

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BUHAR KULLANILAN BİR ÜRETİM TESİSİNİN TERMODİNAMİK AÇIDAN
İNCELENMESİ**

BUSE ORTAÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
TERMODİNAMİK VE ISI TEKNİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. ZEYNEP DÜRRİYE BİLGE**

İSTANBUL, 2015

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BUHAR KULLANILAN BİR ÜRETİM TESİSİNİN TERMODİNAMİK AÇIDAN
İNCELENMESİ**

Buse ORTAÇ tarafından hazırlanan tez çalışması, 02.12.2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Zeynep Dürriye BİLGE
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Zeynep Dürriye BİLGE
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Galip TEMİR
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Ebru Mançuhan
Marmara Üniversitesi

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlamış olduğum bu çalışma süresince, güler yüz, hoşgörü, bilgi birikimi ve tecrübelerini esirgemeyen tez danışmanım saygıdeğer hocam Prof.Dr.Zeynep Düriye Bilge'ye, öneri ve katkıları ile bana yol gösteren, bilgi ve görüşlerinden faydalandığım saygıdeğer hocam Prof.Dr.Galip Temir'e en derin saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

TÜBİTAK 2210-A Genel Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı'na katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini, saygı ve sevgilerini hiçbir zaman esirgemeyen her adımında yanımda olan canım Annem'e ve Babam'a sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Aralık, 2015

Buse ORTAÇ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	4
1.3 Orijinal Katkı.....	4
BÖLÜM 2	
AYÇİÇEĞİ VE AYÇİÇEĞİ YAĞI.....	5
2.1 Ayçiçeği Bitkisi ve Özellikleri	5
2.2 Ayçiçeği Yağı.....	6
2.3 Ayçiçeği ve Ayçiçeği Yağının Tarihi.....	7
2.4 Dünyada ve Türkiye’de Ayçiçeği ve Ayçiçeği Yağı Sektörü	7
2.5 Yağ Üretimi	12
2.5.1 Birinci Aşama (Presyon Aşaması).....	12
2.5.1.1 Temizleme	12
2.5.1.2 Kırma	12
2.5.1.3 Ayırma	12

2.5.1.4	Pullama.....	13
2.5.1.5	Kavurma	13
2.5.1.6	Presyon.....	13
2.5.2	İkinci Aşama (Ekstraksiyon Aşaması).....	14
2.5.2.1	Süzme	14
2.5.2.2	Ekstraksiyon	14
2.5.3	Üçüncü Aşama (Rafine Aşaması)	14
2.5.3.1	Degumming.....	16
2.5.3.2	Nötralizasyon	17
2.5.3.3	Kurutma ve Ağartma	17
2.5.3.4	Vinterizasyon.....	18
2.5.3.5	Deodorizasyon	18

BÖLÜM 3

AYÇİÇEĞİ ENTEGRE TESİSİ RAFİNASYON ÜNİTESİNİN EKSERJİ ANALİZLERİ	19
3.1 Termodinamiğin yasaları	19
3.2 Ekserji.....	21
3.3 Tersinir ve Tersinmez Hal Değişimleri.....	22
3.4 İkinci Yasanın Tarihsel Gelişimi	23
3.5 Sürekli Akışlı Açık Bir Sistemin Modellenmesi	24

BÖLÜM 4

RAFİNASYON ÜNİTESİ VE HESAPLAMALAR.....	29
4.1 Ayçiçeği Yağı Entegre Tesisi Rafinasyon Ünitesi	29
4.2 Hesaplamalar İçin Gerekli Bilgiler	29
4.3 Ağartma Bölümü	37
4.4 Ağartma Bölümü Hesapları	40
4.4.1 1A Numaralı Plakalı Isı Değiştirici	40
4.4.2 1B Numaralı Plakalı Isı Değiştirici	42
4.4.3 1C Numaralı Karıştırıcı Tank	44
4.4.4 1D Numaralı Ağartma Tankı	47
4.4.5 1E Numaralı Niagara Filtresi	50
4.5 Vinterizasyon Bölümü	52
4.6 Vinterizasyon Bölümü Hesaplamaları	55

4.6.1	2A Numaralı Plakalı Isı Değiştirici	55
4.6.2	2B Numaralı Plakalı Isı Değiştirici	57
4.6.3	2C Numaralı Plakalı Isı Değiştirici	59
4.6.4	2D Numaralı Kristalize Tankı.....	61
4.6.5	2E Numaralı Olgunlaştırıcı Tank	64
4.6.6	2F Numaralı Borulu Isı Değiştirici	67
4.6.7	2G Numaralı Sıcak Su Tankı	70
4.6.8	2H Numaralı Prekot Tankı.....	72
4.7	Deodorizasyon Bölümü.....	74
4.8	Deodorizasyon Bölümü Hesaplamaları.....	77
4.8.1	3A Numaralı Plakalı Isı Değiştirici	77
4.8.2	3B Numaralı Plakalı Isı Değiştirici	79
4.8.3	3C Numaralı Plakalı Isı Değiştirici	81
4.8.4	3D Numaralı Kurutucu Degazör.....	84
4.8.5	3E Numaralı Tank.....	86
4.8.6	3F Numaralı Prestriper Tank.....	89
4.8.7	3G Numaralı Deodorize Tank	92
4.8.8	3H Numaralı Plakalı Isı Değiştirici	95
BÖLÜM 5		
SONUÇLAR VE ÖNERİLER		98
KAYNAKLAR.....		Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ÖZGEÇMİş.....		112

SİMGE LİSTESİ

$\dot{Q}$	Birim zamandaki ısı miktarı (kJ/h veya kW)
$\dot{W}$	Güç (kJ/h veya kW)
$\dot{m}$	Kütleli debi (kg/h)
$\dot{Ex}$	Birim zamandaki ekserji akımı (kJ/h veya kW)
h	Entalpi (kJ/kg)
c_p	Özgöl ısı (kJ/kg.K)
T	Sıcaklık (°C veya K)
S	Entropi (kJ/K)
E	Enerji (kJ/h veya kW)
g	Yer çekimi ivmesi (kg/m ²)
z	Akışın yüksekliği (m)
v	Akış hızı (m/s)

KISALTMA LİSTESİ

AET	Avrupa Ekonomik Topluluğu
ast	Yağ asidi
at	Ağartma toprağı
ayağ	Ağartılmış yağ
bhr	Buhar
COP	Coefficient Of Performance
çev	Çevre
ç	Çıkan
dyağ	Deodorize yağ
EES	Engineering Equation Solver
fiz	Fiziksel
g	Giren
ısu	Ilık su
ke	Kinetik enerji
KH	Kontrol hacmi
kim	Kimyasal
kin	Kinetik
kyağ	Kurutulmuş yağ
L	Çevre
MATLAB	Matrix Laboratory
nyağ	Nötralize yağ
ort	Ortalama
pe	Potansiyel enerji
per	Perlit

pot	potansiyel
ps	posa
sis	system
smş	soğutulmuş su
ssu	soğutma suyu
syağ	soğutulmuş yağ
top	toplam
ü	üretim
vyağ	vinterize yağ

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 4.1 Ara sıcaklık değerlerindeki özgül ısıların hesaplanması (MATLAB).....	34
Şekil 4.2 Ağartma bölümü akım şeması	39
Şekil 4.3 1A Numaralı Plakalı Isı Değiştirici	40
Şekil 4.4 1B Numaralı Plakalı Isı Değiştirici.....	42
Şekil 4.5 1C Numaralı Karıştırıcı Tank.....	44
Şekil 4.6 1D Numaralı Ağartma Tankı.....	47
Şekil 4.7 1E Numaralı Niagara Filtresi	50
Şekil 4.8 Vinterizasyon bölümü akım şeması	54
Şekil 4.9 2A Numaralı Plakalı Isı Değiştirici	55
Şekil 4.10 2B Numaralı Plakalı Isı Değiştirici	57
Şekil 4.11 2C Numaralı Plakalı Isı Değiştirici	59
Şekil 4.12 2D Numaralı Kristalize Tankı.....	61
Şekil 4.13 2E Numaralı Olgunlaştırıcı Tank	64
Şekil 4.14 2F Numaralı Borulu Isı Değiştirici	67
Şekil 4.15 2G Numaralı Sıcak Su Tankı	70
Şekil 4.16 2H Numaralı Prekot Tankı.....	72
Şekil 4.17 Deodorizasyon bölümü akım şeması.....	76
Şekil 4.18 3A Numaralı Plakalı Isı Değiştirici	77
Şekil 4.19 3B Numaralı Plakalı Isı Değiştirici	79
Şekil 4.20 3C Numaralı Plakalı Isı Değiştirici	81
Şekil 4.21 3D Numaralı Kurutucu Degazör.....	84
Şekil 4.22 3E Numaralı Tank.....	86
Şekil 4.23 3F Numaralı Prestriper Tank.....	89
Şekil 4.24 3G Numaralı Deodorize Tank	92

Şekil 4.25	3H Numaralı Plakalı Isı Değiştirici	95
Şekil 5.1	Ağartma bölümü ekserji kayıpları	99
Şekil 5.2	Ağartma bölümü için ekserji kayıpları yüzdeleri.....	100
Şekil 5.3	Vinterizasyon bölümü ekserji kayıpları.....	102
Şekil 5.4	Vinterizasyon bölümü için ekserji kayıpları yüzdeleri.....	102
Şekil 5.5	Deodorizasyon bölümü ekserji kayıpları.....	104
Şekil 5.6	Deodorizasyon bölümü için ekserji kayıpları yüzdeleri	104
Şekil 5.7	Rafinasyon bölümü toplam ekserji kaybı.....	105
Şekil 5.8	Rafinasyon bölümü toplam ekserji kaybı yüzdeleri	106

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 İşlenen alan başına yıllık elde edilen yağ miktarı dağılımı	8
Çizelge 2.2 Bölgelere göre ayçiçeği üretimi (2013 verileri).....	8
Çizelge 2.3 Türkiye'nin yağlık ayçiçeği tohumu ithalat ve ihracatı	9
Çizelge 2.4 Türkiye'nin ayçiçeği yağı ithalat ve ihracatı	10
Çizelge 2.5 Ham yağ işlemede uygulanan rafinasyon basamakları ve bu basama	15
Çizelge 4.1 Maddelerin termodinamik özellikleri	29
Çizelge 4.2 Ayçiçek yağının 35°C ile 180°C arasındaki sıcaklıklar için özgül ısılar	33
Çizelge 4.3 Ara sıcaklık değerlerindeki ayçiçeği yağı ve türevlerinin özgül ısıları	34
Çizelge 4.4 Salamura suyu özgül ısı değerleri	35
Çizelge 4.5 Sistemdeki elektrik motorlarının güçleri	36
Çizelge 4.6 Sistemdeki pompaların güçleri	36
Çizelge 5.1 Ağartma bölümü komponentleri	99
Çizelge 5.2 Vinterizasyon bölümü komponentleri	101
Çizelge 5.3 Deodorizasyon bölümü komponentleri	103

BUHAR KULLANILAN BİR ÜRETİM TESİSİNİN TERMODİNAMİK AÇIDAN İNCELENMESİ

Buse ORTAÇ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zeynep Dürriye BİLGE

Enerji, yaşamın devamlılığı için en temel ihtiyaçlardan biridir. Enerji kaynaklarının bilinçsizce ve aşırı kullanımı, dünyadaki enerji kaynaklarının azalmasına sebebiyet vermektedir. Kullanılan enerjinin veriminin bilinmesi ve verimliliği azaltan faktörlerin en aza indirilmesi, enerjinin bilinçli kullanımı kadar önemlidir.

Bu çalışmada, bir ayçiçeği yağı fabrikasının rafinasyon bölümü, termodinamiğin ikinci yasası ile incelenmiştir. Entegre tesisin rafinasyon bölümünün komponentleri, kontrol hacimlerine ayrılmış ve her komponent için ekserji kayıpları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Sonuçlar grafiklerle gösterilmiş ve tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ekserji, Ayçiçeği Yağı, Termodinamik, Ekserji Analizi, Ekserji Kaybı

ABSTRACT

THERMODYNAMIC ANALYSIS OF A STEAM USING PRODUCTION PLANT

Buse ORTAÇ

Department of Mechanical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Zeynep Dürriye BİLGE

Energy is one of the most essential needs for continuity of life. Unconscious and excessive use of energy gradually leads to the decline of energy sources in the world. Knowing the level of efficiency of the used energy and minimizing the efficiency reducing factors are as important as the conscious use of energy.

In this study, refining section of a sunflower oil plant is analyzed by using the second law of thermodynamics. The equipments of the refining section of the integrated plant are divided into control volumes and loss of exergy is calculated for each equipment. Results are illustrated with graphics and discussed.

Keywords: Exergy, Sunflower Oil, Thermodynamic, Exergy Analysis, Exergy Loss

1.1 Literatür Özeti

Enerji, yaşamın devamlılığı için en temel ihtiyaçlardan biridir. Enerjisiz, doğanın veya canlıların hayatının devamlılığından bahsedilemez. Enerji kaynaklarının bilinçsizce ve aşırı kullanımı, küresel ısınma başta olmak üzere dünyada yaşanan olumsuz değişiklikler ve dünya nüfusunun giderek artması, enerji kaynaklarının giderek azalmasına ve dolayısıyla enerjinin pahalılaşmasına sebebiyet vermektedir [1]. Bu bağlamda, enerjinin bilinçli ve verimli kullanımı ve yenilenebilir enerji gündeme gelmektedir. Enerjinin bilinçli kullanımı kadar, kullanılan enerjinin hangi verimde kullanıldığının bilinmesi ve verimi azaltan unsurların en aza indirilmesi de önemlidir. Bu, sistemlere uygulanan enerji ve ekserji analizleri gibi termodinamik analizlerle mümkündür. Sistemlerde enerji ve ekserji analizleri, sistemlerin karşılaştırılıp en uygun tasarımın yapılmasına da yardımcıdır [2].

Ekserji analizleri, birçok araştırmacı tarafından çalışılmaya değer bir konu olarak görülmüştür. Bu sebeple, literatürde ikinci yasa analizi ile ilgili birçok çalışma vardır. Yapılan bu çalışmalardan bazıları aşağıdaki gibidir:

Boateng vd. [3], jatropha curcas yağı üretiminde solvent ve mekanik ekstraksiyon yöntemlerini ekserji kaybı açısından incelemişlerdir. Yapılan incelemelerde; solvent ekstraksiyonunda tohumdan elde edilen yağın miktarı, mekanik ekstraksiyonda elde edilen yağın miktarından daha fazla olmasına rağmen; ekserji açısından mekanik ekstraksiyon, solvent ekstraksiyona göre daha verimli bulunmuştur. Hesaplamalar

sonucunda; mekanik ekstraksiyonda toplam ekserji kaybı 3006 MJ, solvent ekstraksiyonunda ise 18072 MJ olarak bulunmuştur. Solvent ekstraksiyonundaki yüksek ekserji kaybının nedeninin ısı değiştiriciler, distilasyon kolonları, evaporatörler ve kurutucular arasındaki ısı etkileşimleri olduğu belirtilmiştir.

Vandani vd. [4], İran'daki bir buhar santralindeki atık ısı kazanlarının enerji ve ekserji analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Yapılan incelemelerde, ısı kazanımı teknolojisini kullanmanın enerji ve ekserji verimini artırdığı, sisteme flaş tank eklenmesi durumunda da ekserji veriminin % 1,86 oranında iyileştiği kaydedilmiştir. En yüksek ekserji kayıpları sırasıyla, boyler, buhar türbini ve kondenserde; en düşük ekserji kayıpları ise pompalarda bulunmuştur.

Kaushik vd. [5], termoelektrik ısı pompası sistemindeki ekserji kayıplarını ve tersinmezlikleri belirlemek için, MATLAB Simulink'de dört adet termodinamik model oluşturmuşlar ve her model için, enerji verimlerinin ekserji verimlerinden daha fazla olduğunu görmüşlerdir. Çalışmada, termoelektrik ısı pompası sistemindeki soğutucu ve ısı kaynağı arasındaki sıcaklık farkı arttıkça ekserji veriminin arttığı, sistemin performansının dış tersinmezliklere oranla, i tersinmezliklerden daha çok etkilendiği belirtilmiştir.

Reis ve Mert [6], formik asit yakıt pilinin ekserji kayıplarına duyarlı olarak öngörülen kompresör, ısı değiştirici ve kurutucu gibi ekipmanlarını MATLAB'da modellemiş ve incelemişlerdir. Sistemin gerçek performansını n görebilmek için, sıcaklık, basınç, cidar kalınlığı, referans sıcaklık ve anot-katot stokiyometresi gibi parametreler göz nne alınmıştır. Sonuçlar, yüksek sıcaklık, düşük basınç ve düşük cidar kalınlığının sistemin performansını arttırdığını, referans sıcaklığın ve anot-katot stokiyometresinin ise hemen hemen sistemin performansını etkilemediğini göstermiştir.

Bouaziz ve Lounissi [7], ift etkili hibrit emmeli soğutma sistemini enerji ve ekserji analizi ile incelemişlerdir. Amonyaklı su ile çalışan iki kademeli çevrim geliştirmişler ve modellemişlerdir. Sistemin performansı, ekserji verimliliği ve ekserji kayıpları göz önünde bulundurulmuş ve mevcut sistemin ekserji kaybının, önerilen sisteme göre çok daha fazla olduğu grlmştir. Her iki sistemde de jeneratör sıcaklığının artması, sistemin COP değerinin artmasına ve sonrasında sabit kalmasına sebep olmuştur.

Kondenser sıcaklığının artması ise, COP değeri ve ekserji verimliliğini düşürmüştür. Daha yüksek performans değerlerine ulaşmak için, sıcaklık ve basınç değerlerinin düşük seviyelerde olması gerektiği belirtilmiştir.

Yamankaradeniz [8], jeotermal bölgesel ısıtılmalı bir sistemin termodinamik performansını incelemiştir. Bu inceleme için, yeni ekserji parametreleri geliştirmiş ve bu parametreler ile ekserji analizi yapmıştır. Geleneksel ekserji analizi ile yeni parametrelerle yaptığı analizleri karşılaştırmış ve yeni tanımlanan parametrelerin, iyileştirilmesi gereken komponentlerin belirlenmesinde daha etkili olduğunu görmüştür. Yapılan hesaplamalar sonucunda bütün sistem içerisinde ısı değiştiricilerinin ekserji kayıp değerlerinin fazla olduğu belirlenmiştir.

Bahrehmand vd. [9], tek ve çift cam kaplamalı güneş kollektör sistemlerini incelemiştir. Güneş kollektörlerinin modellenmesi için, enerji denge denklemlerinden faydalanılmıştır. Reynolds sayısı, kanal derinliği ve kollektör uzunluğu gibi parametreler incelenmiş ve önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlara göre, Reynolds sayısı düşük olan ($Re < 4000$) çift cam kaplamalı ince metal plakalı sistemin en yüksek enerji ve ekserji verimlerine sahip olduğu görülmüştür. Tek cam kaplamalı ince metal plakalı sistemin ise, yüksek Reynolds sayılarında yüksek enerji ve ekserji değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Yatağanbaba vd. [10], iki evaporatörlü buhar sıkıştırımlı soğutucu sistemi EES programında bir kod geliştirerek incelemiştir. Sistemde; R1234yf, R1234ze ve R134a gibi farklı akışkanlar kullanılarak ekserji yok oluşları belirlenmiştir. Akışkan olarak R1234ze ve R134a kullanıldığında, tersinmezlik analizlerine göre, ekserji verimlerinin maksimuma ulaştığı görülmüştür. Maksimum ekserji yok oluşunun kompresörde, minimum ekserji yok oluşunun ise karıştırıcıda görüldüğü belirtilmiştir.

Kaynaklı vd. [11], su/ lityum bromür ile çalışan çift etkili seri akışlı absorpsiyonlu soğutma sistemini enerji ve ekserji analizleri ile incelemiştir. Yapılan çalışmada; sıcak su, sıcak hava ve buhar gibi farklı ısı kaynaklarından yararlanılmıştır. İşlem sıcaklıklarının ekserji yok oluşları üzerindeki etkisini belirleyebilmek için, termodinamik simülasyon oluşturmuşlar ve işlem sıcaklıklarının artması ile yüksek basınç üretiminde ekserji yok oluşlarının azaldığını gözlemlemiştir. Emici ve kondenser çalışma

sıcaklıklarının artması ile ise ekserji yok oluşları artmıştır. Maksimum ekserji yok oluşları sırası ile sıcak hava, buhar ve sıcak su kullanıldığı zaman elde edilmiştir.

Yukarıda özetlendiği gibi, ekserji analizi ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve birçok çeşitli sisteme uyarlanmıştır. Örnek olması açısından, en çok dikkat çeken sistem örneklerinden kısaca bahsedilmiştir. Literatürde çoğu sistemin enerji ve ekserji analizlerini bulmak mümkündür.

1.2 Tezin Amacı

Ülkemiz açısından önemli bir gelir kaynağı olan ve ülkemizde önemli ölçülerde yetiştirilen ayçiçeği bitkisinin, sofralarımızdaki yağa dönüşümü sürecinin rafinasyon safhası termodinamik açıdan incelenmiştir. Gıda sektöründeki üretim safhaları, ekserji kaybına en duyarlı sistemlerden oluşmaktadır. Yapılan birinci ve ikinci yasa analizleri sonucunda maksimum ekserji kaybına sebep olan ve iyileştirilmesi önerilen sistem komponentleri belirlenmiştir. Bir ayçiçeği yağı fabrikasının rafinasyon bölümünün komponentlerine, termodinamik analiz ile bir bakış açısı sağlanmıştır.

1.3 Orijinal Katkı

Enerji kaynaklarının gün geçtikçe tükenmesi, enerjinin pahalılaşmasına sebebiyet vermektedir. Bu durum, araştırmacıları enerjinin verimli kullanılması ve boşa harcanmaması konusunda çalışmaya zorlamaktadır.

Bir sistemdeki kayıpların veya enerjinin ne kadar verimli kullanıldığının bilinmesi sistemlere uygulanan termodinamik analizlerle mümkündür.

Yapılan literatür araştırmalarında, bir ayçiçeği yağı fabrikasının rafinasyon bölümünün termodinamik açıdan gerçek verilerle incelenmesi konulu bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu tez çalışmasında; ayçiçeği yağı üreten bir tesisin rafinasyon bölümünün, ağartma, vinterezasyon ve deodorizasyon ünitelerinin ekserji analizleri, sistem komponentleri kontrol hacimlerine ayrılarak yapılmış ve çıkan sonuçlar yorumlanmıştır.

BÖLÜM 2

AYÇİÇEĞİ VE AYÇİÇEĞİ YAĞI

2.1 Ayçiçeği Bitkisi ve Özellikleri

Ayçiçeği bitkisi; kapalı tohumlu, iki çenekli ve papatyagiller ailesine mensup, yabancı döllenen, tek yıllık, güzel görünümlü bir bitkidir. Güneşe karşı duyarlı olan bu bitki, güneşin hareketlerini takip edip güneşe doğru yöneldiğinden (fototropi), halk arasında 'gündöndü', 'günebakan', 'günçiçeği' olarak da bilinmektedir.

Bitkinin boyu, yarım ile 4 metre; sapının kalınlığı ise 1 ile 4 santimetre arasında değişiklik göstermektedir. Yaprakları iri ve kalp şeklinde; yaprakları, dalları ve sapı tüylüdür. Çiçekler, çapları 10 ile 30 santimetre arasında değişen tablalarda teşekkül etmektedir. Bir tabladaki çiçek sayısı 50 ile 200 arasındadır. Çerezlik olanların tohumları büyük, yağlı tohumlar ise daha küçüktür. Tohumda %35 kabuk, %65 iç bulunmakta; kabuklu tohumların yağ oranı %40-55, içteki yağ oranı ise %65-70 arasında değişmektedir.

Bitkinin yetiştirilmesinde maksimum tohum veriminin alınması için; toprağın nemi, sıcaklığı, pH değeri ve toprağa düşen yağmur miktarı önemli parametrelerdir [12]. Toprağın pH değeri 6,0-7,2, ideal sıcaklığı 12-14 derece, yıllık yağış miktarı ortalama 700-800 mm olmalıdır. Yetiştirme döneminde ise, yıllık 350-400 mm yağışa ihtiyaç vardır [13].

Ayçiçeği bitkisi kurak iklim koşullarına dayanıklı, adaptasyon kabiliyeti yüksek bir bitki olduğundan hem kuru hem de sulu koşullarda tarımı yapılabilmektedir. Ancak yapılan

araştırmalar göstermiştir ki, kurak koşullarda tane verimi 150-160 kg/da, bir kez sulama sonucunda 225-250 kg/da, iki kez sulama sonucunda 275-300 kg/da, üç kez sulama sonucunda ise 350-400 kg/da ürün alınacak şekildedir. Bu araştırma sonucunda, ayçiçeği veriminin artması için ayçiçeğinin gerekli nemde yetiştirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Uzun süreli kuraklıklar sonucunda ayçiçeğinin tablaları küçölmekte, tabladaki dane sayısı azalmakta ve dane verimi düşmektedir [14].

İçerdiği yüksek yağ oranı sayesinde (%22-55) ayçiçeği, yağ üretimi için en çok tercih edilen yağlı tohumlu bitkilerden biridir. Ayrıca ölkemizde soya, yerfıştığı, susam, kolza, pamuk, haşhaş, aspir, keten ve kenevir gibi yağ bitkileri de yetiştirilmektedir [15].

Ölkemizde ayçiçeği üretiminde genellikle hibrit tohumlar kullanılmaktadır. Bu tip tohumlar; yüksek verim performansı, üstün kalite özellikleri, orobańa ve bazı hastalıklara karşı dayanıklı olmaları ve homojen görönlömleri sebebiyle tercih sebebi olmaktadır [16].

Ayçiçeği bitkisi, yağı çıkarıldıktan sonra bile yüksek besin değerlerine sahip olduğundan, küspesi hayvan yemi olarak da kullanılmaktadır. Küспенin bileşiminde %30 protein, %19 karbondhidrat, %5 kadar da yağ bulunmaktadır. Ayçiçeği ayrıca hammadde olarak kozmetik, kimya ve sabun sanayilerinde de yer bulmakta, park ve bahçelerde süs bitkisi olarak da kullanılmaktadır [15], [17].

2.2 Ayçiçeği Yağı

İnsan vücudunun yağ gereksiniminin çoğu bitkilerden karşılanmaktadır. Bitkisel sıvı yağlar, vücudumuz için besleyici bir besindir. Ölkemizde kişi başi 18 kg, AET ölkelerinde ise kişi başi 24 kg bitkisel sıvı yağ tüketimi vardır. Yüksek yemeklik yağ kalitesine sahip ayçiçeği yağı, tercih edilen yağların başında gelir. Ölkemizde ortalama yıllık 550.000-600.000 hektar arasında ayçiçeği ekimi yapılmaktadır [14].

Ayçiçeği bitkisi fazla işgücü gerektirmekte ve ölkemizin birçok bölümünde ekilmektedir. Yağlık olarak ekilmesinin haricinde çerezlik olarak da ekilmekte, çerezlik ekim alanları Doğu ve İç Anadolu, yağlık ekim alanları ise genellikle Trakya Bölgesi'nde yoğunlaşmaktadır [13].

Ayçiçeği yağı, ülkemizde üretilmekle birlikte dışarıdan ithal de edilmektedir. 1985 yılında tüketilen bitkisel yağların %75'i ülkemizde üretilen bitkisel yağlardan karşılanırken, bu oran yıllar geçtikçe düşmüş ve 2007/2008 yıllarında %29,2 oranına kadar gerilemiştir [15].

2.3 Ayçiçeği ve Ayçiçeği Yağının Tarihi

Ayçiçeği ilk kez Kızılderililer tarafından, Kuzey Amerika'nın orta kesimlerinde yetiştirilmiştir. Bu dönemlerde, yeşilken boyayıcı özelliğinden dolayı boya, seramik süsü ve gıda amaçlı kullanılmıştır.

16.yy'da bahçelerde süs bitkisi olarak kullanılmak amacıyla, İspanyol gemiciler tarafından önce İspanya'ya, daha sonra ise Fransa ve İtalya'ya getirilmiştir. 19.yy'da kullanım amacı değişmiş ve Avrupa'da yağ bitkisi olarak değerlendirilmeye başlanmıştır.

Evrimleşme aşamasında, çiçeğin rengi sarıdan turuncuya doğru döndüğünden İspanyollar tarafından 'güneş çiçeği', Ruslar tarafından ise 'ayçiçeği' olarak adlandırılmıştır.

Ayçiçeği bitkisinin ülkemize gelişi ise, 1924-1928 yılları arasında Romanya ve Bulgaristan'dan göç edenler sayesinde olmuş ve ülkemizde de Avrupa'da olduğu gibi sanayi bitkisi olarak değerlendirilmiştir [18].

2.4 Dünyada ve Türkiye'de Ayçiçeği ve Ayçiçeği Yağı Sektörü

İnsanoğlunun hayatını sürdürebilmesinde yağların rolü büyüktür. Günlük ortalama 2000 kalorilik ihtiyacın, yaklaşık 700 kalorilik kısmı yağlardan karşılanmaktadır. Besin ihtiyacımızı karşılayan bu yağlar, hayvansal ya da bitkisel olabilir. Dünya üzerinde, bitkisel yağ elde edilebilen 4000'den fazla bitki türü bulunmaktadır [3]. Bu ürünlerden en yaygın olanları Çizelge 2.1'de belirtildiği gibidir. Ayçiçeği bitkisi, yağ üretimi için en çok kullanılan bitkiler arasındadır. Bitkiden elde edilen yağ, genellikle kızartma ve pişirme işlemleri için kullanılır. Biodizel üretimi için de uygun yağlı tohumlara sahiptir [19], [20], [21].

Çizelge 2.1 Hektar cinsinden işlenen alan başına yıllık elde edilen yağ miktarı dağılımı[kg ha⁻¹] [3]

Ürün		Ürün		Ürün	
Mısır	145	Kabak	449	Haşhaş	978
Lüpen	195	Hardal	481	Kolza	1000
Amberçiçeği	230	Ketencik	490	Zeytin	1019
Kalendula	256	Susam	585	Risin	1188
Pamuk	273	Aspir	655	Jojoba	1528
Kenevir	305	Pirinç	696	Jatrofa	1590
Soya	375	Ceviz	790	Avakado	2217
Kahve	386	Ayçiçeği	800	Hindistan Cevizi	2260
Keten	402	Kakao	863	Hurma	5000
Fındık	405	Fıstık	890		

Çizelge 2.1’de görüldüğü gibi, ayçiçeği sadece ülkemizde değil, dünyada da yağ üretimi yapılan bitkiler içerisinde, hektar cinsinden işlenen alan başına yıllık elde edilen yağ miktarı olarak büyük bir öneme sahiptir. Ülkemizde ayçiçeği üretiminin bölgelere göre değişimi ise, Çizelge 2.2’de görülmektedir.

Çizelge2.2 Bölgelere göre ayçiçeği üretimi (2013 verileri) [22]

Bölgeler	Ekim Alanı (Dekar)	Üretim (Ton)	Üretim Payı (%)	Verim (kg/da)
Trakya- Marmara	281.427	650.878	47,2	219

Çizelge 2.2 Bölgelere göre ayçiçeği üretimi (2013 verileri) [22] (devamı)

Orta Anadolu	113.838	403.374	29,2	263
Karadeniz	63.426	165.103	12,0	208
Akdeniz	42.676	119.825	8,7	213
Doğu- Güneydoğu	11.367	24.953	1,8	214
Ege	7.526	15.867	1,1	232
TOPLAM	520.260	1.380.000	100,0	

Ayçiçeği üretimi ülkemizde bölgelere göre, % 47,2 Trakya-Marmara, % 29,2 Orta Anadolu, % 12,0 Karadeniz, % 8,7 Akdeniz, % 1,8 Doğu-Güneydoğu, % 1,1 Ege şeklinde bir dağılım izlemektedir. Nüfusun sürekli artmasıyla, kişi başına düşen besin tüketimi de artış göstermektedir. Kişi başına düşen ayçiçeği yağı tüketiminin artması ile ülkemiz, bu besin ihtiyacını karşılayamamakta ve ayçiçeği tohumu veya ayçiçeği yağı ithalatı söz konusu olmaktadır.

Çizelge 2.3'te, 2001 ve 2013 yılları arası yağlık ayçiçeği tohumu ihracat ve ithalat değerleri, Çizelge 2.4'te ise 2001 ve 2013 yılları arası yağlık ayçiçeği yağı ihracat ve ithalat değerleri verilmiştir. Görüldüğü gibi yağlık ayçiçeği tohumu ve yağı ithalat-ihracatı kararlı bir seyir izlememektedir. Yıllara göre dalgalanmalar, artış ve azalışlar gözlemlenmektedir.

Çizelge 2.3 Türkiye'nin yağlık ayçiçeği tohumu ithalat ve ihracatı [22]

Yıllar	İthalat Miktar (ton)	İthalat Değer (bin \$)	İhracat Miktar (ton)	İhracat Değer (bin \$)
2001	182.691	41.524	846	991
2002	128.934	39.869	907	776

Çizelge 2.3 Türkiye'nin yağlık ayçiçeği tohumu ithalat ve ihracatı [22] (devamı)

2003	540.852	153.335	4.269	8.406
2004	481.703	157.376	4.489	10.500
2005	491.325	161.759	8.128	16.914
2006	372.408	116.520	10.194	22.778
2007	596.147	260.166	10.052	26.598
2008	455.995	365.145	7.826	30.277
2009	468.277	240.620	16.195	35.054
2010	645.607	348.113	21.643	58.912
2011	905.686	589.577	32.402	81.161
2012	754.162	443.958	56.268	114.321
2013	710.657	474.001	34.700	103.301

Çizelge 2.4 Türkiye'nin ayçiçeği yağı ithalat ve ihracatı [22]

Yıllar	İthalat Miktar (ton)	İthalat Değer (bin \$)	İhracat Miktar (ton)	İhracat Değer (bin \$)
2001	133.473	62.781	24.400	14.048
2002	92.442	51.732	23.537	19.521
2003	92.548	54.047	28.428	22.471
2004	78.303	50.604	17.869	15.715

Çizelge 2.4 Türkiye'nin ayçiçeği yağı ithalat ve ihracatı [22] (devamı)

2005	203.519	134.930	23.120	21.495
2006	236.605	159.149	98.942	85.297
2007	163.115	138.039	31.906	36.002
2008	411.660	647.095	98.714	164.582
2009	323.596	468.305	101.432	110.618
2010	223.998	271.020	75.886	100.509
2011	469.858	629.068	204.872	338.658
2012	742.877	987.295	271.257	416.884
2013	625.849	908.122	346.255	496.198

Her iki çizelgedeki değerler de dikkate alındığında, ülkemizin bitkisel yağ ihtiyacının yaklaşık %70'inin yağlık ayçiçeği tohumu ve ayçiçeği yağından karşılandığı söylenebilir. Bu iki çizelgenin karşılaştırılması halinde, ülkemizdeki yağlı tohum işleme kapasitesi % 50 civarında olduğundan, ithalatın yağlık ayçiçeği tohumu şeklinde yapılmasının daha karlı olduğu görülür.

İthalatın yapıldığı ülkeler arasında Bulgaristan, Ukrayna, Romanya, Rusya, Moldova ve Arjantin yer almaktadır. İthalatın yağlık ayçiçeği tohumu şeklinde yapılması halinde, ürünün yaklaşık % 50'si Bulgaristan'dan kalanının büyük bir çoğunluğu ise Ukrayna, Romanya, Rusya ve Moldova'dan; ithalatın ayçiçeği yağı şeklinde yapılması halinde ise, ürünün yine yaklaşık % 50'si Ukrayna'dan, kalanının çoğunluğu ise Rusya, Arjantin, Romanya ve Bulgaristan'dan sağlanmaktadır. Sonuç olarak, ithalatta Bulgaristan ve Ukrayna'nın büyük bir öneme sahip olduğu anlaşılmaktadır.

2.5 Yağ Üretimi

Ayçiçeği yağı üretiminde, sabun ve küspe yan sanayi ürünü olarak çıkmaktadır. Sabun çok az elde edilmekle birlikte küspe %57 verimliliği ile önemli bir yan üründür.

Genel olarak, ayçiçeği yağı üreten işletmelerde üretim 3 aşamada tamamlanmaktadır.

2.5.1 Birinci Aşama (Presyon Aşaması)

Bu aşama, ayçiçeği tohumunun ayçiçeği yağına dönüştürüldüğü aşamadır. Bu dönüşümden sonra, üretime devam etmek ya da ürünü direkt satışa sürmek işletmenin tercihidir.

2.5.1.1 Temizleme

Bu aşamada ayçiçeği tohumundaki yabancı maddeler; bu maddelerin şekil, yoğunluk, irilik ve mıknatıslık özelliklerinden faydalanılarak uzaklaştırılır. Yabancı maddeler; tohumdaki metal parçaları, çöp, taş, ip, kum ya da toz olabilir. Bu maddelerin hiç olamaması arzu edilmekle birlikte, %1'lik bir orana kadar yabancı maddeye izin verilmektedir.

2.5.1.2 Kırma

Temizleme aşamasından sonraki aşama kırma aşamasıdır. Bu aşamada, silindirik bir gövde içinde cidarlara ve paletlere çarpan tohumlar kabuklarından ayrılmaktadır. Yüksek hızda dönme sonucunda gerçekleştirilen bu işleme, çarpma yöntemi denmektedir.

2.5.1.3 Ayırma

Bu aşamada; ayrılması mümkün olan kabuklar, tohum içi ve kabuk karışımı sarsıntılı elekten geçirildikten sonra, hava akımı ile emilmekte ve tohum içlerinden ayrılmaktadır. Ayrılması mümkün olmayan kabuklar sonraki işlemlerde küspe olarak ayrılan kısımda kalır. Ayrılan kabuklar ise, boşa gitmemekte ve yakıt olarak kullanılmaktadır.

2.5.1.4 Pullama

Ayırma aşamasının ardından elde edilen tohum içleri, pullama aşamasında 0,07-0,08 mm boyutlarında parçalara ayrılır. Parçalama işleminin amacı ise, sonraki aşamalarda yağın kolayca dışarı çıkmasını sağlamaktır.

2.5.1.5 Kavurma

Kavurma işleminde parçalara ayrılan tohum içleri, çok katlı tavalarda buhar yardımı ile kavrulmaktadır. İşlem 11-15°C’de, 60-120 dakika süre ile uygulanmakta ve bu işlem sonucunda, tohum içlerinin nem oranları %4'lere kadar düşürülebilmektedir. Kavurma işlemi ile küspe daha iyi değerlendirilebilmekte ve tohumun yağ verimi artırılabilir.

2.5.1.6 Presyon

Presyon işlemi, ‘ekspeller’ adı verilen cihazlarla gerçekleştirilir. Yine, silindirik bir gövde içerisinde tohumlar sıkıştırılır ve yağ oranları %-15-20 civarına indirilir. Ekstraksiyon işlemine tabii tutulmayacak ise bu oran ikinci presleme ile %4-6 seviyelerine indirilir.

İstanbul Ticaret Odası’nın hazırladığı bir kitapçığa göre, 1.aşama olan presyon aşamasından sonra;

100 kg ayçiçeği tohumundan,

%45 küspe (yem olarak satılmak veya işletmede kullanılmak üzere)

%38 ham yağ (presli yağ ve bir miktar küspe karışık)

%12 kabuk (yakıt olarak satılmak veya işletmede kullanılmak üzere)

%5 fire elde edilmektedir.

Bulgulardan da görülebileceği gibi, ayçiçeği üretiminde yan ürün %45 küspe+ %12 kabuk olmak üzere, %57'lere kadar çıkmaktadır [18].

2.5.2 İkinci Aşama (Ekstraksiyon Aşaması)

Ekstraksiyon işlemi teknolojileri, işletmeden işletmeye farklılık göstermektedir. Küspenin hegzan gazı yardımıyla yağ haline dönüştürüldüğü işletmelerde randıman, presyon kullananlara göre %3 daha fazla olmaktadır.

2.5.2.1 Süzme

Presyon işleminden sonra elde edilen ham yağ, içerisinde küspe artıklarını da içerdiğinden önce süzülmemekte ve ardından depolanması için tanklara gönderilmektedir. Şayet küspe, ekstraksiyon işlemine tabii tutulacaksa, bu işleme hazırlanması gerekmektedir. Bunun için bir kez daha sıkılır ve küspe parçalayıcılara gönderilir.

2.5.2.2 Ekstraksiyon

Genellikle, 3 tip ekstraksiyon yöntemi uygulanmaktadır. Bunlar; kontinü (bant, kova, rotsel), bağ (batch) ve direkt yöntemleridir. Ekstraksiyon işleminde, bir solvent yardımı ile küspe yıkanarak, yağı neredeyse tamamen alınır. Çözücü madde genel olarak hegzandır. İşlemin ardından hegzanın uzaklaştırılması, vakum altında destile edilerek yapılmaktadır. Ekstraksiyon sonucunda, yağ-hegzan karışımının yağ oranı %25-35 oranlarında olmaktadır. Elde edilen ham yağ, depolanması için tanklara gönderilirken küspe, yan sanayi hammaddesi olarak ayrılır.

Ham yağ eldesine kadar olan bu süreçte, ekstraksiyon aşamasının ardından yan ürün küspe yani yem elde edilmektedir [18].

2.5.3 Üçüncü Aşama (Rafine Aşaması)

Bu aşamada, elde edilen ham yağ günlük kullanıma uygun ve hazır hale getirilmekte ve ardından depolanmaktadır. Solvent ekstraksiyonu, presyon veya rendering ile üretilen sıvı yağlar ve ham katı yağlar gliserit olmayan bileşikler (safsızlık) değişik oranda içermektedir. Ancak, ham yağda bu safsızlıkların önemli bir bölümünün bulunması istenmez. Safsızlıklar yağı koyu renkli yapmakta; köpüklenme, dumanlanma ve tortulanmaya sebebiyet vermektedir. Yağda rafinasyon işlemi, bütün bu olumsuzlukları gidermek amacıyla yapılır. Kısaca, yağda istenmeyen safsızlıkların yağdan

uzaklaştırılması, yağda bulunmasında herhangi bir dezavantaj olmayan maddelerin muhafaza edilmesi ve yağın işlenmesi esnasındaki kayıpları azaltmak amacı ile yağ rafinasyonu yapılmaktadır [23].

Çizelge 2.5 Ham yağ işlemede uygulanan rafinasyon basamakları ve bu basamaklarda yağdan ayrılan veya azaltılan maddeler [23]

Basamaklar	Ayrılan Maddeler
1.Musilaj (zatk) Giderme (Degumming-Desliming)	Yağda Çözünmeyen Maddeler
2.Asit Giderme-Nötrale Etme (Nötralizasyon, Refining)	Fosfolipidler, şekerler, reçineler, proteinli bileşikler, iz metaller ve diğerleri
Yıkama	Yağ asitleri, pigmentler, fosfolipidler, sülfürlü bileşikler
Kurutma	Soapstock (Sabun)
3.Ağartma (Renk açma, Bleaching)	Renk maddeleri (pigmentler) + oksidasyon ürünleri, iz metaller, iz sabunlar
Filtrasyon	Harcanan ağartma toprağı
4.Koku Giderme (Deodorization)	Yağ asitleri, mono ve digliseritler, aldehytler, ketonlar, alkoller, hidrokarbonlar, sülfür bileşikleri, pigment parçalanma ürünleri

Çizelge 2.5 Ham yağ işlemede uygulanan rafinasyon basamakları ve bu basamaklarda yağdan ayrılan veya azaltılan maddeler [23] (devamı)

Fiziksel Rafinasyon	Yağ asitleri, mono ve digliseritler, aldehitler, ketonlar, hidrokarbonlar, sülfür bileşikleri, pigment parçalanma ürünleri
Winterizasyon (Soğuklama-Kışlama)	Stearinler + mumlar
Cilalama (Polishing)	Yağda çözünmeyen iz maddelerinin uzaklaştırılması (10µm ve 30µm'ye kadar)

Yağ rafinasyonu, ekstraksiyondan çıkan ham yağın istenmeyen özelliklerinin bir diğer değişle safsızlıklarının giderilmesi veya istenen düzeylere getirilmesi işlemidir. Bu safsızlıklar ham yağda tat, aroma, renk ve koku gibi özelliklerde, istenmeyen oluşumlara sebebiyet vermektedir. Çizelge 2.5'te, ham yağ işlemede uygulanan rafinasyon basamakları ve bu basamaklarda yağdan ayrılan veya azaltılan maddeler görülmektedir.

Bu tabloda, yağ rafinasyonunda uygulanma ihtimali olan her aşama gösterilmiştir. Rafinasyonu yapılan yağın çeşidine göre, bazı basamaklar uygulanmayabilir. Rafinasyonda temel olan işlem basamakları; musilaj giderme (degumming), nötralize etme (nötralizasyon), ağartma (bleaching) ve koku giderme (deodorizasyon)dir.

Yağ rafinasyonu, ekstraksiyon işleminden çıkan ham yağın depolanması ile başlamaktadır. Ham yağın depolanması işlemi, yağda çözünmeyen yabancı maddelerin bekletilme yöntemi ile yağdan ayrılması açısından önemli bir işlemdir. Doğru depolama ürünün kalitesini artırır ve kayıplarını önler [23].

2.5.3.1 Degumming

Nötralizasyon işlemi ile de birlikte yapılabilen bu işlem, su veya fosforik asit yardımı ile yağın içerisindeki müsilaj ve fosfaidin yağdan uzaklaştırılması işlemidir. Yağ kaybının

artmasına neden olan musilajlı (fosfatit vb.) maddelerden yağın arındırılması işlemidir. Ham yağda % 0,03- 3,0 civarında gumlu madde bulunmaktadır. Bu maddeler, kompleks bileşikler olup yağda istenmeyen durumlar oluştururlar. Örneğin; deodorizasyon işleminde yüksek sıcaklıklarda yanıp yağın rengini bozmaları, metallerle tuzlar ve bileşikler oluşturarak oksidatif stabilite ürünlerini olumsuz etkilemeleri, rafinasyon kayıplarını artırmaları dolayısıyla bu bileşikler, ham yağda istenmeyen bileşikleridir.

2.5.3.2 Nötralizasyon

Nötralizasyon işlemi sürekli uygulanabileceği gibi, kesikli olarak da uygulanabilen bir işlemdir ve rafinasyon aşamasının en kritik ve verim üzerinde en etkili kısmıdır. İşlemde, ham yağdaki serbest yağ asitleri, sodyum hidroksit aracılığı ile nötrleştirilir. Nötrleştirilen yağ asitleri, sabun olarak yağdan ayrılır. İşlem uygulanırken yağ asitlerinin yanı sıra, nötr yağlar ve renk maddeleri de ayrılır. Ayrılan bu maddelerin hepsine birden sabun ismi verilmektedir.

Nötralizasyon aşamasının ardından sabun elde edilmektedir.

2.5.3.3 Kurutma ve Ağartma

Bu aşamada yağ, ağartma toprağı adı verilen toprak ile karıştırılır. İşlem 100-105°C'de vakum altında uygulanmaktadır. Kuvvetli absorpsiyon özelliği sayesinde ağartma toprağı, yağdaki renk maddelerini absorbe etmekte ve yağın istenen renge ulaşmasını sağlamaktadır. Ağartma toprağının ve yağın birbirinden ayrılması ise, filtre sayesinde gerçekleştirilmektedir.

Beslenmemizde büyük bir öneme sahip olan yağların, tatları ve kokuları kadar renkleri de önemlidir. Yağa istenmeyen rengi veren maddelerin yağdan uzaklaştırılması, ağartma işlemi ile yapılmaktadır. Ağartma işlemi çeşitli şekillerde yapılabilmektedir. Kimyevi method, ısıtma, asit giderme, hidrojenasyon gibi methodlar da olmakla birlikte adsorpsiyon yöntemi en yaygın kullanılan yöntemdir. Adsorpsiyon işlemi yağa kötü renk veren maddelerin, ağartma kili ya da ağartma toprağı denen özel bir kil veya toprak ile emilmesidir. Yağda koyu renk çeşitli sebeplerden oluşabilmektedir. Uygun olmayan koşullarda, uzun süreli depolama sonucu yağda oluşan yanma, bozulma,

oksitletme veya yağın işlenmesi esnasında çok yüksek sıcaklıklara yüksek süreli maruz kalması yağın rengini bozan faktörler arasındadır. Yağın rengi uygun olmadığında bu durumun, yağın tat ve kokusunu da bozması ağartma işleminin gerekliliğini ve önemini gözler önüne sermektedir.

Ağartma işlemi sadece yağın renginin uygun sınırlara getirilmesinde değil, yağda bulunan sabun artığı, ağır metal iyonların, okside olmuş maddelerin yağdan ayrılması işleminde de kullanılmaktadır.

2.5.3.4 Vinterizasyon

Yağın içerisinde soğuk koşullarda istenmeyen kristalleşmeye sebep olabilecek stearatlar bulunmaktadır. Bu maddenin yağdan uzaklaştırılması, vinterizasyon işlemi ile sağlanmaktadır. Yağlar, 0-3°C'ye kadar soğutulur ve filtrasyon ile bu maddelerden arındırılma işlemi gerçekleştirilir.

2.5.3.5 Deodorizasyon

Deodorizasyon işlemi, istenmeyen kötü koku ve lezzet veren uçucu kimyasal maddelerin yağdan uzaklaştırılması işlemidir. Koku alma işlemi olarak da bilinen bu işlem, sürekli olarak uygulanabileceği gibi kesikli veya yarı kesikli olmak üzere 3 şekilde de uygulanabilmektedir. İşlem, yüksek sıcaklıklarda (200-250°C) ve vakum altında gerçekleştirilmektedir [24].

AYÇİÇEĞİ ENTEGRE TESİSİ RAFİNASYON ÜNİTESİNİN EKSERJİ ANALİZLERİ

3.1 Termodinamiğin yasaları

Termodinamik; enerji, enerji çeşitleri ve bunların birbirleri ile olan ilişkilerini inceleyen, üzerinde çok fazla çalışma yapılan, hayatımızın her evresinde iç içe olduğumuz bir bilim dalıdır. Termodinamik terimi, Yunanca thermos (ısı) ve dynamic (enerji) terimlerinin bir araya getirilmesi ile oluşturulmuş bir terimdir. Termodinamiğin kurucusu, Sadi Carnot (1796-1832) olarak bilinmektedir.

Enerji, enerjinin dönüşümleri, enerjinin niteliği ve niceliği termodinamiğin yasaları ile açıklanmaktadır. Temel olarak, termodinamiğin dört tane yasası vardır. Bu yasalar, birbirini tamamlar niteliktedir.

Termodinamiğin sıfıncı yasası, birbiriyle termal dengede olan iki cisimden birinin bir başka cisim ile de termal dengede olması durumunda, diğer cismin de bu cisim ile termal dengede olacağını ifade eder. Masanın üzerine bırakılan sıcak bir çayın zamanla soğuyacağı, soğuk suyun ise zamanla ısınacağı su götürmez bir gerçektir. Bu durumda ısı, sıcaklığın yüksek olduğu ortamdan, düşük olduğu ortama doğru hareket edecektir. Kısacası, temas halindeki cisimler sıcaklıkları eşitlene kadar ısı transferi gerçekleşecek, sıcaklıkları eşitlendikten sonra ise termal dengeye ulaşacaklardır. Termodinamiğin sıfıncı yasası çok basit olarak görünmekle birlikte, sıcaklık kavramına açıklık getirmesi açısından önemli bir yasadır. Bu yasa birinci ve ikinci yasadaki yasalaştırma kararı alındığından ve birinci ve ikinci yasaların isimleri değiştirilmek istenmediğinden sıfıncı yasa olarak anılmaktadır ve termodinamiğin temelini oluşturmaktadır.

Termodinamiğin birinci yasası enerjinin yok olamayacağını, sadece şekil değiştirebileceğini ifade eder [25], [26]. Örneğin, belirli bir yükseklikte belirli bir potansiyel enerjiye sahip olan bir cisim, yere doğru bırakıldığında potansiyel enerjisini kaybetmesi oranında kinetik enerji kazanacak, yüksekliği sıfırlandığında ise başlangıçta sahip olduğu potansiyel enerjinin tamamı kinetik enerjiye dönüşmüş olacaktır (havanın direncinin ihmal edildiği kabulü ile). Yani cismin enerjisi kaybolmayacak, sadece potansiyel enerjiden kinetik enerjiye şekil değiştirecektir. Birinci yasa, enerjinin korunumu ilkesi olarak da bilinmektedir ve enerjinin sadece niceliği hakkında bilgi vermektedir. Bu yüzden, enerjinin niteliğinin de tanımlanabileceği bir başka yasaya ihtiyaç vardır.

Termodinamiğin ikinci yasası, birinci yasanın bazı hususlarda eksik kalması üzerine ifade edilen bir yasadır. Örneğin, soğuk bir odaya bırakılan bir bardak sıcak çay zamanla soğur. Çayın kaybettiği enerjiyi, çevre hava kazanacaktır. Yani enerji kaybolmayacak, korunacaktır. Bu, birinci yasaya uyan bir durumdur. Soğuk odaya bırakılan bir bardak sıcak çayın, zamanla kendiliğinden daha da ısınmayacağı açıktır. Ancak böyle olması durumunda da, enerjinin korunumu söz konusu olduğu sürece birinci yasaya uyacaktır. Bu tersi durumun, kendiliğinden gerçekleşemeyeceği herkesçe bilinir. Buradan da görüldüğü gibi, birinci yasa bu gibi hallerde eksik kalmaktadır. İkinci yasa, hal değişimlerinin belirli bir yönde gerçekleşeceğini ifade ederek, hal değişimlerine yön kısıtlaması getirmiştir.

Termodinamiğin ikinci yasası ayrıca, enerjinin niteliği hakkında da bilgi verir. Yukarıda örneklenen durumun tersi, birinci yasaya uymasına rağmen ikinci yasaya uymamaktadır. Bu uyumsuzluk, entropi kavramı ile açıklanabilir. Çünkü ikinci yasa hal değişiminin belirli bir yönde olacağını ifade ederken, bu yönün entropi artışı yönünde olacağını söyler. Entropi düzensizlik anlamına gelmektedir ve evrenin entropisinin sürekli arttığı her zaman dile getirilmektedir. Entropi ideal olarak kabul edilen tersinir hal değişimleri hariç, tüm hal değişimlerinde artar [27].

Termodinamiğin ikinci yasasının açıklık getirdiği bir diğer kavram ise ekserjidir. Ekserji kullanılabilirlik, elde edilebilecek maksimum iş miktarı gibi anlamlara gelmektedir. Her sistemde kayıplar vardır ve bunun için, hiçbir sistemin verimi yüzde yüz değildir. Bir

sistemdeki tersinmezlikler, sistemdeki enerji kayıpları değerleri, bu kayıpların sebep olduğu ve verimliliği düşüren enerji kaynakları, iyileştirilmesi gereken komponentler sistemlere uygulanan ekserji analizleri ile belirlenebilir [28], [29], [30].

Termodinamiğin üçüncü yasası, bir sistemin mutlak sıfır noktası yani 0 Kelvin'e (-273°C) inildiği takdirde, bütün hareketlerin yavaşlayarak sıfıra, entropinin ise bir sabite yaklaştığını ifade eder. Kristal olmayan maddelerin moleküllerinin diziliş şekillerinin farklılığından kaynaklanan belirsizlik, entropinin 0 değerine değil de bir sabite yaklaşmasının sebebi olarak gösterilebilir. Mutlak sıfır noktasına ulaşan sistemdeki bütün parçacıklar, eşit entropiye sahip olurlar. Bu yasa, mutlak sıfır noktasındaki entropi değeri referans alınarak bazı hesaplamaların yapılmasına olanak sağladığından önem teşkil etmektedir.

Termodinamiğin birinci yasası, enerjinin niceliğini ortaya koyup niteliği ile ilgili bir değerlendirme yapmadığından, termodinamik sistemlerin ekserji analizlerinde yetersiz kalmaktadır. Daha doğru ve güvenilir bir analiz için birinci yasa analizinin yanında, ikinci yasa analizinin de yapılması daha uygun olacaktır.

İkinci yasa analizi, ikinci yasanın üzerinde durduğu entropi ya da ekserji kavramlarından yola çıkılarak yapılabilir. Termodinamik sistemlerin analizinde entropi analizi, karmaşık işlemler gerektirdiğinden ve enerjinin niceliği hakkında bilgi vermediğinden; enerjinin hem niceliğinin hem de niteliğinin ifade edildiği, uygun kontrol hacimleri ile işlemlerin basitleştiği ekserji analizi tercih edilmektedir [28], [31], [32].

3.2 Ekserji

Ekserji, termodinamiğin ikinci yasasının açıklık getirdiği kavramlardan biridir. Ekserji terimi, kaynakların çoğunda kullanılabilir enerji, bir sistemden elde edilebilecek maksimum iş miktarı olarak geçmektedir [27], [33], [34], [35]. Ekserjinin tanımı, enerjinin niteliğini belirlememize yardımcıdır. Eğer enerji, diğer enerji türlerine dönüşebiliyorsa bu enerji kullanılabilir enerji yani ekserjidir (ısı enerjisi ve iç enerji gibi). Hiçbir enerji türüne dönüşmeyen enerji ise, anerji olarak tanımlanır. Çevrenin iç enerjisi, anerjiye örnek olarak verilebilir. Mekanik enerji ve elektrik enerjisi, diğer enerji türlerine sınırsız dönüşebilen enerji türlerindendir.

Belirli ölçütlerde diğer enerji türlerine dönüştürülebilen enerjinin, kullanılabilir ve kullanılamaz enerji yani ekserji ve anerjiden oluştuğu söylenebilir. Bu durum, matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir;

$$\text{Enerji} = \text{Ekserji} + \text{Anerji}$$

Enerjinin ekserji ve anerjiden oluşan matematiksel ifadesi göz önünde bulundurulduğunda, şayet elektrik ve mekanik enerji gibi enerji türlerinden bahsediliyorsa, ifadedeki enerji terimi; ya da çevrenin iç enerjisinden bahsediliyorsa ifadedeki ekserji terimi sıfır olarak alınır. Termodinamiğin birinci yasası, ekserji ve anerjinin toplamının, enerjinin, sabit kaldığını yani korunduğunu ifade eder. Ancak bu enerjinin ne kadarının ekserji ne kadarının anerji olduğu hakkında bize bir bilgi vermez. Yani termodinamiğin birinci yasası, bize enerjinin niceliği hakkında bilgi verir. Enerjinin niteliği hakkında bilgi sahibi olabileceğimiz yasa termodinamiğin ikinci yasasıdır. Termodinamiğin ikinci yasası, tersinir süreçler hariç, ekserjinin bir kısmının anerjiye yani kullanılamaz enerjiye dönüşebileceğini söyler. Bu yüzden ikinci yasa, ekserjinin tüketim kanunu veya enerjinin değer kaybetmesi kanunu olarak da bilinir.

3.3 Tersinir ve Tersinmez Hal Değişimleri

İkinci yasanın hiçbir ısı makinesinin veriminin yüzde yüz olmayacağını ifade etmesi, tersinir ve tersinmez hal değişimlerini gündeme getirmektedir. Bir sistemin veriminin yüzde yüz olamayacağını yanı sıra, sahip olabileceği maksimum ısı veriminin ifade edilebilmesi için, ideal olan referans bir modele gereksinim vardır. Bu model de, mükemmel hal değişimi olarak tanımlayabileceğimiz tersinir hal değişimi kavramıdır.

Doğada, hiçbir hal değişimi tersinir değildir. Makinelerde de, tersinir bir hal değişiminin gerçekleşmesi olanak dışıdır. Sadece bir hal değişiminin, tersinir bir hal değişimine ne kadar yaklaşabildiği ölçütünden bahsedilebilir. Yani tersinir değil de, tersinir hal değişimine yakın bir değişim elde edilebilir. Karşılaştırma açısından, ideal bir model oluşturması ve denge halini barındırdığından, incelenmesinin kolay olmasından dolayı doğada rastlanmamasına rağmen tersinir hal değişimi tanımı yapılmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, tersinir hal değişimindeki değişimin kendiliğinden olduğudur. İkinci yasa, bir hal değişiminin sadece belirli bir yönde olabileceğini açıkça

vurgulamaktadır. Tersi yöndeki hal değişiminin kendiliğinden olması imkansızdır. Bu ancak sisteme bir iş verilmesi ile mümkün olabilecektir.

Mühendislik hesaplamalarında, tersinir hal değişimleri bir hal değişimi için sınır kabul edilir. Verimin fazla olmasını sağlayacak, üretilebilen en yüksek iş, tüketilen en düşük iş olarak düşünülür ve bir sistemin verimi tersinir hal değişimine ne kadar yaklaşabildiğinin bir göstergesi olarak kabul edilir. Tersinir ve tersinmez hal değişimleri kavramları, termodinamiğin ikinci yasasının verim ifadesinin açıklanmasında önemli kavramlar olup, bir sistemin tersinmezlikleri ne kadar az ise o sistemin veriminin o kadar yüksek olduğu ve daha iyi bir tasarım olduğu anlaşılabılır [27].

3.4 İkinci Yasanın Tarihsel Gelişimi

19. yüzyılın başlarında, buhar makinelerinin artan kullanım oranı, termodinamik alanındaki gelişmeleri de beraberinde getirdi. Termodinamiğin kurucusu olarak bilinen Fransız askeri mühendisi Sadi Carnot (1796-1832), o yıllarda ısı enerjisinin mekanik enerjiye dönüşümü hakkında hiçbir bilgi bulunmamasına rağmen, bugünkü ikinci yasanın temellerini attı. Carnot'a göre ısı enerjisinden faydalı bir iş elde etmede, makine tipi ve akışkan cinsinin bir rolü yok idi. Carnot ayrıca, ısının sıcak bir ortamdan soğuk bir ortama kendiliğinden geçtiğini ve ağırlığı olmayan bir madde olduğunu da ileri sürmüştür. Bundan yola çıkarak, sıcaklık farkının olduğu bir sistemde mekanik gücün elde edilebileceğini ya da tersten düşünülerek, mekanik güç tüketiminin mümkün olduğu bir sistemde sıcaklık farkının da oluşturulabileceğini savunmuştur. Her ne kadar bugünkü termodinamik bilgisi için sağlam bir temel oluşturacaksa da Carnot'un bu fikirleri, sağlığında kimsenin ilgisini çekmemiş ancak Carnot öldükten sonra William Thomson (Lord Kelvin), bu fikirler ışığında mutlak sıcaklık ya da Kelvin sıcaklık ölçeği olarak bilinen bu ölçeği tanımlamış ve termodinamik bilimi adına önemli bir adım atmıştır.

1850 yılından önce yapılan çeşitli çalışmaları baz alarak, R. Clausius, termodinamiğin birinci ve ikinci yasalarını ifade etmiştir. R. Clausius, 1865 yılında entropi kavramını tanımlamış ve yine termodinamik bilimi için önemli bir adım daha atılmıştır. Ayrıca, ikinci yasayı William Thomson, Max Planck ve C.Caratheodory de değişik şekillerde formüle etmiştir [16].

Bu kısımda; ayçiçeği yağı entegre tesisi rafinasyon ünitesi, sürekli akışlı bir açık sistem olarak modellenecek ve enerji-ekserji analizleri bu modelleme doğrultusunda yapılacaktır.

3.5 Sürekli Akışlı Açık Bir Sistemin Modellenmesi

Sürekli akışlı açık bir sistem modellenirken, sistemden uygun bir kontrol hacmi alınır. Hesaplamalar, kontrol hacmine giren toplam kütlenin ve enerjinin, kontrol hacmi çıkışında da aynı kalacağı kabulü ile yapılır. Sürekli akışlı açık sistem ifadesindeki ‘sürekli’ terimi, kontrol hacmi içindeki hiçbir özelliğin zamanla değişmediği anlamına gelmektedir. Lüleler, yayıcılar, türbinler, kompresörler ve ısı değiştiricileri mühendislikteki sürekli akışlı açık sistemlere örnektir.

Sürekli akışlı açık bir sistemde, kontrol hacmine giren ve kontrol hacminden çıkan kütleler birbirine eşittir. Bu ifade, kütlenin korunumu ilkesi ile şu şekilde formülize edilebilir [36];

$$\sum_g \dot{m} = \sum_{\varsigma} \dot{m} \quad \left(\frac{kg}{s}\right) \quad (4.1)$$

Ayrıca sürekli akışlı bir sistemde, kontrol hacmine giren ve kontrol hacminden çıkan enerjiler de birbirine eşittir. Bu ifade, enerjinin korunumu ilkesi ile şu şekilde formülize edilebilir;

$$\dot{E}_g = \dot{E}_{\varsigma} \quad (kW) \quad (4.2)$$

(4.1) ve (4.2) ifadeleri kütle ve enerjinin kontrol hacmi içerisinde zamanla değişmediğini toplam kütle ve enerji değişiminin sıfır olduğunu ortaya koymaktadır. Termodinamiğin birinci yasası ve enerjinin korunumu ifadesi;

$$\dot{Q} - \dot{W} = \Delta \dot{E} \quad (4.3)$$

şeklinde yazılabilir.

Birim kütlenin enerjisi $\alpha = h + ke + pe$ olarak alınırsa denklem;

$$\dot{Q}_g + \dot{W}_g + \sum_g \dot{m}\alpha = \dot{Q}_\varsigma + \dot{W}_\varsigma + \sum_\varsigma \dot{m}\alpha \quad (4.4)$$

haline dönüşür [37]. Terimlerin yerlerine yazılması ile de;

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum_\varsigma \dot{m}_\varsigma \left(h_\varsigma + \frac{V_\varsigma^2}{2} + gz_\varsigma \right) - \sum_g \dot{m}_g \left(h_g + \frac{V_g^2}{2} + gz_g \right) \quad (4.5)$$

şeklini alır. (4.5) ifadesinde, yükseklik z_ς - z_g ve hız V_ς - V_g ifadelerinin ihmal edilebilecek küçüklükte olduğu kabulü ile, potansiyel ve kinetik enerji terimleri denklemden çıkartılarak denklem;

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum_\varsigma \dot{m}_\varsigma h_\varsigma - \sum_g \dot{m}_g h_g \quad (4.6)$$

şeklini alır. Adyabatik sistemler söz konusu olduğunda ısı geçişi olan $\dot{Q}$, herhangi bir iş etkileşiminin olmadığı sistemlerde ise, iş geçişi olan $\dot{W}$ sıfır olarak alınır.

Şimdiye kadar yapılan çıkarımlarda, termodinamiğin birinci yasası ışığında nicelik ön plandadır. Çıkarılan denklemlerden de görüldüğü gibi, enerjinin niceliği korunmakla birlikte, niteliğinin azaldığı gerçeği ise göz ardı edilmemelidir.

Termodinamiğin ikinci yasası, hal değişimlerinin yönünü kısıtlamaktadır. Bu kısıtlama ise entropinin artışı yani düzensizliğin artışı yönündedir. Tersinir süreçler hariç, entropi giderek artar. Yani tersinmez süreçlerde entropi artışı olur. Entropinin artışı ifadesi [38];

$$\Delta S \geq \frac{\delta Q}{T} \quad (4.7)$$

şeklinde ifade edilir.

Kütle giriş çıkışları ile entropinin transferi;

$$\dot{S}_{\bar{u}} = \Delta S_{top} \quad (4.8)$$

$$\Delta S_{sis} + \Delta S_{\text{cev}} \geq 0 \quad (4.9)$$

olarak tanımlanır.

$$\frac{dS_{\text{cev}}}{dt} = \sum \frac{\dot{Q}_L}{T_L} \quad (4.10)$$

(4.10) denklemi, T_L sıcaklığındaki ısı depo ile, $\dot{Q}_L$ kadar ısı alışverişi yapan açık sistemlere uyarlanmıştır.

Böylelikle, (4.8) denklemindeki entropi üretimi,

$$\dot{S}_{\text{ü}} = \sum \dot{m}_{\text{ç}} s_{\text{ç}} - \sum \dot{m}_{\text{g}} s_{\text{g}} + \frac{dS_{KH}}{dt} + \sum \frac{\dot{Q}_L}{T_L} \geq 0 \quad (4.11)$$

halini alır.

$\frac{dS_{KH}}{dt}$ terimi, sürekli akışlı açık sistemler için sıfır olarak alınır ve toplam entropi üretimini gösteren denklem;

$$\dot{S}_{\text{ü}} = \sum \dot{m}_{\text{ç}} s_{\text{ç}} - \sum \dot{m}_{\text{g}} s_{\text{g}} + \sum \frac{\dot{Q}_L}{T_L} \geq 0 \quad (4.12)$$

şeklini alır.

Ekserji ise ölü hal koşullarına göre, birim kütle için;

$$ex_{top} = (h - h_0) - T_0(s - s_0) + \frac{v^2 - v_0^2}{2} + g(z - z_0) \quad (4.13)$$

olarak tanımlanır. Ekserji hesaplamalarında, ekserji teriminin 4 komponenti vardır. Bunlar; fiziksel, kinetik, potansiyel ve kimyasal ekserjidir. Tüm bu komponentlerin toplamı ekserjiyi tanımlar. Matematiksel olarak;

$$ex_{top} = ex_{fiz} + ex_{kin} + ex_{pot} + ex_{kim} \quad (4.14)$$

şeklinde ifade edilir.

Fiziksel ekserji;

$$ex_{fiz} = (h - h_0) - T_0(s - s_0) \quad (4.15)$$

veya

$$ex_{fiz} = \left[(c T - c_0 T_0) - T_0 c_{ort} \ln \left(\frac{T}{T_0} \right) \right] \quad (4.16)$$

şeklinde tanımlanabilir [39], [40].

Fiziksel ekserji, debi ile birim fiziksel ekserjinin çarpımı ile elde edilir;

$$\dot{E}x_{fiz} = \dot{m} ex_{fiz} \quad (4.17)$$

Giriş ve çıkış kollarından geçen akımların ekserjileri;

$$\dot{E}x_{fiz} = \dot{m} [(h - h_0) - T_0(s - s_0)] \quad (4.18)$$

veya özgül ısıları bilinen akışkanlar için;

$$\dot{E}x_{fiz} = \dot{m} \left[(c T - c_0 T_0) - T_0 c_{ort} \ln \left(\frac{T}{T_0} \right) \right] \quad (4.19)$$

formülleri yardımı ile hesaplanır [35], [41].

Şayet, akışkanın verilen koşullardaki entalpi değerleri biliniyor ise,örneğin; buhar ve su için, giriş ve çıkış kollarından geçen akımların ekserji değerleri;

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot h \quad (4.20)$$

ve

$$\dot{E}x = \dot{Q} \left(1 - \frac{T_0}{T} \right) \quad (4.21)$$

denklemleri ile hesaplanır [42], [43].

Her bir koldaki ekserji değerlerinin hesaplanmasının ardından, denklem (4.6)'dan elde edilen ısı değerlerinin, (4.21) numaralı denklemde yerine koyulması ile ise, sistem

komponentlerinin yüzeylerinden olan ısı transferinin sebep olduğu ekserji değerleri hesaplanır [44], [45].

$$\dot{E}x = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\zeta} \quad (4.22)$$

Hesaplanan tüm bu değerler, giren ve çıkan olarak tanımlandıktan sonra, denklem (4.22)'de görüldüğü gibi, farkları alınarak her bir komponentteki ekserji kayıpları belirlenir [46], [47].

BÖLÜM 4

RAFİNASYON ÜNİTESİ VE HESAPLAMALAR

4.1 Ayçiçeği Yağı Entegre Tesisi Rafinasyon Ünitesi

Rafinasyon ünitesi; nötralizasyon, ağartma, vinterizasyon ve deodorizasyon olmak üzere 4 bölümden oluşmaktadır. Nötralizasyon işlemi, yağın çeşitli kimyasallarla muamelesi ve çeşitli maddelerin yağdan uzaklaştırılması işlemlerini içerip, fazla miktarlarda ısı transferlerini gerektirmediğinden bu bölüm hesaplamalara katılmamıştır. Isı transferlerinin ve ekserji kayıplarının yüksek olarak öngörüldüğü ve iyileştirme gerektiren komponentlerin olduğu düşünülen ağartma, vinterizasyon ve deodorizasyon bölümleri incelenmiştir.

4.2 Hesaplamalar İçin Gerekli Bilgiler

Akış şemasındaki herbir kolda bulunan akışkanlar, bu akışkanların debi, sıcaklık ve basınç gibi özellikleri fabrikanın akış şemasından elde edilmiştir. Akışkanların özellikleri ve bu özellikler doğrultusunda bir önceki bölümde bahsedilen denklemler yardımıyla elde edilen ekserji değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4. 1 Maddelerin termodinamik özellikleri

	Madde	Debi (kg/h)	Sıcaklık (°C)	Basınç (bar)	Ekserji (kW)
1	Deodorize Yağ	8333	125	.	133,61

Çizelge 4. 1 Maddelerin termodinamik özellikleri (devamı)

2	Nötralize Yağ	8521	80	.	48,10
3	Nötralize Yağ	8521	95	.	72,05
4	Deodorize Yağ	8333	100	.	79,78
5	Buhar	269	144	4	58,41
6	Nötralize Yağ	8521	105	.	91,32
7	Buhar	269	130	4	10,64
8	Ağartma Toprağı	51	25	.	0
9	Ağartılmış Yağ	8521	100	.	81,58
10	Ağartma Toprağı	51	100	.	0,092
11	Buhar	6	140	3,5	1,25
12	Buhar	6	144	4	1,30
13	Buhar	20	144	4	4,34
14	Buhar	20	140	3,5	4,16
15	Ağartılmış Yağ	8521	95	.	72,05
16	Ağartma Toprağı	51	95	.	0,081
17	Ağartılmış Yağ	8492	80	.	47,94
18	Posa	29	80	.	0,16
19	Ağartma Toprağı	51	80	.	0,051
20	Vinterize Yağ	8345	85	.	54,41
21	Deodorize Yağ	8333	75	.	40,33
22	Vinterize Yağ	8345	60	.	23,14
23	Yağ	8492	35	.	6,29

Çizelge 4. 1 Maddelerin termodinamik özellikleri (devamı)

24	Vinterize Yağ	8345	20	.	0,52
25	Soğutulmuş Su	31910	1	.	31,02
26	Yağ	8492	10	.	0,3
27	Soğutulmuş Su	31910	5	.	20,13
28	Soğutulmuş Su	13966	1	.	13,58
29	Soğutulmuş Su	13966	5	.	8,81
30	Perlit	21	20	.	0,0002
31	Vinterize Yağ	614	20	.	0,038
32	Perlit	21	6	.	0,003
33	Soğutulmuş Yağ	9106	6	.	1,45
34	Perlit	42	4	.	0,008
35	Soğutulmuş Yağ	9720	4	.	2,28
36	Perlit	42	13	.	0,003
37	Yağ	9720	13	.	0,24
38	Ilık Su	5516	40	.	12,3
39	Ilık Su	5516	30	.	3,18
40	Buhar	110	144	4	23,88
41	Buhar	110	130	4	4,35
42	Perlit	13	20	.	0,0001
43	Vinterize Yağ	9975	20	.	0,62
44	Soğutulmuş Su	6030	1	.	5,86

Çizelge 4. 1 Maddelerin termodinamik özellikleri (devamı)

45	Soğutulmuş Su	6030	5	.	0,0006
46	Perlit	13	17	.	0,0004
47	Vinterize Yağ	9975	17	.	0,32
48	Soğutulmuş Su	16800	5	.	10,6
49	Deodorize Yağ	8333	25	.	0
50	Deodorize Yağ	8333	40	.	8,64
51	Soğutulmuş Su	16800	1	.	16,33
52	Soğutma Suyu	13160	37	3	21,94
53	Deodorize Yağ	8333	60	.	23,11
54	Soğutma Suyu	13160	32	3	11,26
55	Buhar	162	144	4	35,17
56	Vinterize Yağ	8353	85	.	54,46
57	Vinterize Yağ	8345	95	.	70,56
58	Buhar	8	95	.	0,17
59	Buhar	154	130	4	6,09
60	Buhar	8	90	.	1,06
61	Kurutulmuş Yağ	8345	90	.	62,13
62	Soğutma Suyu	9950	32	.	8,51
63	Soğutma Suyu	9950	33	.	10
64	Deodorize Yağ	8333	230	.	478,86
65	Yağ	8345	200	.	355,46
66	Buhar	50	200	4	14,7
67	Buhar	50	150	4	11,3

Çizelge 4. 1 Maddelerin termodinamik özellikleri (devamı)

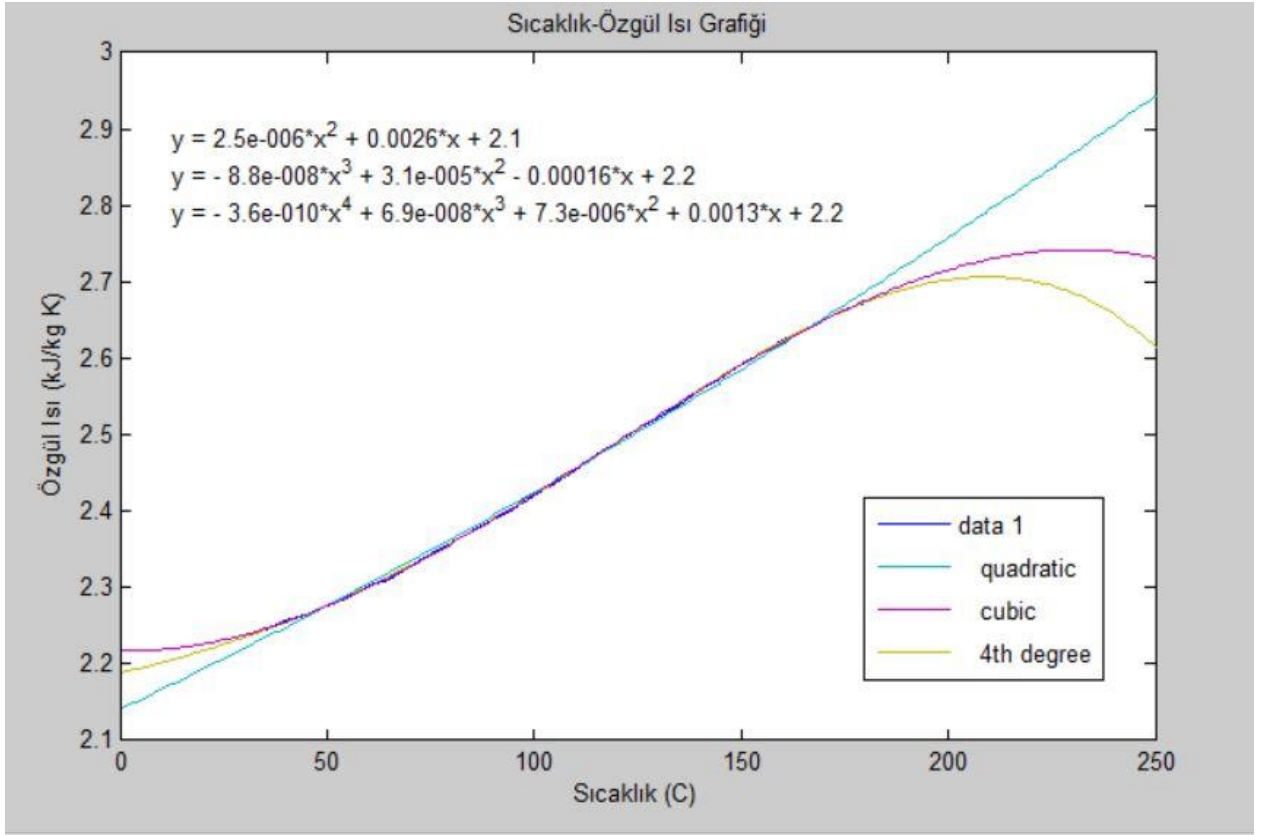
68	Buhar	1100	260	40	381,97
69	Buhar	1100	250	40	142,67
70	Yağ	8345	250	.	572,72
71	Buhar	53	175	4	13,31
72	Yağ asidi	15477	75	.	74,9
73	Yağ asidi	15486	80	.	87,42
74	Soğutma Suyu	7700	32	3	6,59
75	Soğutma Suyu	7709	37	3	12,85

Belirtilen ekserji değerlerinin bulunmasında, denklemlerde de geçen özgül ısı değerleri ayçiçek yağı ve türevleri için Çizelge 4.2’de belirtildiği gibi hesaplamalara katılmıştır.

Çizelge 4.2 Ayçiçek yağının 35°C ile 180°C arasındaki çeşitli sıcaklıklar için özgül ısıları [48]

T (°C)	c_p (kJ/kg K)	T (°C)	c_p (kJ/kg K)	T (°C)	c_p (kJ/kg K)
35	2,244	85	2,374	135	2,539
40	2,257	90	2,388	140	2,558
45	2,263	95	2,403	145	2,574
50	2,276	100	2,421	150	2,592
55	2,287	105	2,437	155	2,608
60	2,302	110	2,455	160	2,625
65	2,311	115	2,473	165	2,636
70	2,328	120	2,491	170	2,650
75	2,345	125	2,508	175	2,662
80	2,359	130	2,523	180	2,72

Ara sıcaklık değerlerindeki özgül ısılar ise Şekil 4.1'deki grafikten elde edilen quadratic denklem ile belirlenmiştir:



Şekil 4.1 Ara sıcaklık değerlerindeki özgül ısıların hesaplanması (MATLAB)

Akış şemasında belirtilen ara sıcaklık değerlerindeki ayçiçeği yağı ve türevlerinin Şekil 4.1'den hesaplanan özgül ısı değerleri ise, Çizelge 4.3'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.3 Ara sıcaklık değerlerindeki ayçiçeği yağı ve türevlerinin özgül ısı değerleri

T (°C)	cp (kJ/kg K)	T (°C)	cp (kJ/kg K)
4	2,110	20	2,153
6	2,116	230	2,830
10	2,126	200	2,720
13	2,134	250	2,906
17	2,150		

Çizelge 4.1’de soğutulmuş su olarak geçen su, içerisinde %10 oranında etilen glikol içeren salamura suyudur. Hesaplamalar için gerekli olan salamura suyu özgül ısı değerleri, Çizelge 4.4’te belirtilmiştir.

Çizelge 4.4 Salamura suyu özgül ısı değerleri [49]

T (°C)	cp (kJ/kg K)	T (°C)	cp (kJ/kg K)
-35	.	50	4,024
-30	.	55	4,033
-25	.	60	4,042
-20	.	65	4,050
-15	.	70	4,059
-10	.	75	4,068
-5	.	80	4,077
0	3,937	85	4,085
5	3,946	90	4,094
10	3,954	95	4,103
15	3,963	100	4,112
20	3,972	105	4,120
25	3,981	110	4,129
30	3,989	115	4,138
35	3,998	120	4,147
40	4,007	125	4,155
45	4,015		

Hesaplamalar bölümünde geçen M.1C, M.2D, M.2E, M.2H, M.2K numaralı elektrik motorlarının güçleri Çizelge 4.5’te belirtildiği gibidir.

Çizelge 4.5 Sistemdeki elektrik motorlarının güçleri

	Güç (kW)
M.1C	7,5
M.2D	7,5
M.2E	7,5
M.2H	3
M.2K	5

Akış şemasında belirtilen sistem içerisinde görülen P.1C, P.2F, P.2H, P.3D, P.3G ve P.3H numaralı pompaların güçleri ise, Çizelge 4.6’da belirtilmiştir.

Çizelge 4.6 Sistemdeki pompaların güçleri

	Güç (kW)
P.1C	14
P.2F	7,5
P.2H	7
P.3D	11
P.3G	2,6
P.3H	7,3

Pompalardaki ekserji kayıpları çok az mertebelerde olduğundan, ihmal edilmiş ve hesaplamalara katılmamıştır.

Ayrıca yapılan hesaplamalarda, plakalı ısı değiştiricilerindeki basınç düşümleri çok az seviyelerde olduğundan göz ardı edilmiştir.

Tesiste, akışkanların komponentler arasındaki transferini sağlayan borular yalıtımlı ve yeterince uzun değildir. Bu yüzden, borulardan olan kayıplar da hesaplamalarda göz ardı edilecektir.

4.3 Ağartma Bölümü

Ağartma bölümü; yağa istenmeyen rengi veren maddelerin, yağdan uzaklaştırılması işlemine dayanmaktadır. Genellikle, nötralize edilen yağa uygulanır. Yağa renk veren maddeler, yağ içerisinde koloidal halde veya çözünmüş olarak bulunabilir. Yağa kötü renk veren maddeler, yağdan adsorbsiyon yöntemi ile alınmaktadır. Bu işlem için, yüksek kaliteli ağartma toprağı veya ağartma kili kullanılır [50]. Ağartma toprağının, içerisinde %10 nem ihtiva etmesine dikkat edilmelidir. Analizi yapılan tesiste, özgül ısı yaklaşık 0,8 kJ/kgK olan yüksek kaliteli ağartma toprağı kullanılmaktadır [51]. Ağartma toprağının özgül ısı, sıcaklık değerlerinin değişmesiyle çok fazla değişmediğinden, her sıcaklık için eşit olarak hesaplamalara koyulmuştur.

Ağartma bölümünde yağ, yaklaşık 85-105°C gibi nispeten yüksek sıcaklıklarda ve vakum altında işlem görmektedir [52]. Bu bölümde, 1A ve 1B numaralı plakalı ısı değiştiriciler, 1C numaralı karıştırıcı tank, 1D numaralı ağartma tankı ve 1E numaralı bir niagara filtresi bulunmaktadır.

Son bölüm olan deodorizasyondan çıkan 125°C sıcaklığındaki deodorize yağın soğumaya, 80°C sıcaklığındaki nötralize yağın ise ağartma işlemleri için ısınmaya ihtiyacı vardır. Bu iki yağ, 1A numaralı plakalı ısı değiştiricisinde karşılaştırılır. Deodorize yağ 100°C'ye soğurken, nötralize yağ 95°C'ye ısınır. Ancak bu sıcaklık, ağartma işleminin yapılması için yeterli bir sıcaklık değeri değildir. Bunun için; 95°C'deki nötralize yağ, 1B plakalı ısı değiştiricisinde 144°C'deki buhar ile yaklaşık 105°C'ye kadar ısıtılır. Buhar ise 130°C'ye soğuyarak kondens olarak 1B numaralı ısı değiştiricisini terk eder.

1C numaralı karıştırıcı tanka gelen 105°C'deki nötralize yağa, 25°C'deki ağartma toprağı ilavesi yapılır. Ayrıca burada, tanka 144°C'de buhar da verilmektedir. Önceden ağartma işlemi kuru olarak yapılmaktayken, son çalışmalar göstermiştir ki, belirli nem seviyesinde ağartma toprağı daha aktif bir hale gelmektedir. Bu yüzden, tanka düşük debide buhar ilavesi yapılır. 25°C'deki ağartma toprağı ile karışan yağ, ağartılmış yağ+ ağartma toprağı olarak 100°C'de tanktan çıkar. Bu işlemde sıcaklık limiti 105°C'dir. Bu sıcaklık değerinin aşılması halinde, yüksek sıcaklıktaki yağın içine katılan ağartma

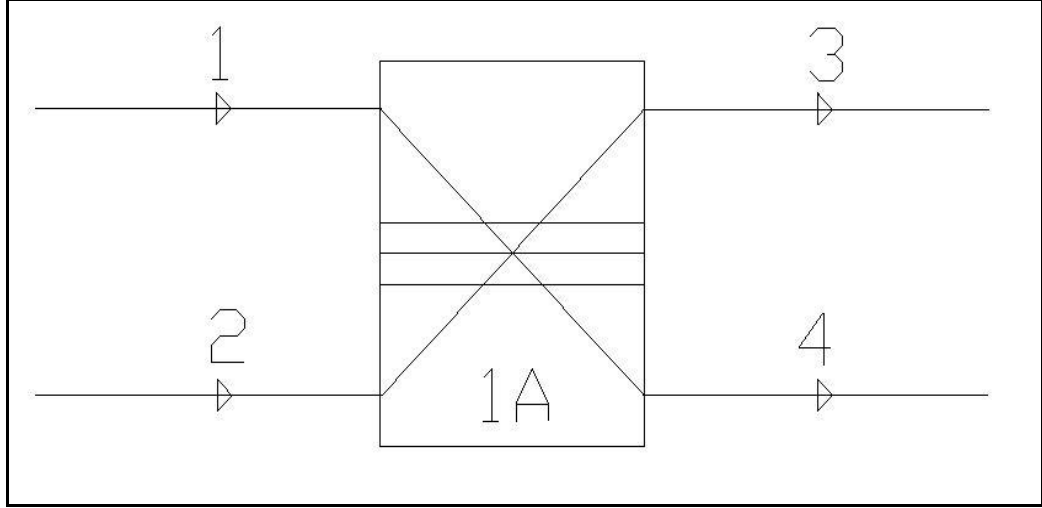
toprağındaki buhar aniden sistemi terk edecek, toprak çökecek ve aktifliğini yitirecektir [23].

100°C'deki ağartılmış yağ+ ağartma toprağı 1D numaralı ağartma tankına P.1C pompası ile basılarak, 144°C'deki buhar yardımıyla bu iki maddenin uzun süreli muamelesi sağlanır. 95°C'deki ağartılmış yağ+ ağartma toprağı karışımı, yağın topraktan ayrılması için 1E numaralı niagara filtrelerine gelir. Ağartma toprağı, istenmeyen maddeleri ve bir miktar yağ da çevresinde toplayarak 80°C'de posa+ ağartma yağ olarak filtrede ayrılır. Bir miktar yağ kaybı ile, 80°C'deki filtrelenmiş ağartılmış yağ, niagara filtresinden çıkarak stok tanklara yollanır. Filtreler tıkanıldığında, filtrelere buhar yollanarak vibrasyon yardımıyla filtreler temizlenmektedir.

Ağartma bölümünün fabrika akış şeması, Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

4.4 Ağartma Bölümü Hesaplamaları

4.4.1 1A Numaralı Plakalı Isı Değiştirici



Şekil 4.3 1A numaralı plakalı ısı değiştirici

Şekil 4.3'teki 1A numaralı plakalı ısı değiştirici için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

1 numaralı akış: Deodorize Yağ

$$T_{1,dyag} = 125^{\circ}C \quad \dot{m}_{1,dyag} = 8333 \frac{kg}{h} \quad c_{1,dyag} = 2,508 \frac{kJ}{kg.K}$$

2 numaralı akış: Nötralize Yağ

$$T_{2,nya} = 80^{\circ}C \quad \dot{m}_{2,nya} = 8521 \frac{kg}{h} \quad c_{2,nya} = 2,359 \frac{kJ}{kg.K}$$

3 numaralı akış: Nötralize Yağ

$$T_{3,nya} = 95^{\circ}C \quad \dot{m}_{3,nya} = 8521 \frac{kg}{h} \quad c_{3,nya} = 2,403 \frac{kJ}{kg.K}$$

4 numaralı akış: Deodorize Yağ

$$T_{4,dyag} = 100^{\circ}C \quad \dot{m}_{4,dyag} = 8333 \frac{kg}{h} \quad c_{4,dyag} = 2,421 \frac{kJ}{kg.K}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 1A numaralı plakalı ısı değıştiricisine giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{1,dyağ} + \dot{m}_{2,nyağ} = \dot{m}_{3,nyağ} + \dot{m}_{4,dyağ}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{1A} + \dot{m}_{1,dyağ} \cdot c_{1,dyağ} \cdot T_{1,dyağ} + \dot{m}_{2,nyağ} \cdot c_{2,nyağ} \cdot T_{2,nyağ} \\ = \dot{m}_{3,nyağ} \cdot c_{3,nyağ} \cdot T_{3,nyağ} + \dot{m}_{4,dyağ} \cdot c_{4,dyağ} \cdot T_{4,dyağ} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{1A} = -71,62 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değeri;

$$\dot{E}x_{1,dyağ} = \dot{m}_{1,dyağ} [(c_{1,dyağ} \cdot T_{1,dyağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{1,dyağ}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{1,dyağ} = 133,61 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{2,nyağ} = \dot{m}_{2,nyağ} [(c_{2,nyağ} \cdot T_{2,nyağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{2,nyağ}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{2,nyağ} = 48,10 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{3,nyağ} = \dot{m}_{3,nyağ} [(c_{3,nyağ} \cdot T_{3,nyağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{3,nyağ}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{3,nyağ} = 72,05 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{4,dyağ} = \dot{m}_{4,dyağ} [(c_{4,dyağ} \cdot T_{4,dyağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{4,dyağ}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{4,dyağ} = 79,78 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 40°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{1A} = \dot{Q}_{1A} (1 - \frac{T_0}{T_{1A}}) \quad \dot{E}x_{1A} = 3,43 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

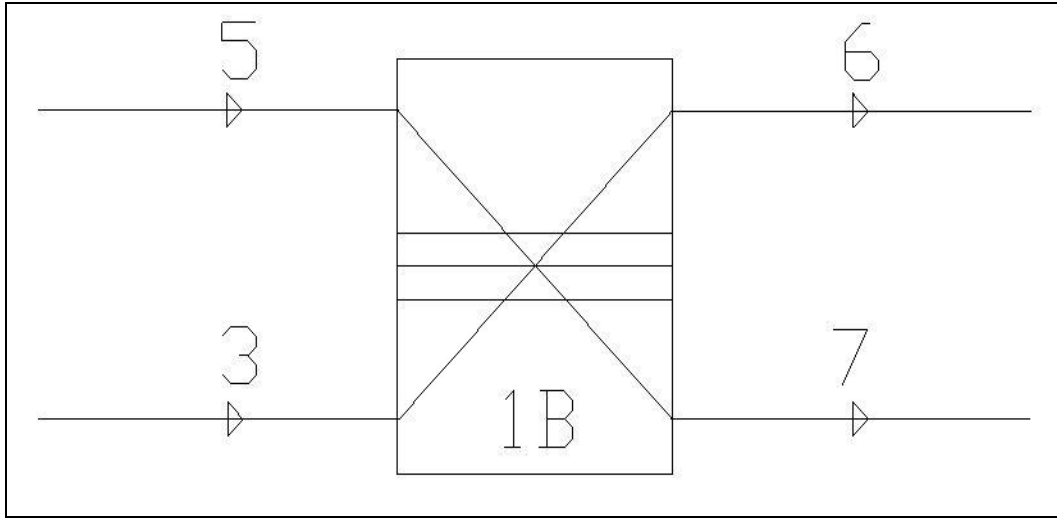
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{1,dyag} + \dot{E}x_{2,nyağ}$$

$$\dot{E}x_{\zeta} = \dot{E}x_{3,nyağ} + \dot{E}x_{4,dyag} + \dot{E}x_{1A}$$

$$\dot{E}x_{yok,1A} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\zeta}$$

$$\dot{E}x_{yok,1A} = 26,45 \text{ kW}$$

4.4.2 1B Numaralı Plakalı Isı Değiştirici



Şekil 4.4 1B numaralı plakalı ısı değiştirici

Şekil 4.4'teki 1B numaralı plakalı ısı değiştirici için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

5 numaralı akış: Buhar

$$T_{5,bhr} = 144^{\circ}C \quad \dot{m}_{5,bhr} = 269 \frac{kg}{h}$$

3 numaralı akış: Nötrale Yağ

$$T_{3,nyağ} = 95^{\circ}C \quad \dot{m}_{3,nyağ} = 8521 \frac{kg}{h} \quad c_{3,nyağ} = 2,403 \frac{kJ}{kg.K}$$

6 numaralı akış: Nötrale Yağ

$$T_{6,nyağ} = 105^{\circ}C \quad \dot{m}_{6,nyağ} = 8521 \frac{kg}{h} \quad c_{6,nyağ} = 2,437 \frac{kJ}{kg.K}$$

7 numaralı akış: Buhar

$$T_{7,bhr} = 130^{\circ}C \quad \dot{m}_{7,bhr} = 269 \frac{kg}{h}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 1B numaralı plakalı ısı değiştiricisine giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{5,bhr} + \dot{m}_{3,nyağ} = \dot{m}_{6,nyağ} + \dot{m}_{7,bhr}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{1B} + \dot{m}_{5,bhr} \cdot c_{5,bhr} \cdot T_{5,bhr} + \dot{m}_{3,nyağ} \cdot c_{3,nyağ} \cdot T_{3,nyağ} \\ = \dot{m}_{6,nyağ} \cdot c_{6,nyağ} \cdot T_{6,nyağ} + \dot{m}_{7,bhr} \cdot c_{7,bhr} \cdot T_{7,bhr} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{1B} = -98,52 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değerleri;

$$\dot{Q}_{5,bhr} = \dot{m}_{5,bhr} \cdot h_{g5}$$

$$\dot{E}x_{5,bhr} = \dot{Q}_{5,bhr} \left(1 - \frac{T_0}{T_{5,bhr}}\right) \quad \dot{E}x_{5,bhr} = 58,41 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{3,nyağ} = \dot{m}_{3,nyağ} \left[(c_{3,nyağ} \cdot T_{3,nyağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln\left(\frac{T_{3,nyağ}}{T_0}\right) \right]$$

$$\dot{E}x_{3,nyağ} = 72,05 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{6,nyağ} = \dot{m}_{6,nyağ} \left[(c_{6,nyağ} \cdot T_{6,nyağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln\left(\frac{T_{6,nyağ}}{T_0}\right) \right]$$

$$\dot{E}x_{6,nyağ} = 91,32 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{7,bhr} = \dot{m}_{7,bhr} \cdot h_{f7}$$

$$\dot{E}x_{7,bhr} = \dot{Q}_{7,bhr} \left(1 - \frac{T_0}{T_{7,bhr}}\right) \quad \dot{E}x_{7,bhr} = 10,64 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 40°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{1B} = \dot{Q}_{1B} \left(1 - \frac{T_0}{T_{1B}}\right) \quad \dot{E}x_{1B} = 4,72 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

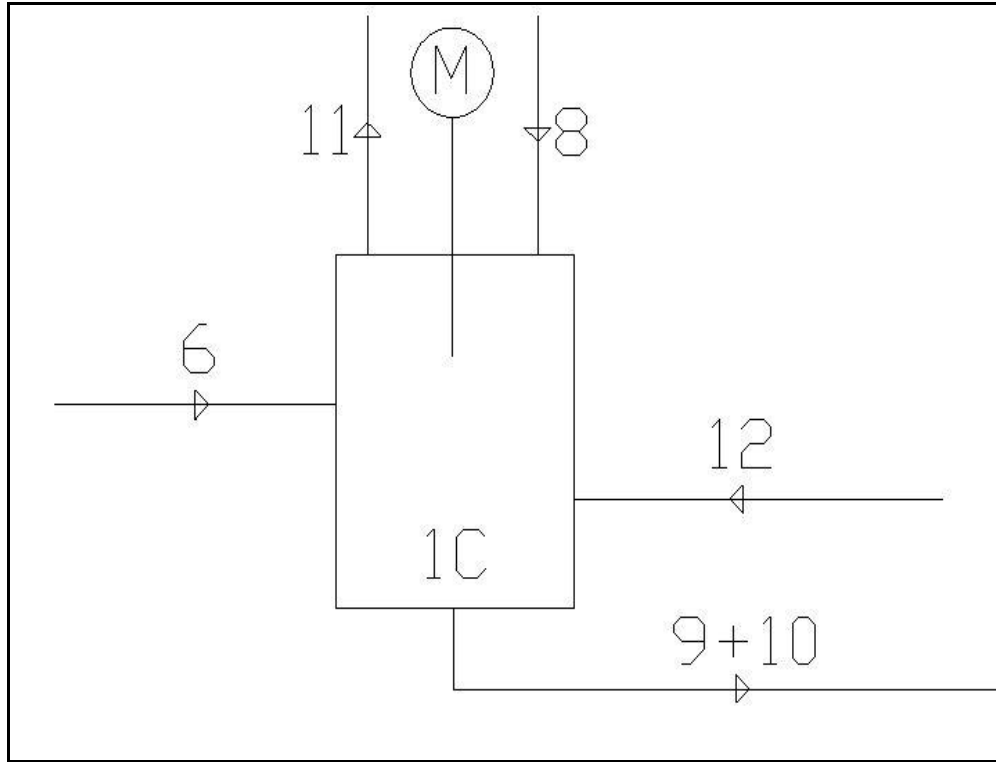
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{5,bhr} + \dot{E}x_{3,nyağ}$$

$$\dot{E}x_{\zeta} = \dot{E}x_{6,nyağ} + \dot{E}x_{7,bhr} + \dot{E}x_{1B}$$

$$\dot{E}x_{yok,1B} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\zeta}$$

$$\dot{E}x_{yok,1B} = 23,78 \text{ kW}$$

4.4.3 1C Numaralı Karıştırıcı Tank



Şekil 4.5 1C numaralı karıştırıcı tank

Şekil 4.5'teki 1C numaralı karıştırıcı tank için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

6 numaralı akış: Nötralize Yağ

$$T_{6,nyağ} = 105^{\circ}C \quad \dot{m}_{6,nyağ} = 8521 \frac{kg}{h} \quad c_{6,nyağ} = 2,437 \frac{kJ}{kg.K}$$

8 numaralı akış: Ağartma Toprağı

$$T_{8,at} = 25^{\circ}C \quad \dot{m}_{8,at} = 51 \frac{kg}{h} \quad c_{8,at} = 0,8 \frac{kJ}{kg.K}$$

9 numaralı akış: Ağartılmış Yağ

$$T_{9,ayağ} = 100^{\circ}C \quad \dot{m}_{9,ayağ} = 8521 \frac{kg}{h} \quad c_{9,ayağ} = 2,421 \frac{kJ}{kg.K}$$

10 numaralı akış: Ağartma Toprağı

$$T_{10,at} = 100^{\circ}C \quad \dot{m}_{10,at} = 51 \frac{kg}{h} \quad c_{10,at} = 0,8 \frac{kJ}{kg.K}$$

11 numaralı akış: Buhar

$$T_{11,bhr} = 140^{\circ}C \quad \dot{m}_{11,bhr} = 6 \frac{kg}{h}$$

12 numaralı akış: Buhar

$$T_{12,bhr} = 144^{\circ}C \quad \dot{m}_{12,bhr} = 6 \frac{kg}{h}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 1C numaralı karıştırıcı tanka giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{6,nyağ} + \dot{m}_{8,at} + \dot{m}_{12,bhr} = \dot{m}_{9,ayağ} + \dot{m}_{10,at} + \dot{m}_{11,bhr}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{1C} + \dot{m}_{6,nyağ} \cdot c_{6,nyağ} \cdot T_{6,nyağ} + \dot{m}_{8,at} \cdot c_{8,at} \cdot T_{8,at} + \dot{m}_{12,bhr} \cdot c_{12,bhr} \cdot T_{12,bhr} \\ = \dot{m}_{9,ayağ} \cdot c_{9,ayağ} \cdot T_{9,ayağ} + \dot{m}_{10,at} \cdot c_{10,at} \cdot T_{10,at} \\ + \dot{m}_{11,bhr} \cdot c_{11,bhr} \cdot T_{11,bhr} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{1C} = -31,86 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değerleri;

$$\dot{E}x_{6,nyağ} = \dot{m}_{6,nyağ} [(c_{6,nyağ} \cdot T_{6,nyağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{6,nyağ}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{6,nyağ} = 91,32 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{8,at} = \dot{m}_{8,at} [(c_{8,at} \cdot T_{8,at} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{8,at}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{8,at} = 0 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{9,aya\ddot{g}} = \dot{m}_{9,aya\ddot{g}}[(c_{9,aya\ddot{g}} \cdot T_{9,aya\ddot{g}} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{9,aya\ddot{g}}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{9,aya\ddot{g}} = 81,58 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{10,at} = \dot{m}_{10,at}[(c_{10,at} \cdot T_{10,at} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{10,at}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{10,at} = 0,092 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{11,bhr} = \dot{m}_{11,bhr} \cdot h_{g11}$$

$$\dot{E}x_{11,bhr} = \dot{Q}_{11,bhr}(1 - \frac{T_0}{T_{11,bhr}}) \quad \dot{E}x_{11,bhr} = 1,25 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{12,bhr} = \dot{m}_{12,bhr} \cdot h_{g12}$$

$$\dot{E}x_{12,bhr} = \dot{Q}_{12,bhr}(1 - \frac{T_0}{T_{12,bhr}}) \quad \dot{E}x_{12,bhr} = 1,30 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 40°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{1c} = \dot{Q}_{1c}(1 - \frac{T_0}{T_{1c}}) \quad \dot{E}x_{1c} = 1,53 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

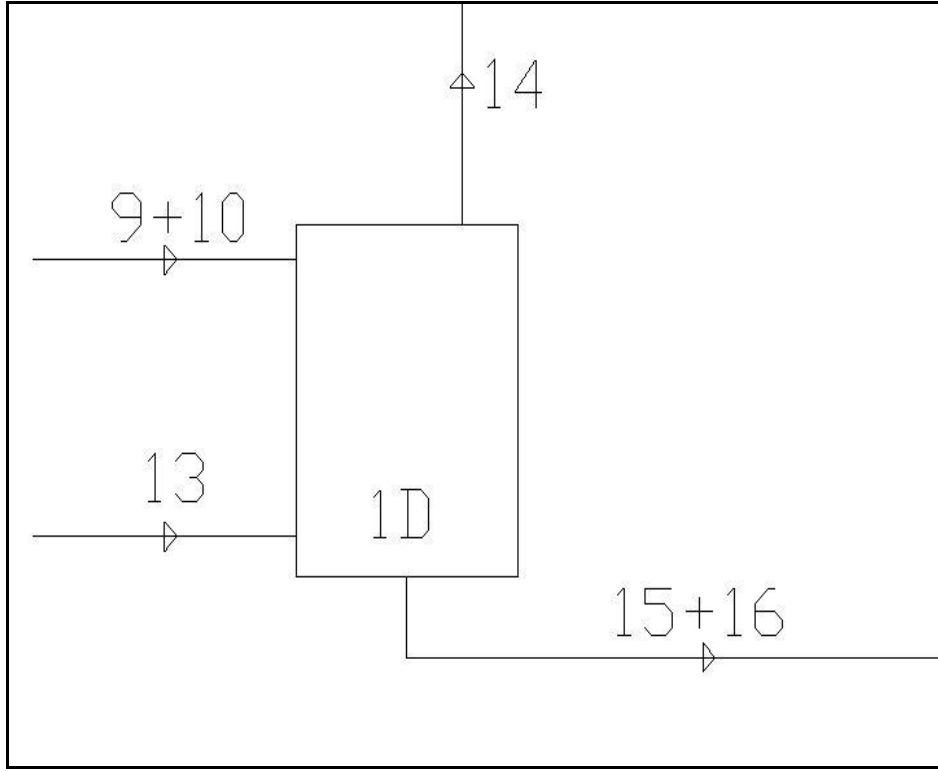
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{6,nya\ddot{g}} + \dot{E}x_{8,at} + \dot{E}x_{12,bhr} + \dot{W}_{1c}$$

$$\dot{E}x_{\zeta} = \dot{E}x_{9,aya\ddot{g}} + \dot{E}x_{10,at} + \dot{E}x_{11,bhr} + \dot{E}x_{1c}$$

$$\dot{E}x_{yok,1c} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\zeta}$$

$$\dot{E}x_{yok,1c} = 15,67 \text{ kW}$$

4.4.4 1D Numaralı Ağartma Tankı



Şekil 4.6 1D numaralı ağartma tankı

Şekil 4.6'daki 1D ağartma tankı için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

9 numaralı akış: Ağartılmış Yağ

$$T_{9,ayag} = 100^{\circ}C \quad \dot{m}_{9,ayag} = 8521 \frac{kg}{h} \quad c_{9,ayag} = 2,421 \frac{kJ}{kg.K}$$

10 numaralı akış: Ağartma Toprağı

$$T_{10,at} = 100^{\circ}C \quad \dot{m}_{10,at} = 51 \frac{kg}{h} \quad c_{10,at} = 0,8 \frac{kJ}{kg.K}$$

13 numaralı akış: Buhar

$$T_{13,bhr} = 144^{\circ}C \quad \dot{m}_{13,bhr} = 20 \frac{kg}{h}$$

14 numaralı akış: Buhar

$$T_{14,bhr} = 140^{\circ}C \quad \dot{m}_{14,bhr} = 20 \frac{kg}{h}$$

15 numaralı akış: Ağartılmış Yağ

$$T_{15,ayağ} = 95^{\circ}C \quad \dot{m}_{15,ayağ} = 8521 \frac{kg}{h} \quad c_{15,ayağ} = 2,403 \frac{kJ}{kg.K}$$

16 numaralı akış: Ağartma Toprağı

$$T_{16,at} = 95^{\circ}C \quad \dot{m}_{16,at} = 51 \frac{kg}{h} \quad c_{16,at} = 0,8 \frac{kJ}{kg.K}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 1D numaralı ağartma tankına giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{9,ayağ} + \dot{m}_{10,at} + \dot{m}_{13,bhr} = \dot{m}_{14,bhr} + \dot{m}_{15,ayağ} + \dot{m}_{16,at}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{1D} + \dot{m}_{9,ayağ} \cdot c_{9,ayağ} \cdot T_{9,ayağ} + \dot{m}_{10,at} \cdot c_{10,at} \cdot T_{10,at} + \dot{m}_{13,bhr} \cdot c_{13,bhr} \cdot T_{13,bhr} \\ = \dot{m}_{14,bhr} \cdot c_{14,bhr} \cdot T_{14,bhr} + \dot{m}_{15,ayağ} \cdot c_{15,ayağ} \cdot T_{15,ayağ} \\ + \dot{m}_{16,at} \cdot c_{16,at} \cdot T_{16,at} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{1D} = -33,03 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değerleri;

$$\dot{E}x_{9,ayağ} = \dot{m}_{9,ayağ} [(c_{9,ayağ} \cdot T_{9,ayağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{9,ayağ}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{9,ayağ} = 81,58 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{10,at} = \dot{m}_{10,at} [(c_{10,at} \cdot T_{10,at} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{10,at}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{10,at} = 0,092 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{13,bhr} = \dot{m}_{13,bhr} \cdot h_{g13}$$

$$\dot{E}x_{13,bhr} = \dot{Q}_{13,bhr} (1 - \frac{T_0}{T_{13,bhr}}) \quad \dot{E}x_{13,bhr} = 4,34 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{14,bhr} = \dot{m}_{14,bhr} \cdot h_{g14}$$

$$\dot{E}x_{14,bhr} = \dot{Q}_{14,bhr} \left(1 - \frac{T_0}{T_{14,bhr}}\right) \quad \dot{E}x_{14,bhr} = 4,16 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{15,ayag} = \dot{m}_{15,ayag} [(c_{15,ayag} \cdot T_{15,ayag} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln\left(\frac{T_{15,ayag}}{T_0}\right)]$$

$$\dot{E}x_{15,ayag} = 72,05 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{16,at} = \dot{m}_{16,at} [(c_{16,at} \cdot T_{16,at} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln\left(\frac{T_{16,at}}{T_0}\right)]$$

$$\dot{E}x_{16,at} = 0,081 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 40°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{1D} = \dot{Q}_{1D} \left(1 - \frac{T_0}{T_{1D}}\right) \quad \dot{E}x_{1D} = 1,58 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

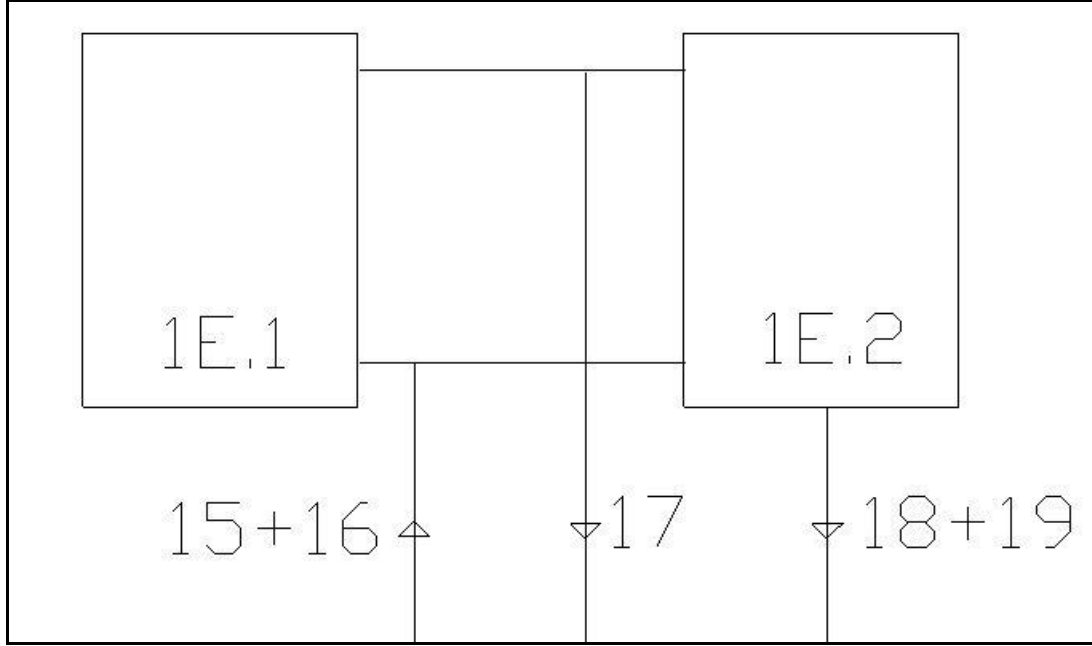
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{9,ayag} + \dot{E}x_{10,at} + \dot{E}x_{13,bhr}$$

$$\dot{E}x_{\zeta} = \dot{E}x_{14,bhr} + \dot{E}x_{15,ayag} + \dot{E}x_{16,at} + \dot{E}x_{1D}$$

$$\dot{E}x_{yok,1D} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\zeta}$$

$$\dot{E}x_{yok,1D} = 8,14 \text{ kW}$$

4.4.5 1E Numaralı Niagara Filtresi



Şekil 4.7 1E numaralı niagara filtresi

Şekil 4.7’deki 1E numaralı niagara filtresi için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

15 numaralı akış: Ağartılmış Yağ

$$T_{15,ayağ} = 95^{\circ}C \quad \dot{m}_{15,ayağ} = 8521 \frac{kg}{h} \quad c_{15,ayağ} = 2,403 \frac{kJ}{kg.K}$$

16 numaralı akış: Ağartma Toprağı

$$T_{16,at} = 95^{\circ}C \quad \dot{m}_{16,at} = 51 \frac{kg}{h} \quad c_{16,at} = 0,8 \frac{kJ}{kg.K}$$

17 numaralı akış: Ağartılmış Yağ

$$T_{17,ayağ} = 80^{\circ}C \quad \dot{m}_{17,ayağ} = 8492 \frac{kg}{h} \quad c_{17,ayağ} = 2,359 \frac{kJ}{kg.K}$$

18 numaralı akış: Posa

$$T_{18,ps} = 80^{\circ}C \quad \dot{m}_{18,ps} = 29 \frac{kg}{h} \quad c_{18,ps} = 2,359 \frac{kJ}{kg.K}$$

19 numaralı akış: Ağartma Toprağı

$$T_{19,at} = 80^{\circ}C \quad \dot{m}_{19,at} = 51 \frac{kg}{h} \quad c_{19,at} = 0,8 \frac{kJ}{kg.K}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 1E numaralı niagara filtresine giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{15,ayağ} + \dot{m}_{16,at} = \dot{m}_{17,ayağ} + \dot{m}_{18,ps} + \dot{m}_{19,at}$$

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{1E} + \dot{m}_{15,ayağ} \cdot c_{15,ayağ} \cdot T_{15,ayağ} + \dot{m}_{16,at} \cdot c_{16,at} \cdot T_{16,at} \\ = \dot{m}_{17,ayağ} \cdot c_{17,ayağ} \cdot T_{17,ayağ} + \dot{m}_{18,ps} \cdot c_{18,ps} \cdot T_{18,ps} \\ + \dot{m}_{19,at} \cdot c_{19,at} \cdot T_{19,at}\end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{1E} = -93,82 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değerleri;

$$\dot{Ex}_{15,ayağ} = \dot{m}_{15,ayağ} [(c_{15,ayağ} \cdot T_{15,ayağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{15,ayağ}}{T_0})]$$

$$\dot{Ex}_{15,ayağ} = 72,05 \text{ kW}$$

$$\dot{Ex}_{16,at} = \dot{m}_{16,at} [(c_{16,at} \cdot T_{16,at} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{16,at}}{T_0})]$$

$$\dot{Ex}_{16,at} = 0,081 \text{ kW}$$

$$\dot{Ex}_{17,ayağ} = \dot{m}_{17,ayağ} [(c_{17,ayağ} \cdot T_{17,ayağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{17,ayağ}}{T_0})]$$

$$\dot{Ex}_{17,ayağ} = 47,94 \text{ kW}$$

$$\dot{Ex}_{18,ps} = \dot{m}_{18,ps} [(c_{18,ps} \cdot T_{18,ps} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{18,ps}}{T_0})]$$

$$\dot{Ex}_{18,ps} = 0,16 \text{ kW}$$

$$\dot{Ex}_{19,at} = \dot{m}_{19,at} [(c_{19,at} \cdot T_{19,at} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{19,at}}{T_0})]$$

$$\dot{Ex}_{19,at} = 0,051 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 40°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{1E} = \dot{Q}_{1E} \left(1 - \frac{T_0}{T_{1E}}\right) \quad \dot{E}x_{1E} = 4,5 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{15,ayag} + \dot{E}x_{16,at}$$

$$\dot{E}x_{\zeta} = \dot{E}x_{17,ayag} + \dot{E}x_{18,ps} + \dot{E}x_{19,at} + \dot{E}x_{1E}$$

$$\dot{E}x_{yok,1E} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\zeta}$$

$$\dot{E}x_{yok,1E} = 19,48 \text{ kW}$$

4.5 Vinterizasyon Bölümü

Bu bölümün amacı, yağın içerisinde erime noktası yüksek trigliseritlerin ve mumsu maddelerin yağdan uzaklaştırılmasıdır. Böylece, düşük sıcaklıklarda yağın depolanması veya saklanması gibi durumlarda, bulanma ve tortulaşma önlenmiş olur. Vinterizasyon işlemi, düşük sıcaklıklarda yapılan bir işlemdir. Bu işlemi gerçekleştirmek için, yağ olabildiğince soğutulur. Yağın soğutulacağı sıcaklık değerlerine, her işletme kendi karar vermektedir.

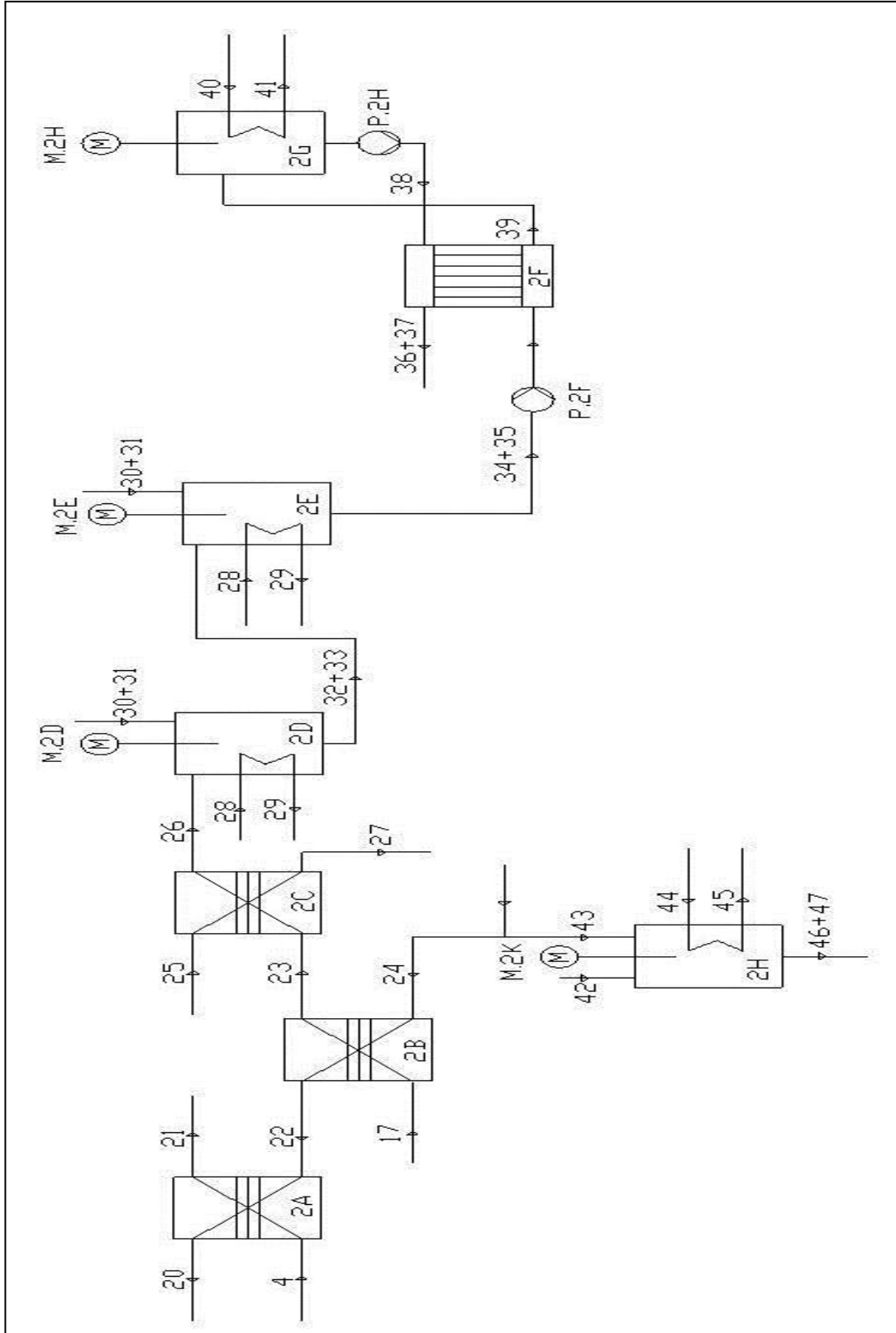
Vinterize yağ stok tankından çıkan yağın ısınmaya, vinterizasyon işlemine tabii tutulacak yağın ise, işlem için soğumaya ihtiyacı vardır. Bu yüzden bu yağlar, 2A, 2B ve 2C plakalı ısı değiştiricilerinde kademeli olarak ısıtılır ve soğutulurlar. Ağartma bölümünde, 1A numaralı ısı değiştiricisinde 100°C'ye kadar soğutulan deodorize yağ, daha da soğuması için 2A numaralı plakalı ısı değiştiricisine yollanır. Burada 60°C'deki vinterize yağ ile karşılaşp 75°C'ye soğur. 60°C'deki vinterize yağ ise 85°C'ye ısınmış olur. Ağartma bölümünde 1E numaralı niagara filtresinden çıkan 80°C'deki yağ vinterize işlemine uygun bir sıcaklık değerine soğumalıdır. Bunun için, ısınmaya ihtiyacı olan vinterize yağ, stok tankından gelen 20°C'deki vinterize yağ ile karşılaştırılır. 20°C'deki vinterize yağ, 2B numaralı plakalı ısı değiştiricisinde 60°C'ye ısıtılırken, 80°C'deki ağartılmış yağ, 35°C'ye soğutulur.

Yağ henüz vinterize işlemine uygun sıcaklıkta olmadığından, 2C numaralı plakalı ısı değiştiricisinde daha da soğuması için yaklaşık 1°C'deki salamura suyu ile karşılaştırılır. Salamura suyu, içerisinde yaklaşık %10 etilen glikol barındıran sudur. 1°C'deki salamura suyu 5°C'ye ısınırken, yağ 35°C'den 10°C'ye soğutulur. 10°C'ye soğutulan yağ, 2D numaralı kristalize tankına kendi akışı ile gelir. Burada, 20°C'deki bir miktar perlit ve vinterize yağ ile karışır. Perlit, özgül ısı yaklaşık 0,9 kJ/kgK olan proseste filtre yardımcısı olarak geçen bir maddedir [53]. Perlitin özgül ısı, sıcaklık değerlerinin değişmesiyle çok fazla değişmediğinden, her sıcaklık için eşit olarak hesaplamalara koyulmuştur.

Yağın daha da soğuması için, sisteme 1°C'de salamura suyu yollanmakta ve çıkışta salamura suyu yaklaşık 5°C'ye kadar ısınmaktadır. Perlit+ soğutulmuş yağ karışımı ise, 6°C'ye kadar soğutulur. Ardından bu karışım, 2D numaralı kristalize tankı ile eş olan 2E numaralı olgunlaştırıcı tanka gelir. Kristalize tankında olduğu gibi karışım, yine bir miktar 20°C'deki perlit ve vinterize yağ ile karıştırılır. 6°C'deki perlit+ soğutulmuş yağ karışımının daha da soğutulması için tanka 1°C'deki salamura suyu yollanarak, 5°C'ye ısınır. Perlit+ soğutulmuş yağ karışımı da, 4°C'ye soğutulmuş olur. 4°C'deki karışım 2F numaralı borulu ısı değiştiricisine P.2F numaralı pompa ile basılır. Karışım 4°C'den yaklaşık 13°C'ye ısınması için 40°C'deki ılık su ile karşılaştırılır. 30°C'ye soğuyan ılık su, tekrardan ısınması için, 2G numaralı sıcak su tankına gelir. 30°C'deki ılık su, 144°C'deki buhar ile tekrar 40°C'ye ısıtılarak P.2H pompası ile, 2F numaralı borulu ısı değiştiricisine basılır. 144°C'deki buhar ise, sistemi 130°C'de kondens olarak sistemi terk eder.

Vinterize yağ stok tankından gelen 20°C'deki vinterize yağ da, 2H numaralı prekot tankına kendi akışı ile gelerek, 2D ve 2E numaralı tanklardaki işlemin bir benzerine tabii tutulur. 20°C'deki perlit ve vinterize yağ, 1°C'deki salamura suyu ile yaklaşık 17°C'ye soğutulur, salamura suyu ise 5°C civarına ısınmış olur.

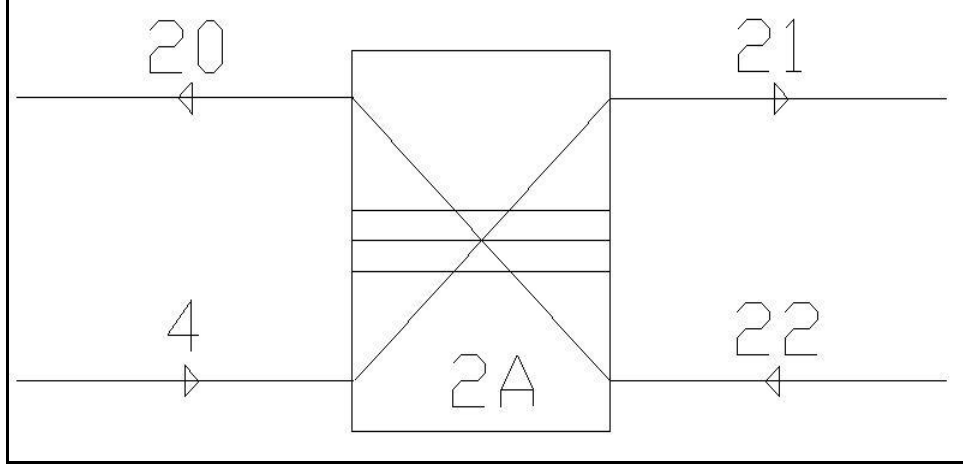
Vinterizasyon bölümünün fabrika akış şeması, Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Vinterizasyon bölümü akım şeması

4.6 Vinterizasyon Bölümü Hesaplamaları

4.6.1 2A Numaralı Plakalı Isı Değiştirici



Şekil 4.9 2A numaralı plakalı ısı değiştirici

Şekil 4.9'daki 2A numaralı plakalı ısı değiştirici için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

20 numaralı akış: Vinterize Yağ

$$T_{20,vyag} = 85^{\circ}C \quad \dot{m}_{20,vyag} = 8345 \frac{kg}{h} \quad c_{20,vyag} = 2,374 \frac{kJ}{kg.K}$$

4 numaralı akış: Deodorize Yağ

$$T_{4,dyağ} = 100^{\circ}C \quad \dot{m}_{4,dyağ} = 8333 \frac{kg}{h} \quad c_{4,dyağ} = 2,421 \frac{kJ}{kg.K}$$

21 numaralı akış: Deodorize Yağ

$$T_{21,dyağ} = 75^{\circ}C \quad \dot{m}_{21,dyağ} = 8333 \frac{kg}{h} \quad c_{21,dyağ} = 2,345 \frac{kJ}{kg.K}$$

22 numaralı akış: Vinterize Yağ

$$T_{22,vyag} = 60^{\circ}C \quad \dot{m}_{22,vyag} = 8345 \frac{kg}{h} \quad c_{22,vyag} = 2,302 \frac{kJ}{kg.K}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 2A numaralı plakalı ısı değiştiricisine giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{4,dya\ddot{g}} + \dot{m}_{22,vya\ddot{g}} = \dot{m}_{20,vya\ddot{g}} + \dot{m}_{21,dya\ddot{g}}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{2A} + \dot{m}_{4,dya\ddot{g}} \cdot c_{4,dya\ddot{g}} \cdot T_{4,dya\ddot{g}} + \dot{m}_{22,vya\ddot{g}} \cdot c_{22,vya\ddot{g}} \cdot T_{22,vya\ddot{g}} \\ = \dot{m}_{20,vya\ddot{g}} \cdot c_{20,vya\ddot{g}} \cdot T_{20,vya\ddot{g}} + \dot{m}_{21,dya\ddot{g}} \cdot c_{21,dya\ddot{g}} \cdot T_{21,dya\ddot{g}} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{2A} = -5,7 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değerleri;

$$\dot{E}x_{20,vya\ddot{g}} = \dot{m}_{20,vya\ddot{g}} [(c_{20,vya\ddot{g}} \cdot T_{20,vya\ddot{g}} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{20,vya\ddot{g}}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{20,vya\ddot{g}} = 54,41 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{4,dya\ddot{g}} = \dot{m}_{4,dya\ddot{g}} [(c_{4,dya\ddot{g}} \cdot T_{4,dya\ddot{g}} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{4,dya\ddot{g}}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{4,dya\ddot{g}} = 79,78 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{21,dya\ddot{g}} = \dot{m}_{21,dya\ddot{g}} [(c_{21,dya\ddot{g}} \cdot T_{21,dya\ddot{g}} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{21,dya\ddot{g}}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{21,dya\ddot{g}} = 40,33 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{22,vya\ddot{g}} = \dot{m}_{22,vya\ddot{g}} [(c_{22,vya\ddot{g}} \cdot T_{22,vya\ddot{g}} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{22,vya\ddot{g}}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{22,vya\ddot{g}} = 23,14 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 40°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{2A} = \dot{Q}_{2A} (1 - \frac{T_0}{T_{2A}}) \quad \dot{E}x_{2A} = 0,27 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

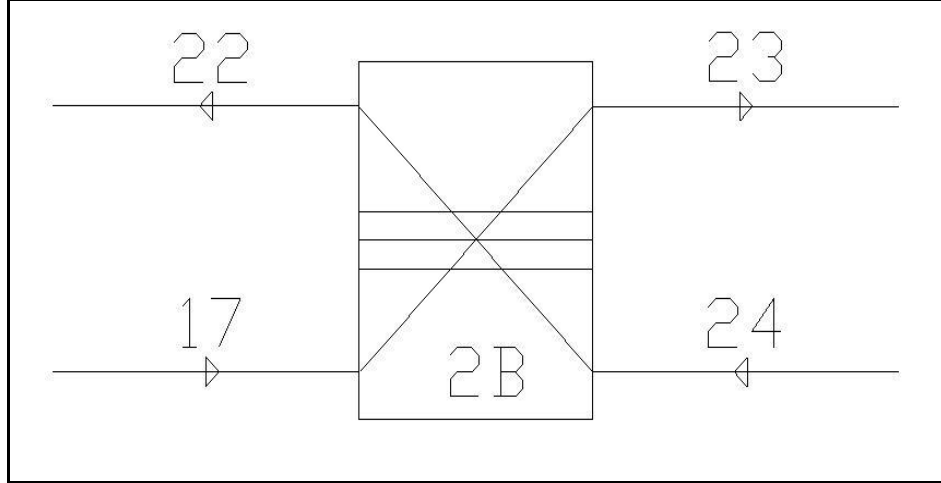
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{4,dya\ddot{g}} + \dot{E}x_{22,vya\ddot{g}}$$

$$\dot{E}x_{\zeta} = \dot{E}x_{20,vya\ddot{g}} + \dot{E}x_{21,dya\ddot{g}} + \dot{E}x_{2A}$$

$$\dot{E}x_{yok,2A} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\zeta}$$

$$\dot{E}x_{yok,2A} = 7,91 \text{ kW}$$

4.6.2 2B Numaralı Plakalı Isı Değiştirici



Şekil 4.10 2B numaralı plakalı ısı değiştirici

Şekil 4.10'daki 2B numaralı plakalı ısı değiştirici için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

22 numaralı akış: Vinterize Yağ

$$T_{22,vyağ} = 60^{\circ}C \quad \dot{m}_{22,vyağ} = 8345 \frac{kg}{h} \quad c_{22,vyağ} = 2,302 \frac{kJ}{kg.K}$$

17 numaralı akış: Ağartılmış Yağ

$$T_{17,ayağ} = 80^{\circ}C \quad \dot{m}_{17,ayağ} = 8492 \frac{kg}{h} \quad c_{17,ayağ} = 2,359 \frac{kJ}{kg.K}$$

23 numaralı akış: Yağ

$$T_{23,yağ} = 35^{\circ}C \quad \dot{m}_{23,yağ} = 8492 \frac{kg}{h} \quad c_{23,yağ} = 2,244 \frac{kJ}{kg.K}$$

24 numaralı akış: Vinterize Yağ

$$T_{24,vyağ} = 20^{\circ}C \quad \dot{m}_{24,vyağ} = 8345 \frac{kg}{h} \quad c_{24,vyağ} = 2,153 \frac{kJ}{kg.K}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 2B numaralı plakalı ısı değıştiricisine giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{17,ayağ} + \dot{m}_{24,vyag} = \dot{m}_{22,vyag} + \dot{m}_{23,yag}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{2B} + \dot{m}_{17,ayağ} \cdot c_{17,ayağ} \cdot T_{17,ayağ} + \dot{m}_{24,vyag} \cdot c_{24,vyag} \cdot T_{24,vyag} \\ = \dot{m}_{22,vyag} \cdot c_{22,vyag} \cdot T_{22,vyag} + \dot{m}_{23,yag} \cdot c_{23,yag} \cdot T_{23,yag} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{2B} = -39,55 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değerleri;

$$\dot{E}x_{22,vyag} = \dot{m}_{22,vyag} [(c_{22,vyag} \cdot T_{22,vyag} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{22,vyag}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{22,vyag} = 23,14 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{17,ayağ} = \dot{m}_{17,ayağ} [(c_{17,ayağ} \cdot T_{17,ayağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{17,ayağ}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{17,ayağ} = 47,94 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{23,yag} = \dot{m}_{23,yag} [(c_{23,yag} \cdot T_{23,yag} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{23,yag}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{23,yag} = 6,29 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{24,vyag} = \dot{m}_{24,vyag} [(c_{24,vyag} \cdot T_{24,vyag} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{24,vyag}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{24,vyag} = 0,52 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 40°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{2B} = \dot{Q}_{2B} (1 - \frac{T_0}{T_{2B}}) \quad \dot{E}x_{2B} = 1,9 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

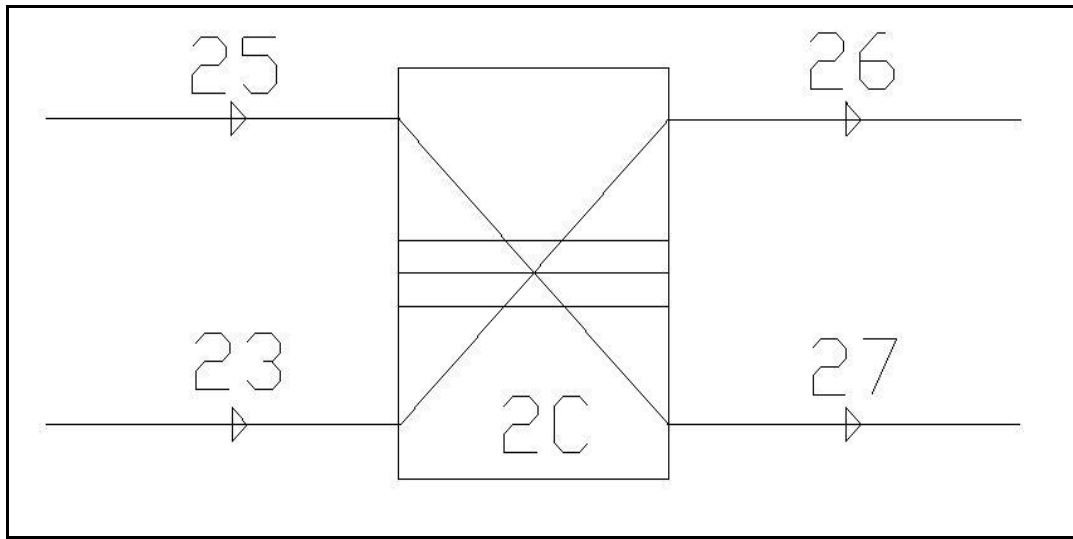
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{17, ayağ} + \dot{E}x_{24, vyağ}$$

$$\dot{E}x_{\dot{\varsigma}} = \dot{E}x_{22, vyağ} + \dot{E}x_{23, yağ} + \dot{E}x_{2B}$$

$$\dot{E}x_{yok, 2B} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\dot{\varsigma}}$$

$$\dot{E}x_{yok, 2B} = 17,13 \text{ kW}$$

4.6.3 2C Numaralı Plakalı Isı Değiştirici



Şekil 4.11 2C numaralı plakalı ısı değiştirici

Şekil 4.11'deki 2C numaralı plakalı ısı değiştirici için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

25 numaralı akış: Soğutulmuş Su

$$T_{25, smş} = 1^{\circ}C \quad \dot{m}_{25, smş} = 31910 \frac{kg}{h} \quad c_{25, smş} = 3,939 \frac{kJ}{kg.K}$$

23 numaralı akış: Yağ

$$T_{23, yağ} = 35^{\circ}C \quad \dot{m}_{23, yağ} = 8492 \frac{kg}{h} \quad c_{23, yağ} = 2,244 \frac{kJ}{kg.K}$$

26 numaralı akış: Yağ

$$T_{26, yağ} = 10^{\circ}C \quad \dot{m}_{26, yağ} = 8492 \frac{kg}{h} \quad c_{26, yağ} = 2,126 \frac{kJ}{kg.K}$$

27 numaralı akış: Soğutulmuş Su

$$T_{27,smş} = 5^{\circ}C \quad \dot{m}_{27,smş} = 31910 \frac{kg}{h} \quad c_{27,smş} = 3,946 \frac{kJ}{kg.K}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 2C numaralı plakalı ısı değiştiricisine giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{25,smş} + \dot{m}_{23,yağ} = \dot{m}_{26,yağ} + \dot{m}_{27,smş}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{2C} + \dot{m}_{25,smş} \cdot c_{25,smş} \cdot T_{25,smş} + \dot{m}_{23,yağ} \cdot c_{23,yağ} \cdot T_{23,yağ} \\ = \dot{m}_{26,yağ} \cdot c_{26,yağ} \cdot T_{26,yağ} + \dot{m}_{27,smş} \cdot c_{27,smş} \cdot T_{27,smş} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{2C} = 4,85 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değerleri;

$$\dot{Ex}_{25,smş} = \dot{m}_{25,smş} [(c_{25,smş} \cdot T_{25,smş} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{25,smş}}{T_0})]$$

$$\dot{Ex}_{25,smş} = 31,02 \text{ kW}$$

$$\dot{Ex}_{23,yağ} = \dot{m}_{23,yağ} [(c_{23,yağ} \cdot T_{23,yağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{23,yağ}}{T_0})]$$

$$\dot{Ex}_{23,yağ} = 6,29 \text{ kW}$$

$$\dot{Ex}_{26,yağ} = \dot{m}_{26,yağ} [(c_{26,yağ} \cdot T_{26,yağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{26,yağ}}{T_0})]$$

$$\dot{Ex}_{26,yağ} = 0,3 \text{ kW}$$

$$\dot{Ex}_{27,smş} = \dot{m}_{27,smş} [(c_{27,smş} \cdot T_{27,smş} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{27,smş}}{T_0})]$$

$$\dot{Ex}_{27,smş} = 20,13 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 20°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{2C} = \dot{Q}_{2C} \left(1 - \frac{T_0}{T_{2C}}\right) \quad \dot{E}x_{2C} = 0,08 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

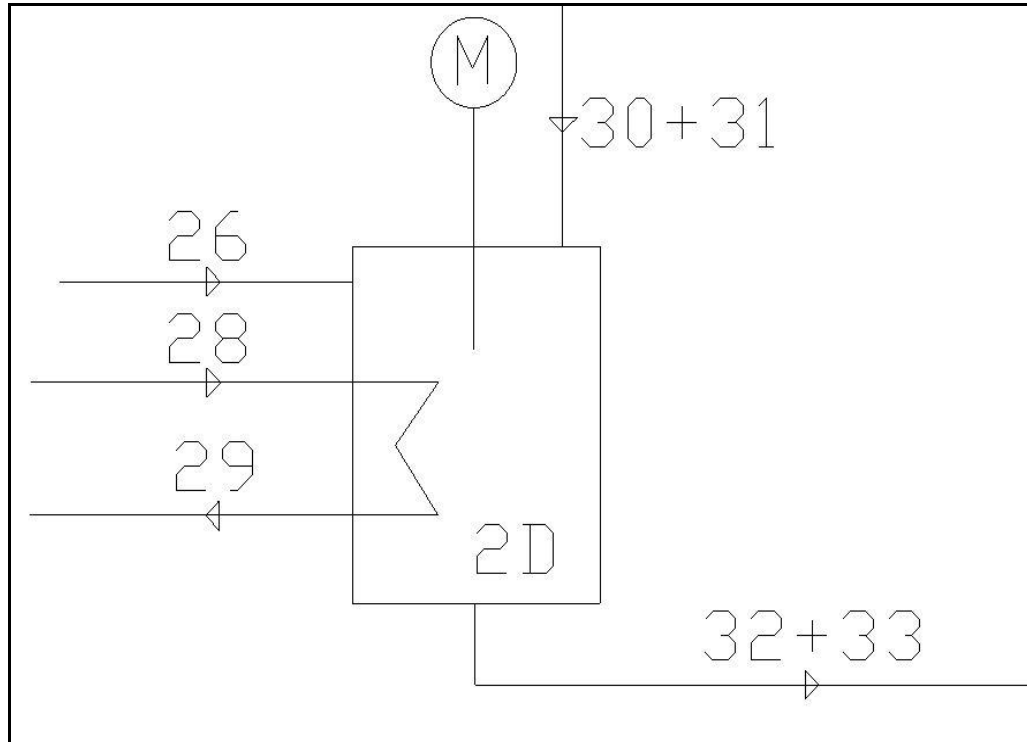
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{25,smş} + \dot{E}x_{23,yağ} + \dot{E}x_{2C}$$

$$\dot{E}x_{\dot{c}} = \dot{E}x_{26,yağ} + \dot{E}x_{27,smş}$$

$$\dot{E}x_{yok,2C} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\dot{c}}$$

$$\dot{E}x_{yok,2C} = 16,96 \text{ kW}$$

4.6.4 2D Numaralı Kristalize Tankı



Şekil 4.12 2D numaralı kristalize tankı

Şekil 4.12'deki 2D numaralı kristalize tankı için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

26 numaralı akış: Yağ

$$T_{26,yağ} = 10^{\circ}\text{C} \quad \dot{m}_{26,yağ} = 8492 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad c_{26,yağ} = 2,126 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$$

28 numaralı akış: Soğutulmuş Su

$$T_{28,smş} = 1^{\circ}C \quad \dot{m}_{28,smş} = 13966 \frac{kg}{h} \quad c_{28,smş} = 3,939 \frac{kJ}{kg.K}$$

29 numaralı akış: Soğutulmuş Su

$$T_{29,smş} = 5^{\circ}C \quad \dot{m}_{29,smş} = 13966 \frac{kg}{h} \quad c_{29,smş} = 3,946 \frac{kJ}{kg.K}$$

30 numaralı akış: Perlit

$$T_{30,per} = 20^{\circ}C \quad \dot{m}_{30,per} = 21 \frac{kg}{h} \quad c_{30,per} = 0,9 \frac{kJ}{kg.K}$$

31 numaralı akış: Vinterize Yağ

$$T_{31,vyag} = 20^{\circ}C \quad \dot{m}_{31,vyag} = 614 \frac{kg}{h} \quad c_{31,vyag} = 2,153 \frac{kJ}{kg.K}$$

32 numaralı akış: Perlit

$$T_{32,per} = 6^{\circ}C \quad \dot{m}_{32,per} = 21 \frac{kg}{h} \quad c_{32,per} = 0,9 \frac{kJ}{kg.K}$$

33 numaralı akış: Soğutulmuş Yağ

$$T_{33,syag} = 6^{\circ}C \quad \dot{m}_{33,syag} = 9106 \frac{kg}{h} \quad c_{33,syag} = 2,116 \frac{kJ}{kg.K}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 2D numaralı kristalize tankına giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\begin{aligned} \dot{m}_{26,yag} + \dot{m}_{28,smş} + \dot{m}_{30,per} + \dot{m}_{31,vyag} &= \dot{m}_{29,smş} + \dot{m}_{32,per} + \dot{m}_{33,syag} \\ \dot{Q}_{2D} + \dot{m}_{26,yag} \cdot c_{26,yag} \cdot T_{26,yag} + \dot{m}_{28,smş} \cdot c_{28,smş} \cdot T_{28,smş} + \dot{m}_{30,per} \cdot c_{30,per} \cdot T_{30,per} \\ &+ \dot{m}_{31,vyag} \cdot c_{31,vyag} \cdot T_{31,vyag} \\ &= \dot{m}_{29,smş} \cdot c_{29,smş} \cdot T_{29,smş} + \dot{m}_{32,per} \cdot c_{32,per} \cdot T_{32,per} \\ &+ \dot{m}_{33,syag} \cdot c_{33,syag} \cdot T_{33,syag} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{2D} = 35,8 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değerleri;

$$\dot{E}x_{26,yag} = \dot{m}_{26,yag}[(c_{26,yag} \cdot T_{26,yag} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{26,yag}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{26,yag} = 0,76 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{28,smş} = \dot{m}_{28,smş}[(c_{28,smş} \cdot T_{28,smş} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{28,smş}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{28,smş} = 13,58 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{30,per} = \dot{m}_{30,per}[(c_{30,per} \cdot T_{30,per} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{30,per}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{30,per} = 0,0002 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{31,vyag} = \dot{m}_{31,vyag}[(c_{31,vyag} \cdot T_{31,vyag} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{31,vyag}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{31,vyag} = 0,038 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{29,smş} = \dot{m}_{29,smş}[(c_{29,smş} \cdot T_{29,smş} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{29,smş}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{29,smş} = 8,81 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{32,per} = \dot{m}_{32,per}[(c_{32,per} \cdot T_{32,per} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{32,per}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{32,per} = 0,003 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{33,syag} = \dot{m}_{33,syag}[(c_{33,syag} \cdot T_{33,syag} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{33,syag}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{33,syag} = 1,45 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 20°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{2D} = \dot{Q}_{2D}(1 - \frac{T_0}{T_{2D}}) \quad \dot{E}x_{2D} = 0,6 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

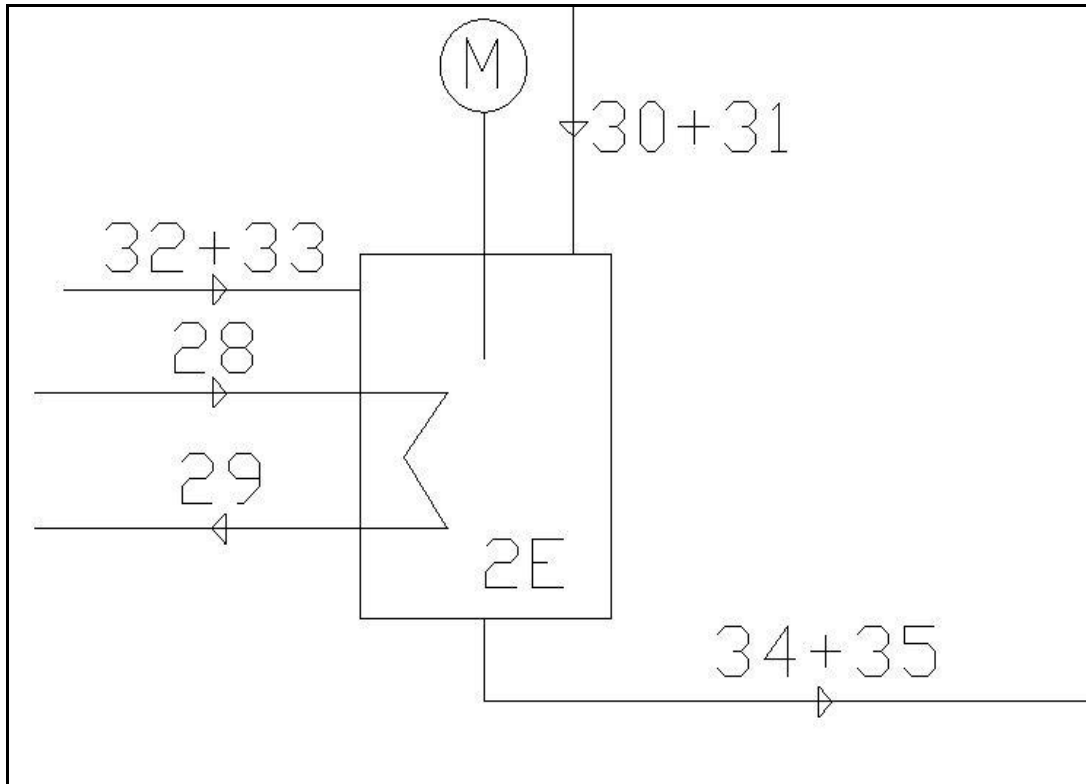
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{26,yag} + \dot{E}x_{28,smş} + \dot{E}x_{30,per} + \dot{E}x_{31,vyag} + \dot{W}_{2D} + \dot{E}x_{2D}$$

$$\dot{E}x_{\dot{c}} = \dot{E}x_{29,smş} + \dot{E}x_{32,per} + \dot{E}x_{33,syag}$$

$$\dot{E}x_{yok,2D} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\dot{c}}$$

$$\dot{E}x_{yok,2D} = 12,22 \text{ kW}$$

4.6.5 2E Numaralı Olgunlaştırıcı Tank



Şekil 4.13 2E numaralı olgunlaştırıcı tank

Şekil 4.13'teki 2E numaralı olgunlaştırıcı tank için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

28 numaralı akış: Soğutulmuş Su

$$T_{28,smş} = 1^{\circ}C \quad \dot{m}_{28,smş} = 13966 \frac{kg}{h} \quad c_{28,smş} = 3,939 \frac{kJ}{kg.K}$$

29 numaralı akış: Soğutulmuş Su

$$T_{29,smş} = 5^{\circ}C \quad \dot{m}_{29,smş} = 13966 \frac{kg}{h} \quad c_{29,smş} = 3,946 \frac{kJ}{kg.K}$$

30 numaralı akış: Perlit

$$T_{30,per} = 20^{\circ}C \quad \dot{m}_{30,per} = 21 \frac{kg}{h} \quad c_{30,per} = 0,9 \frac{kJ}{kg.K}$$

31 numaralı akış: Vinterize Yağ

$$T_{31,vyağ} = 20^{\circ}C \quad \dot{m}_{31,vyağ} = 614 \frac{kg}{h} \quad c_{31,vyağ} = 2,153 \frac{kJ}{kg.K}$$

32 numaralı akış: Perlit

$$T_{32,per} = 6^{\circ}C \quad \dot{m}_{32,per} = 21 \frac{kg}{h} \quad c_{32,per} = 0,9 \frac{kJ}{kg.K}$$

33 numaralı akış: Soğutulmuş Yağ

$$T_{33,syağ} = 6^{\circ}C \quad \dot{m}_{33,syağ} = 9106 \frac{kg}{h} \quad c_{33,syağ} = 2,116 \frac{kJ}{kg.K}$$

34 numaralı akış: Perlit

$$T_{34,per} = 4^{\circ}C \quad \dot{m}_{34,per} = 42 \frac{kg}{h} \quad c_{34,per} = 0,9 \frac{kJ}{kg.K}$$

35 numaralı akış: Soğutulmuş Yağ

$$T_{35,syağ} = 4^{\circ}C \quad \dot{m}_{35,syağ} = 9720 \frac{kg}{h} \quad c_{35,syağ} = 2,11 \frac{kJ}{kg.K}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 2E numaralı olgunlaştırıcı tanka giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{28,smş} + \dot{m}_{30,per} + \dot{m}_{31,vyağ} + \dot{m}_{32,per} + \dot{m}_{33,syağ} \\ = \dot{m}_{29,smş} + \dot{m}_{34,per} + \dot{m}_{35,syağ}$$

$$\dot{Q}_{2E} + \dot{m}_{28,smş} \cdot c_{28,smş} \cdot T_{28,smş} + \dot{m}_{30,per} \cdot c_{30,per} \cdot T_{30,per} + \dot{m}_{31,vyağ} \cdot c_{31,vyağ} \cdot T_{31,vyağ} \\ + \dot{m}_{32,per} \cdot c_{32,per} \cdot T_{32,per} + \dot{m}_{33,syağ} \cdot c_{33,syağ} \cdot T_{33,syağ} \\ = \dot{m}_{29,smş} \cdot c_{29,smş} \cdot T_{29,smş} + \dot{m}_{34,per} \cdot c_{34,per} \cdot T_{34,per} \\ + \dot{m}_{35,syağ} \cdot c_{35,syağ} \cdot T_{35,syağ}$$

$$\dot{Q}_{2E} = 44,5 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değerleri;

$$\dot{E}x_{28,smş} = \dot{m}_{28,smş}[(c_{28,smş} \cdot T_{28,smş} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{28,smş}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{28,smş} = 13,58 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{29,smş} = \dot{m}_{29,smş}[(c_{29,smş} \cdot T_{29,smş} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{29,smş}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{29,smş} = 8,81 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{30,per} = \dot{m}_{30,per}[(c_{30,per} \cdot T_{30,per} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{30,per}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{30,per} = 0,0002 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{31,vyağ} = \dot{m}_{31,vyağ}[(c_{31,vyağ} \cdot T_{31,vyağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{31,vyağ}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{31,vyağ} = 0,038 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{32,per} = \dot{m}_{32,per}[(c_{32,per} \cdot T_{32,per} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{32,per}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{32,per} = 0,003 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{33,syağ} = \dot{m}_{33,syağ}[(c_{33,syağ} \cdot T_{33,syağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{33,syağ}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{33,syağ} = 1,45 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{34,per} = \dot{m}_{34,per}[(c_{34,per} \cdot T_{34,per} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{34,per}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{34,per} = 0,008 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{35,syağ} = \dot{m}_{35,syağ} [(c_{35,syağ} \cdot T_{35,syağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{35,syağ}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{35,syağ} = 2,28 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 20°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{2E} = \dot{Q}_{2E} (1 - \frac{T_0}{T_{2E}}) \quad \dot{E}x_{2E} = 0,76 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

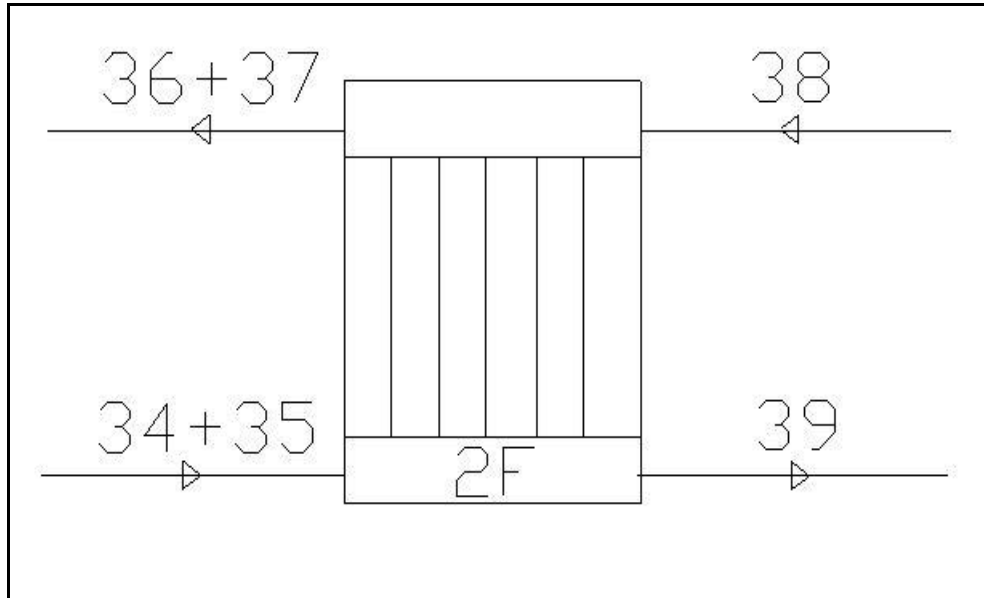
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{28,smş} + \dot{E}x_{30,per} + \dot{E}x_{31,vyağ} + \dot{E}x_{32,per} + \dot{E}x_{33,syağ} + \dot{W}_{2E} + \dot{E}x_{2E}$$

$$\dot{E}x_{\dot{c}} = \dot{E}x_{29,smş} + \dot{E}x_{34,per} + \dot{E}x_{35,syağ}$$

$$\dot{E}x_{yok,2E} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\dot{c}}$$

$$\dot{E}x_{yok,2E} = 12,23 \text{ kW}$$

4.6.6 2F Numaralı Borulu Isı Değiştirici



Şekil 4.14 2F numaralı borulu ısı değiştirici

Şekil 4.14'teki 2F numaralı borulu ısı değiştirici için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

34 numaralı akış: Perlit

$$T_{34,per} = 4^{\circ}C \quad \dot{m}_{34,per} = 42 \frac{kg}{h} \quad c_{34,per} = 0,9 \frac{kJ}{kg.K}$$

35 numaralı akış: Soğutulmuş Yağ

$$T_{35,syağ} = 4^{\circ}C \quad \dot{m}_{35,syağ} = 9720 \frac{kg}{h} \quad c_{35,syağ} = 2,11 \frac{kJ}{kg.K}$$

36 numaralı akış: Perlit

$$T_{36,per} = 13^{\circ}C \quad \dot{m}_{36,per} = 42 \frac{kg}{h} \quad c_{36,per} = 0,9 \frac{kJ}{kg.K}$$

37 numaralı akış: Soğutulmuş Yağ

$$T_{37,syağ} = 13^{\circ}C \quad \dot{m}_{37,syağ} = 9720 \frac{kg}{h} \quad c_{37,syağ} = 2,134 \frac{kJ}{kg.K}$$

38 numaralı akış: Ilık Su

$$T_{38,lsu} = 40^{\circ}C \quad \dot{m}_{38,lsu} = 5516 \frac{kg}{h}$$

39 numaralı akış: Ilık Su

$$T_{39,lsu} = 30^{\circ}C \quad \dot{m}_{39,lsu} = 5516 \frac{kg}{h}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 2F numaralı borulu ısı değiştiricisine giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{34,per} + \dot{m}_{35,syağ} + \dot{m}_{38,lsu} = \dot{m}_{36,per} + \dot{m}_{37,syağ} + \dot{m}_{39,lsu}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{2F} + \dot{m}_{34,per} \cdot c_{34,per} \cdot T_{34,per} + \dot{m}_{35,syağ} \cdot c_{35,syağ} \cdot T_{35,syağ} + \dot{m}_{38,lsu} \cdot c_{38,lsu} \cdot T_{38,lsu} \\ = \dot{m}_{36,per} \cdot c_{36,per} \cdot T_{36,per} + \dot{m}_{37,syağ} \cdot c_{37,syağ} \cdot T_{37,syağ} \\ + \dot{m}_{39,lsu} \cdot c_{39,lsu} \cdot T_{39,lsu} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{2F} = -11,82 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değerleri;

$$\dot{E}x_{34,per} = \dot{m}_{34,per}[(c_{34,per} \cdot T_{34,per} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{34,per}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{34,per} = 0,008 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{35,syağ} = \dot{m}_{35,syağ}[(c_{35,syağ} \cdot T_{35,syağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{35,syağ}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{35,syağ} = 2,28 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{38,ısu} = \dot{m}_{38,ısu} \cdot h_{f38}$$

$$\dot{E}x_{38,ısu} = \dot{Q}_{38,ısu}(1 - \frac{T_0}{T_{38,ısu}}) \quad \dot{E}x_{38,ısu} = 12,3 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{36,per} = \dot{m}_{36,per}[(c_{36,per} \cdot T_{36,per} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{36,per}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{36,per} = 0,003 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{37,syağ} = \dot{m}_{37,syağ}[(c_{37,syağ} \cdot T_{37,syağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{37,syağ}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{37,syağ} = 0,24 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{39,ısu} = \dot{m}_{39,ısu} \cdot h_{f39}$$

$$\dot{E}x_{39,ısu} = \dot{Q}_{39,ısu}(1 - \frac{T_0}{T_{39,ısu}}) \quad \dot{E}x_{39,ısu} = 3,18 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 30°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{2F} = \dot{Q}_{2F}(1 - \frac{T_0}{T_{2F}}) \quad \dot{E}x_{2F} = 0,2 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

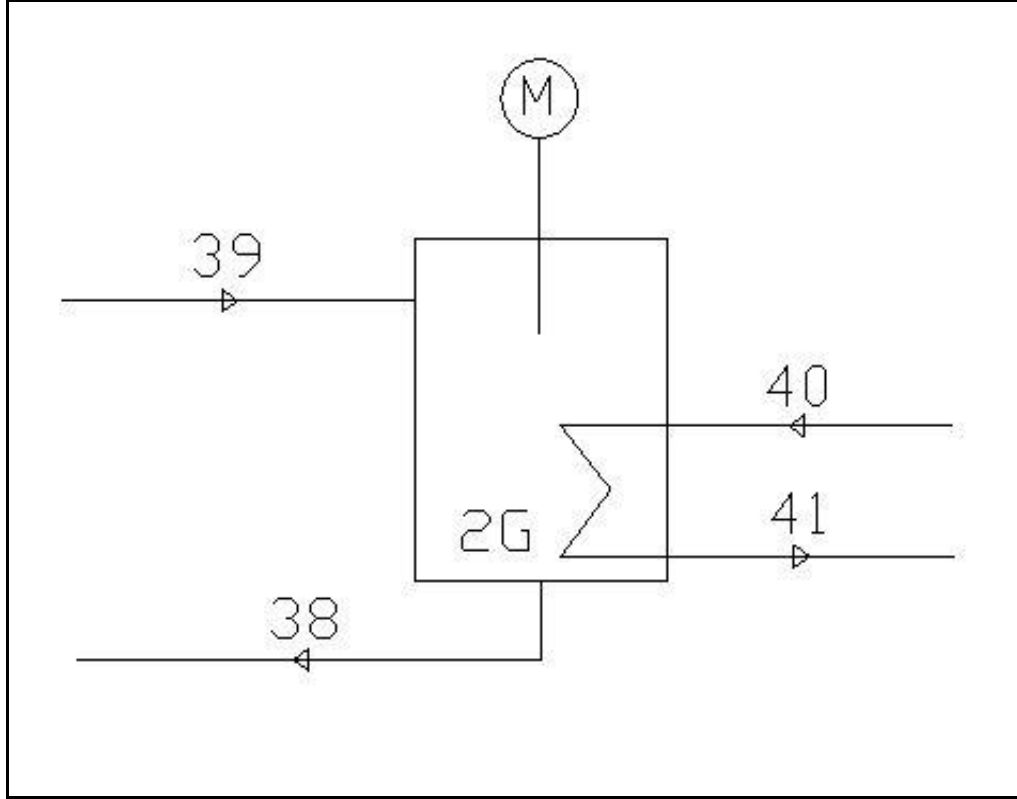
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{34,per} + \dot{E}x_{35,syağ} + \dot{E}x_{38,ısu}$$

$$\dot{E}x_{\dot{c}} = \dot{E}x_{36,per} + \dot{E}x_{37,syağ} + \dot{E}x_{39,ısu} + \dot{E}x_{2F}$$

$$\dot{E}x_{yok,2F} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\zeta}$$

$$\dot{E}x_{yok,2F} = 10,97 \text{ kW}$$

4.6.7 2G Numaralı Sıcak Su Tankı



Şekil 4.15 2G numaralı sıcak su tankı

Şekil 4.15'teki 2G numaralı sıcak su tankı için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

38 numaralı akış: Ilık Su

$$T_{38,lsu} = 40^{\circ}C \quad \dot{m}_{38,lsu} = 5516 \frac{kg}{h}$$

39 numaralı akış: Ilık Su

$$T_{39,lsu} = 30^{\circ}C \quad \dot{m}_{39,lsu} = 5516 \frac{kg}{h}$$

40 numaralı akış: Buhar

$$T_{40,bhr} = 144^{\circ}C \quad \dot{m}_{40,bhr} = 110 \frac{kg}{h}$$

41 numaralı akış: Buhar

$$T_{41,bhr} = 130^{\circ}C \quad \dot{m}_{41,bhr} = 110 \frac{kg}{h}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 2G numaralı sıcak su tankına giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{39,lsu} + \dot{m}_{40,bhr} = \dot{m}_{38,lsu} + \dot{m}_{41,bhr}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{2G} + \dot{m}_{39,lsu} \cdot c_{39,lsu} \cdot T_{39,lsu} + \dot{m}_{40,bhr} \cdot c_{40,bhr} \cdot T_{40,bhr} \\ = \dot{m}_{38,lsu} \cdot c_{38,lsu} \cdot T_{38,lsu} + \dot{m}_{41,bhr} \cdot c_{41,bhr} \cdot T_{41,bhr} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{2G} = -2,97 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değerleri;

$$\dot{Q}_{38,lsu} = \dot{m}_{38,lsu} \cdot h_{f38}$$

$$\dot{E}x_{38,lsu} = \dot{Q}_{38,lsu} \left(1 - \frac{T_0}{T_{38,lsu}}\right) \quad \dot{E}x_{38,lsu} = 12,3 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{39,lsu} = \dot{m}_{39,lsu} \cdot h_{f39}$$

$$\dot{E}x_{39,lsu} = \dot{Q}_{39,lsu} \left(1 - \frac{T_0}{T_{39,lsu}}\right) \quad \dot{E}x_{39,lsu} = 3,18 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{40,bhr} = \dot{m}_{40,bhr} \cdot h_{g40}$$

$$\dot{E}x_{40,bhr} = \dot{Q}_{40,bhr} \left(1 - \frac{T_0}{T_{40,bhr}}\right) \quad \dot{E}x_{40,bhr} = 23,88 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{41,bhr} = \dot{m}_{41,bhr} \cdot h_{f41}$$

$$\dot{E}x_{41,bhr} = \dot{Q}_{41,bhr} \left(1 - \frac{T_0}{T_{41,bhr}}\right) \quad \dot{E}x_{41,bhr} = 4,35 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 40°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{2G} = \dot{Q}_{2G} \left(1 - \frac{T_0}{T_{2G}}\right) \quad \dot{E}x_{2G} = 0,14 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

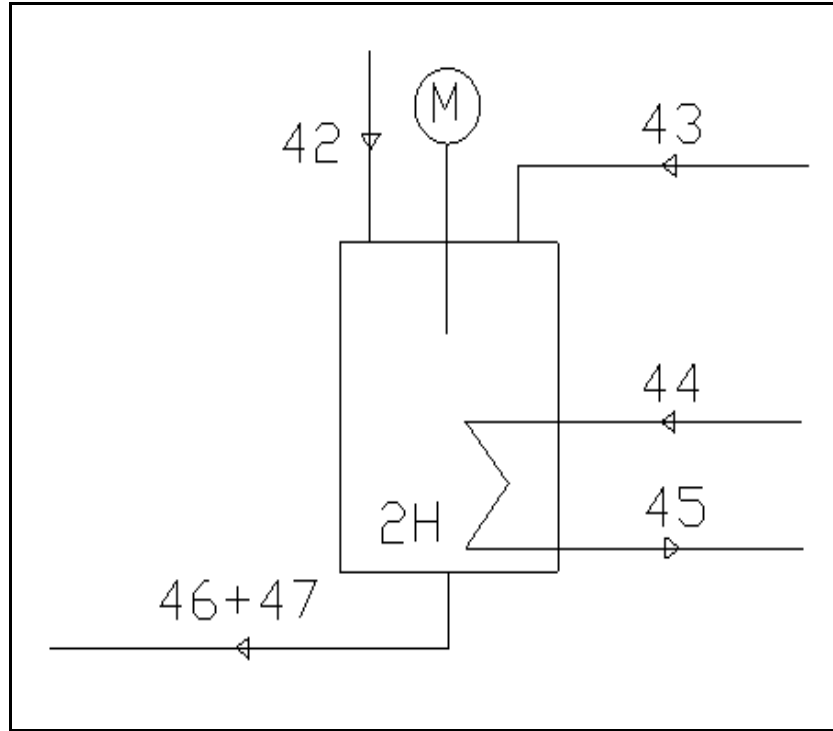
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{39,isu} + \dot{E}x_{40,bhr} + \dot{W}_{2G}$$

$$\dot{E}x_{\dot{c}} = \dot{E}x_{38,isu} + \dot{E}x_{41,bhr} + \dot{E}x_{2G}$$

$$\dot{E}x_{yok,2G} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\dot{c}}$$

$$\dot{E}x_{yok,2G} = 13,27 \text{ kW}$$

4.6.8 2H Numaralı Prekot Tankı



Şekil 4.16 2H numaralı prekot tankı

Şekil 4.16'daki 2H numaralı prekot tankı için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

42 numaralı akış: Perlit

$$T_{42,per} = 20^{\circ}C \quad \dot{m}_{42,per} = 13 \frac{kg}{h} \quad c_{42,per} = 0,9 \frac{kJ}{kg.K}$$

43 numaralı akış: Vinterize Yağ

$$T_{43,vyag} = 20^{\circ}C \quad \dot{m}_{43,vyag} = 9975 \frac{kg}{h} \quad c_{43,vyag} = 2,153 \frac{kJ}{kg.K}$$

44 numaralı akış: Soğutulmuş Su

$$T_{44,smş} = 1^{\circ}C \quad \dot{m}_{44,smş} = 6030 \frac{kg}{h} \quad c_{44,smş} = 3,939 \frac{kJ}{kg.K}$$

45 numaralı akış: Soğutulmuş Su

$$T_{45,smş} = 5^{\circ}C \quad \dot{m}_{45,smş} = 6030 \frac{kg}{h} \quad c_{45,smş} = 3,946 \frac{kJ}{kg.K}$$

46 numaralı akış: Perlit

$$T_{46,per} = 17^{\circ}C \quad \dot{m}_{46,per} = 13 \frac{kg}{h} \quad c_{46,per} = 0,9 \frac{kJ}{kg.K}$$

47 numaralı akış: Vinterize Yağ

$$T_{47,vyağ} = 17^{\circ}C \quad \dot{m}_{47,vyağ} = 9975 \frac{kg}{h} \quad c_{47,vyağ} = 2,15 \frac{kJ}{kg.K}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 2H numaralı prekot tankına giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{42,per} + \dot{m}_{43,vyağ} + \dot{m}_{44,smş} = \dot{m}_{45,smş} + \dot{m}_{46,per} + \dot{m}_{47,vyağ}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{2H} + \dot{m}_{42,per} \cdot c_{42,per} \cdot T_{42,per} + \dot{m}_{43,vyağ} \cdot c_{43,vyağ} \cdot T_{43,vyağ} + \dot{m}_{44,smş} \cdot c_{44,smş} \cdot T_{44,smş} \\ = \dot{m}_{45,smş} \cdot c_{45,smş} \cdot T_{45,smş} + \dot{m}_{46,per} \cdot c_{46,per} \cdot T_{46,per} \\ + \dot{m}_{47,vyağ} \cdot c_{47,vyağ} \cdot T_{47,vyağ} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{2H} = 8,4 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değerleri;

$$\dot{E}x_{42,per} = \dot{m}_{42,per} [(c_{42,per} \cdot T_{42,per} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{42,per}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{42,per} = 0,0001 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{43,vyağ} = \dot{m}_{43,vyağ} [(c_{43,vyağ} \cdot T_{43,vyağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{43,vyağ}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{43,vyağ} = 0,62 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{44,smş} = \dot{m}_{44,smş} [(c_{44,smş} \cdot T_{44,smş} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{44,smş}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{44,smş} = 5,86 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{45,smş} = \dot{m}_{45,smş} [(c_{45,smş} \cdot T_{45,smş} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{45,smş}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{45,smş} = 0,0006 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{46,per} = \dot{m}_{46,per} [(c_{46,per} \cdot T_{46,per} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{46,per}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{46,per} = 0,0004 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{47,vyağ} = \dot{m}_{47,vyağ} [(c_{47,vyağ} \cdot T_{47,vyağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{47,vyağ}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{47,vyağ} = 0,32 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 20°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{2H} = \dot{Q}_{2H} (1 - \frac{T_0}{T_{2H}}) \quad \dot{E}x_{2H} = 0,14 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{42,per} + \dot{E}x_{43,vyağ} + \dot{E}x_{44,smş} + \dot{W}_{2H} + \dot{E}x_{2H}$$

$$\dot{E}x_{ç} = \dot{E}x_{45,smş} + \dot{E}x_{46,per} + \dot{E}x_{47,vyağ}$$

$$\dot{E}x_{yok,2H} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{ç}$$

$$\dot{E}x_{yok,2H} = 11,3 \text{ kW}$$

4.7 Deodorizasyon Bölümü

Deodorize işlemi, yağa kötü koku veren istenmeyen maddelerin yağdan uzaklaştırılması işlemidir. Kötü koku, kötü tat ve aromayı da beraberinde getirdiğinden bu işlem, yağın hem tadının hem kokusunun iyileştirilmesinde önemli bir işlemdir. Deodorizasyon

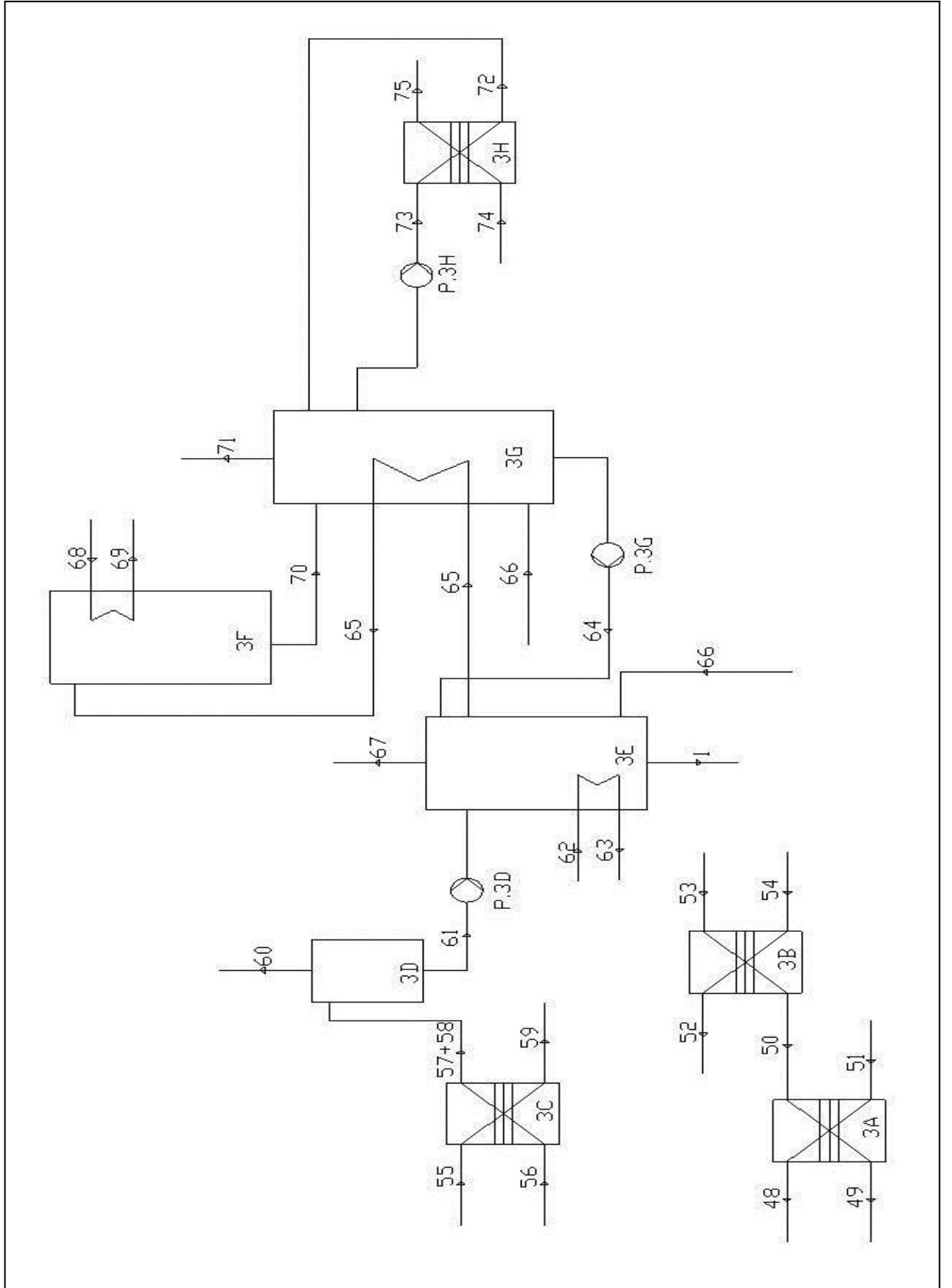
işlemi, nötrale ve ağartma işlemlerinden sonra yapılmaktadır. Buhar yardımıyla nispeten uçucu olan kötü koku veren maddelerin, yağdan uzaklaştırılması işlemine dayanır. Yağda kötü koku veren maddelerin konsantrasyonu azdır. Uygun bir koku giderme işlemi ile, yağdaki istenmeyen kokular tamamen yağdan uzaklaştırılabilir. Ayrıca, bu işlemde yüksek sıcaklıktaki buhar kullanıldığından, yağdaki pigmentler parçalanır ve yağın rengi bir miktar açılır. Deodorize işlemi, yağın kalitesinin artması için gerekli bir işlemdir. Ağartma işleminden sonra yağın içerisinde peroksit kaldıysa, bu işlem ile yağdan tamamen alınmış olur.

60°C'teki deodorize yağ soğutulması için 3B numaralı plakalı ısı değiştiricisinde 32°C'deki soğutma suyu ile karşılaştırılır. Soğutma suyu 32°C'ye ısınırken, deodorize yağ 40°C'ye soğutulmuş olur. Deodorize yağ, daha da soğutulması için, 1°C sıcaklığındaki soğutulmuş su ile 3A numaralı plakalı ısı değiştiricisinde karşılaştırılır. Soğutulmuş su 5°C'ye ısınırken, deodorize yağ 25°C'ye soğumuş olur.

85°C'deki vintelize yağın, deodorizasyon işlemine tabii tutulabilmesi için, ısınmaya gereksinimi vardır. Bunun için, 3C numaralı plakalı ısı değiştiricisinde 144°C'deki buhar ile karşılaştırılır. Vintelize yağ, bir miktar buharı da bünyesine alarak 95°C'ye ısınırken, buhar 130°C'de kondens olarak sistemi terk eder. Yağın bünyesindeki buharın alınması için, vintelize yağ+ buhar karışımı 3D numaralı kurutucu degazöre gelir. Buhardan arındırılan yağ, kurutulmuş yağ olarak yaklaşık 90°C'de sistemden ayrılır.

Kurutulmuş yağ, 3E numaralı büyük tanka gelir. Bir yandan 230°C'deki deodorize yağ, 32°C'deki soğutma yağı ile 125°C'ye soğutulurken, diğer yandan 90°C'deki kurutulmuş yağ, 200°C'lik buhar ve 230°C'lik deodorize yağın etkisi ile 200°C'ye ısıtılır. 200°C'lik yağ, 3F numaralı prestriper tankında, buhar jeneratöründen gelen yüksek basınçtaki (40 bar), 260°C'deki buhar ile 250°C'ye kadar ısıtılır. Bu sıcaklık değeri, rafinasyon ünitesinde yağın ulaştığı en yüksek sıcaklık değeridir. Daha sonra, 250°C'deki yağ içerisindeki kötü kokulu maddelerin alınması için, asıl tank olan 3G numaralı deodorizer tankına gelir. 200°C'deki buhar ile muamele edilen yağ, 230°C'ye soğur. 3H numaralı plakalı ısı değiştiricisinden gelen yağ asidi ise, 75°C'den 80°C'ye ısıtılır.

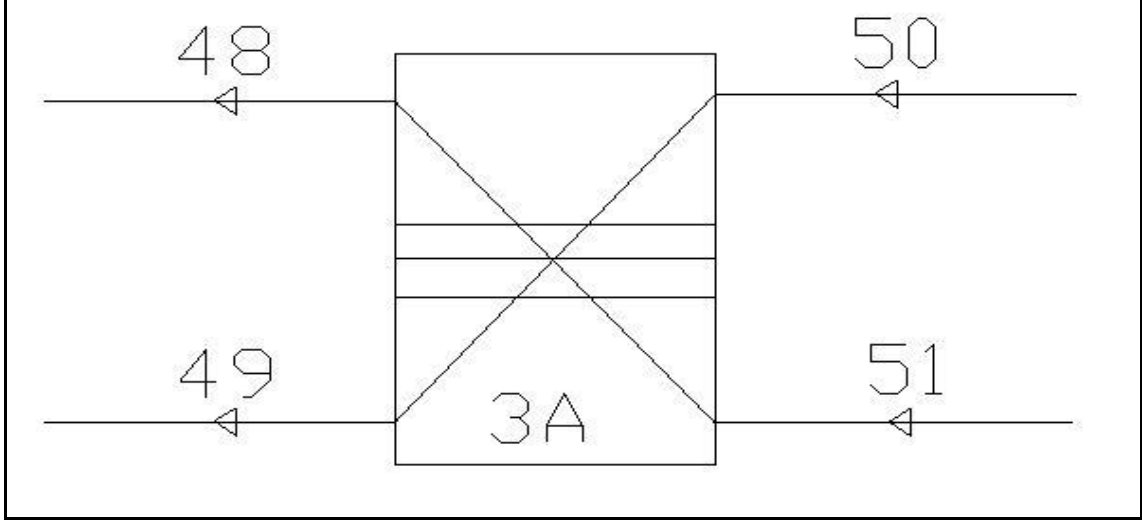
Deodorizasyon bölümünün fabrika akış şeması, Şekil 4.17'de gösterilmiştir.



Şekil 4.17 Deodorizasyon bölümü akım şeması

4.8 Deodorizasyon Bölümü Hesaplamaları

4.8.1 3A Numaralı Plakalı Isı Değiştirici



Şekil 4.18 3A numaralı plakalı ısı değiştirici

Şekil 4.18'deki 3A numaralı plakalı ısı değiştirici için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

48 numaralı akış: Soğutulmuş Su

$$T_{48,smş} = 5^{\circ}C \quad \dot{m}_{48,smş} = 16800 \frac{kg}{h} \quad c_{48,smş} = 3,946 \frac{kJ}{kg.K}$$

49 numaralı akış: Deodorize Yağ

$$T_{49,dyağ} = 25^{\circ}C \quad \dot{m}_{49,dyağ} = 8333 \frac{kg}{h} \quad c_{49,dyağ} = 2,167 \frac{kJ}{kg.K}$$

50 numaralı akış: Deodorize Yağ

$$T_{50,dyağ} = 40^{\circ}C \quad \dot{m}_{50,dyağ} = 8333 \frac{kg}{h} \quad c_{50,dyağ} = 2,257 \frac{kJ}{kg.K}$$

51 numaralı akış: Soğutulmuş Su

$$T_{51,smş} = 1^{\circ}C \quad \dot{m}_{51,smş} = 16800 \frac{kg}{h} \quad c_{51,smş} = 3,939 \frac{kJ}{kg.K}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 3A numaralı plakalı ısı değıştiricisine giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{50,dyağ} + \dot{m}_{51,smş} = \dot{m}_{48,smş} + \dot{m}_{49,dyağ}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{3A} + \dot{m}_{50,dyağ} \cdot c_{50,dyağ} \cdot T_{50,dyağ} + \dot{m}_{51,smş} \cdot c_{51,smş} \cdot T_{51,smş} \\ = \dot{m}_{48,smş} \cdot c_{48,smş} \cdot T_{48,smş} + \dot{m}_{49,dyağ} \cdot c_{49,dyağ} \cdot T_{49,dyağ} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{3A} = -9,88 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değeri;

$$\dot{E}x_{50,dyağ} = \dot{m}_{50,dyağ} [(c_{50,dyağ} \cdot T_{50,dyağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{50,dyağ}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{50,dyağ} = 8,64 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{51,smş} = \dot{m}_{51,smş} [(c_{51,smş} \cdot T_{51,smş} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{51,smş}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{51,smş} = 16,33 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{48,smş} = \dot{m}_{48,smş} [(c_{48,smş} \cdot T_{48,smş} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{48,smş}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{48,smş} = 10,6 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{49,dyağ} = \dot{m}_{49,dyağ} [(c_{49,dyağ} \cdot T_{49,dyağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{49,dyağ}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{49,dyağ} = 0 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 30°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{3A} = \dot{Q}_{3A} (1 - \frac{T_0}{T_{3A}}) \quad \dot{E}x_{3A} = 0,16 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

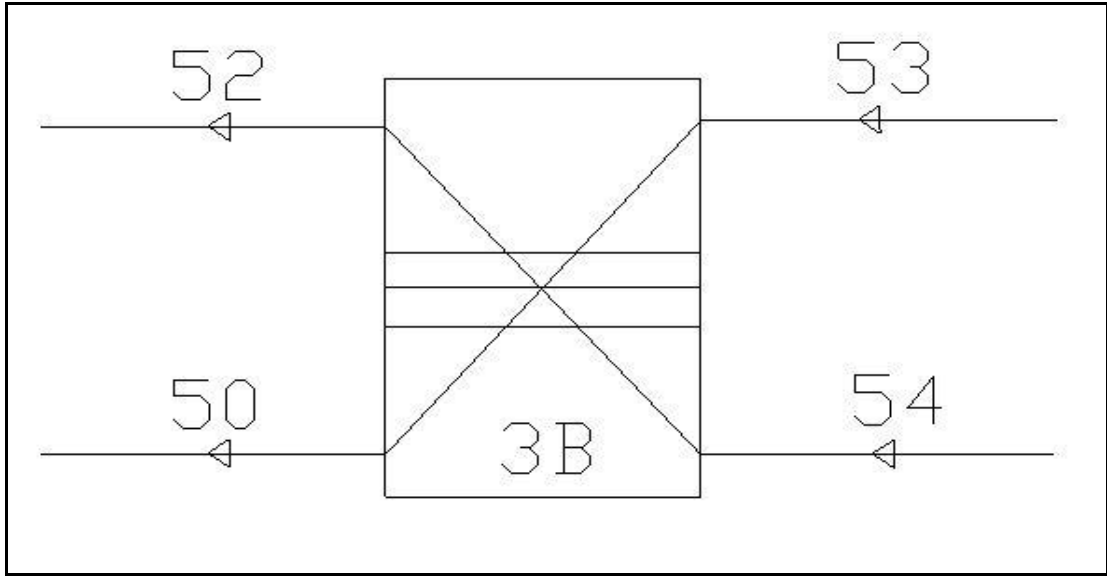
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{50, dyağ} + \dot{E}x_{51, smş}$$

$$\dot{E}x_{\dot{c}} = \dot{E}x_{48, smş} + \dot{E}x_{49, dyağ} + \dot{E}x_{3A}$$

$$\dot{E}x_{yok, 3A} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\dot{c}}$$

$$\dot{E}x_{yok, 3A} = 14,21 \text{ kW}$$

4.8.2 3B Numaralı Plakalı Isı Değiştirici



Şekil 4.19 3B numaralı plakalı ısı değiştirici

Şekil 4.19'daki 3B numaralı plakalı ısı değiştirici için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

52 numaralı akış: Soğutma Suyu

$$T_{52, ssu} = 37^{\circ}\text{C} \quad \dot{m}_{52, ssu} = 13160 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

50 numaralı akış: Deodorize Yağ

$$T_{50, dyağ} = 40^{\circ}\text{C} \quad \dot{m}_{50, dyağ} = 8333 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad c_{50, dyağ} = 2,257 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$$

53 numaralı akış: Deodorize Yağ

$$T_{53, dyağ} = 60^{\circ}\text{C} \quad \dot{m}_{53, dyağ} = 8333 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad c_{53, dyağ} = 2,302 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$$

54 numaralı akış: Soğutma Suyu

$$T_{54,ssu} = 32^{\circ}C \quad \dot{m}_{54,ssu} = 13160 \frac{kg}{h}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 3B numaralı plakalı ısı değiştiricisine giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{53,dyağ} + \dot{m}_{54,ssu} = \dot{m}_{52,ssu} + \dot{m}_{50,dyağ}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{3B} + \dot{m}_{53,dyağ} \cdot c_{53,dyağ} \cdot T_{53,dyağ} + \dot{m}_{54,ssu} \cdot c_{54,ssu} \cdot T_{54,ssu} \\ = \dot{m}_{52,ssu} \cdot c_{52,ssu} \cdot T_{52,ssu} + \dot{m}_{50,dyağ} \cdot c_{50,dyağ} \cdot T_{50,dyağ} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{3B} = -34,37 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değerleri;

$$\dot{Q}_{52,ssu} = \dot{m}_{52,ssu} \cdot h_{f52}$$

$$\dot{E}x_{52,ssu} = \dot{Q}_{52,ssu} \left(1 - \frac{T_0}{T_{52,ssu}}\right) \quad \dot{E}x_{52,ssu} = 21,94 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{50,dyağ} = \dot{m}_{50,dyağ} \left[(c_{50,dyağ} \cdot T_{50,dyağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln\left(\frac{T_{50,dyağ}}{T_0}\right) \right]$$

$$\dot{E}x_{50,dyağ} = 8,64 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{53,dyağ} = \dot{m}_{53,dyağ} \left[(c_{53,dyağ} \cdot T_{53,dyağ} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln\left(\frac{T_{53,dyağ}}{T_0}\right) \right]$$

$$\dot{E}x_{53,dyağ} = 23,11 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{54,ssu} = \dot{m}_{54,ssu} \cdot h_{f54}$$

$$\dot{E}x_{54,ssu} = \dot{Q}_{54,ssu} \left(1 - \frac{T_0}{T_{54,ssu}}\right) \quad \dot{E}x_{54,ssu} = 11,26 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 40°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{3B} = \dot{Q}_{3B} \left(1 - \frac{T_0}{T_{3B}}\right) \quad \dot{E}x_{3B} = 1,65 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

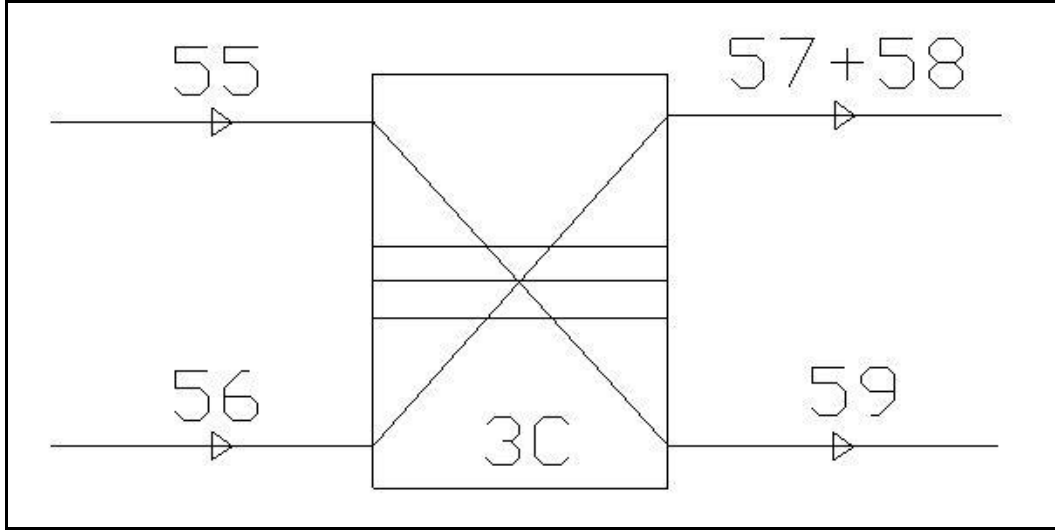
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{53,dyag} + \dot{E}x_{54,ssu}$$

$$\dot{E}x_{\zeta} = \dot{E}x_{52,ssu} + \dot{E}x_{50,dyag} + \dot{E}x_{3B}$$

$$\dot{E}x_{yok,3B} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\zeta}$$

$$\dot{E}x_{yok,3B} = 2,14 \text{ kW}$$

4.8.3 3C Numaralı Plakalı Isı Değiştirici



Şekil 4.20 3C numaralı plakalı ısı değiştirici

Şekil 4.20'deki 3C numaralı plakalı ısı değiştirici için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

55 numaralı akış: Buhar

$$T_{55,bhr} = 144^{\circ}\text{C} \quad \dot{m}_{55,bhr} = 162 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

56 numaralı akış: Vinterize Yağ

$$T_{56,vyag} = 85^{\circ}\text{C} \quad \dot{m}_{56,vyag} = 8353 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad c_{56,vyag} = 2,374 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$$

57 numaralı akış: Vinterize Yağ

$$T_{57,vya\check{g}} = 95^{\circ}C \quad \dot{m}_{57,vya\check{g}} = 8345 \frac{kg}{h} \quad c_{57,vya\check{g}} = 2,403 \frac{kJ}{kg.K}$$

58 numaralı akış: Buhar

$$T_{58,bhr} = 95^{\circ}C \quad \dot{m}_{58,bhr} = 8 \frac{kg}{h}$$

59 numaralı akış: Buhar

$$T_{59,bhr} = 130^{\circ}C \quad \dot{m}_{59,bhr} = 154 \frac{kg}{h}$$

$$\text{Ölü halde: } c_0 = 2,167 \frac{kJ}{kg.K} \quad T_0 = 25^{\circ}C = 298K$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 3C numaralı plakalı ısı değıştircisine giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{55,bhr} + \dot{m}_{56,vya\check{g}} = \dot{m}_{57,vya\check{g}} + \dot{m}_{58,bhr} + \dot{m}_{59,bhr}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{3C} + \dot{m}_{55,bhr} \cdot c_{55,bhr} \cdot T_{55,bhr} + \dot{m}_{56,vya\check{g}} \cdot c_{56,vya\check{g}} \cdot T_{56,vya\check{g}} \\ = \dot{m}_{57,vya\check{g}} \cdot c_{57,vya\check{g}} \cdot T_{57,vya\check{g}} + \dot{m}_{58,bhr} \cdot c_{58,bhr} \cdot T_{58,bhr} \\ + \dot{m}_{59,bhr} \cdot c_{59,bhr} \cdot T_{59,bhr} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{3C} = -38,03 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değeri;

$$\dot{Q}_{55,bhr} = \dot{m}_{55,bhr} \cdot h_{g55}$$

$$\dot{E}x_{55,bhr} = \dot{Q}_{55,bhr} \left(1 - \frac{T_0}{T_{55,bhr}}\right) \quad \dot{E}x_{55,bhr} = 35,17 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{56,vya\check{g}} = \dot{m}_{56,vya\check{g}} \left[(c_{56,vya\check{g}} \cdot T_{56,vya\check{g}} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln\left(\frac{T_{56,vya\check{g}}}{T_0}\right) \right]$$

$$\dot{E}x_{56,vya\check{g}} = 54,46 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{57,vya\check{g}} = \dot{m}_{57,vya\check{g}} \left[(c_{57,vya\check{g}} \cdot T_{57,vya\check{g}} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln\left(\frac{T_{57,vya\check{g}}}{T_0}\right) \right]$$

$$\dot{E}x_{57,vyag} = 70,56 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{58,bhr} = \dot{m}_{58,bhr} \cdot h_{f58}$$

$$\dot{E}x_{58,bhr} = \dot{Q}_{58,bhr} \left(1 - \frac{T_0}{T_{58,bhr}}\right) \quad \dot{E}x_{58,bhr} = 0,17 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{59,bhr} = \dot{m}_{59,bhr} \cdot h_{f59}$$

$$\dot{E}x_{59,bhr} = \dot{Q}_{59,bhr} \left(1 - \frac{T_0}{T_{59,bhr}}\right) \quad \dot{E}x_{59,bhr} = 6,09 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 40°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{3C} = \dot{Q}_{3C} \left(1 - \frac{T_0}{T_{3C}}\right) \quad \dot{E}x_{3C} = 1,82 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

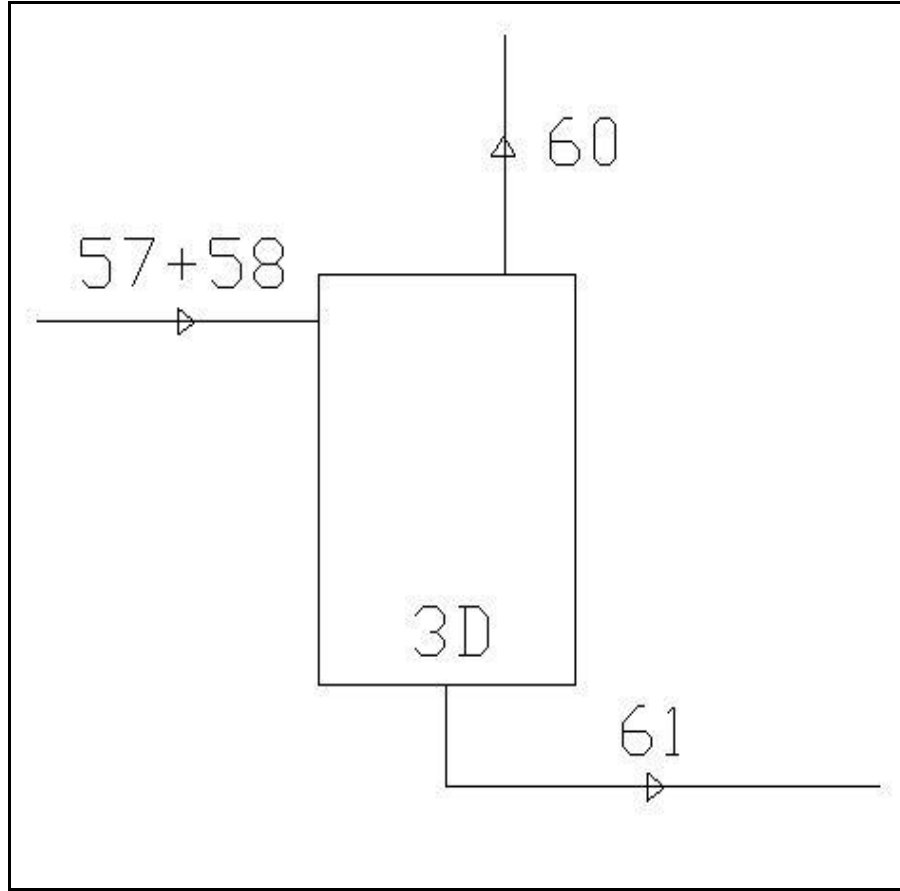
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{55,bhr} + \dot{E}x_{56,vyag}$$

$$\dot{E}x_{\zeta} = \dot{E}x_{57,vyag} + \dot{E}x_{58,bhr} + \dot{E}x_{59,bhr} + \dot{E}x_{3C}$$

$$\dot{E}x_{yok,3C} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\zeta}$$

$$\dot{E}x_{yok,3C} = 10,99 \text{ kW}$$

4.8.4 3D Numaralı Kurutucu Degazör



Şekil 4.21 3D numaralı kurutucu degazör

Şekil 4.21'deki 3D numaralı kurutucu degazör için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

57 numaralı akış: Vinterize Yağ

$$T_{57,vyag} = 95^{\circ}C \quad \dot{m}_{57,vyag} = 8345 \frac{kg}{h} \quad c_{57,vyag} = 2,403 \frac{kJ}{kg.K}$$

58 numaralı akış: Buhar

$$T_{58,bhr} = 95^{\circ}C \quad \dot{m}_{58,bhr} = 8 \frac{kg}{h}$$

60 numaralı akış: Buhar

$$T_{60,bhr} = 130^{\circ}C \quad \dot{m}_{60,bhr} = 8 \frac{kg}{h}$$

61 numaralı akış: Kurutulmuş Yağ

$$T_{61,kyag} = 90^{\circ}C \quad \dot{m}_{61,kyag} = 8345 \frac{kg}{h} \quad c_{61,kyag} = 2,388 \frac{kJ}{kg.K}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 3D numaralı kurutucu degazöre giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{57,vyag} + \dot{m}_{58,bhr} = \dot{m}_{60,bhr} + \dot{m}_{61,kyag}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{3D} + \dot{m}_{57,vyag} \cdot c_{57,vyag} \cdot T_{57,vyag} + \dot{m}_{58,bhr} \cdot c_{58,bhr} \cdot T_{58,bhr} \\ = \dot{m}_{60,bhr} \cdot c_{60,bhr} \cdot T_{60,bhr} + \dot{m}_{61,kyag} \cdot c_{61,kyag} \cdot T_{61,kyag} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{3D} = -25,96 kW$$

Her bir akım kolundaki ekserji değerleri;

$$\dot{E}x_{57,vyag} = \dot{m}_{57,vyag} [(c_{57,vyag} \cdot T_{57,vyag} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{57,vyag}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{57,vyag} = 70,56 kW$$

$$\dot{Q}_{58,bhr} = \dot{m}_{58,bhr} \cdot h_{f58}$$

$$\dot{E}x_{58,bhr} = \dot{Q}_{58,bhr} (1 - \frac{T_0}{T_{58,bhr}}) \quad \dot{E}x_{58,bhr} = 0,17 kW$$

$$\dot{Q}_{60,bhr} = \dot{m}_{60,bhr} \cdot h_{g60}$$

$$\dot{E}x_{60,bhr} = \dot{Q}_{60,bhr} (1 - \frac{T_0}{T_{60,bhr}}) \quad \dot{E}x_{60,bhr} = 1,06 kW$$

$$\dot{E}x_{61,kyag} = \dot{m}_{61,kyag} [(c_{61,kyag} \cdot T_{61,kyag} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{61,kyag}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{61,kyag} = 62,13 kW$$

Yüzey sıcaklığı 40°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{3D} = \dot{Q}_{3D} (1 - \frac{T_0}{T_{3D}}) \quad \dot{E}x_{3D} = 1,24 kW$$

Ekserji kaybı,

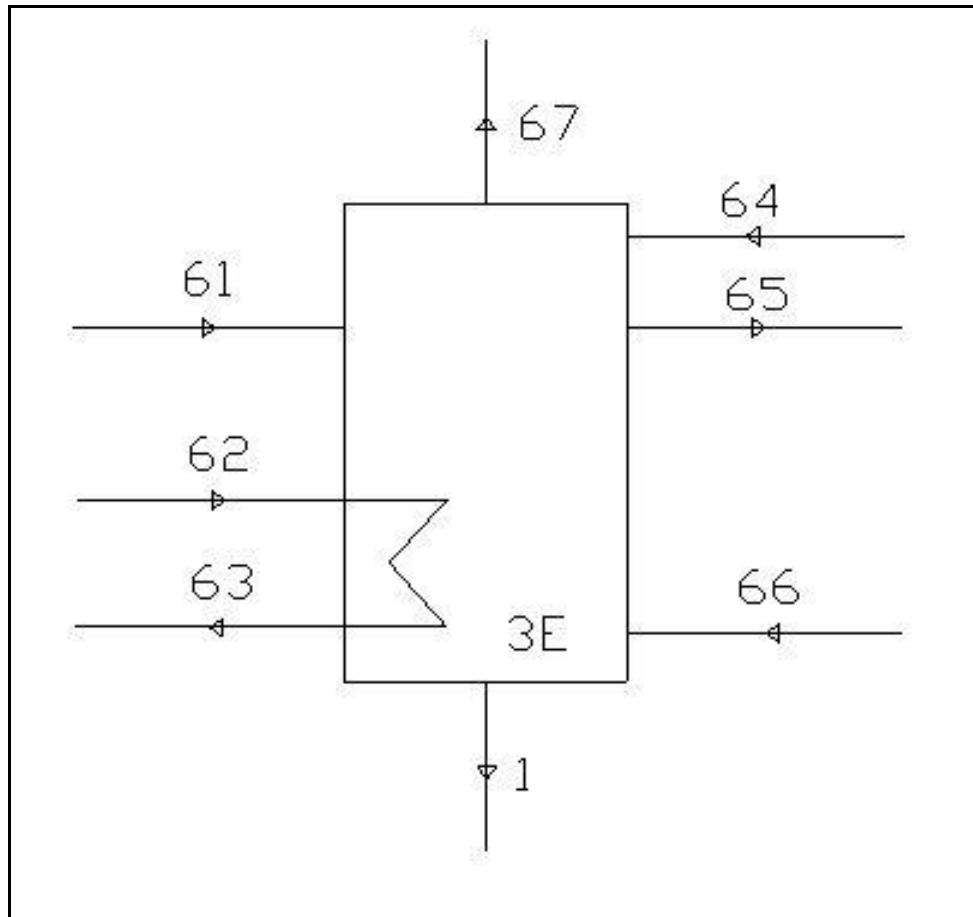
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{57,vyag} + \dot{E}x_{58,bhr}$$

$$\dot{E}x_{\zeta} = \dot{E}x_{60,bhr} + \dot{E}x_{61,kyag} + \dot{E}x_{3D}$$

$$\dot{E}x_{yok,3D} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\zeta}$$

$$\dot{E}x_{yok,3D} = 6,3 \text{ kW}$$

4.8.5 3E Numaralı Tank



Şekil 4.22 3E numaralı tank

Şekil 4.22'deki 3E numaralı tank için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

61 numaralı akış: Kurutulmuş Yağ

$$T_{61,kyag} = 90^{\circ}\text{C} \quad \dot{m}_{61,kyag} = 8345 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad c_{61,kyag} = 2,388 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$$

62 numaralı akış: Soğutma Suyu

$$T_{62,ssu} = 32^{\circ}C \quad \dot{m}_{62,ssu} = 9950 \frac{kg}{h}$$

63 numaralı akış: Soğutma Suyu

$$T_{63,ssu} = 33^{\circ}C \quad \dot{m}_{63,ssu} = 9950 \frac{kg}{h}$$

64 numaralı akış: Deodorize Yağ

$$T_{64,dyağ} = 230^{\circ}C \quad \dot{m}_{64,dyağ} = 8333 \frac{kg}{h} \quad c_{64,dyağ} = 2,83 \frac{kJ}{kg.K}$$

65 numaralı akış: Yağ

$$T_{65,yağ} = 200^{\circ}C \quad \dot{m}_{65,yağ} = 8345 \frac{kg}{h} \quad c_{65,yağ} = 2,72 \frac{kJ}{kg.K}$$

66 numaralı akış: Buhar

$$T_{66,bhr} = 200^{\circ}C \quad \dot{m}_{66,bhr} = 50 \frac{kg}{h}$$

67 numaralı akış: Buhar

$$T_{67,bhr} = 150^{\circ}C \quad \dot{m}_{67,bhr} = 50 \frac{kg}{h}$$

1 numaralı akış: Deodorize Yağ

$$T_{1,dyağ} = 125^{\circ}C \quad \dot{m}_{1,dyağ} = 8333 \frac{kg}{h} \quad c_{1,dyağ} = 2,508 \frac{kJ}{kg.K}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 3E numaralı tanka giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{61,kyağ} + \dot{m}_{62,ssu} + \dot{m}_{64,dyağ} + \dot{m}_{66,bhr} = \dot{m}_{63,ssu} + \dot{m}_{65,yağ} + \dot{m}_{67,bhr} + \dot{m}_{1,dyağ}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{3E} + \dot{m}_{61,kyağ} \cdot c_{61,kyağ} \cdot T_{61,kyağ} + \dot{m}_{62,ssu} \cdot c_{62,ssu} \cdot T_{62,ssu} + \dot{m}_{64,dyağ} \cdot c_{64,dyağ} \cdot T_{64,dyağ} \\ + \dot{m}_{66,bhr} \cdot c_{66,bhr} \cdot T_{66,bhr} \\ = \dot{m}_{63,ssu} \cdot c_{63,ssu} \cdot T_{63,ssu} + \dot{m}_{65,yağ} \cdot c_{65,yağ} \cdot T_{65,yağ} \\ + \dot{m}_{67,bhr} \cdot c_{67,bhr} \cdot T_{67,bhr} + \dot{m}_{1,dyağ} \cdot c_{1,dyağ} \cdot T_{1,dyağ} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{3E} = -8,10 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değerleri;

$$\dot{E}x_{61,kyag} = \dot{m}_{61,kyag}[(c_{61,kyag} \cdot T_{61,kyag} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{61,kyag}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{61,kyag} = 62,13 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{62,ssu} = \dot{m}_{62,ssu} \cdot h_{f62}$$

$$\dot{E}x_{62,ssu} = \dot{Q}_{62,ssu}(1 - \frac{T_0}{T_{62,ssu}}) \quad \dot{E}x_{62,ssu} = 8,51 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{63,ssu} = \dot{m}_{63,ssu} \cdot h_{f63}$$

$$\dot{E}x_{63,ssu} = \dot{Q}_{63,ssu}(1 - \frac{T_0}{T_{63,ssu}}) \quad \dot{E}x_{63,ssu} = 10 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{64,dyag} = \dot{m}_{64,dyag}[(c_{64,dyag} \cdot T_{64,dyag} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{64,dyag}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{64,dyag} = 478,86 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{65,yag} = \dot{m}_{65,yag}[(c_{65,yag} \cdot T_{65,yag} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{65,yag}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{65,yag} = 355,46 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{66,bhr} = \dot{m}_{66,bhr} \cdot h_{g66}$$

$$\dot{E}x_{66,bhr} = \dot{Q}_{66,bhr}(1 - \frac{T_0}{T_{66,bhr}}) \quad \dot{E}x_{66,bhr} = 14,7 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{67,bhr} = \dot{m}_{67,bhr} \cdot h_{g67}$$

$$\dot{E}x_{67,bhr} = \dot{Q}_{67,bhr}(1 - \frac{T_0}{T_{67,bhr}}) \quad \dot{E}x_{67,bhr} = 11,3 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{1,dyag} = \dot{m}_{1,dyag}[(c_{1,dyag} \cdot T_{1,dyag} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{1,dyag}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{1,dyag} = 133,61 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 40°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{3E} = \dot{Q}_{3E} \left(1 - \frac{T_0}{T_{3E}}\right) \quad \dot{E}x_{3E} = 0,39 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

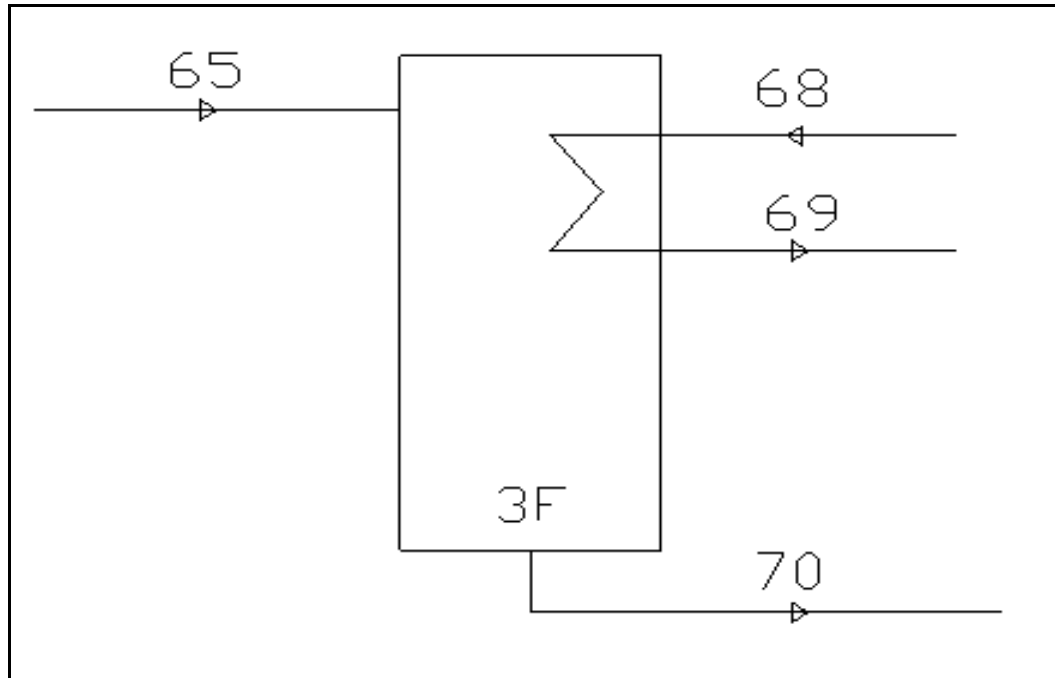
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{61,kyag} + \dot{E}x_{62,ssu} + \dot{E}x_{64,dyag} + \dot{E}x_{66,bhr}$$

$$\dot{E}x_{\dot{c}} = \dot{E}x_{63,ssu} + \dot{E}x_{65,yag} + \dot{E}x_{67,bhr} + \dot{E}x_{1,dyag} + \dot{E}x_{3E}$$

$$\dot{E}x_{yok,3E} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\dot{c}}$$

$$\dot{E}x_{yok,3E} = 53,44 \text{ kW}$$

4.8.6 3F Numaralı Prestriper Tank



Şekil 4.23 3F numaralı prestriper tank

Şekil 4.23'deki 3F numaralı prestriper tankı için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

65 numaralı akış: Yağ

$$T_{65,yag} = 200^{\circ}C \quad \dot{m}_{65,yag} = 8345 \frac{kg}{h} \quad c_{65,yag} = 2,72 \frac{kJ}{kg.K}$$

68 numaralı akış: Buhar

$$T_{68,bhr} = 260^{\circ}C \quad \dot{m}_{68,bhr} = 1100 \frac{kg}{h}$$

69 numaralı akış: Buhar

$$T_{69,bhr} = 250^{\circ}C \quad \dot{m}_{69,bhr} = 1100 \frac{kg}{h}$$

70 numaralı akış: Yağ

$$T_{70,yag} = 250^{\circ}C \quad \dot{m}_{70,yag} = 8345 \frac{kg}{h} \quad c_{70,yag} = 2,906 \frac{kJ}{kg.K}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 3F numaralı prestriper tankına giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{65,yag} + \dot{m}_{68,bhr} = \dot{m}_{69,bhr} + \dot{m}_{70,yag}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{3F} + \dot{m}_{65,yag} \cdot c_{65,yag} \cdot T_{65,yag} + \dot{m}_{68,bhr} \cdot c_{68,bhr} \cdot T_{68,bhr} \\ = \dot{m}_{69,bhr} \cdot c_{69,bhr} \cdot T_{69,bhr} + \dot{m}_{70,yag} \cdot c_{70,yag} \cdot T_{70,yag} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{3F} = -320,69 kW$$

Her bir akım kolundaki ekserji değerleri;

$$\dot{E}x_{65,yag} = \dot{m}_{65,yag} [(c_{65,yag} \cdot T_{65,yag} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{65,yag}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{65,yag} = 355,46 kW$$

$$\dot{Q}_{68,bhr} = \dot{m}_{68,bhr} \cdot h_{g68}$$

$$\dot{E}x_{68,bhr} = \dot{Q}_{68,bhr} (1 - \frac{T_0}{T_{68,bhr}}) \quad \dot{E}x_{68,bhr} = 381,97 kW$$

$$\dot{Q}_{69,bhr} = \dot{m}_{69,bhr} \cdot h_{f69}$$

$$\dot{E}x_{69,bhr} = \dot{Q}_{69,bhr} \left(1 - \frac{T_0}{T_{69,bhr}}\right) \quad \dot{E}x_{69,bhr} = 142,67 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{70,yag} = \dot{m}_{70,yag} [(c_{70,yag} \cdot T_{70,yag} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln\left(\frac{T_{70,yag}}{T_0}\right)]$$

$$\dot{E}x_{70,yag} = 572,72 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 40°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{3F} = \dot{Q}_{3F} \left(1 - \frac{T_0}{T_{3F}}\right) \quad \dot{E}x_{3F} = 15,37 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

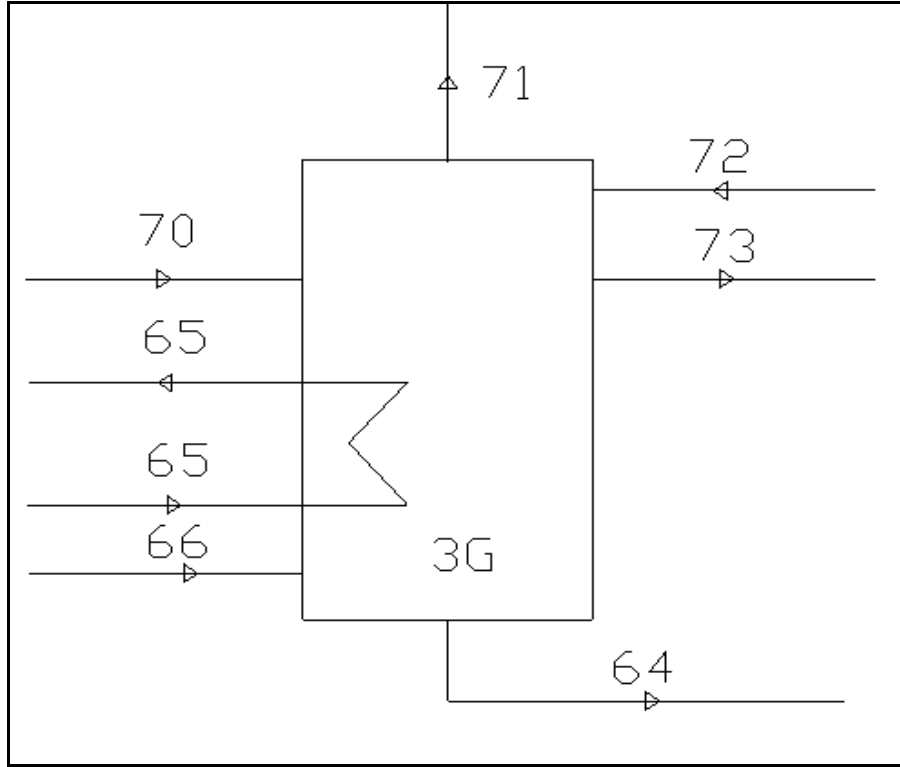
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{65,yag} + \dot{E}x_{68,bhr}$$

$$\dot{E}x_{\zeta} = \dot{E}x_{69,bhr} + \dot{E}x_{70,yag} + \dot{E}x_{3F}$$

$$\dot{E}x_{yok,3F} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\zeta}$$

$$\dot{E}x_{yok,3F} = 6,67 \text{ kW}$$

4.8.7 3G Numaralı Deodorizer Tankı



Şekil 4.24 3G numaralı deodorizer tankı

Şekil 4.24'teki 3G numaralı deodorizer tankı için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

65 numaralı akış: Yağ

$$T_{65,yag} = 200^{\circ}C \quad \dot{m}_{65,yag} = 8345 \frac{kg}{h} \quad c_{65,yag} = 2,72 \frac{kJ}{kg.K}$$

66 numaralı akış: Buhar

$$T_{66,bhr} = 200^{\circ}C \quad \dot{m}_{66,bhr} = 50 \frac{kg}{h}$$

70 numaralı akış: Yağ

$$T_{70,yag} = 250^{\circ}C \quad \dot{m}_{70,yag} = 8345 \frac{kg}{h} \quad c_{70,yag} = 2,906 \frac{kJ}{kg.K}$$

64 numaralı akış: Deodorize Yağ

$$T_{64,dyag} = 230^{\circ}C \quad \dot{m}_{64,dyag} = 8333 \frac{kg}{h} \quad c_{64,dyag} = 2,83 \frac{kJ}{kg.K}$$

71 numaralı akış: Buhar

$$T_{71,bhr} = 175^{\circ}C \quad \dot{m}_{71,bhr} = 53 \frac{kg}{h}$$

72 numaralı akış: Yağ Asidi

$$T_{72,ast} = 75^{\circ}C \quad \dot{m}_{72,ast} = 15477 \frac{kg}{h} \quad c_{72,ast} = 2,345 \frac{kJ}{kg.K}$$

73 numaralı akış: Yağ Asidi

$$T_{73,ast} = 80^{\circ}C \quad \dot{m}_{73,ast} = 15486 \frac{kg}{h} \quad c_{73,ast} = 2,359 \frac{kJ}{kg.K}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 3G numaralı deodorizer tankına giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{65,yag} + \dot{m}_{66,bhr} + \dot{m}_{70,yag} + \dot{m}_{72,ast} = \dot{m}_{64,dyag} + \dot{m}_{65,yag} + \dot{m}_{71,bhr} + \dot{m}_{73,ast}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{3G} + \dot{m}_{65,yag} \cdot c_{65,yag} \cdot T_{65,yag} + \dot{m}_{66,bhr} \cdot c_{66,bhr} \cdot T_{66,bhr} + \dot{m}_{70,yag} \cdot c_{70,yag} \cdot T_{70,yag} \\ + \dot{m}_{72,ast} \cdot c_{72,ast} \cdot T_{72,ast} \\ = \dot{m}_{64,dyag} \cdot c_{64,dyag} \cdot T_{64,dyag} + \dot{m}_{65,yag} \cdot c_{65,yag} \cdot T_{65,yag} \\ + \dot{m}_{71,bhr} \cdot c_{71,bhr} \cdot T_{71,bhr} + \dot{m}_{73,ast} \cdot c_{73,ast} \cdot T_{73,ast} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{3G} = -121,7 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değerleri;

$$\dot{E}x_{65,yag} = \dot{m}_{65,yag} [(c_{65,yag} \cdot T_{65,yag} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{65,yag}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{65,yag} = 355,46 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{66,bhr} = \dot{m}_{66,bhr} \cdot h_{g66}$$

$$\dot{E}x_{66,bhr} = \dot{Q}_{66,bhr} (1 - \frac{T_0}{T_{66,bhr}}) \quad \dot{E}x_{66,bhr} = 14,7 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{64,dyag} = \dot{m}_{64,dyag} [(c_{64,dyag} \cdot T_{64,dyag} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{64,dyag}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{64,daya\check{g}} = 478,86 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{70,ya\check{g}} = \dot{m}_{70,ya\check{g}}[(c_{70,ya\check{g}} \cdot T_{70,ya\check{g}} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{70,ya\check{g}}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{70,ya\check{g}} = 572,72 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{71,bhr} = \dot{m}_{71,bhr} \cdot h_{g71}$$

$$\dot{E}x_{71,bhr} = \dot{Q}_{71,bhr}(1 - \frac{T_0}{T_{71,bhr}}) \quad \dot{E}x_{71,bhr} = 13,31 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{72,ast} = \dot{m}_{72,ast}[(c_{72,ast} \cdot T_{72,ast} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{72,ast}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{72,ast} = 74,9 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{73,ast} = \dot{m}_{73,ast}[(c_{73,ast} \cdot T_{73,ast} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{73,ast}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{73,ast} = 87,42 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 40°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{3G} = \dot{Q}_{3G}(1 - \frac{T_0}{T_{3G}}) \quad \dot{E}x_{3G} = 5,83 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

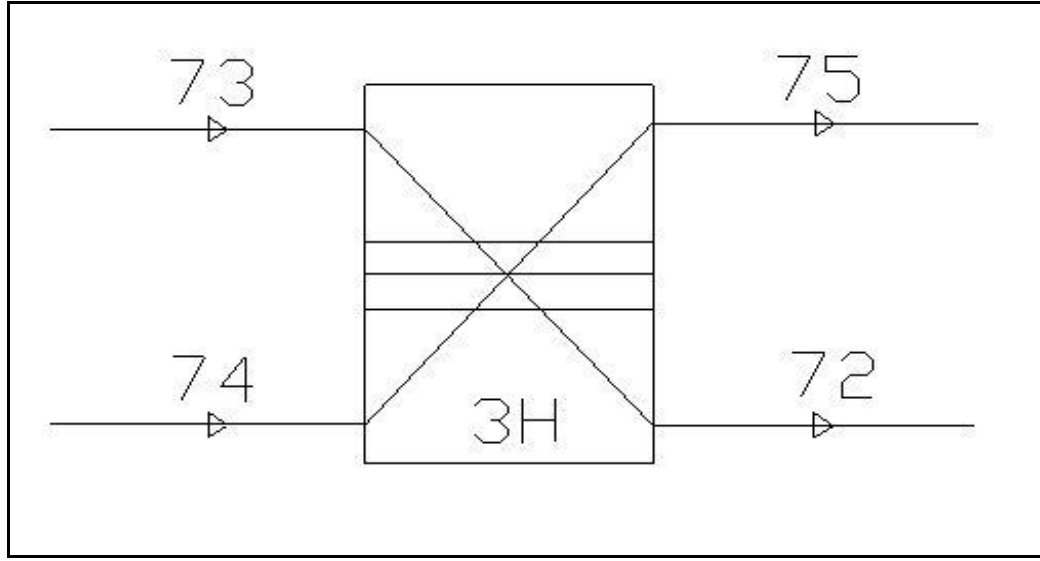
$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{65,ya\check{g}} + \dot{E}x_{66,bhr} + \dot{E}x_{70,ya\check{g}} + \dot{E}x_{72,ast}$$

$$\dot{E}x_{\check{c}} = \dot{E}x_{64,daya\check{g}} + \dot{E}x_{65,ya\check{g}} + \dot{E}x_{71,bhr} + \dot{E}x_{73,ast} + \dot{E}x_{3G}$$

$$\dot{E}x_{yok,3G} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\check{c}}$$

$$\dot{E}x_{yok,3G} = 76,9 \text{ kW}$$

4.8.8 3H Numaralı Plakalı Isı Değiştirici



Şekil 4.25 3H numaralı plakalı ısı değiştirici

Şekil 4.25'teki 3H numaralı plakalı ısı değiştirici için yapılan hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

73 numaralı akış: Yağ Asidi

$$T_{73,ast} = 80^{\circ}C \quad \dot{m}_{73,ast} = 15486 \frac{kg}{h} \quad c_{73,ast} = 2,359 \frac{kJ}{kg.K}$$

74 numaralı akış: Soğutma Suyu

$$T_{74,ssu} = 32^{\circ}C \quad \dot{m}_{74,ssu} = 7700 \frac{kg}{h}$$

75 numaralı akış: Soğutma Suyu

$$T_{75,ssu} = 37^{\circ}C \quad \dot{m}_{75,ssu} = 7709 \frac{kg}{h}$$

72 numaralı akış: Yağ Asidi

$$T_{72,ast} = 75^{\circ}C \quad \dot{m}_{72,ast} = 15477 \frac{kg}{h} \quad c_{72,ast} = 2,345 \frac{kJ}{kg.K}$$

Termodinamiğin birinci yasası uyarınca, 3H numaralı plakalı ısı değıştiricisine giren maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamı çıkan maddelerin kütlelerinin (veya debilerinin) toplamına eşittir.

$$\dot{m}_{73,ast} + \dot{m}_{74,ssu} = \dot{m}_{75,ssu} + \dot{m}_{72,ast}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{3H} + \dot{m}_{73,ast} \cdot c_{73,ast} \cdot T_{73,ast} + \dot{m}_{74,ssu} \cdot c_{74,ssu} \cdot T_{74,ssu} \\ = \dot{m}_{75,ssu} \cdot c_{75,ssu} \cdot T_{75,ssu} + \dot{m}_{72,ast} \cdot c_{72,ast} \cdot T_{72,ast} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{3H} = -10,63 \text{ kW}$$

Her bir akım kolundaki ekserji değeri;

$$\dot{E}x_{73,ast} = \dot{m}_{73,ast} [(c_{73,ast} \cdot T_{73,ast} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{73,ast}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{73,ast} = 87,42 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{74,ssu} = \dot{m}_{74,ssu} \cdot h_{f74}$$

$$\dot{E}x_{74,ssu} = \dot{Q}_{74,ssu} (1 - \frac{T_0}{T_{74,ssu}}) \quad \dot{E}x_{74,ssu} = 6,59 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{75,ssu} = \dot{m}_{75,ssu} \cdot h_{f75}$$

$$\dot{E}x_{75,ssu} = \dot{Q}_{75,ssu} (1 - \frac{T_0}{T_{75,ssu}}) \quad \dot{E}x_{75,ssu} = 12,85 \text{ kW}$$

$$\dot{E}x_{72,ast} = \dot{m}_{72,ast} [(c_{72,ast} \cdot T_{72,ast} - c_0 \cdot T_0) - T_0 \cdot c_{ort} \cdot \ln(\frac{T_{72,ast}}{T_0})]$$

$$\dot{E}x_{72,ast} = 74,9 \text{ kW}$$

Yüzey sıcaklığı 40°C için yüzeyden olan kayıp;

$$\dot{E}x_{3H} = \dot{Q}_{3H} (1 - \frac{T_0}{T_{3H}}) \quad \dot{E}x_{3H} = 0,51 \text{ kW}$$

Ekserji kaybı,

$$\dot{E}x_g = \dot{E}x_{73,ast} + \dot{E}x_{74,ssu}$$

$$\dot{E}x_{\zeta} = \dot{E}x_{75,ssu} + \dot{E}x_{72,ast} + \dot{E}x_{3H}$$

$$\dot{E}x_{yok,3H} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_{\zeta}$$

$$\dot{E}x_{yok,3H} = 5,75 \text{ kW}$$

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bir ayçiçeği yağı entegre tesisinin rafinasyon bölümü, buhar kullanımlı bir tesis olduğundan, enerji ve ekserji kayıplarına duyarlı bir tesis olarak görülmüş ve fabrikanın gerçek verileri ile termodinamik açıdan incelenmiştir. Yapılan incelemelerde, tesisin rafinasyonundaki ağartma, vinterizasyon ve deodorizasyon bölümleri göz önüne alınmıştır.

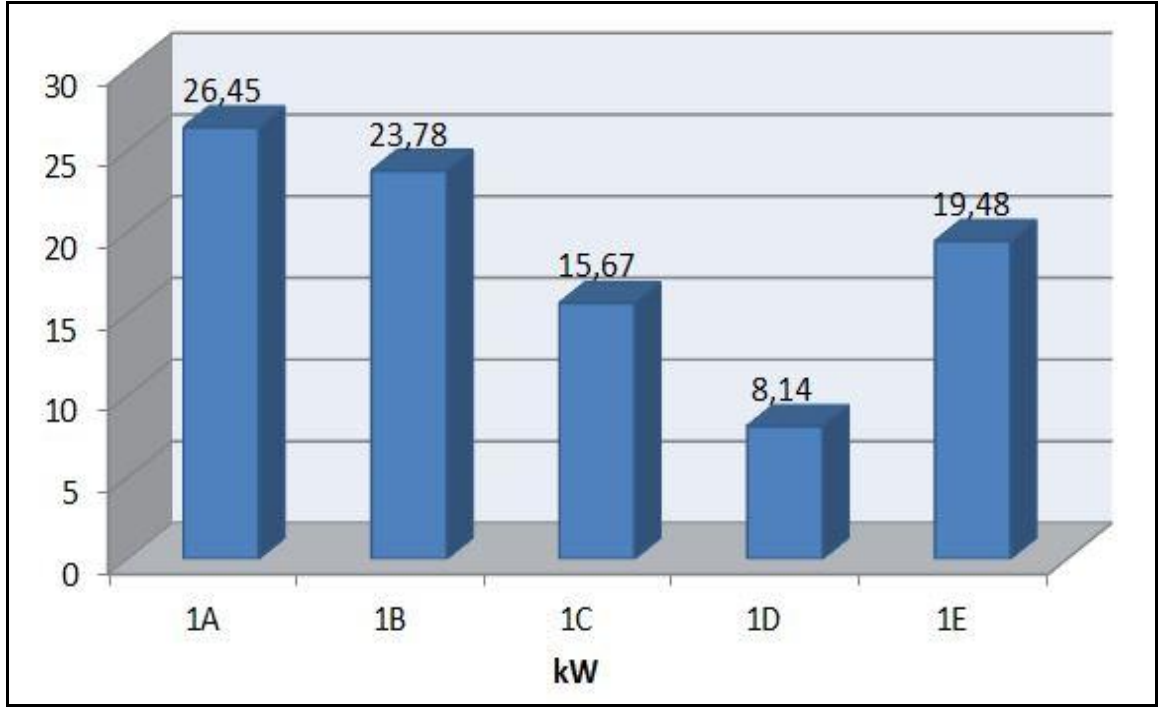
Yapılan ekserji analizlerinde, kaybolan ekserji (loss) ve yok olan ekserji (destroyed) aynı olarak düşünülmüş, bu iki terim arasında bir ayrım yapılmayarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, sadece fiziksel ekserji hesaplanmış, ekserjinin diğer bileşenleri (kimyasal, potansiyel, kinetik ekserji) hesaplamalara katılmamıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, en çok ekserji kaybına neden olan sistem komponentleri belirlenmiştir.

Ağartma bölümünde, sistemin komponentleri Çizelge 5.1’de, kW cinsinden ekserji kayıpları ise Şekil 5.1’de görülmektedir. Bölümdeki 2 plakalı ısı değiştirici, 1 karıştırıcı tank, 1 ağartma tankı ve 1 niagara filtresi olmak üzere 5 sistem komponenti hesaplamalara katılmıştır.

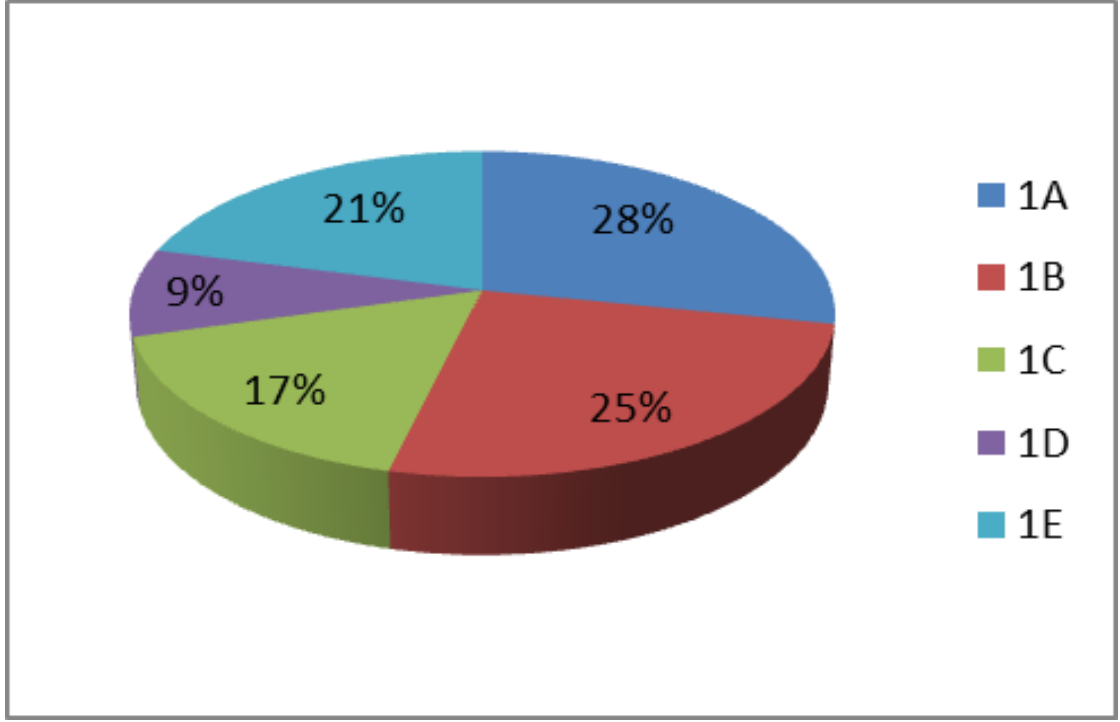
Çizelge 5. 1 Ağartma bölümü komponentleri

	Komponentler
1A	Plakalı Isı Değiştirici
1B	Plakalı Isı Değiştirici
1C	Karıştırıcı Tank
1D	Ağartma Tankı
1E	Niagara Filtresi

Yapılan hesaplamalara göre, ekserji kayıpları azalan sıralamaya göre: 26,45 kW ile 1A; 23,78 kW ile 1B; 19,48 kW ile 1E; 15,67 kW ile 1C ve 8,14 kW ile 1D numaralı komponentlerde görülmüştür. Bu değerlerin, ağartma bölümü içerisindeki yüzdeleri ise Şekil 5.2’de görülmektedir.



Şekil 5.1 Ağartma bölümü ekserji kayıpları



Şekil 5.26 Ağartma bölümü için ekserji kayıpları yüzdeleri

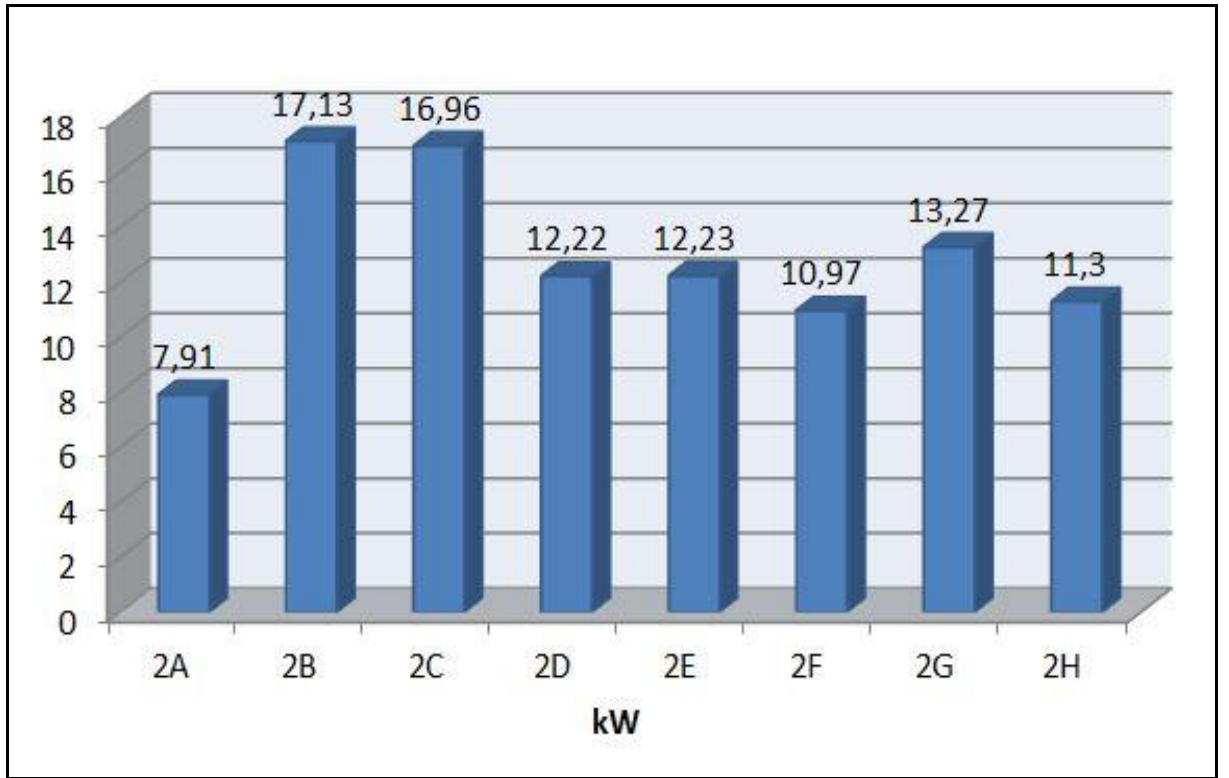
Maksimum ekserji kaybı 1A numaralı plakalı ısı değiştiricisinde, minimum ekserji kaybı ise 1D numaralı ağartma tankında gözlemlenmiştir. 1A komponentinde yüksek sıcaklık ve yüksek debilere ulaşıldığından, bu komponentte ekserji kaybı diğer komponentlere oranla daha yüksek çıkmıştır. 1D numaralı ağartma tankında ise, asıl amaç yağın ağartma toprağı ile muamelesi olduğundan ve çok fazla sıcaklık farklarına ulaşılmadığından ekserji kaybı düşük çıkmıştır. Ağartma bölümündeki ekserji kayıplarının %53'u plakalı ısı değiştiricilerinden kaynaklandığından bu bölüm için plakalı ısı değiştiricilerinin boyutlarının gözden geçirilmesi ve bu komponentlerin optimizasyonu önerilebilir.

Vinterizasyon bölümünde, sistemin komponentleri Çizelge 5.2'de, kW cinsinden ekserji kayıpları ise Şekil 5.3'te görülmektedir. Bölümdeki 3 plakalı, 1 borulu ısı değiştirici, 1 kristalize tankı, 1 olgunlaştırıcı tank, 1 sıcak su tankı ve 1 prekot tankı olmak üzere toplamda 8 sistem komponenti hesaplamalara katılmıştır.

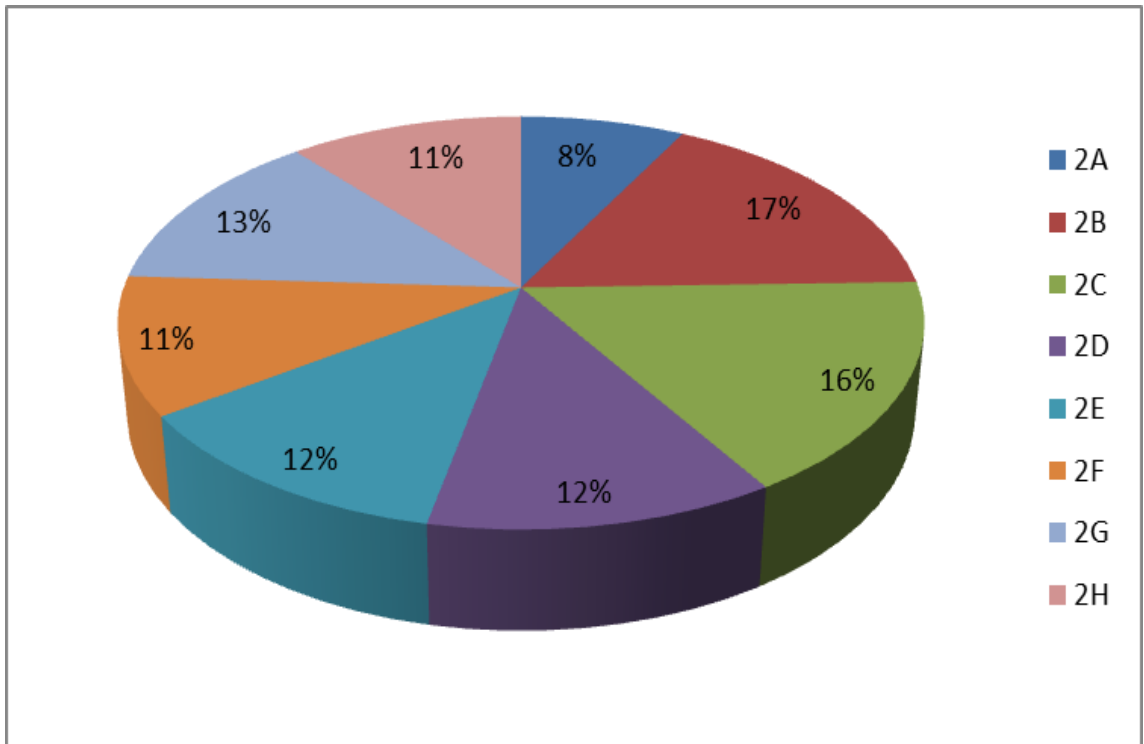
Çizelge 5.3 Vinterizasyon bölümü komponentleri

	Komponentler
2A	Plakalı Isı Değiştirici
2B	Plakalı Isı Değiştirici
2C	Plakalı Isı Değiştirici
2D	Kristalize Tankı
2E	Olgunlaştırıcı Tank
2F	Borulu Isı Değiştirici
2G	Sıcak Su Tankı
2H	Prekot Tankı

Yapılan hesaplamalarda, maksimum ekserji kaybının 2B numaralı plakalı ısı değiştiricisinde olduğu görülmüştür. Bu komponenti 2C numaralı plakalı ısı değiştiricisi izlemektedir. En düşük ekserji kaybı ise, 2A numaralı plakalı ısı değiştiricisinde görülmüştür. Vinterizasyon bölümünde de, ağartma bölümünde olduğu gibi maksimum ekserji kayıpları plakalı ısı değiştiricilerinde görülmüştür. Şekil 5.4'te vinterizasyon bölümü için ekserji kayıpları yüzdeler halinde verilmiştir. Toplam ekserji kaybının %41'sı plakalı ısı eşanjörlerinden kaynaklandığından bu bölüm için de, plakalı ısı eşanjörleri kritik komponentler olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.3 Vinterizasyon bölümü ekserji kayıpları



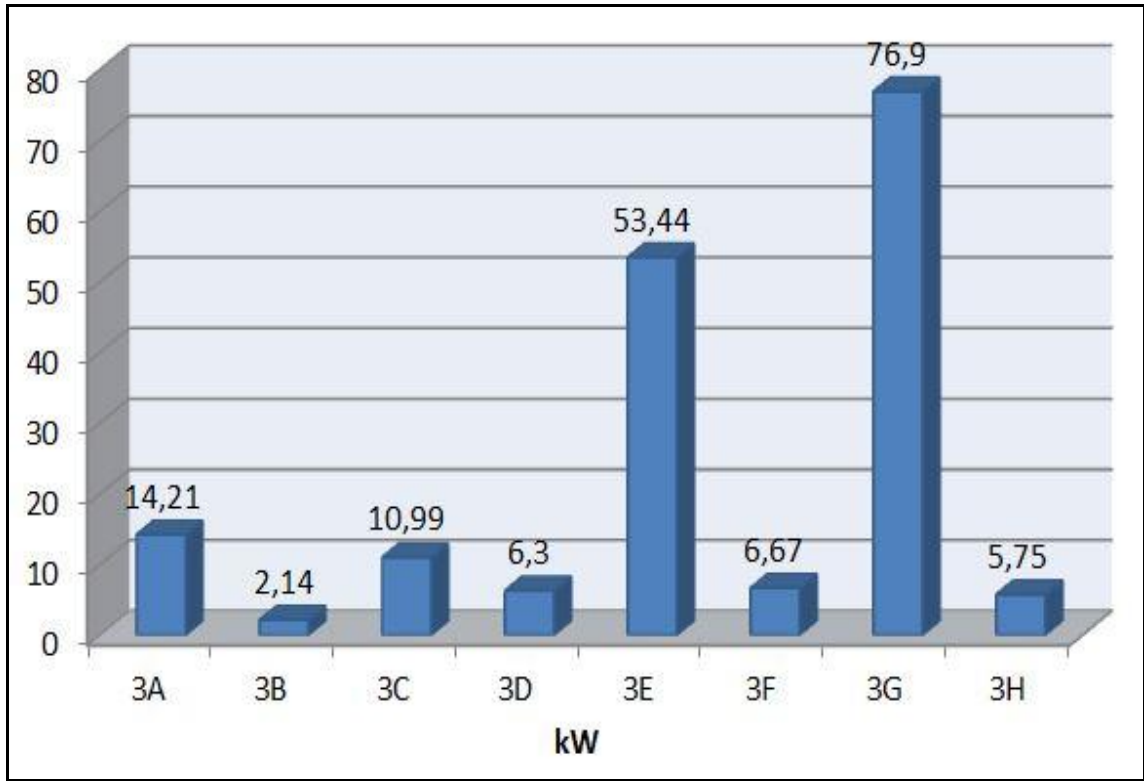
Şekil 5.4 Vinterizasyon bölümü için ekserji kayıpları yüzdeleri

Deodorizasyon bölümünde, sistemin komponentleri Çizelge 5.3'te, kW cinsinden ekserji kayıpları ise Şekil 5.5'te görülmektedir. Bölümdeki 4 plakalı ısı değiştirici, 1 kurutucu degazör, 1 tank, 1 pristriper tankı, 1 deodorize tankı olmak üzere toplamda 8 sistem komponenti hesaplamalara katılmıştır.

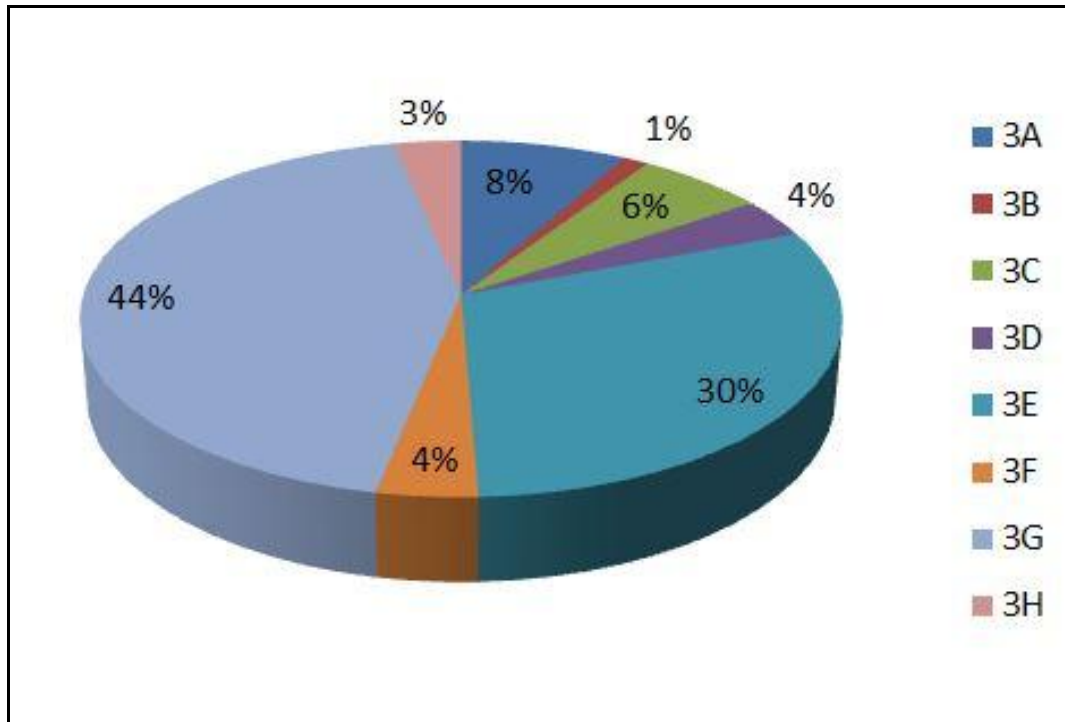
Çizelge 5.3 Deodorizasyon bölümü komponentleri

	Komponentler
3A	Plakalı Isı Değiştirici
3B	Plakalı Isı Değiştirici
3C	Plakalı Isı Değiştirici
3D	Kurutucu Degazör
3E	Tank
3F	Prestriper Tankı
3G	Deodorize Tankı
3H	Plakalı Isı Değiştirici

Bölümdeki maksimum ekserji kayıpları, akışkanların sıcaklıklarının tüm üniteler içinde maksimuma ulaştığı 3G numaralı deodorizer tankı ile 3E numaralı tankta gözlemlenmiştir. Şekil 5.6'da vintemizasyon bölümü için ekserji kayıpları yüzdeleri görülmektedir. Kayıpların %73'ü bu tanklardan olduğundan, deodorizasyon bölümünün en kritik komponentleri ölü hal ile akışkan sıcaklık farkının en yüksek olduğu bu iki komponenttir.



Şekil 5.5 Deodorizasyon bölümü ekserji kayıpları



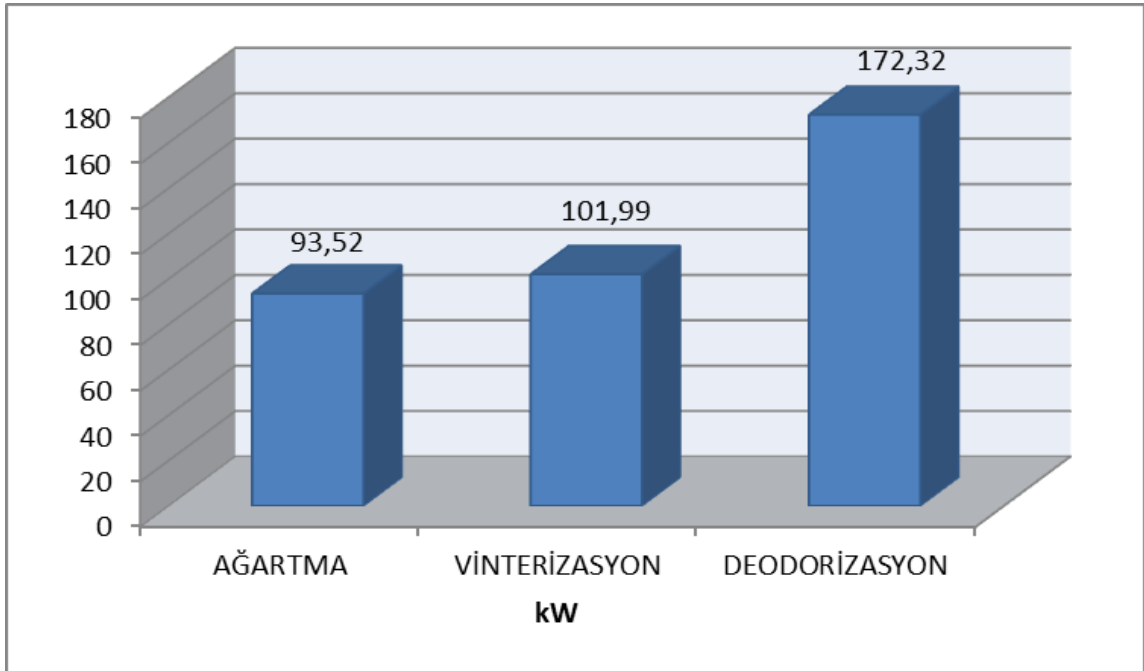
Şekil 5.6 Deodorizasyon bölümü için ekserji kayıpları yüzdeleri

Bu bölümde, okside yağ asitlerin aldehit ve ketonlara parçalanması 210-220 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda gerçekleştiğinden, yüksek sıcaklık değerlerine çıkılmaktadır. Yüksek sıcaklık değerleri ise yüksek ekserji kayıplarını beraberinde getirmektedir.

Bu bölümde, ulaşılan sıcaklıklar ile süre arasında ters bir orantı söz konusudur. Destile edilme hızı ise, ulaşılan sıcaklık değeri ile doğru orantılı olarak ilişkilendirilmektedir. Sıcaklık değerleri arttıkça, destile hızı artar ve gerekli süre kısalmır.

Yapılan çalışmalarda, yağın deodorize edilme zamanının 205 °C'de 6 saat, 232 °C'de 2 saat ve 261 °C'de ise sadece 40 dakika olduğu görülmüştür. Bu noktada, işletmelerin sıcaklık ve süre arasında en tasarruflu bağlantıyı kurmaları ve sıcaklık değerlerine yapılan hesaplamalar doğrultusunda karar vermeleri gerekmektedir.

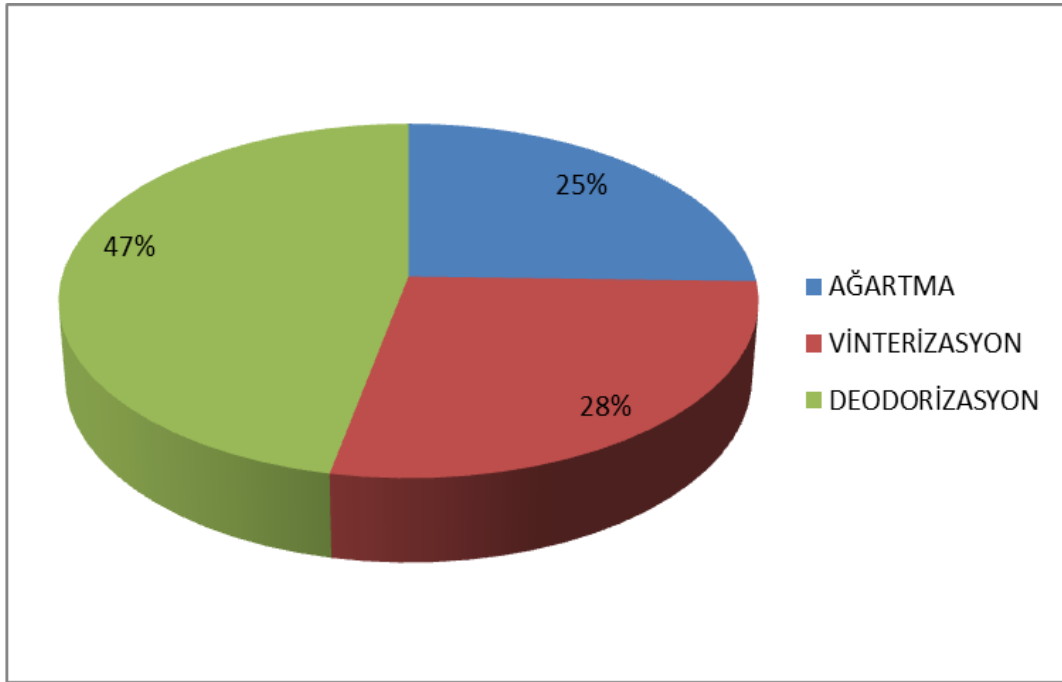
Bu işletme için maksimum sıcaklık değeri 260 °C olarak belirlenmiştir. Ekserji kaybının azalması için bu sıcaklık değerinin biraz aşağı çekilmesi önerilebilir. Ancak, sürenin ne kadar uzayacağı ve hangi durumun işletme için daha masraflı olacağı yapılacak ek hesaplamalar sonucunda tartışılmalıdır.



Şekil 5.7 Rafinasyon bölümü toplam ekserji kaybı

Sisteme genel bir bakış olarak, rafinasyon bölümündeki seçilen komponentlerdeki yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen ekserji kayıp değerleri Şekil 5.7’de gösterilmiştir.

Kayıpların yüzdeleri ise Şekil 5.8’de belirtildiği gibidir. Rafinasyon bölümündeki kayıpların yaklaşık %47 si en yüksek sıcaklık değerlerine çıkılan deodorizasyon bölümünde elde edilmiştir.



Şekil 5.8 Rafinasyon bölümü toplam ekserji kaybı yüzdeleri

Bundan sonra yapılacak çalışmalar; ekserji verimlerinin hesaplanması, kritik komponentlerin optimizasyonu ve termoeconomik analiz olabilir.

- [1] Yang, S., Yang, S., & Qian, Y., (2015). "The Inclusion of Economic and Environmental Factors in the Ecological Cumulative Exergy Consumption Analysis of Industrial Processes", *Journal of Cleaner Production*, 108: 1019-1027.
- [2] Farhat, A., Zoughaib, A., & El Khoury, K., (2015). "A New Methodology Combining Total Site Analysis With Exergy Analysis", *Computers & Chemical Engineering*, 82: 216-227.
- [3] Ofori-Boateng, C., Teong, L. K., & JitKang, L., (2012). "Comparative Exergy Analyses of Jatropha Curcas Oil Extraction Methods: Solvent and Mechanical Extraction Processes", *Energy Conversion and Management*, 55: 164-171.
- [4] Vandani, A. M. K., Bidi, M., & Ahmadi, F., (2015). "Exergy Analysis and Evolutionary Optimization of Boiler Blowdown Heat Recovery in Steam Power Plants", *Energy Conversion and Management*, 106: 1-9.
- [5] Kaushik, S. C., Manikandan, S., & Hans, R., (2015). "Energy and Exergy Analysis of Thermoelectric Heat Pump System", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 86: 843-852.
- [6] Reis, A., & Mert, S. O., (2015). "Performance Assessment of a Direct Formic Acid Fuel Cell System Through Exergy Analysis", *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(37): 12776-12783.
- [7] Bouaziz, N., & Lounissi, D., (2015). "Energy and Exergy Investigation of a Novel Double Effect Hybrid Absorption Refrigeration System For Solar Cooling", *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(39): 13849-13856.
- [8] Yamankaradeniz, N., (2016). "Thermodynamic Performance Assessments of a District Heating System With Geothermal By Using Advanced Exergy Analysis", *Renewable Energy*, 85: 965-972.
- [9] Bahrehmand, D., Ameri, M., & Gholampour, M., (2015). "Energy and Exergy Analysis of Different Solar Air Collector Systems With Forced Convection", *Renewable Energy*, 83: 1119-1130.

- [10] Yataganbaba, A., Kilicarslan, A., & Kurtbaşı, İ., (2015). "Exergy Analysis of R1234yf and R1234ze as R134a Replacements in a Two Evaporator Vapour Compression Refrigeration System", *International Journal of Refrigeration*, 60: 26-37.
- [11] Kaynakli, O., Saka, K., & Kaynakli, F., (2015). "Energy and Exergy Analysis of a Double Effect Absorption Refrigeration System Based on Different Heat Sources", *Energy Conversion and Management*, 106: 21-30.
- [12] Sánchez, J. M., López-Urrea, R., Rubio, E., González-Piqueras, J., & Caselles, V., (2014). "Assessing Crop Coefficients of Sunflower and Canola Using Two-Source Energy Balance and Thermal Radiometry", *Agricultural Water Management*, 137: 23-29.
- [13] <http://www.tohumcular.com/forum/index.php?topic=71.0> (4 Kasım 2014)
- [14] Süzer, S., Ayçiçeği Yetiştiriciliği, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı.
- [15] Katar, D., Bayramin, S., Kayaçetin, F., & Arslan, Y., (2012). "Ankara Ekolojik Koşullarında Farklı Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Çeşitlerinin Verim Performanslarının Belirlenmesi", *Anadolu Journal of Agricultural Sciences/Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(3).
- [16] Pekcan, Y. K. G. E. V., & Yılmaz, T. G. M. İ., (2009). "Ayçiçeğinde yağ verimi ve bazı verim öğeleri arasında ilişkilerin belirlenmesi", *Tarım Bilimleri Dergisi*, 15(4): 310-318.
- [17] Kadayıfçı, A., & Yıldırım, O., (2000). "Ayçiçeğinin Su-Verim İlişkileri", *Türk J Agric For*, 24: 137-145.
- [18] Çaliyurt, K. T., "Ayçiçek Yağı Sanayii İşletmelerinde Üretim Süreci ve Yan Ürün Maliyetlerinin Hesaplanması", *Trakya Üniversitesi*.
- [19] Iriarte, A., Rieradevall, J., & Gabarrell, X., (2010). "Life Cycle Assessment of Sunflower and Rapeseed as Energy Crops Under Chilean Conditions", *Journal of Cleaner Production*, 18(4): 336-345.
- [20] Zhao, X., Monnell, J. D., Niblick, B., Rovensky, C. D., & Landis, A. E., (2014). "The Viability of Biofuel Production on Urban Marginal Land: An Analysis of Metal Contaminants and Energy Balance For Pittsburgh's Sunflower Gardens", *Landscape and Urban Planning*, 124: 22-33.
- [21] Kallivroussis, L., Natsis, A., & Papadakis, G., (2002). "RD—Rural Development: the Energy Balance of Sunflower Production for Biodiesel in Greece", *Biosystems Engineering*, 81(3): 347-354.
- [22] http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=23161&tipi=17&sube=0 (12 Mayıs 2015)
- [23] Nas, S., (2001). *Bitkisel Yağ Teknolojisi, Üçüncü Baskı*, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Matbaası, Denizli.

- [24] Landucci, G., Lovicu, G., Barontini, F., Guidi, L., & Nicoletta, C., (2014). "Safety Issues Related to the Maintenance Operations in a Vegetable Oil Refinery: A Case Study", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 30: 95-104.
- [25] Gong, M., & Werner, S., (2015). "Exergy Analysis of Network Temperature Levels in Swedish and Danish District Heating Systems", *Renewable Energy*, 84: 106-113.
- [26] Ünsal, V., (2010). *Candu 6 Nükleer Güç Santralinin Ekserji Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul.*
- [27] Cengel, Y. A., & Michael A. B., (2002). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. Ed. Mehmet Kanoğlu., Vol. 5., New York: McGraw-Hill.
- [28] Akçaya, C., (2009). *Bira Üretimindeki Ekserji Kayıplarının Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- [29] Li, C., Gillum, C., Toupin, K., & Donaldson, B., (2015). "Biomass boiler energy conversion system analysis with the aid of exergy-based methods", *Energy Conversion and Management*, 103: 665-673.
- [30] Acevedo, L., Usón, S., & Uche, J., (2015). "Local exergy cost analysis of microwave heating systems", *Energy*, 80: 437-451.
- [31] Bozoğlu, E., (2008). *Bir Zeytinyağı Rafinerasyon Tesisinin Enerji ve Ekserji Analiz Yöntemleri Kullanılarak Performansının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.*
- [32] Gong, S., & Boulama, K. G., (2015). "Advanced Exergy Analysis of an Absorption Cooling Machine: Effects of the Difference Between the Condensation and Absorption Temperatures", *International Journal of Refrigeration*, 59: 224-234.
- [33] Yilmazoğlu, M. Z., & Amirabedin, E., (2011). "Second Law and Sensitivity Analysis of a Combined Cycle Power Plant in Turkey", *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi/Journal of Thermal Science & Technology*, 31(2).
- [34] Büyüktür, A. R., (1989). *Termodinamik, Dördüncü Baskı, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, Birsan Yayınevi, İstanbul.*
- [35] Öztürk, M., Elbir, A., & Özek, N., "Akdeniz Bölgesine Gelen Güneş Radyasyonunun Ekserji Analizi", In *Proc. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'II)*.
- [36] Gómez, M. R., Gómez, J. R., López-González, L. M., & López-Ochoa, L. M. (2015). "Thermodynamic Analysis of a Novel Power Plant With LNG (Liquefied Natural Gas) Cold Exergy Exploitation and CO₂ Capture", *Energy*.
- [37] Ege, A., (2012). *Afşin- Elbistan B Kömür Santralinin Ekserji ve Termodinamik Analizi ve Optimizasyonu, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
- [38] Kalogirou, S. A., Karellas, S., Badescu, V., & Braimakis, K., (2016). "Exergy Analysis on Solar Thermal Systems: A Better Understanding of Their Sustainability", *Renewable Energy*, 85: 1328-1333.

- [39] Wang, J., Liu, Z., Yuan, F., Liu, W., & Chen, G., (2015). "Convective Heat Transfer Optimization in a Circular Tube Based on Local Exergy Destruction Minimization", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 90: 49-57.
- [40] Kostowski, W. J., Kalina, J., Bargiel, P., & Szufleński, P., (2015). "Energy and Exergy Recovery in a Natural Gas Compressor Station—A Technical and Economic Analysis", *Energy Conversion and Management*, 104: 17-31.
- [41] Zhu, J., Wang, K., Wu, H., Wang, D., Du, J., & Olabi, A. G., (2015). "Experimental Investigation on the Energy and Exergy Performance of a Coiled Tube Solar Receiver", *Applied Energy*, 156: 519-527.
- [42] Bejan, A., George T., & Michael J. M., (1996). "Thermal Design and Optimization", John Wiley & Sons.
- [43] Dincer, I., & Marc A. R., (2012). "Exergy: Energy, Environment and Sustainable Development", Newnes.
- [44] Luo, W., Wang, Q., Guo, J., Liu, Z., & Zheng, C., (2015). "Exergy- Based Control Strategy Selection For Flue Gas Recycle in Oxy-Fuel Combustion Plant", *Fuel*, 161: 87-96.
- [45] Rovas, D., & Zabaniotou, A., (2015). "Exergy Analysis of a Small Gasification-ICE Integrated System For CHP Production Fueled With Mediterranean Agro-Food Processing Wastes: The SMART-CHP", *Renewable Energy*, 83: 510-517.
- [46] Liu, X., Chen, L., Qin, X., & Sun, F., (2015). "Exergy Loss Minimization For a Blast Furnace With Comparative Analyses For Energy Flows and Exergy Flows", *Energy*, 93: 10-19.
- [47] Dizaji, H. S., Jafarmadar, S., Abbasalizadeh, M., & Khorasani, S., (2015). "Experiments on Air Bubbles Injection Into a Vertical Shell And Coiled Tube Heat Exchanger; Exergy and NTU Analysis", *Energy Conversion and Management*, 103: 973-980.
- [48] Fasina, O. O., & Colley, Z., (2008). "Viscosity and Specific Heat of Vegetable Oils as a Function of Temperature: 35 C to 180 C", *International Journal of Food Properties*, 11(4): 738-746.
- [49] MMO, (2008). Soğutma Tesisatı, Yayın No: 295/5, İstanbul.
- [50] Wambu, E. W., Muthakia, G. K., & Shiundu, P. M., (2011). "Kinetics and Thermodynamics of Aqueous Cu (II) Adsorption on Heat Regenerated Spent Bleaching Earth", *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 25(2).
- [51] Man, A., & Martino, J. B., (2009). "Thermal, Hydraulic and Mechanical Properties of Sealing Materials", *Nuclear Waste Management Organization NWMO TR-2009-20*.
- [52] Silva, S. M., Sampaio, K. A., Ceriani, R., Verhé, R., Stevens, C., De Greyt, W., & Meirelles, A. J., (2013). "Adsorption of Carotenes and Phosphorus From Palm Oil Onto Acid Activated Bleaching Earth: Equilibrium, Kinetics and Thermodynamics", *Journal of Food Engineering*, 118(4): 341-349.

- [53] Topçu, İ. B., & Işıkdağ, B., (2007). “Manufacture of High Heat Conductivity Resistant Clay Bricks Containing Perlite”, *Building and Environment*, 42(10): 3540-3546.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Buse ORTAÇ
Doğum Tarihi ve Yeri : 25.09.1991/ EDİRNE
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : buseortac@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Makine Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2013
Lise	Sayısal	Edirne Lisesi	2009

YAYINLARI

Bildiri

Ortaç, B., Bilge Z. D., (2015). “Thermodynamic Analysis of a Steam Using Production Plant”, International Conference on Energy Systems, ICES, 23-25 December, İstanbul.