

**SICAK SULU BİR ISITMA SİSTEMİNE PLAKALI EŞANJÖR
YERLEŞTİRİLMESİNİN SİSTEM ÇALIŞMA
PARAMETRELERİNE ETKİSİ**

Murat DEMİRHAN

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

KARABÜK

Eylül 2012

Murat DEMİRHAN tarafından hazırlanan " SICAK SULU BİR ISITMA SİSTEMİNE PLAKALI EŞANJÖR YERLEŞTİRİLMESİNİN SİSTEM ÇALIŞMA PARAMETRELERİNE ETKİSİ" başlıklı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mehmet ÖZALP




Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 21/09/2012

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Hüseyin KURT (KBÜ)



Üyc : Doç. Dr. Mehmet ÖZALP (KBÜ)



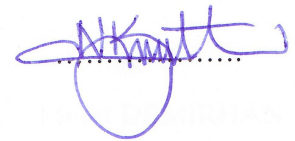
Üye : Doç. Dr. Ziyaddin RECEBLİ (KBÜ)



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

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

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



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

Murat DEMİRHAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SICAK SULU BİR ISITMA SİSTEMİNE PLAKALI EŞANJÖR YERLEŞTİRİLMESİNİN SİSTEM ÇALIŞMA PARAMETRELERİNE ETKİSİ

Murat DEMİRHAN

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Mehmet ÖZALP

Eylül 2012, 98 sayfa

Bu tezin amacı merkezi bir ısıtma sistemindeki doğalgaz kazanlarının daha verimli çalışmasını, ayrıca kazan ve ekipmanlarının sistemdeki suyun aşındırıcı, korozif vs. etkilerinden korunmasını ve kazan çalışma rejiminin daha düzenli hale gelmesinin plakalı eşanjörler yardımıyla mümkün olup olmayacağını araştırmaktır. Mevcut durumda 3 adet doğalgaz kazanı, kazan ekipmanları ve sirkülasyon pompalarından oluşan sistem, 500 tonluk su hacmini tek bir çevrimle ısıtmaktadır. Ayrıca sistemde kullanılan kuyu suyu nedeniyle kazan ve kazan ekipmanları kireçtaşı oluşumuna maruz kalmaktadır. Sistemin eksilen suyunu karşılayan ters ozmos arıtma sisteminin kapasitesi de suyun sertliğini düşürmeye yetmemektedir. Bu olumsuzlukları bertaraf edebilmek için kazanların basma ve dönüş hatlarını keserek yeni bir çevrim oluşturması için 2 adet plakalı eşanjörün ve ilave pompaların mevcut yapıya entegre edilmesi düşünülmektedir. Böylece oluşacak düşük su hacimli yeni sistem, arıtma

sisteminden gelen yumuşatılmış ve arıtılmış su ile doldurularak kireçtaşı oluşumundan korunacak ve sistem ömrü uzatılmış olacaktır. Kireçtaşı oluşumunun engelleneceği yeni durumda kazan veriminde bir artış gözlenecektir. Yeni kurulacak olan sistemin maliyeti hesaplanmış ve 6 aylık bir geri ödeme süresine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Doğalgaz kazanları, verimlilik, aşındırma, korozyon, arıtılmış su, ters osmoz yöntemi, plakalı ısı eşanjr.

Bilim Kodu : 914.1.002

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE EFFECT OF PLACEMENT A PLATE HEAT EXCHANGER WITHIN A HOT WATER HEATING SYSTEM TO OPERATING PARAMETERS

Murat DEMİRHAN

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Mehmet ÖZALP

September 2012, 98 pages

The purpose of this thesis is to investigate the natural gas boilers in a central heating system, run more efficiently, also protect boilers and boiler equipments from abrasive, corrosive etc. effects of water and getting the boiler working regime more regular, whether or not with help of plate heat exchangers. Currently the system, which consist of 3 natural gas boilers, boiler equipments and circulation pumps, heats 500 tons of water volume by force of a single cycle. Also due to the well water used in the system, boilers and boiler equipments exposed to the formation of limestone. The reverse osmosis water treatment system capacity, which supplies decreasing water level is not sufficient to reduce the hardness of the water. In order to eliminate these drawbacks, 2 plate heat exchangers and additional pumps is thought to integrate into the existing settlement, by cutting boilers' pressure and return lines for getting a new cycle. Thus, the system of new low water volume will be preserved from the limestone formation by filling it with softened and purified

water supply from water treatment system and so system life will be extended. In the new situation that limestone formation will be prevented, an increase in the efficiency of boilers are observed. The cost of the new installed system is calculated and a payback of 6 months period is determined.

Key Words : Natural gas boilers, efficiency, abrasion, corrosion, purified water, reverse osmosis method, plate heat exchanger.

Science Code : 914.1.002

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasında her aőamada bana yol gosteren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mehmet ÖZALP'E ve desteğini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Hüseyin KURT'A teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	5
ENDÜSTRİYEL İŞLETME VE PROJE BİLGİLERİ	5
2.1. ÖNCEDEN KULLANILAN KÖMÜR KAZANLI SİSTEMİN ÖZELLİKLERİ	5
2.2. YENİ DOĞALGAZ KAZANLI SİSTEMİN ÖZELLİKLERİ	7
2.3. AYLARA GÖRE YILLIK DOĞALGAZ TÜKETİMİ	10
BÖLÜM 3.	11
SU ARITMA SİSTEMİ	11
3.1. KLOR DOZAJLAMA PRENSİBİ	11
3.1.1. Standart Tip Dozajlama Sistemleri	12
3.1.2. ORP – pH Kontrollü Dozaj Sistemleri	12
3.1.3. Debi Kontrollü Dozaj Sistemleri	12
3.2. YUMUŞATMA SİSTEMLERİ	13
3.2.1. Reçine Yüksekliği	13

3.2.2. İki Rejenerasyon Arası Sürenin Tespiti	13
3.2.3. Kullanılacak Reçinenin Absorbe Katsayısı.....	14
3.2.4. Çalışma Sistemi	14
3.3. TERS OZMOS	15
3.3.1. Membran Prosesi.....	16
3.3.1.1. Membran Kirliliği.....	17
3.3.2. Filtre Grupları	18
3.3.2.1. Kum (Quartz) Filtreler	18
3.3.2.2. Aktif Karbon Filtreler	19
3.3.2.3. Kartuş Filtreler.....	20
3.4. KAZAN ARITMA SİSTEMİNİN TANITIMI.....	20
3.5. KAZAN SUYU ÖZELLİKLERİ	25
3.5.1. Sertlik değerleri.....	27
3.5.2. pH değerleri	29
3.5.3. Alkalite değerleri	29
BÖLÜM 4.	31
EŞANJÖRLER	31
4.1. PLAKALI EŞANJÖRLER	33
4.1.1. Contalı Plakalı Eşanjörler	35
4.1.2. Lehimli Plakalı Eşanjörler	37
4.1.3. Spiral Plakalı Eşanjörler	38
4.1.4. Lamelli Isı Eşanjörleri.....	38
4.1.5. Plakalı Eşanjörlerin Karşılaştırması.....	39
4.2. BORULU TİP EŞANJÖRLER	40
4.2.1. Borulu Isı Eşanjörlerinin Temel Elemanları.....	41
4.2.2. Borulu Isı Eşanjörlerinin Özellikleri.....	41
4.3. PLAKALI VE BORULU EŞANJÖRLERİN KARŞILAŞTIRMASI.....	43
BÖLÜM 5.	44
PLAKALI EŞANJÖRÜN SİSTEME ENTEGRASYONU	44
5.1. PLAKALI EŞANJÖR HESABI	44

	<u>Sayfa</u>
5.1.1. Eşanjör Özelliklerinin Belirlenmesi	45
5.1.1.1. Kapasitesi 2000 kW Olan Plakalı Eşanjör Özelliklerinin Paket Programla Hesaplanması	46
5.1.1.2. Kapasitesi 2000 kW Olan Plakalı Eşanjör Özelliklerinin Formülasyonla Hesaplanması	47
5.1.1.3. Kapasitesi 2000 kW Olan Plakalı Eşanjörün Isı Transfer Alanının Hesaplanması	50
5.1.1.4. Kapasitesi 3400 kW Olan Plakalı Eşanjör Özelliklerinin Paket Programla Hesaplanması	51
5.1.1.5. Kapasitesi 3400 kW Olan Plakalı Eşanjör Özelliklerinin Formülasyonla Hesaplanması	52
5.1.1.6. Kapasitesi 3400 kW Olan Plakalı Eşanjörün Isı Transfer Alanının Hesaplanması	54
5.1.2. Pompa Seçimi	58
5.1.2.1. TP 125 Pompanın Teknik Özellikleri	58
5.1.2.2. TP 150 Pompanın Teknik Özellikleri	61
5.2. SİSTEM DEVRESİNE PLAKALI EŞANJÖRLER VE POMPALARIN ENTEĞRE EDİLMESİ	64
 BÖLÜM 6.	 66
SONUÇ VE ÖNERİLER	66
6.1. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	66
6.2. MALİYET ANALİZİ	73
6.2.1. Eşanjör Sisteminin Kurulum Maliyeti ve Geri Ödeme Süresi	76
6.3. ÖNERİ VE DÜŞÜNCELER.....	77
 KAYNAKLAR.....	 79
ÖZGEÇMİŞ.....	81
 EK AÇIKLAMALAR A. DOĞALGAZ KAZANLARI BACA GAZI ANALİZ RAPORU	 83
EK AÇIKLAMALAR B. SUYUN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ.....	85
EK AÇIKLAMALAR C. MOODY DİYAGRAMI	87
EK AÇIKLAMALAR D. MALZEME CİNSLERİNE GÖRE PÜRÜZLÜLÜK KATSAYILARI	89

EK AÇIKLAMALAR E. MEVCUT DURUMDA KAZAN GİDİŞ-DÖNÜŞ SICAKLIKLARI	91
EK AÇIKLAMALAR F. DOĞALGAZ FATURASI	98

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Kazan ve ekipmanları devre şeması.....	4
Şekil 2.1. Kazan devre şeması.....	9
Şekil 2.2. YİM 'de aylara göre doğalgaz tüketiminin grafiksel gösterimi.....	10
Şekil 3.1. Ozmos ve ters ozmosun gösterimi	16
Şekil 3.2. Bir membran tarafından ayrılmış iki fazlı sistemin sistematik gösterimi.	17
Şekil 3.3. Kum fitrelerinin iç yapısı.....	19
Şekil 3.4. Aktif karbon fitrenin iç yapısı.....	19
Şekil 3.5. Kartuş filtre	20
Şekil 3.6. Ters ozmos sistemi devre şeması	22
Şekil 3.7. Ters ozmos arıtma sisteminin fiziksel görünüşü.....	23
Şekil 3.8. Ham su deposu ve hidrofor.....	23
Şekil 3.9. Filtre grubu ve tandem yumuşatma	24
Şekil 3.10. Ters ozmos cihazı.....	24
Şekil 3.11. Arı su deposu ve hidrofor	25
Şekil 3.12. Kireçtaşı kalınlığına bağlı verim kaybı	28
Şekil 3.13. Arıtma sistemi entegre edilmiş kazan devre şeması.....	30
Şekil 4.1. Plakalı ısı eşanjörünün yapısı.....	34
Şekil 4.2. Contalı plakalı tip eşanjör	36
Şekil 4.3. Lehimli plakalı tip eşanjör	37
Şekil 4.4. Spiral plakalı eşanjörün yapısı.....	38
Şekil 4.5. Lamelli eşanjörün yapısı.....	39
Şekil 4.6. Borulu tip eşanjör	40
Şekil 4.7. Gövde borulu eşanjörün yapısı	42
Şekil 5.1. 2000 kW plakalı eşanjörün fiziksel görünüşü.....	56
Şekil 5.2. 3400 kW plakalı eşanjör fiziksel görünüş	57
Şekil 5.3. TP 125 pompa karakteristik eğrileri.....	59
Şekil 5.4. TP 150 pompa karakteristik eğrileri.....	62
Şekil 5.5. Plakalı eşanjörlü kazan devre şeması	65

Sayfa

Şekil 6.1. Kasım 2011 tarihli sıcaklık ölçümlerinin grafiksel gösterimi	67
Şekil 6.2. Aralık 2011 tarihli sıcaklık ölçümlerinin grafiksel gösterimi.....	68
Şekil 6.3. Ocak 2012 tarihli sıcaklık ölçümlerinin grafiksel gösterimi	69
Şekil 6.4. Şubat 2012 tarihli sıcaklık ölçümlerinin grafiksel gösterimi.....	70
Şekil 6.5. Mart 2012 tarihli sıcaklık ölçümlerinin grafiksel gösterimi.....	71
Şekil 6.6. Nisan 2012 tarihli sıcaklık ölçümlerinin grafiksel gösterimi	72
Şekil EK A.1. Doğalgaz kazanları baca gazı analiz raporu	83
Şekil EK C.1. Moody diyagramı	87
Şekil EK F.1. Doğalgaz faturası.....	98

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Doğalgaz sistemi mekanik özellikler.....	8
Çizelge 2.2. YİM 'de aylara göre doğalgaz tüketimi.....	10
Çizelge 3.1. Kimyasal su analizi	26
Çizelge 3.2. İçme suyu standartları.....	26
Çizelge 3.3. Arıtılmış su analizi	27
Çizelge 3.4. Su sertliğinin sınıflandırılması.....	28
Çizelge 4.1. Contalı ve lehimli plakalı eşanjörlerin karşılaştırması	40
Çizelge 4.2. Borulu ve plakalı eşanjörlerin karşılaştırması.....	43
Çizelge 5.1. Paket programda kullanılan giriş verileri	45
Çizelge 5.2. Kapasitesi 2000 kW olan plakalı eşanjör özelliklerinin “Alfa-Laval” programı ile hesaplanması	46
Çizelge 5.3. Plakalı eşanjörlerin hesabı için kullanılması gereken bazı termodinamik sıcaklıklar.....	47
Çizelge 5.4. Kapasitesi 3400 kW olan plakalı eşanjör özelliklerinin “Alfa-Laval” programı ile hesaplanması.....	51
Çizelge 5.5. M10-BFM plakalı eşanjör boyutları.....	55
Çizelge 5.6. M15-MFM plakalı eşanjör boyutları.....	55
Çizelge 5.7. TP 125 pompa teknik özellikleri.....	58
Çizelge 5.8. TP 150 pompa teknik özellikleri.....	61
Çizelge 6.1. Plakalı eşanjör sistemi kurulum maliyeti.....	77
Çizelge Ek B.1. Suyun termodinamik özellikleri.....	85
Çizelge Ek D.1. Malzeme cinslerine göre pürüzlülük katsayıları	89
Çizelge Ek E.1. Kasım 2011 sıcaklık ölçümleri.....	91
Çizelge Ek E.2. Aralık 2011 sıcaklık ölçümleri.....	92
Çizelge Ek E.3. Ocak 2012 sıcaklık ölçümleri.....	93
Çizelge Ek E.4. Şubat 2012 sıcaklık ölçümleri	94
Çizelge Ek E.5. Mart 2012 sıcaklık ölçümleri	95
Çizelge Ek E.6. Nisan 2012 sıcaklık ölçümleri.....	96

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

A	:	ısı geçiş alanı (m ²)
c _p	:	sabit basınçta özgül ısı (kJ/kg. °C)
D	:	boru çapı (m)
°D	:	alman sertlik derecesi
L	:	boru boyu (m)
pH	:	power of hydrogen
q	:	ısı geçiş miktarı (kW)
Q	:	toplam ısı miktarı (kW)
Re	:	Reynolds sayısı (birimsiz)
T _w	:	ortalama su sıcaklığı (°C)
U	:	toplam ısı geçiş katsayısı (W/m ² . °C)
v	:	akışkanın hızı (m/s)
Δp	:	basınç düşümü (Pa)
ΔT	:	sıcaklık farkı (°C)
μs	:	mikrosiemens
Ḃ	:	akışkanın hacimsel debisi (m ³ /s)
ρ	:	akışkan yoğunluğu (kg/m ³)
λ	:	sürtünme katsayısı (birimsiz)
μ	:	akışkanın dinamik viskozitesi (Pa.s)
ξ	:	bağıl pürüzlülük (birimsiz)
ε	:	pürüzlülük katsayısı (m)

KISALTMALAR

- LON : local operating network (iletişim sistem yazılımı)
NTU : nefolimetric turbidity unit (bulanıklık şiddeti)
ORP : oxidation reduction potential (oksidasyon indirgeme potansiyeli)
RO : reverse osmosis (ters ozmos)
TFC : thin-film composite (membran materyali)
UV : ultraviyole
YIM : Yenişehir Isı Merkezi

BÖLÜM 1

GİRİŞ

2010 yılında KARDEMİR A.Ş. lojman bölgesinin ısıtma ve sıcak su ihtiyacının karşılandığı “Merkezi Teshin Santralinde” kömürlü kazanlardan doğalgazlı kazanlara geçiş yapılmıştır. Bu kapsamda yeni doğalgaz kazanlarına yer açmak için 7 500 000 kcal/h kurulu kapasiteyi oluşturan toplam 10 adet kömürlü kazandan 5 adeti demonte edilerek yerine 4 500 000 kcal/h kurulu kapasiteye sahip otomasyon kontrollü 3 adet doğalgaz kazanı kurulmuş ve devreye alınmıştır.

2010 yılının ilk zamanlarında çevre duyarlılığı göz önüne alınarak başlatılan proje, mevcut çevre incelendiğinde, projenin planlama ve uygulama safhasında çok yönlü bir çalışmaya dönüşmüştür [1].

Proje çevre yönüyle irdelendiğinde hava kirliliğinde gözle görülür biçimde azalma yaptığı ve çevre normlarına uygun emisyon değerlerine ulaşıldığı gözlenmiştir [2].

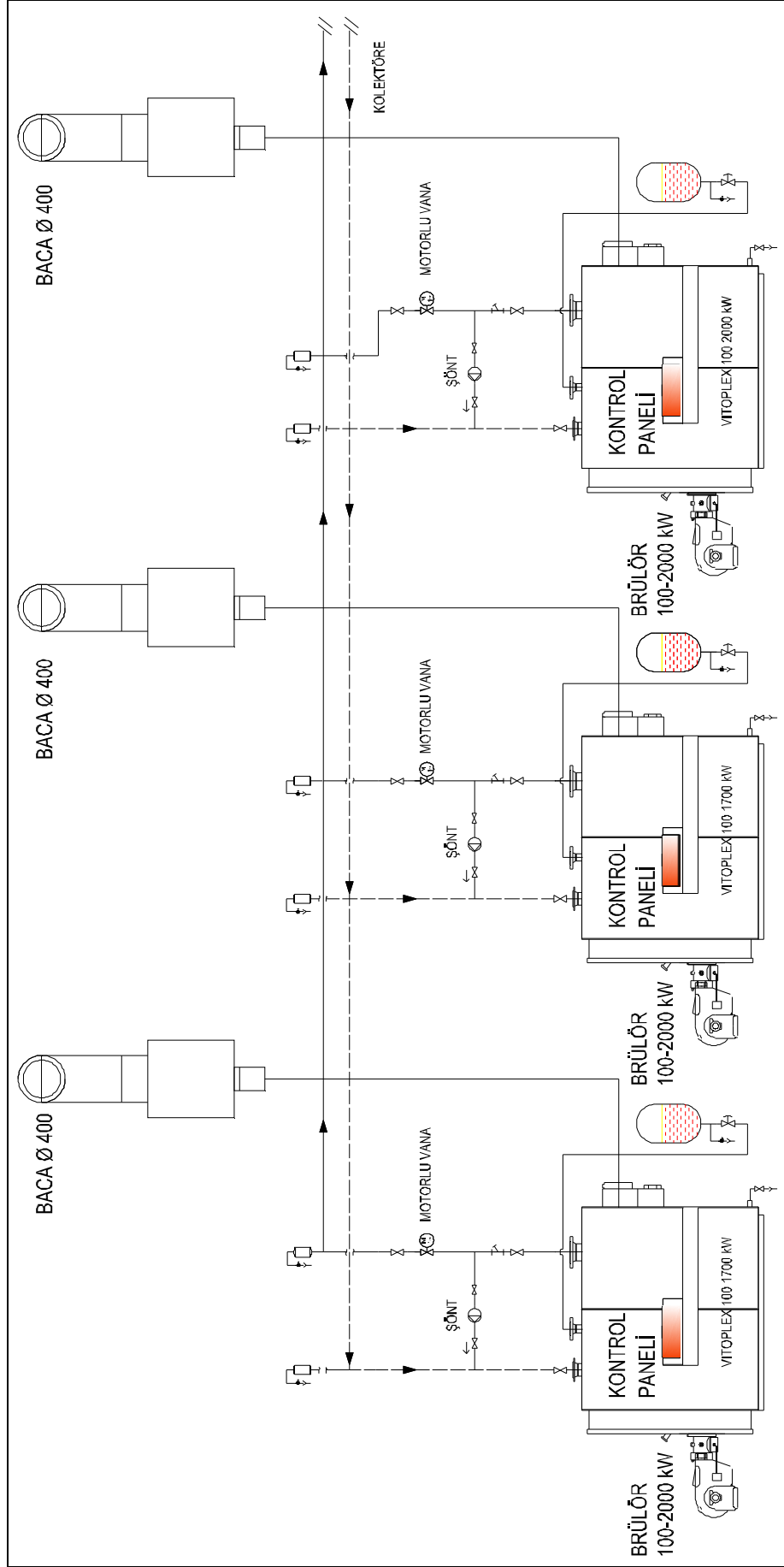
Isıl kurulu kapasite yeni durumda % 40 azaltılarak optimum seviyeye çekilmiştir. Ortalama % 50 verimle çalışan kazanlar % 92 verime sahip doğalgaz kazanlarıyla yer değiştirilmiştir. Yaklaşık 40 senedir işletmede olan, tamamen işçiliğe dayanan el kumandalı sistem, 2010 model tam otomatik yeni sistemle değiştirilerek hissedilir bir verim artışı sağlanmıştır. Çalışma veriminin yükselmesi ve özellikle işletme kolaylığı nedeniyle işçilik giderleri azalmıştır. Bu yönüyle çalışma yalnızca bir çevre projesi olmakla kalmayıp aynı zamanda enerji, verim, kalite ve maliyet projesine dönüşmüştür.

Doğalgaz kazanlarının kapasitesi 387 adet konutun ısıtılmasında kullanılan 80 adet eşanjör dairesini besleyecek şekilde tespit edilmiştir. Kömürlü kazanların kurulu kapasitesi toplamda 7 500 000 kcal/h olmasına rağmen, bu kazanların düşük verimli olmaları nedeniyle optimum ısı ihtiyacı yeniden hesaplanmıştır. Bunun için ilgili tüm

konutların ısıtılması gereken mahal alanları göz önüne alınarak toplamda 41260 m² alanı ısıtmak için 4 700 000 kcal/h 'a ihtiyaç olduğuna karar verilmiştir. Bu kapasiteyi karşılamak üzere 2 adet 1700 kW 'lık ve 1 adet 2000 kW 'lık doğalgaz kazanı temin edilmiştir. Yeni kurulan sistem 3 adet gaz yakıtlı kazan ve brülörleri, otomasyon ve elektrik sistemini, gaz atma bacalarını ve kumanda panellerini ihtiva etmektedir (Şekil 1.1). Sistemde mevcut sirkülasyon pompaları ve iletim hatları üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

Kazandan geçen suyun kimyasal yapısının kazan boruları ve kazan aksesuarları ile yakından ilişkili olması nedeniyle tüm kazan sistemlerinde olduğu gibi doğalgaz kazanlarının da optimum seviyede çalışması kazan suyu parametresine doğrudan bağlıdır. Kazan suyundaki çözünmüş minerallerin normalden fazla olması kireç oluşumuna sebep olacağı gibi sudaki serbest oksijen belli sıcaklıklarda korozyona neden olmaktadır. Bunun önlenmesi, kazanlarda suyun arıtılarak veya yumuşatılarak kullanılmasına bağlıdır. Bu nedenle sistemin suyu 3.6 m³/gün kapasiteli ters ozmos prensibi ile çalışan bir su arıtma sisteminden sağlanmaktadır. Ca ve Mg gibi minerallerin tutulduğu ve istenilen sertlik değerine ulaşmış olan su, kazan basma hattına verilmektedir. Fakat bu arıtma sistemi kazan korumasında tam etkili olamamaktadır. Diğer bir deyişle kazanların sıcak su basma hatları ana kolektörden 4 kola ayrılarak arada herhangi bir engel olmaksızın bina altlarında yer alan eşanjör dairelerine kadar kesintisiz gitmektedir. Bu hatların toplam gidiş dönüş uzunlukları yaklaşık 10 bin metreyi bulmaktadır. Mevcut durumda kazanlarda ısıtılan suyun eşanjörlere kadar ulaşması tek bir çevrimle sağlanmaktadır. Bu çevrimde yaklaşık 500 ton su bulunmaktadır. Arıtma sisteminin 3 ton/gün civarında ürettiği su her seferinde 500 ton su ile karışarak etkisini kaybetmektedir. Bu haliyle arıtılmış suyun toplam su hacmi içerisinde belirli bir konsantrasyona ulaşması yıllar alabilir. Mevcut durumda kazanların bazı bölümlerinde özellikle ayna kısmının arka tarafında kireç taşı oluşumu mevcuttur. Brülör alevinin ilk temas yüzeyi olan ayna bölgesinin kireç tabakası ile kaplı olması alevin ısını suya yeterince aktaramamasına yol açmakta ve metal yüzeyler fazla ısıya maruz kalarak daha kolay deforme olmaktadır. Bu deformasyonlar sonucunda kazanda çatlaklar ve delinmeler meydana gelmektedir. Aynı zamanda kazan içerisindeki ısı transferi optimum seviyede gerçekleşmediğinden yakıt tüketiminde ciddi artışlar meydana gelmektedir. Pratik

olarak kazanların arıtılmış suyla doldurulması sorunu çözebilmekte ancak teorikte sistemdeki tüm suyun boşaltılarak arıtılmış suyla doldurulması 150 gün gibi tahammül edilemez bir süre almaktadır. Normal uygulamada yılın 365 günü evlerde sıcak suya ihtiyaç vardır. Bu durum kazan devresinin çok daha kısa mesafeli ve düşük su hacimli bir kapalı çevrimle bölünmesi ihtiyacını ortaya koymuştur. Kazan dairesi içerisinde sıcak su gidiş dönüş hatlarını kesecek şekilde yerleştirilecek bir plakalı eşanjör bu sorunu ortadan kaldıracaktır. Böylece kazan tarafı kendi içinde yeni bir çevrime sahip olacaktır. Yeni çevrim tamamen arıtılmış su veya kazan kimyasalları ile doldurularak tekrar kireçtaşı oluşumunun önüne geçilecektir. Böylece kazanda oluşabilecek deformasyonlar önlenmiş ve kazan ömrü uzatılmış olacaktır. Ayrıca mevcut haliyle dönüş hattının sıcaklık ve basınç dalgalanmalarını karşılamaya çalışan kazanlar yeni durumda bu olumsuzluğu plakalı eşanjörler sayesinde en aza indirgeyerek daha kararlı bir çalışma rejimi sergileyecektir. Mevcut kireç taşının temizlenmesi ve tekrar oluşumunun önüne geçilmesiyle de yakıt tüketimi optimum seviyelere çekilecektir. Bu tezin bundan sonraki bölümlerinde arıtma sistemi ile eşanjör ilişkisine değinilecek ve sistemde plakalı eşanjör kullanılması irdelenerek uygulama aşamaları ve faydaları incelenecektir.



Şekil 1.1. Kazan ve ekipmanları devre şeması.

BÖLÜM 2

ENDÜSTRİYEL İŞLETME VE PROJE BİLGİLERİ

2.1. ÖNCEDEN KULLANILAN KÖMÜR KAZANLI SİSTEMİN ÖZELLİKLERİ

Doğalgaz kazanlı sistemin tanıtımına geçmeden önce eski sistem hakkında bilgi sahibi olmak karşılaştırma açısından faydalı olacaktır. Merkezi teshinde (Isı Merkezi) toplam 10 adet yarı silindirik kaynar su kazanı, 45 metre yüksekliğinde doğal emişli bir çelik baca, 4 adet sirkülasyon pompası ile cürufun depolandığı 2 adet bunker mevcut olup bunlar özelliklerine göre aşağıda gruplandırılmıştır [3].

1-5 Numaralı Kazanlar :

Miktar	: 5 adet
Markası	: Selnikel
Yapımcı Firma	: Selnikel Isıtma ve Klima San. Cihazları Fabrikası
Yapım Yılı	: 1960
Tipi	: Yarı silindirik kaynar su kazanı – TS 497
Isıtma Yüzeyi	: 120 m ² /adet
Isıl Gücü	: 720000 kcal/h – adet
Kullanılan Yakıt	: Taş Kömürü
Çalışma Sıcaklığı	: 130 °C
Çalışma Basıncı	: 3 bar
Test Basıncı	: 4,5 bar
Su Hacmi	: 5000 litre/adet

6-9 Numaralı Kazanlar :

Miktar	: 4 adet
Markası	: Selnikel

Yapımcı Firma : Selnikel Isıtma ve Klima San. Cihazları Fabrikası
Yapım Yılı : 6 ve 7 = 1966 8 ve 9 = 1977
Tipi : Yarı silindirik kaynar su kazanı – TS 497
Isıtma Yüzeyi : 150 m²/adet
Isıl Gücü : 900000 kcal/h – adet
Kullanılan Yakıt : Taş Kömürü
Çalışma Sıcaklığı : 130 °C
Çalışma Basıncı : 6 ve 7 = 3 bar 8 ve 9 = 4 bar
Test Basıncı : 6 ve 7 = 4,5 bar 8 ve 9 = 6 bar
Su Hacmi : 7000 litre/adet

10 Numaralı Kazan :

Miktar : 1 adet
Yapımcı Firma : Karabük Demir Çelik
Yapım Yılı : 1985
Tipi : Yarı silindirik kaynar su kazanı – TS 497
Isıtma Yüzeyi : 150 m²
Isıl Gücü : 900000 kcal/h
Kullanılan Yakıt : Taş Kömürü
Çalışma Sıcaklığı : 130 °C
Çalışma Basıncı : 4 bar
Test Basıncı : 6 bar
Su Hacmi : 7000 litre/adet

Baca:

Yapım Yılı : 1960
Tipi : Doğal emişli çelik baca
Yükseklik : 40575 mm
Çap : Ø1600 mm
Çekiş Hızı : 8 m/s
Çalışma Sıcaklığı : 120 °C
Ağırlığı : 27 ton

Pompalar:

Su iletimi için 1 adet 300 m³/h ve 3 adet 150 m³/h olmak üzere, her biri 30 mSS basma yüksekliğine sahip 4 adet pompa kullanılmaktadır. Yaz aylarında debi ihtiyacı 150 m³/h iken kış döneminde ihtiyaç 450 m³/h e kadar çıkmaktadır. İhtiyaca göre çalışan pompa sayısı arttırılıp azaltılmaktadır.

Cüruf Bunkerleri:

Kazanlardan çıkan cüruf 50 kg 'lık el arabaları ile 2 adet bunkere taşınmakta ve zaman zaman kamyonlar vasıtasıyla bu cüruf tahliye edilmektedir.

İşletme:

Kazanların işletilmesi 3 vardiya – 24 saat üzerinden yapılmaktadır. 10 adet kazandan küçük olan 2 adeti yaz döneminde sıcak su ihtiyacını karşılamak için kullanılırken kış döneminde 5 adet büyük kazan kademeli olarak devreye alınmaktadır. Kömür, kamyonlarla depoya getirilmekte ve buradan el arabaları ile taşınarak kazanlara elle besleme yapılmaktadır. Besleme kapasitesi, dış hava sıcaklığına göre tahminen belirlenmektedir. Kömürün yanması yastıklama yöntemiyle kontrol altında tutulmakta ve bu işlem 24 saat süresince devam etmektedir. Kazanlardan çıkan cüruf bunkerlere taşınmaktadır. Baca gazı kanallarının altında biriken kül haftalık periyotlarda kürek ile temizlenmektedir. Kazanların su hacmi yüksek olduğundan her vardiyada su seviyesi takip edilerek gerektiğinde takviye yapılmaktadır. Dönüş suyu sıcaklıkları takip edilerek sirkülasyon pompalarının çalıştırılması ayarlanmaktadır.

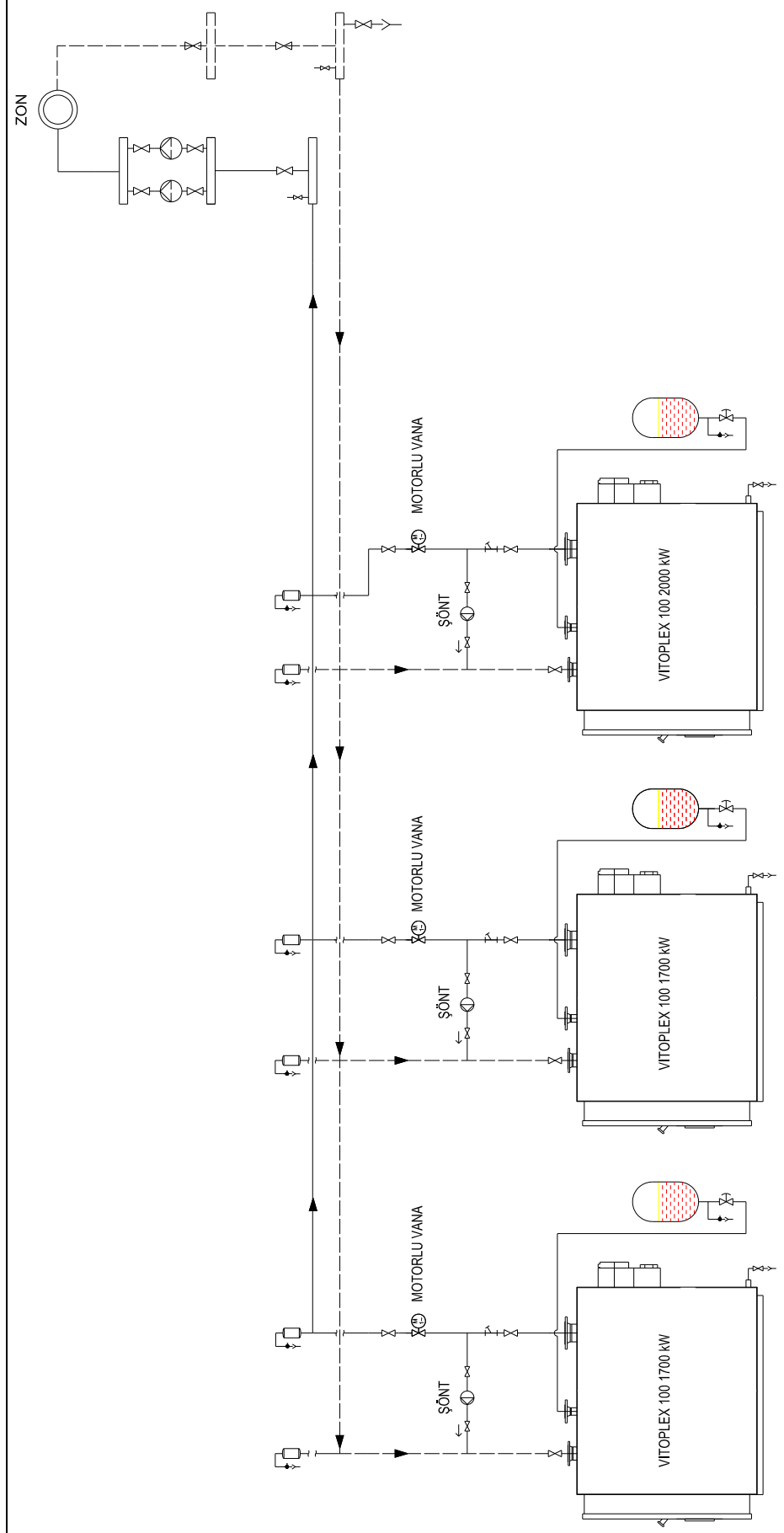
2.2. YENİ DOĞALGAZ KAZANLI SİSTEMİN ÖZELLİKLERİ

Yeni sistemde 1 adet 2000 kW ve 2 adet 1700 kW VIESSMANN Vitoplex 100, Tip PV1 Sıvı/Gaz yakıtlı çelik kazanlar kullanılmıştır. Kazanlar EN12828' e göre gidiş suyu sıcaklıkları (emniyet sıcaklıkları) 110 °C 'ye kadar olan ısıtma sistemleri için uygundur. Yüksek kazan suyu sıcaklığında işletme için tasarlanmıştır. Kazan silindirik ve yanma odalı olup kompakt yapıya sahiptir. Konvektif ısıtma yüzeyleri yanma odasının üst kısmında yer almaktadır. Otomasyon sisteminde Vitotronic 100 Tip GC1 dijital kazan devresi kontrol paneli ile Vitotronic 300K kaskad kontrol

paneli mevcuttur. Bu paneller sayesinde çok kazanlı sistemler dış hava kompanzasyonlu işletilebilmektedir ve iletişim modülü LON sayesinde bu paneller birbirleriyle iletişim halindedirler. Vitotronic 300K kazanlı sistemin kaskad fonksiyonunu, kullanma suyu ısıtmasını ve 3 ısıtma devresini (biri karışım vanasız ve ikisi karışım vanalı) dış hava sıcaklığına bağlı olarak kontrol eder. LON bağlantısı üzerinden bina otomasyon sistemine bağlantı yapılabilir. Vitotronic 100, kazana özel tüm fonksiyonları ve iki kademeli veya modülasyonlu brülörlerin çalışmalarını kontrol eder. Her iki kontrol panelinde arıza tespit sistemi mevcuttur. Vitotronic 100 Tip GC1 kontrol paneli Vitotronic 100 iletişim modülü LON (elektronik devre kartı) sayesinde Vitotronic 300K ile iletişim halindedir. İki kademeli veya modülasyonlu brülör kontrolü mümkündür. Elektronik kazan ve boiler sıcaklık kontrolü yapılabilmektedir. Ayrıca entegre edilmiş arıza tespit sistemi mevcuttur. Her kazanda “Saacke” marka oransal gaz brülörü ve armatürü (HG30 460-2400 kW kapasiteli) mevcuttur. Sistem kapalı ısıtma sistemleri için membranlı emniyet ventili, maksimum basınç sınırlayıcısı, emniyet basınç sınırlayıcısı (0,5 ile 6 bar arası ayarlanabilir), minimum basınç sınırlayıcısı, 0 ile 6 bar arası ayarlanabilen emniyet basınç sınırlayıcısı, “Grundfos” marka ısıtma devresi pompası (UPS 50-120 F), daldırma tip sıcaklık sensörü gibi armatürlere sahiptir. Sistemin mekanik özellikleri Çizelge 2.1 ’de ve doğalgaz kazanlı yeni sistemin devre şeması Şekil 2.1 ’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Doğalgaz sistemi mekanik özellikler.

Anma ısı gücü (kW)	1700	2000
Anma ısı yük aralığı (kW)	1868	2198
Maksimum gidiş sıcaklığı (°C)	110	
Maksimum işletme basıncı		
Duman gazı tarafı direnci (Pa)	450	600
Kazan suyu hacmi (l)	1665	1767
Baca gazı tanım değerleri		
Sıcaklık (75 °C kazan suyu sıcaklığında)		
– anma ısı gücünde (°C)	215	
– kısmi yükte (°C)	140	
75/60 °C Norm kullanma verimi (%)		
		92



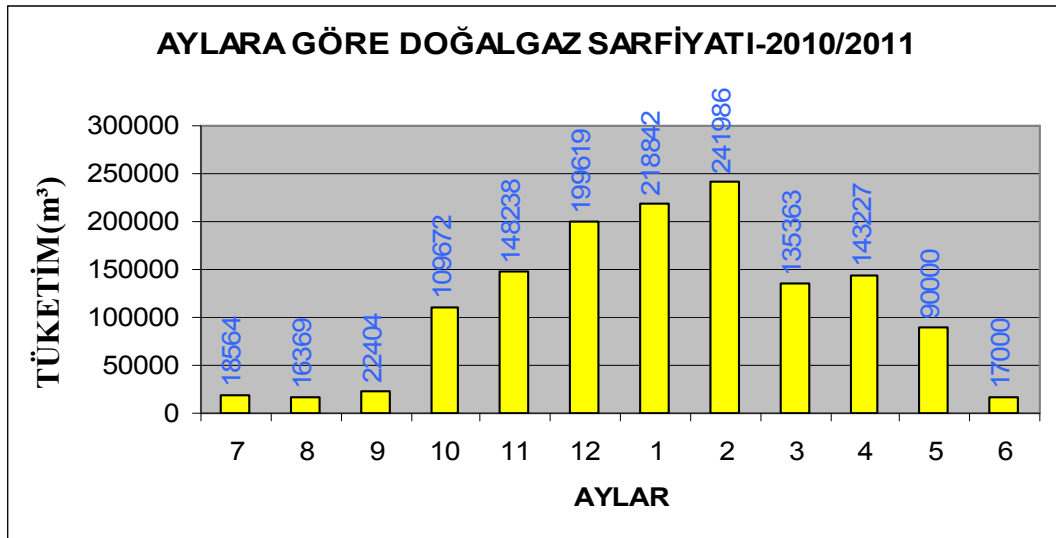
Şekil 2.1. Kazan devre şeması.

2.3. AYLARA GÖRE YILLIK DOĞALGAZ TÜKETİMİ

Ele alınan Yenişehir Isı Merkezinde (YİM) bir yıl içerisindeki doğalgaz tüketimi Çizelge 2.2 'de ve grafiksel gösterimi de Şekil 2.2 'de verilmiştir. Bu tablo; sistemin ileride konu olacak yaz ve kış şartı kullanımı hakkında bilgi vermektedir [4].

Çizelge 2.2. YİM 'de aylara göre doğalgaz tüketimi.

DOĞALGAZ 2010/2011 (m³)	
Tem.10	18564
Ağu.10	16369
Eyl.10	22404
Eki.10	109 672
Kas.10	148 238
Ara.10	199 619
Oca.11	218 842
Şub.11	241 986
Mar.11	135 363
Nis.11	143 227
May.11	90000
Haz.11	17000
TOPLAM	1 361 284



Şekil 2.2. YİM 'de aylara göre doğalgaz tüketiminin grafiksel gösterimi.

BÖLÜM 3

SU ARITMA SİSTEMİ

Suyun kaynağına ve kullanım amacına bağlı olarak, su içerisinde bulunan her türlü yabancı maddenin sudan uzaklaştırılmasına su arıtma, bu amaca yönelik kullanılan bütün ekipmanlara da su arıtma sistemi denir. Su arıtma işlemi fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere 3 ayrı yöntemle yapılır. Fiziksel arıtma işleminde; suyun doğal görünümünü bozan ve bulanıklığa neden olan kil, tortu, kum gibi askıda katı maddeler sudan ayrıştırılır. Kimyasal arıtma işlemi; suyun içinde çözünmüş halde bulunan iyonların istenilen değerlere indirilmesi veya sudan tamamen alınmasıdır. Biyolojik arıtma işlemi; suda bulunan mikroorganizmaların kimyasal dezenfektanlar veya UV Sistemleri aracılığı ile etkisiz hale getirilmesidir.

Yenişehir Isı Merkezinde kullanılan eski sistemde kazan suyu herhangi bir arıtma işleminden geçmeden yalnızca suyun temin edildiği noktada klorlanmasını müteakip sisteme dahil edilmekteydi. Yeni kazan sistemine geçilmesiyle birlikte arıtma sistemi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Genel olarak arıtma sistemi seçiminde yumuşatma tekniği ve ters ozmos tekniği üzerinde durulmuş ve daha teknolojik bir yapıya sahip ve aynı zamanda arıtma kabiliyeti çok daha yüksek (% 99) olan ters ozmos sisteminde karar kılınmıştır. Tezin bu bölümünde öncelikle klor dozajlama, yumuşatma ve ters ozmos sistemleri hakkında bilgi verilerek daha sonra şu anda çalışmakta olan sistem tanıtılacaktır.

3.1. KLOR DOZAJLAMA PRENSİBİ

Klor, eskiden beri en yaygın kullanılan dezenfektandır. Yaygın kullanımında klorun ucuz bir dezenfektan olmasının yanı sıra, kalıcı etkiye sahip olması da önemli bir etkendir. Klor, suya karıştırıldığı anda, suyun içindeki bazı organik maddeler ve ağır

metallerle reaksiyona girer. Genellikle suya durultulduktan ve/veya yumuşatıldıktan sonra klor verilmektedir. Kullanım aşamasında sudaki serbest klor miktarının 0.2 - 0.5 mg/l olması hedeflenmektedir. şayet suda yüksek oranda organik madde kirliliği var ise, klor bu organik maddeler ile reaksiyona girerek zararlı dezenfeksiyon yan ürünlerini oluşturmaktadır [5].

Klor dozajlama üniteleri suda mevcut nitrit, demir, mangan gibi oksitlenebilen maddeleri oksitlemek ve bakteri, virüs gibi kirlilikleri ise dezenfekte etmek amacıyla kullanılmaktadır. Klor dozaj sistemleri, standart tip, ORP (Oransal Kontrollü Pompa) kontrollü ve debi kontrollü modellerden oluşmaktadır [6].

3.1.1. Standart Tip Dozajlama Sistemleri

Bu sistemlerde dozajlama manüel olarak ayarlanmaktadır. Dozajlanacak kimyasal miktarı, pompa üzerinden ayarlanmaktadır. Diğer dozaj pompalarında olduğu gibi bu pompalarla birçok değişik akışkan dozajlanabilmektedir.

3.1.2. ORP – pH Kontrollü Dozaj Sistemleri

ORP kontrollü sistemler, sudaki klor miktarını ölçerek klor dozajını ayarlamaktadır. Ayarlanan değer klor miktarını ölçerek klor dozajını durdurur ya da dozajlamayı sürdürür. Dozajın ayarlanmasını pH değerlerine bağlı olarak sağlar. Sistem iki ayrı kontrol noktasında belli değerlere set edildikten sonra pH değerlerini dikkate alarak suya kimyasal dozajlamaya otomatik olarak başlatır veya durdurur.

3.1.3. Debi Kontrollü Dozaj Sistemleri

Debi kontrollü dozaj pompaları suyun miktarına göre dozajlama imkanı sağlamaktadır. Bu sistemler, dozaj pompasına bağlı sayaçla birlikte çalışmaktadır. Sayaç, içinden geçen akışkanı ölçerek pompaya sinyal yollamakta ve pompa buna bağlı olarak istenilen kimyasal miktarını dozajlamaktadır.

3.2. YUMUŞATMA SİSTEMLERİ

Su içerisinde çözünmüş halde bulunan ve genel olarak su sertliği olarak ifade edilen kalsiyum ve magnezyum iyonlarını katyonik bir reçine vasıtası ile iyon değişimi prensibine dayanarak sudan ayırıştırarak sistemlere yumuşatma sistemleri denir. Yumuşatma tankı içinde bulunan reçine sodyum (Na) iyonları ile yüklüdür. Ham su reçine üzerinden geçirilirken su içinde bulunan kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) reçine üzerindeki sodyum (Na) iyonu ile yer değiştirir ve böylece suda sertlik oluşturan iyonlar sudan ayırıştırılmış olur. Reçine üzerindeki sodyum (Na) iyonlarının tükenmesi durumunda (buna reçinenin doyumluğa ulaşması denir) reçinenin tuzlu su çözeltisi ile yıkanmak suretiyle kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) iyonlarını bırakarak tekrar sodyum (Na) iyonları ile yüklenmesi sağlanır. Yapılan bu işleme reçine yenileme veya rejenerasyon denir. Mekanik filtrasyon yeteneği çok düşük olan yumuşatma sistemleri suyun sertlik derecesine bağlı olarak reçine üzerinden geçen su miktarına veya zaman ayarlı olarak elle müdahale edilmesine gerek kalmaksızın tam otomatik olarak kumanda edilirler. Yumuşatma sistemlerini etkileyen parametreler; reçine yüksekliği, iki rejenerasyon arası sürenin tespiti ve kullanılacak reçinenin absorbe katsayısıdır

3.2.1. Reçine Yüksekliği

İşletme esnasında yüksek verim elde edilebilmesi için, tank yüksekliği ve buna bağlı olarak reçine yüksekliği ve aynı zamanda ters yıkama esnasındaki reçinenin kabarma oranı çok dikkatli hesaplanmalıdır. Aksi takdirde ters yıkama esnasında sistemin reçine kaçırmaması ve dolayısı ile su sertliğinin yeterince giderilememesi sorunu ile karşılaşılabilir.

3.2.2. İki Rejenerasyon Arası Sürenin Tespiti

Rejenerasyon süresinin tespitinde en önemli faktörler reçine türü, ham su sertliği, elde edilecek yumuşak su debisi, tank çapı ve buna bağlı olarak reçine üzerinden geçecek suyun akış hızıdır. Tüm bu değerlere göre tasarım yapılarak en uygun yumuşatma sistemi seçilmelidir. Genel uygulamalarda yumuşatma sistemleri, her bir

yumuşatma sisteminin günde en az bir kere rejenerasyon yapacağı varsayılarak tasarlanmalıdır. Bu işlem günde en fazla 3 kez olabilir. Bu işlemin günde kaç kez olması gerektiği genellikle ham su kalitesine ve ilk yatırım maliyetine bağlıdır. Bu nedenle yanlış seçim yapılması durumunda ya ürün suyu kalitesi ve miktarında düşüş olacak veya ilk yatırım maliyeti gereksiz yere artmış olacaktır.

3.2.3. Kullanılacak Reçinenin Absorbe Katsayısı

Su arıtma sistemlerinde kullanılan birçok ticari reçine bulunmaktadır. Önemli olan yumuşatma sisteminin ihtiyacını karşılayabilmek ve suyu tamamen yumuşatabilecek bir reçine seçmektir. Ticari kaygılar gözetilerek reçine türünde yapılacak bir tasarruf, sistemin verimsiz olarak çalışmasına ve sonrasında kireç veya tortu oluşumu gibi istenmeyen olumsuzluklara yok açacaktır. Özellikle endüstriyel uygulamalarda oluşan kireç oluşumu, verdiği zararlar ve giderilmesi için harcanması gereken maliyetler ilk yatırım maliyeti olan reçineye oranla yüzlerce kat daha fazladır. Bu nedenle ilk yatırım maliyetinden kaçılmamalı ve yumuşatma sistemi ham suya uygun absorbe katsayısı yüksek bir reçine seçilerek tasarlanmalıdır.

3.2.4. Çalışma Sistemi

Yumuşatma sistemleri ham su sertliği ve ihtiyaç duyulan ürün suyu debisine bağlı olarak tekli, dublex (tandem) ve triplex olarak adlandırılan üç ayrı uygulama şekli ile çalıştırılabilirler.

Tekli yumuşatma sistemleri düşük debi ve nispeten daha az sert sular için kullanılan sistemler olup rejenerasyon esnasında ürün suyu üretmeyen ve aralıklı çalışan yumuşatma sistemlerdir.

Dublex (tandem) yumuşatma sistemleri ise iki adet tekli yumuşatma sisteminin paralel bir şekilde birbirine bağlanarak oluşturulan sistemlerdir. Yüksek debi ihtiyacı ve yüksek sertlik değeri olan sularda kullanılırlar. Sistem sürekli olarak ihtiyaç duyulan debide su üretmeye yönelik tasarlanmış olup yumuşatma ünitelerinden biri çalışırken diğeri rejenerasyon işlemini tamamlar ve hazır konumda bekler. Çalışan

yumuşatma sisteminin reçinesi doygunluğa ulaştığında ise hazırda bekleyen ünite devreye girer ve diğer ünitenin rejenerasyonu gerçekleştirilir. Bu işlem tam otomatik hacimsel olarak kumanda edilir ve elle müdahaleye gerek yoktur. Sistem çıkışındaki debimetre ürün suyu miktarını ölçmek suretiyle hangi yumuşatma tankının devreye gireceğini belirler ve bu işlem ardışık olarak devam eder. Burada en önemli nokta ham su sertliğine bağlı olarak her bir yumuşatma sisteminden geçebilecek maksimum su miktarının reçine absorbe katsayısına göre doğru hesaplanması ve otomasyona tanımlanmasıdır. Sistem otomasyonuna tanımlanan bu değer debimetre tarafından ölçülür ve girilen değer kadar birinci tankı devreye alması için otomatik valf grubuna sinyal gönderir. Hesaplanmış olan maksimum geçiş debisine ulaşıldığında debimetre ikinci bir sinyal göndererek ikinci yumuşatma tankının devreye girmesini sağlar ve bu esnada birinci yumuşatma tankı rejenere edilerek hazır konumda bekletilir. Bu işlem ardışık olarak sistemden su geçtiği sürece tekrarlanır ve böylece kesintisiz bir şekilde yumuşak su elde edilmiş olur.

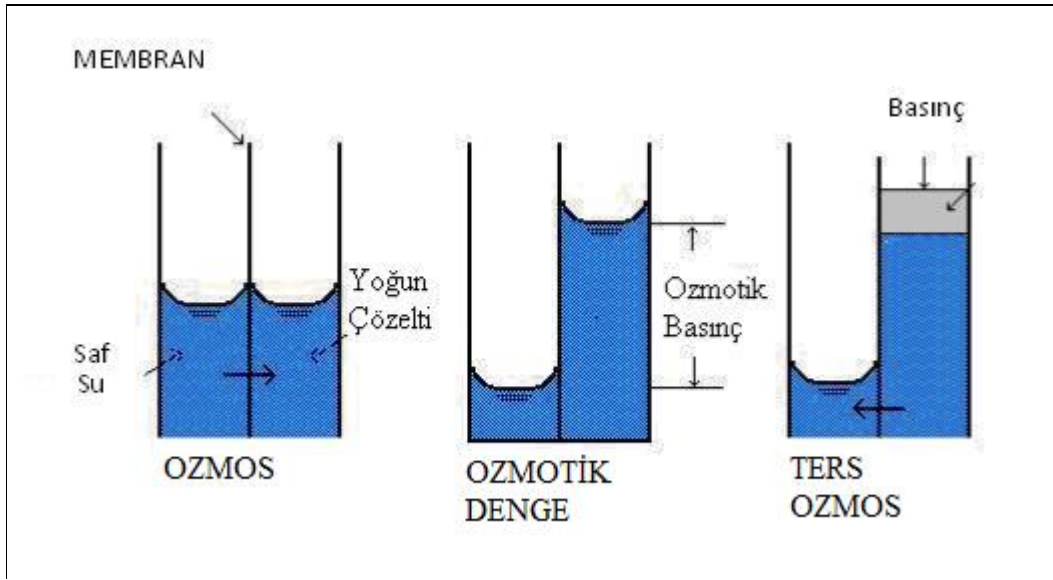
Triplex (üçlü yumuşatma sistemleri) sistemler sürekli su üretmeye yönelik, çok yüksek debi ve çok sert sularda çalışmaya uygun sistemlerdir. Sistemde birbirinden bağımsız ve paralel bir şekilde çalışan 3 adet yumuşatma sitemi mevcuttur. Tam otomatik hacimsel olarak kumanda edilirler. Sistem 2+1 şeklinde yani iki ünite devredeyken birini rejenere edilip hazırda bekletilmesi prensibine dayanarak çalışır ve bu işlem sırasıyla her bir yumuşatma sistemi için tekrarlanır.

3.3. TERS OZMOS

Ozmos, yarı geçirgen bir membran üzerinden konsantrasyonun düşük olduğu taraftan yüksek olduğu tarafa doğru, her iki taraftaki kimyasal potansiyel eşit oluncaya kadar su geçişinin meydana geldiği doğal bir olaydır. Meydana gelen bu dengede membranın her iki tarafındaki basınç farkı da ozmotik basınç farkına eşittir. Suyun akış yönünü ters çevirmek için ozmotik basınç farkından daha büyük bir basınç uygulanır ve böylece çözüldüden suyun ayrımı gerçekleşir. Bu olaya ters ozmos denir ve ayrıca hiperfiltrasyon olarak da adlandırılmaktadır.

Bir ters ozmos membranı bazı türlerin geçmesine izin verirken diğeri türleri ise kısmen ya da tamamen alıkoymaktadır. Bir ters ozmos membranının geçirgenliğı membran materyalinin seçimine, hazırlama prosedürüne ve membranın bariyer tabakasına bağıdır. Çözünen maddelerin ilk ayrımı bu ince film bariyer tabakasında meydana gelmektedir [7].

Ozmos ve ters ozmos prensiplerinin şematik gösterimi Şekil 3.1 'de verilmiştir.

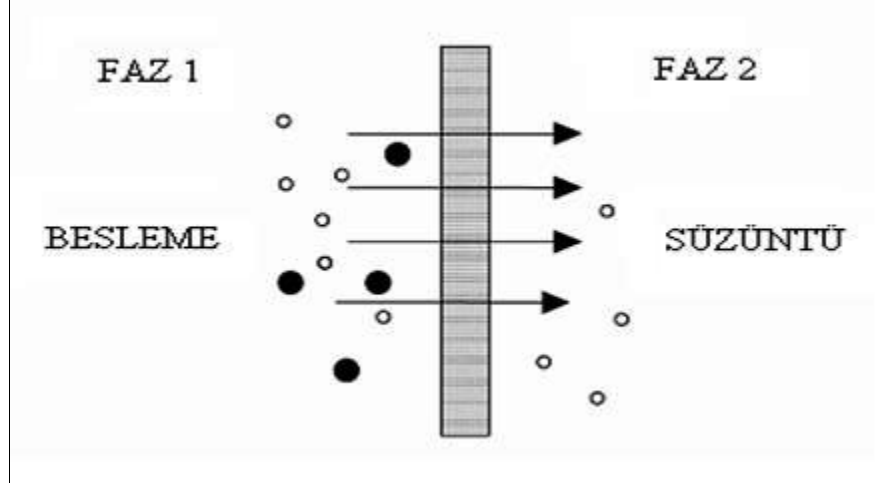


Şekil 3.1. Ozmos ve ters ozmosun gösterimi.

Ters ozmos sistemlerinde besleme suyunun ancak % 20-30 'u arıtılmış su olarak elde edilmektedir. Ters ozmos sistemlerini daha yüksek debi oranında çalıştırmak mümkündür. Bu durumda membran ömrü kısılacaktır. Eğer membranlar üzerinde oluşan kirlilikler (gözeneklerin tıkanması) giderilmemişse ters ozmos sistemi hızlı şekilde kirlenir [8].

3.3.1. Membran Prosesi

Ters ozmos sistemlerinin en önemli parçası membranlardır. Membranlar iki homojen faz arasında yer alan yarı geçirgen bir bariyer olarak düşünülebilir. Membran ayırmalarının spesifik bir gösterimi Şekil 3.2 'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Bir membran tarafından ayrılmış iki fazlı sistemin sistematik gösterimi.

Faz 1 genellikle besleme veya üst akış kısmı, faz 2 ise süzölmüş akışkan yada alt akış kısmı olarak düşünölmür. Membran, besleme karışımındaki bir bileşeni diğer bileşen veya bileşenlerden çok daha kolay taşıma yeteneğine sahip olduğundan ayırma kolaylıkla gerçekleştirilir.

3.3.1.1. Membran Kirliliği

Membran kirliliği süzöntü akısındaki azalmanın ve ters ozmos sistemlerindeki ürün kalitesinin düşmesindeki en önemli nedendir. Bu yüzden membran kirliliği ters ozmos sistemlerinin tasarımında ve işletilmesinde büyük önem taşımaktadır. Genellikle kirliliğe neden olan kirleticiler kabuk oluşumu, silt ve biyolojik etkenlerdir.

Kabuk, membran yüzeyinde besleme suyundaki çözünmemiş metal tuzların çökmesiyle meydana gelir. Suda bulunan tuzlar süzöntüde uzaklaştırıldığından besleme çözeltisinde bulunan iyonların konsantrasyonu çözünürlük sınırını aşmıcaya dek artmaktadır. Daha sonra ise tuzlar membran yüzeyinde bir kabuk gibi çökmektedir.

Silt, membran yüzeyinde askıda kalan maddelerin toplanmasıyla meydana gelir. Silt oluşumunu meydana getiren başlıca kaynaklar; organik kolloidler, demirin korozyonu ile meydana gelen ürünler, demir hidroksit çökmesi, algler ve daha

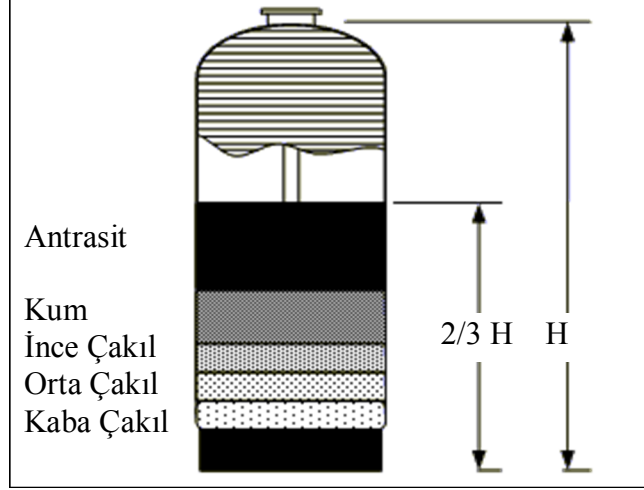
küçük tanecikli maddelerdir. Biyo kirlenme membran yüzeyinde bakterilerin büyümesidir. Biyo kirlenmeye karşı membranın hassasiyeti membran bileşiminin güçlü bir fonksiyonudur. Selüloz asetat membranları bakteriler için iyi bir besin kaynağı olmakla beraber bu membranlar kontrolsüz bakteri saldırılarıyla birkaç hafta içerisinde tamamen tahrip edilebilir. Bu yüzden besleme suyu bu tür membranlar için mutlaka sterilize edilmelidir.

3.3.2. Filtre Grupları

Ters ozmos gerçekleşmeden önce suyun belirli seviyede filtre edilmiş olması gerekmektedir. Böylelikle membran korunmuş olur. Çeşitli filtrelerle suyun içindeki askıda katı maddeler ve bazı organik bileşikler tutulur. Yaygın olan filtre çeşitleri; kum filtreler, aktif karbon filtreler ve kartuş filtrelerdir.

3.3.2.1. Kum (Quartz) Filtreler

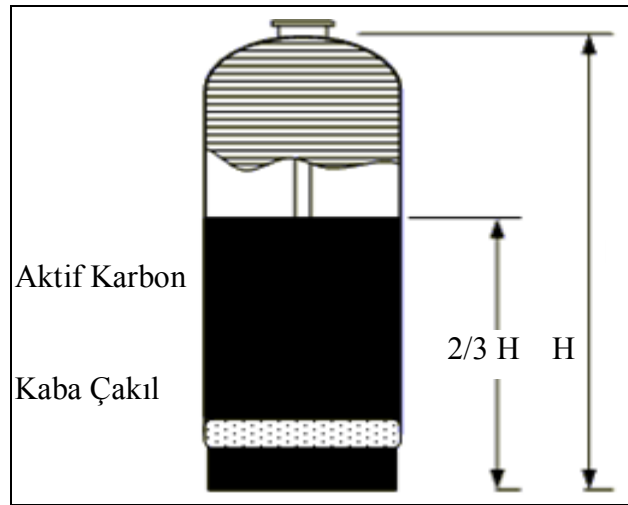
Farklı mineral boyutlarında olan kum ve çakıl taneciklerinin belirli bir sıra ve yükseklikte üst üste dizilmesi suretiyle oluşturulan katmanlardan, suyun yüksek basınç ve belli bir hızda geçirilerek, içerisinde bulunan askıda katı maddelerin süzülmesi ve süzülen askıda katı maddelerin ters yıkama suretiyle filtre katmanlarından uzaklaştırılması prensibine dayanan özel olarak tasarlanmış filtrasyon sistemleridir. Genel olarak fiber, çelik veya paslanmaz bir tank içerisine yerleştiren bu filtre katmanları “çok katmanlı kum filtre sistemleri” olarak adlandırılır ve tüm su arıtma sistemlerinin ilk filtre ünitesini oluşturur. Temel amacı su içerisinde bulunan belli büyüklükteki (>80 mikron) askıda katı maddeleri fiziksel olarak süzmek ve sudan ayırmaktır. Kum filtrelerinin iç yapısından spesifik bir gösterim Şekil 3.3 'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Kum filtrelerinin iç yapısı.

3.3.2.2. Aktif Karbon Filtreler

Kum filtrelerden farklı olarak aktif karbon filtrelerin temel amacı su içerisinde bulunan askıda katı maddeleri süzmek yerine suyun içerdiği serbest klor ve oksitleyicileri tutmak ve aynı zamanda organik maddeler ve oluşturdukları kötü koku ve tadı gidermek amacına yönelik kullanılmaktadırlar. Su arıtma sistemlerinin ayrılmaz bir parçası olup genellikle yumuşatma sistemleri ve ters ozmos öncesinde kullanılırlar. Aktif karbon filtrelerinin iç yapısından spesifik bir gösterim Şekil 3.4 'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Aktif karbon fitrenin iç yapısı.

3.3.2.3. Kartuş Filtreler

Su içerisinde bulunan daha küçük boyuttaki (1-50 mikron) askıda katı maddeleri sudan ayırtmak için kullanılan filtrelerdir. Kartuş gövdesi kullanım alanına göre plastik veya çelik olarak üretilebilmektedir. Filtre malzemesi olarak ise putrex, naylon veya çelik filtreler kullanılır. Putrex filtreler tek kullanım için tasarlanmış olup filtre doygunluğa ulaştığında yenisi ile değiştirilmesi gerekir. Filtrasyon yeteneği naylon ve çelik kartuş filtreler nazaran daha iyidir. Naylon ve çelik kartuş filtreler ise tıkanıklarında yıkanmak suretiyle temizlenerek tekrar kullanılabilirler. Plastik gövdeli bir kartuş filtrenin resmi Şekil 3.5 'de verilmiştir.

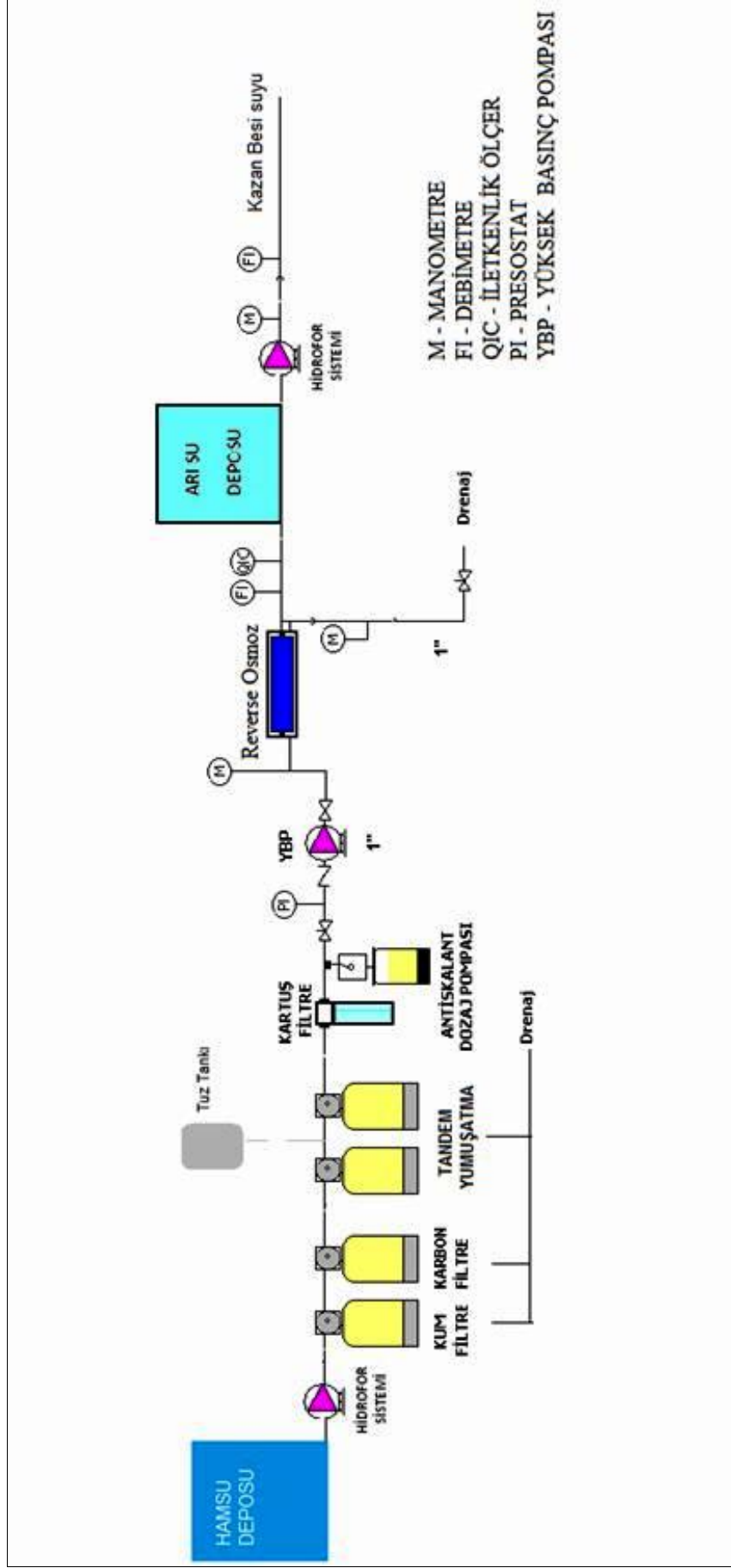


Şekil 3.5. Kartuş filtre.

3.4. KAZAN ARITMA SİSTEMİNİN TANITIMI

Yenişehir doğalgaz kazanlarında kullanılan ters ozmos su arıtma sisteminin devre şeması Şekil 3.3 'de ve fiziksel görünümü de Şekil 3.4 'de verilmiştir. Mevcut sistemde ham su deposuna besleme lojman bölgesinin içme su ihtiyacını karşılayan “Çamlık Su Deposu” ndan doğal akışla gelmektedir. Bir tonluk polietilen ham su deposunda biriken su buradan hidrofor yardımıyla filtre grubuna basınçlandırılır (Şekil 3.8). Filtre grubunun ilk basamağı olan kum filtresi girişinde suyun basıncı 11 bar civarındadır. Sudaki askıda katı maddelerin tutulduğu kum filtrelerinden sonra

suyun içindeki serbest klorun tutulduğu aktif karbon filtresine gelen su buradan da bünyesindeki Ca ve Mg iyonlarının içindeki reçine yardımıyla tutulduğu tandem yumuşatma grubuna gelir. Tandem yumuşatma grubu ters ozmos cihazından önceki ön yumuşatmayı yapar (Şekil 3.9). Membran prosesinden önce 5 mikrondan büyük partiküllerin tutulduğu kartuş filtreden geçen su, membran üzerinde tutularak ürün suyu debisinin azalmasına yol açabilecek silika ve diğer tortu birikimlerin giderilmesi maksadıyla bünyesine antiskalant kimyasalını alarak ters ozmos cihazına girer. Ters ozmos cihazında çok hassas filtrasyon yeteneğine sahip (1 mikron) özel membrandan geçmek üzere yüksek basınç pompası ile 14 bara kadar basınçlandırılan su artık saflaştırılmıştır (Şekil 3.10). Ters ozmos cihazından çıkan sertliği düşürülmüş, mineral konsantrasyonu ayarlanmış ve askıda katı maddelerden arınmış olan su biriktirilmek üzere üç tonluk polietilen arı su deposuna basılır. Son aşama olarak su, hidrofor yardımıyla 6 bar seviyelerine kadar basınçlandırılarak kullanılacağı yer olan kazanlara basılır (Şekil 3.11). Ters ozmosun üretim debisi dakikada 8 litre seviyesindedir (8 l/d). Ancak bu debinin yarısı aşırı tuzlu su olduğundan drenaja gönderilmektedir. Böylelikle cihazın efektif debisi 4 l/d seviyesine düşerken yine aynı seviyede 4 l/d su boşa gitmektedir. Bu durum tüm avantajlarına rağmen ters ozmos sistemlerin en büyük dezavantajıdır. Yine de atık su miktarı çeşitli sistem ayarları ile % 25 seviyelerine çekilebilmektedir.. Sistemin devre şeması Şekil 3.3 'de verilmiştir.



Şekil 3.6. Ters ozmos sistemi devre şeması.



Şekil 3.7. Ters ozmos arıtma sisteminin fiziksel görünüşü.



Şekil 3.8. Ham su deposu ve hidrofor.



Şekil 3.9. Filtre grubu ve tandem yumuşatma.



Şekil 3.10. Ters ozmos cihazı.



Şekil 3.11. Arı su deposu ve hidrofor.

3.5. KAZAN SUYU ÖZELLİKLERİ

Yenişehir su şebekesinde ve aynı şebekeden beslenen kazanların içinde dolaşan su yerel bölgedeki sondaj kuyularından (8 numaralı kuyu) elde edilmekte ve pompa yardımıyla depoya (Çamlık Depo) basılmaktadır. Depoda klorlanarak bakterilerden arındırılan su buradan doğal akışla kullanıcılara ulaşmaktadır. Bu suyun 16 Ocak 2012 tarihinde KARDEMİR laboratuvarlarında yapılan analiz sonucu Çizelge 3.1 'de verilmiştir [9].

Bu değerler "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik"e göre bakteriyolojik yönden uygundur. Ancak mevcut sistemde toplam sertlik, iletkenlik ve askıda katı madde oranlarının düşürülmesi için herhangi bir proses yürütülmemektedir. Bu durum tüm içme suyu tesisatında ve aynı kaynaktan beslenen ısıtma ve sıcak su hatlarında kireç oluşumuna neden olmakta, ayrıca suyun

içilebilirliğini, tadını ve kalitesini olumsuz etkilemektedir. Türk Standartlarına göre içme suyu parametreleri Çizelge 3.2 'de verilmiştir [10].

Çizelge 3.1. Kimyasal su analizi.

ARANANLAR		8 nolu kuyu	Çamlık depo
pH		7,5	7,3
İletkenlik	µs/cm	1255	1266
Toplam Sertlik	(mg/l CaCO ₃)	440	464
Ca ⁺² Sertlik	(mg/l CaCO ₃)	268	270
Mg ⁺² Sertlik	(mg/l CaCO ₃)	172	194
Klorür	(mg/l)	70	64
Serbest Klor	(mg/l)	0	0
Amonyum	(mg/l)	0	0
Nitrit	(mg/l)	0	0
Demir	(mg/l)	0	0
T. Organik Madde	(mg/l)	0,72	0,64

Çizelge 3.2. İçme suyu standartları.

İÇME SUYU STANDARTLARI		
ARANANLAR		TAVSİYE EDİLEN
pH	-	6,5 - 9,5
İletkenlik (20 °C)	µs/cm	650
Ca ⁺² Sertlik	mg/l CaCO ₃	max. 200
Mg ⁺² Sertlik	mg/l CaCO ₃	max. 100
Top. Sert.	mg/l CaCO ₃	max. 300
Demir (Fe ⁺²)	mg/l	max. 0,05
Klorür (Cl ⁻)	mg/l	max. 30
Serbest Klor	mg/l	max. 0,10
Nitrit (NO ₂)	mg/l	max. 0,10
Amonyak Azotu	mg/l	max. 0,05
Top Org Mad (KMnO ₄)	mg/l	0

Çizelge 3.1 ve çizelge 3.2 'deki değerler karşılaştırıldığında sistemin su ihtiyacını karşılayan kaynakların (8 numaralı kuyu ve Çamlık Depo) analizindeki Ca ve Mg değerlerinin yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Ca minerali kireç oluşumuna yol açarken Mg minerali suyun sertliğini arttırmaktadır. Çizelge 3.3 'de kazanlara arıtma sisteminden verilen arıtılmış suyun 24.01.2012 tarihli kimyasal analizi gösterilmektedir [9].

Çizelge 3.3. Arıtılmış su analizi.

ARANANLAR		Arıtılmış Su
pH		7,1
İletkenlik	$\mu\text{s/cm}$	103
Toplam Sertlik	(mg/l CaCO_3)	42
Ca ⁺² Sertlik	(mg/l CaCO_3)	38
Mg ⁺² Sertlik	(mg/l CaCO_3)	4
Klorür	(mg/l)	15
Serbest Klor	(mg/l)	0
Amonyum	(mg/l)	0
Nitrit	(mg/l)	0
Demir	(mg/l)	0
T. Organik Madde	(mg/l)	0

Çizelge 3.3 'deki değerlerden de anlaşılacağı üzere arıtma sistemi Ca ve Mg minerallerini tutarak kazana istenilen özelliklerde su temin etmektedir. Ancak pH seviyesinin düşük olması bir dezavantajdır.

3.5.1. Sertlik Değerleri

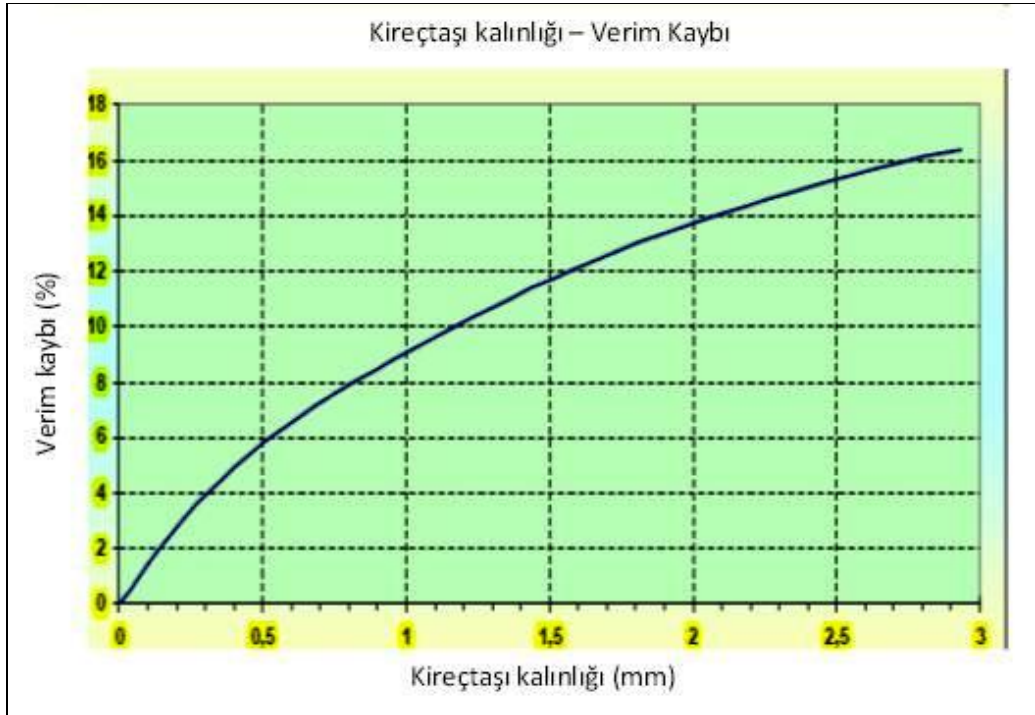
Sistemde kullanılan sudan alınan numunelerin analizi sonucunda su sertliğinin 23 °D (Alman sertlik derecesi) olduğu tespit edilmiştir. Bu değer kazan donanımlarına ve alev borularına zarar verecek seviyededir. Üretici firma referans değeri ise 0.11 °D (1 °D = 17,86 ppm CaCO_3) seviyesindedir. Suyun sertliğinin içeriğindeki CaCO_3 oranına göre sınıflandırılmasını gösteren tablo Çizelge 3.4 'de verilmiştir [11].

Çizelge 3.4. Su sertliğinin sınıflandırılması.

SERTLİK (ppm CaCO ₃ olarak)	SERTLİK (°D olarak)	SINIFLANDIRMA
15 'in altında	0,84 'ün altı	Çok yumuşak
15 – 50 arası	0,84 – 2,8 arası	Yumuşak
50 – 100 arası	2,8 – 5,6 arası	Orta sertlikte
100 – 200 arası	5,6 – 11,2 arası	Sert
200 'ün üzerinde	11,2 'nin üstü	Çok sert

Sertlik derecesi yüksek suyun sisteme verebileceği zararların birkaçına değinecek olursak;

1. Sistemde kireç taşı oluşumunu engelleyecek önlemler yeterli olmadığından kazan boruları ve donanımları ilk etapta kireçtaşı oluşumu nedeniyle ısı iletimini iyi yapamayacak ve arızalar oluşacaktır. Şekil 3.5 'de görüldüğü üzere her 1 mm 'lik kireç tabakası yaklaşık % 8 'lik verim kaybına neden olmaktadır [12].



Şekil 3.12. Kireçtaşı kalınlığına bağlı verim kaybı.

2. Vana gibi hareketli ekipmanlar kireç oluşumu nedeniyle tam sızdırmazlık yapamaz hale gelecektir.
3. Kireçtaşı oluşumu nedeniyle boru çapları daralacağından basınç yükselecek ve pompa verimi düşecektir.

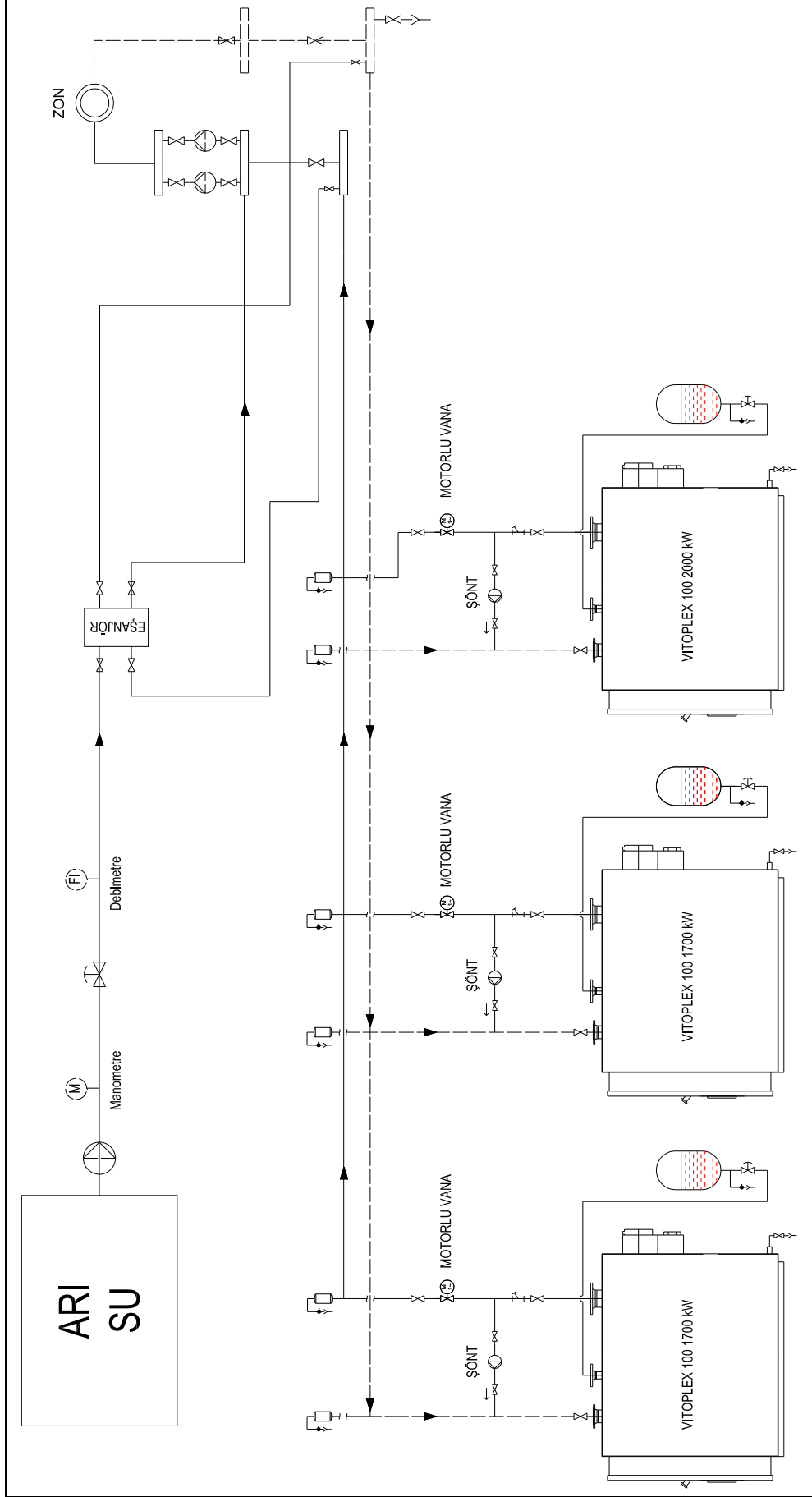
3.5.2. pH Değerleri

Çizelge 3.3 'de arıtılmış suyun pH değerinin 7 seviyelerinde olduğu görülmektedir. Ancak 100 °C 'ye kadar olan sıcak sulu sistemlerde istenen değer 8,5 – 10 arasındadır. Kazan suyundan değişik zamanlarda pH kağıdı ile yapılan anlık ölçümlerde de $\pm 0,1$ yakınlıkta değerler alınmıştır. İstenilen pH değerlerine ulaşılması ancak sisteme harici olarak dozajlanacak kimyasallar vasıtasıyla sağlanabilir.

3.5.3. Alkalite Değerleri

Mevcut sistemde toprak alkali toplamı 0.76 mol/m^3 olarak tespit edilmiştir. Fakat kazan üretici firma standartlarına göre toprak alkali toplamının 0.02 mol/m^3 civarında olması gerekmektedir [13].

Şekil 3.6 'da görüldüğü gibi arıtılmış suyun bağlantısı en kısa yoldan kazan dönüş hattına verilmek yerine bir ön ısıtma eşanjöründen geçirildikten sonra sistemin gidiş kolektörüne yapılmıştır. Böylece arıtılmış su hatta dolaşan suyun iletkenliği ile aynı seviyeye getirilmiş ve ısıl dengeye ulaşıldıktan sonra kazana giriş yapması sağlanmıştır. Aksi takdirde kazana doğrudan giriş yapacak soğuk suyun metal yüzeylerde termal şoka neden olarak deformasyonlara yol açma ihtimali vardır.



Şekil 3.13. Artırma sistemi entegre edilmiş kazan devresi.

BÖLÜM 4

EŞANJÖRLER

Isı eşanjörleri veya ısı değiştiricileri bir akışkandan diğerine sürekli olarak ısıyı transfer eden düzeneklerdir. Isı değiştiricisinin içinde yoğuşma ve buharlaşma gibi bir faz değişimi yoksa bunlara duyulur ısı değiştiricisi, içinde faz değişimi olanlara ise gizli ısı değiştiricisi adı verilir. Isı değiştiricilerinde akışkanlar birbirleriyle karıştırılmadan ısı geçişinin doğrudan yapıldığı, genelde metal malzeme olan katı bir yüzeyle birbirinden ayrılıyorsa bu tip ısı değiştiricisine yüzeyle veya reküperatif ısı değiştiricisi denir.

Isı geçişi doğrudan olmayıp ısı önce sıcak akışkan tarafından döner veya sabit bir dolgu maddesine verilerek depo edilir ve daha sonra bu dolgu maddesindeki ısı soğuk akışkana verilirse, bu tip ısı değiştiricisine dolgu maddeli veya rejeneratif ısı değiştiricisi denir [14].

Isı eşanjörleri genel olarak altı ana başlıkta sınıflandırılabilir:

1. Isı değişim sekline göre sınıflama;
 - 1.1. Akışkanların doğrudan temaslı olduğu ısı değiştiriciler
 - 1.2. Akışkanlar arasında doğrudan temasın olmadığı ısı değiştiriciler
2. Isı geçiş yüzeyinin ısı geçiş hacmine oranına göre sınıflama (kompaktlık);
 - 2.1. Kompakt olmayan ısı değiştiriciler
 - 2.2. Kompakt ısı değiştiriciler
3. Akışkan sayısına göre sınıflama;
 - 3.1. İki akışkanlı ısı değiştiriciler
 - 3.2. Üç akışkanlı ısı değiştiriciler

3.3. n adet akışkanlı ısı değiştiriciler

4. Isı geçişi mekanizmasına göre sınıflama;

4.1. İki tarafta da tek fazlı akış olan ısı değiştiriciler

4.2. Bir tarafta tek fazlı, diğer tarafta çift fazlı akış olan ısı değiştiriciler

4.3. İki tarafta da çift fazlı akış olan ısı değiştiriciler

4.4. Taşınımla ve ısınımla ısı geçişi olan ısı değiştiriciler

5. Konstrüksiyon zelliklerine göre sınıflama;

5.1. Borulu ısı değiştiricileri

5.1.1. Düz borulu ısı değiştiriciler

5.1.2. Spiral borulu ısı değiştiriciler

5.1.3. Gövde borulu ısı değiştiriciler

5.2. Plakalı ısı değiştiricileri

5.2.1. Contalı plakalı ısı değiştiricileri

5.2.2. Lehimli plakalı ısı değiştiricileri

5.2.3. Spiral plakalı ısı değiştiricileri

5.2.4. Lamelli ısı değiştiricileri

5.3. Kanatlı yüzeyli ısı değiştiricileri

5.3.1. Levhalı kanatlı ısı değiştiriciler

5.3.2. Borulu kanatlı ısı değiştiriciler

5.4. Rejeneratif ısı değiştiriciler

5.4.1. Sabit dolgu maddeli rejeneratörler

5.4.2. Döner dolgu maddeli rejeneratörler

5.5. Karıştırmalı kaplar

6. Akıma göre sınıflama;

6.1 Tek geçişli ısı değiştiriciler

6.1.1. Paralel akımlı ısı değiştiriciler

6.1.2. Ters akımlı ısı değiştiriciler

6.1.3. Çapraz akımlı ısı değiştiriciler

6.2.Çok geçişli ısı değiştiriciler

6.2.1. Çapraz – ters ve çapraz – paralel akımlı ısı değiştiriciler

6.2.2. Çok geçişli gövde – borulu ısı değiştiriciler

6.2.3. n adet paralel levha geçişli ısı değiştiriciler

Bu tezin içeriğinde yukarıda sayılan eşanjör tiplerinin detaylarına inilmeden genel manada borulu ve plakalı ısı değiştiricileri (eşanjör) konu edilmiştir.

4.1. PLAKALI EŞANJÖRLER

Plakalı eşanjörler, aralarında sıcaklık farkı bulunan iki farklı akışkan arasında ısı transferi yapma prensibine göre çalışan cihazlardır. Isıtacak akışkan ve ısınacak akışkan plakalar ile birbirinden tamamen ayrılmıştır [15].

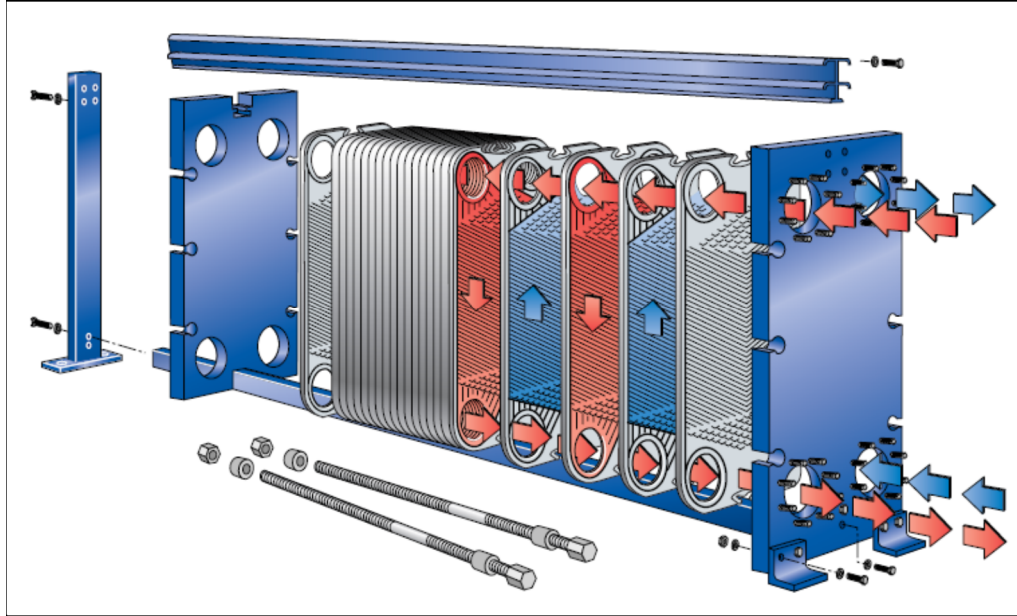
Plakalı ısı eşanjörlerinde esas ısı geçişinin olduğu yüzeyler genelde ince metal levhalardan yapılır. Bu metal yüzeyler düz veya dalgalı biçimde olabilirler. Genellikle gövde-borulu tip ısı eşanjörlere göre daha yüksek toplam ısı transfer katsayısına sahiptirler.

Isı eşanjörlerinde kullanılan kanal geometrileri içerisinde en uygun olanı, eni ile boyu arasındaki oranı mümkün olduğu kadar yüksek olan dikdörtgen şeklindeki yapıdır. Böyle bir geometri, akışın tamamen laminar ve basınç kayıplarının düşük olması nedeniyle, kare, yuvarlak, üçgen, altıgen vb. geometrilere göre çok daha yararlı ve uygun olmaktadır [16].

Standart plakalı eşanjörlerde toplamda dört adet giriş - çıkış portu bulunur ve bunlardan ikisi ısıtıcı akışkanın, diğer ikisi ısınacak akışkanın giriş ve çıkışlarıdır. Özel retim ile birden fazla ısıtıcı veya ısınacak akışkan bulunan eşanjörler yapmak da mümkündür. Plakalı ısı eşanjörleri genel olarak aşağıdaki parçalardan oluşmaktadır;

1. Ön gövde
2. Plakaları sabitlemek için kullanılan alt ve üst taşıma milleri
3. Sıvının gövde ile temasını engelleyen ilk plaka
4. Akışkanların geçişine izin veren ve ısı transferi sağlayan akış plakaları
5. Akışkanların arka gövde ile temas etmesini engelleyen tamamen kapalı son plaka
6. Miller üzerinde hareket edebilen arka gövde
7. Plakaların belirli bir sıkma ölçüsünde tutulmasını sağlayan saplama ve pullardan oluşur.

Şekil 4.1 'de plakalı bir ısı eşanjörünün yapısı görülmektedir.



Şekil 4.1. Plakalı ısı eşanjörünün yapısı.

Plakalı eşanjörler contalı, lehimli, spiral plakalı ve lamelli olmak üzere dört çeşittir. Plakalı ısı eşanjörleri birçok karakteristik özellikleri sayesinde kullanımda cazip hale gelmektedir. Bu özellikleri sıralayacak olursak [17];

1. Yüksek ısı performans:

Plakalı ısı eşanjörleri 10 °C 'lik ısı farklarında bile gövde-boru tipi eşanjörlerle kıyaslandığında daha iyi özellikler göstermektedir. Ayrıca plakalı ısı eşanjörlerinde elde edilen ortalama ısı transfer katsayısı (U) gövde boru tipi eşanjörlerle kıyaslandığında üç ile dört kat daha yüksek olmaktadır.

2. Korozyona dirençli birçok alaşımın kullanılabilirliği:

Isı transfer alanı çok ince plakalardan oluştuğu için paslanmaz çelik ve diğer alaşım maliyetleri gövde-boru tipi eşanjörlere nazaran oldukça düşük olmaktadır. Bunun sebebi eşanjörün aynı ısı transfer kapasitesine sahip gövde boru tipi eşanjöre nazaran çok daha ufak olan boyutlarıdır.

3. Bakım kolaylığı:

Eşanjörün tasarımı sökmeye uygun olduğundan ısı transfer alanları (plakalar) rahatça incelenip temizlenebilmektedir. Üstelik söküm işlemi sadece birkaç vidanın gevşetilmesi gibi basit bir işlem adımından oluşmaktadır.

4. Kompakt tasarım:

Plakalı tip eşanjörler kullanıldığı alanda yer tasarrufu sağlamakta ve boyutları sebebi ile tasarım kolaylığı getirmektedir. Bir plakalı ısı eşanjörü için gerek duyulan alan gövde boru tipi bir ısı eşanjörü için ihtiyaç duyulan alanın kullanım yerine göre %10 - %50 'si oranında daha azdır.

4.1.1. Contalı Plakalı Eşanjörler

Contalar vasıtasıyla, plakaların üzerinde oluşturulan akış kanallarından geçen akışkanlar, birbirleriyle karışmaksızın akarken, sıcaklık farkından dolayı, arzu edilen ısı transferi gerçekleştirilir. Plakalı ısı eşanjörlerinin plaka boyutu ve plaka sayısı; içinden geçen akışkanın debisine, giriş-çıkış sıcaklık değerlerine, fiziksel özelliklerine, basınç düşümlerine ve istenen maksimum mukavemet değerine göre belirlenir. Plakalar üzerindeki simetrik veya asimetrik tasarımlar akışın türbülanslı olmasını sağlayacak yapıdadır ve böylece yüksek ısı transfer katsayılarının elde edilmesi mümkün olur. Plakalı ısı eşanjörlerinde, plakalar arasında oluşturulan temas

noktaları, plaka paketinin istenen mukavemete ulaşmasını sağlar. Isı değiştirmeye yarayan plakalar, saplamalar vasıtasıyla çelikten yapılmış ön ve arka baskı plakaları arasında, alt ve üst taşıyıcı barlar üzerine dizilerek tespit edilirler. Bu plakaların her birinin yekpare olarak preslenmiş olması, daha yüksek mukavemet için çok önemlidir. Plakalar üzerinde herhangi bir kaynak veya bağlantı yoktur. Standart bir üniteye her plakanın üzerine, her biri bir köşede bulunan dört delik yer alır. Ayrıca sızdırmazlığı sağlamak ve ısı transfer kanallarını oluşturmak amacıyla da lastik esaslı contalar, plakanın etrafındaki conta yuvasının içerisine yerleştirilir. Giriş ve çıkış nozulları, uygulamaların çoğunda ön baskı plakası üzerinde yer alır. Ancak özel durumlarda ısı değiştiricinin çok geçişli olarak imal edilmesi gerekebilir ki, bu durumda da giriş-çıkış nozulları her iki ön ve arka baskı plakaları üzerinde bulunur. Plakalı ısı eşanjörünün konstrüktif yapısı kontrol ve temizleme amacıyla eşanjörün kolayca açılabilmesini sağlar. Şekil 4.2 'de contalı plakalı bir ısı eşanjörünün resmi görülmektedir.



Şekil 4.2. Contalı plakalı tip eşanjör.

4.1.2. Lehimli Plakalı Eşanjörler

Lehimli ısı eşanjörleri; sökülebilir tip eşanjörlere göre % 25, klasik borulu tip eşanjörlere göre 10 kat fazla verime sahiptirler. Boyut olarak borulu tip eşanjörlerin % 5-10 'u kadar bir hacmi kaplarlar. Daha hafiftirler. Aynı kapasitedeki borulu tip eşanjörlerin % 85-90 'ına eşdeğer büyüklükte olduklarından, uygulamalarda oldukça geniş bir tasarım özgürlüğü sağlarlar. Contaya ihtiyaç olmadığından conta kullanımının oluşturduğu bölgelerden tasarruf edilmiş olur. Daha yüksek ısı transfer katsayısına imkan verdiği için, sistemde daha az debi kullanımı, daha düşük kapasiteli pompa kullanımı ve dolayısıyla daha az enerji sarfıyatı sağlarlar. 1 °C 'lık sıcaklık değişimlerinde bile verimli olarak çalışırlar. Basınç kayıpları birçok durumda diğer eşanjör sistemlerine göre daha azdır. Bu da daha az işletme maliyeti anlamına gelmektedir. Prensip olarak, lehimli eşanjörler, ön gövde - koruyucu plaka paketi ve arka gövde - koruyucu plaka paketi arasında yer alan oluklu plakaların meydana getirdiği plaka paketinden oluşmaktadır. Vakum-ergitme prosesi sırasında, iki plaka arasındaki her temas noktasında, kaynak noktası oluşturulur. Bu tasarım, iki farklı çevrime sahip bir eşanjör ortaya çıkarır.

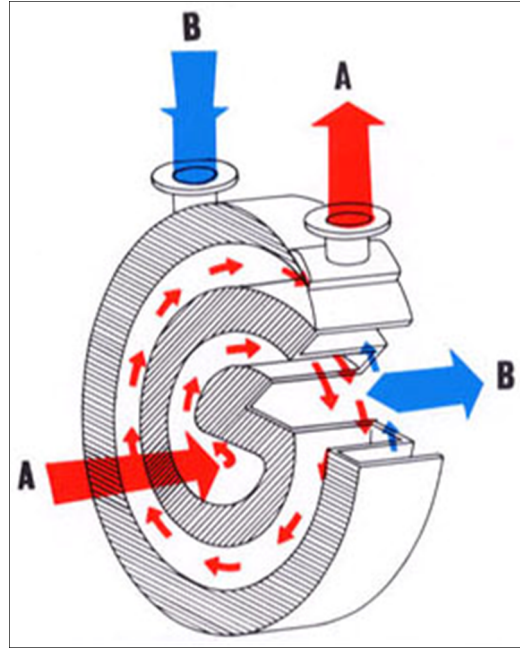
Şekil 4.3 'de lehimli plakalı bir ısı eşanjörünün resmi görülmektedir.



Şekil 4.3. Lehimli plakalı tip eşanjör.

4.1.3. Spiral Plakalı Eşanjörler

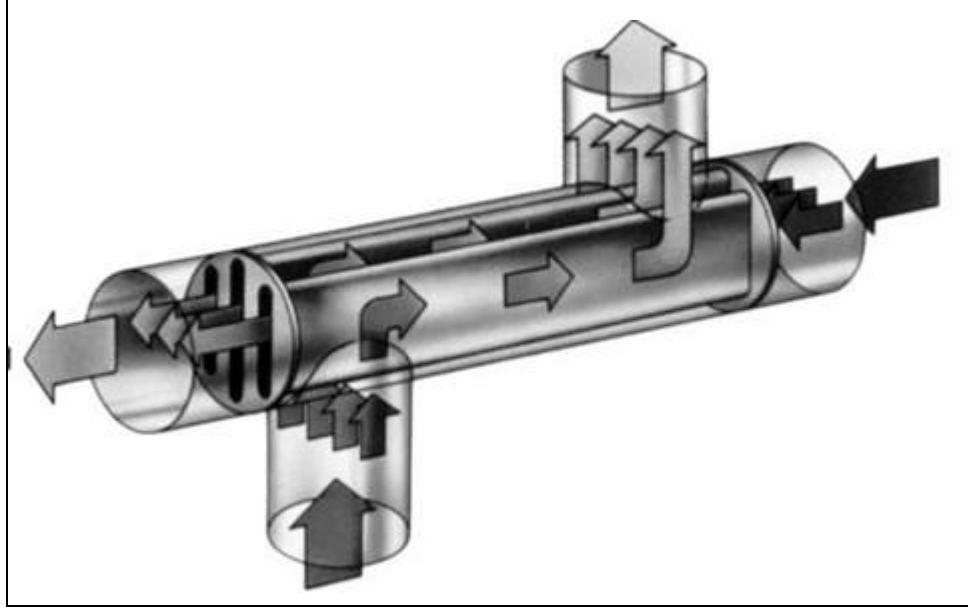
Isı transfer yüzeylerinin silindirik borular yerine plakalardan oluştuğu ısı eşanjörleridir. Spiral plakalı ısı eşanjörleri 150-1800 mm genişliğindeki uzun ince iki metal plakanın her biri bir akışkan için olmak üzere paralel kenar oluşturacak şekilde spiral formda sarılması ile elde edilir. İki plaka arasına konulan saplamalar ile düzgün bir aralık sağlanabilir. Plakaların iki tarafı contalı kapaklar ile kapatılır. Çeşitli akış konfigürasyonları mümkündür ve akış konfigürasyonlarına göre değişik tip spiral ısı eşanjörü imal edilebilmektedir. Şekil 4.4 'de spiral plakalı bir ısı eşanjörünün yapısı görülmektedir.



Şekil 4.4. Spiral plakalı eşanjörün yapısı.

4.1.4. Lamelli Isı Eşanjörleri

Borulardan (lameller) yapılmış demetin bir gövde içine yerleştirilmesi ile elde edilir. Lameller genellikle nokta veya elektrikli dikiş kaynağı ile birbirine tutturulur. Akışkanlardan birisi lamelli boruların içinden akarken diğeri akışkan lamellerin arasından akar. Gövde içinde şaşırtma levhaları yoktur. Akış tek geçişli olup aynı yönlü veya karşıt akışlı düzenleme kullanılabilir. Şekil 4.5 'de lamelli bir ısı eşanjörünün yapısı görülmektedir.



Şekil 4.5. Lamelli eşanjörün yapısı.

4.1.5. Plakalı Eşanjörlerin Karşılaştırılması

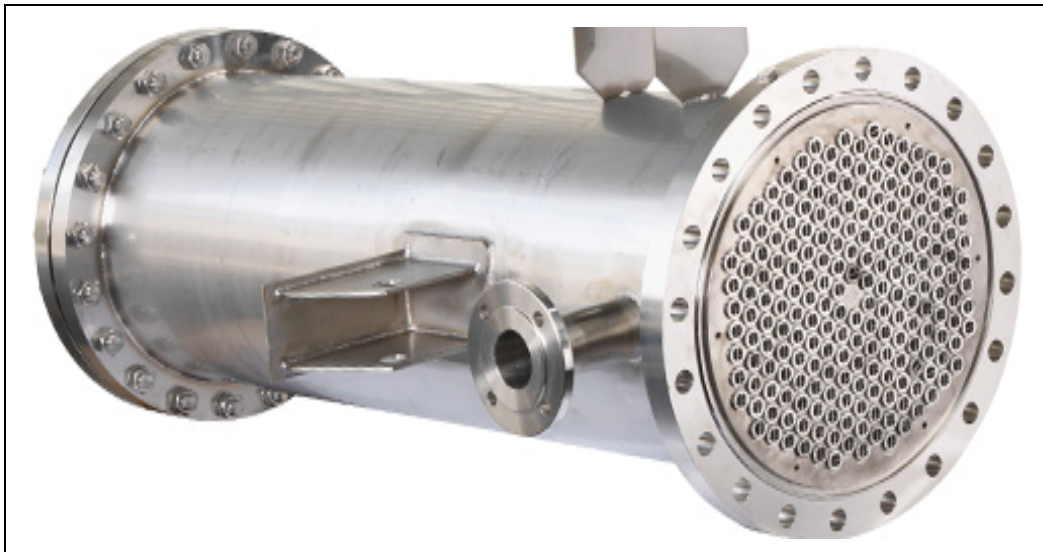
Eşanjörler ile ilgili verilen bilgiler göz önüne alındığında mevcut sisteme en uygun eşanjör tipi contalı ve lehimli plakalı olanlardır. Genel olarak lehimli plakalı eşanjörlerin verimlerinin yüksek olması hem sistem hem de yakıt tasarrufu açısından avantajlı görülmektedir ancak verim kadar suyun kireç oluşumuna neden olan etkenlerinden sistemin korunması da oldukça önemlidir. Yeni sistemde uzun vadede oluşabilecek kireçtaşının temizlenme zorluğu nedeniyle lehimli eşanjörler avantajlarını yitirmektedir. Bu yönüyle bakıldığında contalı eşanjörler kolay sökölüp temizlenmesi yönüyle daha avantajlı hale geçmektedir. Bu nedenle sistemde contalı plakalı tip ısı eşanjörü kullanılması öngörülmüştür. Çizelge 4.1 'de contalı ve lehimli plakalı eşanjörler çeşitli yönleriyle karşılaştırılmıştır [18].

Çizelge 4.1. Contalı ve lehimli plakalı eşanjörlerin karşılaştırması.

Contalı Plakalı Eşanjörler	Lehimli Plakalı Eşanjörler
Sızdırmazlık kauçuk contalarla sağlanır.	Sızdırmazlık bakır lehimlerle sağlanır.
Düşük basınçlarda kullanılır. (<25 bar)	Yüksek basınçlarda kullanılır(<40 bar)
Demonte edilir.	Demonte edilemez.
Temizlenmesi kolaydır	Temizlenmesi zordur.
Soğutucu akışkanlarda kullanılamaz.	Soğutucu akışkanlarda kullanılır.
Kapasite arttırılabilir.	Kapasite arttırılamaz.

4.2. BORULU TİP EŞANJÖRLER

Borulu ısı eşanjörleri, tüm proseslerde en yaygın olarak kullanılan ısı değıştirici sınıfıdır. Kendi grubu içinde çok çeşitli tipleri vardır. Borulu ısı eşanjörlerinde ısı transfer yüzeyi borulardan oluşur. Akışkanın biri boruların içinden akarken, diğerk akışkan gövde tarafından borulara paralel veya çapraz olarak akar. Dolayısıyla ısı transferi boru yüzeylerinde gerçekleşir. Şekil 4.6 'da tipik bir borulu eşanjörün resmi görölmektedir.



Şekil 4.6. Borulu tip eşanjör.

4.2.1. Borulu Isı Eşanjörlerinin Temel Elemanları

Bu tip ısı eşanjörlerine işletme koşulları, izin verilen basınç düşümü, işletme basıncı büyüklüğü, akışkanların kirlilik ve korozif özellikleri, vb. faktörler dikkate alınarak siyah, galvaniz, paslanmaz ve bakır boru malzemeli olarak çeşitli gövde ve boru tarafı akış düzenlemeleri uygulanır. Borulu tip ısı eşanjörlerinin temel elemanları şunlardır:

1. Isı transferinin gerçekleşmesini sağlayan düz veya firkete (U) şeklinde kıvrılmış borular,
2. Genelde borudan bazı özel durumlarda veya büyük çaplarda sacdan kıvrılarak imal edilen gövde,
3. Boruların tespit edildiği ayna veya aynalar,
4. Gövde içinde boruların dışındaki akışı yönlendiren ve borulara destek olabilen yön değiştirme perdeleri,
5. Gövde tarafı akışkanının giriş ve çıkışını sağlayan gövde nozulları,
6. Boru tarafı akışkanının giriş ve çıkışını sağlayan kafa ve kafa nozulları,
7. Ayna ve kafaların tespitini sağlayan flanşlar,
8. Eşanjörün herhangi bir kaide üzerine montajını sağlayabilecek taşıyıcı ayaklar,
9. Eşanjör dış yüzeylerinden ısı kaybını önleyecek izolasyon.

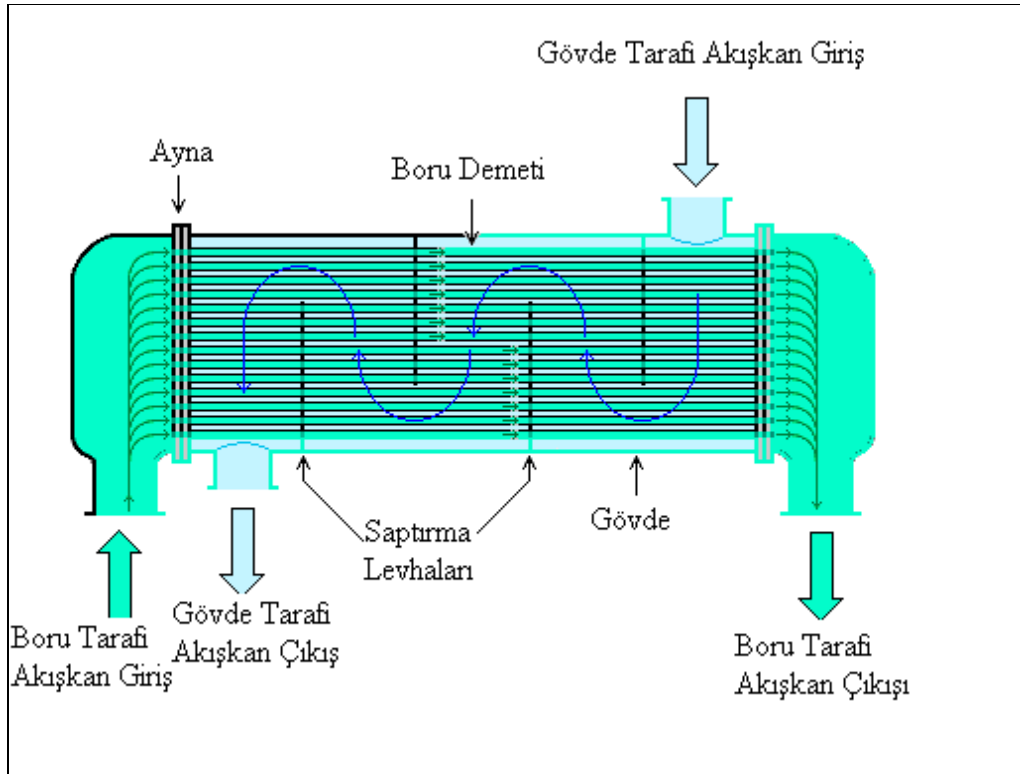
4.2.2. Borulu Isı Eşanjörlerinin Özellikleri

Borulu ısı değiştiricileri düz borulu, spiral borulu, gövde borulu tiplerde tasarım ve imal edilebilirler. Yenişehir lojman bölgesindeki evlerin ısıtılmasında kullanılan mevcut eşanjörler borulu tip ısı eşanjörleridir. Bu ısı eşanjörlerinin özellikleri aşağıdadır:

1. Çok yüksek basınçlarda çalışabilecek şekilde tasarımlanırlar.
2. Son derece esnek ve sağlam yapıya sahiptirler.
3. Çok yüksek ve çok düşük sıcaklıklarda çalışabilecek şekilde imal edilebilirler.
4. Termal şoklara dayanıklıdırlar.

5. Boyut sınırlaması yoktur.
6. Tüm uygulamalarda kullanılabilirler.
7. Basınç kayıpları asgari düzeydedir ve proses amacına uygun olarak asgari düzeyde tutulabilir.
8. Bakım ve onarımları kolaydır.
9. Tümüyle iç piyasadan kolaylıkla temin edilebilen malzemelerden imal edildiklerinden yedek parça ve conta sorunları yoktur.
10. Boyutlar, ağırlık ve kapladıkları alan plakalı eşanjörlere göre daha büyüktür.
11. Boru çapı, boru sayısı, boru uzunluğu, boru adımı ve boru düzenlemesi değiştirilebilir. Bu nedenle borulu ısı değıştiricilerin tasarımlarında oldukça esneklik vardır [19].

Şekil 4.7 'de gövde borulu bir ısı eşanjörünün şematik genel yapısı görölmektedir.



Şekil 4.7. Gövde borulu eşanjörün yapısı.

4.3. PLAKALI VE BORULU EŞANJÖRLERİN KARŞILAŞTIRMASI

Son yıllarda ısıtma tesisatlarında plakalı eşanjör kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Plakalı tip eşanjörlerin ısı geçiş performansları mükemmeldir. Pahalı olmaları bir dezavantaj oluşturmakla birlikte fiyat farkı üretim tekniklerindeki gelişmelere bağlı olarak azalmaktadır .

Borulu eşanjörler daha ucuz olmakla beraber, temizlenebilme imkanları kısıtlıdır ve boru değişimi zordur. Şu anda sistemin kullanıcı tarafında bina altlarında bulunan tüm eşanjörler borulu tiptir. Ancak tezin konusu kazan dairesi içerisinde kalan çalışmalarını ve ağırlıklı olarak plakalı eşanjör seçimi konularını kapsadığından bu kısımda borulu eşanjörler hakkında kısıtlı bilgi verilmiştir. Çizelge 4.2 'de borulu ve plakalı eşanjörler çeşitli yönleriyle karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.2. Borulu ve plakalı eşanjörlerin karşılaştırması.

Borulu Tip Eşanjörler	Plakalı Tip Eşanjörler
Çok yer kaplarlar	Az yer kaplarlar
Düşük verimle çalışırlar	Yüksek verimle çalışırlar
Kapasiteleri arttırılmaz	Kapasiteleri arttırılabilir
Temizlik ve bakımı zordur	Temizlik ve bakımları kolaydır
Yüksek basınçlara dayanıklıdırlar	Yüksek basınçlara dayanıksızdırlar

BÖLÜM 5

PLAKALI EŞANJÖRÜN SİSTEME ENTEGRASYONU

Kazan devresine konulacak olan eşanjörün Bölüm 4 'de açıklanan nedenlerle plakalı eşanjör olması düşünülmüştür. Böylece yüksek verim elde edilebilecek ve ısı iletimindeki sıcaklık farkı boru tipli ısı eşanjörlerine nazaran daha düşük olacaktır. Ayrıca ileriye dönük eşanjör plakaları yüzeyinde oluşabilecek kirecin bertaraf edilmesi de sökülebilir plakalar sayesinde mümkün olacaktır.

Plakalı eşanjörün sisteme entegre edilmesiyle beklenen faydalar aşağıdaki gibi düşünülebilir:

1. Kazan devresi tamamen yumuşatılmış suyla doldurulacağından kazanların kireçtaşı oluşumundan korunması sağlanabilecektir.
2. Kazanın çalışma rejimi daha düzenli olacağından verimde belirli bir miktar artış ve yakıt tüketiminde düşüş gözlenebilir.
3. Kazanların daha düşük basınç altında çalışması mümkün olacaktır. Bu da yine verim artışı ve kazan ömrünün uzamasını sağlayacaktır.
4. Kazan devresi ana sirkülasyon pompalarından bağımsız hale geleceğinden sistemde oluşabilecek basınç dalgalanmaları kazan tarafından daha az hissedilecektir.
5. Yaz şartlarında dahi kazan dönüş suyu sıcaklığının 60 °C 'nin altına düşmemesi gerekmektedir. Aksi takdirde kazanda korozyon oluşmaktadır. Plakalı eşanjör kullanılması sayesinde bu olumsuzluk bertaraf edilebilecektir.

5.1. PLAKALI EŞANJÖR HESABI

Mevcut sistemdeki kurulu kapasite 1700 kW + 1700 kW + 2000 kW olmak üzere toplamda 5400 kW 'dır. İşletme şartları gereği atmosferik koşullara uygun olarak

kışın bu kapasitenin tamamı kullanılmasına rağmen yaz şartlarında ihtiyaç 2000 kW seviyelerine düşmektedir. Bu nedenle sisteme 5400 kW 'lık tek bir plakalı eşanjör koymak yerine ısı kapasiteleri 2000 kW + 3400 kW olacak şekilde 2 adet plakalı eşanjör konulması daha faydalı olacaktır. Bu sayede yaz şartlarında 2000 kW 'lık eşanjör tek çalıştırılarak enerji tasarrufu sağlanacaktır. Sistemde iki eşanjör kullanılması aynı zamanda bakım ve arıza durumlarında birbirlerini yedekleyeceğinden ilave bir avantaj oluşturmaktadır. Pompa seçiminde de aynı mantıkla 2 adet plakalı eşanjör kapasitesine paralel olarak 2 adet pompa kullanılacaktır. Böylece yaz şartlarında düşük kapasiteli pompa çalıştırılarak enerji tasarrufu sağlanacak ve sistem kendi içerisinde yedeklenecektir.

5.1.1. Eşanjör Özelliklerinin Belirlenmesi

Eşanjör hesabında kullanılan paket programlar her marka için farklı yapıdadır. Bu çalışmada eşanjör seçilirken kalitenin yanı sıra işletmede kullanılan diğer eşanjörlerle bakım ve yedek parça açısından uyumlu olması gözetilmiştir. Bu açıdan sistemde "Alfa-Laval" marka eşanjör kullanılması düşünülmüştür. Hesaplamalar için firmaya verilen ön bilgiler Çizelge 5.1 'de verilmiştir. Her iki plakalı eşanjör (2000 kW ve 3400 kW) için yine aynı ismi taşıyan Alfa-Laval hazır paket program ile yapılmış olan hesaplama sonuçları Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.4 'de verilmiştir [20].

Çizelge 5.1. Paket programda kullanılan giriş verileri.

İŞLETME BİLGİLERİ	VERİLER
Maksimum sistem gidiş suyu sıcaklığı	88 °C
Maksimum sistem gidiş – dönüş sıcaklık farkı (ΔT)	10 °C
Yaz döneminde çalışan sirkülasyon pompa debisi	150 m ³ /h
Kış döneminde çalışan sirkülasyon pompa debisi	450 m ³ /h
Sistem çalışma basıncı	4 bar
Sistem kurulu kapasite (kömürlü kazanlar)	7500000 kcal/h
Sistemde dolaşan su hacmi	500 m ³

5.1.1.1. Kapasitesi 2000 kW Olan Plakalı Eşanjör Özelliklerinin Paket Programla Hesaplanması

Çizelge 5.2. Kapasitesi 2000 kW olan plakalı eşanjör özelliklerinin “Alfa-Laval” programı ile hesaplanması.

ISI TRANSFER MIKTARI:	2000 kW	Primer Devre	Sekonder Devre
Akışkan		Su	Su
Yoğunluk	kg/m ³	974.4	979.7
Özgül Isı Kapasitesi	kJ/(kg .K)	4,18	4,18
Isıl İletkenlik	W/(m .K)	0.666	0.657
Vizkosite giriş (1 cP = 0.001 Pa .s)	cP	0.333	0.377
Vizkosite çıkış	cP	0.432	0.503
Hacimsel Debi	m ³ /h	88.9	87.6
Giriş Sıcaklığı	°C	85.0	55.0
Çıkış Sıcaklığı	°C	65.0	75.0
Basınç Düşümü	kPa	49.6	43.8
Isı Transfer Kapasitesi	kW	2000	
Logaritmik Sıcaklık Farkı	K	10.0	
Isı Transfer Katsayısı (ideal şartlar)	W/(m ² .K)	9589	
Isı Transfer Katsayısı (çalışma şartları)	W/(m ² .K)	9589	
Isı Transfer Alanı	m ²	20,9	
Akış Yönü		Ters Yönlü Akış	
Plaka Sayısı		89	
Pas-Geçiş Sayısı		1	1
Plaka Malzemesi / Kalınlık		ALLOY 316 / 0.50 mm	
Conta Malzemesi		NBRB CLIP-ON	NBRB CLIP-ON
Bağlantı Çapı	mm	100	100
Bağlantı Oryantasyonu (Şk. 5.1)		S1 > S2	S4 < S3
Flanş Sınıfı		DIN PN10	
Dizayn Basıncı	bar	10.0	10.0
Test Basıncı	bar	13.0	13.0
Dizayn Sıcaklığı	°C	85.0	75.0
Net ağırlık, boş / işletme	kg	378 / 435	
Hacim	m ³	0.8	

5.1.1.2. Kapasitesi 2000 kW Olan Plakalı Eşanjör Özelliklerinin Formülasyonla Hesaplanması

Suyun hacimsel debisini veren eşitlik, ısıtma sistemindeki ısı ihtiyacı ve gidiş-dönüş su sıcaklıkları belirlendiğinde aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\dot{V} = \frac{Q}{\rho c_p \Delta T} \quad (5.1)$$

Çizelge 5.3. Plakalı eşanjörlerin hesabı için kullanılması gereken bazı termodinamik sıcaklıklar.

Giriş sıcaklığı (T _g)	Çıkış sıcaklığı (T _ç)	Ortalama sıcaklık (T _g + T _ç) / 2	Giriş ve çıkış arasındaki sıcaklık farkı (ΔT)
85 °C	65 °C	(85 °C + 65 °C) / 2 = 75 °C	85 °C - 65 °C = 20 °C

75 °C 'deki suyun termodinamik özellikleri (EK B 'deki tablodan)

$$\rho = 974,78 \text{ kg/m}^3$$

$$c_p = 4,189 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

$$\dot{V} = 2000 / (974,78 \cdot 4,189 \cdot 20)$$

$$= 0,0245 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 3600 \text{ s/h}$$

$$= 88,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Akışkanın toplam enerjisinin değişimini ifade eden basınç düşümünü veren eşitlik aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\Delta p = \lambda \frac{L}{D} \frac{\rho v^2}{2} \quad (5.2)$$

Boru çapı hesabı yapılırken akışkan debisine göre yaklaşık boru çapı seçilerek basınç düşümü hesaplanmıştır. Isıtma sistemlerinde borunun bir metresinde tavsiye edilen

basınç düşümü küçük çaplı borular için (DN150 den küçük borular) 100-200 Pa/m ve büyük çaplı borular için 100-150 Pa/m kabul edilmiştir.

$$L = 1 \text{ m}$$

$$D = 0,107 \text{ m (Boru çapı olarak DN 100 seçilmiştir)}$$

$$\rho = 974,78 \text{ kg/m}^3$$

Borudaki akışkan hızını veren eşitlik aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$v = \frac{\dot{V}}{A} \quad (5.3)$$

Buradaki A borunun kesit alanı olup aşağıdaki gibi hesaplanabilir

$$A = \pi D^2 / 4 \quad \text{buradan,}$$

$$v = 4 \dot{V} / (\pi D^2)$$

$$\dot{V} = 0,0245 \text{ m}^3/\text{s (Eş. 5.1)}$$

$$D = 0,107 \text{ m}$$

$$v = (4 \cdot 0,0245) / (3,14 \cdot 0,107^2) = 2,72 \text{ m/s}$$

Sürtünme katsayısını bulmak için EK C 'deki "Moody Diyagramı" ndan faydalanılır.

Bunun için Reynolds sayısı ve bağıl pürüzlülüğün hesaplanması gerekir.

Reynolds sayısı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (5.4)$$

$$\rho = 974,78 \text{ kg/m}^3$$

$$v = 2,72 \text{ m/s (Eş. 5.3)}$$

$$D = 0,107 \text{ m}$$

$$\mu = 3,807 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m.s (EK B 'deki tablodan)}$$

$$\begin{aligned} Re &= (974,78 \cdot 2,72 \cdot 0,107) / (3,807 \cdot 10^{-4}) \\ &= 745\,206 \end{aligned}$$

Bağıl pürüzlülük aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\xi = \frac{\varepsilon}{D} \quad (5.5)$$

$$\varepsilon = 0,045 \cdot 10^{-3} \text{ m (EK D 'deki tablodan)}$$

$$D = 0,107 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \xi &= (0,045 \cdot 10^{-3}) / 0,107 \\ &= 0,0004 \end{aligned}$$

Sürtünme katsayısı, bulunan Reynolds Sayısı (745 206) ve bağıl pürüzlülüğe (0,0004) göre EK C 'deki Moody diyagramından

$$\lambda = 0,019 \text{ bulunur.}$$

Bulunanları (Eş. 5.2) de yerine koyarsak;

$$\begin{aligned} \Delta p &= 0,019 (1/0,107) (974,78 \cdot 2,72^2 / 2) \\ &= 640 \text{ [Pa]} \end{aligned}$$

Bulunan bu değer 1m boru için basınç düşüşünü vermektedir. Programla yapılan hesapta plaka sayısı 89 adettir. Bir plakaya eşdeğer boru boyu yaklaşık 0,9 m 'dir. Kullanılan programda esas alınan değer budur.

5.1.1.3. Kapasitesi 2000 kW Olan Plakalı Eşanjörün Isı Transfer Alanının Hesaplanması

Modelleme olarak borulu tip eşanjör için ısıtma alanı hesabı yapılacaktır. Birinci devrenin 85 / 65 °C ve ikinci devrenin 75 / 55 °C 'de çalışması durumuna göre kızgın sudan sıcak suya geçen ısı miktarı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$q = U A \Delta T \quad (5.6)$$

Burada, U toplam ısı geçiş katsayısı olup, kızgın sudan sıcak suya ısı geçişinde aşağıdaki gibi hesaplanabilir [21].

$$U = 930 v 0,85 (1 + 0,014 T_w) \quad (5.7)$$

$$v = 2,72 \text{ m/s}$$

$$\text{Ortalama kızgın su sıcaklığı} = (85 + 65) / 2 = 75 \text{ °C}$$

$$\text{Ortalama sıcak su sıcaklığı} = (75 + 55) / 2 = 65 \text{ °C}$$

$$T_w = (75 + 65) / 2 = 70 \text{ °C}$$

$$U = 930 \cdot 2,72 \cdot 0,85 \cdot (1 + 0,014 \cdot 70)$$

$$= 4257 \text{ W / m}^2 \text{ °C}$$

$$= 4,257 \text{ kW / m}^2 \text{ °C}$$

Gerekli ısıtma yüzey alanı

$$q = 2000 \text{ kW}$$

$$\Delta T = (85 - 65) = 20 \text{ °C}$$

$$A = 2000 / (4,257 \cdot 20)$$

$$= 23,5 \text{ m}^2$$

5.1.1.4. Kapasitesi 3400 kW Olan Plakalı Eşanjör Özelliklerinin Paket Programla Hesaplanması

Çizelge 5.4. Kapasitesi 3400 kW olan plakalı eşanjör özelliklerinin “Alfa-Laval” programı ile hesaplanması.

ISI TRANSFER MIKTARI:	3400 kW	Primer Devre	Sekonder Devre
Akışkan		Su	Su
Yoğunluk	kg/m ³	974.4	979.7
Özgül Isı Kapasitesi	kJ/(kg K)	4,18	4,18
Isıl İletkenlik	W/(m K)	0.666	0.657
Vizkosite giriş (1 cP = 0.001 Pa.s)	cP	0.333	0.377
Vizkosite çıkış	cP	0.432	0.503
Hacimsel Debi	m ³ /h	151.1	148.9
Giriş Sıcaklığı	°C	85.0	55.0
Çıkış Sıcaklığı	°C	65.0	75.0
Basınç Düşümü	kPa	47.9	49.4
Isı Transfer Kapasitesi	kW	3400	
Logaritmik Sıcaklık Farkı	K	10.0	
Isı Transfer Katsayısı (ideal şartlar)	W/(m ² .K)	8437	
Isı Transfer Katsayısı (çalışma şartları)	W/(m ² .K)	8272	
Isı Transfer Alanı	m ²	40.9	
Akış Yönü		Ters Yönlü Akış	
Plaka Sayısı		68	
Pas-Geçiş Sayısı		1	1
Plaka Malzemesi / Kalınlık		ALLOY 316 / 0.50 mm	
Conta Malzemesi		NBRB CLIP-ON	NBRB CLIP-ON
Bağlantı Çapı	mm	150	150
Bağlantı Oryantasyonu (Şekil 5.2)		S1 > S2	S4 < S3
Flanş Sınıfı		DIN PN10	
Dizayn Basıncı	bar	10.0	10.0
Test Basıncı	bar	13.0	13.0
Dizayn Sıcaklığı	°C	85.0	75.0
Net ağırlık, boş / işletme	kg	929 / 1090	
Hacim	m ³	3,5	

5.1.1.5. Kapasitesi 3400 kW Olan Plakalı Eşanjör Özelliklerinin Formülasyonla Hesaplanması

Suyun hacimsel debisi

$$\dot{V} = \frac{Q}{\rho c_p \Delta T} \quad (5.1)$$

75 °C 'deki suyun termodinamik özellikleri (EK B 'deki tablodan)

$$\rho = 974,78 \text{ kg/m}^3$$

$$c_p = 4,189 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \dot{V} &= 3400 / (974,78 \cdot 4,189 \cdot 20) \\ &= 0,0416 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 3600 \text{ s/h} \\ &= 149,76 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Akışkanın basınç düşümü

$$\Delta p = \lambda \frac{L}{D} \frac{\rho v^2}{2} \quad (5.2)$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$D = 0,160 \text{ m}$ (Boru çapı olarak DN 150 seçilmiştir)

$$\rho = 974,78 \text{ kg/m}^3$$

Borudaki akışkan hızı

$$v = \frac{\dot{V}}{A} \quad (5.3)$$

$A = \pi D^2 / 4$ buradan,

$$v = 4 \dot{V} / (\pi D^2)$$

$$\dot{V} = 0,0416 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Eş. 5.1)}$$

$$D = 0,160 \text{ m}$$

$$v = (4 \cdot 0,0416) / (3,14 \cdot 0,160^2) = 2,08 \text{ m/s}$$

Sürtünme katsayısı için “Moody Diyagramı” ndan faydalanılır.

Reynolds sayısı

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (5.4)$$

$$\rho = 974,78 \text{ kg/m}^3$$

$$v = 2,08 \text{ m/s} \text{ (Eş. 5.3)}$$

$$D = 0,160 \text{ m}$$

$$\mu = 3,807 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m.s} \text{ (EK B 'deki tablodan)}$$

$$Re = (974,78 \cdot 2,08 \cdot 0,160) / (3,807 \cdot 10^{-4})$$

$$= 852 \ 132$$

Bağıl pürüzlülük

$$\xi = \frac{\varepsilon}{D} \quad (5.5)$$

$$\varepsilon = 0,045 \cdot 10^{-3} \text{ m} \text{ (EK D 'deki tablodan)}$$

$$D = 0,160 \text{ m}$$

$$\xi = (0,045 \cdot 10^{-3}) / 0,160$$

$$= 0,0003$$

Sürtünme katsayısı, bulunan Reynolds Sayısı (852 132) ve bağıl pürüzlülüğe (0,0003) göre EK C 'deki Moody diyagramından

$\lambda = 0,017$ bulunur.

Bulunanları (Eş. 5.2) de yerine koyarsak;

$$\begin{aligned}\Delta p &= 0,017 (1/0,160) (974,78 \cdot 2,08^2 / 2) \\ &= 223 \text{ [Pa]}\end{aligned}$$

Bulunan bu değer 1m boru için basınç düşüşünü vermektedir. Programla yapılan hesapta plaka sayısı 68 adettir. Bir plakaya eşdeğer boru boyu yaklaşık 3 m 'dir. Kullanılan programda esas alınan değer budur.

5.1.1.6. Kapasitesi 3400 kW Olan Plakalı Eşanjörün Isı Transfer Alanının Hesaplanması

Isı geçiş miktarı

$$q = U A \Delta T \quad (5.6)$$

U toplam ısı geçiş katsayısı

$$U = 930 v 0,85 (1 + 0,014 Tw) \quad (5.7)$$

$$v = 2,08 \text{ m/s}$$

$$\text{Ortalama kızgın su sıcaklığı} = (85 + 65) / 2 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Ortalama sıcak su sıcaklığı} = (75 + 55) / 2 = 65 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_w = (75 + 65) / 2 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$U = 930 \cdot 2,08 \cdot 0,85 \cdot (1 + 0,014 \cdot 70)$$

$$= 3255 \text{ W / m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 3,255 \text{ kW / m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

Gerekli ısıtma yüzey alanı;

$$q = 3400 \text{ kW}$$

$$\Delta T = (85 - 65) = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$A = 3400 / (3,255 \cdot 20) \\ = 52,2 \text{ m}^2$$

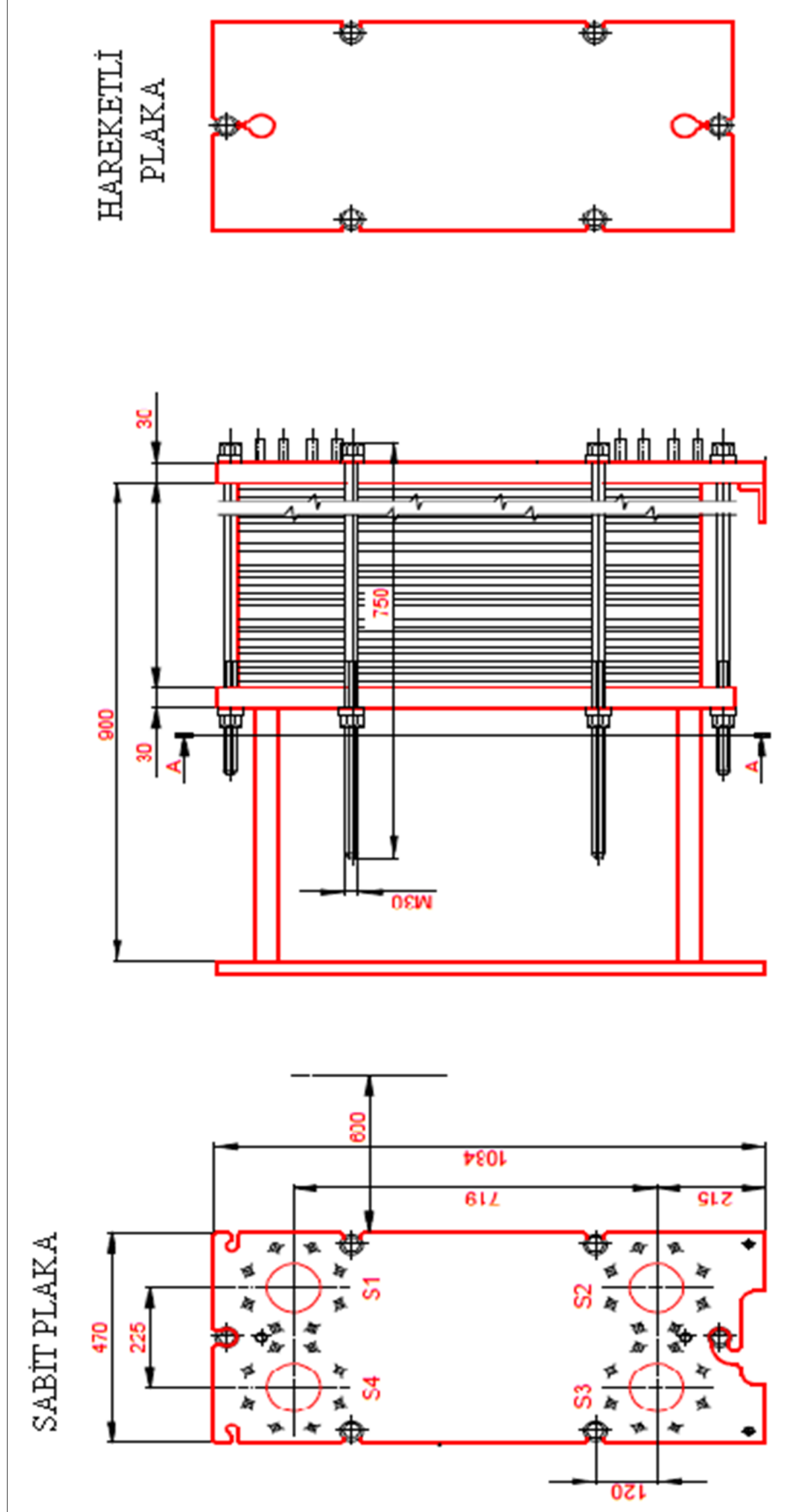
Bu hesaplamalar sonucunda 2000 kW 'lık eşanjör için Alfa – Laval marka “M10 – BFM” modeli ve 3400 kW 'lık eşanjör içinde yine aynı marka “M15 – MFM” modeli seçilmiştir. Her iki model için boyutlandırma detayları Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6 'da verilmiştir.

Çizelge 5.5. M10 - BFM plakalı eşanjör boyutları.

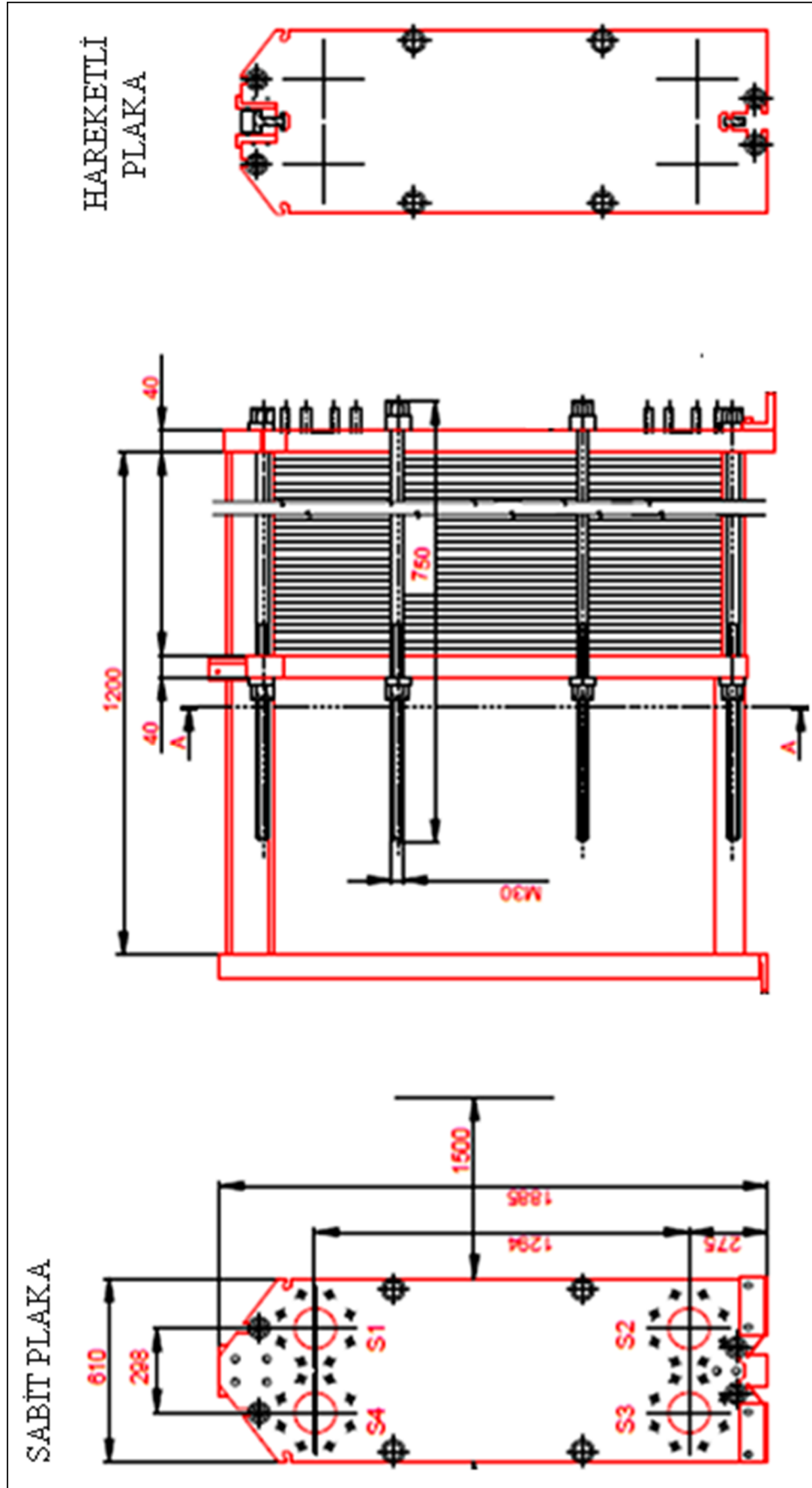
KAPASİTE	2000 kW	
TOPLAM BOY	1120	
TOPLAM GENİŞLİK	470	
TOPLAM YÜKSEKLİK	1084	
AĞIRLIK – SULU	437 kg	

Çizelge 5.6. M15 - MFM plakalı eşanjör boyutları.

KAPASİTE	3400 kW	
TOPLAM BOY	1450	
TOPLAM GENİŞLİK	610	
TOPLAM YÜKSEKLİK	1885	
AĞIRLIK – SULU	1099 kg	



Şekil 5.1. 2000 kW plakalı eşanjörün fiziksel görünüşü (ölçüler mm 'dir).



Şekil 5.2. 3400 kW plakalı eşanjörün fiziksel görünüşü (ölçüler mm 'dir).

5.1.2. Pompa Seçimi

Pompalar seçilirken kalitenin yanı sıra işletmedeki kullanılan diğer pompalarla bakım ve yedek parça açısından uyumlu olması düşünülerek “Grundfos” marka pompa tercih edilmiştir. Pompaların seçildiği abaklar ile fiziksel özellikleri bu bölümde verilmiştir. Pompalar değişken yükler altında çalışacağından invertör kumandalı tip tercih edilmiştir.

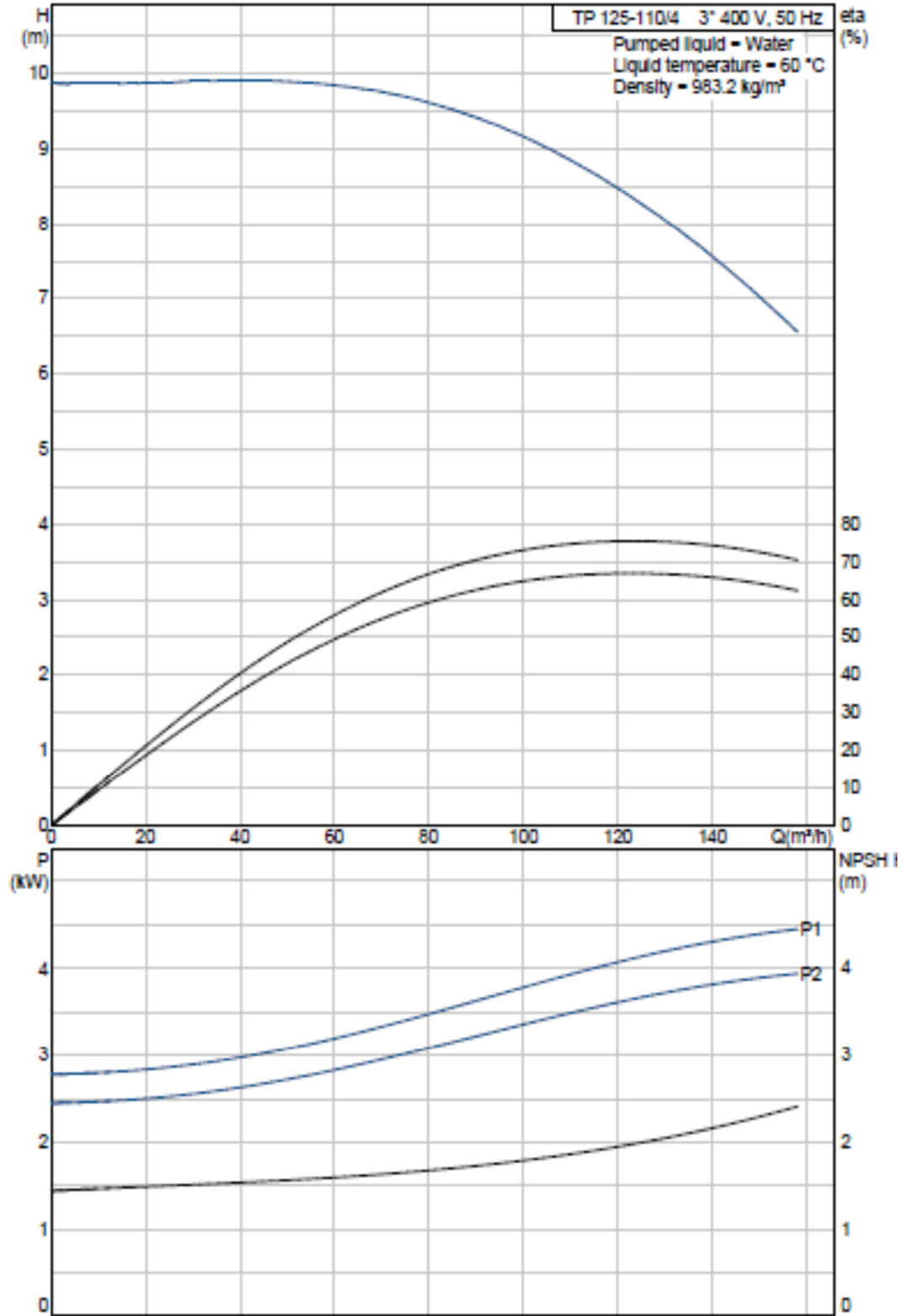
5.1.2.1. TP 125 Pompanın Teknik Özellikleri

Çizelge 5.2 ’deki 2000 kW ’lık plakalı eşanjöre ait hacimsel debi 88.9 m³/h olduğundan bu değere en yakın bir üst değer olarak 123 m³/h ’lik debiye sahip pompa seçimi yapılmıştır.

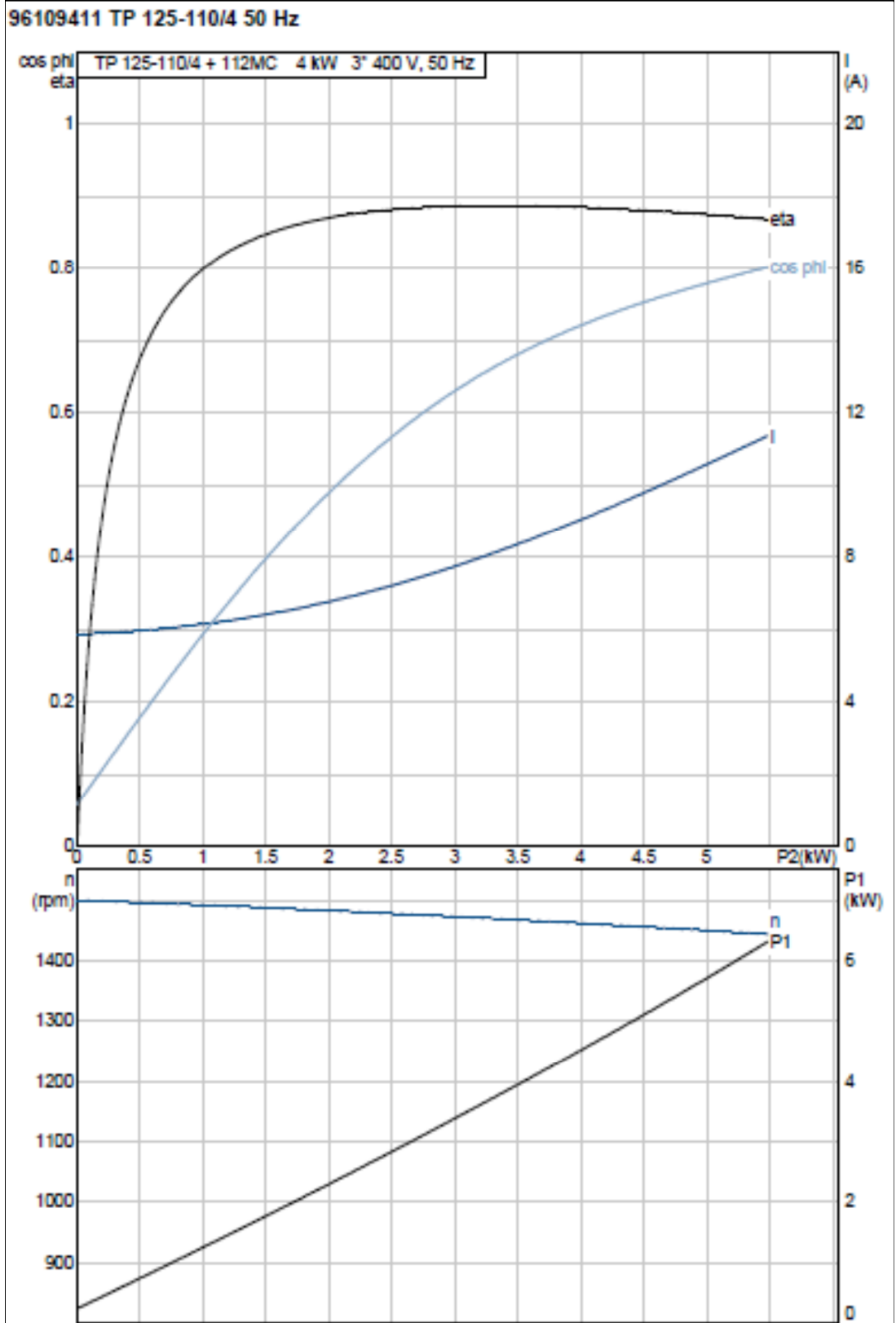
Çizelge 5.7. TP 125 pompa teknik özellikleri.

Ürün adı	TP 125-110/4 A-F-A-BAQE
Teknik Bilgiler:	
Debi	123 m ³ /h
Basma yüksekliği	11 mSS
Fan çapı	180 mm
Malzeme Bilgisi:	
Pompa gövdesi	Dökme demir
Fan	Dökme demir
İşletme Bilgileri:	
Maksimum çalışma basıncı	16 bar
Bağlantı çapı	DN 125
Giriş-çıkış arası mesafe	620 mm
Akışkan Bilgileri:	
Sıcaklık aralığı	0 .. 120 °C
Yoğunluk	983.2 kg/m ³
Elektriksel Bilgiler:	
Motor gücü	4 kW
Frekans	50 Hz
Güç faktörü	0,68
Devir hızı	1460 rpm
Tam yükte motor verimi %	88,6
Diğer:	
Net ağırlık	179 kg

96109411 TP 125-110/4 50 Hz



Şekil 5.3. TP 125 pompa karakteristik eğrileri.



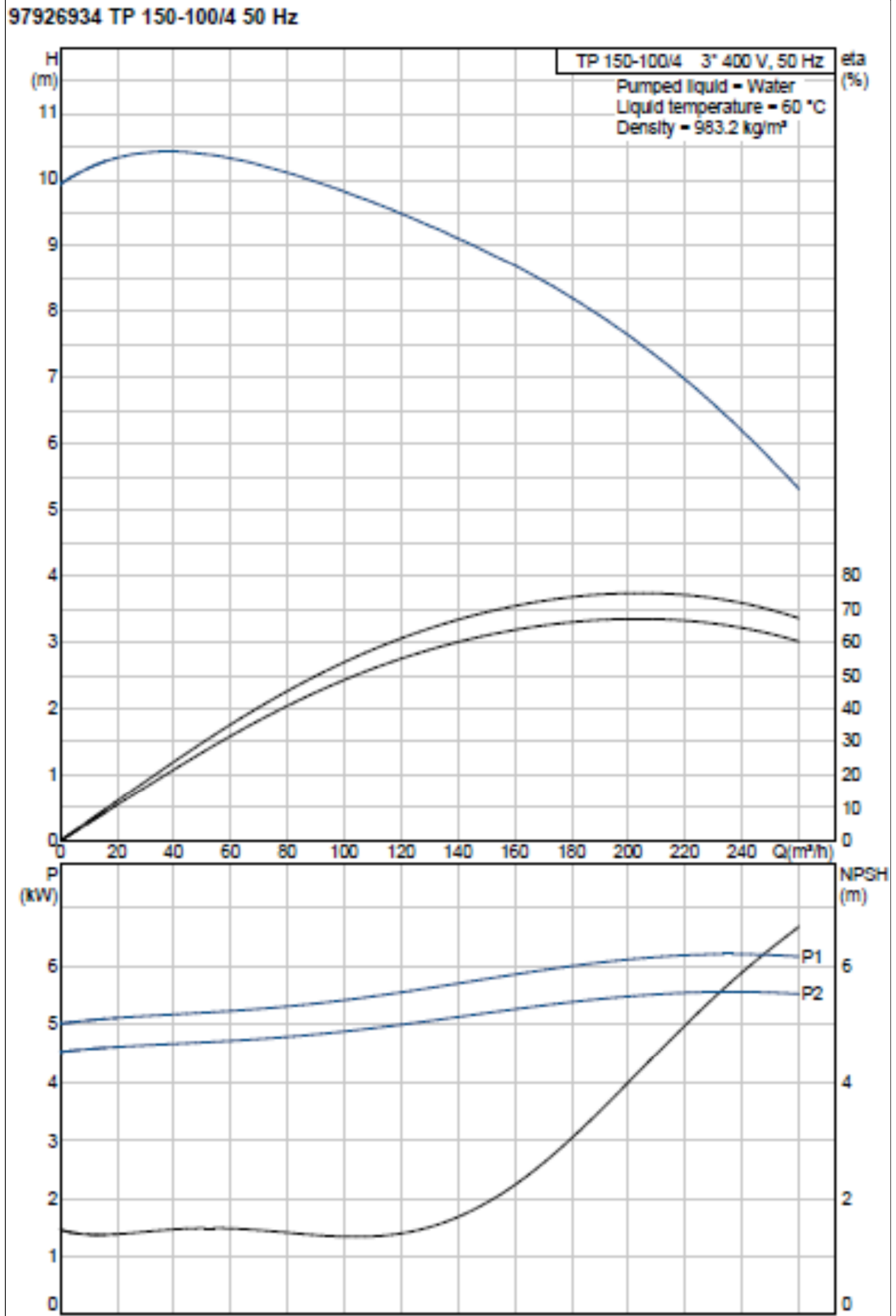
Şekil 5.3. TP 125 pompa karakteristik eğrileri.

5.1.2.2. TP 150 Pompanın Teknik Özellikleri

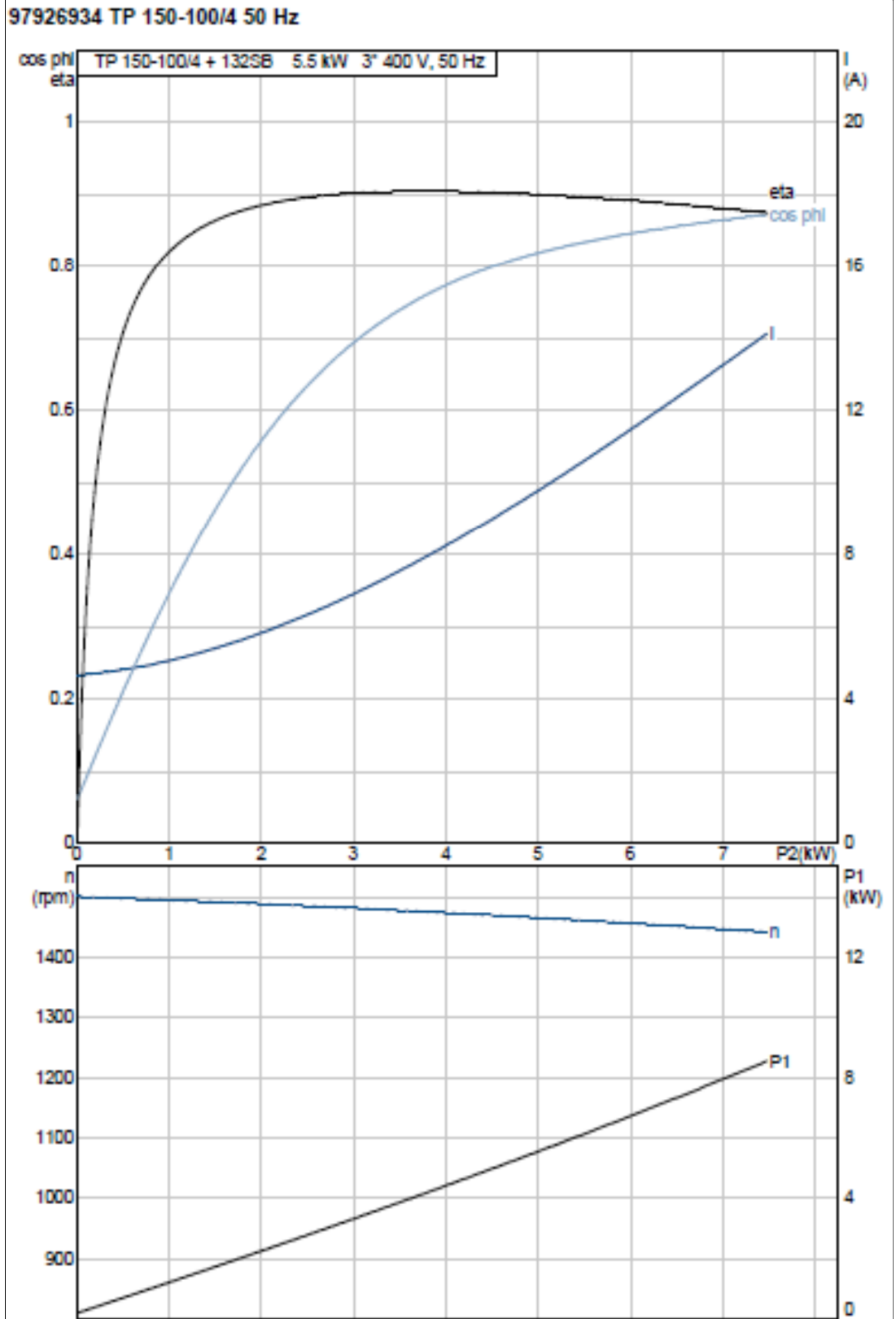
TP 125 pompada olduğu gibi, Çizelge 5.4 'deki 3400 kW 'lık plakalı eşanjöre ait hacimsel debi 151.1 m³/h olduğundan bu değere en yakın bir üst değer olarak 200 m³/h 'lik debiye sahip pompa seçimi yapılmıştır.

Çizelge 5.8. TP 150 pompa teknik özellikleri.

Ürün adı	TP 150-100/4 A-F-A-BAQE
Teknik Bilgiler:	
Debi	200 m ³ /h
Basma yüksekliği	10 mSS
Fan çapı	196-172 mm
Malzeme Bilgisi:	
Pompa gövdesi	Dökme demir
Fan	Dökme demir
İşletme Bilgileri:	
Maksimum çalışma basıncı	16 bar
Bağlantı çapı	DN 150
Giriş-çıkış arası mesafe	800 mm
Akışkan Bilgileri:	
Sıcaklık aralığı	0 .. 120 °C
Yoğunluk	983.2 kg/m ³
Elektriksel Bilgiler:	
Motor gücü	5.5 kW
Frekans	50 Hz
Güç faktörü	0,80
Devir hızı	1460 rpm
Tam yükte motor verimi %	89,6
Diğer:	
Net ağırlık	223 kg



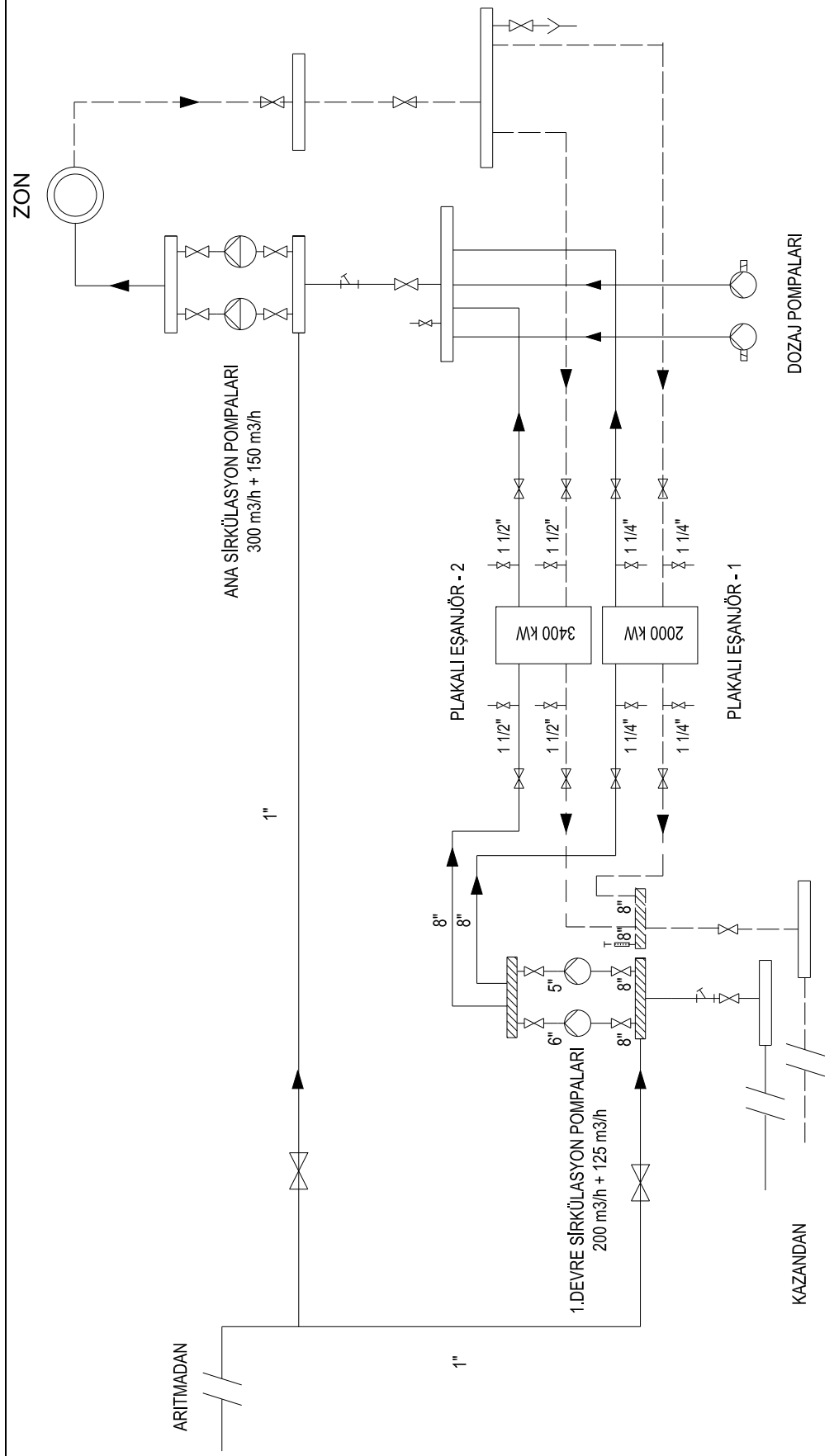
Şekil 5.4. TP 150 pompa karakteristik eğrileri.



Şekil 5.4. TP 150 pompa karakteristik eğrileri.

5.2. SİSTEM DEVRESİNE PLAKALI EŞANJÖRLER VE POMPALARIN ENTEGRE EDİLMESİ

Şekil 5.5 'de 2000 kW ve 3400 kW kapasiteli plakalı eşanjörler ile 123 m³/h ve 200 m³/h kapasiteli pompaların sisteme entegre edilmiş hali görülmektedir. Şekilde ayrıca arıtma sisteminden gelen hattın ikiye bölünerek hem iletim hatlarını hem de yeni oluşan kazan kapalı çevrimini besleyebilecek şekilde revize edildiği görülmektedir (Bkz. Şekil 3.13). Plakalı eşanjörlerin giriş ve çıkışlarında yer alan kesme vanaları ise ileride oluşabilecek kireç tabakasının eşanjörün sökülmesine gerek kalmadan kimyasal sıvılar yardımıyla yapılacak temizlik esnasında manevra yapabilmek için konulmuştur. Bu tezin içeriğinde direkt olarak yer almayan kimyasal dozaj pompalarının işlevinden ise öneri ve düşünceler kısmında bahsedilmiştir.



Şekil 5.5. Plakalı eşanjörlü kazan devre şeması.

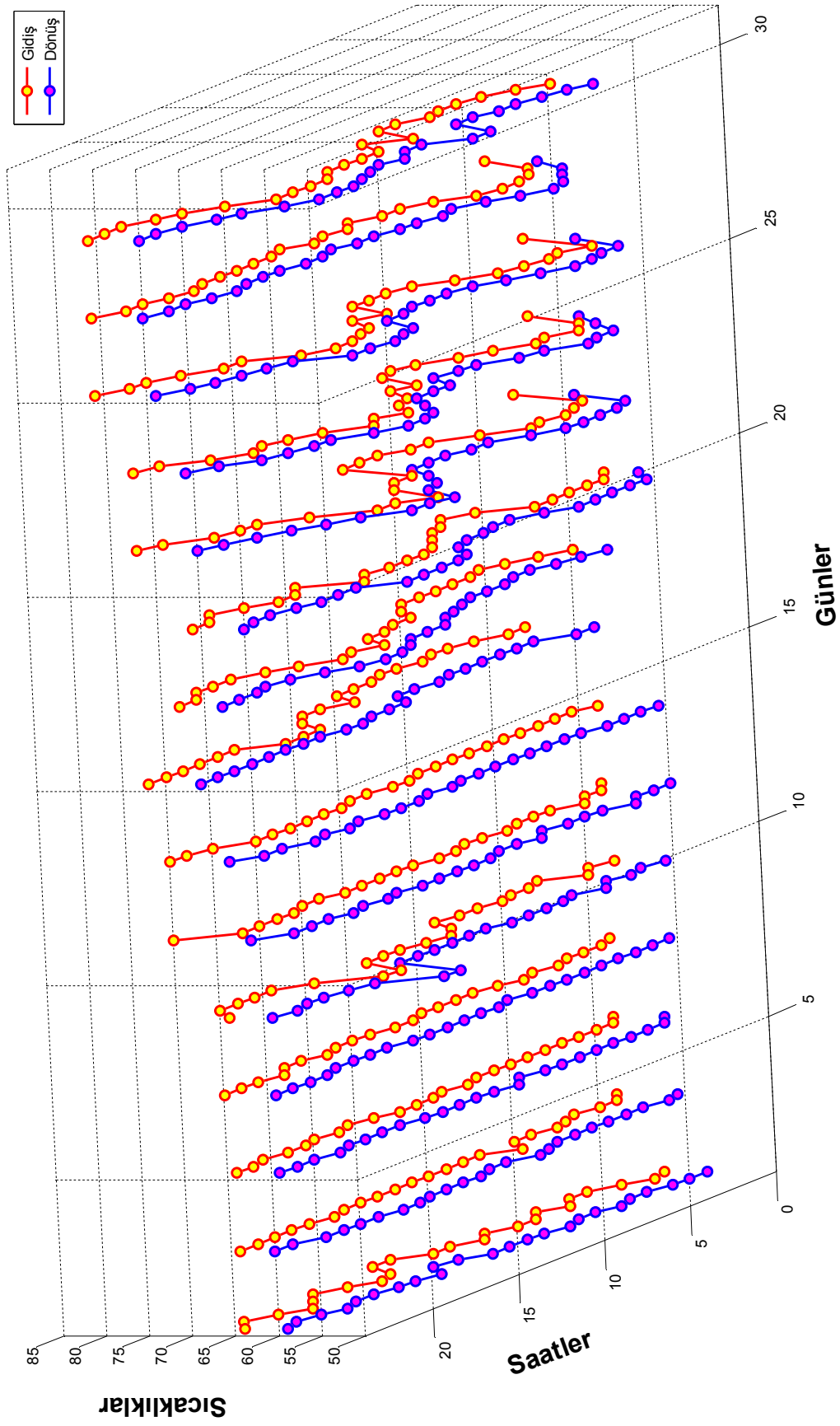
BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

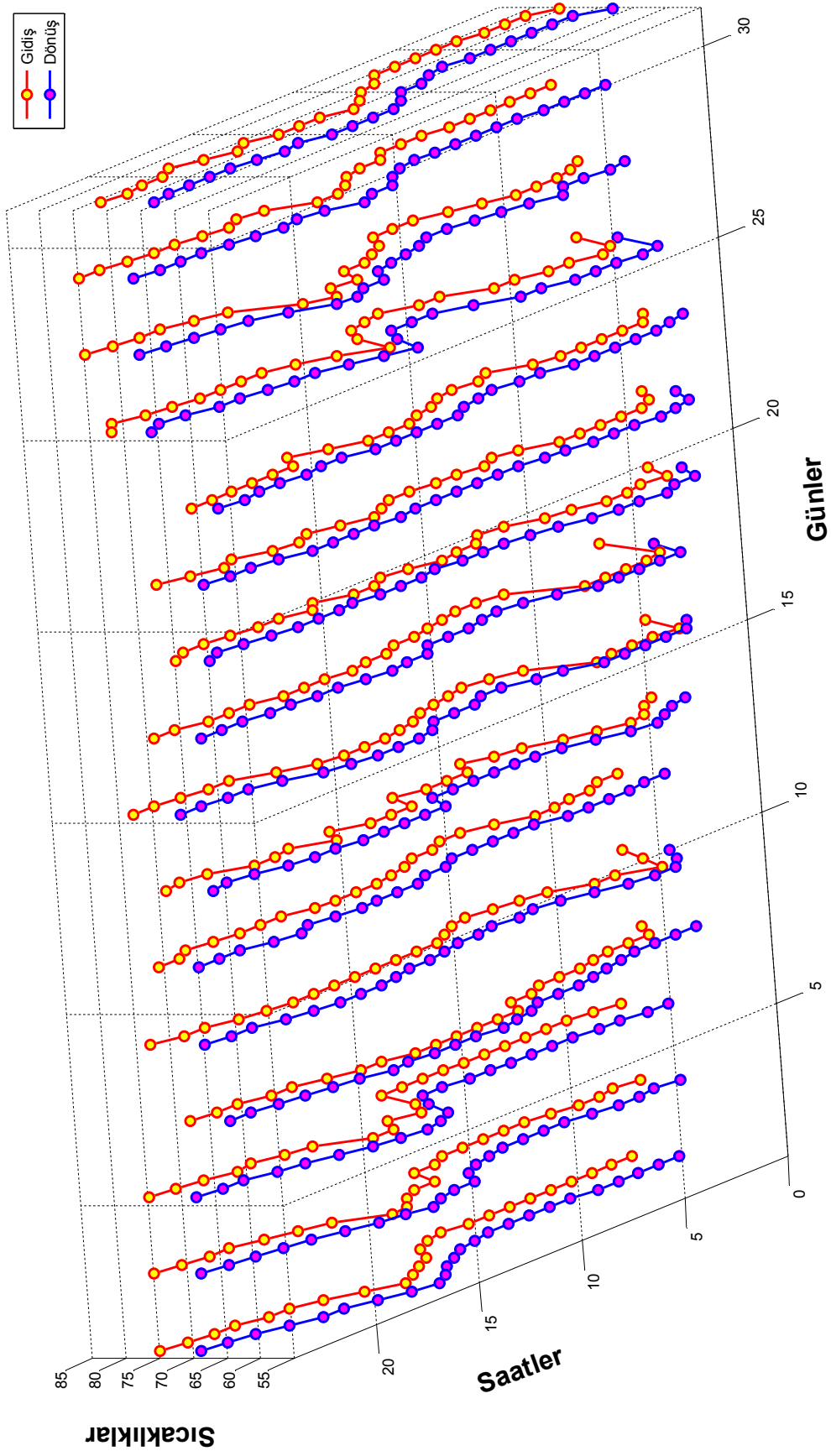
6.1. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Plakalı eşanjörlerin sisteme entegre edilmesi ile birlikte yeni oluşacak kapalı kazan çevrimi eskiye oranla daha düşük hacimde su ihtiva edecektir. Böylece mevcut haliyle sistemdeki su sertliği konsantrasyonunu sağlayamayan arıtma sistemi daha efektif çalıştırılarak kazan devresinin sertliği giderilmiş arı suyla doldurulması mümkün olacaktır. Bu durumda kazanda daha önce meydana gelen kireçtaşı ve korozyon oluşumunun bertaraf edilerek sistem ömrünün uzatılacağı açıktır.

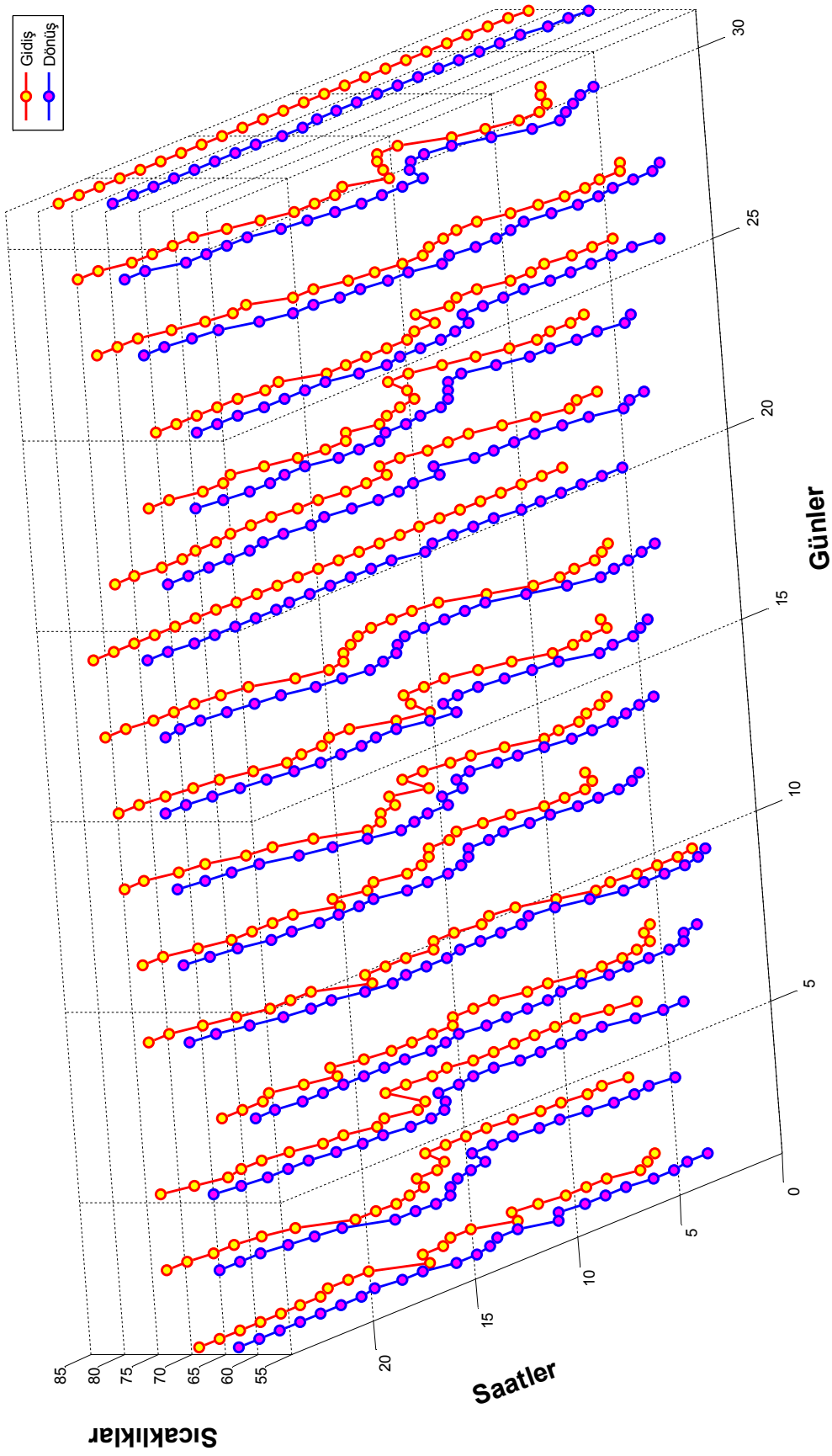
Yeni durumda kazan çalışma rejiminin öncekine göre oldukça düzgün olacağı öngörülmektedir. Kazanların basma ve dönüş hatlarındaki su sıcaklıklarının değişim grafikleri aşağıda verilmiştir. Grafiklere ait ölçüm çizelgeleri ise EK E 'de verilmiştir. Ölçümler Kasım 2011 ile Nisan 2012 ayları arasında (bu aylar dahil) sistem üzerinden saatlik olarak alınmıştır. Bu aylar, mevsim geçişlerindeki dış hava sıcaklık aralıklarını da içerdiğinden sıcaklık farklarını daha iyi gözlemle imkanı sunmaktadır.



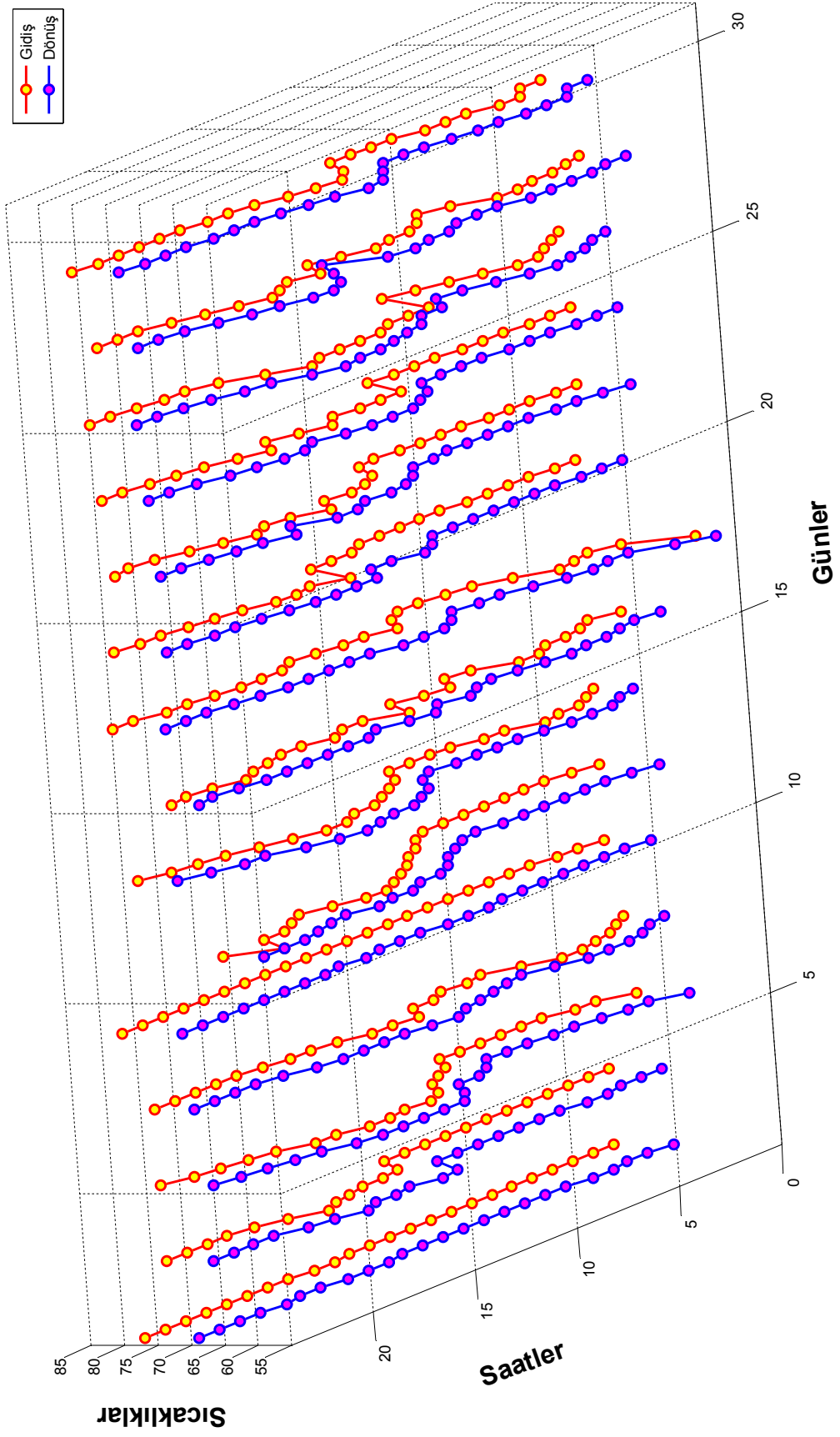
Şekil 6.1. Kasım 2011 tarihli sıcaklık ölçümlerinin grafiksel gösterimi.



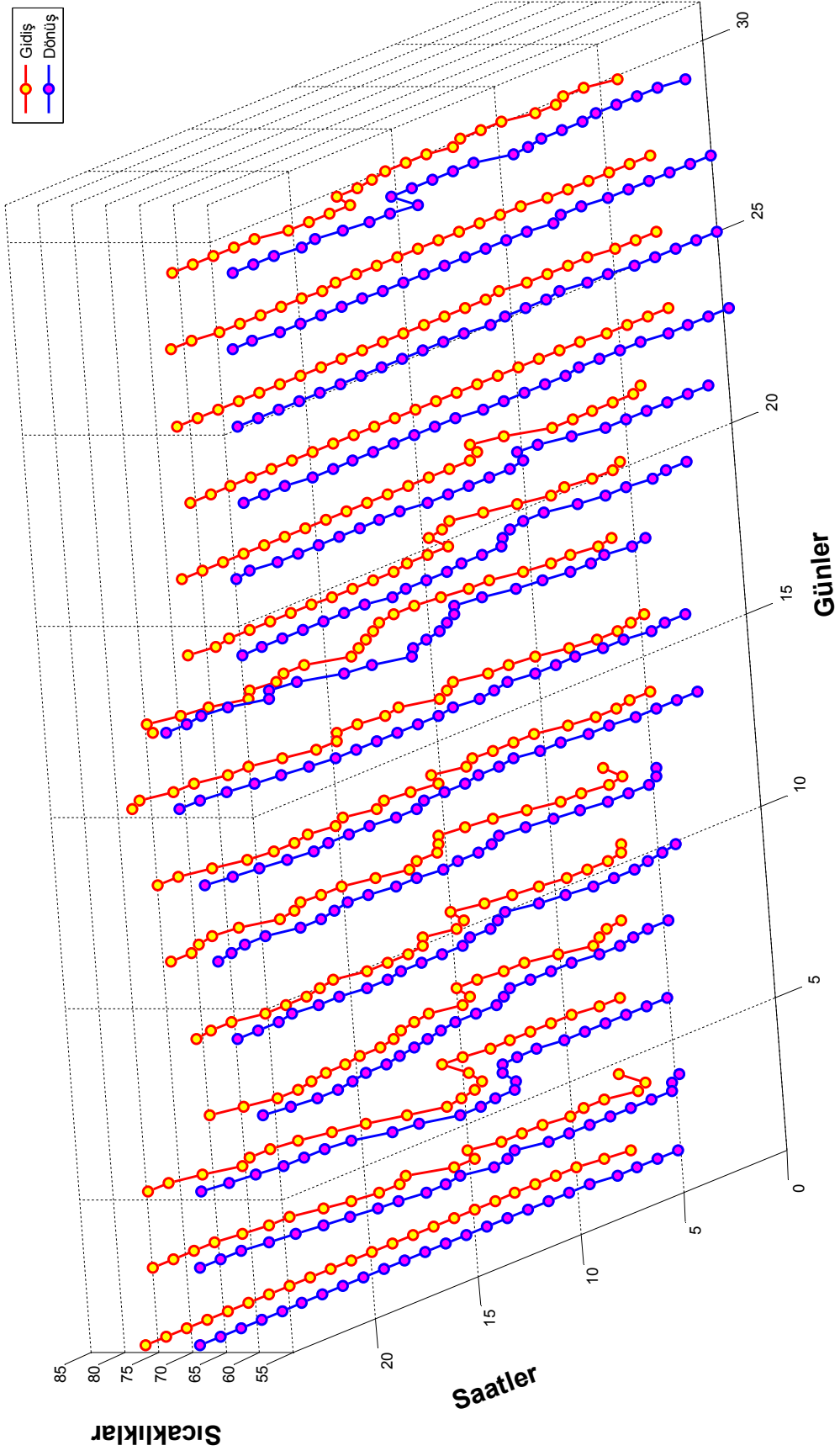
Şekil 6.2. Aralık 2011 tarihli sıcaklık ölçümlerinin grafiksel gösterimi



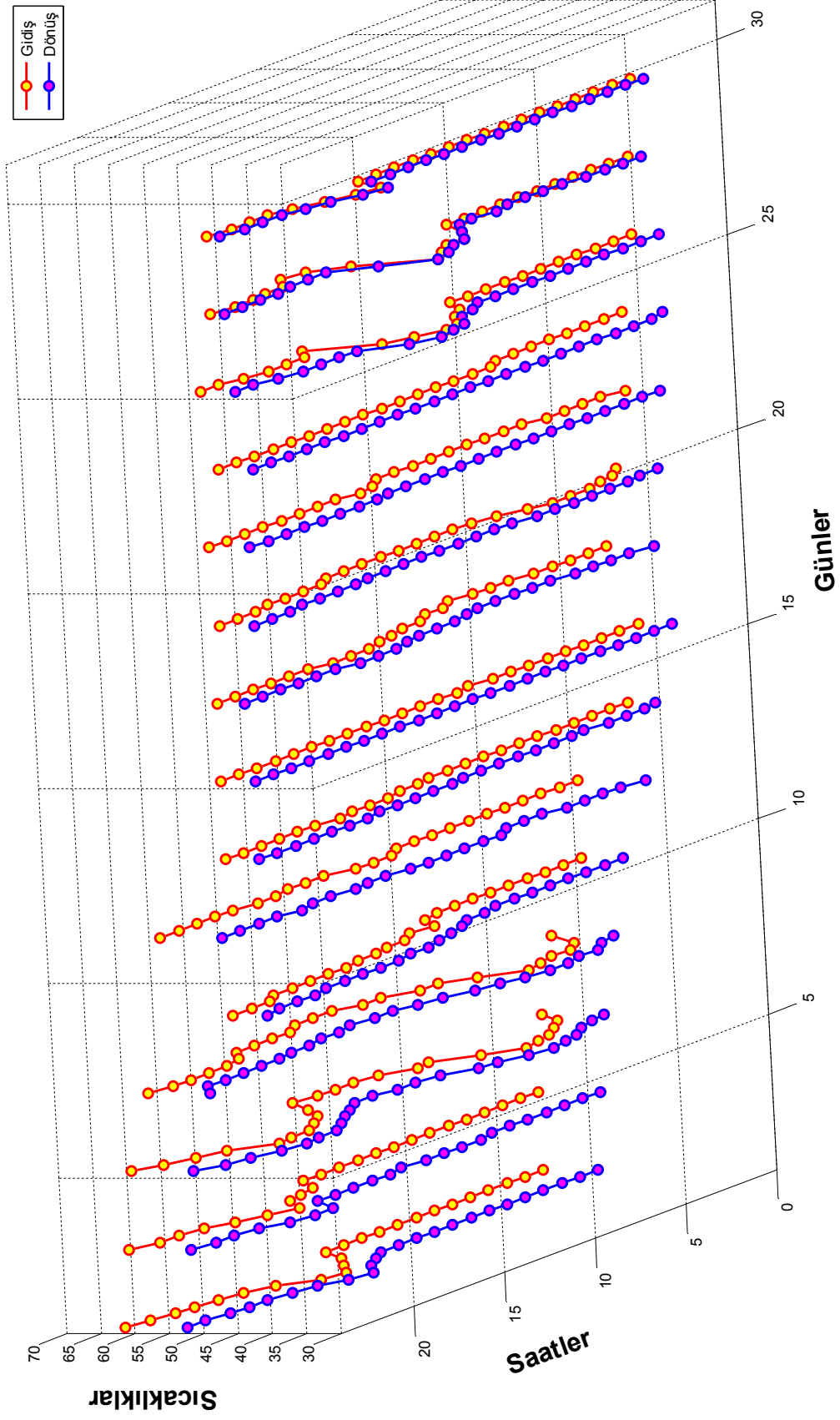
Şekil 6.3. Ocak 2012 tarihli sıcaklık ölçümlerinin grafiksel gösterimi.



Şekil 6.4. Şubat 2012 tarihli sıcaklık ölçümlerinin grafiksel gösterimi.



Şekil 6.5. Mart 2012 tarihli sıcaklık ölçümlerinin grafiksel gösterimi.



Şekil 6.6. Nisan 2012 tarihli sıcaklık ölçümlerinin grafiksel gösterimi.

Yukarıdaki grafiklerde de görüldüğü gibi günün farklı saatlerinde kazan gidiş dönüş sıcaklıkları dalgalanmalar yaşamakta ve bu durum brülörün devreye giriş çıkış sayısını arttırarak kazan çalışma rejiminin düzensiz olmasına yol açmaktadır. Sisteme plakalı eşanjör yerleştirilerek oluşturulacak yeni kazan çevriminde ise sıcaklık ihtiyacının düştüğü saatlerde yeni konulacak kazan devresi sirkülasyon pompaları sayesinde brülörlerin devreye girmesine ihtiyaç kalmadan kazan çevrimindeki suyun ısısından daha uzun süre yararlanılabilecektir. Böylece eskiye oranla daha düzenli bir kazan çalışma rejimi ortaya çıkması beklenmektedir.

Sisteme entegre edilecek plakalı eşanjörlerin diğer bir getirisi ise yakıt tüketiminin azalması yönünde olacaktır. Önceki bölümlerde (Bölüm 3 ve Bölüm 4’de) kazan alev boruları aynasının arkasında oluşan 1-2 mm ‘lik kireç tabakası nedeniyle sistemde % 10 mertebesinde bir verim kaybından bahsedilmişti (Bkz. Şekil 3.12). Bu kireç tabakasının kimyasal yollarla temizlenmesi ve arıtılmış su kullanımı sayesinde yeniden oluşumunun engellenmesi ile kazan gidiş dönüş suyu sıcaklıklarında tahminen 5 °C ‘lik bir düşüş beklenmektedir. Böylece kazan gidiş suyu sıcaklığı düşecek ve aynı oranda yakıt tasarrufu sağlanabilecektir. Bölüm 6.2 ‘de verimde % 10 ‘luk kazanç sağlanması sayesinde oluşabilecek 5 °C ‘lik sıcaklık farkının yakıt maliyetlerine olumlu etkileri konu edilmiştir.

6.2. MALİYET ANALİZİ

Birinci devrede oluşan 5 °C ‘lik bir sıcaklık düşüşünden bir önceki bölümde bahsedilirken, bu sıcaklık düşüşünün yakıt tüketimine etkisi ise bu bölümde incelenmiştir. Maliyet analizi için termodinamikte bilinen şu kabulün yapılması işlemlerde kolaylık sağlayacaktır: Termodinamik kanunlara göre 1 gr suyun sıcaklığını 1 °C arttırabilmek için gerekli ısı miktarı 1 cal ‘dir. Bu aynı zamanda 1 kg suyun sıcaklığını 1 °C arttırabilmek için gerekli ısı miktarının 1 kcal olması anlamına gelir. Söz konusu sistemde mevcut kazanlar ile 1.devrede dolaşan su miktarı 500 m³ civarındadır. Sistemin merkezi sirkülasyon pompalarının kapasitesi yaz uygulamasında sıcak su ihtiyacı için 150 m³ /h ve kış uygulamasında sıcak su ve ısınma için toplam 450 m³ /h ‘dir. Ayrıca Çizelge 2.2 ‘de görüleceği üzere yaz uygulaması Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları olmak üzere 4 ay ve kış

uygulaması ise 8 aydır. Bu durumda yaz döneminde kazanlarda her saat 150 m³ kış döneminde ise 450 m³ su ısıtılmakta ve ısıtılan bu suyun sirkülasyonu sağlanmaktadır.

Ele alınan sistemde bu verilere göre yaz döneminde:

$$150 \text{ m}^3 \text{ su} = 150 \text{ ton su} = 150 \text{ 000 kg}$$

suyun sıcaklığının 1 °C arttırılabilmesi için gerekli ısı miktarı

$$150 \text{ 000 kg} \cdot 1 \text{ kcal / kg } ^\circ\text{C} \cdot 1 ^\circ\text{C} = 150 \text{ 000 kcal 'dir.}$$

Aynı miktardaki suyun sıcaklığının 5 °C arttırılması için:

$$150 \text{ 000 kcal} \cdot 5 = 750 \text{ 000 kcal}$$

ısıya ihtiyaç vardır. Bunun anlamı sistemde yapılacak iyileştirme sonucunda elde edilecek 5 °C 'lik sıcaklık düşüşü ile yaz döneminde 750 000 kcal/h tasarruf sağlanabilecek olmasıdır.

Literatürdeki hesaplamalarda yaygın olarak 1 m³ doğalgazın ısı değeri 8250 kcal olarak alınmaktadır. Ancak doğalgaz dağıtım şirketinin verilerine göre mevcut sisteme verilen doğalgazın ısı değeri 9155 kcal olarak belirlenmiştir (Ek-F). Bu durumda;

$$(750 \text{ 000 kcal/h}) / (9155 \text{ kcal/ m}^3) = 80 \text{ Sm}^3/\text{h}$$

doğalgaz tasarrufu söz konusudur. Burada bulunan standart metreküp (Sm³) miktarı sayaçta okunan değerle aynı değildir. Çünkü sisteme yüksek basınçlı doğalgaz alınmakta ve birim zamanda geçen gaz miktarı artmaktadır. Fatura kayıtlarında da görüleceği gibi (Ek-F) gerçek tüketimin bulunmasına yönelik bir “ K düzeltme katsayısı” yani diğer bir deyişle basınç katsayısı çarpan olarak kullanılmalıdır. Bu durumda sayaçtan okunacak tüketim değeri;

Sm³ doğalgaz tüketimi / K düzeltme katsayısı olmaktadır. Yani;

80 Sm³/ 1.25 = 64 m³/h doğalgaz tasarruf edildiği gözlenecektir.

Diğer bir deyişle doğalgaz miktarını elektrik enerjisi birimine dönüştürürsek;

1 kWh = 860 kcal

1 m³ doğalgaz = 9155 kcal ise

(9155 kcal/m³) / (860 kcal/kWh) = 10,6 kWh/ m³ ve buradan da

64 m³/h . 10,6 kWh/ m³ = 678 kWh enerji tasarrufu söz konusudur.

Anlaşmalı olduğumuz “KarGaz Doğalgaz Dağıtım Şirketi” nin EK F ’de verilen fatura kayıtlarına göre doğalgaz fiyatı KDV hariç 0.0645 TL / kWh ‘dir. Bu durumda;

678 kWh . 0.0645 TL / kWh = 43 TL / h ve kazanların günde 8 saat çalıştığı kabulü üzerinden

Yaz dönemi net tasarruf : 4 ay . 30 gün . 8 saat . 43 TL = 41.000 TL olmaktadır.

Kış döneminde:

450 m³ su = 450 ton su = 450 000 kg

suyun sıcaklığının 1 °C arttırılabilmesi için gerekli ısı miktarı

450 000 kg . 1 kcal / kg °C . 1 °C = 450 000 kcal ’dir.

Aynı miktardaki suyun sıcaklığının 5 °C arttırılması için:

450 000 kcal . 5 = 2 250 000 kcal

ısıya ihtiyaç vardır. Bunun anlamı sistemde yapılacak iyileştirme sonucunda elde edilecek 5 °C 'lık sıcaklık düşüşü ile döneminde 2 250 000 kcal/h tasarruf sağlanmasıdır. Bu durumda;

$(2\ 250\ 000\ \text{kcal/h}) / (9155\ \text{kcal/ m}^3) = 245\ \text{Sm}^3/\text{h}$ doğalgaz tasarrufu söz konusudur.
Bu durumda sayaçtan okunacak tüketim değeri;

$245\ \text{Sm}^3 / 1.25 = 196\ \text{m}^3/\text{h}$ doğalgaz tasarruf edildiği gözlenecektir.

Diğer bir deyişle doğalgaz miktarını elektrik enerjisi birimine dönüştürürsek;
 $196\ \text{m}^3/\text{h} \cdot 10,6\ \text{kWh/ m}^3 = 2077\ \text{kWh}$ enerji tasarrufu söz konusudur.

Doğalgaz fiyatı ise;

$2077\ \text{kWh} \cdot 0.0645\ \text{TL / kWh} = 134\ \text{TL / h}$ ve kazanların günde 10 saat çalıştığı kabulü üzerinden

Kış dönemi net tasarruf : 8 ay . 30 gün . 10 saat . 134 TL = 321.000 TL olmaktadır.

Yıllık toplam tasarruf = 321.000 TL + 41.000 TL = 362.000 TL olmaktadır.

6.2.1. Eşanjör Sisteminin Kurulum Maliyeti ve Geri Ödeme Süresi

Çizelge 6.1 'de plakalı eşanjör sisteminin ana ekipmanlarının kurulum maliyetleri yer almaktadır.

Yıllık toplam tasarruf yaklaşık 362.000 TL ve sistem kurulum maliyeti de yaklaşık olarak 131.000 TL tutmaktadır. Bu durumda sistemin geri ödeme süresi 6 ay gibi kısa bir zaman almaktadır. Yapılan hesaplamalar teoriktir.

Çizelge 6.1. Plakalı eşanjör sistemi kurulum maliyeti.

MALZEME ADI	MARKA	ADET	TUTAR
Isıtma Eşanjörleri			
Plakalı ısı değiştirici M10-BFM 89 plakalı, plaka malzemesi alloy 316, conta malzemesi nbrb, bağlantı çapları 100.0mm	Alfa Laval	1	15.400 TL
Plakalı ısı değiştirici M15-MFM 68 plakalı, plaka malzemesi alloy 316, conta malzemesi nbrb, bağlantı çapları 150.0mm	Alfa Laval	1	35.400 TL
Vitotronic 200-H Tip HK3B Kontrol Paneli	Viessmann	1	3.100 TL
Sirkülasyon Pompaları			
Primer devre sirkülasyon pompası TPE 150-160/4	Grundfos	1	19.900 TL
Primer devre sirkülasyon pompası TPE 125-110/4	Grundfos	1	12.900 TL
Diğer(boru, vana, izolasyon)			20.000 TL
İşçilik ve montaj bedeli (% 25)			24.175 TL
		TOPLAM	130.875 TL

6.3. ÖNERİ VE DÜŞÜNCELER

Enerjinin kontrol altına alınması, izlenmesi, ölçülmesi her sistemin gereksinimidir. Bu bağlamda her sistem iyileştirmeye açıktır. Verimlilik artırıcı projeler ile sistemlerin optimum çalışmaları sağlanabileceği gibi aynı zamanda önemli tasarruflar elde edilebilir. Bu çalışma ile her şeyden önce sistemin suyun aşındırıcı etkilerine karşı eskiye oranla daha fazla korunması sağlanacaktır. Bu sayede kazanların ömrü uzayacaktır.

Mevcut sistemde hattın çok uzun olması nedeniyle dönüş suyu sıcaklıkları çok farklılık göstermektedir. Bu sebeple kazan rejimi sürekli olarak değişmektedir. Kazan devresinin bölünmesiyle gidiş suyu kısa bir mesafeden geri dönüş yapacağından kazanlar daha kararlı yapıda çalıştırılabilecektir. Bu aynı zamanda kazan rejiminin stabil hale gelmesi demektir. Böylece brülörlerin devreye girip

çıkımları da düzenli olacağından gaz tüketiminde düşüş gözlenebilir. Sistem veriminin artması kazanların alev borularında ve özellikle aynanın arkasında oluşan kireçtaşının bertaraf edilmesi ile sağlanacaktır. Plakalı eşanjör ile ayrılmış yeni sistemde kazanların kireç çözücü kimyasallar ile temizlenmesi ve yeniden % 100 arıtılmış su ile doldurulması durumunda verim kaybı en aza inecek ve hissedilir bir doğal gaz tasarrufu söz konusu olabilecektir. Ancak yeni oluşacak kapalı çevrim arıtma cihazından gelen pH 7 seviyesindeki su ile dolacaktır ki bu değer istenilenin altındadır (Çizelge 3.3). Bu durumda sisteme Şekil 5.5 'de gösterildiği gibi eklenecek dozaj pompaları hem sistem suyundaki korozyona neden olabilecek serbest oksijenin bertaraf edilmesi hem de kazan suyunun istenilen değer olan pH 8.5–10 aralığına çekilmesi için gerekli kimyasalları dozajlayabilecektir. Aynı zamanda bu dozaj pompaları daha korumasız olan plakalı eşanjör ile kullanıcılar arasındaki hatlarda dolaşan suyun ıslah edilmesinde de olumlu etki gösterecektir.

Yukarıda bahsedilen bu faydalar sisteme plakalı eşanjörlerin entegre edilmesi ile sağlanabilecek ve sistem rahatlayacaktır. Plakalı eşanjör sistemi kurulum maliyetinin 6 ay gibi kısa bir geri ödeme süresinde karşılanabilmesi uygulama açısından büyük avantaj oluşturmaktadır. Bu çalışma, sıcak sulu ısıtma sistemlerindeki plakalı eşanjör uygulamalarında temel olarak alınabilir.

KAYNAKLAR

1. Kardemir A.Ş., “Yenişehir merkezi ısıtma tesisinin kömürlü yakıttan doğalgaza dönüştürülmesi”, **Sürekli İyileştirme Sistemi (SİS)**, Proje No: 135, Karabük, (2010)
2. Kardemir A.Ş., “Yenişehir ısı merkezi doğalgaz kazanları baca gazı analiz raporu”, **Viessmann Teknik Servis**, Karabük (2012)
3. Kardemir A.Ş., “Yenişehir merkezi teshin kazan dairesi”, **Kardemir Arşiv**, Proje No: EP-1265, Karabük, (1982)
4. Kardemir A.Ş., “Temmuz 2010 – Haziran 2011 Yenişehir ısı merkezi fatura kayıtları”, **KarGaz Doğalgaz Dağıtım San. ve Tic. A.Ş.**, Karabük, (2011)
5. Akgül, D., “Türkiye’ de ters osmoz ve nanofiltrasyon sistemleri ile içme ve kullanma suyu üretiminin maliyet analizi”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 8-11 (2006)
6. İnternet: Artem Su Arıtım Sistemleri, “Klor Dozaj Sistemleri”, http://www.artemsu.com.tr/sayfa/hizmetlerimiz/klor_dozaj_sistemleri/index.html (2012)
7. Koçak, İ., “Ters osmoz sistemi ile sudan borun uzaklaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Konya, 10-21 (2007)
8. Naharcı, B., “Ters ozmos yöntemi ile içme suyu elde edilmesinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bursa, 44-62 (2007)
9. Kardemir A.Ş., “Arıtma suyu kimyasal analiz raporu”, **Kalite Yönetim Müdürlüğü Laboratuvarları**, Rapor No: 11/24, Karabük, (2012).
10. TS 266, “Sular – İnsani tüketim amaçlı sular”, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (2005).
11. Alarko, “Su koşullandırma”, Carrier Hava Koşullandırma Sistem Tasarımı, **Carrier Yayınları**, 2: 133- 141 (2008)
12. Enve Enerji, “Kazanlar ve Enerji Verimliliği”, **Enve Enerji Yayınları**, İstanbul, (2010)
13. VDI Direktifi 2035, “Su niteliği için referans değerler”, **Viessmann Isı Teknikleri Ticaret A.Ş.**, Kocaeli, (2006).

14. Kılıç, B., “Plakalı ısı eşanjörlerinin ısıtma ve soğutma uygulamaları için optimum çalışma şartlarının araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 4-7 (2008).
15. İnternet: MIT Endüstriyel Ürünler, “Plakalı Eşanjörlerin Çalışma Prensibi”, [http : // www.plakaliesanjor.com / 2 / plakali-esanjor-calisma-prensibi.html](http://www.plakaliesanjor.com/2/plakali-esanjor-calisma-prensibi.html) (2011).
16. Koyuncu, T., “Havalandırmada kullanılabilcek çapraz akımlı plakalı ve petekli tip ısı eşanjörlerinin tasarımı ve yapımı”, Doktora Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ, 5 (1998).
17. Danışman, C., “Plakalı eşanjör etkinlik parametrelerinin deneysel analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, 5-13 (2010)
18. İnternet: Termoline, “Lehimli Plakalı Isı Eşanjörlerinin Avantajları”, [http://www.esanjor.com.tr/lehimli_esanjor.asp?t=Lehimli Tip Plakalı Isı Eşanjörü \(CBE\)#Text17](http://www.esanjor.com.tr/lehimli_esanjor.asp?t=Lehimli_Tip_Plakali_Isi_Esanjoru_(CBE)#Text17) (2009).
19. İnternet: Demir Makina Isı ve İmalat Sanayii, “Borulu Isı Eşanjörleri”, [http : // www.demirmakina.com /DEMIR%20MAKINA%20Esanjorler.html](http://www.demirmakina.com/DEMIR%20MAKINA%20Esanjorler.html) (2012).
20. Alfa Select, “Plakalı eşanjör hesap programı v 4”, *Alfa Laval*, Kocaeli, (2012).
21. GEO Mühendislik, “Isı Değiştirgeçleri”, *GEO Mühendislik Yayınları*, İzmir, 21: 1-4 (2012).
22. Holman, J.P., “Heat Transfer 4th ed.”, *Mc Graw Hill*, New York, 495-511 (1963).

ÖZGEÇMİŞ

Murat DEMİRHAN 1979 yılında Ankara’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini müteakip Fatih Sultan Mehmet Süper Lisesi’nden mezun olduktan sonra 1997 yılında Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde okumaya başladı. 2002 yılında mezun olduktan sonra ara vermeden askere gitti. Askerlik dönüşü 2003 yılı sonunda Kardemir A.Ş. de Merkez Bakım ve Yapım Müdürlüğü’nde mühendis olarak çalışmaya başladı. Halen aynı görevde başmühendis olarak çalışmaya devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Yenişehir Mahallesi
Göktürkler Cad. 7/3
78100 KARABÜK

Tel: (370) 418 2270

E- posta: murathandemirhan@gmail.com

EK AÇIKLAMALAR A.

DOĞALGAZ KAZANLARI BACA GAZI ANALİZ RAPORU

<p>testo 330-1LL V1.21 01333375/TR</p> <p>VISSMANN ISI TEK</p> <p><i>1 Kazan</i></p> <p>KARDEMİR* Basla: 21.01.11 10:33:39</p> <p>3.7 % O2 9.89 % CO2 1.21 Lambda 0 ppm CO 92.4 % Verim 26.0 °C Ort m sıcak. mbar Cekis 185.9 °C B.Gaz sıcak. 7.6 % B.Gaz kayıp</p> <p>Yakit: Dogal Gaz O2ref.: 3.0% CO2max.: 12.0% Kazan su sıcak.: °C</p>	<p>testo 330-1LL V1.21 01333375/TR</p> <p>VISSMANN ISI TEK</p> <p><i>2 Kazan</i></p> <p>KARDEMİR* Basla: 21.01.11 11:29:02</p> <p>3.0 % O2 10.29 % CO2 1.17 Lambda 0 ppm CO 95.2 % Verim 27.8 °C Ort m sıcak. mbar Cekis 132.2 °C B.Gaz sıcak. 4.8 % B.Gaz kayıp</p> <p>Yakit: Dogal Gaz O2ref.: 3.0% CO2max.: 12.0% Kazan su sıcak.: °C</p>	<p>testo 330-1LL V1.21 01333375/TR</p> <p>VISSMANN ISI TEK</p> <p><i>3 Kazan</i></p> <p>KARDEMİR* Basla: 21.01.11 11:54:11</p> <p>3.2 % O2 10.17 % CO2 1.18 Lambda 0 ppm CO 93.2 % Verim 26.4 °C Ort m sıcak. mbar Cekis 173.6 °C B.Gaz sıcak. 6.8 % B.Gaz kayıp</p> <p>Yakit: Dogal Gaz O2ref.: 3.0% CO2max.: 12.0% Kazan su sıcak.: °C</p>
<p>testo 330-1LL V1.21 01333375/TR</p> <p>VISSMANN ISI TEK</p> <p>KARDEMİR* Basla: 21.01.11 10:50:25</p> <p>3.8 % O2 9.83 % CO2 1.22 Lambda 0 ppm CO 91.1 % Verim 26.9 °C Ort m sıcak. mbar Cekis 213.4 °C B.Gaz sıcak. 8.9 % B.Gaz kayıp</p> <p>Yakit: Dogal Gaz O2ref.: 3.0% CO2max.: 12.0% Kazan su sıcak.: °C</p>	<p>testo 330-1LL V1.21 01333375/TR</p> <p>VISSMANN ISI TEK</p> <p>KARDEMİR* Basla: 21.01.11 11:28:17</p> <p>3.0 % O2 10.29 % CO2 1.17 Lambda 0 ppm CO 94.3 % Verim 29.3 °C Ort m sıcak. mbar Cekis 152.7 °C B.Gaz sıcak. 5.7 % B.Gaz kayıp</p> <p>Yakit: Dogal Gaz O2ref.: 3.0% CO2max.: 12.0% Kazan su sıcak.: °C</p>	<p>testo 330-1LL V1.21 01333375/TR</p> <p>VISSMANN ISI TEK</p> <p>KARDEMİR* Basla: 21.01.11 11:52:33</p> <p>4.0 % O2 9.71 % CO2 1.24 Lambda 0 ppm CO 94.6 % Verim 26.2 °C Ort m sıcak. mbar Cekis 139.3 °C B.Gaz sıcak. 5.4 % B.Gaz kayıp</p> <p>Yakit: Dogal Gaz O2ref.: 3.0% CO2max.: 12.0% Kazan su sıcak.: °C</p>
<p>testo 330-1LL V1.21 01333375/TR</p> <p>VISSMANN ISI TEK</p> <p>KARDEMİR* Basla: 21.01.11 10:51:04</p> <p>3.0 % O2 10.29 % CO2 1.17 Lambda 0 ppm CO 92.6 % Verim 26.8 °C Ort m sıcak. mbar Cekis 187.7 °C B.Gaz sıcak. 7.4 % B.Gaz kayıp</p> <p>Yakit: Dogal Gaz O2ref.: 3.0% CO2max.: 12.0% Kazan su sıcak.: °C</p>	<p>testo 330-1LL V1.21 01333375/TR</p> <p>VISSMANN ISI TEK</p> <p>KARDEMİR* Basla: 21.01.11 11:27:37</p> <p>3.1 % O2 10.23 % CO2 1.17 Lambda 0 ppm CO 93.7 % Verim 29.2 °C Ort m sıcak. mbar Cekis 165.5 °C B.Gaz sıcak. 6.3 % B.Gaz kayıp</p> <p>Yakit: Dogal Gaz O2ref.: 3.0% CO2max.: 12.0% Kazan su sıcak.: °C</p>	<p>testo 330-1LL V1.21 01333375/TR</p> <p>VISSMANN ISI TEK</p> <p>KARDEMİR* Basla: 21.01.11 11:51:55</p> <p>4.1 % O2 9.66 % CO2 1.24 Lambda 0 ppm CO 95.1 % Verim 25.7 °C Ort m sıcak. mbar Cekis 126.1 °C B.Gaz sıcak. 4.9 % B.Gaz kayıp</p> <p>Yakit: Dogal Gaz O2ref.: 3.0% CO2max.: 12.0% Kazan su sıcak.: °C</p>

Şekil Ek A.1. Doğalgaz kazanları baca gazı analiz raporu.

EK AÇIKLAMALAR B.

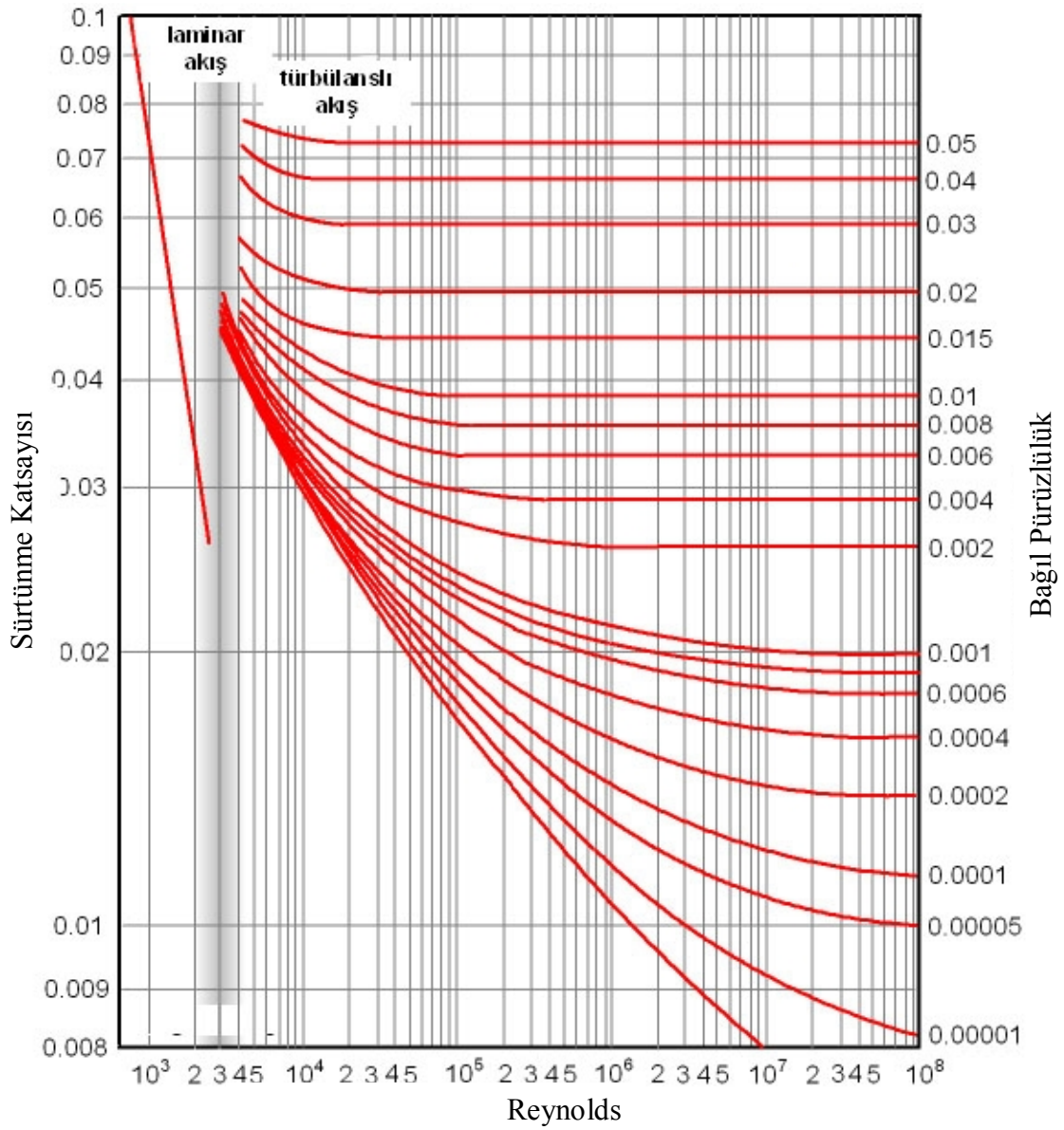
SUYUN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ

Çizelge Ek B.1. Suyun termodinamik özellikleri.

SUYUN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ [22]					
(°C)	cp, (kJ/ kg .°C)	ρ, (kg/m ³)	μ, (kg/m .s)	k, (W/m .°C)	Pr
0,00	4,225	999,80	1,79 * 10 ⁻³	0,566	13,25
4,44	4,208	999,80	1,55	0,575	11,35
10,00	4,195	999,20	1,31	0,585	9,40
15,56	4,186	998,60	1,12	0,595	7,88
21,11	4,179	997,40	9,80 * 10 ⁻⁴	0,604	6,78
26,67	4,179	995,80	8,60	0,614	5,85
32,22	4,174	994,90	7,65	0,623	5,12
37,78	4,174	993,00	6,82	0,630	4,53
43,33	4,174	990,60	6,16	0,637	4,04
48,89	4,174	988,80	5,62	0,644	3,64
54,44	4,179	985,70	5,13	0,649	3,30
60,00	4,179	983,30	4,71	0,654	3,01
65,55	4,183	980,30	4,30	0,659	2,73
71,11	4,186	977,30	4,01	0,665	2,53
76,67	4,191	973,70	3,72	0,668	2,33
82,22	4,195	970,20	3,47	0,673	2,16
87,78	4,199	966,70	3,27	0,675	2,03
93,33	4,204	963,20	3,06	0,678	1,90
104,40	4,216	955,10	2,67	0,684	1,66
115,60	4,229	946,70	2,44	0,685	1,51
126,70	4,250	937,20	2,19	0,685	1,36
137,80	4,271	928,10	1,98	0,685	1,24
148,90	4,296	918,00	1,86	0,684	1,17
176,70	4,371	890,40	1,57	0,677	1,02
204,40	4,467	859,40	1,36	0,665	1,00
232,20	4,585	825,70	1,20	0,646	0,85
260,00	4,731	785,20	1,07	0,616	0,83
287,70	5,024	735,50	9,51 * 10 ⁻⁵	-	-
315,60	5,703	678,70	8,68	-	-

EK AÇIKLAMALAR C.

MOODY DİYAGRAMI



Şekil Ek C.1. Moody diyagramı.

EK AÇIKLAMALAR D.

MALZEME CİNSLERİNE GÖRE PÜRÜZLÜLÜK KATSAYILARI

Çizelge Ek D.1. Malzeme cinslerine göre pürüzlülük katsayıları.

Malzeme Cinslerine Göre Pürüzlülük Katsayıları	
Borunun Cinsi	Pürüzlülük Katsayısı $ks \cdot 10^{-3}$
Bakır	0,001 - 0,002
PVC ve Plastik Borular	0,0015 - 0,007
Paslanmaz Çelik	0,015
Siyah Çelik	0,045 - 0,09
Galvanizli Çelik	0,15

EK AÇIKLAMALAR E.

MEVCUT DURUMDA KAZAN GİDİŞ-DÖNÜŞ SICAKLIKLARI

Çizelge Ek E.1. Kasım 2011 sıcaklık ölçümleri.

KASIM 2011 SICAKLIK ÖLÇÜMLERİ (°C)																														
GÜNLER	1		3		5		7		9		11		13		15		17		19		21		23		25		27		29	
SAATLER	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D
00:00	63	58	68	61	68	62	68	61	67	61	68	60	68	61	76	68	70	66	66	62	76	69	74	68	74	68	78	72	70	65
01:00	62	58	66	60	66	60	67	61	68	62	66	60	69	61	76	68	72	67	64	59	66	61	66	64	64	61	71	67	72	66
02:00	64	58	66	61	66	60	67	61	66	61	66	60	69	61	78	71	74	68	64	59	65	60	64	60	66	61	69	65	74	67
03:00	66	59	67	61	66	60	67	61	70	62	64	58	69	61	79	71	75	69	64	59	64	60	66	60	65	60	68	63	75	68
04:00	66	59	66	61	66	60	66	61	69	60	66	60	69	62	79	71	74	69	64	59	65	60	65	59	66	60	68	62	75	68
05:00	64	58	65	61	66	60	67	61	69	62	66	60	69	62	78	71	74	68	64	59	64	60	68	62	67	62	69	64	74	69
06:00	66	59	66	61	66	60	66	61	68	61	66	60	69	62	79	71	74	68	69	61	68	62	70	63	70	64	72	66	76	69
07:00	64	59	66	61	66	60	67	61	69	61	65	61	69	62	79	71	74	68	71	63	72	65	73	66	73	66	74	68	76	63
08:00	64	58	63	60	66	60	68	61	69	61	66	59	69	62	78	70	74	67	69	63	72	65	74	66	74	67	74	67	70	63
09:00	66	59	66	59	66	61	68	62	70	61	66	60	69	62	78	71	72	66	68	62	74	66	73	67	74	67	76	68	74	67
10:00	64	59	66	61	65	59	68	61	66	62	65	60	69	62	78	71	69	65	66	62	74	66	67	63	74	67	74	68	70	67
11:00	66	59	66	61	66	60	68	61	64	62	65	59	68	62	74	68	69	63	64	61	74	66	68	63	68	66	75	69	70	65
12:00	66	59	66	60	65	60	67	61	65	62	66	59	68	61	76	68	68	63	63	58	64	62	64	63	70	66	74	69	70	66
13:00	69	61	66	60	65	60	67	61	66	62	66	59	69	62	76	68	68	63	63	57	64	59	63	60	66	61	76	70	70	65
14:00	69	62	66	60	65	60	68	61	66	62	66	59	69	61	74	67	64	61	63	57	62	58	60	57	65	60	75	69	68	64
15:00	65	59	66	60	66	60	68	61	66	62	66	59	68	61	70	67	66	60	64	57	55	53	62	56	64	59	75	69	68	63
16:00	64	60	66	59	67	61	68	62	60	53	66	60	68	61	70	68	65	60	62	57	58	54	60	56	64	60	75	70	68	63
17:00	66	60	66	59	66	61	67	62	60	53	67	59	68	62	70	68	68	61	68	61	58	54	64	58	66	60	75	70	68	63
18:00	68	61	65	60	67	61	68	62	66	59	67	60	68	61	74	68	70	63	66	61	64	58	66	61	71	65	75	70	72	65
19:00	66	61	66	60	66	61	68	62	69	60	66	59	68	62	74	68	72	65	66	61	68	60	67	61	71	66	74	69	75	68
20:00	64	60	66	60	66	60	66	61	69	61	66	60	68	61	74	68	72	66	68	62	68	62	66	62	74	67	75	70	76	69
21:00	66	61	66	60	67	61	67	61	69	61	66	60	71	63	74	68	72	65	70	63	69	64	69	63	76	68	76	71	78	71
22:00	68	62	66	62	66	61	67	61	69	60	66	60	72	63	74	68	70	65	68	63	73	66	73	66	76	69	76	71	78	72
23:00	66	61	66	62	66	61	67	61	66	61	72	63	72	65	74	68	70	65	68	62	74	67	74	68	78	71	78	72	78	72

Çizelge Ek E.2. Aralık 2011 sıcaklık ölçümleri.

ARALIK 2011 SICAKLIK ÖLÇÜMLERİ (°C)																																
GÜNLER	1		3		5		7		9		11		13		15		17		19		21		23		25		27		29		31	
SAATLER	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D
00:00	78	71	76	70	78	71	74	66	76	69	76	69	70	65	70	72	71	68	68	63	68	63	67	61	76	70	75	68	78	70	72	71
01:00	78	71	77	71	79	71	70	66	70	65	76	69	68	64	62	73	73	61	62	58	64	58	64	60	68	61	73	67	78	70	73	73
02:00	78	71	76	70	80	72	70	66	64	62	74	68	65	62	63	73	73	61	63	58	62	57	64	59	66	60	72	68	78	70	73	73
03:00	78	71	76	70	80	72	70	66	68	62	74	68	64	60	63	73	73	61	62	56	62	56	64	59	68	61	72	68	78	70	73	73
04:00	78	71	77	71	80	73	69	65	68	63	73	68	66	61	63	74	75	61	62	57	62	57	64	59	68	61	72	65	78	71	74	75
05:00	78	72	78	72	80	73	68	64	72	65	73	68	68	63	62	73	73	61	64	57	62	57	64	59	70	61	74	67	78	71	73	73
06:00	78	72	78	72	80	73	68	63	73	67	76	70	71	65	70	73	72	64	65	58	62	57	65	59	70	63	76	68	79	71	73	72
07:00	78	72	78	72	80	73	68	62	74	68	78	70	72	66	72	72	70	66	68	60	65	58	69	61	75	63	78	69	79	71	72	70
08:00	78	72	78	72	80	73	66	62	75	67	78	70	74	66	73	72	70	67	69	61	66	58	67	61	75	67	78	70	79	71	72	70
09:00	79	72	78	71	80	73	66	62	74	68	76	70	70	66	72	70	69	66	66	62	64	59	68	62	78	70	78	70	76	71	70	69
10:00	78	71	76	70	80	74	62	60	72	67	76	70	70	66	71	71	71	65	66	62	65	59	67	61	77	70	74	68	76	70	71	71
11:00	76	70	76	68	80	74	62	59	70	67	74	68	70	66	70	70	69	65	65	62	65	59	65	60	76	70	72	67	75	68	70	69
12:00	72	68	70	64	72	70	62	58	70	66	73	68	72	66	68	66	65	65	67	63	66	59	64	58	72	66	70	66	72	65	66	65
13:00	70	66	70	64	68	64	62	59	70	65	72	66	66	61	67	65	64	62	68	62	66	59	62	58	64	60	70	65	70	65	65	64
14:00	68	63	68	63	70	62	62	59	70	65	72	66	66	61	66	66	66	62	66	62	64	59	62	58	69	62	65	61	70	63	66	66
15:00	66	61	65	61	66	61	62	59	70	64	72	66	66	61	66	71	72	61	66	62	62	58	62	58	72	64	66	61	75	66	71	72
16:00	69	62	64	62	66	62	64	60	70	63	72	65	69	61	66	74	77	62	69	63	64	59	65	58	74	66	62	59	76	67	74	77
17:00	72	64	70	63	72	63	64	59	70	63	74	66	65	61	67	71	73	63	66	62	66	59	68	60	74	66	64	59	74	66	71	73
18:00	74	66	72	65	73	65	66	61	70	63	74	67	69	62	70	69	68	63	68	62	64	59	64	60	74	67	72	63	75	67	69	68
19:00	74	66	74	67	75	67	68	62	71	64	74	65	68	62	74	69	68	64	68	62	65	59	64	59	74	68	74	66	76	68	69	68
20:00	76	68	76	68	74	68	68	63	72	65	75	66	68	63	74	69	68	64	69	63	68	61	64	60	75	68	76	67	76	69	69	68
21:00	76	70	76	69	76	70	70	64	74	67	76	68	72	65	75	70	68	65	70	64	66	62	64	60	76	70	76	68	77	69	70	68
22:00	77	71	77	70	77	70	70	65	74	67	74	68	73	66	76	70	68	65	70	65	68	62	64	59	78	71	77	69	78	69	70	68
23:00	78	72	78	71	78	71	71	65	76	68	74	68	72	65	76	70	68	65	68	63	70	63	64	60	75	69	78	70	78	70	70	68

Çizelge Ek E.3. Ocak 2012 sıcaklık ölçümleri.

OCAK 2012 SICAKLIK ÖLÇÜMLERİ (°C)																																
GÜNLER	1		3		5		7		9		11		13		15		17		19		21		23		25		27		29		31	
SAATLER	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D
00:00	74	66	77	70	75	68	72	65	65	63	80	72	76	69	76	69	74	67	80	71	74	67	75	68	70	63	68	62	79	71	80	71
01:00	72	66	78	71	76	68	70	64	64	61	76	70	74	68	72	67	72	66	80	71	74	66	74	66	70	64	65	60	76	70	80	71
02:00	70	65	77	70	78	69	66	61	64	60	74	69	73	67	72	65	70	65	80	71	72	64	74	67	70	64	65	60	72	68	80	71
03:00	72	65	78	70	78	71	65	60	64	60	74	69	71	66	71	65	70	64	80	71	74	66	73	67	71	64	64	60	70	66	80	72
04:00	72	66	78	71	78	71	64	60	65	60	74	69	71	66	71	64	69	63	80	71	76	67	74	68	70	64	64	59	70	64	80	72
05:00	72	66	79	72	78	71	64	60	64	60	76	70	70	66	74	67	70	65	80	71	78	68	76	68	70	64	65	59	72	65	80	72
06:00	73	66	80	72	78	71	64	60	67	62	77	70	73	67	76	68	74	68	80	72	78	68	78	70	72	65	66	60	74	68	80	72
07:00	74	67	80	73	78	71	66	61	70	64	78	71	75	68	78	69	78	71	80	72	78	68	80	72	72	65	68	61	79	71	80	72
08:00	70	64	80	73	79	72	66	61	71	65	76	70	75	68	78	70	79	71	80	72	79	68	80	71	70	65	68	60	79	72	80	72
09:00	74	67	80	73	78	72	68	60	69	63	76	70	76	69	78	70	79	71	80	72	79	71	74	68	72	65	67	59	76	71	80	72
10:00	74	67	74	68	79	71	68	60	70	63	73	67	76	68	74	69	79	71	80	70	75	67	70	65	66	61	66	59	72	68	80	72
11:00	72	65	72	67	79	71	68	60	70	63	71	65	69	64	68	64	78	71	80	72	75	68	69	63	66	60	64	60	68	63	80	72
12:00	72	64	72	66	70	67	65	60	67	63	70	64	72	64	70	65	76	69	80	72	75	67	68	63	64	59	64	58	72	63	80	72
13:00	68	64	68	64	68	64	65	61	68	62	72	64	68	60	74	67	74	66	80	72	76	67	66	62	64	59	65	60	70	63	80	72
14:00	74	66	67	61	70	63	65	60	68	62	70	64	67	60	74	67	71	65	80	72	76	68	68	62	64	59	66	60	70	63	80	71
15:00	74	66	66	60	68	63	65	59	68	62	72	66	64	59	72	66	70	64	80	72	77	69	65	60	64	58	68	61	70	64	80	71
16:00	74	67	66	60	70	64	66	60	64	61	68	65	63	58	72	66	72	65	80	72	77	68	65	60	64	59	68	61	72	65	80	72
17:00	72	66	66	60	70	64	68	60	70	62	72	65	68	60	71	66	76	66	80	71	77	69	66	60	68	61	72	62	74	66	80	72
18:00	72	66	72	65	72	65	64	60	70	64	72	65	71	62	73	67	77	68	80	71	76	69	68	62	67	61	71	62	76	68	80	72
19:00	72	66	74	66	73	66	66	60	70	64	72	66	72	64	75	68	78	69	80	71	76	68	70	62	68	61	72	64	76	68	80	72
20:00	72	66	75	67	73	66	68	60	72	65	72	66	75	67	76	69	78	70	80	71	75	68	68	61	68	61	74	67	76	68	80	72
21:00	72	66	75	68	72	66	66	60	74	67	74	68	76	68	77	70	78	71	80	71	75	68	68	61	68	62	76	68	76	68	80	72
22:00	72	66	76	68	74	67	66	61	76	69	76	69	78	69	78	71	79	71	80	72	76	68	70	62	68	62	76	69	78	71	80	72
23:00	72	66	76	68	76	68	66	61	76	70	76	70	78	70	78	71	79	70	80	72	76	68	70	63	68	62	76	69	78	71	80	72

Çizelge Ek E.4. Şubat 2012 sıcaklık ölçümleri.

ŞUBAT 2012 SICAKLIK ÖLÇÜMLERİ (°C)																														
GÜNLER	1		3		5		7		9		11		13		15		17		19		21		23		25		27		29	
SAATLER	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D
00:00	80	71	80	72	75	67	76	70	78	71	78	69	78	72	73	67	61	58	78	71	77	69	77	70	78	71	74	67	79	72
01:00	80	72	80	72	78	70	74	69	79	72	79	70	76	71	75	68	69	61	78	71	77	70	77	70	76	70	73	67	79	72
02:00	80	72	80	72	78	70	72	67	79	72	80	71	74	69	73	67	71	65	79	71	78	71	77	70	74	68	72	66	76	69
03:00	80	71	80	71	80	71	71	66	80	72	80	71	74	69	72	66	70	65	79	72	78	71	78	71	72	67	72	66	76	69
04:00	80	71	80	71	80	72	70	66	80	72	80	71	73	69	72	66	69	64	79	72	78	72	78	71	72	66	71	66	78	69
05:00	80	72	80	72	80	72	70	66	80	72	80	71	76	70	70	65	73	65	79	72	79	72	78	71	74	67	71	66	78	70
06:00	80	72	80	72	80	73	73	68	80	72	80	71	76	71	70	66	76	67	80	72	79	72	79	72	76	69	75	68	78	70
07:00	80	72	80	72	80	73	76	70	80	72	80	71	78	71	74	67	77	69	80	72	79	72	79	72	78	71	77	68	80	71
08:00	80	72	80	72	80	73	75	69	80	71	80	72	78	71	75	68	78	69	80	72	79	72	79	72	80	72	74	68	80	72
09:00	80	72	80	72	76	70	76	68	80	71	78	71	78	71	71	67	78	70	80	72	80	71	80	72	70	68	72	66	80	72
10:00	80	72	80	72	74	68	74	67	80	71	75	69	78	72	72	65	76	67	80	69	79	71	72	68	70	68	72	66	80	72
11:00	80	72	80	72	72	68	74	66	80	72	73	67	74	70	74	67	72	65	78	67	74	68	72	66	70	65	71	65	75	69
12:00	80	72	75	66	68	64	70	64	80	72	70	64	72	66	68	64	74	65	78	69	72	66	72	64	68	64	73	66	72	66
13:00	80	72	74	65	66	61	71	65	80	72	68	62	70	64	72	65	74	65	78	69	71	65	73	64	68	63	75	73	73	65
14:00	79	71	74	67	67	61	71	66	80	71	66	62	68	62	72	67	75	67	69	65	72	66	70	64	68	62	70	68	74	67
15:00	79	71	73	66	66	61	73	66	80	72	64	60	68	62	70	65	76	67	72	65	68	64	72	65	68	62	72	64	76	68
16:00	80	71	72	66	66	61	74	66	80	71	64	60	66	61	72	65	74	67	71	65	71	64	74	67	66	61	70	62	77	69
17:00	80	72	70	64	68	61	74	66	80	71	66	59	66	60	72	65	74	67	71	65	72	68	70	65	70	63	68	62	77	70
18:00	80	72	73	66	68	62	75	67	80	71	68	61	68	61	71	65	74	67	73	66	70	64	72	65	74	66	70	64	78	70
19:00	80	71	75	67	71	64	76	69	80	71	66	60	70	63	70	65	75	68	74	67	72	66	74	66	76	67	72	65	78	70
20:00	80	72	76	69	72	65	76	70	80	71	64	59	72	66	68	65	76	69	75	68	74	67	75	67	76	69	74	67	78	71
21:00	80	72	76	69	73	66	76	70	80	71	64	58	73	66	70	66	76	70	76	68	76	68	76	69	77	70	76	69	78	71
22:00	80	72	76	69	74	67	76	70	80	71	58	0	74	68	71	67	78	70	76	69	77	69	77	70	78	71	76	70	78	71
23:00	80	72	76	69	76	68	76	70	80	71	64	58	76	70	70	66	78	70	77	69	76	69	77	70	78	71	76	70	79	72

Çizelge Ek E.5. Mart 2012 sıcaklık ölçümleri.


MART 2012 SICAKLIK ÖLÇÜMLERİ (°C)																																
GÜNLER	1		3		5		7		9		11		13		15		17		19		21		23		25		27		29		31	
SAATLER	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D
00:00	78	71	79	70	78	71	77	70	76	68	78	70	70	63	70	64	74	69	72	62	68	58	63	54	64	55	64	55	68	58	66	57
01:00	79	71	72	68	78	71	76	70	73	67	72	67	70	63	69	64	73	68	70	62	66	58	63	54	64	55	64	55	70	59	66	57
02:00	80	71	70	65	79	71	74	69	72	66	71	65	69	63	68	63	74	69	70	61	66	58	63	54	64	55	64	55	70	59	66	57
03:00	80	71	72	65	79	71	72	68	72	65	72	65	69	63	68	64	74	68	71	62	66	58	63	54	65	55	64	55	68	59	66	57
04:00	80	72	72	65	79	71	74	68	72	65	72	65	70	64	69	64	75	68	70	62	66	58	64	55	65	55	64	55	68	59	66	57
05:00	80	72	71	65	79	71	76	69	73	65	74	66	72	64	71	65	77	69	72	63	66	58	64	55	65	56	64	55	70	58	66	57
06:00	80	72	72	65	79	72	76	69	74	66	76	67	72	65	72	65	77	70	74	65	70	60	64	55	65	56	65	56	70	58	66	57
07:00	80	72	72	65	80	72	77	69	75	67	77	68	72	65	72	65	78	72	76	65	72	62	64	55	66	57	65	56	70	58	66	57
08:00	80	72	72	65	80	71	77	69	77	69	78	69	72	66	74	66	79	73	74	64	68	62	64	54	65	56	65	54	68	57	66	56
09:00	80	72	74	67	73	68	72	67	72	67	75	67	70	65	72	65	79	70	73	62	66	58	64	54	65	56	65	55	69	56	65	57
10:00	80	72	70	65	68	63	70	65	70	65	72	66	72	65	70	64	78	68	67	59	66	57	64	54	65	56	65	55	69	59	65	57
11:00	80	72	70	64	66	60	72	65	72	65	72	66	68	64	73	65	76	66	67	59	66	57	64	54	65	55	65	55	69	59	65	57
12:00	80	72	74	66	65	60	71	65	69	63	70	65	69	64	72	64	74	65	67	59	66	57	64	54	65	56	65	55	68	59	64	56
13:00	80	72	72	65	64	59	70	64	68	63	72	66	70	64	73	64	72	64	66	58	66	57	64	55	65	56	65	55	67	59	64	56
14:00	80	72	72	65	67	59	68	63	68	63	74	66	68	62	73	64	70	61	66	58	66	57	64	55	65	56	65	55	67	59	64	56
15:00	80	72	73	66	70	62	67	62	68	63	74	67	70	62	70	64	74	64	66	58	66	58	64	55	65	56	65	55	62	52	64	56
16:00	80	72	74	66	72	63	67	61	70	62	74	67	68	63	70	64	74	65	66	57	66	58	64	55	65	56	64	55	62	53	64	56
17:00	80	72	76	67	74	66	66	60	69	62	72	66	69	63	72	64	72	69	66	58	66	58	64	55	65	56	64	55	62	53	64	55
18:00	80	72	76	68	75	67	66	60	68	63	71	65	68	63	74	65	73	70	66	58	66	58	64	55	65	56	64	55	62	54	64	56
19:00	80	72	77	69	75	67	65	59	68	63	74	65	68	62	74	66	70	67	66	58	66	58	64	55	65	56	64	55	64	55	64	56
20:00	80	72	78	70	73	67	64	58	68	64	75	67	69	63	76	67	73	70	66	58	66	58	64	55	65	56	64	55	64	54	64	56
21:00	80	72	78	71	76	68	64	58	70	63	74	67	71	64	76	68	74	71	66	58	66	58	64	56	65	56	64	55	64	55	64	56
22:00	80	72	78	71	78	69	66	59	70	63	72	66	73	65	78	69	76	70	65	58	66	59	64	56	65	56	65	56	64	55	64	56
23:00	80	72	78	71	78	70	68	60	69	63	72	65	73	66	76	69	72	70	66	58	66	58	64	56	65	56	65	56	64	55	64	56

Çizelge Ek E.6. Nisan 2012 sıcaklık ölçümleri.

NİSAN 2012 SICAKLIK ÖLÇÜMLERİ (°C)																														
GÜNLER	1		3		5		7		9		11		13		15		17		19		21		23		25		27		29	
SAATLER	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D
00:00	64	56	64	55	63	54	61	52	56	50	56	46	48	44	46	41	50	43	48	42	46	41	46	40	44	40	44	42	43	41
01:00	64	56	64	55	58	53	55	51	56	50	56	47	48	43	46	41	50	44	46	42	47	41	46	39	44	40	44	42	43	41
02:00	64	56	64	55	56	52	53	49	56	50	56	47	48	43	46	41	50	44	45	41	47	41	46	39	44	40	44	42	43	41
03:00	64	56	64	55	54	50	53	49	56	50	56	47	48	43	46	41	50	44	44	41	47	41	46	39	44	40	44	42	43	41
04:00	64	56	64	55	53	49	52	48	56	50	56	47	48	44	46	41	50	44	44	41	47	41	46	39	44	40	44	43	43	41
05:00	64	56	64	55	52	48	51	48	56	50	56	48	48	43	46	41	51	45	44	41	48	41	46	39	44	40	44	43	43	41
06:00	64	56	64	55	56	49	56	49	56	50	56	48	48	43	46	41	51	45	45	41	48	41	46	39	44	40	44	43	43	41
07:00	64	56	64	54	61	51	59	50	56	50	56	48	48	43	46	41	51	45	47	41	48	41	46	39	44	40	44	43	43	41
08:00	64	56	64	54	60	51	59	51	56	49	56	46	48	43	46	41	52	45	48	42	48	41	44	39	44	40	44	42	43	41
09:00	64	56	64	54	63	54	62	53	55	49	56	46	48	43	47	41	50	45	48	42	48	41	44	39	44	40	44	43	43	41
10:00	64	56	64	54	64	55	62	54	51	47	56	46	48	43	46	41	50	44	48	42	48	41	44	39	44	40	44	42	43	41
11:00	64	56	64	55	64	55	64	55	52	46	54	46	48	43	46	41	48	43	48	42	48	41	44	39	40	38	39	39	43	41
12:00	64	56	64	54	64	56	64	55	50	45	54	46	47	42	46	41	48	43	48	42	48	41	44	39	38	37	36	36	43	41
13:00	59	54	64	54	65	56	64	56	50	44	54	46	47	42	46	41	47	43	48	42	48	41	44	39	35	34	36	35	43	41
14:00	56	52	60	54	60	54	62	55	49	44	56	47	46	42	46	41	46	42	48	42	46	41	44	39	34	33	34	33	43	41
15:00	53	49	59	54	56	52	62	55	49	43	56	47	46	42	46	41	45	41	48	42	45	41	44	39	36	32	32	32	43	41
16:00	54	50	58	54	54	50	62	54	48	43	56	46	46	42	46	41	45	41	48	42	46	40	44	39	38	34	42	38	37	36
17:00	58	52	54	49	52	48	62	54	48	43	55	47	45	41	46	41	45	41	46	41	46	40	44	39	47	39	46	43	38	37
18:00	60	53	56	49	52	48	59	53	48	43	55	47	46	41	46	41	46	42	46	41	46	40	44	39	44	39	47	43	40	39
19:00	61	54	58	50	51	47	58	53	48	43	56	46	46	41	46	41	46	42	46	41	46	40	44	39	44	39	44	43	42	40
20:00	62	54	60	52	56	48	58	53	48	42	56	47	46	41	46	41	46	42	46	41	46	40	44	39	44	39	44	42	43	41
21:00	62	54	61	53	58	50	58	53	46	42	56	47	46	41	46	41	46	42	45	40	46	40	44	39	45	40	43	42	43	41
22:00	63	55	61	53	60	51	58	53	46	42	56	47	46	41	46	41	46	42	45	40	46	40	44	39	46	41	43	42	43	41
23:00	64	55	63	54	62	53	59	50	46	41	56	47	46	41	46	41	46	42	45	40	46	40	44	39	46	41	44	42	44	42

EK AÇIKLAMALAR F.

DOĞALGAZ FATURASI

KARDEMİR KARABÜK DEMİR ÇELİK SAN. VE TİC. A.Ş Karabük Mahallesi Fabrika sahası Mali İşler Müdürlüğü KARABÜK V.D 5050055358		 KarGaz Doğalgaz Dağıtım Sanayi ve Ticaret A.Ş. Fatura Tarihi 31.05.2012 Fatura Seri-No C-283908			
ABONE NO	SAYAÇ NO:75096753 G602004-999	SAYAÇ NO:75086365 G602004-998	SAYAÇ NO:75086371 G602004-997	SAYAÇ NO:00459388 A601920-999	
Korrektör İlik Okuma = 30.04.2012	0 Sm3	0 Sm3	0 Sm3	0 Sm3	0 Sm3
Korrektör Son Okuma = 31.05.2012	0 Sm3	0 Sm3	0 Sm3	0 Sm3	0 Sm3
Korrektör de Ölçülen Gaz =	0 Sm3	0 Sm3	0 Sm3	0 Sm3	0 Sm3
Korrektörde Ölçülemeyen Gaz =	0 Sm3	0 Sm3	0 Sm3	0 Sm3	0 Sm3
Türbinmetre İlik Okuma = 30.04.2012	300.849 m3	974.400 m3	941.313 m3	28.885 m3	28.885 m3
Türbinmetre Son Okuma = 31.05.2012	325.382 m3	975.069 m3	941.313 m3	28.885 m3	28.885 m3
K Düzeltme Katsayısı =	1,2584900	1,2584900	1,2584900	1,2584900	1,2584900
Türbinmetre de Ölçülen Gaz =	31.128,23 Sm3	841,93 Sm3	0,00 Sm3	0,00 Sm3	0,00 Sm3
TOPLAM ÇEKİŞLER	31.128,23 Sm3	841,93 Sm3	0,00 Sm3	0,00 Sm3	0,00 Sm3
A.O.B.E =	9.144,33	9.147,29	9.155,00	9.155,00	9.155,00
DÜZELTİLMİŞ SM3	31.089,95290 Sm3	841,220960 Sm3	0,00000 Sm3	0,00000 Sm3	0,00000 Sm3
AZAMI ÇEKİŞ MİKTARI =					
ASGARİ ALIM MİKTARI =					
TOPLAM SATILAN GAZ MİKTARI =	31.988,16 Sm3				
TOPLAM SATILAN GAZ MİKTARI =	31.931,17 Sm3 (9.155 e Baz)				
TOPLAM SATILAN GAZ MİKTARI =	339.748 kWh				
A.O.B.E =	9.144,41				
Ort. Kur. 1 USD =	1,7855 TL				
DOĞAL GAZ FİYATI =	0,06452707 TL / kWh				
TOPLAM DOĞAL GAZ BEDELİ =	21.922,92 TL				
FATURA TUTARI =	21.922,92 TL	Gecikme Bedeli 0,00 TL	% 18 KDV	3.946,13 TL	
FATURA TOPLAM TUTARI =	25.869,05 TL				
Doğal gaz kullanım bedelinin ödeneceği banka :					
Halk Bankası Çorum Şubesi IBAN NO : TR73 0001 2009 3120 0010 2603 18					
Not: Bu evrak bilgi amaçlıdır; Resmi evrak yerine geçmez. Son ödeme Tarihi: 15 Haziran 2012 Cuma					

Şekil Ek F.1. Doğalgaz faturası.