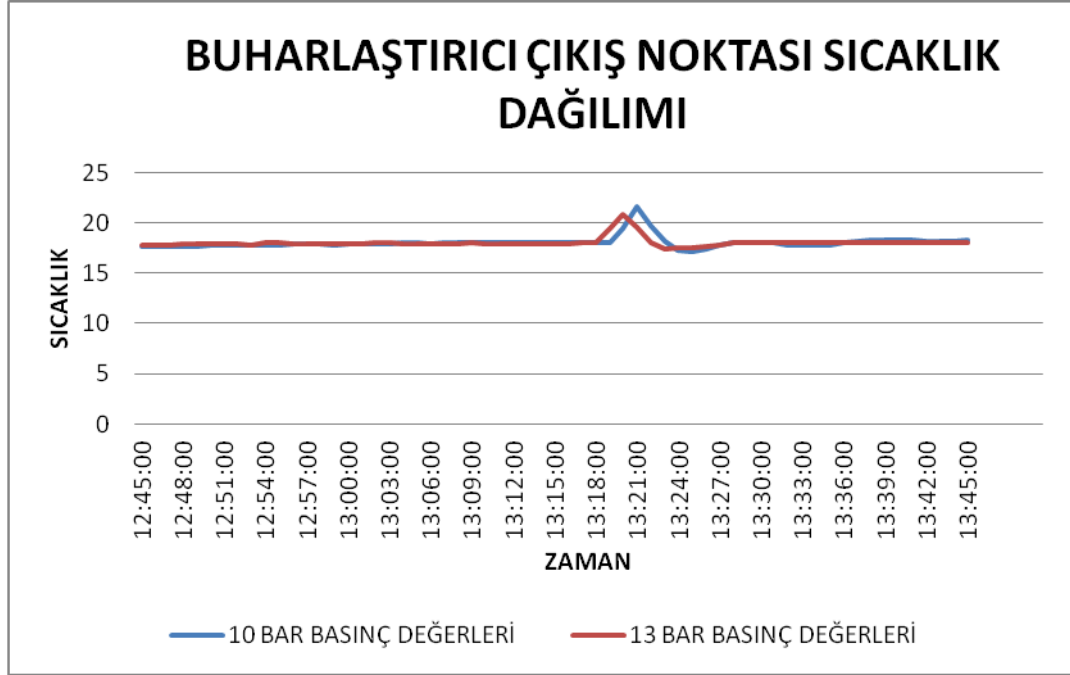


Şekil 6.9. YSS için buharlaştırıcı giriş noktasının sıcaklık dağılımı.



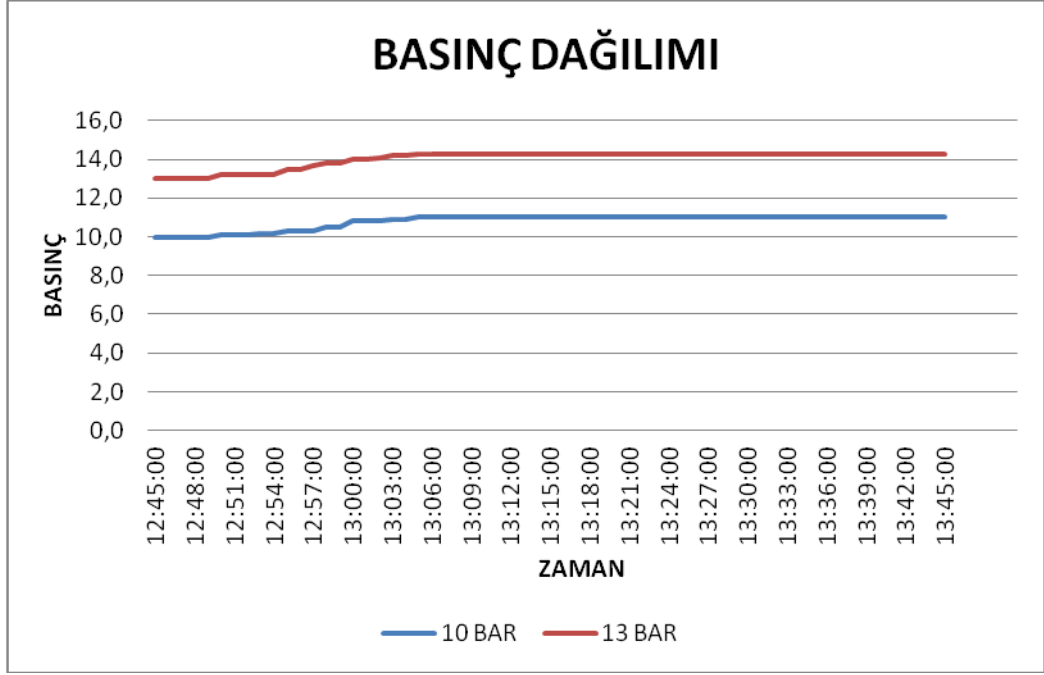
Şekil 6.10. YSS için buharlaştırıcı giriş noktasının görünümü.

Şekil 6.8.'de Ön soğutmasız yayınımlı soğurmalı soğutma sistemi için buharlaştırıcı çıkış noktasının sıcaklık dağılımı gösterilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı gibi buharlaştırıcı çıkış noktasının sıcaklığı 12.45-13.15 saatleri arasında sabit değerlerle devam etmiş, 13.15-13.25 saatleri arasında bir miktar artış göstermiş sonraki saatlerde tekrar düşmüş ve küçük dalgalanmalarla devam etmiştir.



Şekil 6.11. YSS için buharlaştırıcı çıkış noktasının sıcaklık dağılımı.

Şekil 6.9.'da Ön soğutmasız yayınlı soğurmalı soğutma sistemi için sistemin basınç dağılımı gösterilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı gibi sistemin basıncı saat 12.45'te normalde 10 bar iken 13.00'dan sonra yaklaşık olarak 1 bar artış göstererek 11 civarına çıkmıştır. Diğer bir deneyde ise sistemin basıncı deney başlangıcında 13 bar iken sistem çalıştırıldıktan 15 dakika sonra yaklaşık olarak 1,2 bar artış göstererek 14,2 bara yükselmiştir.

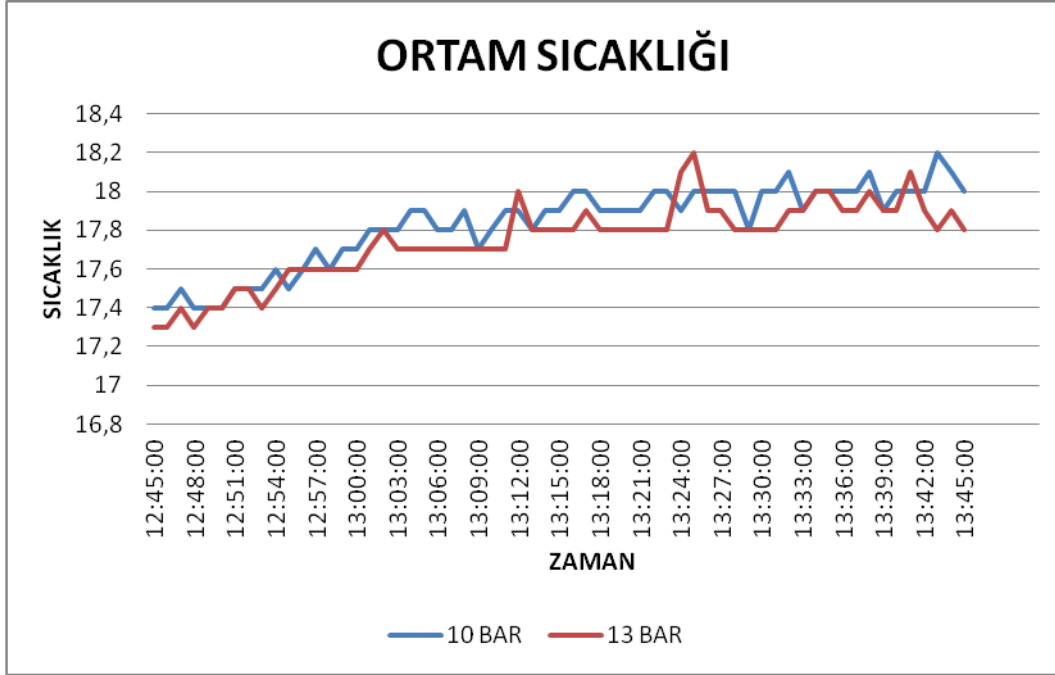


Şekil 6.12. YSS için sistemin basınç dağılımı.



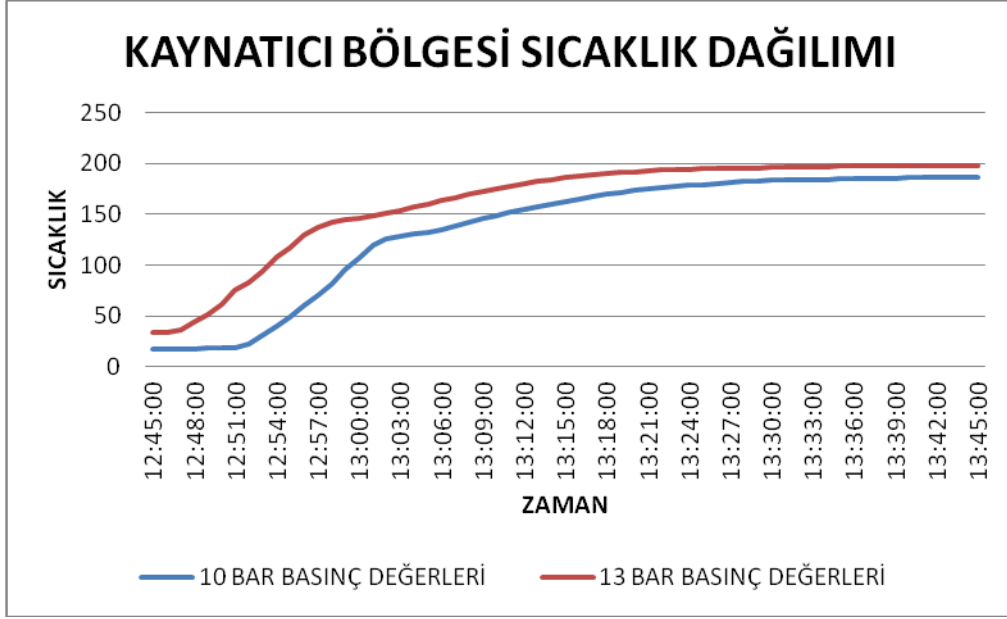
Şekil 6.13. YSS için sistemin basınç göstergesi.

Şekil 6.10.'da Ön soğutmasız yayımlı soğurmalı soğutma sistemi için dış sıcaklık dağılımı görülmektedir. Sistem kapalı ortamda olduğu için sıcaklık değerlerinde fazla dalgalanma olmamıştır.



Şekil 6.14. YSS için dış ortam sıcaklık değerleri.

Şekil 6.11.'de Ön soğutmasız yayımlı soğurmalı soğutma sistemi için kaynatıcı bölgesindeki sıcaklık dağılımı gösterilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı gibi sistemde deneye başlandığı andan itibaren sıcaklık değerlerinde artış görülmüştür. 10 bar basınçta yapılan deneyde kaynatıcı bölgesindeki sıcaklık değeri 186,6°C ye, 13 bar basınçta yapılan deneyde ise kaynatıcı bölgesindeki sıcaklık değeri 198°C ye ulaşmıştır. Grafikteki sıcaklık değerlerinin değişken olmasının sebebi basınç farkından kaynaklanmaktadır.



Şekil 6.15. YSS için kaynatıcı bölgesindeki sıcaklık dağılımı.

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1. SONUÇLAR

Bu çalışmada tasarım ve imalatı yapılan ön soğutmasız yayınlı soğurmalı soğutma sisteminin büyük hacimlerde kullanılabilirliği araştırılmış elde edilen deneysel verilerle sistemin soğutma tesir katsayısı hesaplanarak sayısal ve grafiksel olarak sunulmuştur.

Yapılan deneylerde en pratik ve maliyeti en düşük tasarım ön planda tutulmuştur. Literatür araştırmalarına bakıldığında böyle bir tasarım ve uygulama ilk defa bu çalışmada ortaya konmuştur.

Ön soğutmasız yayınlı soğurmalı soğutma sistemi kullanılan ısı kaynağına göre ele alındığında en düşük sıcaklıklara elektrik enerjisi kullanılarak ulaşıldığı görülmüş ve bu araştırmalar göz önünde bulundurularak deneyler elektrik enerjisi ile yapılmıştır.

Ön soğutmasız yayınlı soğurmalı soğutma sistemleri geliştirilmeye uygun çalışmalar olup aynı zamanda yenilebilir enerji kaynakları ile de çalıştırılabilir olması hem ülkemiz açısından hem de çevre bilinci açısından faydalı olabileceği yapılan deneylerle tespit edilmiştir.

Tasarım ve imalatı yapılan sisteme amonyak çözeltisi ve helyum gazı basıldıktan sonra sistem devreye alınmış ve on beş dakikalık bir sürenin ardından etkisini göstermeye başlamıştır.

7.2. ÖNERİLER

Absorpsiyonlu soğutma sistemleri üzerine yapılan bu çalışmada yayınımlı soğurmalı soğutma sistemlerinin büyük hacimlerde kullanılabilirliği incelenmiş ön soğutmasız sistemin tasarım ve imalatı ilk defa tarafımızdan yapılarak çalışabilirliği deneysel olarak ele alınmıştır. Bu çalışma ile sistemlerin tasarım, imalat, dolun aşamalarından, deney sonuçlarından ve termodinamik hesaplamalardan elde edilen sonuçlara göre aşağıdaki öneriler dikkate alınabilir.

- Yayınımlı soğurmalı soğutma sistemlerin en önemli avantajları kullanılan akışkanların çevreci olması ile sessiz ve bakım gerektirmeyen bir yapıya sahip olmalarıdır. Bu çalışma ile bilimsel olduğu kadar piyasaya dönük çalışmaların da önü açılabilir ve bu tür çalışmaların yenilenebilir enerji kaynakları ile de çalıştırılabilmesi üzerine çalışmalar yapılabilir.
- Her tip soğutucuda olduğu gibi yayınımlı soğurmalı soğutma sisteminde de yoğunlaştırıcı bölgesinden ne kadar iyi ısı çekilirse soğutma o kadar iyi olmaktadır. Bu sistemlerde ayrıca soğurucu kısmından da ısı atılması gerekmektedir. Bu bağlamda çalışabilirliği yapılan çalışma ile kanıtlanmış ön soğutmasız ve ön soğutmalı ejektörlü sistemler çeşitli şekillerde biri diğerinin yoğunlaştırıcı ve soğurucu bölgelerini soğutarak asıl soğutucu ile iç ortam sıcaklığının -5°C 'ye veya -10°C 'ye kadar soğutabilen sistemlerin tasarım ve imalatı araştırılabilir.
- Bu çalışmada sadece elektrik enerjisi kullanılmıştır sistemin başka enerji kaynakları ile çalışıp çalışmayacağı araştırılabilir.
- Sistemin kaynatıcı bölgesinde yapılacak farklı bir tasarımla cihazın hem elektrik enerjisiyle, hem LPG ile hem de güneş enerjisi ile ortak çalışabilirliği araştırılabilir.

- Tasarıml ve imalatı yapılan sistemde ince cidarlı boruların bükümünde ve kaynatılmasında yaşanan bazı aksaklıklardan dolayı tasarıml yarım parmak boruyla yapılmıştır. Sistem geliştirilerek soğutucu borular kullanılabilir.
- Tasarıml ve imalatı yapılan sistemde yoğuşturucuda sıvı hale gelen amonyak buharlaştırıcıya girmeden önce, sistemde bir büküm verilerek buharlaştırıcıya direkt olarak verilmemiştir. Sistem geliştirilerek yoğuşturucudan çıkan sıvı amonyak direkt olarak buharlaştırıcıya verilerek sistemdeki değışim test edilebilir.

KAYNAKLAR

1. Kouremenos, D.A., Stegou-Sagia, A. and Antonopoulos, K.A., “Three-dimensional evaporation process in aqua-ammonia absorption refrigerators using helium as inert gas”, *International Journal of Refrigeration*, 17 (1): 58-67 (1994).
2. Smirnov, G.F., Bukraba, M.A., Fattuh, T. and Nabulsi, B., “Domestic refrigerators with absorption – diffusion units and heat – transfer panels”, *International Journal of Refrigeration*, 19 (8): 517-521 (1996).
3. Eames, I.W. and Wu, S., “A theoretical study of an innovative ejector powered absorption-recompression cycle refrigerator”, *International Journal of Refrigeration*, 23 (6): 475-484 (2000).
4. White, S.J., “Bubble pump design and performance”, In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science in Mechanical Engineering, *Georgia Institute of Technology*, 2-16 (2001).
5. Shi, L., Yin, J., Wang, X. and Zhu, M.S., “Study on a new ejection-absorption heat transformer” *Applied Energy*, 68 (2): 161-171 (2001).
6. Sözen, A. ve Arcaklıoğlu, E., “Exergy analysis of an ejektor-absorption heat transformer using artificial neural network approach”, *Applied Thermal Engineering*, 27 (2-3): 481-491 (2006).
7. Srihirin, P. and Aphornratana, S., “Investigation of a diffusion absorption refrigeration”, *Applied Thermal Engineering*, 22 (11): 1181-1193 (2002).
8. Jiang, L., Gu, Z., Feng, X. and Li, Y., “Thermo-economical analysis between new absorption-ejektor hybrid refrigeration system and small double-effect absorption system”, *Applied Thermal Engineering*, 22 (9): 1027-1036 (2002).
9. Jakob, U., Eicker, U., Taki, A.H. and Cook, M.J., “Development of an optimised solar driven diffusion-absorption cooling machine” *International Solar Energy Society (ISES), Proceedings of the ISES Solar World Congress*, Göteborg, Sweden, 1-6 (2003).
10. Koyfman, A., Jelinek M., Levy A. and Borde I., “An experimental investigation of bubble pump performance for diffusion absorption refrigeration with organic working fluids”, *Applied Thermal Engineering*, 23:1881-1894 (2003).

11. Moreira, E.C.C., Santos, C.A.C., Ribeiro, C.M.C., Souza, W.L. and Leal, R.A., "Study of a diffusion-absorption refrigeration cycle using ammonia-water-helium as working fluids", *18th International Congress of Mechanical Engineering*, 1-8 (2005).
12. Zohar, A., Jelinek M., Levy A. and Borde I., "Numerical investigation of a diffusion absorption refrigeration cycle", *International Journal of Refrigeration*, 28 (4): 515-525, (2005).
13. Chen, J., Kim J.K. and Herold K.E., "Performance enhancement of a diffusion-absorption refrigerator", *International Journal of Refrigeration*, 19 (3): 208-218 (1996).
14. Sözen, A. ve Özalp, M., "Solar-driven ejector-absorption cooling system", *Applied Energy*, 80 (1): 97-113 (2005).
15. Lin, L., Wang, Y., Al-Shemeri, T., Zeng, S., Huang, J., He, Y., Huang, X., Li, S. And Yang, J., "Characteristics of a diffusion absorption refrigerator driven by the waste heat from engine exhaust", *Journal of Process Mechanical Engineering*, 220 (3): 139-149 (2006).
16. Oriani, G., Jelinek, M. and Levy, A., "Spray formation of binary organic solution for an absorption refrigeration system", *Applied Thermal Engineering*, 26 (8-9): 872-880 (2006).
17. Zohar, A., Jelinek M., Levy A. and Borde I., "The influence of the generator and bubble pump configuration on the performance of diffusion absorption refrigeration (DAR) system", *International Journal of Refrigeration*, 31 (6): 962-969 (2008).
18. Ben Jemaa, R., Ben Issa, N., Ben Issa, S. And Bellagi, A., "Exergy analysis of a diffusion absorption refrigeration system", *International Journal of Exergy*, 5 (5-6): 626-637 (2008).
19. Zohar, A., Jelinek M., Levy A. and Borde I., "Performance of diffusion absorption refrigeration cycle with organic working fluids", *International Journal of Refrigeration*, 32 (6): 1241-1246 (2009).
20. Özbaş, E., "Yayınımlı soğurmalı soğutma sistemi tasarımı, imali, deneysel ve teorik analizi ile performans iyileştirilmesi", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-55 (2010)
21. Erbecer, İ., "Yayınımlı soğurmalı soğutma sistemlerinde ısı kaynağı olarak güneş enerjisinin kullanılabilirliğinin deneysel olarak incelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-50 (2012)
22. Platen, B. C. and Munters, C. G., "Refrigerator", *U.S. Patent* 1,685,764, (1928).

23. Kouremenos, D.A. and Stegou-Sagia, A., “Use of helium instead of hydrogen in inert gas absorption refrigeration”, *International Journal of Refrigeration*, 11 (5): 336-341, (1988).
24. Sözen, A. ve Özalp, M., “Performance improvement of absorption refrigeration system using triple-pressure-level”, *Applied Thermal Engineering*, 23 (13): 1577-1593 (2003).
25. Sözen, A. Arcaklıoğlu, E. And Özalp, M., “A new approach to thermodynamic analysis of ejektor-absorption cycle: artificial neural network”, *Applied Thermal Engineering*, 23 (8): 937-952 (2003).
26. Alexis, G.K. and Rogdakis, E.D., “Performance characteristics of two combined ejektor-absorption cycles”, *Applied Thermal Engineering*, 22 (1): 97-106 (2002).
27. Sözen, A., “Effect of heat exchangers on performance of absorption refrigeration systems”, *Energy Conversion & Mangement*, 42 (14): 1699-1716 (2001).
28. Sözen, A. Arcaklıoğlu, E. ve Özalp, M., Yücesu, S., “Performance parameters of an ejektor-absorption heat transformer”, *Applied Energy*, 80 (3): 273-289 (2005).
29. Özalp, M., “Alternatif çalışma akışkanları ile çalışan ejektörlü-absorbsiyon soğutma sisteminin yapay sinir ağları kullanılarak termodinamik analizi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 37-53 (2004).
30. Yamankaradeniz, R., Horuz, İ., Kaynaklı, Ö., Çoşkun, S. ve Yamankaradeniz, N., “Soğutma Tekniği ve Isı Pompası Uygulamaları”, *DORA Yayıncılık Bursa*, 283-286 (2009).
31. Lindborg, A., “Amonyak ve Amonyagin Soğutucu Olarak İtibarı”, Termodinamik, Çeviren: Uzman, A. ve Türköz, G., *Doğa Yayın İstanbul*, 40-50 (2008).
32. Calm, J. M., “Refrigerant Safety”, *ASHRAE Journal*, 17-26, (1994).
33. Calm, J. M., “The Four R’s, Responsible Responses to Refrigerant Regulation”, *Engineered Systems*, 20 (10): 66-80 (2003).
34. Onat, A., İmal, M. ve İnan, A.T., “Soğutucu akışkanların ozon tabakası üzerine etkilerinin araştırılması ve alternatif soğutucu akışkanlar”, *K.S.Ü. Fen ve Mühendislik Dergisi*, 28 (12) 32-38 , (2004).
35. Aslan, M.E., “Absorbsiyonlu sistemle çalışan bir buzdolabının deneysel ve teorik olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 12-15 (2003).

36. Yamankaradeniz, R., Horuz, İ. ve Çoşkun, S., “Soğutma Tekniği ve Uygulamaları”, *VİPAŞ A.Ş. İstanbul*, 14-16 (2002).
37. Eastop, T. D. and Watson, W. E., “Mechanical Services For Buildings”, *Longman Scientific & Technical, Oxford* 375–376 (1992).
38. El-Sayed, Y. M. and Tribus, M., “Thermodynamic properties of water-ammonia mixtures theoretical implementation for use power cycles analysis”, *ASME Special Publication*, AES 1, New York (NY), 89-95 (1985).
39. Ziegler, B. and Trepp, C., “Equation of state for ammonia-water mixtures”, *International Journal of Refrigeration*, 7: 101-106 (1984).
40. Bourseau, P. and Bugarel, R., “Absorption-diffusion machines; comparison of the performances of NH₃-H₂O and NH₃-NaSCN”, *International Journal of Refrigeration*, 9: 206-214 (1986).
41. Patek, J. And Klomfar, J., “Simple functions for fast calculations of selected thermodynamic properties of ammonia-water system”, *International Journal of Refrigeration*, 18: 228-234 (1995).
42. Zhang, X.L. and Wang, R.Z., “A new adsorption-ejector refrigeration and heating hybrid system powered by solar energy”, *Applied Thermal Engineering*, 22: 1245-1258 (2002).
43. Huang, B.J., Chang, J.M., Wang, C.P. and Petranko, V.A., “A 1-D analysis of ejector performance”, *International Journal of Refrigeration*, 22: 354-364 (1999).
44. Keenan, J.H. and Neumann, E.P., “A simple air ejector”, *Journal of Applied Mechanics*, 64: 85-91 (1942).
45. Rogdakis, E.D. and Alexis, G.K., “Investigation of ejector design at optimum operating condition”, *Energy Conversion and Management*, 41: 1841-1849 (2000).
46. Alexis, G.K. and Rogdakis, E.D., “A verification of steam-ejector refrigeration model”, *Applied Thermal Engineering*, 23: 29-36 (2003).
47. Alexis, G. K. and Rogdakis, E. D., “Performance of solar driven methanol-water combined ejector-absorption cycle in the Athens area”, *Renewable Energy*, 25: 249-266 (2002).
48. Chen, Y.A. and Sun, C.Y., “Experimental study of the performance characteristics of a steam-ejector refrigeration system”, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 15: 384-394 (1997).
49. Sun, D.W. and Eames, I.W., “Recent developments in the design theories and applications of ejectors-a review”, *Journal of Inst. Energy*, 68: 65-79 (1995).

50. Sözen, A. ve Yücesu, H. S., “Performance improvement of absorption heat transformer”, *Renewable Energy*, 32 (2): 267-284 (2006).
51. Özsoy, A. ve Acar, M., “Yerçekimi destekli bakır-su ısı borusu için deneysel bir çalışma”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 90:13-18 (2005).

ÖZGEÇMİŞ

20.04.1984 yılında Trabzon'un Araklı ilçesine bağlı Yüceyurt Köyünde doğdu. İlköğrenimini Yüceyurt köyü İlk Öğretim Okulunda orta öğrenimini Yüceyurt Bayram Halil İlk Öğretim Okulunda Lise öğrenimini Araklı İlçesinde tamamladı. 2006 yılında Karabük Üniversitesi Makine Eğitimi Bölümü Tesisat Öğretmenliği alanında lisans eğitimine başladı ve 2010 yılında mezun oldu. 2011 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı ve 2013'te mezun oldu.

Adres Bilgileri

Adres : Yolgören Mah. Şehit Rüstem Helvacı Cad. Merve Sok. 2 nolu
Kanalboyu No:2 Kat:1 Araklı/TRABZON

Tel : 05367786591-05427752250

E-mail : sindoma_0061@hotmail.com