

**ÖN SOĞUTMALI YAYINIMLI SOĞURMALI  
SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE BASINCIN  
KAYNATICI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN  
İNCELENMESİ**

**2010  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE EĞİTİMİ**

**Doğu ÇAMUR**

**ÖN SOĞUTMALI YAYINIMLI SOĞURMALI SOĞUTMA  
SİSTEMLERİNDE BASINCIN KAYNATICI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN  
İNCELENMESİ**

**Doğu ÇAMUR**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Eğitimi Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK**

**Haziran 2010**

Doğu ÇAMUR tarafından hazırlanan “ÖN SOĞUTMALI YAYINIMLI SOĞURMALI SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE BASINCIN KAYNATICI ÜZERİNDEKİ ETİSİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KILIÇASLAN  
Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

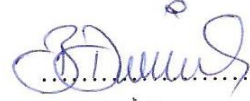


Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 15/06/2010

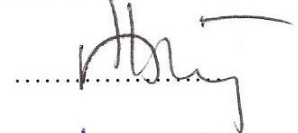
Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

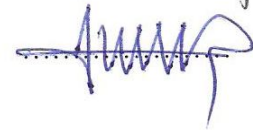
Başkan : Doç. Dr. Bilge DEMİR (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KILIÇASLAN (KBÜ)



15 / 2010

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

Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ  
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.”*

Doğu ÇAMUR

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **ÖN SOĞUTMALI YAYINIMLI SOĞURMALI SOĞUTMA SİSTEMİNDE BASINCIN KAYNATICI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Doğu ÇAMUR**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Makine Eğitimi Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KILIÇASLAN**

**Haziran 2010, 76 sayfa**

Bu çalışmada, %35'lik amonyak su çözeltisine sahip ön soğutmalı yayımlı soğurmalı soğutma sisteminde farklı miktarlardaki basıncın sistemin kaynatıcı bölgesindeki etkisi deneysel ve teorik olarak incelenmiştir. 7,5 bar, 10 bar, 12,5 bar ve 15 bar basınçlarda cihazın çalışma performansı karşılaştırılmıştır. Kaynatıcı bölgesindeki zengin çözeltinin ayrışma sıcaklık noktasının basınca göre değişimi gözlenerek elde edilen veriler termodinamik açıdan değerlendirilmiştir.

**Anahtar Sözcükler :** Amonyak, Su, Helyum, Yayımlı Soğurmalı Soğutma.

**Bilim Kodu** : 626.11.01

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **TO INVESTIGATE THE EFFECT OF THE PRESSURE ON THE BUBBLE PUMP IN THE SUBCOOLED DIFFUSION ABSORPTION REFRIGERATION SYSTEM**

**Doğu ÇAMUR**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Mechanical Education**

**Thesis Advisor:**

**Assist Prof.Dr. Erdoğan KILIÇASLAN**

**July 2010, 76 pages**

In this study, the effect of the different amount of pressure in the cooling system, with %35 ammonia aqua solution, pre-cooled, with radiation to the boiler zone of the system was investigated experimentally and theoretically. Operating performance of the device in 7,5 bar, 10 bar, 12,5 bar and 15 bar was composed. According to decomposition temperature of the boiler in rich solution by pressure point, changes in the observed data was evaluated in thermodynamics terms.

**Key Words** : Ammonia, Water, Helium, Diffusion Absorption Refrigeration.

**Science Code** : 626.11.01

## TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında; yardımlarını esirgemeyen ve her türlü kolaylığı gösteren başta danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KILIÇASLAN hocama, benim için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan Sayın Dr. Engin ÖZBAŞ hocama, desteğini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Kemal ATİK hocama, sürekli desteğini hissettiğim kadim dostum Teknik Öğretmen Ali Etem GÜREL'E ve sevgili arkadaşım tercüman Merve GÜNDOĞDU'YA teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

|   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| KABUL .....   | ii           |
| ÖZET .....  | iv           |
| ABSTRACT .....  | v            |
| TEŞEKKÜR .....  | vi           |
| İÇİNDEKİLER .....   | vii          |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                       | x            |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                     | xii          |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....                        | xiii         |
| <br>  |              |
| BÖLÜM 1 .....   | 1            |
| GİRİŞ .....   | 1            |
| <br>  |              |
| BÖLÜM 2 .....   | 3            |
| LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....                                 | 3            |
| <br>  |              |
| BÖLÜM 3 .....   | 7            |
| YAYINIMLI SOĞURMALI SOĞUTMA SİSTEMLERİ .....                | 7            |
| 3.1. GİRİŞ .....  | 7            |
| 3.2. YAYINIMLI SOĞURMALI SOĞUTMA (YSS) SİSTEMLERİ .....     | 8            |
| 3.3. SİSTEMDE KULLANILAN AKIŞKANLAR .....                   | 10           |
| 3.3.1. Soğutucu Akışkan Olarak Amonyak (R717) .....         | 10           |
| 3.3.2. Soğurucu Akışkan Olarak Su .....                     | 12           |
| 3.3.3. Basınç Dengeleyici Olarak Helyum .....               | 12           |
| 3.4. DALTON YASASI VE YSS SİSTEMİYLE İLİŞKİSİ .....         | 13           |
| 3.5. SİSTEMDEKİ KARIŞIMLARIN TERMODİNAMİK ANALİZİ .....     | 15           |
| 3.5.1. Amonyak-Su Çözeltisi .....                           | 15           |
| 3.5.2. Amonyak Buhar-Helyum Gazı Karışımı .....             | 18           |
| 3.6. ÖN SOĞUTMALI YAYINIMLI SOĞURMALI SOĞUTMA SİSTEMİ ..... | 18           |



|   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 3.6.1. YSS Sistemi İle Buhar Sıkıştırılmalı Sisteminin Karşılaştırılması..... | 19           |
| 3.6.2. YSS Sistemi İçin Zayıf Çözelti Çevrimi .....                           | 20           |
| 3.6.3. YSS Sistemi İçin Amonyak ve Helyum Çevrimi .....                       | 22           |
| BÖLÜM 4 .....   | 25           |
| SİSTEMİN DENEYSEL ANALİZİ .....   | 25           |
| BÖLÜM 5 .....   | 40           |
| SİSTEMİN TERMODİNAMİK ANALİZİ .....   | 40           |
| 5.1. YSS SİSTEMLERİ İÇİN SOĞUTMA TESİR KATSAYISI .....                        | 40           |
| 5.2. YSS SİSTEMİNDE STK HESABI .....  | 42           |
| 5.3. STK SONUÇLARI .....  | 45           |
| 5.4. ÖN SOĞUTMALI SİSTEMİN (YSS) SOĞUTMA ÇEVİRİMİ .....                       | 47           |
| BÖLÜM 6 .....   | 49           |
| SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....  | 49           |
| 6.1. SONUÇLAR .....   | 49           |
| 6.2. ÖNERİLER .....   | 52           |
| KAYNAKLAR .....   | 54           |
| ÖZGEÇMİŞ .....  | 56           |
| EK AÇIKLAMALAR A. CİHAZLARIN ŞEMALARI İLE T-S DİYAGRAMI .....                 | 57           |

|   | <b><u>Sayfa</u></b> |
|---|---------------------|
| EK AÇIKLAMALAR B. 15 BAR BASINÇ İLE SİSTEMİN DENEY SONUÇLARI .....                  | 60                  |
| EK AÇIKLAMALAR C. 12,5 BAR BASINÇ İLE SİSTEMİN DENEY SONUÇLARI. ....                | 64                  |
| EK AÇIKLAMALAR D. 10 BAR BASINÇ İLE SİSTEMİN DENEY SONUÇLARI. ....                  | 67                  |
| EK AÇIKLAMALAR E. DENEYLERDE KULLANILAN BASINÇÖLÇERLERİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ .....   | 70                  |
| EK AÇIKLAMALAR F. DENEYLERDE KULLANILAN VERİMODÜLÜNÜN TEKNİK ÖZELLİKLERİ .....      | 73                  |
| EK AÇIKLAMALAR G. DENEYLERDE KULLANILAN K TİPİ TERMOKUPLUN TEKNİK ÖZELLİKLERİ ..... | 75                  |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| Şekil 3.1. Dalton 'un kısmi basınçlar yasası .....   | 13           |
| Şekil 3.2. Ön soğutmalı yayınlı soğurmalı soğutma sistemi .....  | 19           |
| Şekil 3.3. YSS zayıf çözelti çevrimi .....   | 21           |
| Şekil 3.4. YSS amonyak ve helyum çevrimi .....   | 23           |
| Şekil 4.1. YSS sisteminde elektrikli ısıtıcı kullanımı.....  | 26           |
| Şekil 4.2. YSS sisteminin önden görünüşü.....  | 26           |
| Şekil 4.3. YSS sisteminin sıcaklık ölçüm noktaları .....   | 27           |
| Şekil 4.4. YSS için kabarcık pompası giriş noktasının 3 basınç değeri için sıcaklık dağılımı .....         | 28           |
| Şekil 4.5. YSS için kabarcık pompası çıkış noktasının 3 basınç değeri için sıcaklık dağılımı .....         | 29           |
| Şekil 4.6. YSS için saflaştırıcı-kaynatıcı çıkışı ile yoğuşturucu çıkışı ölçüm yerleri.....                | 29           |
| Şekil 4.7. YSS için kaynatıcı çıkış noktalarının sıcaklık dağılımı.....                                    | 30           |
| Şekil 4.8. YSS sisteminde buharlaştırıcı giriş noktasının sıcaklık dağılımı.....                           | 31           |
| Şekil 4.9. YSS sistemi için buharlaştırıcı çıkışı ölçüm yerleri .....                                      | 31           |
| Şekil 4.10. YSS için yoğuşturucu çıkış noktasının sıcaklık dağılımı .....                                  | 32           |
| Şekil 4.11. YSS sisteminde kılcal boru çıkış noktalarının sıcaklık dağılımı .....                          | 33           |
| Şekil 4.12. YSS sisteminde buharlaştırıcı giriş noktasının sıcaklık dağılımı.....                          | 34           |
| Şekil 4.13. YSS sisteminde 3 farklı basınç değeri için T <sub>5</sub> noktalarının sıcaklık dağılımı ..... | 35           |
| Şekil 4.14. YSS sisteminin soğurucu giriş noktası sıcaklık değişimi.....                                   | 36           |
| Şekil 4.15. YSS sisteminde soğurucu çıkış noktası sıcaklığının değişimi.....                               | 37           |
| Şekil 4.16. YSS için sistem basıncının ölçüm yerleri.....  | 38           |
| Şekil 4.17. YSS sisteminde 3 farklı basınç değerinin zamana göre değişimi .....                            | 38           |
| Şekil 5.1. STK hesabı için kullanılan değerlerin cihaz üzerindeki yerleri .....                            | 40           |
| Şekil 5.2. REFPROP programı ile ilgili etiket.....   | 42           |
| Şekil 5.3. REFPROP programı saf amonyağın termodinamik özellikleri.....                                    | 43           |

|   | <b><u>Sayfa</u></b> |
|---|---------------------|
| Şekil 5.4. REFPROP programı amonyak-su karışımı için T-x grafiği .....      | 44                  |
| Şekil 5.5. REFPROP ile amonyak-su karışımının termodinamik özellikleri..... | 44                  |
| Şekil 5.6. YSS sisteminin soğutma çevrimi T-s diyagramı .....               | 47                  |
| Şekil 5.7. Kütleli debilerin farklı basınç değerlerine göre değişimi .....  | 48                  |
| Şekil EK A.1. T-s diyagramı .....   | 58                  |
| Şekil EK A.2. Cihazın şeması. ....  | 59                  |
| Şekil EK E.1. Deneylerde kullanılan basınçölçerin teknik özellikleri .....  | 71                  |
| Şekil EK E.2. Deneylerde kullanılan basınçölçerin teknik özellikleri .....  | 72                  |
| Şekil EK F.1. Deneylerde kullanılan veri modülünün teknik özellikleri.....  | 74                  |
| Şekil EK G.1. Deneylerde kullanılan K tipi termokuplun özellikleri.....     | 76                  |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| Çizelge 3.1. Eş. 3.2 için kullanılan sabit katsayılar .....   | 15           |
| Çizelge 3.2. Eş. 3.1, Eş. 3.3 ve Eş. 3.4 için kullanılan sabit katsayılar .....                                   | 16           |
| Çizelge 3.3. Eş. 3.6, Eş. 3.7 ve Eş. 3.8 için kullanılan sabit katsayılar.....                                    | 17           |
| Çizelge 5.1. YSS cihazının 15 Bar basınçta elektrikle yapılan deneyinden çeşitli sürelerdeki ölçüm değerleri..... | 43           |
| Çizelge 5.2. YSS cihazının elektrikle yapılan deneyinden çeşitli sürelerdeki ölçüm ve hesap değerleri.....        | 46           |
| Çizelge 5.3. Farklı basınçlara göre hesaplanan kütleli debi değerleri.....  | 48           |
| Çizelge EK B.1. 0-70.Dakikalar için deney sonuçları.....  | 61           |
| Çizelge EK B.2. 75-150.Dakikalar için deney sonuçları.....  | 62           |
| Çizelge EK B.3. 115-180.Dakikalar için deney sonuçları.....   | 63           |
| Çizelge EK C.1. 0-110.Dakikalar için deney sonuçları.....   | 65           |
| Çizelge EK C.1. 0-110.Dakikalar için deney sonuçları.....   | 65           |
| Çizelge EK C.2. 115-180.Dakikalar için deney sonuçları.....   | 66           |
| Çizelge EK D.1. 0-110.Dakikalar için deney sonuçları.....   | 68           |
| Çizelge EK D.2. 115-180.Dakikalar için deney sonuçları.....   | 69           |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

|                |                            |
|----------------|----------------------------|
| A              | : Alan                     |
| c              | : Işık hızı                |
| C              | : Özgül ısı                |
| C <sub>p</sub> | : Sabit basınçta özgül ısı |
| C <sub>v</sub> | : Sabit hacimde özgül ısı  |
| f              | : Dolaşım oranı            |
| g              | : Yerçekimi ivmesi         |
| G              | : Gibbs fazla enerji       |
| h              | : Entalpi                  |
| m              | : Kütle                    |
| M              | : Mach sayısı              |
| P              | : Basınç                   |
| Q              | : Isı                      |
| R              | : Genel gaz sabiti         |
| s              | : Entropi                  |
| T              | : Sıcaklık                 |
| v              | : Özgül hacim              |
| V              | : Hız                      |
| W              | : İş                       |
| w              | : Kütle oranları           |
| x              | : Derişim                  |
| $\eta$         | : Verim                    |
| $\tau$         | : Sıcaklık oranı           |

## KISALTMALAR

|      |                               |
|------|-------------------------------|
| YSS  | : Yayınimli Soğurmalı Soğutma |
| STK  | : Soğutma Tesir Katsayısı     |
| ky   | : Kaynaticı                   |
| ky-s | : Kaynaticıdan çıkan sıvı     |
| ky-b | : Kaynaticıdan çıkan buhar    |
| sf   | : Saflaştırıcı                |
| sf-s | : Saflaştırıcıdan çıkan sıvı  |
| sf-b | : Saflaştırıcıdan çıkan buhar |

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

İnsanoğlu var oluşundan bugüne kadar geçen süreçte hep daha iyiyi istemiş ve elde etmeye çalışmıştır. Bu istekte belirleyici etkenler de çağın problemlerine göre değişiklik göstermektedir. İnsanlar gündelik hayatlarında karşılaştıkları zorluklarla paralel olarak yenilikler aramışlardır. Bu bağlamda insanlığın temel önceliklerinden birisi de “soğutma” işlemi olmuştur.

Bir maddenin veya ortamın sıcaklığını, onu çevreleyen hacim sıcaklığının altına düşürmek ve o sıcaklık noktasında muhafaza etmek üzere ısının çekilmesi işlemine soğutma denir [1,2].

Fosil yakıt kullanımının doğaya verdiği zararın etkilerinin hissedilmeye başlamasıyla küresel ısınma kavramı ortaya çıkmış, böylece çevre ve çevrecilik bilinci artmaya başlamıştır. Böylece çeşitli önlemlerin alınması zorunlu hale gelmiştir. Alınan önlemler arasında fosil yakıt kullanımının dengelenmesiyle birlikte soğutma sistemlerindeki soğutucu akışkanların çevreci olanları tercih edilmeye başlanmıştır.

Çevre bilinci ile beraber soğutma konusu ele alındığında yayınlı soğurmalı soğutma sistemleri araştırma konusu olarak belirlenmiştir. Bu tercihin başlıca sebeplerinden biri çevrecilik anlamında büyük önem taşıyan sistemdeki akışkan çiftlerinin çevreci olması ve doğaya herhangi bir zarar vermemesidir.

Yayınlı soğurmalı soğutma çevrimi (YSS) ilk olarak Von Platen ve Munters tarafından ortaya atılmış ve günümüze kadar buzdolaplarında yaygın olarak kullanılmıştır. Çevrimde soğutucu akışkan olarak amonyak, soğurucu akışkan olarak su, basınç dengeleyici gaz olarak da hidrojen veya helyum gazı kullanılmıştır [3]. Bu



sistem, çevrimde sıvı amonyak ön soğutmaya tabi tutulduğundan “Ön Soğutmalı” olarak adlandırabilir [4].

Ön soğutmalı yayınımlı soğurmalı soğutma sisteminde farklı miktardaki basınçların sistemdeki kaynatıcı üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada; soğutucu akışkan olarak amonyak, soğurucu akışkan olarak su ve basınçlandırıcı olarak da helyum gazının kullanılmıştır.

Sistem basıncının kaynatıcı bölgesindeki zengin çözeltinin ayrışma sıcaklığı üzerine etkisinin araştırıldığı deneysel çalışmada ısı kaynağı olarak elektrik enerjisi tercih edilmiştir. Deneylede %35 amonyak-su çözeltisine sahip sistem 15 bar, 12.5 bar, 10 bar ve 7.5 bar basınçlarında test edilerek kaynatıcı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Elde edilen bulguların teorik analizleri yapılarak sistem termodinamik açıdan değerlendirilmiştir.

## BÖLÜM 2

### LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Arslan ve Eğrican (2004), deneysel olarak inceledikleri buzdolabı uygulamasında kullanılan yayınlı soğurmalı soğutma sisteminin termodinamik analizini yapmışlardır. Tamamen ısı gücü 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 [5].

Zohar et al. (2007), 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 (soğutma tesir katsayısı) en yüksek 0.298 ile amonyak-su çifti, en düşük 0.136 ile DMAC-R32 çifti olmuştur. Organik soğurucu ile incelenen beş soğutucudan STK en yüksek 0.224 ile DMAC-R22 çifti olmuştur [6].

Zohar et al. (2009), yaptıkları başka bir çalışmada yayınlı soğurmalı soğutma sistemlerindeki kaynatıcı ile kabarcık pompasının (bubble pump) yapısında değişiklik yaparak çevrimin performansını incelemişlerdir. Normalde dış cidar kaynatıcı iç cidar kabarcık pompası şeklinde iç içe bir yapıda iken, bunun yanı sıra kaynatıcı ile kabarcık pompası tamamen ayrı ve kısmen ayrı olmak üzere 2 farklı yapı daha tasarlanmıştır. Analizler sonucu bu üç yapı arasından, kaynatıcı ile

kabarcık pompasının tamamen ayrı olduğu yapıda en düşük verim elde edilmiştir. Ancak bu yapıda ise verilen ısı doğrudan zengin çözeltiliye ulaşmış, diğerlerinde ise ısı zayıf çözeltiliyi geçtikten sonra zengin çözeltiliye ulaşmıştır [7].

Moreira et al. (2005), soğutucu olarak amonyak, soğurucu olarak su ve basınç dengeleyici olarak da helyumun kullanıldığı yayınımlı soğurmalı soğutma sistemi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışmada sistemdeki kaynatıcı, kabarcık pompası, saflaştırıcı, yoğunlaştırıcı, sıvı ısı değiştirici, soğurucu ve depo, genleşme bölgesi, buharlaştırıcı, amonyak ön soğutma bölgesi ve gaz ısı değiştirici termodinamiğin I. ve II. kanununa göre incelenmiştir [8].

Zohar et al. (2005), bu çalışmalarında yayınımlı soğurtmalı soğutma sisteminde kullanılan amonyak-su ve hidrojen çalışma akışkanlarından hidrojenin yerine helyum kullanılması durumunu termodinamik bir model ile incelemiştir. İnceleme sonucunda helyum kullanımının hidrojene göre çok daha iyi olduğu ve soğutma tesir katsayısının %40 kadar artış gösterdiği belirlenmiştir [9].

Srikhirin and Aphornratana (2002) soğutucu akışkan olarak amonyağın, soğurucu akışkan olarak suyun ve basınçlandırıcı gaz olarak da helyumun kullanıldığı yayınımlı 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 [10].

Özbaş (2010), yapmış olduğu doktora çalışmasında yayınımlı soğurmalı soğutma sistemlerini deneysel ve teorik olarak incelemiştir. Ön soğurtmalı, ön soğutmasız ve ön soğurtmalı ejektörlü olmak üzere üç farklı tip yayınımlı soğurmalı soğutma sistemlerinin tasarım ve imalatı yapılmıştır. Isı kaynağı olarak elektrik enerjisi, alternatif enerji kaynaklarından LPG ve yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi tercih edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucu verimi en yüksek sistem ön soğurtmalı ejektörlü sistem olmuştur [11].

Ben Jemaa et al. (2008), soğutucu olarak amonyağın, soğurucu olarak suyun ve basınç dengeleyici gaz olarak hidrojenin kullanıldığı yayınlı soğurmalı soğutma sistemini ekserji analizini yapmışlardır. İnceleme neticesinde diğer soğutma sistemlerine göre soğutma tesir katsayısı düşük, ekserjik soğutma tesir katsayısı daha da düşük çıkmıştır [12].

Chen, K.J.K. and Herold (1996), yayınlı soğurmalı soğutma sistemlerinin çevrim akışını arttırmaya yönelik bir çalışma yapmışlardır. Bunun için ısı değıştiricili yeni bir kaynatici tasarımı ve imalatı yapmışlardır. Araştırma sonucunda yeni kaynatici tasarımı ile soğutma tesir katsayısı değışiklik yapılmamış sisteme göre %50'den fazla ciddi bir iyileşmeyi sağlamıştır [13].

Smirnov et al. (1996), yayınlı 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 [14].

Kouremenos and Stegou-Sagia (1988), üç akışkanlı soğurmalı soğutmada basınç dengeleyici gaz olarak kullanılan hidrojenin yerine helyum gazının kullanılabilirliğini üzerine bir çalışma yapmışlardır. Amonyak-helyum gaz karışımındaki amonyağın ve amonyak-hidrojen gaz karışımındaki amonyağın özelliklerini geliştirilen bir bilgisayar programı ile karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir [15].

Sözen (2001), soğurucu soğutma sistemlerindeki ısı değıştiricilerinin performans üzerine etkileri hakkında bir çalışma yapmıştır. Amonyak-su çifti ile çalışan sistemin performansı termodinamik olarak analiz edilmiş ve karışım ısı değıştirici için, soğutucu ısı değıştirici için ve her ikisi için ısıl işlemlerdeki tersinmezlik incelenmiştir [16].

Sözen v.d. (2005) ejektörlü soğurmalı ısı dönüştürücüler üzerine yaptıkları çalışmada, gerekli ısıyı güneş havuzundan sağlamışlardır. Soğurucu girişine bağlanan ejektör ile elde edilen veriler yapay sinir ağları yöntemiyle incelenmiştir [17].

Shi et al. (2001), 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 [18].

## 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 ortamdan duyulur veya gizli ısı etkisi, ışınım, kimyasal reaksiyon, termoelektrik ve manyetik etkilerle ısı çekilebilir. Soğutma işleminin sürekli olması amacıyla çevrimler oluşturulur [19].

Soğutma işleminin gerçekleşebilmesi için ısı enerjisinin sıcaklığı düşük bir ortamdan, sıcaklığı daha yüksek bir ortama doğru akması gerekir. Bilindiği gibi Clausius'un Termodinamiğin II. Kanunu ile ilgili ifadesine uygun olarak; işlemler 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 [20].

Günümüzde soğutulacak malzemeye, miktarına, soğutma yapılacak yere, istenilen sıcaklık değerine, vb. nedenlere bağlı olarak değişiklik gösteren soğutma çevrimleri kullanılmaktadır. Soğutma çevrimlerinden uygulamada en çok rastlanılanları aşağıdaki şekilde sıralanabilir [1].

- Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevrimi,
- Hava Soğutma Çevrimi,
- Isı Pompası Çevrimi,
- Yayınımlı Soğurmalı Soğutma Çevrimi,
- Diğer Soğutma Çevrimleri:
  - Termoelektrik Soğutma,
  - Vorteks Tüpü,
  - Paramagnetik Soğutma,
  - Sterling Çevrimi,
  - Termo Akustik Soğutma,
  - Absorbsiyon/Sıkıştırma Çevrimi.

### **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 ısıl güç 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 yayınımlı 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 [21]. Sistemdeki dolaşım, sabit basınç altında habbecik pompasının akışkanları yukarıya doğru hareket ettirmesi ve yerçekiminin de akışkanları aşağı yönde hareket ettirmesi ile sağlanmaktadır. 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 güç 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;

- a- Yüksek miktarlardaki amonyağın, düşük basınçta soğuk su tarafından emilmesi (soğurulması) ve yüksek sıcaklık ve basınçta ayrılması özelliğine,
- b- Amonyak buharının yüksek basınç ve sıcaklıkta yoğunlaşması ve düşük sıcaklıkta buharlaşma özelliğine bağlıdır [21].



### **3.3. SİSTEMDE KULLANILAN AKIŞKANLAR**

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

Amonyak-su çözeltilsinin kullanıldığı yayınlı soğurmalı soğutma sistemlerinde seçilecek nötr gazın amonyak-su çözeltilsinden 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 ( $H_2$ ) ve helyum ( $He$ ) kullanılır [21].

Yayınlı 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 içerisinde 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 [15].

#### **3.3.1. Soğutucu Akışkan 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 [22].

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 [22].

Amonyanın buharlaşma ısısı yüksek, sıvı akış oranı düşüktür. Bu yüzden kullanılan teknoloji, başka soğutucu maddeler ile kullanılan teknolojilerden farklılık göstermektedir. İlerleyen teknoloji sayesinde gelecekte küçük kapasiteli sistemler için bir alternatif haline gelebilecek olmasına rağmen, bu düşük sıvı akışı, amonyanın daha küçük soğutma kapasiteleri için kullanımını sınırlamıştır [22].

Bir soğutucunun tüm özellikleri Montreal Protokolü'nden önce liste halinde sunulmuştur. O zamandan beri çevre (ODP ve GWP), zeotropik ve azeotropik harmanlar ve süper kritik işlem basamakları da eklenmiştir. Tüm bu özellikler, soğutucu maddenin doğru bir resmini elde edebilmek için gereklidir. Örneğin HFC soğutucular, endüstriyel sistemler için tercih edilmemektedir. Çünkü kaçakları önlemek daha zordur ve şarjı yenileme maliyeti çok yüksektir [23,24].

Amonyanın 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 [22].

Günümüzde yapılan yoğun çalışmalar sonucu ozonu çok az veya hiç tahrip etmeyen karışımlar geliştirilmektedir. İnorganik soğutucu akışkanlar 1900'lü yıllarda çok kullanılmasına rağmen günümüzde yalnızca zehirleyici özelliği olmasına rağmen termodinamik özellikleri mükemmel olan ozon tabakasına zarar vermeyen amonyak ( $\text{NH}_3$ ) kullanılmaktadır [25].

Gelecekte HFC soğutucular üzerindeki siyasi baskı daha da artacak ve bunun sonucunda amonyak gibi doğal soğutucu maddeler içeren yeni teknik çözümlerin geliştirilmesi sağlanacaktır. Amonyak, mevcut itibarımdan çok daha iyi bir soğutucu akışkandır. Çevreye duyarlı oluşu ve birçok soğutucu akışkan arasında en iyi

etkinliği sağladığı için amonyağın yaygınlığı dñnya üzerinde gñn geğtikçe artmaktadır [22].

### **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 ısıtıldığıca büzüşür, soğutulduğıca da genleşir. Elementlerin büyük bir ısı çıkararak birleşmesinden meydana gelen su gözle görñlen ve elle tutulur bir maddedir. Ancak, elementlerden biri veya diğerleri ile birleşen maddeler etkisiyle ayrışabilir. Suyun ısı kapasitesi ve buharlaşma ısısı sırası ile 15°C'de 1 kal/gr ve 580 kal/gr olup diğer cisimlere göre yüksektir [27].

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; yađ) hidrofobik maddeler olarak bilinirler. Bir maddenin su içindeki erime kabiliyeti, maddenin su molekülleri arasına çekilme kuvvetinin durumuna bağlıdır. Eğer maddenin su içinde erime (çözñlme) kabiliyeti yoksa moleküller su molekülleri arasından dışarı itilir ve çözñlme olmaz. Su iyi bilinen bir çözücü olmasından dolayı özel bir maddedir. Birçok madde suyun polar bir molekñl olmasından dolayı çok iyi çözñnür. Yñklñ gruplar iğereren hemen tüm maddeler bu nedenle su içinde çözñnme eğilimindedir [28].

Hem suyun hem de amonyağın molekñl yapısının polar olmasından dolayı aralarında oldukça kolay bađ meydana gelmekte, yani amonyak su iğerinde çözñlebilmektedir. Sonuç olarak su amonyağı çok rahat bir şekilde soğurabilmektedir [29,30].

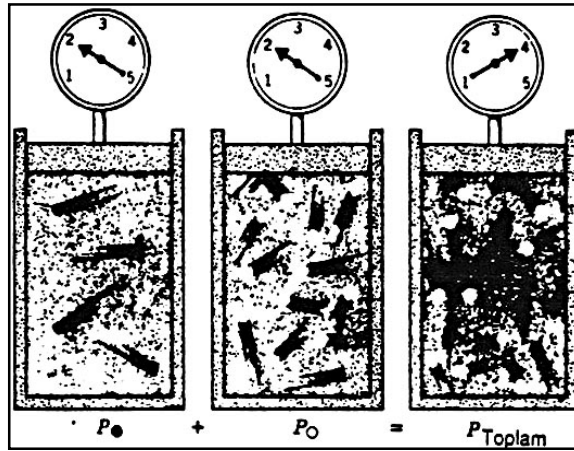
### **3.3.3. Basınc Dengeleyici Gaz Olarak Helyum**

Yayınımlı soğurmalı soğutmalı sistemler için en iyi basınc dengeleyici gaz hidrojen gazı olup uzun yıllar boyunca kullanılmıştır [26].

Helyum gazının hidrojene alternatif olmasında, helyumun diğer alternatif gazlara göre viskozite değerinin düşük, yayılım (difüzyon) katsayısının yüksek olmasının büyük bir etkisi vardır [15].

### 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 [32].



Şekil 3.1. Dalton 'un kısmi basınçlar yasası [11]

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 (veya mol 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,

$$P_{\text{Toplam}} = P_A + P_B + P_C + P_D + P_E + \dots \quad (3.1)$$

eşitliği ile toplam basınç bulunur [32].

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 [33]. Böylece sistem iki basınçta (yüksek ve düşük) çalışır.

### **3.5. SİSTEMDEKİ KARIŞIMLARIN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ**

#### **3.5.1. Amonyak-Su Çözeltisi**

Sistemde termodinamik analizin yapılabilmesi için ilk olarak amonyak-su çiftinin oluşturduğu çözeltinin bazı termodinamik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Çözeltinin termodinamik özellikleri ise, çözelti bileşenlerinin saf haldeki termodinamik özellikleri ile bulunabilir. Bundan dolayı öncelikle amonyak-su çözeltisine ait kaynama-yoğuşma sıcaklıklarına bakılmalıdır. Kaynama-yoğuşma sıcaklıkları elde edildikten sonra karışımın doyma noktasındaki özgül entalpi değerlerine ulaşılabilir. Aynı zamanda karışımın sıkıştırılmış sıvı halindeki entalpi değerlerini bulmak da mümkün olacaktır [5].

Amonyak-su çözeltisinin kaynama-yoğuşma sıcaklıklarına, çözeltinin sıvı ve buhar fazda dengede olduğu kabulü yapılarak ve bileşenlerin kısmi fugasiteleri eşitlenerek ulaşılabilir. Fakat hesaplama zamanı açısından bu yöntem uzun bir yöntemdir. Buna karşılık literatürden elde edilen amonyak-su çiftine ait kaynama-yoğuşma sıcaklıklarını veren analitik bağıntılar kullanılarak zamandan kazanılabilir. Kaynama-yoğuşma sıcaklıklarına ait literatürden elde edilen analitik eşitlikler aşağıda gösterilmektedir [5].

$$T_k = T_{kr} - \sum_{i=1}^7 (c_i + \sum_{j=1}^{10} C_{ij} x^j) \left( \ln \left( \frac{P_{kr}}{14.5038 P} \right) \right)^i \quad (3.2)$$

$$T_y = T_{kr} - \sum_{i=1}^6 (a_i + \sum_{j=1}^{10} A_{ij} (\ln(1.0001 - x))^j \left( \ln \left( \frac{P_{kr}}{14.5038 P} \right) \right)^i) \quad (3.3)$$

$$T_{kr} = (1.8T_{kr,su} + 32) - \sum_{i=1}^4 a_i x^i \quad (3.4)$$

$$P_{kr} = 14.5038 P_{kr,su} \exp \left( \sum_{i=1}^8 b_i \cdot x^i \right) \quad (3.5)$$

Yukarıda belirtilen eşitliklerdeki katsayılar Çizelge 3.2., Çizelge 3.3. ve Çizelge 3.4. de verilmiştir. Bu eşitliklerde kullanılan basınç değerleri bar cinsinden, sıcaklık değerleri ise °C cinsinden alınmalıdır [5].

Çizelge 3.1. Eş. 3.2 için kullanılan sabit katsayılar [5].

| a <sub>i</sub>  |                  |                  |                 |
|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| 153.17055346    | -11.7705687461   | -1.78126355957   | 0.647385455059  |
| -0.071995075189 | 0.00285423950786 |                  |                 |
| A <sub>i</sub>  |                  |                  |                 |
| 194.7939133493  | 74.236124188     | 9.84103819552    | 0.436843852745  |
| -74.3508283362  | -33.2941879809   | -4.78866918581   | -0.225416733476 |
| 13.0175447367   | 6.1586564117     | 0.789740337141   | 0.0321510834958 |
| -0.90857587517  | -0.356752691147  | 0.0238067275502  | 0.0049559393395 |
| -0.000718635742 | -0.0251026383533 | -0.0191664613304 | -0.001701425387 |
| 0.0019544170298 | 0.00280533349937 | 0.0013899436563  | 0.0001164226116 |

Çizelge 3.2. Eş. 3.1, Eş. 3.3 ve Eş. 3.4 için kullanılan sabit katsayılar [5].

| a <sub>i</sub>              |                               |                                |                              |
|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 205.8889                    | 280.930556                    | -317.0138889                   | 263.194444                   |
| b <sub>i</sub>              |                               |                                |                              |
| 0.368105524                 | -3.667954888                  | 46.60004708                    | -262.921062                  |
| 732.9953694                 | -1076.061349                  | 797.948078                     | -235.9039042                 |
| c <sub>i</sub>              |                               |                                |                              |
| 153.6345215                 | 13.03055439                   | -1.14845283                    | 0.550358094                  |
| -0.075345015                | 0.004811167                   | -0.000120434                   |                              |
| c <sub>ij</sub>             |                               |                                |                              |
| -462.4603214                | 23739.99863                   | -194504.3529                   | 639383.5289                  |
| -523748.0576                | -2.3282714755×10 <sup>6</sup> | 7.562418535×10 <sup>6</sup>    | -9.66829589×10 <sup>6</sup>  |
| 5.92208187×10 <sup>6</sup>  | -1.4324055213×10 <sup>6</sup> | 421.4431222                    | -14560.35493                 |
| 53051.44956                 | 382763.7936                   | -3.583589869×10 <sup>6</sup>   | 1.224326538×10 <sup>7</sup>  |
| -2.230797×10 <sup>7</sup>   | 2.289665685×10 <sup>7</sup>   | -1.24833248091×10 <sup>7</sup> | 2.8133117163×10 <sup>6</sup> |
| -248.7838042                | 4807.072411                   | 13565.10033                    | -466407.7808                 |
| 2.82708344×10 <sup>6</sup>  | -8.469715158×10 <sup>6</sup>  | 1.445958889×10 <sup>7</sup>    | -1.428108753×10 <sup>7</sup> |
| 7.596403597×10 <sup>6</sup> | -1.6840026448×10 <sup>6</sup> | 126.9655807                    | -2090.452706                 |
| 1993.171012                 | 100706.5104                   | -687388.8086                   | 2.1324124696×10 <sup>6</sup> |
| -3.69919966×10 <sup>6</sup> | 3.688365225×10 <sup>6</sup>   | -1.975122393×10 <sup>6</sup>   | 440201.4461                  |
| -33.53434462                | 601.8785867                   | -3064.820707                   | 71.79547521                  |
| 51780.66666                 | -209714.8999                  | 405011.9854                    | -428310.4616                 |
| 238153.6983                 | -54497.09733                  | 3.974549538                    | -77.02684647                 |
| 541.1910581                 | -1696.60271                   | 1713.459427                    | 4019.010199                  |
| -14844.7928                 | 19481.00946                   | -12107.07945                   | 2966.928044                  |
| -0.17080617                 | 3.481828593                   | -27.79575877                   | 113.7620645                  |
| -258.7504969                | 311.0025852                   | -123.9179935                   | -123.4806275                 |
| 154.3750421                 | -48.50838287                  |                                |                              |

Kaynama-yoğuşma sıcaklıkları kullanılarak amonyak-su çözeltisinin sabit basınç altındaki sıvı ve buhar fazına ait entalpi değerlerine ulaşmak mümkündür. Çözeltinin buhar fazına ait entalpi değerlerini bulmak için amonyağın ve suyun saf haldeki entalpi değerlerinin bilinmesi yeterli olacaktır. Çözeltinin sıvı fazına ait entalpi değerleri için ise bileşenlerin saf haldeki entalpi değerlerinin bilinmesi gereklidir. Ancak amonyak-su karışımının buhar fazında mükemmel çözelti gibi davranmasına rağmen sıvı fazında aynı davranışı göstermemesinden dolayı bu yeterli değildir. Sıvı fazdaki entalpi değerinin bulunması için çözeltinin mükemmel çözelti halinden sapmasının bulunması gerekmektedir. Başka bir ifadeyle sıvı fazın entalpi değerine,

amonyağın ve suyun saf haldeki entalpi değerleriyle birlikte çözeltinin fazla entalpisi olarak nitelendirilen değerin bulunması ile ulaşılabilir [31]. Fazla entalpi değerinin bulunması için Gibbs Fazla Enerji Fonksiyonunun kullanılması yeterli olacaktır. Gibbs Fazla Enerji Fonksiyonunu veren eşitlik aşağıda gösterilmiştir [5].

$$G_{i,f} = (F_1 + F_2(2x - 1) + F_3(2x - 1)^2(1 - x)) \quad (3.6)$$

Bu eşitlikte kullanılan sabit katsayıların açılmış hali aşağıda verilmiş ve aşağıdaki eşitliklere ait katsayılar ise Çizelge 3.3.'de verilmiştir. Eşitliklerdeki basınç değerleri bar cinsinden sıcaklık değerleri ise K cinsinden alınmalıdır.

$$F_1 = E_1 + E_2 P_i + (E_3 + E_4 P_i) T_i + \frac{E_5}{T_i} + \frac{E_6}{T_i^2} \quad (3.7)$$

$$F_2 = E_7 + E_8 P_i + (E_9 + E_{10} P_i) T_i + \frac{E_{11}}{T_i} + \frac{E_{12}}{T_i^2} \quad (3.8)$$

$$F_3 = E_{13} + E_{14} P_i + \frac{E_{15}}{T_i} + \frac{E_{16}}{T_i^2} \quad (3.9)$$

Çizelge 3.3. Eş. 3.6, Eş. 3.7 ve Eş. 3.8 için kullanılan sabit katsayılar [5].

|                             |                             |                             |                              |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| E <sub>1</sub> : -41.733398 | E <sub>5</sub> : 63.608967  | E <sub>9</sub> : 0.387983   | E <sub>13</sub> : -3.553627  |
| E <sub>2</sub> : 0.02414    | E <sub>6</sub> : -62.490768 | E <sub>10</sub> : -0.004772 | E <sub>14</sub> : 0.000904   |
| E <sub>3</sub> : 6.702285   | E <sub>7</sub> : 1.761064   | E <sub>11</sub> : -4.648107 | E <sub>15</sub> : 24.361723  |
| E <sub>4</sub> : -0.011475  | E <sub>8</sub> : 0.008626   | E <sub>12</sub> : 0.836376  | E <sub>16</sub> : -20.736547 |

Basınç ve sıcaklık değerlerinin boyutsuzlaştırılmasında T<sub>r</sub>=100K, P<sub>r</sub>=10 bar referans değerleri kullanılmıştır. Gibbs Fazla Enerji Fonksiyonu kullanılarak ve Maxwell bağıntılarından yararlanılarak karışımın sıvı fazına ait fazla entalpi değerinin bulunduğu eşitlik ise aşağıda verilmiştir [31]:



$$h_f = -RT_r T_i^2 \left[ \frac{\partial(G_{i,f} / T_i)}{\partial(T_i)} \right]_{P_i,x} \quad (3.10)$$

Fazla entalpi değerini kullanarak karışımın sıvı fazına ait entalpi değerinin bulunduğu ve buhar fazdaki karışımın entalpi değerinin bulunduğu bağıntılar sırasıyla aşağıda gösterilmektedir [5].

$$h_{kar,s} = x_s h_{a,s} + (1 - x_s) h_{su,s} + h_f \quad (3.11)$$

$$h_{kar,b} = x_b h_{a,b} + (1 - x_b) h_{su,b} \quad (3.12)$$

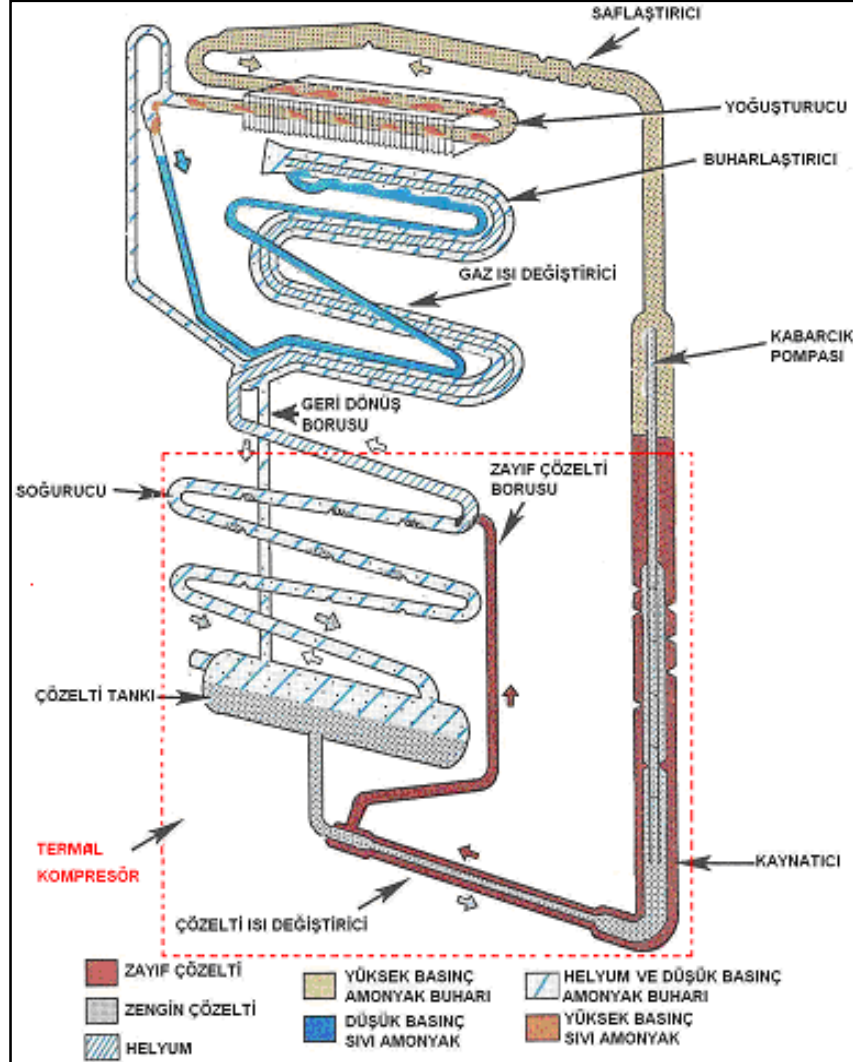
### 3.5.2. Amonyak buharı-helyum gazı karışımı

Amonyak buharı-helyum gazı karışımı, su buharı-kuru hava gaz karışımı (nemli hava) gibi düşünülebilir. Sistemde, su buharının yerini amonyak buharı, havanın yerini ise helyum gazı almaktadır. Su buharı-kuru hava gaz karışımının çığ noktası sıcaklığı göz önüne alındığında, hava belirli bir miktar su buharını taşıyabilir. Bu miktarın üzerindeki su buharı ise yoğunlaşarak sıvı hale geçecektir. Bu durum amonyak buharı-helyum gazı karışım için de geçerlidir. Helyum gazı doyma noktası sıcaklığında (çığ noktası sıcaklığında) belirli bir miktar amonyak buharı taşıyabilir. Bu miktarın üzerindeki amonyak buharı ise yoğunlaşmaktadır [15].

## 3.6. ÖN SOĞUTMALI YAYINIMLI SOĞURMALI SOĞUTMA SİSTEMİ

Yayınımlı 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 paçanın 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 YSS [11].

Sistemdeki akışkanların akışını sağlayan tek güç, sistemin üst kısmı civarında meydana gelen önemsiz büyüklükteki hidrolik basıncıdır. Böyle küçük basınç farkları ile akışkanların sıralanması oldukça önemlidir ve makul seviyede olmazlarsa sistem çalışmayacaktır [30]

### 3.6.1. YSS Sistemi ile Buhar Sıkıştırımlı 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 [29].

Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma çevrimi, yoğusturucu, 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 [29].

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

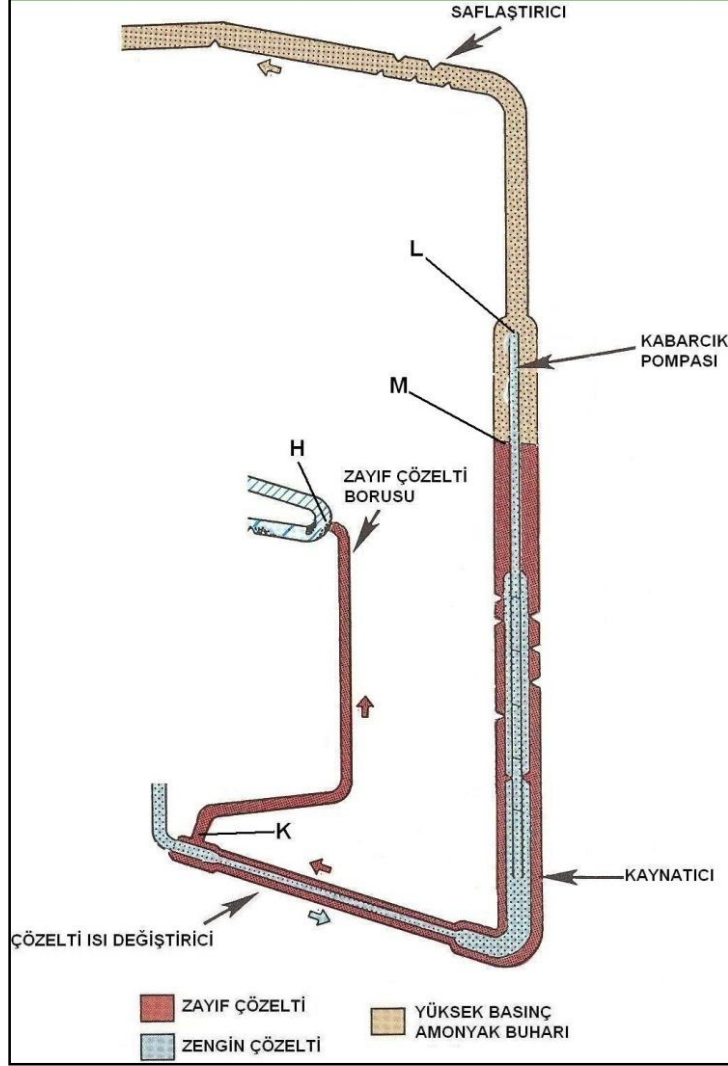
Soğurmalı soğutma çevriminde, buharlaştırıcıdan gelen soğutucu akışkan buharı, içinde soğurucu bulunan bir hücreye girerek soğurucu tarafından emilir. Soğutucu madde ile zenginleşen karışım kaynatıcı bölümüne sevk edilerek burada ısıtılır ve soğutucu madde daha yüksek basınçta buharlaşır. Soğurucu, zayıf eriyik durumunda tekrar soğurucuya dönerek soğutucu akışkanı emme işini tekrarlar [29].

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 %35 yoğunluğa sahip amonyak-su çözeltisi doldurulur. Yani çözelti kütleli olarak %35 amonyak, %65 su içermektedir [10]. Amonyak miktarının fazla olduğu çözelti “zengin çözelti” olarak, amonyak miktarının az olduğu çözelti ise “zayıf/fakir çözelti” olarak belirtilir [30].

### **3.6.2. 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].



Şekil 3.3. YSS zayıf çözelti çevrimi [11].

Kaynatıcıda amonyağın çözelti içinden buharlaşarak ayrışması sonucunda sıvı fazda kalan ve amonyak bakımından fakirleşen karışım, sistemde soğurucu akışkan olarak görev yapmaktadır [5]. 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.

Amaç yoğuşturucuya 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 yoğuşması ve dış cidardan aşağıya doğru kayarak kaynatıcıya geri dönmesi ile gerçekleşir [29].

Bileşik kaplardaki durumu yayınlımlı soğurmalı soğutma sistemi için de geçeridir ve kaynatıcıda ayrılan zayıf çözelti seviyesi (M noktası), zayıf çözelti borusunun soğurucuya bağlantı yerinden (H noktası) daima yukarıda kalır. Böylece soğutucu akışkanı soğuracak olan zayıf çözelti, zayıf çözelti borusundan soğurucuya doğru akar. Burada soğutucu akışkanı soğuran zayıf çözelti, zengin çözelti haline gelerek çözelti tankına gider, tanktan da tekrar kaynatıcıya doğru ilerler.

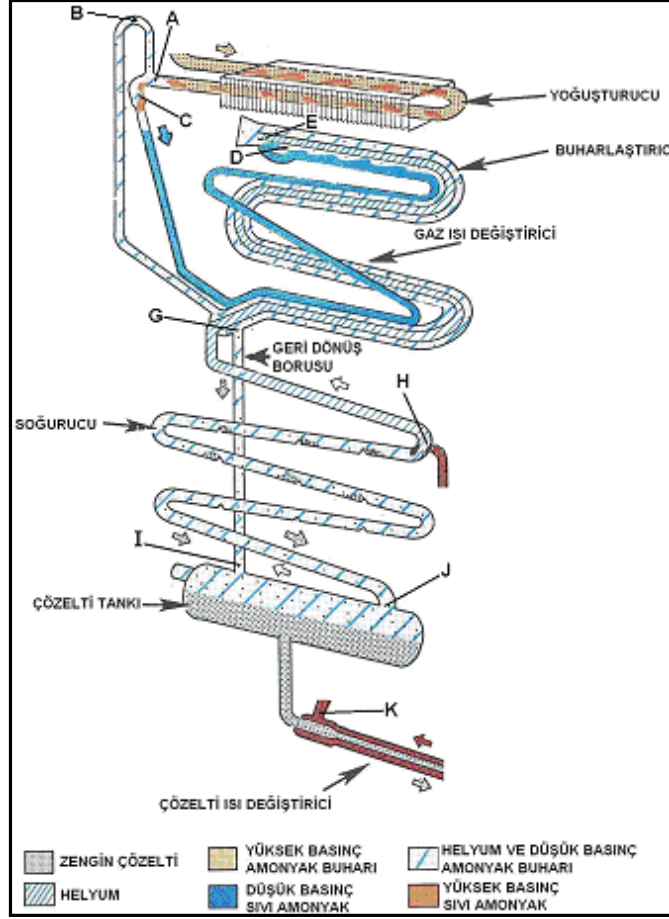
Sonuç olarak soğurucu akışkan olarak zayıf çözelti çevrimi için kaynatıcı ve soğurucu bölgeleri arasında meydana gelmektedir denilebilir [5].

### **3.6.3. YSS Sistemi İçin Amonyak ve Helyum Çevrimi**

Soğutucu akışkan amonyağın çevrimi de çözelti 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 [21]. Yoğuşturucu çıkışında (A noktası) sıvı hale gelen amonyak soğutma işlemini gerçekleştirebilmek için (C noktası) kılcal boru içinden gaz ısı değiştiricisine 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 çözelti tankına (I noktası) gider [4].

Yoğuşmuş düşük basınçlı amonyak (C noktası) gaz ısı değiştiricisinde ön soğutmaya tabi olur [4]. Aynı zamanda ısısını helyuma aktararak helyumun genişmesini sağlar. Böylelikle amonyaktan aldığı ısı ile genişleyen helyumun da daha fazla amonyak buharını taşıyabilmesi sağlanmış olur. Gaz ısı değiştiriciden buharlaştırıcı girişine

ulaşan düşük basınçlı sıvı amonyak helyum ile karşılaşır ve kısmi basıncı düşerek buharlaşır. Böylece ortamın gizli ısınıı çekerek soğutma işlemini gerçekleştirir [21].



Şekil 3.4. YSS amonyak ve helyum çevrimi [3].

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 karşılaşır. Bu noktadan itibaren, soğurucunun serpantin özelliğinden dolayı ortama

ısı veren amonyak buharı yoğuşmaya başlar ve yoğuşan amonyak zayıf çözelti tarafından soğurur. Zengin çözelti haline gelen akışkan çözelti takına (J noktası) dökülür. Bu arada amonyak buharından kurtulan helyum gazı havadan hafif olduğu durumuna tekrar kavuşur, geldiği yolu takip ederek, gaz ısı değiştiricide genişir ve buharlaştırıcı iç cidarına (E noktasına) ulaşır [21].

Yoğuşturucu ve gaz ısı değiştiriciden geçerek buharlaştırıcı girişine ulaşan düşük 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 dönüşüm borusuna ulaşan buharlaşmamış sıvı amonyak, daha önce yoğuşturucu çıkışında sıvı hale gelmemiş amonyak buharı ile birlikte (G noktası) çözelti tankına giderek tekrar çevrime dâhil olur.

Soğurucu akışkan çevrimi, kimi yerde sıvı, kimi yerde gaz ve kimi yerde de çözelti halinde olmak üzere sistemin tamamında söz konusu iken, helyum gazının çevrimi ise buharlaştırıcı iç cidarı (E noktası) ile soğurucu girişi (H noktası) arasında meydana gelmektedir.

## BÖLÜM 4

### SİSTEMİN DENEYSEL ANALİZİ

Ev tipi küçük kapasiteli soğurmalı soğutma sistemi olarak da adlandırılabilen yayınımlı 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 [2].

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 75 W güce sahip elektrikli ısıtıcı ile test edilmiştir. 5 saate kadar deneyler yapılmış ve sonuçların incelenmesi ile 3 saatlik bir süreden sonraki zaman diliminde sıcaklıklarda kararlı hale ulaşılmıştır. Bundan dolayı deney sonuçları 3 saatlik zaman dilimine göre grafik haline getirilmiştir. Şekil 4.1. ve Şekil 4.2’de tasarım ve imalatı yapılan cihazların arkadan dış kısmı, önden iç kısmı görülmektedir. Deneylerin yapılırken dış ortam sıcaklığı 20°C civarındadır.

Ön soğutmalı yayınımlı soğurmalı soğutma (YSS) sistemi için basınç farkının kaynatıcı üzerindeki etkisinin deneysel ve teorik olarak incelendiği bu çalışmada, çalışma basınç miktarları 7,5 bar, 10 bar 12,5 bar ve 15 bar olarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler grafikler halinde sunulmuştur. Ancak 7,5 barda sistem çalışmadığından bu basınç değerine ait sonuçlara yer verilmemiştir.

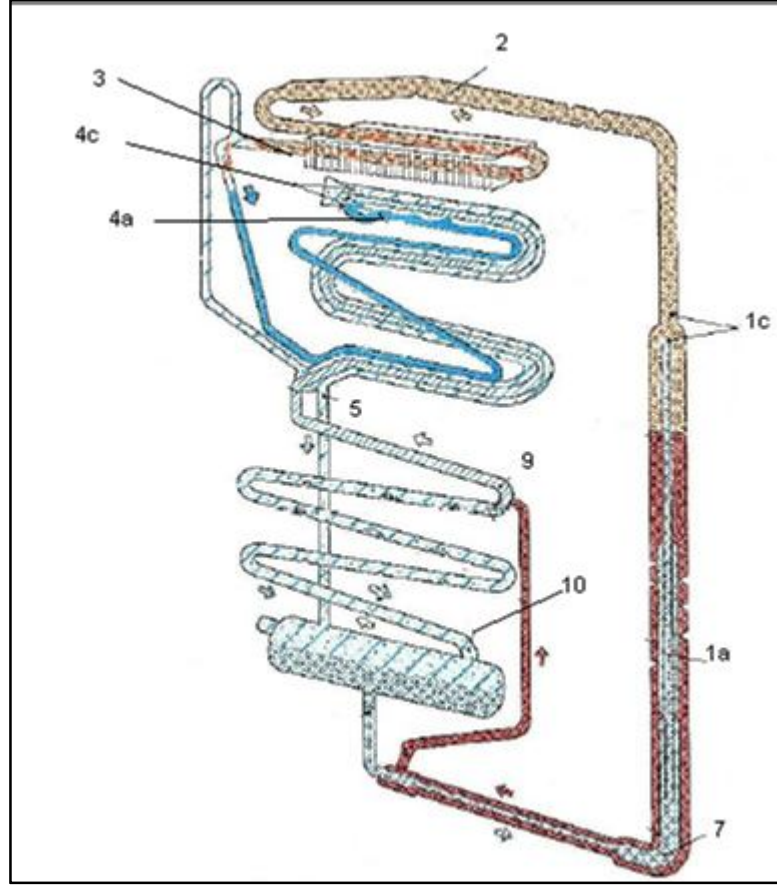




Şekil 4.1. YSS sisteminde elektrikli ısıtıcı kullanımı.



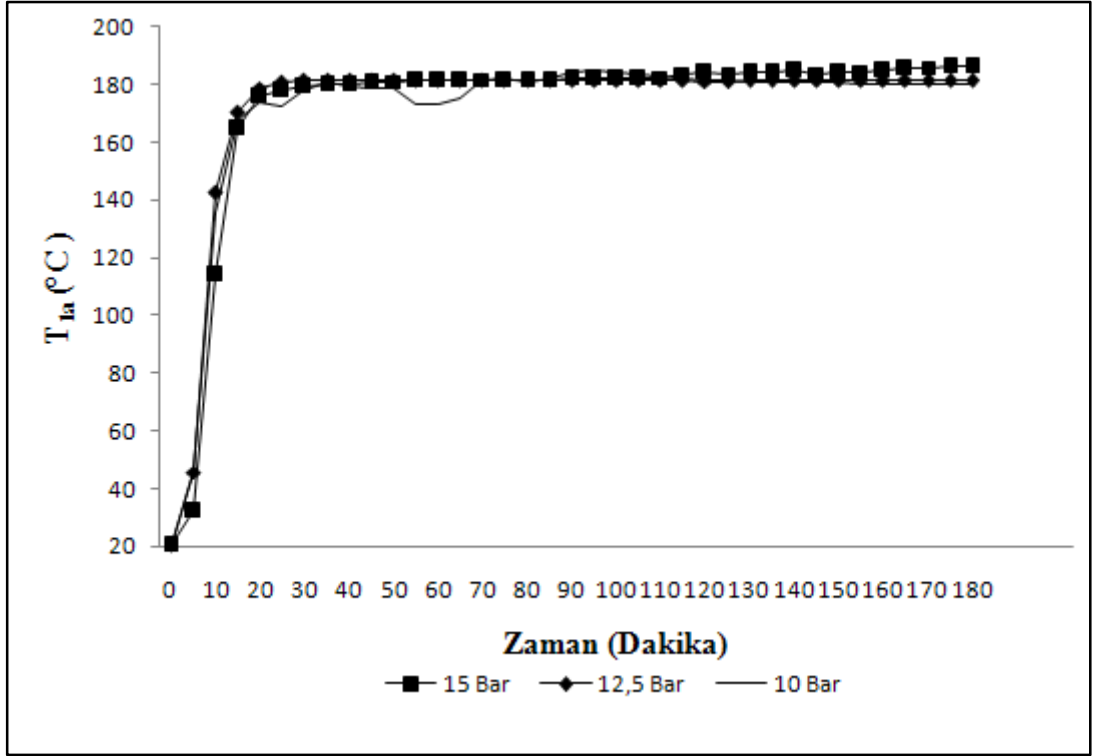
Şekil 4.2. YSS sisteminin önden görünüşü.



Şekil 4.3. YSS sisteminin sıcaklık ölçüm noktaları.

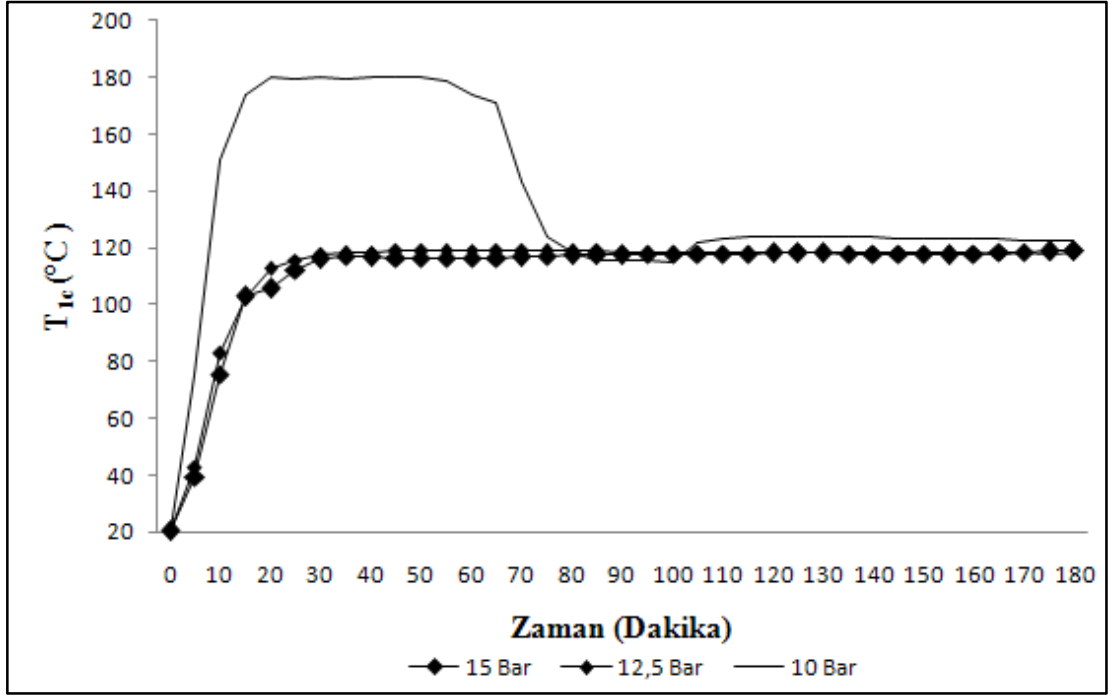
Şekil 4.3’de Deneylede sıcaklık ölçümü yapılan noktaların yerleri şematik olarak gösterilmiştir. Elektrikli ısıtıcının kullanıldığı deneylede kaynatıcı çıkış noktası ( $T_2$ ), kabarcık pompası girişi ( $T_{1a}$ ), kabarcık pompası çıkışı ( $T_{1c}$ ), yoğuşurucu çıkış noktası ( $T_3$ ), düşük basınçlı sıvı amonyağın kılcal boru çıkış noktası ( $T_{4a}$ ), buharlaştırıcı giriş noktası ( $T_{4c}$ ), buharlaştırıcı çıkış noktası ( $T_5$ ), kaynatıcı giriş noktası ( $T_7$ ), soğurucu giriş noktası ( $T_9$ ), soğurucu çıkış noktası ( $T_{10}$ ) sıcaklıklarının zamana bağlı değişiminin grafikleri çıkartılmıştır.

Ayrıca sistem basıncının tespiti için kaynatıcı çıkış noktasına ( $P_2$ ) bir basınçölçer bağlanmış ve sistem basıncının zamana bağlı değişiminin grafiği de elde edilmiştir.



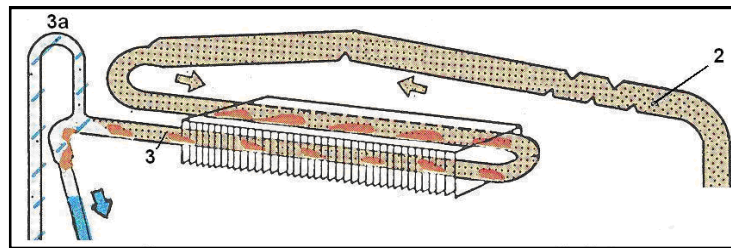
Şekil 4.4.YSS sistemi için kabarcık pompası giriş noktasının 15 Bar, 12,5 Bar, 10 Bar çalışma basıncı değerleri için sıcaklık dağılımı.

Şekil 4.4'den de görüleceği gibi, 3 farklı basınç değeri için başlangıçta yaklaşık 20°C civarında olan  $T_{la}$  noktası sıcaklığı; deney boyunca 3 değer içinde çok yakın bir eğriyi izlemiştir. Deney sonunda çalışma basıncı 15 Bar olan sistemin  $T_{lc}$  noktası sıcaklığı 186,4°C olarak kaydedilmiştir. 12,5 bar çalışma basınçlı sistem için deney sonunda aynı noktanın sıcaklığı 181,4°C olduğu görülmüştür. 10 Bar basınçlı sistemde ise aynı nokta 179,8 olarak gözlenmiştir

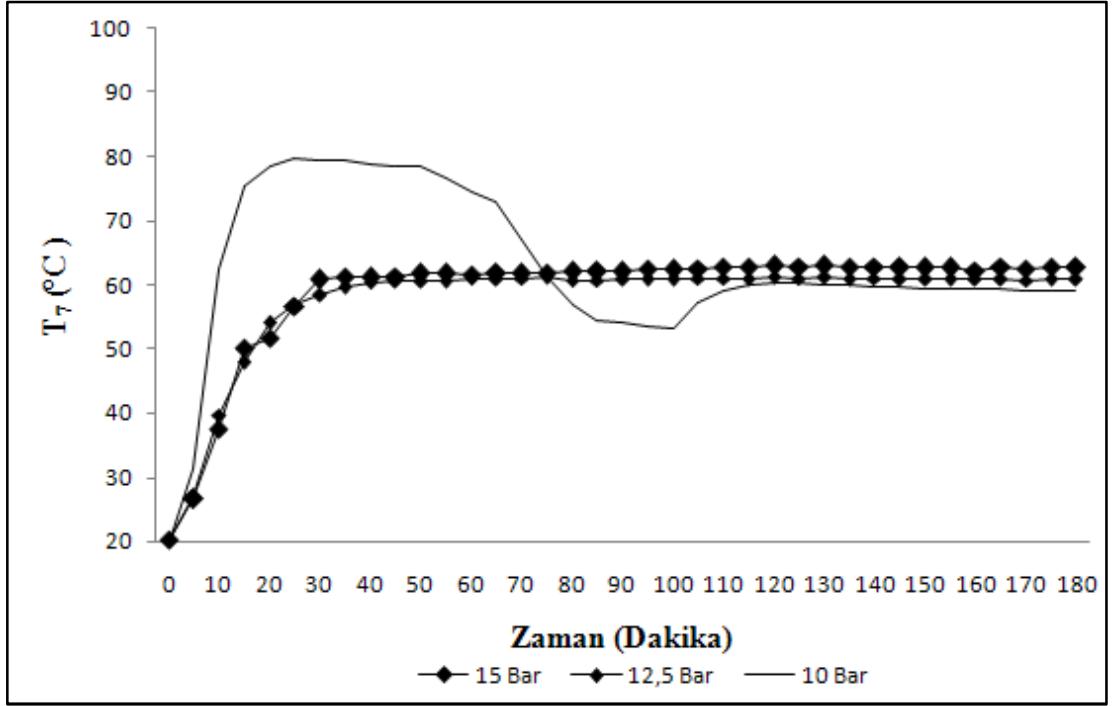


Şekil 4.5.YSS sisteminde 15 Bar, 12,5 Bar ve 10 Bar için kabarcık pompası çıkış noktasının sıcaklık dağılımı.

Şekil 4.5’de ise kabarcık pompası çıkış noktasının ( $T_{1c}$ ) zamana bağlı değişimi görülmektedir. 15 Bar ve 12,5 bar çalışma basıncı sistem birbirine çok yakın bir yükselme gösterdikten sonra doğrusal bir eğri elde etmişlerdir. 10 Bar çalışma basıncı sistemdeki dalgalanma ise 10 Bar çalışma basıncında YSS sistemi soğutmaya geç başladığı içindir.

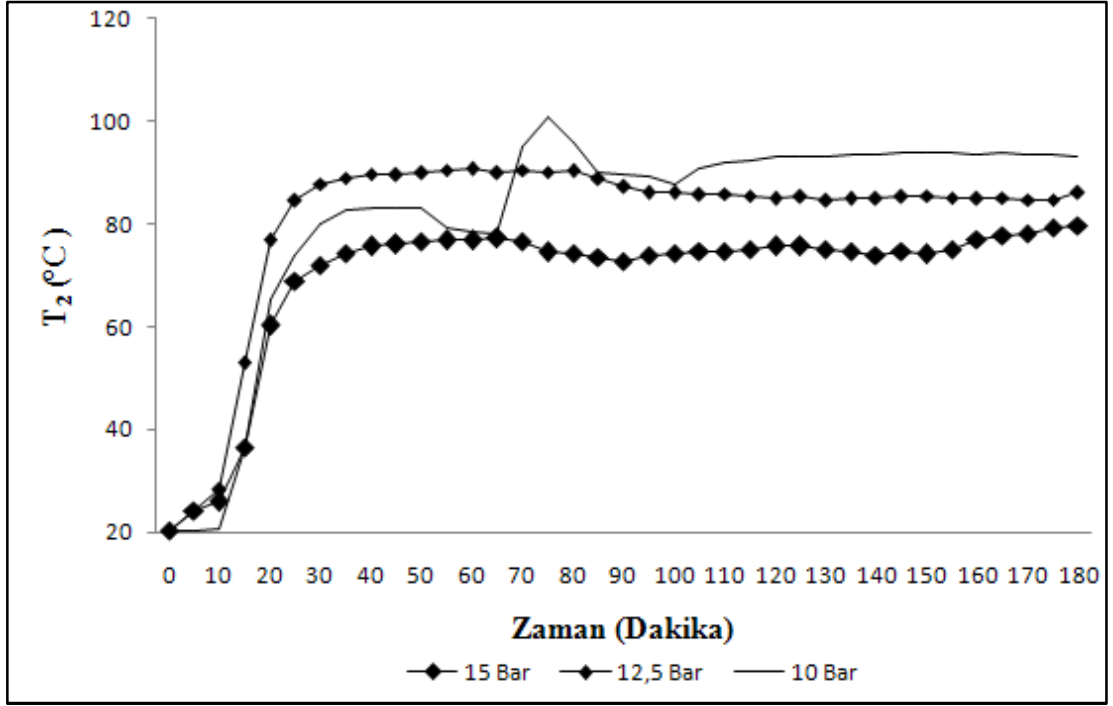


Şekil 4.6. YSS için saflaştırıcı-kaynatıcı çıkışı ile yoğuşturucu çıkışı ölçüm yerleri.



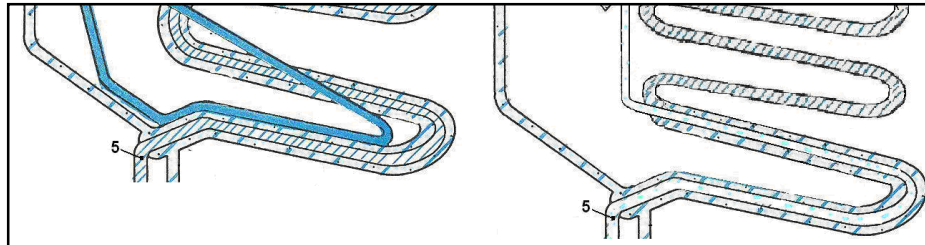
Şekil 4.7. YSS için 15Bar, 12,5 Bar ve 10 Bar basınçlı sistemlerin kaynatıcı giriş noktalarının sıcaklık dağılımı.

Şekil 4.7’de YSS sisteminde kaynatıcı giriş noktasının ( $T_7$ ) zamana bağlı sıcaklık değişimi görülmektedir. 15 Bar ve 12,5 Bar çalışma basınçlı sistem ilk yarım saat içinde belli bir ölçüde artış gösterdikten sonra doğrusal bir eğri izlemiştir. 10 Bar çalışma basınçlı sistemdeki dalgalanma sebebi ise sistemdeki soğutmanın geç başlamasıdır. Bu gecikmenin asıl nedeni ise sistemin basıncının diğer sistemlere göre düşük olmasıdır.

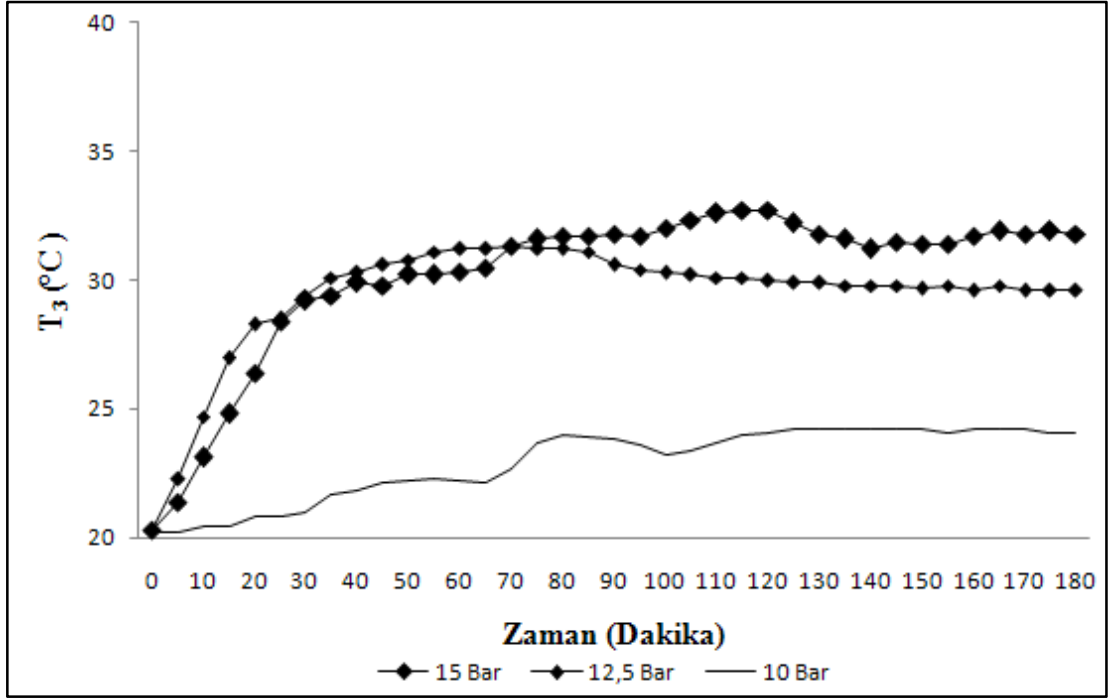


Şekil 4.8. YSS sisteminde 15 Bar, 12,5 Bar ve 10 Bar basınç değerleri için kaynatıcı çıkış noktasının sıcaklık dağılımı.

Şekil 4.8’de üç farklı basınç değeri için sistem üzerinde yer alan kaynatıcı çıkış noktasının ( $T_2$ ) zamana bağlı sıcaklık grafiği görülmektedir. 15 Bar ve 12,5 Bar çalışma basınçlı sistemler ilk 30 dakika içinde belli oranlarla arış gösterdikten sonra neredeyse doğrusal bir eğri elde etmişleridir. 10 Bar çalışma basıncında sistem soğutmaya geç başladığı için kaynatıcı çıkış noktası sıcaklığında eğride görüldüğü gibi dalgalanmalar olmuştur.

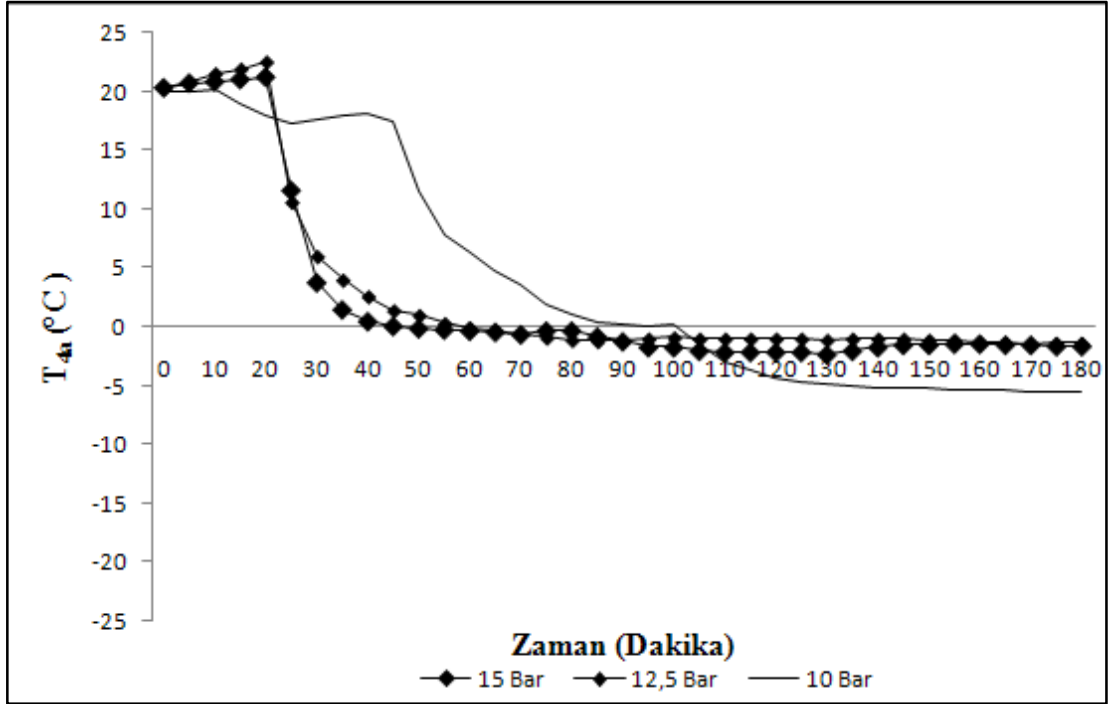


Şekil 4.9. YSS sistemi için buharlaştırıcı çıkışı ölçüm yerleri.



Şekil 4.10. YSS sisteminin 15 Bar, 12,5 Bar ve 10 Bar için yoğuşturucu çıkış noktasının sıcaklık dağılımı.

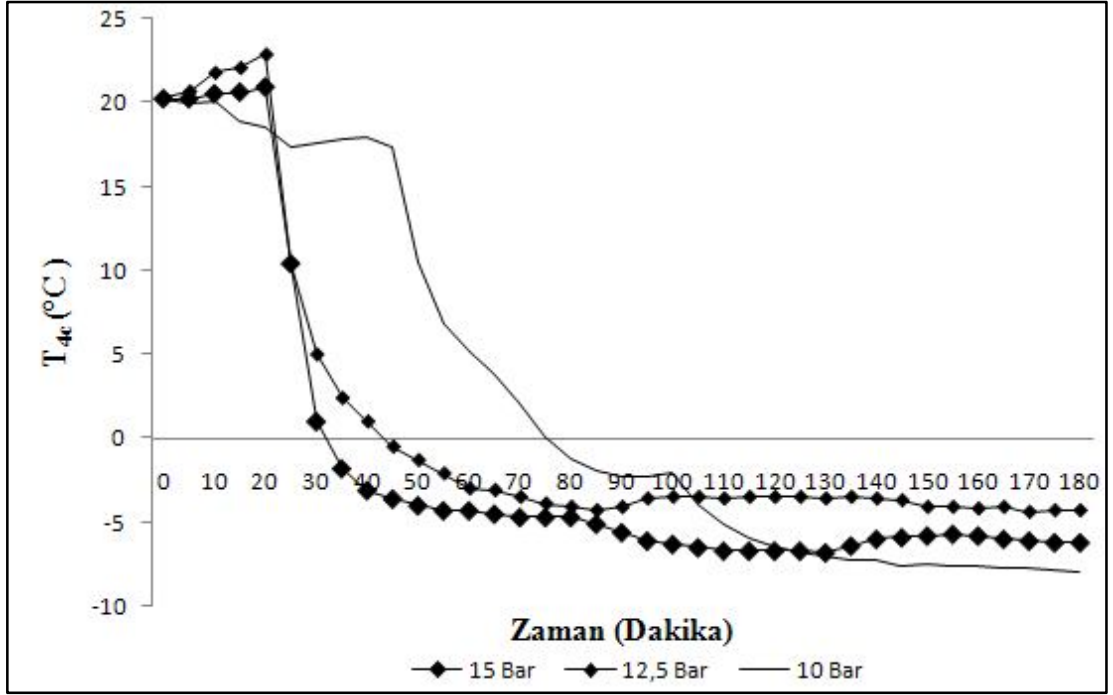
Şekil 4.10'da üç basınç değeri için yoğuşturucu çıkış noktasının zamana bağlı sıcaklık değişimi görülmektedir. Deney başlangıcında birbirine yakın olan 3 sistem basıncının sıcaklık değeri deney sonunda; 15 Bar basınçlı sistemin deney sonunda  $T_3$  noktası sıcaklık değeri  $31,8^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir. Aynı nokta 12,5 bar basınçlı sistem için deney sonunda  $29,6^{\circ}\text{C}$  olarak görülmüştür. Son olarak 10 Bar basınçlı sistemin  $T_3$  noktasının deney sonundaki sıcaklığı  $24,1^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir.



Şekil 4.11. YSS sisteminde 15 Bar, 12,5 Bar ve 10 Bar basınçları için kılcal boru çıkışı ( $T_{4a}$ ) noktasının sıcaklık dağılımı.

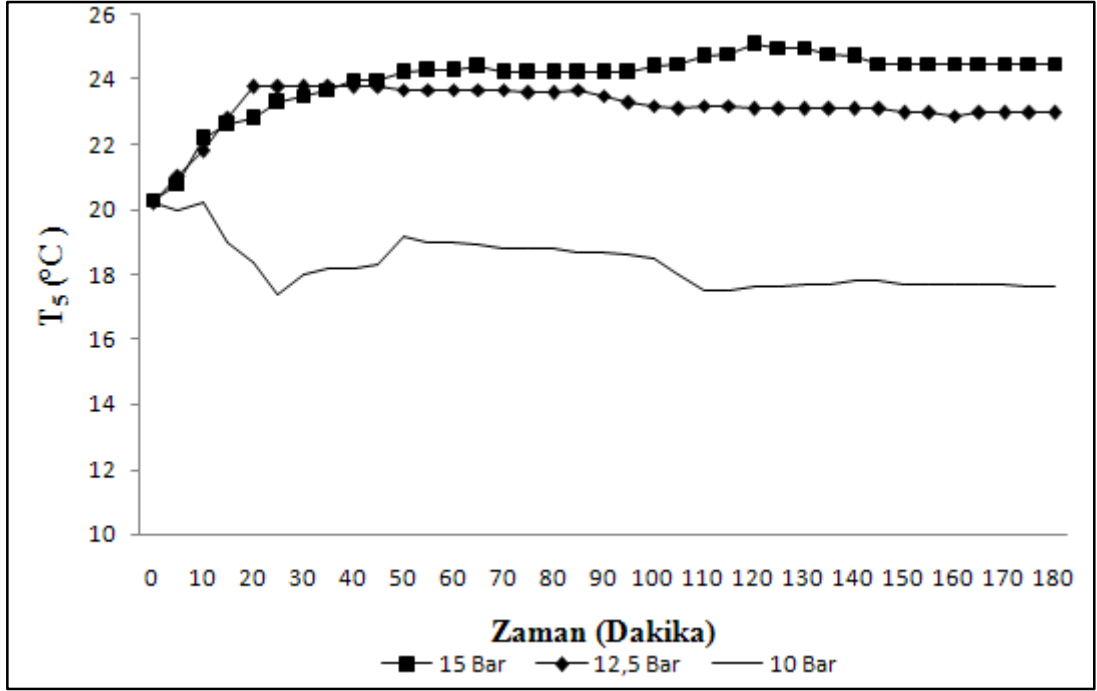
Şekil 4.11’de yoğuşturucuda sıvı hale gelmiş saf amonyağın buharlaştırıcıya girmeden önceki kılcal borudan çıkış noktasının zamana bağlı sıcaklık değişimi görülmektedir. Deneyde 15 bar basınçlı olan sistemin maksimum soğutma sıcaklığı  $-2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir. Deney sonuçları incelendiğinde 12,5 Bar basınçlı sistem için maksimum soğutma  $-1,4^{\circ}\text{C}$  olarak gözlenmiştir. Son olarak 10 Bar basınçlı sistemde ise maksimum soğutma  $-5,6^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir.





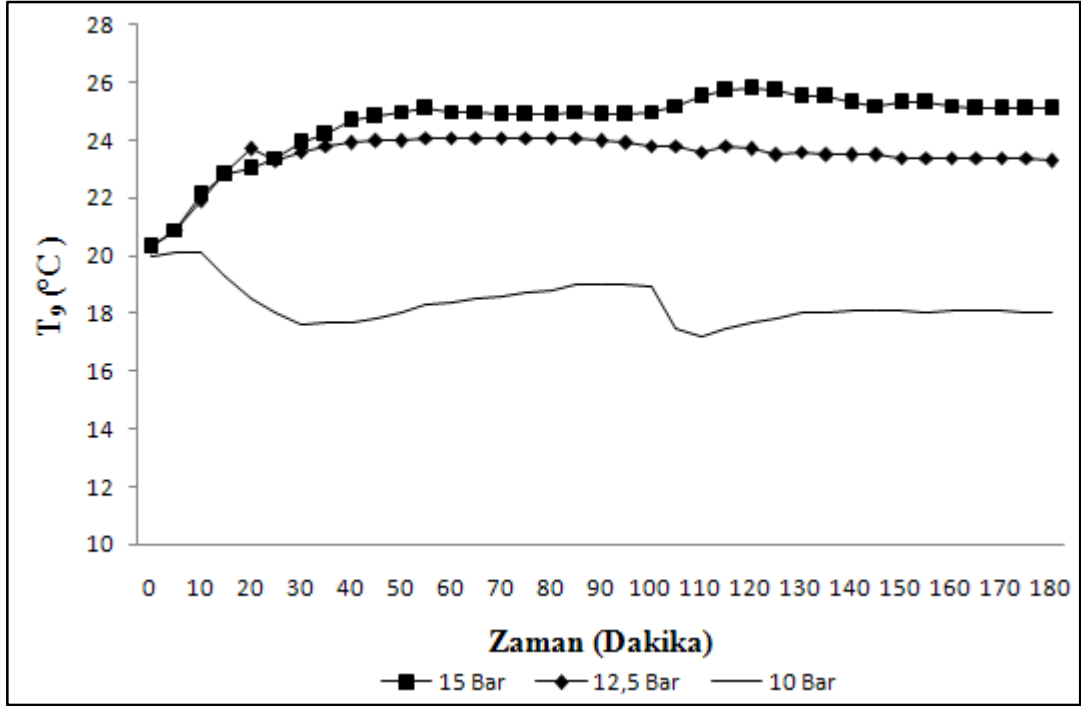
Şekil 4.12. 15 Bar, 12,5 Bar ve 10 Bar basınçlı sistemler için buharlaştırıcı girişi T<sub>4c</sub> noktası sıcaklık dağılımı.

Şekil 4.12’de YSS sisteminin 3 farklı basınç değeri için buharlaştırıcı giriş noktasının zamana göre sıcaklık değişimi verilmiştir. 15 Bar çalışma basınçlı sistemin deney sonunda T<sub>4c</sub> noktası sıcaklığı -6,2°C olarak kaydedilmiştir. Aynı nokta deney sonunda 12,5 Bar basınçlı sistem için -4,3°C olarak gözlenmiştir. Son olarak 10 Bar basınçlı sistem için aynı noktanın deney sonundaki sıcaklık değeri -8°C olarak kaydedilmiştir.



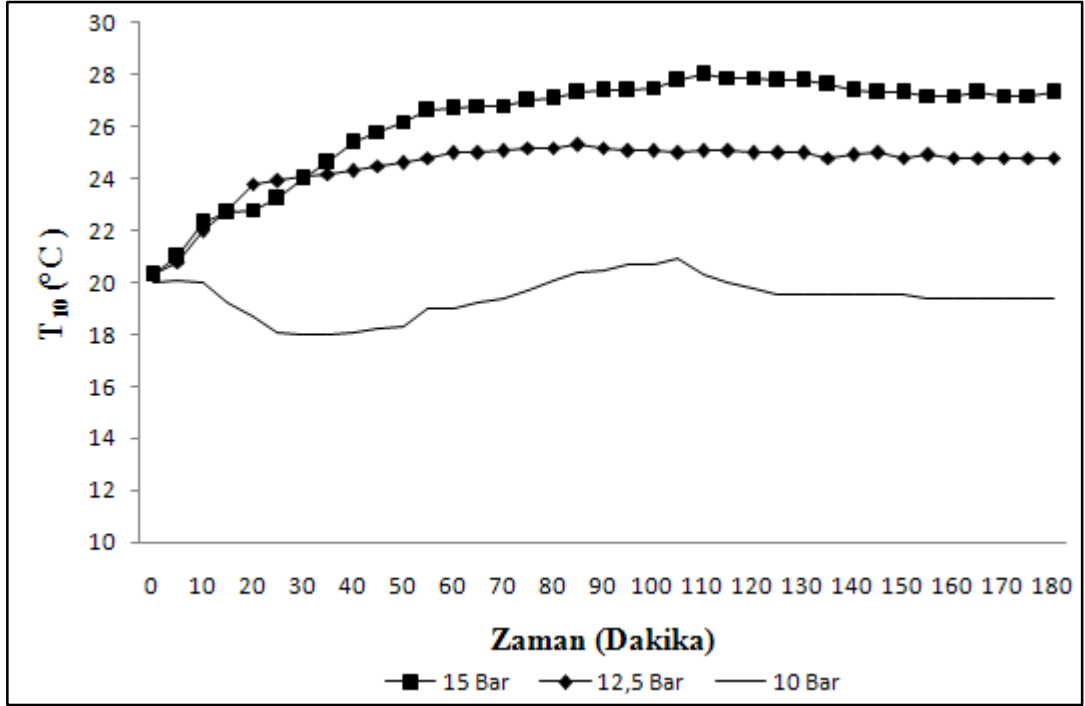
Şekil 4.13. YSS sisteminde 15 Bar, 12,5 Bar ve 10 Bar basınçlı sistemlerin  $T_5$  noktası sıcaklık dağılımı.

Şekil 4.13’de YSS sisteminde 3 farklı basınç değeri için buharlaştırıcı çıkış ( $T_5$ ) noktasının zamana bağlı sıcaklık değişimi gösterilmiştir. Başlangıç sıcaklığı bir birine çok yakın olan 3 basınç değeri deney sonunda incelendiğinde; basıncı 15 Bar olan sistemin  $T_5$  noktası sıcaklığı 24,5°C olarak, basıncı 12,5 Bar olan sistemin aynı noktasının sıcaklığı 23°C olarak ve 10 Bar basınçlı sistemin deney sonunda  $T_5$  noktası sıcaklığı 17,6°C olarak kaydedilmiştir. Basınç farkının bu nokta üzerindeki etkisi açıkça görülmektedir.



Şekil 4.14. YSS sisteminde 15 Bar, 12,5 Bar ve 10 Bar basınçlı sistemlerin soğurucu giriş noktası ( $T_9$ ) sıcaklık dağılımı.

Şekil 4.14’de YSS sisteminde 15 Bar, 12,5 Bar ve 10 Bar basınlarının, soğurucu giriş noktasında zamana bağlı sıcaklık değişimleri görülmektedir. 15 Bar basınçlı sistem başlangıçta  $20,3^{\circ}\text{C}$  iken deney sonunda  $25,1^{\circ}\text{C}$  değerine ulaşmıştır, Benzer şekilde 12,5 Bar basınçlı sistem  $20,3^{\circ}\text{C}$  başlangıç sıcaklığında iken deney sonunda  $23,3^{\circ}\text{C}$  olarak ölçülmüştür. 10 Bar basınçlı sistem ise deney başlangıcında  $20^{\circ}\text{C}$  sıcaklığında iken deney sonunda  $18^{\circ}\text{C}$  değerinde bir sıcaklığa ulaşmıştır. Bu veriler incelendiğinde 15 Bar basınç altında çalışan sistem, deney sonunda hem en yüksek çalışma sıcaklığına hem de en yüksek sıcaklık farkına ulaşmıştır.

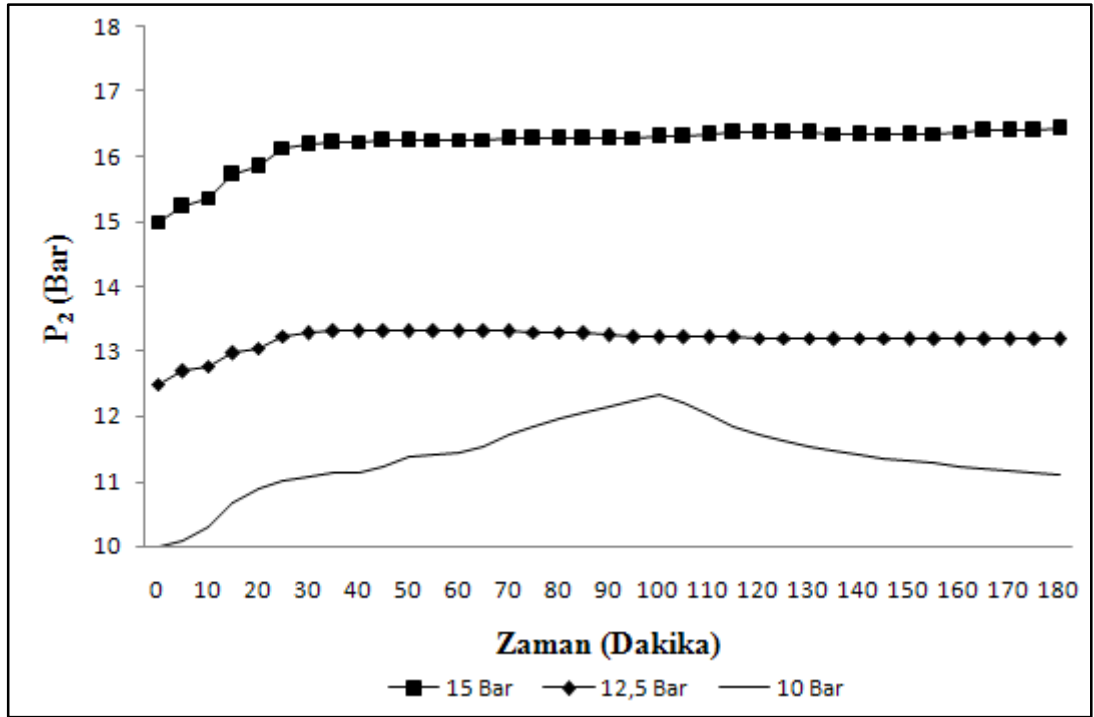


Şekil 4.15. YSS sisteminin 3 farklı basınç değerleri için soğurucu çıkış noktası zamana bağlı sıcaklık değişimi.

Şekil 4.15’de YSS sisteminde 15 Bar, 12,5 Bar ve 10 Bar çalışma basıncı için, soğurucu çıkış ( $T_{10}$ ) noktasının sıcaklığının zamana bağlı değişimi verilmiştir. Deneysel sonuçları analiz edilen verilere dayanarak maksimum artış miktarı ve maksimum sıcaklık değeri 15 Bar basınç ile çalışan sistemde görülmüştür. Sistemin soğurucu sıcaklık noktası başlangıçta  $20,3^{\circ}\text{C}$  iken deney sonunda  $27,3^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiş ve bu noktada  $7^{\circ}\text{C}$  artış gözlemlenmiştir.



Şekil 4.16. YSS için sistem basıncının ölçüm yerleri.



Şekil 4.17. YSS sisteminde 3 farklı basınç değerlerinin zamana göre değişimi.

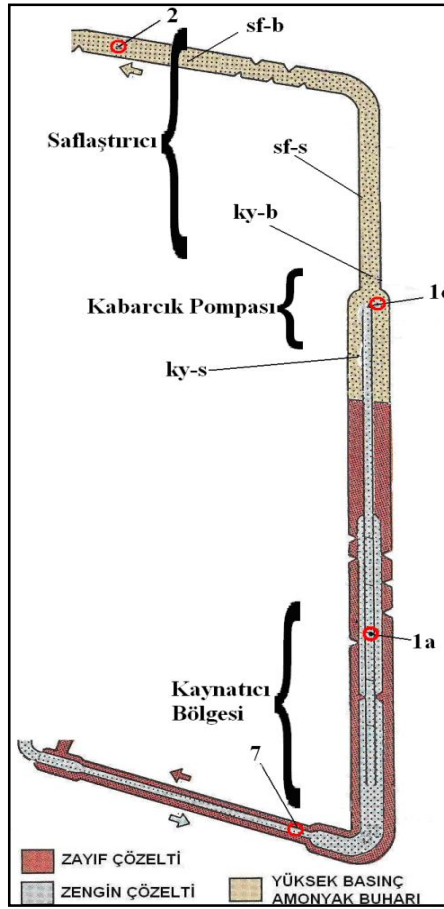
Şekil 4.16. ve 4.17’de YSS sisteminin 3 farklı basınç değerlerinin zamana bağlı değişimi ve basınç ölçüm yeri verilmiştir. 15 Bar ve 12,5 Bar çalışma basıncı için grafik incelendiğinde ilk 20 dakika içinde basıncın belli oranda yükseldiği ve sonra neredeyse doğrusal olarak devam ettiği gözlenmiştir. 10 Bar basınçlı sistemin çizdiği eğrideki dalgalanma hareketi sistemin soğutmaya geç başlamasından ötürü olduğu görülmüştür.

## BÖLÜM 5

### SİSTEMİN TERMODİNAMİK ANALİZİ

#### 5.1. YSS SİSTEMLERİ İÇİN SOĞUTMA TESİR KATSAYISI

Soğutma Tesir Katsayılarının (STK) hesaplanmasında kullanılan sıcaklık değerlerinin cihazlar üzerinden okunan noktaları şekilde görüldüğü gibidir. Şekil 5.1'de STK hesaplamalarında kullanılan sıcaklık değerlerinin cihaz üzerindeki ölçüm yerleri görülmektedir.



Kaynatıcı bölgesinde amonyak-su çözeltisinin sıcaklığı bir ısı kaynağı ile artırılıp amonyağın sudan ayrışması ve yoğunlaştırucuya 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.

Kabarcık pompası çıkışındaki kütle ve enerjinin korunum eşitlikleriyle kaynatıcıdan saflaştırıcıya giden amonyak-su buharının kütleli debisi,  $\dot{m}_{ky-b}$  bulunur.

$$\dot{m}_{1c} = \dot{m}_{ky-s} + \dot{m}_{ky-b} \quad (5.1)$$

$$x_{1c} \cdot \dot{m}_{1c} = x_{ky-s} \cdot \dot{m}_{ky-s} + x_{ky-b} \cdot \dot{m}_{ky-b} \quad (5.2)$$

$$h_{1c} \cdot \dot{m}_{1c} + \dot{q}_{ky} = h_{ky-s} \cdot \dot{m}_{ky-s} + h_{ky-b} \cdot \dot{m}_{ky-b} \quad (5.3)$$

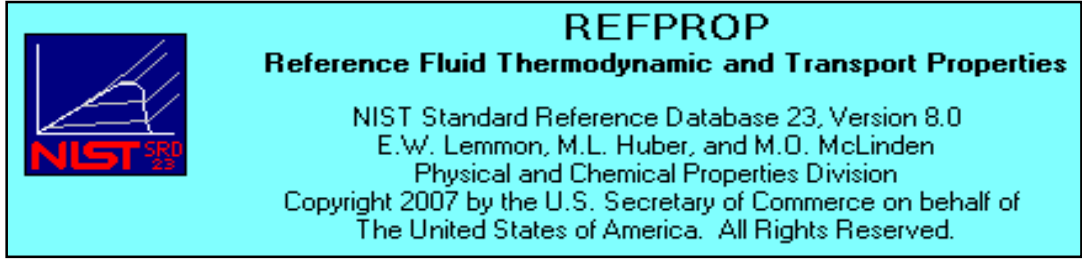
Saflaştırıcı bölgesindeki kütleli korunumu eşitlikleriyle de yoğunlaştırucuya giden saf amonyak buharının kütleli debisi,  $\dot{m}_{sf-b}$  bulunur.

$$\dot{m}_{ky-b} = \dot{m}_{sf-s} + \dot{m}_{sf-b} \quad (5.4)$$

$$x_{ky-b} \cdot \dot{m}_{ky-b} = x_{sf-s} \cdot \dot{m}_{sf-s} + x_{sf-b} \cdot \dot{m}_{sf-b} \quad (5.5)$$

Eşitliklerde kullanılacak kütle oranları ( $x$ ) ve entalpiler ( $h$ ) için akışkan gruplarının fiziksel ve kimyasal özelliklerini gösteren REFPROP programından yararlanılmıştır. Şekil 5. 2. de program ile ilgili bilgilerin yer aldığı etiket görülmektedir.





Şekil 5.2. REFPROP programı ile ilgili etiket [11].

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

$$STK = \dot{m}_{sf-b} \frac{h_{4c} - h_5}{\dot{q}_{ky}} \quad (5.6)$$

## 5.2. YSS SİSTEMİNDE STK HESABI

Her bir çalışma basınç değerinin ısı kaynağına göre soğutmaya başladıkları andan itibaren çeşitli zamanlardaki STK hesaplarının yapıldığı bu çalışmada örnek olarak YSS cihazının 180. dakikadaki STK hesabı gösterilmiştir. Sonuçlar toplu olarak grafik halinde sunulmuştur.

Elektriğin kullanıldığı ön soğutmasız YSS cihazına ait 15 Bar basınçlı sistemin 180. dakika için deneysel verileri Çizelge 5.1.görüldüğü gibidir.

Çizelge 5.1. YSS cihazının 15 Bar basınçta elektrikle yapılan deneyinden 180.sonundaki basınç, sıcaklık ve güç ölçüm değerleri.

|               |       |
|---------------|-------|
| Süre (dakika) | 180   |
| YSS-T4c °C    | -6,2  |
| YSS-T5 °C     | 24,5  |
| YSS-T2 °C     | 79,6  |
| YSS-T7 °C     | 62,7  |
| YSS-P2 Bar    | 16,4  |
| Isıtıcı Güç W | 75,0  |
| YSS-T1c °C    | 118,8 |
| YSS-Tky °C    | 152,6 |
| YSS-Tsf °C    | 99,2  |
| YSS-T1a °C    | 186,4 |

Isı kaynağı olarak elektriğin kullanıldığı deneylerde ısıtıcı olarak 75 W güce sahip fişek rezistans kullanılmıştır. Bu durumda sisteme verilen enerji aşağıdaki gibidir. Fişek rezistans  $\dot{q}_{ky} = 75 \text{ W}$  gücündedir.

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.

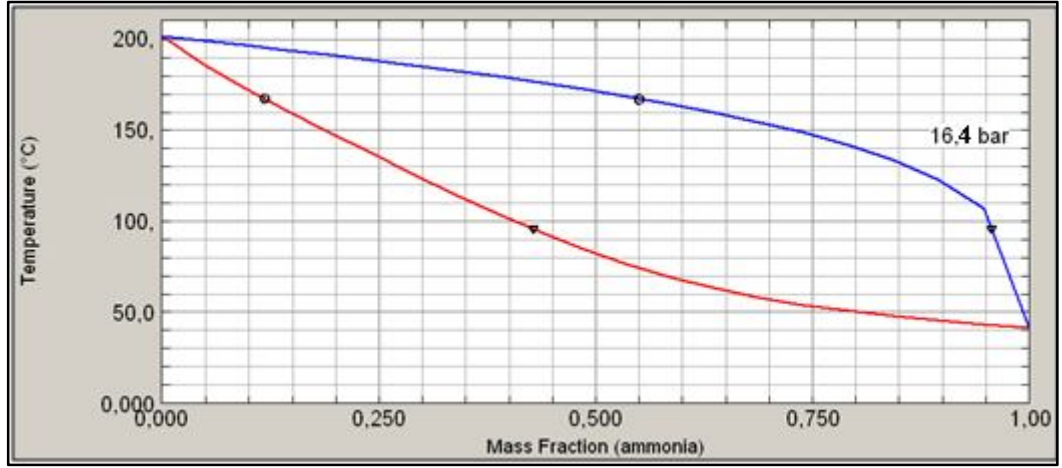
|   | Temperature (°C) | Pressure (bar) | Liquid Density (kg/m <sup>3</sup> ) | Vapor Density (kg/m <sup>3</sup> ) | Liquid Enthalpy (kJ/kg) | Vapor Enthalpy (kJ/kg) | Liquid Entropy (kJ/kg-K) | Vapor Entropy (kJ/kg-K) |
|---|------------------|----------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | -6,2000          | 3,3846         | 646,98                              | 2,7595                             | 314,58                  | 1598,4                 | 1,3663                   | 6,1756                  |
| 2 | 24,500           | 9,8787         | 603,51                              | 7,6903                             | 458,42                  | 1626,3                 | 1,8725                   | 5,7961                  |

Şekil 5.3. REFPROP programı ile elde edilen saf amonyağın termodinamik özellikleri.

Bu durumda buharlaştırıcıdan çekilen ısı,

$$\dot{q}_{bh} = h_{4c} - h_5 = 1598,4 - 458,4 = 1140 \text{ kJ/kg bulunur.}$$

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 küte oranları (x) Şekil 5. 4’deki T-x grafiğinden okunarak bulunur.



Şekil 5.4. 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 çözeltilisine göre yerine konulduğunda Şekil 5. 5'deki tablo elde edilir.

| 2: ammonia/water: Specified state points (35,/65,) |                         |                       |                     |                   |                                 |                     |                      |
|--|-------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------|----------------------|
|  | Mass Frac.<br>(ammonia) | Mass Frac.<br>(water) | Temperature<br>(°C) | Pressure<br>(bar) | Density<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Enthalpy<br>(kJ/kg) | Entropy<br>(kJ/kg-K) |
| 1  | 0,35000                 | 0,65000               | 118,80              | 16,400            | 164,03                          | 500,51              | 2,1381               |
| 2  | 0,18196                 | 0,81804               | 152,60              | 16,400            | 750,10                          | 597,15              | 2,1526               |
| 3  | 0,71190                 | 0,28810               | 152,60              | 16,400            | 8,6897                          | 2148,1              | 6,6359               |
| 4  | 0,95458                 | 0,045420              | 99,200              | 16,400            | 10,050                          | 1799,7              | 6,0776               |
| 5  | 0,41215                 | 0,58785               | 99,200              | 16,400            | 783,45                          | 354,95              | 1,8123               |

Şekil 5.5. REFPROP programıyla bulunan amonyak-su karışımının termodinamik özellikler.

Şekil 5.5'deki 1c noktası için sisteme yüklediğimiz %35 amonyak-su oranı doğrudan programa yazılır. Elde edilen veriler kabarcık pompası çıkışındaki kütle ve enerjinin korunum denklemlerinde yerine konularak üç bilinmeyenli üç denklem gurubunun çözümü ile kaynatıcıdan saflaştırıcıya giden amonyak-su buharının kütledebisi,  $\dot{m}_{ky-b}$  bulunur.

$$\dot{m}_{1c} = \dot{m}_{ky-s} + \dot{m}_{ky-b} \quad (5.1)$$

$$x_{1c} \cdot \dot{m}_{1c} = x_{ky-s} \cdot \dot{m}_{ky-s} + x_{ky-b} \cdot \dot{m}_{ky-b} \quad (5.2)$$

$$h_{1c} \cdot \dot{m}_{1c} + \dot{q}_{ky} = h_{ky-s} \cdot \dot{m}_{ky-s} + h_{ky-b} \cdot \dot{m}_{ky-b} \quad (5.3)$$

Saflaştırıcı bölgesindeki kütlenin korunumu denklemleriyle de yoğunlaştırucuya giden saf amonyak buharının kütleli debisi,  $\dot{m}_{sf-b}$  bulunur.

$$\dot{m}_{ky-b} = \dot{m}_{sf-s} + \dot{m}_{sf-b} \quad (5.4)$$

$$x_{ky-b} \cdot \dot{m}_{ky-b} = x_{sf-s} \cdot \dot{m}_{sf-s} + x_{sf-b} \cdot \dot{m}_{sf-b} \quad (5.5)$$

REFPROP programının ve matematiksel işlemler yardımıyla bulunan değerler yerine konularak sistemin performans göstergesi STK bulunur.

$$STK = \dot{m}_{sf-b} \frac{h_{4c} - h_5}{\dot{q}_{ky}} \quad (5.6)$$

### 5.3. STK SONUÇLARI

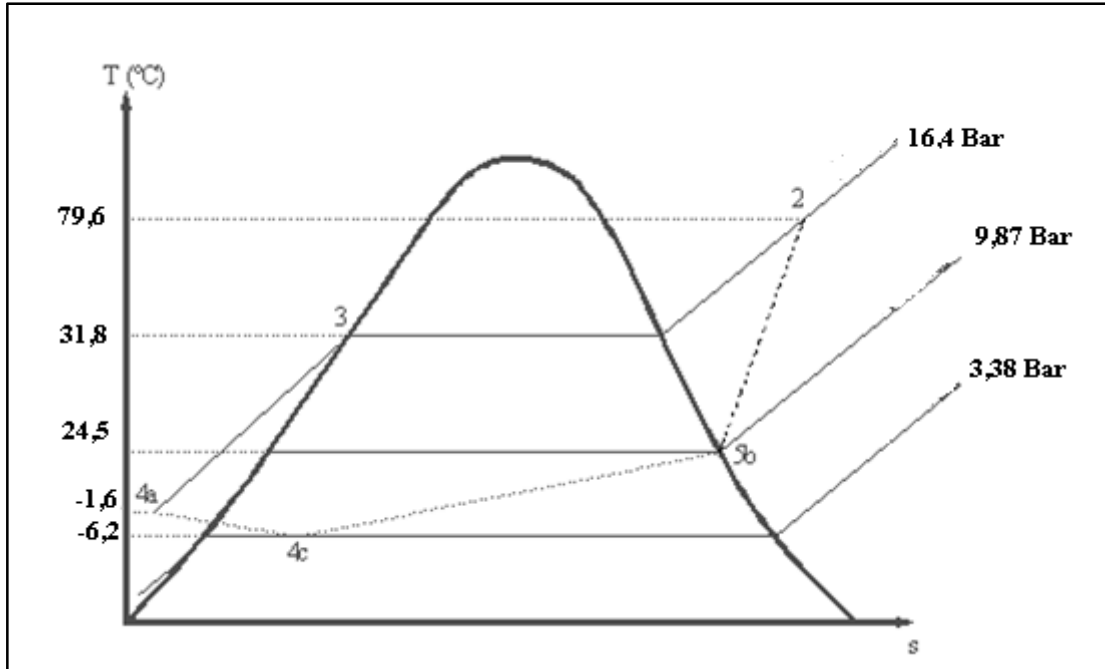
Elektrikli deney sonuçlarına üç farklı basınç değeri için 180.dakikalarda kaydedilen verilere göre elde edilen STK değerleri Çizelge 5.2'deki olup, STK değerlerinin zamana bağlı grafiği de Şekil 5.6'da görüldüğü gibidir.

Çizelge 5.2. YSS cihazlarının elektrikle yapılan deneyinden çeşitli sürelerdeki ölçüm ve hesap değerleri.

| YSS Çalışma Basıncı        |        | 15 Bar      | 12,5 Bar    | 10 Bar      |
|----------------------------|--------|-------------|-------------|-------------|
| Buharlaştırıcı Girişi      | T4c °C | -6,2        | -4,3        | -8          |
| Buharlaştırıcı Çıkışı      | T5 °C  | 24,5        | 23          | 17,6        |
| Kaynatıcı                  | T1a °C | 186,4       | 181,4       | 179,8       |
| Kaynatıcı Buhar Debisi     | mky-b  | 4,54616E-05 | 4,73816E-05 | 5,47711E-05 |
| Safılaştırıcı Buhar Debisi | msf-b  | 2,51224E-05 | 5,40854E-05 | 3,42901E-05 |
| Soğutma Performansı        | STK    | 0,38        | 0,83        | 0,53        |

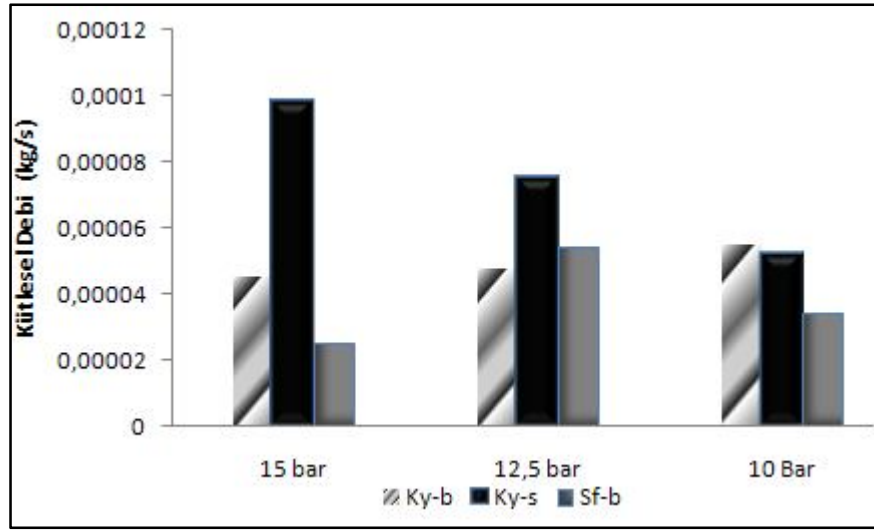
Çizelge 5.2'den anlaşıldığı gibi en iyi STK değerine 12,5 Bar çalışma basıncına sahip sistemde ulaşılmıştır. Soğutma en fazla 10 Barlık sistemde T<sub>4c</sub> noktasında -8 olarak kaydedilmiştir. En iyi soğutma performansı belirlenebilmesi için dış ortam sıcaklıkları dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada basınç farklarının kaynatıcı üzerine etkisi dikkate alındığı için dış ortama bağlı değerlendirme yapılmamıştır.

#### 5.4. ÖN SOĞUTMALI SİSTEMİN (YSS) SOĞUTMA ÇEVİRİMİ



Şekil 5.6. YSS sisteminin soğutma çevrimi T-s diyagramı

Ön soğutmalı sistemin (YSS) soğutma çevrimi T-s diyagramı Şekil.5.6’da görüldüğü gibidir. Soğurucu girişinde (5b) doymuş buhar halindeki soğutucu akışkan amonyak 24,5°C sıcaklık ve 9,87 bar basınca sahiptir. Isı kaynağı olarak elektrikli ısıtıcı kullanılan sisteme 75 W’lık ısı enerjisi verilmesiyle soğutucu akışkan kaynatıcı çıkışında (2) kızgın buhar fazında 79,6°C sıcaklığa ve 16,4 bar basınca ulaşmaktadır. Sabit basınç altında ısısını atarak doymuş sıvı haline gelen soğutucu akışkan, yoğuşturucu çıkışında (3) 31,8°C sıcaklığındadır. Yoğuşturucudan çıkan sıvı amonyak ön soğutmaya tabi tutularak sıcaklığı -1,6°C’ye düşürülmektedir (4a). Sıcaklığı düşürülmüş sıvı amonyak buharlaştırıcı girişinde (4c) helyum ile karşılaşır ve meydana gelen gaz yayılımı (difüzyon) sayesinde kısmi basıncı düşen amonyak buharlaşmaya başlar. Buharlaştırıcı girişinde (4c) -6,2°C sıcaklığına ve 3,38 bar basınca sahip amonyak ıslak buhar halinde soğurucuya oradan da kaynatıcıya girmekte ve çevrim bu şekilde tamamlanmaktadır.



Şekil.5.7.’de Kütlesel Debilerin farklı basınç değerlerine göre değişimi.

Çizelge.5.3.Farklı basınçlara göre hesaplanan kütlesel debi değerleri.

| Kütlesel debi | 15 bar      | 12,5 bar    | 10 Bar      |
|---------------|-------------|-------------|-------------|
| Ky-b          | 4,54616E-05 | 4,73816E-05 | 5,47711E-05 |
| Ky-s          | 9,79086E-05 | 7,46468E-05 | 5,19016E-05 |
| Sf-b          | 2,51224E-05 | 5,40854E-05 | 3,42901E-05 |

Şekil.5.7 ve Çizelge.5.3’de görüldüğü gibi en yüksek kütleli debi değeri 12,5 Bar basınç altında çalışan kaynatıcı sıvı(  $Ky_s$  ) noktasında belirlenmiştir. Söz konusu değerler göz önüne alındığında, saflaştırıcı buhar (sf\_b) değerinin de  $ky_s$  değerine paralel bir şekilde değişim gösterdiği görülmektedir.

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

#### 6.1. SONUÇLAR

Bu çalışmada tasarım ve imalatı yapılan yayımlı soğurmalı soğutma sisteminde (YSS), 15 Bar, 12,5 Bar, 10 Bar ve 7,5 Bar çalışma basıncı ısı kaynağı olarak elektrik enerjisi seçilerek, basınç farklarının kaynatıcı sıcaklığı üzerine etkisi deneysel ve teorik olarak incelenmiştir.

Elde edilen deneysel verilerle YSS sistemi farklı çalışma basınçlarına göre soğutma tesir katsayıları hesaplanarak sayısal ve grafiksel olarak sunulmuştur. Çalışma boyunca yapılan gözlem, deney ve teorik hesaplamalarla aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Tasarım ve imalatı yapılan YSS sisteminde, 180 dakika yapılan deneyin sonunda kabarcık giriş sıcaklığı ( $T_{1a}$ ) 15 Bar çalışma basıncı ile çalışan sistemde 186,4°C, çalışma basıncı 12,5 Bar olan sistemde 181,4°C ve 10 Bar çalışma basıncına sahip olan sistemde 179,8°C olarak kaydedilmiştir. Bu veriler bize sistemde çalışma basınç artışının  $T_{1a}$  noktası üzerindeki etkisini açıkça göstermektedir. Sistemin çalışma basıncı azaldıkça, kabarcık pompası giriş sıcaklığının da azaldığı söylenebilir. Bu azalma sistemin güneş enerjisi ile çalışma birliğini artırmaktadır.



- Buhar sıkıştırılmalı sistemlerde 1–2 dakikada soğuma gözlenirken bu tip soğurmalı sistemlerde soğuma 15 Bar ve 12,5 Bar çalışma basıncında 20. dakikada başlamıştır. 10 Bar çalışma basıncında ise soğutma 50.dakikada başlamıştır. Soğutmaya başlama süresinin basınca göre değişimi açıkça görülmektedir.
- Sistem üzerinde bulunan  $T_2$  noktası; 15 Bar basınçla çalışan sistemde başlangıçta  $20,2^{\circ}\text{C}$  iken deney sonunda  $79,6^{\circ}\text{C}$  olarak ölçülmüştür. 12,5 Bar basınç ile çalışan sistemde başlangıçta  $T_2$  noktası sıcaklığı  $20,2^{\circ}\text{C}$  iken deney sonunda  $86^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir. Aynı sıcaklık noktası 10 Bar basınçlı sistemde başlangıçta  $20,1^{\circ}\text{C}$  iken deney sonunda  $93,2^{\circ}\text{C}$  olarak görülmüştür. Bu üç deneysel veriye dayanarak basınç farklılığının  $T_2$  noktası üzerindeki etkisi çok net görülmektedir. Sistemin çalışma basıncının azaltılması, kaynatıcı çıkış sıcaklığının artmasına sebep olmaktadır.
- Sistem üzerinde bulunan  $T_7$  noktasının deney sonunda basınçlara göre sıcaklık dağılımı; 15 Bar basınçlı sistemde  $62,7^{\circ}\text{C}$  olarak, 12,5 Bar basınçlı sistem için  $60,9^{\circ}\text{C}$  ve son olarak 10 Bar basınçlı sistem için  $59,1^{\circ}\text{C}$  olduğu gözlenmiştir. Çalışma basıncının artışı, bu noktası üzerinde sıcaklık artışına neden olmuştur.
- Sistemde kabarcık pompası çıkış sıcaklıkları 3 farklı basınç değerine göre karşılaştırılmıştır. 180 dakika yapılan deneylerin sonunda kabarcık pompası noktası çıkış ( $T_{1c}$ ) sıcaklığı; 15 Bar basınçlı sistemde  $118,8^{\circ}\text{C}$  olarak, 12,5 Bar basınçlı sistemde  $118,1^{\circ}\text{C}$  ve 10 Bar basınçlı sistemde  $122,5^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir. 15 Bar ve 12,5 Bar çalışma basınçlı deneylerde  $T_{1c}$  noktası sıcaklığı birbirine yakın bir eğri çizerken, 10 Bar basınçlı sistem daha yüksek değerlere ulaşmıştır.
- YSS sisteminde 3 farklı basınç değeri için yapılan deneylerde; buharlaştırıcı giriş noktası ( $T_{4c}$ ) sıcaklık dağılımları karşılaştırılmıştır. 15Bar basınç ile çalışan sistemde deney sonunda  $T_{4c}$  noktası sıcaklığı  $-6,2^{\circ}\text{C}$  olarak, 12,5 Bar basınçlı sistemde  $-4,3^{\circ}\text{C}$  ve 10 Bar basınçlı sistemde  $-8^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir. Bu verilere bakıldığında en fazla soğutmanın 10 Bar basınçla çalışan sistemde olduğu görülmesine rağmen dış ortam sıcaklığı dikkate alınmadan bu kaniya

varılmaması gerektiği vurgulanmalıdır. Yapılan bu çalışmada farklı basınçların kaynatıcı sıcaklığı üzerindeki etkisi incelendiği için dış ortam sıcaklığı dikkate alınmamıştır.

- Sistem üzerinde yer alan  $T_3$  noktasının 3 farklı basınç değeri için sıcaklık dağılımı deney sonunda incelendiğinde; 15 Bar basınçlı sistemde  $T_3$  noktası  $31,8^{\circ}\text{C}$  olarak, 12,5 Bar çalışma basınçlı sistemde  $29,6^{\circ}\text{C}$  ve son olarak 10 Bar basınçlı sistemde  $24,1^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir. Çalışma basıncının azaltılması bu nokta üzerinde sıcaklık düşüşü etkisi yapmıştır.
- Sistem üzerinde bulunan  $T_5$  noktası sıcaklık dağılımı 3 farklı basınç değeri için incelenmiştir. 15 Bar basınç ile çalışan sistemde  $T_5$  noktası başlangıçta  $20,3^{\circ}\text{C}$  iken deney sonunda  $24,5^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir. 12,5 Bar çalışma basıncına sahip sistem de aynı nokta başlangıçta  $20,5^{\circ}\text{C}$  iken deney sonunda  $23^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir. Son olarak 10 Bar basınçlı sistemde  $T_5$  noktası deney başında  $20,2^{\circ}\text{C}$  iken deney sonunda  $17,6^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir. Bu nokta 15 Bar ve 12,5 Bar basınçlı deneylerde başlangıca göre artış eğilimi gösterirken, 10 Bar basınçlı sistemde sıcaklık azalmıştır.
- Sistem üzerinde bulunan soğurucu giriş noktası ( $T_9$ ) sıcaklığı 3 farklı basınç değeri için incelenmiştir. 15 Bar basınçlı sistemde başlangıçta  $20,3^{\circ}\text{C}$  olan soğurucu giriş sıcaklığı deney sonunda  $25,1^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir. 12,5 Bar basınçlı sistemde ise başlangıçta  $20,3^{\circ}\text{C}$  olan soğurucu giriş sıcaklığı deney sonunda  $23,3^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir. Son olarak 10 Bar çalışma basıncına sahip sistemde soğurucu giriş noktası sıcaklığı başlangıçta  $20^{\circ}\text{C}$  iken deney sonunda  $18^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir. Çözeltilinin su ile soğurulduğu bölüme giriş noktası( $T_9$ ) 15 Bar ve 12,5 Bar basınçlı deneylerde başlangıca göre artış eğilimi gösterirken, 10 Bar basınçlı sistemde sıcaklık azalmıştır.
- Sistemde yer alan soğurucu çıkış noktası ( $T_{10}$ ) sıcaklığı 3 farklı basınç değeri için analiz edilmiştir. Bu analize göre; 15 bar basınç ile çalışan sistemde soğurucu çıkış noktası sıcaklığı  $20,3^{\circ}\text{C}$  iken deney sonunda  $27,3^{\circ}\text{C}$ 'ye, 12,5 Bar basınçlı sistem için aynı nokta başlangıçta  $20,3^{\circ}\text{C}$  iken deney sonunda  $24,8^{\circ}\text{C}$ 'ye ve son

olarak 10 bar basınçlı sistem için aynı nokta başlangıçta 20°C sıcaklığında iken deney sonunda 19,4°C olarak kaydedilmiştir. Bu nokta için 3 deney sonucuna bakıldığında başlangıca göre; 15 Bar ve 12,5 Bar basınçlı deneylerde sıcaklık artışı, 10 Bar basınçlı deneylerde ise sıcaklık azalışı görülmektedir.

## 6.2. ÖNERİLER

Yayımlı soğurmalı soğutma sistemi üzerinde yapılan çalışmada, farklı çalışma basıncı değerlerinin kaynatıcı sıcaklığı üzerindeki etkisi deneysel ve teorik olarak incelenmiştir. Bütün bu açıklamalar ile sistemlerin tasarım, imalat, dolun aşamalarından, deney sonuçlarından ve termodinamik hesaplamalardan elde edilen sonuçlara göre aşağıdaki öneriler dikkate alınabilir.

- Yayımlı 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 boyutları daha büyük cihazların tasarım ve imalatı ile minibar olarak kullanılan bu cihazlar mutfaklarda da yerini alabilir.
- Her tip soğutucuda olduğu gibi yayımlı soğurmalı soğutma sisteminde de yoğuşurucu bölgesinden ne kadar iyi ısı çekilirse soğutma o kadar iyi olmaktadır. Bu sistemlerde ayrıca soğurucu kısmından da ısı atılması gerekmektedir. Bu bağlamda soğurucu bölgesinden ısı atışı için fan kullanımı gerçekleştirilebilir.
- Sistem sadece jeneratör bölgesinden alarak ve yerçekimi yardımı ile çevrimini tamamladığı için farklı ısı kaynakları kullanılabilir.
- Sistemin çalışabilmesi için gerekli olan basınç 10 Bar'ın altına düşmemelidir.

## KAYNAKLAR

1. Özkol, N., “Uygulamalı soğutma tekniği”, *TMMOB MMO Yayını, Y. No:115*, Ankara, 75-92 (1999).
2. Althouse, A. D., Turnquist C. H., and Bracciano A. F., “Modern refrigerator and air conditioning”, *The Goodheart-Willcox Company*, 611-632 (1988).
3. Platen, B. C. and Munters, C. G., “Refrigerator”, *U.S. Patent* 1685764 (1928).
4. A. Zohar, M. Jelinek, A. Levy and I. Borde, “The influence of diffusion absorption refrigeration cycle configuration on the performance”, *Applied Thermal Engineering*, 27 (13): 2213-2219 (2007).
5. Arslan, M. E. ve Eğrican, A. N., “Buzdolabı Uygulamasında Kullanılan Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Termodinamik Analizi”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, (83): 53-63 (2004)
6. 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).
7. 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).
8. 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 workin fluids”, *18th International Congress of Mechanical Engineering*, 1-8 (2005).
9. 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).
10. Sriksirin, P. and Aphornratana, S., “Investigation of a diffusion absorption refrigeration”, *Applied Thermal Engineering*, 22 (11): 1181-1193 (2002).
11. Özbaş, E., “Yayınımlı soğurmalı soğutma sistemi tasarımı, imali, deneysel ve teorik analizi ile performans iyileştirilmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 104-109 (2010).

12. 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).
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. 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).
15. 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).
16. Sözen, A., “Effect of heat exchangers on performance of absorption refrigeration systems”, *Energy Conversion & Management*, 42 (14): 1699-1716 (2001).
17. Sözen, A., Arcaklıoğlu, E., Özalp, M. ve Yücesu, S., “Performance parameters of an ejektor-absorption heat transformer”, *Applied Energy*, 80 (3): 273-289 (2005).
18. 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).
19. 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).
20. 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).
21. Yamankaradeniz, R., Horuz, İ., Kaynaklı, Ö. ve Çoşkun, S., Yamankaradeniz, N., “Soğutma tekniği ve ısı pompası uygulamaları”, *DORA Yayıncılık*, 283-286 (2009).
22. Lindborg, A., Çeviren: Uzman, A. ve Türköz, G., “Amonyak ve amonyağın soğutucu olarak itibarı”, Termodinamik, *Doğa Yayın*, 40-50 (2008).
23. Calm, J. M., “Refrigerant Safety”, *ASHRAE Journal*, 17-26, (1994).
24. Calm, J. M., “The Four R’s, Responsible Responses to Refrigerant Regulation”, *Engineered Systems*, 20 (10): 66-80 (2003).
25. 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*, 32-38 , (2004).
26. 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).
27. Ilgar, R., “Dünya su yönetimi ve su eğitimi”, 1. Uluslararası Türkiye Eğitim Araştırmaları Kongre Kitabı, 1-22 (2009).
28. Tarihten Sayfalar, “Doğada su”, *National Geographic*, 164 (2007).
29. Yamankaradeniz, R., Horuz, İ. ve Çoşkun, S., “Soğutma tekniği ve uygulamaları”, *VİPAŞ A.Ş.*, 14-16 (2002).
30. Eastop, T. D. and Watson, W. E., “Mechanical services for buildings”, *Longman Scientific & Technical*, 375–376 (1992).
31. Ziegler, B. and Trepp, C., “Equation of state for ammonia-water mixtures”, *International Journal of Refrigeration*, 7: 101-106 (1984).
32. “Temel Kimya” *T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları* 672, 99-101 (1996).
33. Granryd, E. and Palm, B., “Refrigerating engineering”, *Royal Institute of Technology*, Stockholm, 3-4 (2005).

## **ÖZGEÇMİŞ**

Doğu ÇAMUR 1984 yılında Tirebolu’da doğdu; ilköğretimini aynı ilçede tamamladı. Görele Anadolu Lisesi’nin Sayısal Bölümü’nden mezun oldu. 2004 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Öğretmenliği programında öğrenime başlayıp 2008 yılında iyi derece ile mezun oldu. 2009 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Bölümü’nde başlamış olduğu yüksek lisans programına devam etmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres: Yeniköy mah. Sağlık sok. No:4 Tirebolu / GİRESUN

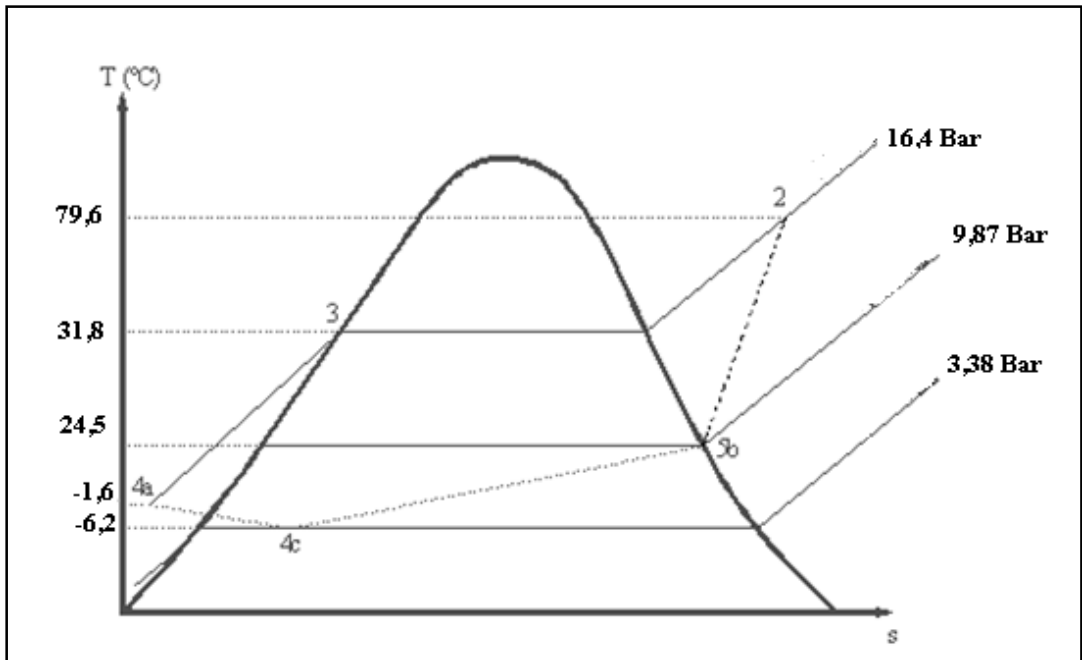
Tel: (536) 343 4573

E-posta: dogucamur@gmail.com

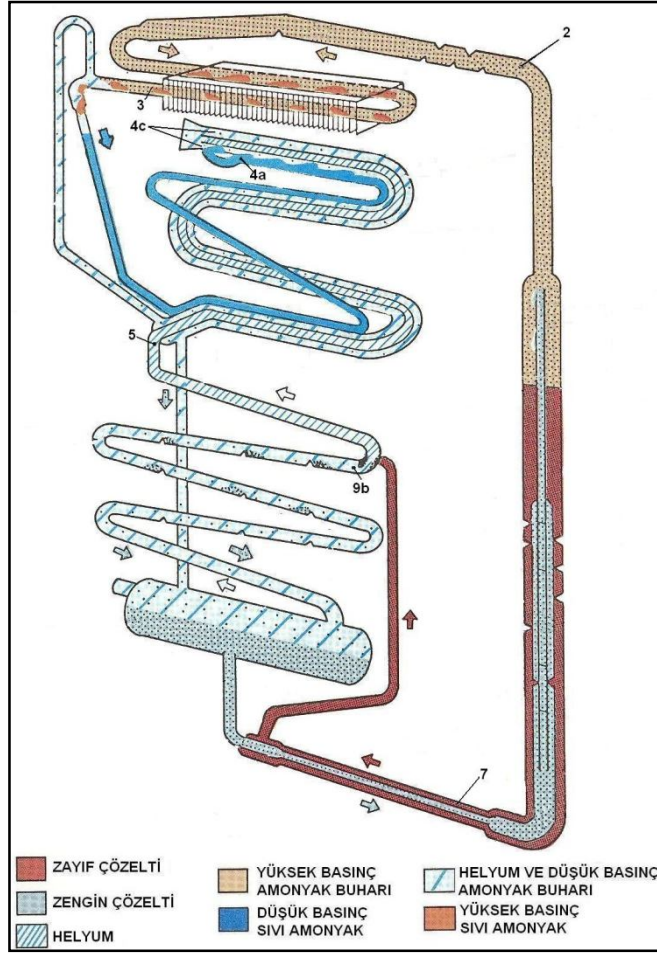
**EK AÇIKLAMALAR A.**

**CİHAZLARIN ŞEMALARI İLE T-S DİYAGRAMI**





Şekil EK A.1. T-s diyagramı.



Şekil EK A.2. Cihazın şeması.

**EK AÇIKLAMALAR B.**

**15 BAR BASINÇLI SİSTEMİN DENEY SONUÇLARI**

Çizelge EK B.1. 0-70.Dakikalar için deney sonuçları.

| Zaman | 0    | 5    | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    |
|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T1a   | 20,2 | 32,1 | 114,2 | 164,8 | 175,8 | 178,0 | 179,1 |
| T1c   | 20,3 | 39,3 | 75,3  | 102,8 | 105,6 | 112,3 | 116,1 |
| T7    | 20,2 | 26,6 | 37,5  | 50,1  | 51,8  | 56,6  | 60,8  |
| T2    | 20,2 | 24,1 | 25,9  | 36,6  | 60,2  | 68,8  | 72,0  |
| T3    | 20,3 | 21,4 | 23,1  | 24,8  | 26,4  | 28,4  | 29,2  |
| T4a   | 20,3 | 20,7 | 20,8  | 21,0  | 21,2  | 11,6  | 3,8   |
| T4c   | 20,2 | 20,2 | 20,5  | 20,6  | 20,9  | 10,4  | 1,0   |
| T5b   | 20,3 | 20,8 | 22,2  | 22,6  | 22,8  | 23,3  | 23,5  |
| T9    | 20,3 | 20,9 | 22,1  | 22,8  | 23,0  | 23,4  | 23,9  |
| T10   | 20,3 | 21,0 | 22,3  | 22,7  | 22,8  | 23,2  | 24,0  |
| P2    | 15,0 | 15,2 | 15,4  | 15,7  | 15,9  | 16,1  | 16,2  |

| 35    | 40    | 45    | 50    | 55    | 60    | 65    | 70    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 179,8 | 180,2 | 180,5 | 180,9 | 181,2 | 181,2 | 181,5 | 181,8 |
| 117,0 | 116,8 | 116,4 | 116,3 | 116,3 | 116,4 | 116,5 | 116,7 |
| 61,2  | 61,1  | 61,2  | 61,7  | 61,7  | 61,5  | 61,7  | 61,7  |
| 74,3  | 75,7  | 76,0  | 76,6  | 76,8  | 76,8  | 77,2  | 76,6  |
| 29,4  | 29,9  | 29,8  | 30,2  | 30,2  | 30,3  | 30,5  | 31,3  |
| 1,5   | 0,5   | 0,1   | -0,1  | -0,2  | -0,3  | -0,4  | -0,6  |
| -1,8  | -3,1  | -3,6  | -4,0  | -4,3  | -4,3  | -4,5  | -4,7  |
| 23,7  | 24,0  | 24,0  | 24,2  | 24,3  | 24,3  | 24,4  | 24,2  |
| 24,2  | 24,7  | 24,8  | 25,0  | 25,1  | 25,0  | 25,0  | 24,9  |
| 24,6  | 25,4  | 25,8  | 26,2  | 26,6  | 26,7  | 26,8  | 26,8  |
| 16,2  | 16,2  | 16,2  | 16,2  | 16,3  | 16,3  | 16,3  | 16,3  |

Çizelge EK B.2. 75-150.Dakikalar için deney sonuçları.

| <b>75</b> | <b>80</b> | <b>85</b> | <b>90</b> | <b>95</b> | <b>100</b> | <b>105</b> | <b>110</b> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 181,5     | 181,5     | 181,5     | 182,2     | 182,2     | 182,1      | 182,1      | 182,5      |
| 117,2     | 117,4     | 117,5     | 117,4     | 117,8     | 117,9      | 117,8      | 117,8      |
| 62,0      | 62,1      | 62,1      | 62,1      | 62,5      | 62,4       | 62,6       | 62,8       |
| 74,5      | 74,4      | 73,6      | 72,8      | 73,8      | 74,3       | 74,7       | 74,6       |
| 31,6      | 31,7      | 31,7      | 31,8      | 31,7      | 32,0       | 32,3       | 32,6       |
| -0,3      | -0,3      | -0,8      | -1,2      | -1,7      | -1,7       | -2,0       | -2,1       |
| -4,7      | -4,7      | -5,1      | -5,6      | -6,1      | -6,3       | -6,5       | -6,7       |
| 24,2      | 24,2      | 24,2      | 24,2      | 24,2      | 24,4       | 24,5       | 24,7       |
| 24,9      | 24,9      | 25,0      | 24,9      | 24,9      | 25,0       | 25,2       | 25,5       |
| 27,0      | 27,1      | 27,3      | 27,4      | 27,4      | 27,5       | 27,8       | 28,0       |
| 16,3      | 16,3      | 16,3      | 16,3      | 16,3      | 16,3       | 16,3       | 16,3       |

| <b>115</b> | <b>120</b> | <b>125</b> | <b>130</b> | <b>135</b> | <b>140</b> | <b>145</b> | <b>150</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 183,9      | 184,0      | 183,8      | 184,0      | 184,2      | 184,9      | 183,8      | 184,1      |
| 117,8      | 118,2      | 118,2      | 118,0      | 117,7      | 117,7      | 117,8      | 117,6      |
| 62,9       | 63,0       | 62,8       | 63,0       | 62,8       | 62,8       | 62,7       | 62,7       |
| 75,1       | 75,7       | 75,7       | 75,1       | 74,8       | 73,8       | 74,6       | 74,1       |
| 32,7       | 32,7       | 32,2       | 31,8       | 31,6       | 31,2       | 31,5       | 31,4       |
| -2,1       | -2,1       | -2,1       | -2,3       | -2,0       | -1,7       | -1,5       | -1,5       |
| -6,7       | -6,7       | -6,7       | -6,8       | -6,4       | -6,0       | -5,9       | -5,8       |
| 24,8       | 25,1       | 25,0       | 25,0       | 24,8       | 24,7       | 24,5       | 24,5       |
| 25,7       | 25,8       | 25,7       | 25,5       | 25,5       | 25,3       | 25,2       | 25,3       |
| 27,9       | 27,9       | 27,8       | 27,8       | 27,6       | 27,4       | 27,3       | 27,3       |
| 16,4       | 16,4       | 16,4       | 16,4       | 16,4       | 16,3       | 16,4       | 16,3       |

Çizelge EK B.3. 115-180.Dakikalar için deney sonuçları.

| <b>155</b> | <b>160</b> | <b>165</b> | <b>170</b> | <b>175</b> | <b>180</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 184,4      | 185,0      | 185,4      | 185,8      | 186,1      | 186,4      |
| 117,5      | 117,8      | 118,5      | 118,5      | 118,7      | 118,8      |
| 62,7       | 62,3       | 62,8       | 62,6       | 62,8       | 62,7       |
| 75,1       | 77,1       | 77,7       | 78,2       | 79,3       | 79,6       |
| 31,4       | 31,7       | 31,9       | 31,8       | 31,9       | 31,8       |
| -1,4       | -1,4       | -1,5       | -1,5       | -1,6       | -1,6       |
| -5,7       | -5,8       | -6,0       | -6,1       | -6,2       | -6,2       |
| 24,5       | 24,5       | 24,5       | 24,5       | 24,5       | 24,5       |
| 25,3       | 25,2       | 25,1       | 25,1       | 25,1       | 25,1       |
| 27,2       | 27,2       | 27,3       | 27,2       | 27,2       | 27,3       |
| 16,4       | 16,4       | 16,4       | 16,4       | 16,4       | 16,4       |

**EK AÇIKLAMALAR C.**

**12,5 BAR BASINÇLI SİSTEMİN DENEY SONUÇLARI**

Çizelge EK C.1. 0-110.Dakikalar için deney sonuçları.

| Zaman | 0    | 5    | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    |
|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T1a   | 20,3 | 45,7 | 142,4 | 170,1 | 179,0 | 180,7 | 181,4 |
| T1c   | 20,3 | 42,5 | 82,7  | 102,7 | 112,7 | 115,7 | 117,3 |
| T7    | 20,2 | 27,0 | 39,7  | 48,0  | 54,0  | 56,9  | 58,5  |
| T2    | 20,2 | 24,0 | 28,2  | 53,0  | 76,8  | 84,5  | 87,8  |
| T3    | 20,3 | 22,3 | 24,7  | 27,0  | 28,3  | 28,5  | 29,4  |
| T4a   | 20,3 | 20,8 | 21,5  | 21,9  | 22,5  | 10,6  | 6,0   |
| T4c   | 20,3 | 20,7 | 21,8  | 22,1  | 22,9  | 10,4  | 5,0   |
| T5b   | 20,2 | 21,0 | 21,8  | 22,8  | 23,8  | 23,8  | 23,8  |
| T9    | 20,3 | 20,9 | 21,9  | 22,9  | 23,7  | 23,3  | 23,6  |
| T10   | 20,3 | 20,8 | 22,0  | 22,8  | 23,8  | 23,9  | 24,1  |
| P2    | 12,5 | 12,7 | 12,8  | 13,0  | 13,1  | 13,2  | 13,3  |

| 35     | 40     | 45     | 50    | 55     | 60     | 65     | 70     |
|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 181,3  | 181,4  | 181,5  | 181,4 | 181,3  | 181,3  | 181,4  | 181,2  |
| 23,4   | 23     | 22,8   | 22,6  | 22,3   | 22,2   | 22     | 21,8   |
| 89     | 89,8   | 89,5   | 90,1  | 90,6   | 90,7   | 90,1   | 90,5   |
| 59,7   | 60,4   | 60,5   | 60,6  | 60,6   | 61     | 60,9   | 61     |
| 118,2  | 118,5  | 118,8  | 118,8 | 119,1  | 119,2  | 119    | 119    |
| 2,4    | 1      | -0,5   | -1,3  | -2,1   | -3     | -3,1   | -3,5   |
| 4      | 2,6    | 1,4    | 1     | 0,3    | -0,1   | -0,3   | -0,6   |
| 12,581 | 12,582 | 12,581 | 12,58 | 12,584 | 12,586 | 12,582 | 12,582 |
| 30,1   | 30,3   | 30,6   | 30,8  | 31,1   | 31,2   | 31,2   | 31,3   |
| 23,8   | 23,8   | 23,8   | 23,7  | 23,7   | 23,7   | 23,7   | 23,7   |
| 23,8   | 23,9   | 24     | 24    | 24,1   | 24,1   | 24,1   | 24,1   |

| 75     | 80     | 85     | 90     | 95     | 100    | 105    | 110    |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 181,4  | 181,3  | 181,4  | 181,3  | 181,3  | 181,3  | 181,2  | 181,3  |
| 21,7   | 21,5   | 21,3   | 21,2   | 21,1   | 21     | 20,9   | 20,9   |
| 90,2   | 90,4   | 88,7   | 87,2   | 86,1   | 86,2   | 85,7   | 85,9   |
| 61,1   | 60,7   | 60,7   | 60,9   | 60,8   | 60,9   | 61     | 61     |
| 119    | 118,8  | 118,7  | 118,5  | 118,4  | 118,2  | 118,3  | 118,4  |
| -3,9   | -4,1   | -4,3   | -4,1   | -3,6   | -3,5   | -3,5   | -3,6   |
| -0,9   | -1,1   | -1,2   | -1,2   | -1     | -0,9   | -1     | -1     |
| 12,578 | 12,575 | 12,567 | 12,544 | 12,533 | 12,532 | 12,527 | 12,527 |
| 31,2   | 31,2   | 31,1   | 30,6   | 30,4   | 30,3   | 30,2   | 30,1   |
| 23,6   | 23,6   | 23,7   | 23,5   | 23,3   | 23,2   | 23,1   | 23,2   |
| 24,1   | 24,1   | 24,1   | 24     | 23,9   | 23,8   | 23,8   | 23,6   |



Çizelge EK C.2. 115-180.Dakikalar için deney sonuçları.

| <b>115</b> | <b>120</b> | <b>125</b> | <b>130</b> | <b>135</b> | <b>140</b> | <b>145</b> | <b>150</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 181,2      | 181,1      | 181,1      | 181,2      | 181,2      | 181,3      | 181,3      | 181,4      |
| 20,8       | 20,8       | 20,7       | 20,7       | 20,5       | 20,6       | 20,5       | 20,5       |
| 85,6       | 85         | 85,3       | 84,5       | 85         | 84,9       | 85,3       | 85,6       |
| 60,9       | 61,1       | 61         | 61,1       | 60,8       | 61         | 60,9       | 60,8       |
| 118,2      | 118,2      | 118,2      | 118,1      | 118,1      | 118,1      | 118,1      | 118,1      |
| -3,5       | -3,5       | -3,5       | -3,6       | -3,5       | -3,6       | -3,7       | -4,1       |
| -1         | -1         | -1         | -1,1       | -1         | -1         | -1         | -1,1       |
| 12,524     | 12,52      | 12,516     | 12,515     | 12,51      | 12,515     | 12,515     | 12,513     |
| 30,1       | 30         | 29,9       | 29,9       | 29,8       | 29,8       | 29,8       | 29,7       |
| 23,2       | 23,1       | 23,1       | 23,1       | 23,1       | 23,1       | 23,1       | 23         |
| 23,8       | 23,7       | 23,5       | 23,6       | 23,5       | 23,5       | 23,5       | 23,4       |

| <b>155</b> | <b>160</b> | <b>165</b> | <b>170</b> | <b>175</b> | <b>180</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 181,3      | 181,4      | 181,2      | 181,4      | 181,3      | 181,4      |
| 20,4       | 20,4       | 20,3       | 20,2       | 20,1       | 20,2       |
| 85,1       | 84,9       | 85,1       | 84,8       | 84,8       | 86         |
| 60,8       | 60,9       | 60,9       | 60,7       | 60,8       | 60,9       |
| 118,1      | 118        | 117,8      | 118        | 117,8      | 118,1      |
| -4,1       | -4,2       | -4,1       | -4,4       | -4,3       | -4,3       |
| -1,1       | -1,3       | -1,3       | -1,5       | -1,4       | -1,4       |
| 12,509     | 12,511     | 12,509     | 12,51      | 12,504     | 12,507     |
| 29,8       | 29,6       | 29,8       | 29,6       | 29,6       | 29,6       |
| 23         | 22,9       | 23         | 23         | 23         | 23         |
| 23,4       | 23,4       | 23,4       | 23,4       | 23,4       | 23,3       |

**EK AÇIKLAMALAR D.**

**10 BAR BASINÇLI SİSTEMİN DENEY SONUÇLARI**

Çizelge EK D.1. 0-110.Dakikalar için deney sonuçları.

| Zaman | 0    | 5    | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    |
|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T1a   | 20,0 | 46,4 | 135,5 | 167,3 | 174,0 | 172,2 | 177,8 |
| T1c   | 20,2 | 75,4 | 150,9 | 173,8 | 180,2 | 179,5 | 180,4 |
| T7    | 20,0 | 31,2 | 62,6  | 75,4  | 78,6  | 79,6  | 79,4  |
| T2    | 20,1 | 20,4 | 20,8  | 36,6  | 65,5  | 73,8  | 79,9  |
| T3    | 20,2 | 20,2 | 20,4  | 20,4  | 20,8  | 20,8  | 21,0  |
| T4a   | 20,0 | 20,0 | 20,2  | 19,0  | 18,0  | 17,3  | 17,6  |
| T4c   | 20,2 | 20,0 | 20,1  | 18,9  | 18,5  | 17,4  | 17,6  |
| T5b   | 20,2 | 20,0 | 20,2  | 19,0  | 18,4  | 17,4  | 18,0  |
| T9    | 20,0 | 20,1 | 20,1  | 19,3  | 18,5  | 18,0  | 17,6  |
| T10   | 20,0 | 20,1 | 20,0  | 19,2  | 18,7  | 18,1  | 18,0  |
| P2    | 10,0 | 10,1 | 10,3  | 10,7  | 10,9  | 11,0  | 11,1  |

| 35    | 40    | 45    | 50    | 55    | 60    | 65    | 70    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 180,6 | 179,6 | 178,5 | 178,8 | 172,8 | 173,4 | 175,0 | 181,2 |
| 179,3 | 179,8 | 180,4 | 180,1 | 178,5 | 173,8 | 171,2 | 143,2 |
| 79,5  | 78,8  | 78,4  | 78,4  | 76,7  | 74,6  | 73,1  | 67,2  |
| 82,8  | 83,0  | 83,2  | 83,2  | 79,4  | 78,3  | 78,2  | 95,2  |
| 21,7  | 21,8  | 22,1  | 22,2  | 22,3  | 22,2  | 22,1  | 22,7  |
| 18,0  | 18,1  | 17,4  | 11,5  | 7,8   | 6,3   | 4,8   | 3,5   |
| 17,8  | 18,0  | 17,4  | 10,5  | 6,8   | 5,2   | 3,8   | 2,1   |
| 18,2  | 18,2  | 18,3  | 19,2  | 19,0  | 19,0  | 18,9  | 18,8  |
| 17,7  | 17,7  | 17,8  | 18,0  | 18,3  | 18,4  | 18,5  | 18,6  |
| 18,0  | 18,1  | 18,2  | 18,3  | 19,0  | 19,0  | 19,2  | 19,4  |
| 11,1  | 11,1  | 11,2  | 11,4  | 11,4  | 11,5  | 11,5  | 11,7  |

| 75    | 80    | 85    | 90    | 95    | 100   | 105   | 110   |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 182,0 | 181,1 | 182,0 | 184,1 | 184,6 | 184,3 | 183,3 | 182,6 |
| 124,1 | 118,0 | 115,5 | 115,4 | 115,3 | 115,0 | 122,0 | 123,5 |
| 61,2  | 57,0  | 54,6  | 54,0  | 53,5  | 53,3  | 57,1  | 59,1  |
| 100,8 | 96,0  | 90,2  | 89,6  | 89,2  | 87,7  | 90,8  | 91,8  |
| 23,7  | 24,0  | 23,9  | 23,8  | 23,6  | 23,2  | 23,4  | 23,7  |
| 1,8   | 1,0   | 0,4   | 0,1   | 0,0   | 0,1   | -1,6  | -3,0  |
| 0,0   | -1,2  | -2,0  | -2,3  | -2,3  | -2,1  | -4,0  | -5,1  |
| 18,8  | 18,8  | 18,7  | 18,7  | 18,6  | 18,5  | 18,0  | 17,5  |
| 18,7  | 18,8  | 19,0  | 19,0  | 19,0  | 18,9  | 17,5  | 17,2  |
| 19,7  | 20,1  | 20,4  | 20,5  | 20,7  | 20,7  | 20,9  | 20,3  |
| 11,9  | 12,0  | 12,1  | 12,2  | 12,3  | 12,3  | 12,2  | 12,0  |

Çizelge EK D.2. 115-180.Dakikalar için deney sonuçları.

| <b>115</b> | <b>120</b> | <b>125</b> | <b>130</b> | <b>135</b> | <b>140</b> | <b>145</b> | <b>150</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 182,1      | 181,6      | 181,3      | 181,1      | 181,0      | 180,8      | 180,6      | 180,5      |
| 123,9      | 124,0      | 123,9      | 123,7      | 123,7      | 123,6      | 123,3      | 123,4      |
| 60,0       | 60,2       | 60,3       | 60,1       | 60,0       | 59,8       | 59,7       | 59,5       |
| 92,4       | 93,1       | 93,0       | 93,3       | 93,6       | 93,7       | 93,8       | 94,0       |
| 24,0       | 24,1       | 24,2       | 24,2       | 24,2       | 24,2       | 24,2       | 24,2       |
| -3,8       | -4,4       | -4,7       | -4,9       | -5,1       | -5,2       | -5,3       | -5,3       |
| -6,0       | -6,5       | -6,8       | -7,1       | -7,3       | -7,3       | -7,6       | -7,5       |
| 17,5       | 17,6       | 17,6       | 17,7       | 17,7       | 17,8       | 17,8       | 17,7       |
| 17,5       | 17,7       | 17,8       | 18,0       | 18,0       | 18,1       | 18,1       | 18,1       |
| 20,0       | 19,8       | 19,5       | 19,5       | 19,5       | 19,5       | 19,5       | 19,5       |
| 11,8       | 11,7       | 11,6       | 11,5       | 11,5       | 11,4       | 11,4       | 11,3       |

| <b>155</b> | <b>160</b> | <b>165</b> | <b>170</b> | <b>175</b> | <b>180</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 180,3      | 180,1      | 180,1      | 179,9      | 179,8      | 179,8      |
| 123,0      | 123,0      | 122,9      | 122,7      | 122,6      | 122,5      |
| 59,5       | 59,4       | 59,4       | 59,2       | 59,1       | 59,1       |
| 93,8       | 93,6       | 94,0       | 93,6       | 93,6       | 93,2       |
| 24,1       | 24,2       | 24,2       | 24,2       | 24,1       | 24,1       |
| -5,5       | -5,4       | -5,5       | -5,6       | -5,6       | -5,6       |
| -7,6       | -7,6       | -7,8       | -7,8       | -7,9       | -8,0       |
| 17,7       | 17,7       | 17,7       | 17,7       | 17,6       | 17,6       |
| 18,0       | 18,1       | 18,1       | 18,1       | 18,0       | 18,0       |
| 19,4       | 19,4       | 19,4       | 19,4       | 19,4       | 19,4       |
| 11,3       | 11,2       | 11,2       | 11,2       | 11,1       | 11,1       |

**EK AÇIKLAMALAR E.**

**DENEYLERDE KULLANILAN BASINÇÖLÇERİN TEKNİK**

**ÖZELLİKLERİ**



**INTRINSICALLY SAFE PRESSURE TRANSMITTERS**  
FOR HAZARDOUS APPLICATIONS



**SERIES 23 (S) Ei**  
**SERIES 25 (S) Ei, 26 Ei**

Series 23 (S) Ei, 25 (S) Ei and 26 Ei pressure transmitters are all ATEX approved for use in Hazardous Areas where there is a high risk of explosion.

**Series 23 Ei / 26 Ei**

The Series 23 Ei / 26 Ei achieve high stability (especially in low pressure ranges) with large piezoresistive capsules and stress-free, floating mountings with O-rings.

Series 23 Ei



**Series 23 S Ei / 25 Ei / 25 S Ei**

The 23 S Ei / 25 Ei / 25 S Ei offer a complete range of „Ported“ and „Flush Diaphragm“ pressure transmitters for ranges of 1bar and above. Still giving high stability and accuracy but without any internal O-rings. This is achieved using either an all welded 316L stainless steel housing and diaphragm or an all welded 316L housing fitted with a brazed Nickel diaphragm.

Series 25 Ei



**- A complete range**

Absolute, barometric, gauge (positive and negative).  
16 nominal pressure ranges. Current or voltage output.

**- Flexibility**

A modular concept is used, with fast and economical production achieved by using off-the-shelf sensors. Numerous options and variations are available to meet customers' specific requirements: Pressure ranges, mechanical- and electrical interface, process- and plug connection, signal outputs etc.

Series 23 S Ei



**- Reliability / Quality**

Each transmitter is subjected to severe test- and calibration procedures. Transmitters are manufactured and tested according to ISO 9001 / EN 29001.

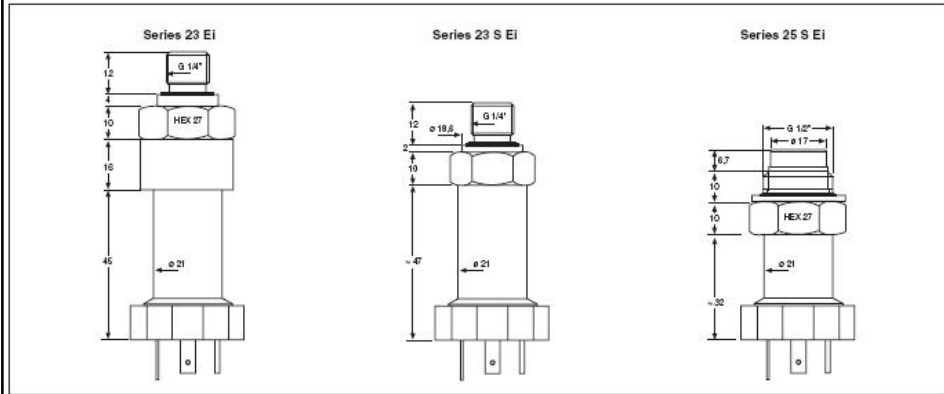
Series 25 S Ei



Classification:



Series 26 Ei



Subject to alterations

12/06

|                                      |                       |                    |                             |                             |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| KELLER AG für Druckmesstechnik       | St. Gallerstrasse 119 | CH-8404 Winterthur | Tel. +41 (0)52 - 235 25 25  | Fax +41 (0)52 - 235 25 00   |
| KELLER Ges. für Druckmesstechnik mbH | Schwarzwaldstrasse 17 | D-79798 Jestetten  | Tel. +49 (0)7745 - 9214 - 0 | Fax +49 (0)7745 - 9214 - 60 |

Companies approved to ISO 9001:2000

www.keller-druck.com

Şekil EK E.1. Deneyleerde kullanılan basınçölçerlerin teknik özellikleri.

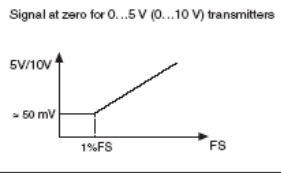


# KELLER

## Specifications

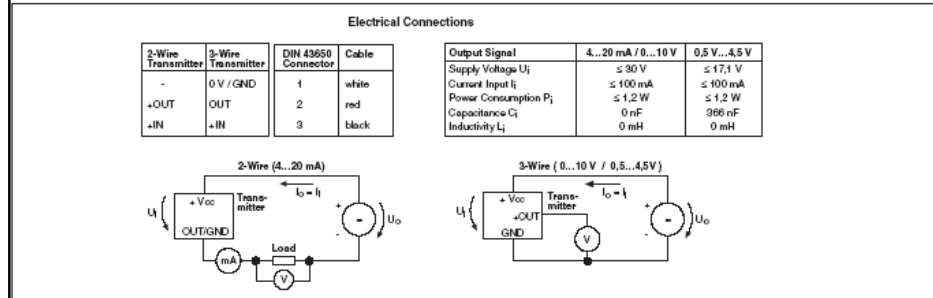
|   | Pressure Ranges (FS) in Bar   |      |      |     |     |  |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
|---|---|------|------|-----|-----|--|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| PR/PAA-23 Ei, PR/PAA-25 Ei / 26 Ei                    | -1  | -0,5 | -0,3 | 0,3 | 0,5 | 1  | 2 | 5  | 10 | 20 |     |     |     |     |     |      |
| PR/PAA-23 S Ei, PR/PAA-25 S Ei                        |   |      |      |     |     |  | 2 | 5  | 10 | 20 |     |     |     |     |     |      |
| PA-23 Ei, PA-25 Ei                                    |   |      |      |     |     | 1  | 2 | 5  | 10 | 20 | 50  | 100 | 200 | 400 | 600 | 1000 |
| PA-23 S Ei  |   |      |      |     |     |  | 2 | 5  | 10 | 20 | 50  | 100 | 200 |     |     |      |
| PA-25 S Ei  |   |      |      |     |     |  | 2 | 5  | 10 | 20 |     |     |     |     |     |      |
| Overpressure  | -1  | -1   | -1   | 2,5 | 2,5 | 3  | 4 | 10 | 20 | 40 | 100 | 200 | 300 | 600 | 900 | 1200 |
| PA: Absolute, Zero at vacuum                          | PR: Sealed Gauge, Zero at atmospheric pressure (at calibration day)               |      |      |     |     | PR: Vented Gauge, Zero at atmospheric pressure |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| Linearity <sup>(1)</sup> + Hysteresis + Repeatability | ± 0,5 %FS   |      |      |     |     | <sup>(1)</sup> best straight line through zero |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| EX-Temperature Classes                                | T6: -40 °C to 70 °C<br>T5: -40 °C to 85 °C<br>T4: -40 °C to 100 °C<br>-10...80 °C |      |      |     |     |  |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| Compensated Temperature Range                         |   |      |      |     |     |  |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| Temperature Coefficients...                           | of Zero, in %FS/°C  |      |      |     |     | of Sensitivity                                 |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| - Range > 1 bar                                       | 0,005 typ. 0,01 max.  |      |      |     |     | 0,02 %/°C max.                                 |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| - Range 1 bar   | 0,010 typ. 0,02 max.  |      |      |     |     | 0,02 %/°C max.                                 |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| - Range 0,5 bar                                       | 0,015 typ. 0,03 max.  |      |      |     |     | 0,02 %/°C max.                                 |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| - Range 0,3 bar                                       | 0,025 typ. 0,05 max.  |      |      |     |     | 0,02 %/°C max.                                 |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| Stability   |   |      |      |     |     |  |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| - Range > 2 bar                                       | 0,1 %FS typ. 0,2 %FS max.   |      |      |     |     |  |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| - Range ≤ 2 bar                                       | 2 mbar typ. 4 mbar max.   |      |      |     |     |  |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| Signal Output / Type                                  | 4...20 mA / 2-Wire  |      |      |     |     | 0...10 V / 3-Wire                              |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| Supply  | 10...30 VDC   |      |      |     |     | 15...30 VDC                                    |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| Load Resistance (Ω)                                   | (U-10 V) / 0,02 A   |      |      |     |     | > 5 k  |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| Frequency Response                                    | 5 kHz   |      |      |     |     | 1 kHz  |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| Electrical Connector                                  | Plug DIN 43650  |      |      |     |     |  |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| Dead Volume Change                                    | < 0,1 mm <sup>3</sup>   |      |      |     |     |  |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| Material in Media Contact                             | Stainless steel 316L (DIN 1.4435), hard solder                                    |      |      |     |     |  |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| Protection  | IP 65   |      |      |     |     |  |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| Weight (versions with plug)                           | 23 Ei / 25 Ei: ≈ 260 g 23 S Ei / 25 S Ei: ≈ 130 g                                 |      |      |     |     |  |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| Insulation  | > 100 MΩ@50 V   |      |      |     |     |  |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |
| Endurance   | > 10 million cycles 0...100% FS at 25 °C  |      |      |     |     |  |   |    |    |    |     |     |     |     |     |      |

- The transmitters must only be used in combination with certified intrinsically safe equipment!
- The certificate of Series 23 (S) Ei, 25 (S) Ei and 26 Ei is registered under the Nr. LCIE 01 ATEX 6002 X plus appendix at the LCIE in France.



## Options

|                   |   |
|-------------------|---|
| Pressure Port     | On request  |
| Electrical Output | Cable (with reference tube for gauge); protection IP 68                       |
| Pressure Ranges   | Any range between 0,3 and 1000 bar, various units (PSI etc.)                  |
| Oil Filling       | Fluorocarbon oil (O <sub>2</sub> -compatible), olive-oil, low temperature oil |



Subject to alterations 12/06

|                                      |                       |                    |                             |                             |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| KELLER AG für Druckmesstechnik       | St. Gallerstrasse 119 | CH-8404 Winterthur | Tel. +41 (0)52 - 235 25 25  | Fax +41 (0)52 - 235 25 00   |
| KELLER Ges. für Druckmesstechnik mbH | Schwarzwaldstrasse 17 | D-79798 Jestetten  | Tel. +49 (0)7745 - 9214 - 0 | Fax +49 (0)7745 - 9214 - 60 |

Companies approved to ISO 9001:2000 www.keller-druck.com

Şekil EK E.2. Deneyleerde kullanılan basınçölçerin teknik özellikleri.

**EK AÇIKLAMALAR F.**

**DENEYLERDE KULLANILAN VERİ MODÜLÜNÜN ÖZELLİKLERİ**



# ADAM-4500

## PC-based Communication Controller



### Features

- Powerful communication controller in a small package
- Built-in Boot ROM DOS to run PC programs
- Free HWM/HAM memory for user's applications
- 2-wire, multi-drop RS-485 networking
- Communication speed up to 115.2 Kbps
- RS-232/RS-485 modes (jumper selectable)
- Automatic data flow control in RS-485 mode
- Built-in real-time clock and watchdog timer
- Easy mounting on a DIN-rail or panel
- Accepts unregulated power sources between 10 to 30 V<sub>DC</sub>
- Program download cable and utility included

### Introduction

The ADAM-4500 is a fully functional stand-alone controller for industrial automation and control. It provides an ideal environment for controlling PC hardware with a minimal amount of development effort. Its built-in ROM-DOS lets users run standard PC programs or new programs produced by PC language development tools. ROM-DOS is an MS-DOS equivalent operating system allowing you to run all standard PC software.

#### Built-in RS-232/485 COM Ports

The ADAM-4500 has two communication ports (COM1 and COM2). These provide easy communication between the controller and other devices in your applications. COM1 can be configured for RS-232 or RS-485 communication via a jumper setting, while COM 2 is dedicated as an RS-485 port. This design allows the controller to be used in a variety of applications. For example, a user can download an application into the ADAM-4500's on-board Flash memory while the ADAM-4500 is connected to an RS-485 network, then let it control all the modules in the network.

#### Built-in Real-time Clock and Watchdog Timer

The real-time clock in the controller ensures accurate time recording while the system operates. The watchdog timer is designed to automatically reset the CPU if the system fails.

### Specifications

#### Board

- CPU 80188-40
- Flash ROM 256 KB (170 KB free memory for users)
- Operating System Boot HWM/UUS
- Timer BIOS Yes
- SHAM 256 KB (234 KB free memory for users)
- Real-time Clock Yes
- Watchdog Timer Yes
- COM1 RS-232/485
- COM2 RS-485
- Program Download Port(RS-232) Tx, Rx, GND
- Power Requirement Unregulated +10 to +30 V<sub>DC</sub>
- Power Consumption 2.0 W
- Operating Temperature -10 ~ 70°C (14 ~ 158°F)
- Case ABS with captive mounting hardware
- Plug-in Screw Accepts 0.5 mm to 2.5 mm
- Terminal Block 1-#12 or 2-#14 ~ #22 AWG
- Dimensions 60 x 120 mm (2.36" x 4.72")

#### RS-232 Interface

- Signals Tx/D, Rx/D, RTS, CTS, DTR, DSR, DCD, RI, GND
- Mode asynchronous full duplex, point to point
- Transmission Speed Up to 115.2 kbps
- Max Transmission Distance 15.2 meters (50 feet)

#### RS-485 interface

- Signals DATA+, DATA-, GND
- Mode Half duplex, multi-drop
- Transmission Speed Up to 115.2 kbps
- Max Transmission Distance 1200 meters (4000 feet)

#### Software

The ADAM-4500 module provides 170 KB ROM for your downloaded applications and 234 KB HAM for application operation. Its built-in HWM-UUS is an MS-DOS equivalent operating system, which provides all of the basic functions of MS-DOS except BIOS. Application programs written in high level languages such as C or C++ can run under HWM-UUS. Application programs should be converted into 80188 compatible code before being downloaded into the ADAM-4500. The download utility is included with the ADAM-4500.

### Ordering Information

- ADAM-4500 PC-based communication controller

Online Download [www.advantech.com/products](http://www.advantech.com/products)

ADVANTECH

All product specifications are subject to change without notice.

Last updated: 09-11-2005

Şekil EK F.1. Deneylerde kullanılan veri modülünün teknik özellikleri.

**EK AÇIKLAMALAR G.**

**DENEYLERDE KULLANILAN K TİPİ TERMOKUPLUN ÖZELLİKLERİ**

## ELİMKO TERMOKUPL KOMPANZASYON KABLARI KODLAMA

| 1- İletken Kesiti | 2- Tel Tipi                         | 3- Damar Sayısı   | 4- Termokupl Cinsi | 5- İzolasyon           |  |                 |  |   |                    |   |                      |              |  |   |
|-------------------|-------------------------------------|---|--------------------|------------------------|--|-----------------|--|---|--------------------|---|----------------------|--------------|--|---|
| 1.50              | -                                   | Ç   | 2                  | S                      | -  | SCB             |  |   |                    |   |                      |              |  |   |
| 1                 | 2                                   | 3   | 4                  | 5                      |  |                 |  |   |                    |   |                      |              |  |   |
| 1- İletken Kesiti | 0.50, 0.75, 1.50 (mm <sup>2</sup> ) | Kabloların her bir damarı standart kesitlerden biri olabilir. | 2- Tel Tipi        | (T) Tekli<br>(Ç) Çoklu | Tellerin her biri tekli-solid (katı) veya çoklu (fleksibl) olabilir. | 3- Damar Sayısı | 2 iki damarlı<br>4 dört damarlı<br>6 altı damarlı<br>•<br>•<br>• | Tek veya çift elemanlı termokupullarla kullanılabilen çok damarlı kabloların damar sayısı belirtilir. | 4- Termokupl Cinsi | U Cu-const<br>L Fe-const<br>T Cu-const<br>J Fe-const<br>K NiCr-Ni<br>S Pt%Rh-Pt | DIN 43710<br>IEC 584 | 5- İzolasyon | SS Silikon + Silikon<br>SCB Silikon + Cam elyaf + Blendaj<br>CC Cam elyaf + Cam elyaf<br>PP PVC + PVC<br>TT Teflon + Teflon<br>TC Teflon + Cam elyaf<br>SSK Silikon + Silikon (Tel üzeri kalay)<br>CCB Cam elyaf + Cam elyaf + Blendaj<br>TTE Teflon + Teflon (Eleman teli)<br>•<br>•<br>• | DIN standartlarında yer alan DIN 43713 ve DIN 43714 normlarında imal edilen kablolarda izolasyonlar yandaki kodlara uygundur. |

Şekil EK G.1. Deneylerde kullanılan K tipi termokuplun özellikleri.