

T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**EGZOZ GAZI İLE ÇALIŞAN ABSORPSİYONLU SOĞUTMA  
SİSTEMİNİN FRİGORİFİK KASALI TAŞITLARDA  
KULLANIMI**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

**Ezgi BARS**

İstanbul, 2017

T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**EGZOZ GAZI İLE ÇALIŞAN ABSORPSİYONLU SOĞUTMA  
SİSTEMİNİN FRİGORİFİK KASALI TAŞITLARDA  
KULLANIMI**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

**Ezgi BARS**

Öğrenci No:

140793002

Danışman:

Yrd. Doç. Dr. Osman SİMAV

İstanbul,2017

## YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum **“Egzoz Gazı İle Çalışan Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Frigorifik Taşıtlarda Kullanımı”** başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 5 Eylül 2017

**Ezgi BARS**



T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK LİSANS TEZ SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI**

**Beykent Üniversitesi**  
**Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,**

Aşağıda tez adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi 140793002 no'lu Ezgi BARS'ın 05.09.2017 tarihinde yapılan tez savunma sınavı<sup>1</sup> sonucunda 90 dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi hakkında<sup>2</sup> oybirliği ile  **kabul**  kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

---

**Anabilim Dalı** : Makine Mühendisliği

**Programı** : Makine Mühendisliği Programı

**Tez Başlığı<sup>3</sup>** : **EGZOZ GAZI İLE ÇALIŞAN ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİNİN FRİGORİFİK KASALI TAŞITLARDA KULLANIMI**

---

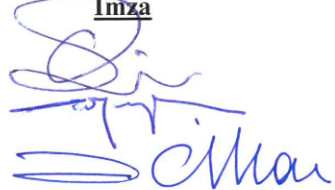
**Tez Sınav Jürisi**

**Öğretim Üyesi**

**Danışman** : Y.Doç.Dr.Osman SİMAV

**Üye** : Prof.Dr.İsmail Cem PARMAKSIZOĞLU

**Üye** : Prof.Dr.Ahmet CİHAN

İmza  


---

<sup>1</sup> Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez savunma sınavına alır. Belirlenen günde yapılamayan jüri toplantısı, katılanların hazırladığı bir tutanakla enstitü yönetimine bildirilir. Bu durumda jüri en geç onbeş gün içinde toplanarak adayı tez savunma sınavına alır. Tez savunma sınav süresi en az 45 dakikadır. Yüksek lisans tez savunma sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru-yanıt bölümlerinden oluşur ve dinleyiciye açıktır. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-3)

<sup>2</sup> Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında "kabul", "düzeltme" veya "red" kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış sınav tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-4)

<sup>3</sup> İleride doğabilecek aksaklıkların engellenmesi için tezin başlığının yazılması gerekmektedir.

## TEŐEKKÜR

Tez çalıőmam sırasında, değerli zamanını ayırarak karőılaőtıęım problemleri aőmam konusunda yardımlarıyla destek olan, çalıőmamı yönlendiren ve kolaylaőtıran, tecrübelerini benden esirgemeyen tez danıőmanım Yrd. Doç. Osman SIMAV'a ve değerli hocalarım Prof. Dr. Ahmet CİHAN ve Doç. Dr. Cüneyt EZGİ'ye en sıkıntılı zamanlarımda desteklerini yanımda hissettiğim babam Ahmet BARS'a ve manevi desteğini esirgemeyen annem Fetiye BARS'a teőekkürlerimi bir borç bilirim.

**Ezgi BARS**



**Adı ve Soyadı** :Ezgi BARS  
**Danışmanı** :Yrd. Doç. Dr. Osman SİMAV  
**Türü ve Tarihi** :Yüksek Lisans, 2017  
**Alanı** :Makine Mühendisliği  
**Anahtar Kelimeler** : Egzoz Gazı, Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi, Frigorifik Taşıtlar

## ÖZ

### EGZOZ GAZI İLE ÇALIŞAN ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİNİN FRİGORİFİK KASALI TAŞITLARDA KULLANIMI

İnsan yaşamının sürdürebirliğini sağlayan besinlerin, fiziksel ve kimyasal reaksiyona uğramadan taşımak en büyük zorunluluklardan birisidir. Konu gıdaları düşük sıcaklıkta muhafaza etmek gereklidir. Gıda ham maddelerinin soğukta saklanma işlemleri 20. Yüzyılda başlamıştır. Besin ve ham maddelerinin frigorifik araçlarla taşınması ise 20. Yüzyılın ortalarında aktif olarak yer almıştır. Düşük sıcaklıklarda soğutma, gıda maddeleri üzerinde biyokimyasal faaliyetleri azalacağından dolayı gıdalar uzun süre bozunmaya uğramadan saklanabilirliği ispatlanmıştır. Besin maddelerinin sağlık faktörlerini kaybetmeden üretim yerlerinden farklı diğer noktalara ulaştırmanın tek yolu soğuk taşımacılıktan geçmektedir. Bu sebep ile frigorifik araçlar üretilmiş ve kullanılmaya başlamıştır. Besinlerin sağlıklı taşınması üzerine yapılan araştırmalar ve projeler sonucunda, teknolojiyi de kullanarak sürekli iyileşme göstermiş, günümüze kadar istenilen sonuca ulaşılmıştır. Frigorifik kasaların yapısını oluşturan bölümlerin, izolasyon yapılarının ve devre elemanlarının tasarımında günden güne daha iyi sonuçlara ulaşılmıştır.

Mekanik soğutma sistemlerinde kullanılan akışkan çiftlerinin atmosfere zarar vermesi ve günümüzdeki var olan enerjinin yeteri kadar olmaması sebebi ile absorpsiyonlu sistemler büyük önem taşımaktadır. Enerji için gereken maliyetin yeterli ölçüde olmaması ve günden güne artış göstermesi sebebi ile önem kazanan absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde kullanılan atık ısıları kullanmak, bu ve benzeri sorunlar için iyi bir optimizasyon oluşturmuştur.

Bu çalışmada, frigorifik araçlarda var olan egzozdan çıkan atık ısının kullanılması ve değerlendirilmesi için Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi ve sistemin kullanılabilirliği incelenmiştir. Çalışma kapsamında, frigorifik kasalı bir aracın soğutma sistemi incelenmiştir.

Bu değerlerden faydalanarak, soğutma kapasitesine uygun absorbsiyonlu sisteminin kullanılacağı sistem için yapılacak olan kaynatıcı, buharlaştırıcı ve yoğuşturucu dizaynları yapılmıştır.



**Name and Surname** : Ezgi BARS

**Supervisor** : Assist. Prof. Dr. Osman SİMAV

**Degree and Date** : Master, 2017

**Major** : Mechanical Engineering

**KeyWords** : Exhaust Gas, Absorption Refrigeration System, Refrigerated Vehicle

## **ABSTRACT**

### **THE USE OF EXHAUST GAS BASED ABSORPTION REFRIGERATION SYSTEM IN REFRIGERATED VEHICLES**

It is a fact that the transportation of foodstuffs in accordance with its procedures is an important issue especially in communal life based cities. It is supposed to conserve and deliver foodstuffs with low temperature. The operations of conserving or freezing foodstuffs and raw stuffs with low temperature have began with the beginning of 20th century while the transportation of them with low temperature based refrigerated vehicles has commercially began with the second half of 20th century. Refrigeration with low temperature enables to majorly reduce the speed of biochemical and microbiological activities on foodstuffs. Therefore, foodstuffs can be healthy conserved during long time. It can be said that refrigerated transport is the best method for delivering foodstuffs from production sites to consumption centers without any loss with regard to its healthy and economic values. For this reason, refrigerated vehicles used in refrigerated transport have been produced and improved. In addition, many research and methods on healthy and economic transportation of foodstuffs develop perpetual with the aid of technology. It can be held that there are much better solutions not only for the structure of construction and isolation of refrigerated vehicles, but also the design of circuit components used in refrigerating system.

Nowadays, the absorption refrigerator is much important because inability of required energy and the damage to the ozone layer of fluid used in mechanics vapor



compression refrigerator system. The refrigerator system becomes much important due to the rise of energy cost. Also, its waste heat helps to reduce the cost.

In this research, the refrigerator system and the availability of itself have been examined in terms of the use of waste heat which comes from exhaust used in refrigerated vehicles. As an example, the refrigerator system of a refrigerated vehicle has been analysed. Using these values, required boiler, vaporizer, design of condenser and number of pipes have been calculated for system that refrigerator system use with appropriate refrigerating capacity.



## İÇİNDEKİLER

ÖZ .....	i
ABSTRACT .....	iii
GİRİŞ.....	1
<b>1. ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMLERİ .....</b>	<b>2</b>
1.1 Absorbsiyon Prosesi .....	2
1.2 Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Çalışma Prensibi .....	2
1.3 Absorbsiyonlu Soğutma Sistemine Ait Temel Elemanlar ve Fonksiyonları .....	3
1.3.1 Kaynatıcı .....	3
1.3.2 Kondenser (Yoğuşturucu) .....	3
1.3.3 Evaporatör (Buharlaştırıcı) .....	4
1.3.4 Absorber.....	5
1.4 Soğutma Sisteminde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar.....	5
1.4.1 Lityum Bromür – H <sub>2</sub> O Eriyiğinin Özellikleri .....	7
1.5. Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Avantajları .....	9
1.6. Soğutma Absorbsiyonlu Sisteminin Dezavantajları .....	9
<b>2.FRİGORİFİK ARAÇLAR .....</b>	<b>10</b>
2.1. Soğuk Taşımacılığın Gelişimi .....	10
2.2.Frigorifik Araçların Teknik Özellikleri .....	12
2.3.Kriyojenik Sıvılar Kullanarak Soğutma .....	13
2.4.Frigorifik Araçların Mekanik Soğutma Sistemi .....	13
2.5.Frigorifik Araçlarda Tahrik Sistemleri ve Çalışma Prensibi .....	14
<b>3. ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ.....</b>	<b>15</b>
3.1 Termodinamiğin Birinci Kanuna Göre Analizi .....	15
<b>4. NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O ÇALIŞAN BİR SİSTEMDE SAYISAL HESAP YÖNTEMİ .....</b>	<b>18</b>
4.1.Mevcut Frigorifik Kasanın Isı Kazancı Hesabı .....	18
4.2 Kasa Yüzeylerinin Alanı .....	19
4.3 Tüm Yüzeyler İçin Isı Kazançları .....	19
4.4. Işınım İle Isı Kazancı.....	21
4.5. A <sub>3</sub> Yüzeyinden Gelen Işınım ile Isı Kazancı .....	22

4.6. İnfiltrasyon Isı Kazancı .....	22
<b>TARTIŞMA VE SONUÇ</b> .....	29
<b>KAYNAKÇA</b> .....	30
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	33



## GİRİŞ

Toplu yaşama alanlarında gıda maddelerinin standartlara uygun ve aynı zamanda sürekli tedarik etmek problem haline gelmiştir. Bu problem; soğutma endüstrisindeki gelişmelere ve yeniliklere dayalı gıda maddelerinin üretim noktalarından, diğer yaşam alanlarına besin değerinin bozulmayacak şekilde temin edilmesiyle oluşan ve oluşabilecek sorunların üstesinden gelinmiştir. Bu amaçla 1946 yılından itibaren frigorifik araç kullanılmaya başlanmıştır.

Bu sistemi oluşturmak için absorpsiyonlu soğutma sistemi incelenmiş ve geliştirilmiştir. Absorpsiyonlu soğutma sistemi Von Platen ve Munters tarafından çalışmalar sonucu ortaya çıkmıştır. Sistemde amonyak-su karışımı kullanılmıştır. Absorpsiyonlu sistemde kullanılan Amonyak için avantaj ve dezavantajlardan bahsedilmiştir.

Teknik hesaplamalar sonucu elde edilen sonuçlara göre absorpsiyonlu soğutma sisteminin temel elemanlarının ısı yükleri ve araçta kapladıkları alanlar hesaplanmıştır. Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde kullanılan kaynatıcılar, temel prensip olarak bir eşanjör (ısı değiştiricisi) olduğundan farklı şekillerde dizayn edilebilmektedir.

Çalışmanın sonucunda, frigorifik araçlarda absorpsiyonlu soğutma sistemi için gerekli atık ısının var olduğuna ve bu ısının değerlendirilip kullanılabilirliği ispatlanmıştır.

## **1. ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMLERİ**

Absorbsiyonlu sistemlerde yer alan akışkanların atmosfere zarar vermemesi, enerji bakımından kullanılacak atık ısıdan ve jeotermal enerjiden faydalanarak absorbsiyonlu sistemi kullanılır hale getirmeyi hedef haline getirmiş ve daha avantajlı konuma getirmiştir. Absorbsiyonlu soğutma sistemi, sıcaklığı 100°C ile 200°C arasında çalışır. Aynı zamanda ekonomik açıdan da avantajlı olan bir sistemdir. Bu sistem üzerinde Von Platen ve Munters tarafından üzerinde düşünülüp , incelenip ve üstüne yapılan çalışmalar sonucu ortaya çıkmıştır. Absorbsiyonlu sistemlerde hareketli parçalar bulunmamaktadır. Birbiriyle bağlantılı iki kap içerisinde soğutucu akışkanlar bulunmaktadır. Soğutucu akışkanın ısı alımı sonucu buharlaşan moleküller diğer kısımda bulunan karışımın soğutmasına yardımcı olmaktadır.

### **1.1 Absorbsiyon Prosesi**

Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde, soğutucu akışkanın diğer akışkan içerisinde soğurulması gereklidir. Buna bağlı olarak absorbsiyonlu sistemler iki farklı madde çifti içerir. Bahsettiğimiz madde çiftlerine örnek olarak lityumbromid-su çiftini verebiliriz. Burada lityumbromid absorban, su ise soğutucudur. Diğer bir örnek ise su-amonyak çiftidir. Burada ise amonyak soğutucu, su ise absorbandır. Absorbsiyonlu soğutmada sistemindeki absorban madde sıvı fazında, diğer soğutucu akışkan ise absorbe edildiğinde gaz fazındadır. Karışımdaki absorban oranı yüksek, soğutucu oranı düşük ise kuvvetli eriyik, absorban oranı düşük, soğutucu oranı yüksek ise zayıf eriyik olarak nitelendirilir.

### **1.2 Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Çalışma Prensipleri**

Akışkan diğer bileşiğin performansına uygun olan soğutucu seçilir. Absorbsiyonlu sistemde yer alan evaporatörde soğutucu akışkan vardır. Absorber ve evaporatör yan yana yer alır ve kuvvetli eriyik içerir. İki kap arasında bulunan buharın kolaylıkla iletişim halinde bulunmaları için birbirine bağlantılı olarak dizayn edilmiştir. Bu kapların basınçları düşüktür. Buharlaştırıcının içerisindeki soğutucu akışkan gaz halini alır. (Arzu Karabulut Kavaklı, 2005,Egzoz Gazı ile Çalışan Soğutma Sisteminin Otobüslerde Kullanımı)Meydana gelen buhar iki kap arasındaki boşlukları doldurabilmektedir. Soğutucu akışkanın daha çok buharlaşmasıyla evaporatördeki basınç sürekli olarak artar ve buna bağlı olarak soğutma etkisi kaybolur. Ancak bu durum absorbanın mekanizması ile önlenir. Absorber, soğutucunun

buharını,düşük basınç sayesinde azalmasına sebep olur. Soğutucu akışkan buharlaştırıcıdaki boruların içerisinde içerisinde sirkülasyonu sağlayan suyu soğutmak için kullanılır. Soğutucu akışkan evaporatör üzerindeki boruların üzerine nozullarla püskürtülmektedir.

Sistemin sürekliliği için soğutucu akışkan birden fazla kullanılır. Sistemde jeneratör bu sebeple kullanılır. Zayıf eriyik jeneratöre gönderilir. Eriğiye ısı verilir ve soğutucu akışkanın kaynayıp buharlaştırılarak bağımsızlığı ilan eder. Meydana gelen kuvvetli eriyik absorben olur. Bu işlemler sonrasında oluşan soğutucu akışkan buharı ortama verilir. Soğutucu akışkan buharı kaynatıcıyı ve kondenseri kaplar. Bu sırada kondenserde bulunan borularda su dolaşmaktadır. Suyun sıcaklığı, kondenser basıncındaki yoğuşma sıcaklığından düşüktür. Buna bağlı olarak soğutucu akışkan buharı yoğuşarak sıvı hale gelir ve kondensere gider.

### **1.3 Absorbsiyonlu Soğutma Sistemine Ait Temel Elemanlar ve Fonksiyonları**

Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde kullanılan temel elemanlar, özellikleri ve çalışma sistemleri aşağıda yer almaktadır. (Ali Güngör, Absorpsiyonlu ve Adsorpsiyonlu İklimlendirme Sistemleri Performans Değerlendirmesi, 2007)

#### **1.3.1 Kaynatıcı**

İç içe konumlandırılmış iki borudan meydana gelmiştir. Borunun iç tarafında bulunan kısmında NH<sub>3</sub>-Su karışımı yer alır. Ayrışan su buharı, kondensere gelir ve karışıma ısı geçişi sağlanır. Bu sırada çevreye de ısı geçişi olmaktadır.

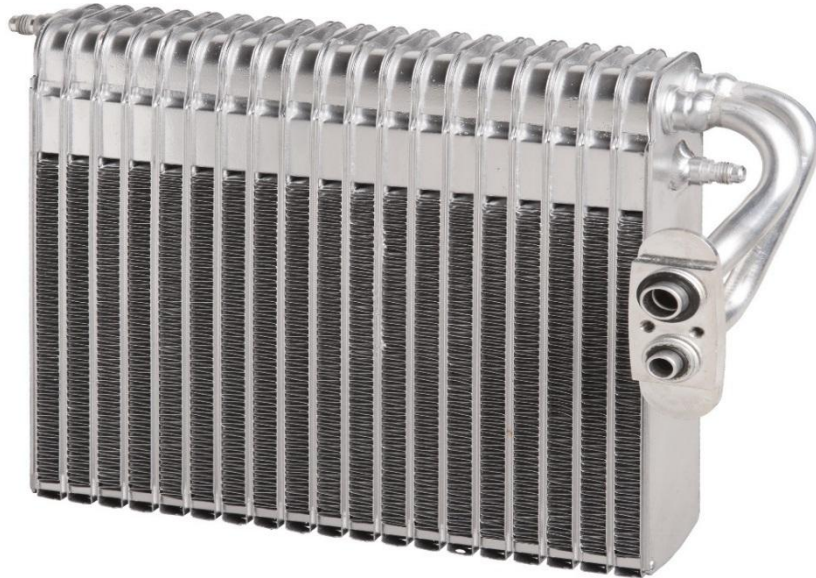
#### **1.3.2 Kondenser (Yoğuşturucu)**

Meydana çıkan soğutucu buharı soğutularak yoğuşturulduğu alana kondenser adı verilir. Kaynatıcıda olduğu gibi iç içe dizayn edilmiş iki borudan meydana gelmiştir. Soğuma esnasında açığa çıkan ısı, soğutucu akışkanın yoğuşmasını sağlamaktadır.



### 1.3.3 Evaporatör (Buharlaştırıcı)

Soğutucu akışkanın buharlaştırıldığı alana evaporatör adı verilir. Evaporatördeki sıvı fazındaki soğutucu, çevreden ısı alarak gaz haline geçer. Evaporatördeki basınç, bir genişleme valfi yardımı ile aynı basınç altında tutulması sağlanır.



### 1.3.4 Absorber

Absorberin suda çözünmesine yardımcı olan üniteye denir. Soğutucu akışkan evaporatörden çıktıktan sonra ısı değiştiriciden geçip absorbere doğru ilerler. Absorberdeki karışım, bir eriyik pompası ile daimi olarak aktarılması ile çözünmesi kolaylaştırılır.

### 1.4 Soğutma Sisteminde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar

Soğutma sistemlerinde, ısının bir ortamdan alınıp başka bir ortama geçişi sırasında soğutucu akışkanlardan yararlanılır. Bu sistem için kullanılan akışkanlar, buharlaşma ve yoğunlaştırma işlemleri ile ortamdan aldıkları ısıyı diğer ortama taşırlar. Soğutma sisteminin tasarımı, seçilen soğutucu akışkanın özelliklerine bağlıdır.

Bu sebeple, absorpsiyonlu sistemlerde kullanılacak akışkan çiftlerinin termodinamik ve fiziksel özellikleri büyük önem taşımaktadır.

Genel olarak absorpsiyonlu soğutmada kullanım için absorbent maddeden beklenen özellikler aşağıda maddeler halinde yer almaktadır. (Özay AKDEMİR, Absorpsiyonlu Soğutma Sistemleri, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği ve Sergisi)

1. Absorbent madde çifti yüksek çözünürlüğe sahip olmalıdır.
2. Absorbent düşük buhar basıncına sahip olmalıdır.
3. Alkalik , bakır, hafif çelik, pirinç gibi metallerle daha az korozif olduğundan dolayı bu ve benzeri ortamda çalışılmalıdır.
4. Normal çalışma şartları altında düşük viskozite özelliği olmalıdır.
5. Düşük ısıyı soğurma yapmalıdır.
6. Isıl iletkenliği oldukça olmalıdır.
7. Oldukça düşük donma noktası özelliğinde olmalıdır.
8. Yoğunluğu düşük olmalıdır.
9. Isıl ayrışmaya karşı yüksek dayanıklılığına sahip olmalıdır.
10. Zehirleyici olmamalıdır.
11. Meydana gelen çözeltilisinin uçucu olma özelliği aranılır.
12. Ekonomik açıdan maliyeti düşük olmalıdır.



Soğumayı sağlayacak madde çiftinin seçiminde olması gereken zorunlu maddeler aşağıda belirtilmiştir. Bunlar ;

1. Gelecekte kullanılabilir özelliğinin olmasıdır.
2. Kullanımı kolay olmalıdır.
3. Soğutma performansı yüksek olmalıdır.
4. Çalışma verimi normal standartının üzerinde olmalıdır.
5. İnsan sağlığını tehlikeye atmadan ,güvenli bir şekilde kullanıma uygun olmalıdır.

Absorbsiyonlu soğutma uygulamaları için soğutkan-absorbent bileşiminin aşağıdaki şartları sağlamalıdır ;

- Çözünen maddenin çözünürlüğünün yüksek olması beklenmektedir. Yüksek çözünürlüklü karışım kullanımı kaynatıcı ve absorberden ayrılan ve bunun sonucunda oluşan konsantrasyonlar arasında farklılıklara sebep olur. Çevrimdeki eriyiğın dolaşım faktörü azaltılabilir yada emme sıcaklığını arttırabilir ve kaynatıcıdaki ısı yükü bu sebeple azaltılır.
- Kaynatıcıdan ayrılan zengin eriyiğın absorber sıcaklığına yaklaşması için soğutulabilir. Bu sebeple ısı değıştiricinin verimi artar ve kaynatıcı ısı yükünü azaltmada oldukça etkilidir.
- Soğutkan ve absorbent maddeler zehirli ve yanıcı olmamalıdır. Aynı zamanda maliyet bazında düşük olmalıdır.

Bu şartları sağlayan akışkan çiftleri örnekleri aşağıda yer almaktadır.

Amonyak-Su, amonyak soğutucu madde olarak,

LiBr-Su, su soğutucu madde olarak kullanılmaktadır.

### **1.4.1 Lityum Bromür – H<sub>2</sub>O Eriyiğinin Özellikleri**

Bu soğutucu akışkan çiftinin kullanımı büyük önem kazanmıştır. Lityum bromürün kaynama noktası sudan 540°C den fazladır. Bu özelliğe dayanarak kaynaticıda suyun ve lityum bromürün kolayca ayrılmasını sağlar.

Lityum bromür-su eriyiği sisteminde kullanılan malzemelere karşı son derece aşındırıcı etkisi vardır. Lityum bromür eriyiği suya göre daha büyük yüzey gerilimine sahiptir. Bu eriyiğin viskozitesi, kullanılan konsantrasyon değerleri için çok küçüktür. Aynı zamanda bu eriyiğin özgül ısısı da saf suyunkine göre çok küçüktür. Lityum bromür-su eriyiği, ideal bir eriyikten istenen şartların hemen hemen hepsine sahiptir. (Ömer Kaynaklı, Recep Yamankaradeniz, H<sub>2</sub>O- LiBr kullanan Tek Kademeli Soğurmalı Soğutma Sistemlerinin Karşılaştırılması, Mayıs 2003)

### **Lityum Bromür-Su Eriyiğinin Avantajları**

1. Tüm akışkan çiftlerine göre daha yüksek soğutma tesir katsayısını sağlar.
2. Bu sistemlerde ilave bir sisteme ihtiyaç olmadığından basit elemanlardan meydana gelir ve bu şekilde çalışmaya devam eder.
3. Dolaşım için gerekli olan mekanik iş çok azdır.
4. Tüm proses vakum içerisinde gerçekleşir ve maksimum ayırıştırıcı sıcaklığı 160°C dir.

### **Lityum Bromür – Su Bileşimi**

Burada su soğutkan, lityum bromür ise absorbenttir. Suyun buradaki özelliklerine gelindiğinde buharlaşma ısısı yüksektir, maliyeti düşüktür, doğada kolay bulunur. Lityum bromür kolay uçucu olmadığından dolayı, su ile kolayca ayrılabilir. Lityum bromürün fiziksel hali katıdır fakat su ile karıştırıldığında sıvı hale gelir.

## **Lityum Bromür - Su Eriyiğinin Dezavantajları**

1. Buharlaştırıcı sıcaklığı, suyun donma noktası ile sınırlandırılır. Bu akışkan çifti sadece iklimlendirme sistemlerinde kullanılır.
2. Kristalizasyon meydana geleceğinden dolayı, sistemin çalışma şartlarını sınırlar.
3. Sistem düşük basınçta çalıştığından dolayı sistem içerisinde hava sızmalarına sebep olur.

## **Amonyak-Su Bileşimi**

Amonyak soğutkan, su absorbenttir. Burada amonyak yüksek derecede buharlaşma ısısına sahip olup, bunun yanı sıra zehirli ve yanıcı fiziksel ve kimyasal özelliğe sahiptir. Kullanıldığı sırada herhangi bir temas ve sızıntıya karşın dikkatli olunmalıdır. Kullanılacak absorpsiyonlu sistemde amonyak ve su buharını ayırmak için ayrıca ihtiyaç vardır.

## **Amonyak – Su Eriyiğinin Özellikleri**

Absorpsiyonlu soğutma sistemi 0° C 'nin altında çalışması isteniyor ise amonyak-su çifti kullanılır. Amonyak, hemen hemen her çalışma sıcaklığına uygundur. Ayrıca basınç skalası da oldukça geniştir. Bu sebep ile en çok tercih edilen soğutucu akışkan olarak nitelendirilir. Buna ilave olarak -77 °C de donması da sistemde çok büyük bir avantaj sağlar.

## **Amonyak – Su Eriyiğinin Avantajları**

1. Amonyak-su karışımının uçucu özelliğinin fazla olması, sistemde suyun kolay biçimde ayrılmasını sağlar.
2. Amonyak, safı yakın bir şekilde buharlaştırıcıya gider ve buharlaştırıcıda suyun donmasını ortadan kaldırır.
3. Amonyakın metaller üzerinde korozyona uğratması sebebi ile karışım içerisindeki suyun donma noktasını düşürür ve böylece sistem verimli hale gelir.

Absorpsiyonlu sistemde, amonyakın kaynatıcı ve soğutucuya taşınması suyun sayesinde gerçekleşir.

### **1.5. Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Avantajları**

Egzozdan atılan ısı ile yapılan soğutmada kullanılan amonyak-su sıvı fazında olduğu için kompresör yerine küçük sıvı pompası kullanılabilir. Bu önemli ölçüde arızaların azalmasına yardımcı olur.

Motorlu araçlarda yokuş çıkarken veya hız yapıldığında motor gücünün yeterli gelmemesi sebebiyle klima kapatılmakta yada çekişin düşmemesi için yüksek güçte motor seçilmektedir. Önerilen absorbsiyonlu soğutma sistemi kullanıldığında motorlu taşıtlarda daha küçük güçler yeterli olacağından dolayı daha az yakıt harcanacak, ekonomik yönden maliyet rtacak ve çevre daha az kirletilmiş olacaktır. Motorlu taşıtlarda yolcu konforunu sağlamak için yapılan soğutmada kullanılan klimanın gücü, motor gücünün yaklaşık %5-15 arasında olduğundan önemli bir geri kazanım olduğu kabul edilebilir.

### **1.6. Soğutma Absorbsiyonlu Sisteminin Dezavantajları**

Bu sistemin dezavantajı; sistemi oluşturan parçaların otomobil klimasına oranla hacmen ve ağırlıkça daha fazla olmasıdır. Son dönemlerde geliştirilen verimi yüksek ısı eşanjörleri ile hacmi ve ağırlığın büyük bir ölçüde düşürülmesi mümkündür. Bu sistem için önemli olan nokta ise, maliyetin düşürülmesidir.

## 2.FRİGORİFİK ARAÇLAR

### 2.1. Soğuk Taşımacılığın Gelişimi

Özellikle toplu yaşama alanlarında gıda maddelerinin standartlara uygun ve aynı zamanda sürekli tedarik etmek ve bu çevrimi aynı verimle sürdürmek önemli bir problem haline gelmiştir. Bu problem; soğutma endüstrisindeki gelişmelere ve yeniliklere dayalı gıda maddelerinin üretim noktalarından, diğer yaşam alanlarına besin değerinin bozulmayacak şekilde temin edilmesiyle oluşan ve oluşabilecek problemlerin üstesinden gelinmiştir. Bu amaçla 1946 yılından itibaren frigorifik araç kullanılmaya başlanmıştır. (Milli Eğitim Bakanlığı, Frigorifik Araç Seçimi, Ankara 2013) Aşağıda Otokar a ait Fruehauf kasa frigorifik aracın ön, yan, arka ve kasa içi resimleri bulunmaktadır.

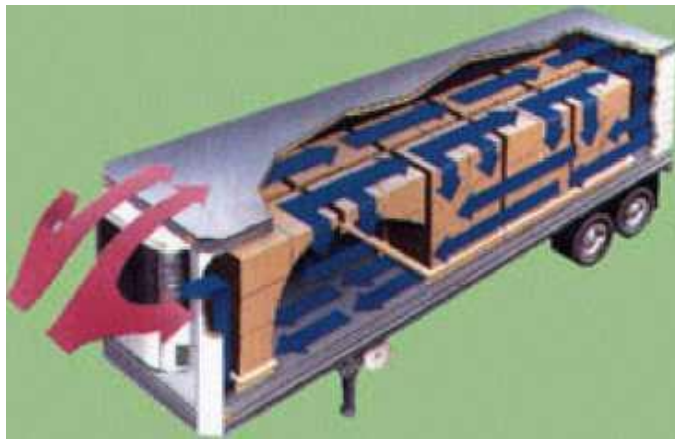






## 2.2.Frigorifik Araçların Teknik Özellikleri

Frigorifik araçlar için aranılan önemli özellikler arasında hızlı ve kolay yapılması yer almaktadır. Aracın soğutma devresi, esnek tasarımında çelik veya bakır borular kullanılmaktadır. Söz konusu borular çözülebilir tip ve sarsıntıya karşı dayanıklı yapıdadır. Soğutma donanımları ve soğutma sistemleri, konteynır taşımacılığında her araç modelinde kullanılabilir. Kullanılacak sistem, olumsuz yolculuk şartlarında oluşabilecek hasarlara karşın önlem amacı ile lastik takozlar ile oluşturulmuş ve buna uygun bir şekilde tasarlanmıştır. (Uğur Koçak Treyler Dataları, Bursa, 2016)



**Frigorifik Konteynır**

Soğuk taşıma için tasarlanan araçların kasa ve çalışma sistemleri birbirinden farklıdır. Frigorifik konteynırlar, kara, demir ve deniz yolu ile diğer ülkelere taşınabilmektedir.

Konteynır soğutulması iki yol ile gerçekleşir;

- Kriyojenik sıvılar kullanılarak soğutma
- Mekanik soğutma sistemi ile soğutma

### **2.3.Kriyojenik Sıvılar Kullanarak Soğutma**

Kriyojenik, kaynama derecesi çok küçük olan sıvılaştırılmış gazlar anlamına gelmektedir. Bu gazlara en iyi örnekleri azot, karbondioksit, helyum, argon ve oksijen şeklinde sıralayabiliriz. Esas kural yanıcı ve zehirleyici olmayan ve kaynama noktası çok küçük olan soğutucu gazların buharlaştırılmasıdır. Bu sebeple hızlı ve düşük sıcaklıklarda soğutma yapabilen sistemlere (kamyon, tır, tren ve gemi gibi) araçların üzerine monte edilmiştir. Sistem, sıvılaştırılmış akışkanların ve sıvı dağıtıcı borulardan geçmesiyle oluşur. Soğutucu akışkan boruların üzerindeki çıkıntılardan soğutulacak ortama püskürtülür ve buna bağlı olarak hızlı buharlaşma ile soğuma gerçekleşir. (GIDA2000, Gıda Teknolojisi ve Tarım Dergisi)

### **2.4.Frigorifik Araçların Mekanik Soğutma Sistemi**

Bu tip soğutma sistemleri 2 kısımdan oluşur. Bunlar alçak ve yüksek basınç tarafı olarak ayrılmıştır. Kapalı soğutma devresini kompresör ve genişleme valfi ayırır. Soğutucu akışkan yüksek basınç altında, genişleme valfi ise alçak basınç altında bulunmaktadır. Kompresör, iki devre arasındaki soğutma işlemini gerçekleştirmek için basınç farkını yaratan önemli bir elemandır.

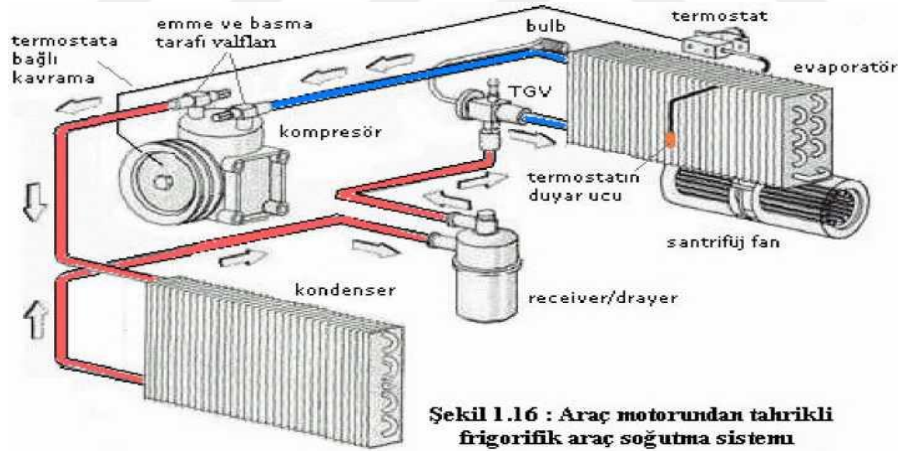




Resim 1.8 : Frigorifik araç soğutma kompresörü

## 2.5.Frigorifik Araçlarda Tahrik Sistemleri ve Çalışma Prensibi

Soğutma kompresörü doğrudan araç motorundan tahriklidir. Bazı araçlarda dizel motor tahrik için kullanılabilir. (MEGEB, Frigorifik Araç ve Araç Kliması Montajı)



Araç çalışır ve hareket halinde iken soğutma kompresörü de araç motorundan tahrik edilir. Aracın motoru çalışmadığı zamanlarda hareket etmediği durumlarda, elektrik motoru soğutma kompresörü ile çalışır. Soğutma yükünü karşılar şekilde olarak ayarlanan sistem, termostatik kontrollü olarak çalışır.

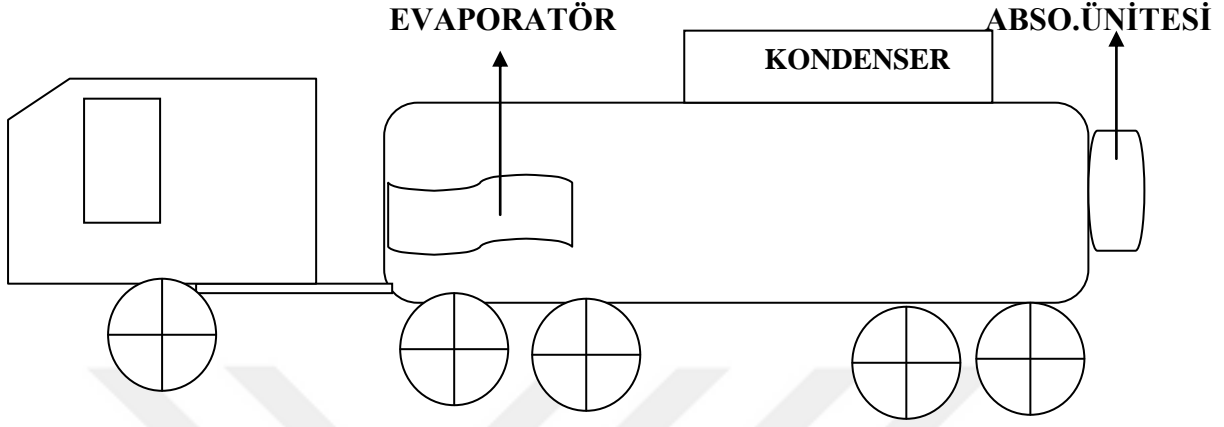
### **3. ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ**

#### **3.1 Termodinamiğin Birinci Kanuna Göre Analizi**

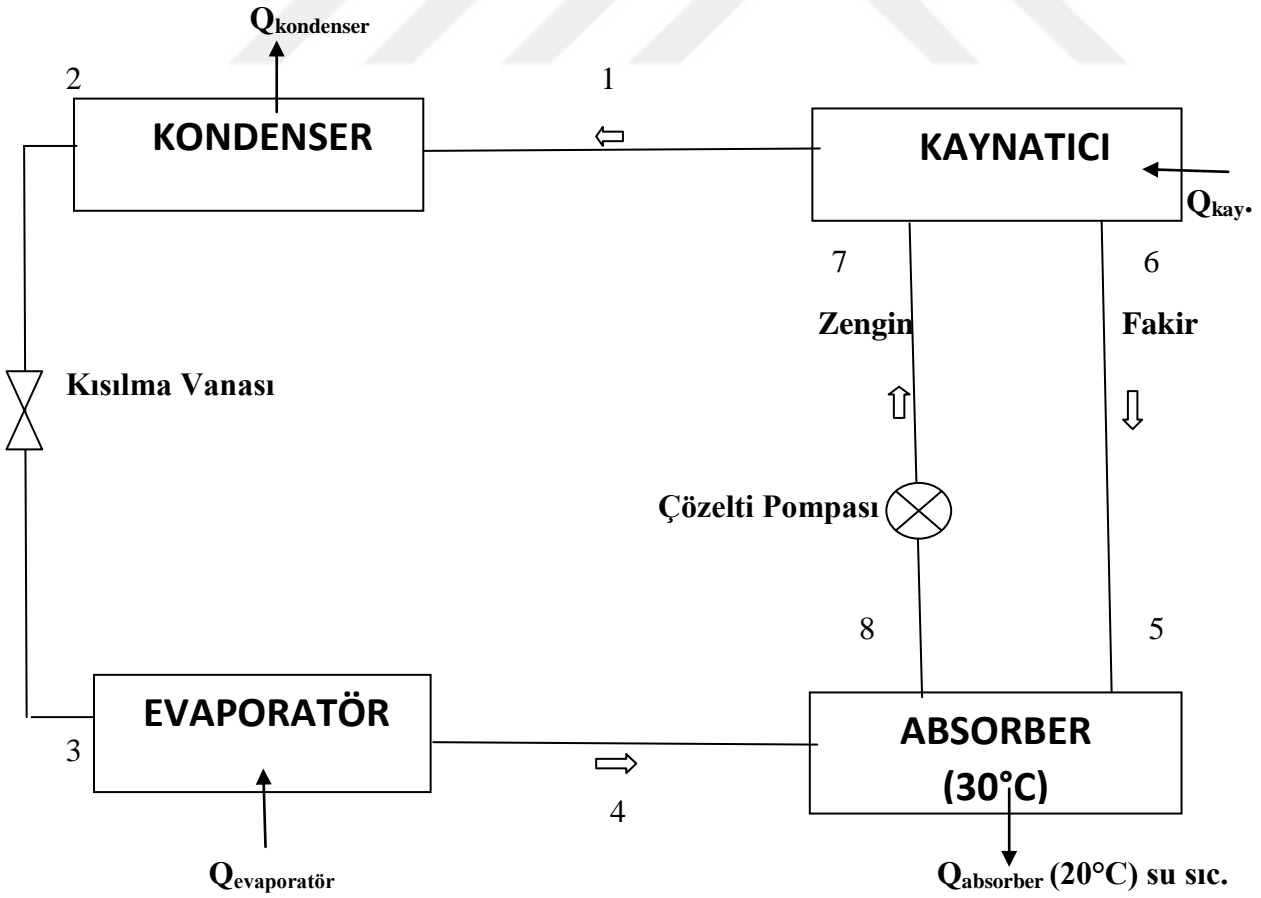
Absorbsiyonlu soğutma sisteminde Termodinamiğin 1.kanununun analizinde aşağıdaki şartlar kabul edilmiştir. (Thermodynamic and Termoeconomic Analysis of Effect of Absorber Temperature in Absorption Cooling Systems,R.SELBAŞ, ISPARTA 2006)

1. Sistem sürekli rejim şartına uygun olarak çalışır.
2. Kaynaticıdan ayrılan soğutucu akışkan buharının sıcaklığı ve basıncı aynı zamanda kaynaticının sıcaklığı ve basıncına eşittir.
3. Yoğuşturucudan ayrılan soğutucu akışkan amonyaktır.
4. Buharlaştırıcıdan ayrılan buhar doymuş buhar olup sıcaklığı buharlaştırıcının sıcaklığındadır.
5. Absorberden ayrılan eriyik, absorber basınç ve sıcaklığındadır.
6. Kaynaticıdan ayrılan eriyik, kaynaticı sıcaklığı ve basıncına eşittir.
7. Sistemdeki basınç kayıpları ihmal edilmiştir.
8. Sistem kondisatında ısı kaybı yoktur.

## FRİGORİFİK ARAÇ MODELİ

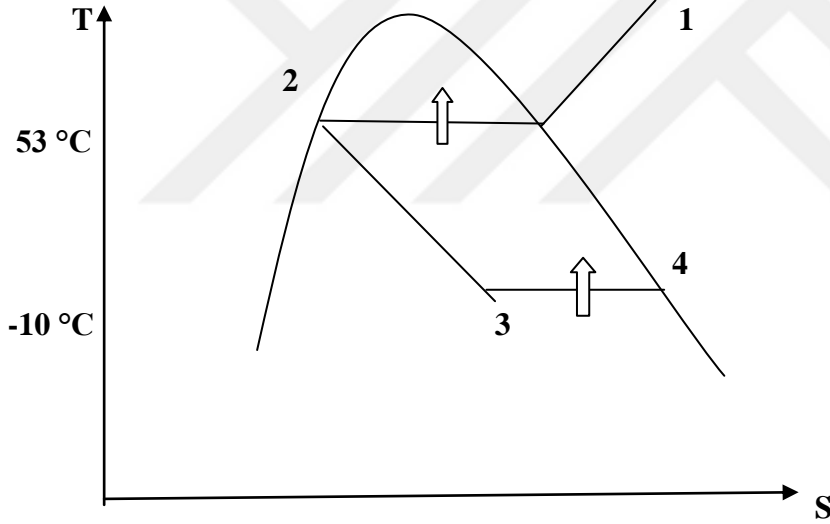


## ABSORBSİYONLU SİSTEMİN ŞEMATİK GÖSTERİMİ



Yukarıda yer alan şematik gösterimi açıklamak gerekirse ,

Kaynatıcıda  $\text{NH}_3 + \text{Su}$  karışımı bulunmaktadır. Kaynatıcıda var olan sıcaklık sayesinde  $\text{NH}_3$  öncelikli olarak buharlaşır (1) . (2) Kondensere gelen  $\text{NH}_3$ , kısılma vanasından geçerek sıvı fazına geçer. (3) Evaporatöre gelen  $\text{NH}_3$ , dışarıdan ısı alarak buhar fazına geçer ve soğuk buhar meydana gelir. Doymuş buhar (4) absorber kısmına gelir. Absorber sıcaklığının derecesinin  $30^\circ\text{C}$  olmasının sebebi ise su sıcaklığının  $20^\circ\text{C}$  olduğunu varsaydığımızda, etkin bir ısı transferi için minimum  $\Delta T = 10^\circ\text{C}$  olmalıdır. Bu sebeple absorber sıcaklığını  $30^\circ\text{C}$  olarak kabul edebiliriz. Absorberden çıkan sıvı çözelti pompasından geçirilerek  $\text{NH}_3 + \text{Su}$  kaynatıcıya gönderilir (7). Kaynatıcıda bulunan su fakir eriyik (6) olarak absorbere gider ve böylece çevrim devam etmiş olur.



## 4. NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O ÇALIŞAN BİR SİSTEMDE SAYISAL HESAP YÖNTEMİ

### 4.1.Mevcut Frigorifik Kasanın Isı Kazancı Hesabı

Frigorifik kasanın soğutma yükü hesaplamalarında öncelikli olarak ısı kazanç hesaplamaları yapılmaktadır. (Prof.Dr.Fethi Halıcı,Yrd.Doç.Dr. Mehmet Gündüz, Örneklerle Isı Geçişi, Isı Transferi, Birsen Yayınevi)

**Kasanın tüm yüzeylerden gelen ısı kazancı;**

**Q = K×A×ΔT [W] ifadesiyle hesaplanır.**

K = Yüzeyin toplam ısı geçiş katsayısı [W/m<sup>2</sup> °C]

A = Yüzeyin alanı [m<sup>2</sup>]

ΔT = T<sub>dış</sub> - T<sub>iç</sub>

T<sub>dış</sub> = Dış Hava Sıcaklığı = 43°C alınmıştır.

T<sub>iç</sub> = İç Hava Sıcaklığı = 4°C alınmıştır.

**K (ısı geçiş katsayısını hesaplamak) için aşağıdaki formül kullanılır;**

$$\frac{1}{K} = \frac{L1}{k1} + \frac{L2}{k2} + \frac{L1}{k1} + \frac{1}{hiç} + \frac{1}{hdış}$$

k<sub>1</sub> = Isı iletim katsayısı (W/mK)

h<sub>i</sub> = Isı taşınım katsayısı (W/m<sup>2</sup> K)

h<sub>iç</sub> = 25 W/m<sup>2</sup> K ( Osman.F.Genceli, “Isı değiştiricileri” Birsen Yayınevi )

h<sub>dış</sub> = 224 W/m<sup>2</sup> K ( Osman.F.Genceli, “Isı değiştiricileri” Birsen Yayınevi)

k<sub>1</sub> = 16.27 W/mK (çelik sacın ısı iletim katsayısı)

k<sub>2</sub> = 0.04 W/mK (poliüretanın ısı iletim katsayısı) ( Osman.F.Genceli, “Isı değiştiricileri” Birsen Yayınevi)

L1 = 6 x 10<sup>-3</sup> m

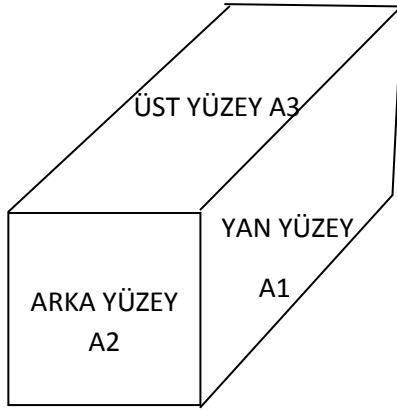
L2 = 3 x 10<sup>-3</sup> m

$$\frac{1}{K} = \frac{6}{16.27} + \frac{33}{0.04} + \frac{6}{16.27} + \frac{1}{25} + \frac{1}{224}$$

Buradan yüzeylerin toplam ısı geçiş katsayısı ;

K = 0.8 W/m<sup>2</sup> K bulunur.

## 4.2 Kasa Yüzeylerinin Alanı



### Kasa Ölçüleri ;

**Uzunluk:** 7600 mm

**Genişlik:** 2450 mm

**Yükseklik:** 2660 mm

**A = Taban × Yükseklik**

$$A_1 = (7,6) \times (2,66) = 20,2 \text{ m}^2$$

$$A_2 = (2,45) \times (2,66) = 6,5 \text{ m}^2$$

$$A_3 = (7,6) \times (2,45) = 18,62 \text{ m}^2$$

**$\Delta T = \text{Dış Hava Sıcaklığı} - \text{İç Hava Sıcaklığı}$**

$$\Delta T = 43 \text{ °C} - 4 \text{ °C}$$

$$\Delta T = 39 \text{ °C}$$

## 4.3 Tüm Yüzeyler İçin Isı Kazançları

$$Q = K \times A \times \Delta T$$

**$A_1$  yüzeyinden gelen ısı kazancı ;**

$$K = 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$$

$$A_1 = 20,2 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 43 \text{ °C} - 4 \text{ °C}$$

$$\Delta T = 39 \text{ °C}$$

$$Q_1 = (0,8) \times (20,2) \times (43-4)$$

$$Q_1 = 630,24 \text{ W}$$

**A<sub>2</sub> yüzeyinden gelen ısı kazancı;**

$$K = 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$A_2 = 6,5 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 43 \text{ }^\circ\text{C} - 4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 39 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_2 = (0,8) \times (6,5) \times (43-4)$$

$$Q_2 = 202,8 \text{ W}$$

**A<sub>3</sub> yüzeyinden gelen ısı kazancı ;**

$$K = 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$A_3 = 18,62 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 43 \text{ }^\circ\text{C} - 4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 39 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_3 = (0,8) \times (18,62) \times (43-4)$$

$$Q_3 = 581 \text{ W}$$

**A<sub>1</sub> yüzeyinin simetrisinden gelen ısı kazancı ;**

$$K = 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$A_4 = 20,02 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 43 \text{ }^\circ\text{C} - 4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 39 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_4 = 630,24 \text{ W}$$

**A<sub>2</sub> yüzeyinin simetrisinden gelen ısı kazancı ;**

$$K = 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$A_5 = 6,5 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 43 \text{ }^\circ\text{C} - 4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 39 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_5 = 202,8 \text{ W}$$

**A<sub>3</sub> yüzeyinin simetrisinden gelen ısı kazancı ;**

$$K = 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$A_6 = 18,62 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 43 \text{ }^\circ\text{C} - 4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 39 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_6 = 581 \text{ W}$$

$$Q_T = 2828,08 \text{ W (tüm yüzeylerden olan ısı kazancı)}$$

#### **4.4. Işınım İle Isı Kazancı**

**Q = K<sub>u</sub> × A × ΔT** formülü ile hesaplanır.

Aşağıdaki tabloda ΔT (°C) değerleri yer almaktadır.

<b>Yüzey Cinsi</b>	<b>Doğu</b>	<b>Güney</b>	<b>Batı</b>	<b>Düz Çatı</b>
<b>Koyu Renkli Yüzey</b>	<b>5°C</b>	<b>3°C</b>	<b>5°C</b>	<b>11°C</b>
<b>Orta Renkli Yüzey</b>	<b>4°C</b>	<b>3°C</b>	<b>4°C</b>	<b>9°C</b>
<b>Açık Renkli Yüzey</b>	<b>3°C</b>	<b>2°C</b>	<b>3°C</b>	<b>5°C</b>

$$K_u = 0,8 \text{ W /m}^2 \text{ K}$$

ΔT = 5°C alındı (bölge olarak doğu, yüzey olarak koyu renkli seçildi)

**A<sub>1</sub> + 2A<sub>2</sub> Yüzeylerinden Gelen Işınım İle Isı Kazancı ;**

$$Q = K_u \times A \times \Delta T$$

$$Q = 0,8 \text{ W /m}^2 \text{ K} \times 1 \text{ m}^2 \times 5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = 4 \text{ W / m}^2$$

$$Q = 4 \text{ W} \times 3 = 12 \text{ W / m}^2 \text{ (3 yüzey olduğu için)}$$



$$Q = (2A_1 + A_2) \times 12 \text{ W/m}^2$$

$$2A_1 + A_2 = 46,9 \text{ m}^2$$

$$Q = 46,9 \text{ m}^2 \times 12 \text{ W/m}^2$$

$$Q = 562,8 \text{ W}$$

#### 4.5. A<sub>3</sub> Yüzeyinden Gelen Işınm ile Isı Kazancı

$$Q = K_u \times A \times \Delta T$$

$\Delta T = 11^\circ\text{C}$  (Düz çatı için alınan  $\Delta T$  değeri)

$$Q = 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times 1 \text{ m}^2 \times 11^\circ\text{C}$$

$$Q = 8,8 \text{ W/m}^2 \text{ (3.yüzey için)}$$

$$Q = 8,8 \text{ W/m}^2 \times A_6$$

$$A_3 = 18,62 \text{ m}^2$$

$$Q = 8,8 \text{ W/m}^2 \times 18,62 \text{ m}^2 = 163,68 \text{ W}$$

#### 4.6. İnfiltrasyon Isı Kazancı

**İnfiltrasyon ısı = Hava Değişimi  $\times$  Oda Net Hacmi ( $\text{m}^3$ ) (c)  $\times$   $\Delta T \times \rho$  ( $\text{kg/m}^3$ ) (c)**

Frigorifik kasanın içerisinde %25 i boşluk, %75 i mal ile dolu olduğu varsayılmıştır. (Prof.Dr.Fethi Halıcı,Yrd.Doç.Dr. Mehmet Gündüz, Örneklerle Isı Geçişi, Isı Transferi, Birsen Yayınevi)

Odanın net hacmi;

$$\text{Hacim} = a \times b \times c$$

$$\text{Hacim} = (7,6) \times (2,66) \times (2,45)$$

$$\text{Hacim} = V = 49,53 \text{ m}^3 \text{ ( Kasa Hacmi)}$$

$$\text{Hacim} = V_b = 49,52 \text{ m}^3 \times \frac{25}{100} = 12,38 \text{ m}^3 \text{ (kasanın boş kalan hacmi)}$$

Dışarıdan alınan havanın, kasanın ortam sıcaklığına kadar soğutmak için gereken ısı miktarı ;

$$Q_i = 12,38 \text{ m}^3/\text{gün} \times 1,293 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C} \times (43-4)^\circ\text{C}$$

$$Q_i = 15607 \text{ kJ/gün}$$

$$Q_i = 15607 \text{ kJ/gün} / (4 \times 3600 \text{ s})$$

$$Q_i = 1.080 \text{ kW} = 1080 \text{ W (araç günde 4 saat çalışmaktadır)}$$

### Üründen gelen ısı kazanımı hesaplanması :

$$Q = m \times c \times \Delta t$$

$$m = 7000 \text{ kg (araç içinde 7 ton süt taşınmaktadır)}$$

$$c_{\text{süt}} = 0,90 \text{ kcal/ kg } ^\circ\text{C} \times 4,18$$

$$c_{\text{süt}} = 3.76 \text{ kJ/kg K}$$

$$Q_i = 7000 \times 3,76 \text{ kJ/kg K} \times (10-4) ^\circ\text{C}$$

$$Q_i = 157920 \text{ kJ/gün ( ürünlerin, soğuk depodan yüklendiği kabul edilmiştir)}$$

$$Q_i = 157920 \text{ kcal/gün} \times \text{gün} / (4 \times 3600 \text{ s})$$

$$Q_i = 9450 \text{ kcal /h}$$

$$Q_i = 10,99 \text{ kW} = 10990 \text{ W}$$

### Aydınlatmadan gelen ısı kazanımı hesaplanması :

$$Q = 300 \text{ W varsayılmıştır.}$$

### Toplam Isı Kazancı

$$Q_{\text{TOPLAM}} = Q_{\text{yanyüzey}} + Q_{\text{çatı}} + Q_{\text{konvensiyon}} + Q_{\text{infiltrasyon}} + Q_{\text{üründengelenisi}} + Q_{\text{aydınlatma}}$$

$$Q_{\text{TOPLAM}} = 562,8 \text{ W} + 163 \text{ W} + 2828 \text{ W} + 1080 \text{ W} + 10990 \text{ W} + 300 \text{ W}$$

$$Q_{\text{TOPLAM}} = 15924 \text{ W}$$

$$Q_{\text{TOPLAM}} = \dot{m} (h_4 - h_3)$$

$$h_4 = -800 \text{ kJ/kg (Halıcı Fethi, Örneklerle Isı Transferi, Birsen Yayınevi)}$$

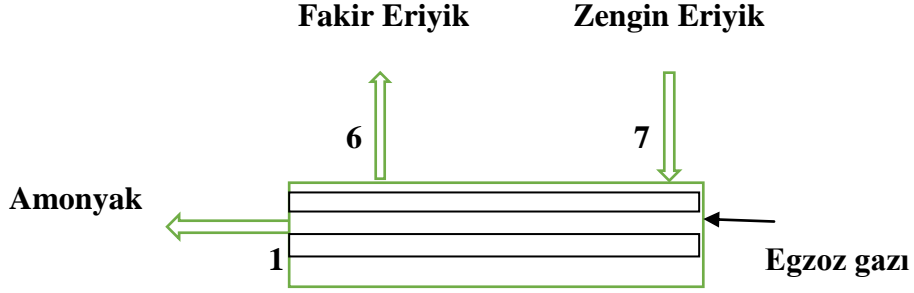
$$h_3 = 500 \text{ kJ/ kg (Halıcı Fethi, Örneklerle Isı Transferi, Birsen Yayınevi)}$$

$$15924 \text{ W} = \dot{m} \times 1300 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m} = 12 \text{ g/s}$$

## ABSORBSİYONLU SİSTEMİN BOYUTLANDIRILMASI

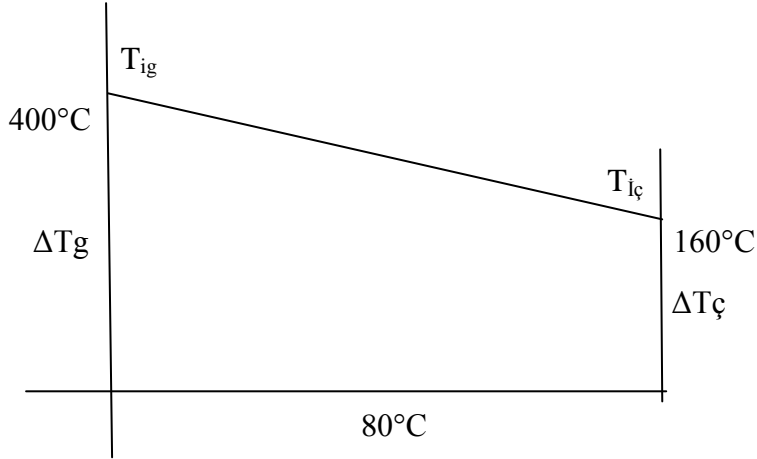
### 1. KAYNATICININ ISI YÜKÜ



Absorberde kütle ve enerji denkliği ;

$$\text{Süreklilik Denklemi : } \dot{m}_1 + \dot{m}_7 = \dot{m}_6$$

$$Q_{\text{kaynatici}} = \dot{m}_1 \times h_1 + \dot{m}_6 \times h_6 - \dot{m}_7 \times h_7 \text{ elde edilir.}$$



$T_{ig}$  = Egzoz gazının kaynaticıya giriş sıcaklığı (°C)

$T_{iç}$  = Egzoz gazının çıkış sıcaklığı (°C)

Kaynaticıdaki karışımın sıcaklığı ; 80°C dir.

$$\Delta T_{\text{ç}} = 160^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{ç}} = 80^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{g}} = 400^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$$

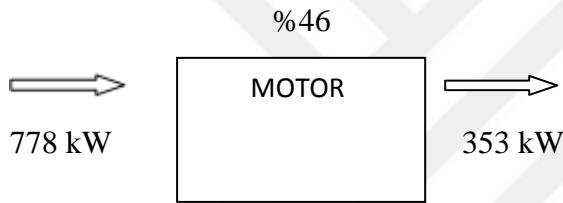
$$\Delta T_{\text{g}} = 320^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_0 = \Delta T_{\text{g}} - \Delta t_{\text{ç}} / \ln ( \Delta T_{\text{g}} / \Delta T_{\text{ç}} )$$

$$\Delta T_0 = 320^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C} / \ln ( 320^{\circ}\text{C} / 80^{\circ}\text{C} )$$

$$\Delta T_0 = 174^{\circ}\text{C}$$

### Egzoz Gazı Isıl Gücünün Belirlenmesi



$$\text{Motor Gücü} = 353 \text{ kW}$$

$$\text{Motor Verimi} = \%46$$

$$\text{Yakıtın verdiği güç} = (353 \times 100) / 46$$

$$\text{Yakıtın verdiği güç} = 778 \text{ kW}$$

$$\text{Egzoz ısıl gücü} = \text{Yakıtın verdiği güç} \times \%25$$

$$\text{Egzoz ısıl gücü} = 778 \text{ kW} \times 0,25$$

$$\text{Egzoz ısıl gücü} = 195 \text{ kW}$$

$$\text{Egzoz ısıl gücü} = Q_{\text{KAYNATICI}} (\text{Kaynatıcıya verilen ısı miktarı})$$

$$Q_{\text{KAYNATICI}} = 195000 \text{ W}$$

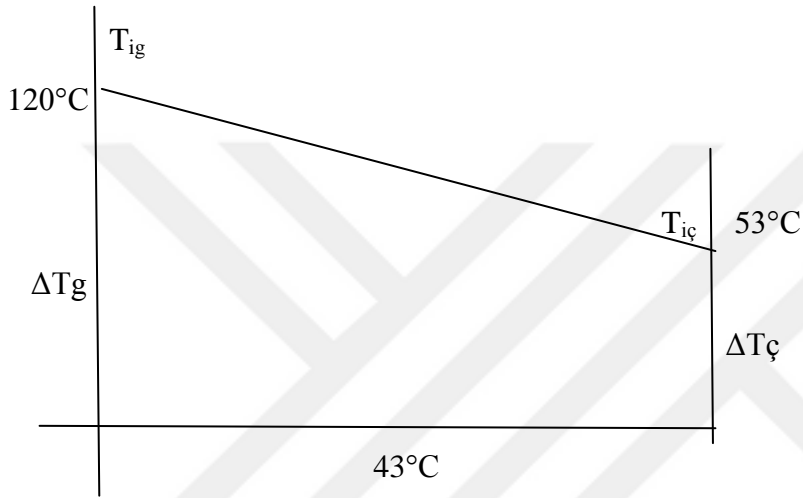
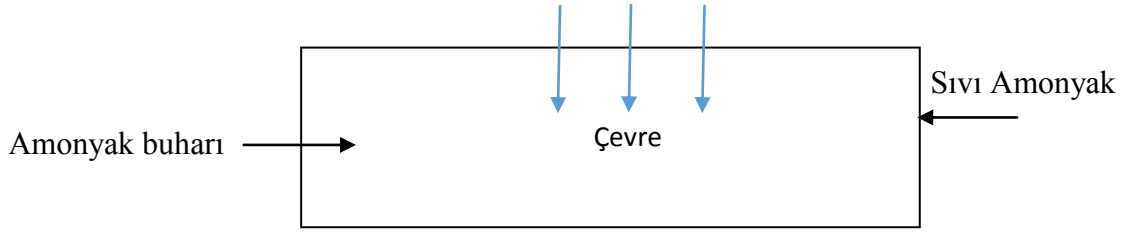
$U = 300 \text{ Wm}^2/\text{K}$  (gaz boru içerisinde, sıvı gövdede) (Prof.Dr. Osman F.Genceli Birsen Yayınları)

$$Q = U \times A \times \Delta T_0$$

$$195000 \text{ W} = 300 \text{ Wm}^2 / \text{K} \times A \times 174^{\circ}\text{C}$$

$$A = 4\text{m}^2 (\text{Kaynatıcının ısıtma yüzey alanı})$$

## 2.YOĞUŞTURUCUNUN ISI YÜKÜ



$$\Delta T_{\text{giriş}} = 120^{\circ}\text{C} - 43^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{giriş}} = 77^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{çıkış}} = 53^{\circ}\text{C} - 43^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{çıkış}} = 10^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_0 = \Delta T_g - \Delta t_{\text{ç}} / \ln (\Delta T_g / \Delta T_{\text{ç}})$$

$$\Delta T_0 = (77^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) / \ln (77/10)$$

$$\Delta T_0 = 32^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{KONDENSER}} = \dot{m} \times (h_1 - h_2) \quad h_2 = h_3 = -800 \text{ kJ/kg 'dir.}$$

$$Q_{\text{KONDENSER}} = 12 \text{ g/s} \times (500 - (-800)) \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{\text{KONDENSER}} = 15600 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$U = 750 \text{ Wm}^2/\text{K}$  (gaz boru içerisinde, sıvı dışında) (Prof.Dr. Osman F.Genceli Birsen Yayınları)

$$15600 \text{ W} = 750 \text{ Wm}^2/\text{K} \times 32^\circ\text{C} \times A$$

$$A = 0,65 \text{ m}^2$$

### 3. BUHARLAŞTIRICININ ISI YÜKÜ (EVAPORATÖR)

$$Q_{\text{EVAPORATÖR}} = 15924 \text{ W}$$

$$Q = U \times A \times \Delta T_0$$

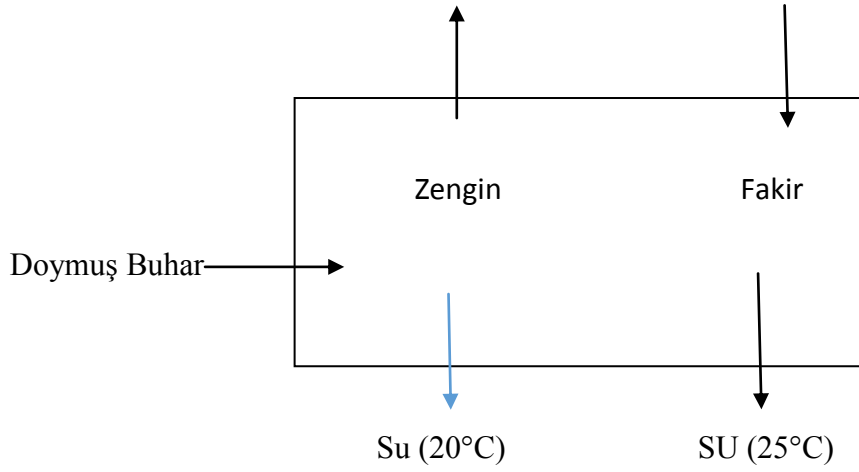
$U = 600 \text{ Wm}^2/\text{K}$  (su boru içerisinde, amonyak-su karışımı boru dışında) (Prof.Dr. Osman F.Genceli Birsen Yayınları)

Kasa içi sıcaklık  $+4^\circ\text{C}$  , evaporatörün giriş-çıkış sıcaklığı sabit olup  $-10^\circ\text{C}$  alınmıştır.

$$15924 \text{ W} = 600 \text{ W m}^2/\text{K} \times A \times 10^\circ\text{C}$$

$$A = 2,66 \text{ m}^2$$

#### 4. ABSORBERİN ISI YÜKÜ



$$Q_{\text{KONDENSER}} + Q_{\text{ABSORBER}} = Q_{\text{EVAPORATÖR}} + Q_{\text{KAYNATICI}}$$

$$15600 \text{ W} + Q_{\text{ABSORBER}} = 15924 \text{ W} + 195000 \text{ W}$$

$$Q_{\text{ABSORBER}} = 195324 \text{ W}$$

$$Q = U \times A \times \Delta T_0$$

$$U = 700 \text{ Wm}^2/\text{K} \text{ (Prof.Dr. Osman F.Genceli Birsen Yayınları)}$$

$$\Delta T_{\text{giriş}} = 30^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{giriş}} = 10^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{çıkış}} = 25^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{çıkış}} = 5^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_0 = \Delta T_g - \Delta t_{\text{ç}} / \ln (\Delta T_g / \Delta T_{\text{ç}})$$

$$\Delta T_0 = (10^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}) / \ln (10/5)$$

$$\Delta T_0 = 7^\circ\text{C}$$

$$195324 \text{ W} = 700 \text{ Wm}^2/\text{K} \times A \times 7^\circ\text{C}$$

$$A = 40 \text{ m}^2$$

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Alternatif soğutma sistemi için absorpsiyonlu soğutma sistemi uygulamasındaki çalışmalara geçilmeden önce mevcut absorpsiyon sistemi için gerekli soğutma kapasitesinin incelemesi yapılmıştır. Mevcut frigo kasanın deney sonuçları ve dataları UĞUR KOÇAK TREYLER A.Ş den temin edilmiştir.

Sistemde amonyak-su karışımı kullanılmıştır. Absorpsiyonlu sistemde kullanılan Amonyak için avantaj ve dezavantajlar mevcuttur. Atık ısı kullanıldığı için enerji gideri yoktur. Kullanılan sıvı pompasının gücü , klasik soğutma sisteminde kullanılanı çok azdır. Buna ek olarak konu sistem Türkiye’de imal edilememektedir. Zararlı ve yanıcı bir kimyasal olması dezavantaj olarak nitelendirilebilir. Ayrıca sistem, ağırlıkça ve hacmen daha büyüktür.

Yapılan inceleme ve teknik hesaplamalar sonucu elde edilen sonuçlara göre absorpsiyonlu soğutma sisteminin temel elemanlarının ısı yükleri ve araçta kapladıkları alanlar hesaplanmıştır. Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde kullanılan kaynatıcılar, temel prensip olarak bir eşanjör (ısı değiştiricisi) olduğundan farklı şekillerde dizayn edilebilmektedir. Kaynatıcıda Amonyak-Su eriyiği boruların içerisinde yer almaktadır. Egzoz gazı boruların üzerinden hareket etmektedir. Boruları birbirine bağlamak için levha tipi kanatçıklar oluşturulmuştur. Sistemin insan sağlığına daha az zararlı olarak devam edebilmesi için, çift devreli olarak çalıştırılabileceği ve bu çevrimlerden birinin tuzlu-su içermesinin yeterli olduğu elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, frigorifik araçlarda absorpsiyonlu soğutma sistemi için gerekli atık ısının var olduğuna ve bu ısının değerlendirilip hayata geçirilebileceği ön görülmüştür.



## KAYNAKÇA

Akdemir, Ö., Güneş Enerjili Absorpsiyonlu Bir İklimlendirme Ünitesinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, (2001) syf 64-83

Atmaca, İ., Güneş Enerjisi Kaynaklı Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa (2002)

Çolak, L ve Durmaz A., “ Güneşi Takip Eden Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörleri ile Buhar Üretimi ve Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi Uygulanması” Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, (2003)

Dinçer, İ. Ve Erdallı Y. “ Absorpsiyonlu Soğutma Sistemlerinin Rolü ve Etkinliği” Termodinamik 5 , syf 31-37 (1993)

Halıcı, Fethi “ Absorpsiyonlu Soğutma Sistemleri ile Klasik Sistemlerin Karşılaştırılması “ SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 7.Cilt 1.Sayı (Mart 2003) syf 1-5

Halıcı F. “ Örneklerle Isı Geçişi,Isı Transferi “ Birsen Yayınevi

Haytabay, S., Egzoz gazından yararlanılarak araçlar için absorpsiyonlu soğutma sistemi dizaynı, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir (1998) syf 3-20

JORDAN ,R.C., PRIESTER, G.B., “Refrigeration and Air Conditioning” , Printice- Hall page 367-390 (1956)

Kakaç,S., ‘‘Örneklerle Isı Transferi’’ Ankara Üniversitesi Basımevi, syf 357 (1970)

Kern, D.Q and Kraus, A.D., ‘‘Extended Surface Heat Transfer’’, USA,McGraw Hill Company page 805(1972)

Marine Propulsion Diesel Engines , 63-163 series, Volvo Penta page 17 (1998-1999)

Öge, A.İ., Bir Otomobil Egzost Sistem Performansının Sayısal İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Recep YAMANKARADENİZ, İlhami HORUZ, Ömer KAYNAKLI, Salih COŞKUN, Nurettin YAMANKARADENİZ , Soğutma Tekniği ve Isı Pompası Uygulamaları, DORA YAYINEVİ

SAVAŞ, S., ‘‘Soğuk depoculuk ve Soğutma Sistemlerine Giriş’’ Uludağ Üniversitesi Basımevi, Cilt 1 , Bursa (1987)

SIMAV, Osman ‘‘Motor Radyatöründen Atılan Isı ile Motorlu Taşıtların Soğutulması, Enerjide Bilim ve Teknoloji ,Necdet Erarslan proje yarışması 2003 Makine Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi,3.lük Alan Proje’’

SIMAV, Osman ‘‘ Kişisel İnceleme Raporu ‘‘Hava Soğutmalı Motorla Tahrik Edilen Taşıtların Isıtılması’’ İstanbul (1979)

Yalçın, E., ‘‘Soğutma sistemlerinde kullanılan kondanselerlerin etüdü ile yoğuşma kapasitesine göre ısı transfer yüzeyinin hesaplanması’’ Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa (1992)

Yamankaradeniz, R. ve Can M. ‘‘ Yolcu otobüslerinde yaz klimasının incelenmesi ve hesabı’’  
1. Balıkesir Mühendislik Sempozyumu, Bursa syf 250-260 (1998)

Yamankaradeniz, R., ve Can M., Yolcu otobüslerinde yaz klimasının incelenmesi ve hesabı,  
1. Balıkesir Mühendislik Sempozyumu , Bursa (1998) syf 250-260

Yılmaz, T.,’’Teorik ve Uygulamalı Isı Transferi’’İstanbul, Altan Matbaacılık, syf 67-88  
(1999)

## ÖZGEÇMİŞ

06.05.1990, Bursa ili Osmangazi İlçesi doğumluyum. Bursa da büyüdüm. İlk ve orta öğretimimi Canaydın İlköğretim Ortaokulunda, lise öğrenimini ise 2007 yılında Bursa Kız Lisesi tamamladım. Üniversite Eğitimi Beykent Üniversitesi Kimya Mühendisliği bölümünde 2013 yılında tamamladım. 2015 yılında Beykent Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, yüksek lisans öğrenimine başladım. Halen Ertek Kimya Ltd. Şti şirketinde Satış-Operasyon departmanında uzman yardımcısı olarak çalışmaktayım.



**Ezgi BARS**