

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

**BİR TERMİK SANTRALDEKİ KONDENSER  
OPTİMİZASYONU  
VE  
AKIŞ ANALİZİ**

**GÖKHAN ÖZDAMAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
ENERJİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN  
PROF. DR. RECEP ÖZTÜRK**

**İSTANBUL, 2011**

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

**BİR TERMİK SANTRALDEKİ KONDENSER  
OPTİMİZASYONU  
VE  
AKIŞ ANALİZİ**

**GÖKHAN ÖZDAMAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
ENERJİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN  
PROF. DR. RECEP ÖZTÜRK**

**İSTANBUL, 2011**

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

**BİR TERMİK SANTRALDEKİ KONDENERİN**  
**OPTİMİZASYONU**  
**VE**  
**AKIŞ ANALİZİ**

Gökhan ÖZDAMAR tarafından hazırlanan tez çalışması 11/07/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Prof. Dr. Recep ÖZTÜRK  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Recep ÖZTÜRK

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Aydoğan ÖZDAMAR

\_\_\_\_\_

Doç. Dr. Hasan Hüseyin ERDEM.....

\_\_\_\_\_

## ÖNSÖZ

---

Bir Termik Santraldeki Kondenserin Optimizasyonu ve Akış Analizi, adlı bu çalışma yedi bölüm halinde düzenlenmiştir.

Birinci bölümde literatür araştırması ve tezde yapılanlara değilmiş olup, çalışma hakkında bilgi verilmiştir.

İkinci Bölümde, termik santralin bir şematik gösterimi yapılmış olup, meydana gelen sürecin termodinamik bilimi açısından anlatımı yapılmıştır. Takip eden bölümlerde analizin formülleri verilmiş olup özellikle dördüncü bölümde prosesin analitik izahı gösterilip, akış analizi yapılmıştır.

Bu çalışmada, bana yol gösteren, bilgi ve tecrübesiyle yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Prof.Dr.Recep ÖZTÜRK'e teşekkürü bir borç bilirim.

Bu süreçte, her türlü desteği gösteren babam Prof.Dr. Ertuğrul ÖZDAMAR'a sabırlarından dolayı annem Melek ÖZDAMAR ve manevi desteklerini her zaman hissettiğim kardeşlerim, Uzm.Dr.Melih ÖZDAMAR, Çağrı ÖZDAMAR'a sonsuz teşekkür ederken, amcam Prof.Dr.Aydoğan ÖZDAMAR'a da eğitimimin her alanında her zaman, tecrübe ve bilgisiyle sunduğu yardımlarından dolayı teşekkür ediyorum.

Mayıs 2011

Gökhan ÖZDAMAR

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
SİMGE LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ .....	x
ÖZET .....	xi
ABSTRACT.....	xii
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	1
1.3 Hipotez.....	2
BÖLÜM 2 .....	4
TERMİK SANTRALLER .....	4
BÖLÜM 3 .....	6
KONDENSER .....	6
3.1 Kondensasyon Hakkında Genel Bilgiler.....	6
3.2 Kondenser Tipleri .....	9
3.2.1 Hava Soğutmalı Kondenser Tipleri.....	9
3.2.1.1 Hava Soğutmalı Bir Kondenserin Çeşitli Parçalarının Konstrüksiyonu .....	10
3.2.1.2 Kondenser Kapasitesini Etkileyen Dizayn Faktörleri .....	13
3.2.1.3 Çevre Sıcaklığının Hava Soğutmalı Kondenser Kapasitesi Üzerindeki Etkisi.....	14
3.2.1.4 Basınç Emniyet Cihazları.....	16
3.2.1.5 Hava Soğutmalı Kondenserlerin Balansı İçin Uygulanan Teknikler .....	17
3.2.1.6 Hava Soğutmalı Kondenserlerin Periyodik Bakımı .....	17
3.2.2 Su Soğutmalı Kondenser Tipleri.....	18
3.2.2.1 Su Soğutmalı Kondenserlerin Kullanıldığı Çeşitli Su Sistemi Tipleri .....	22
3.2.2.2 Su Soğutmalı Kondenserlerle Kullanılan Çeşitli Aksesuarlar .....	22

3.2.2.3 Çeşitli Su Soğutmalı Kondenserlerin Balansı İçin Uygulanan Yöntemler.....	24
3.3 Bir Kondensasyon Devresinin Çalışması .....	24
BÖLÜM 4 .....	26
YÖNTEM .....	26
4.1 Termodinamik Analiz .....	26
4.2 Kondenser Isı Transfer Alanının Hesabı .....	27
4.3 Etkenlik-NTU Yöntemi ile Isı Transfer Alanının Bulunması .....	28
4.4 Kondenser Soğutma Suyu Pompası .....	35
4.5 Net Güç .....	36
BÖLÜM 5 .....	37
MALİYET ANALİZİ .....	37
BÖLÜM 6 .....	38
VARSAYIMLAR .....	38
BÖLÜM 7 .....	40
SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....	40
KAYNAKLAR .....	55
EK-A .....	57
TABLolar .....	57
EK-B .....	61
GRAFİKLER .....	61
EK-C .....	82
PROGRAM ÇIKTILARI.....	82
ÖZGEÇMİŞ .....	118

## SİMGE LİSTESİ

---

$\alpha$	Yüzeysel film katsayısı
$A_{NTU}$	Soğutma suyu için gerekli alan (m <sup>2</sup> )
$A_{toplam}$	Toplam Kondenser Yüzey alanı (m <sup>2</sup> )
$c_{psu}$	Suyun özgül ısısı (kJ/kg °C)
$C_r$	Kapasite debilerinin oranı
$C_{min}$	msu.cpsu
$d_d$	Kondenser boru dış çapı (m)
$d_i$	Kondenser boru iç çapı (m)
$\varepsilon$	Etkenlik
$\varphi$	Soğutma suyu kirlenme faktörü
$h$	Entalpi (kJ/kg)
$h_{buhar}$	Buharın ısı transfer katsayısı (kJ/kg)
$h_{su}$	Suyun ısı taşınım katsayısı, (alfa_su), (kJ/kg)
$k_{boru}$	Boru malzemesi ısı transfer katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
$L$	Kondenser boru uzunluğu (m)
$m_b$	Buharın debisi (kg/s)
$m=m_{ss}$	Spesifik soğutma suyu miktarı
$m_{su}$	Soğutma suyunun debisi (kg/s)
$n_{adet}$	Kondenser boru sayısı
$Ne$	Türbinde üretilen güç (kW)

$N_p$	Kondenser soğutmasuyu pompasının gücü
NTU	Transfer birim sayısı
$P_3$	Türbin girişindeki buhar basıncı (bar)
$p_a$	Mutlak basınç (bar)
$P_d$	Hava basıncı (bar)
$P_i$	Buhar basıncı (iç) (bar)
$P_o$	Kondenser basıncı (bar)
$q$	Gerçek ısı geçişi (kW)
$Q_b$	Kondenserde buharı yoğuşturmak için gerekli ısı miktarı (kW)
$q_{max}$	Maksimum ısı geçişi (kW)
$R$	Teorik değer ile, hesaplanan değer arasındaki bağıl oran
$\rho$	tort deki suyun yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )
SS	Efektif özgül buhar sarfiyatı (kg/kWh)
$T_3$	Türbin girişindeki buhar sıcaklığı ( ° C)
$t_ç$	Soğutma suyunun kondensere çıkış sıcaklığı ( ° C)
$t_g$	Soğutma suyunun kondensere giriş sıcaklığı ( ° C)
$t_{ort}$	Soğutma suyunun ortalama sıcaklığı ( ° C)
$v_{su}$	Soğutma suyunun boru içerisindeki akış hızı
$\delta$	Boru et kalınlığı
$h_{buhar}$	Buharın ısı taşınım transfer katsayısı
$K_{TEORİK}$	Kondenser için teorik ısı transfer katsayısı
$K_{HESAP}$	Kondenser için hesaplanan ısı transfer katsayısı
$T_{hi}$	Buharın kondensere giriş sıcaklığı ( ° C)
$T_{ci}$	Soğutma suyunun kondensere giriş sıcaklığı ( ° C)
$T_{co}$	Soğutma suyunun kondensere çıkış sıcaklığı ( ° C)
$T_{ho}$	Buharın kondensere çıkış sıcaklığı ( ° C)
$\mu_{su}$	Ortalama sıcaklıktaki suyun dinamik viskozitesi
$\eta_e$	Efektif verim
$\eta_i$	Türbin verimi
$\eta_m$	Mekanik verim
$\eta_p$	Kazan besleme suyu pompası verimi

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Buhar Türbinli Santralin Tesis Şeması.....	4
Şekil 2.2 Rankine Çevriminin (H-S) ve (T-S) Diyagramları .....	5
Şekil 3.1 Su Soğutmalı Kondenserin Şematik Gösterimi .....	6
Şekil 3.2 Açık Döngülü Sistemler İçin Kondenser Akış Şeması.....	7
Şekil 3.3 Kapalı Döngülü Sistemler İçin Kondenser Akış Şeması.....	8
Şekil 3.4 Kuru Tip Sistemdeki Kondenser .....	8
Şekil 3.5 Doğal Hava Soğutmalı (Statik) Kondenseler .....	10
Şekil 3.6 Dikey Hava Soğutmalı Kondenser .....	12
Şekil 3.7 Yatay Tip Hava Soğutmalı Kondenser .....	12
Şekil 3.8 Yatay Hava Soğutmalı Kondenser .....	12
Şekil 3.9 Pleyt Tipi Cebri Soğutmalı Kondenser.....	12
Şekil 3.10 Lamelli Cebri Soğutmalı Kondenser .....	13
Şekil 3.11 Çıplak Boru Tipi Cebri Soğutmalı Kondenser .....	13
Şekil 3.12 Yaylı Emniyet Cihazları .....	16
Şekil 3.13 Karşı Akışlı İç İçe Borulu Sulu Kondenser .....	18
Şekil 3.14 Kangal İç İçe Borulu Sulu Kondenser.....	18
Şekil 3.15 Düz İç İçe Borulu Kondenser .....	20
Şekil 3.16 Kangal Borulu Kondenser .....	20
Şekil 3.17 Yatay Kovan Borulu Sulu Kondenser .....	21
Şekil 3.18 Dikey Kovan Borulu Sulu Kondenser .....	22
Şekil 3.19 Su Soğutmalı Kondenser İçin Su Regülatör Valfi.....	23
Şekil 3.20 Tipik Bir Pislik Tutucu .....	24
Şekil 7.1 Boru Adeti, Kondenser Basıncı Eğrisi .....	42
Şekil 7.2 Kondenser Alanı, Kondenser Basıncı Eğrisi .....	43
Şekil 7.3 Türbin Gücü, Kondenser Basıncı Eğrisi.....	44
Şekil 7.4 Boru Boyu, Kondenser Basıncı Eğrisi.....	45
Şekil 7.5 Khesap, Kondenser Basıncı Eğrisi .....	46
Şekil 7.6 Pompa Gücü, Kondenser Basıncı Eğrisi.....	47
Şekil 7.7 $Msu$ Kondenser Basıncı Eğrisi .....	48
Şekil 7.8 Maliyet, Kondenser Basıncı Eğrisi .....	49
Şekil 7.9 Net Güç, Kondenser Basıncı Eğrisi.....	50
Şekil 7.10 Net Güç, Kondenser Maliyeti Eğrisi .....	51
Şekil 7.11 Su Taşınım Katsayısı, Khesap Eğrisi .....	52
Şekil 7.12 Su Akış Hızı Su Isı Taşınım Katsayısı Eğrisi.....	53
Şekil 7.13 Su Akış Hızı Khesap Eğrisi .....	54
Şekil EK.B 1 Basınç-Alan Değişimi.....	62

Şekil EK.B 2 Basınç-Boru Boyu Değişimi.....	62
Şekil EK.B 3 Basınç-Türbin Gücü Değişimi.....	63
Şekil EK.B 4 Basınç-Pompa Gücü Değişimi.....	63
Şekil EK.B 5 Basınç-Kondanser Maliyeti Değişimi .....	63
Şekil EK.B 6 Pompa Gücü-Soğutma Suyu Debi Değişimi .....	64
Şekil EK.B 7 Pompa Gücü-Soğutma Suyu Debi Değişimi .....	64
Şekil EK.B 8 Basınç-Net Güç Değişimi.....	64
Şekil EK.B 9 Basınç-Alan Değişimi.....	65
Şekil EK.B 10 Basınç-Boru Boyu Değişimi.....	66
Şekil EK.B 11 Basınç-Boru Adeti Değişimi .....	66
Şekil EK.B 12 Basınç-Türbin Gücü Değişimi.....	66
Şekil EK.B 13 Basınç-Pompa Gücü Değişimi.....	67
Şekil EK.B 14 Basınç-Maliyet Değişimi .....	67
Şekil EK.B 15 Pompa Gücü-Soğutma Suyu Debi Değişimi .....	67
Şekil EK.B 16 Basınç-Net Güç Değişimi.....	68
Şekil EK.B 17 Toplam Isı Transfer Katsayısı-Soğutma Suyu Isı Taşınım Katsayısı Değişimi.....	68
Şekil EK.B 18 Basınç-Alan Değişimi.....	69
Şekil EK.B 19 Basınç-Boru Adedi Değişimi.....	70
Şekil EK.B 20 Basınç-Toplam Isı Transfer Katsayısı Değişimi .....	70
Şekil EK.B 21 Basınç-Türbin Gücü Değişimi.....	70
Şekil EK.B 22 Basınç-Pompa Gücü Değişimi.....	71
Şekil EK.B 23 Basınç-Kondanser Maliyeti Değişimi .....	71
Şekil EK.B 24 Basınç-Spesifik Soğutma Suyu Miktarı Değişimi.....	71
Şekil EK.B 25 Pompa Gücü-Soğutma Suyu Debisi Değişimi.....	72
Şekil EK.B 26 Basınç-Net Güç Değişimi.....	72
Şekil EK.B 27 Toplam Isı Transfer Katsayısı-Soğutma Suyu Isı Taşınım Katsayısı Değişimi.....	72
Şekil EK.B 28 Basınç-Alan Değişimi.....	74
Şekil EK.B 29 Basınç-Boru Boyu Değişimi.....	74
Şekil EK.B 30 Basınç-Pompa Gücü Değişimi.....	74
Şekil EK.B 31 Basınç-Toplam Isı Transfer Katsayısı Değişimi .....	75
Şekil EK.B 32 Basınç-Türbin Gücü Değişimi.....	75
Şekil EK.B 33 Basınç-Kondanser Maliyeti Değişimi .....	75
Şekil EK.B 34 Pompa Gücü-Soğutma Suyu Debisi Değişimi.....	76
Şekil EK.B 35 Pompa Gücü-Türbin Gücü Değişimi.....	76
Şekil.EK.B 36 Basınç-Alan Değişimi.....	76
Şekil EK.B 37 Basınç-Boru Boyu Değişimi.....	78
Şekil EK.B 38 Basınç- Toplam Isı Transfer Katsayısı Değişimi .....	78
Şekil EK.B 39 Basınç-Türbin Gücü Değişimi.....	79
Şekil EK.B 40 Basınç- Kondanser Maliyeti Değişimi .....	79
Şekil EK.B 41 Pompa Gücü- Soğutma Suyu Debi Değişimi .....	79
Şekil EK.B 42 Basınç-Net Güç.....	80
Şekil EK.B 43 Toplam Isı Transfer Katsayısı-Soğutma Suyu Isı Taşınım Katsayısı Değişimi.....	80
Şekil EK.B 44 Basınç-Boru Adeti Değişimi .....	80
Şekil EK.B 45 Basınç-Pompa Gücü Değişimi.....	81
Şekil EK.B 46 Pompa Gücü- Türbin Gücü Değişimi.....	81

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Yoğunlaşma sıcaklıkları ile yoğunlaştırma ara maddeleri .....	15
Çizelge 4.1 Standart kondenser boru uzunlukları .....	31
Çizelge 4.2 Boru ısı iletim katsayısı değerleri .....	34
Çizelge 7.1 Boru adedi-basınç değişimi çizelgesi .....	41
Çizelge 7.2 Kondenser alanı-basınç değişimi çizelgesi .....	42
Çizelge 7.3 Türbin gücü-basınç değişimi çizelgesi .....	43
Çizelge 7.4 Boru boyu-kondenser basıncı değişimi çizelgesi .....	44
Çizelge 7.5 Toplam Isı Transfer Katsayısının Basınç ile Değişimi .....	45
Çizelge 7.6 Pompa gücünün basınç ile değişimi çizelgesi .....	46
Çizelge 7.7 Soğutma suyu debisinin basınç ile değişimi çizelgesi .....	47
Çizelge 7.8 Kondenser maliyetinin basınç ile değişimi çizelgesi .....	48
Çizelge 7.9 Net güç-basınç değişimi çizelgesi .....	49
Çizelge 7.10 Net güç-maliyet değişimi çizelgesi .....	50
Çizelge 7.11 Suyun Isı Taşınım Katsayısı ile Toplam Isı Transfer Katsayısının Değişimi çizelgesi .....	51
Çizelge 7.12 Suyun Isı Taşınım Katsayısı ile Soğutma Suyu hızı Etkileşimi çizelgesi .	52
Çizelge 7.12 Soğutma Suyu Hızı ile Toplam Isı Transfer Katsayısının Değişimi çizelgesi .....	53
EK.A.Çizelge 1 Doymuş su-Sıcaklık Tablosu .....	57
EK.A.Çizelge 2 Doymuş Su-Basınç Tablosu .....	58
EK.A.Çizelge 3 Kızgın Su Buharı Tablosu .....	59
EK.B Çizelge 1 60 bar, 400 0C, buhar debisi 40 kg /s verisinde çalışan santralin kondenseri .....	61
EK.B Çizelge 2 60 bar, 400 0C, N=5 MW verisinde çalışan santralin kondenseri için alınan veriler .....	65
EK.B Çizelge 3 60 bar, 400 0C, N=100 MW verisinde çalışan santralin kondenseri için alınan veriler .....	69
EK.B Çizelge 4 100 bar, 400 0C, N=5 MW verisinde çalışan santralin kondenseri için alınan veriler .....	73
EK.B Çizelge 5 60 bar, 500 0C, N=5 MW verisinde çalışan santralin kondenseri için alınan veriler .....	77

## ÖZET

# BİR TERMİK SANTRALDEKİ KONDENSERİN OPTİMİZASYONU ve AKIŞ ANALİZİ

Gökhan Özdamar

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Recep ÖZTÜRK

Türkiye'de elektrik enerjisi üretimi, 2010 yılı EÜAŞ verilerine, göre %53,2 oranında termik santraller kanalıyla sağlanmaktadır. Açıkça, ülkemiz için termik santraller, enerji üretiminde önemli bir yer tutmaktadır. Termik santrallerin verimliliğinde kondensatörlerin etkisi de gözardı edilmemelidir. Bu da kondansatörlerin verimliliğinin optimizasyonu problemini öne çıkarmaktadır.

Bu çalışmada, rankine çevrimini esas alarak, 60 ile 100 bar arasında değişen basınçlarda ve 400 °C ile 500 °C arasındaki sıcaklıklarda türbine giren buharın, 0,02 bar ile 0.1 bar arasında genişmesini sağlayan bir kondenser için optimizasyon ve buna bağlı olarak akış analizi yapılmıştır. 0,1 bar'dan 0,02 bar'a 0,01 bar azalma ile kondenser alanının değişimi hesaplanmıştır. Kondenser basıncı azaldıkça, kondenser alanının arttığı ve buna bağlı olarak da soğutma suyu pompa gücünün değiştiği gözlenmiştir. Bu sonucun ise enerji üretim maliyetine etkisi ele alınmıştır.

Bu sistemlerin çevresel etkileri ve maliyet hesaplamalarına da kısaca değinilmiştir. Hesaplamalarda MAPLE-13 programı ve çizimlerde de office programı kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Rankine çevrimi, buhar, kondenser, termik santral

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

## ABSTRACT

---

### OPTIMIZATION OF A THERMAL POWER PLANT'S CONDENSER AND FLOW ANALYSIS

Gökhan Özdamar

Department of Mechanical Engineering  
MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Recep ÖZTÜRK

In Turkey, 53.2 percentage of the production of electrical energy is supplied by thermal power plants, the data provided by EUAS, 2010. Clearly, for our country, thermal power plants plays an important role in energy production. The effect of condensators in the efficiency of thermal power plants should not be ignored. This, highlights the problem of optimizing the efficiency of the condensators.

In this study, based on Rankine cycle, the steam, from steam turbine, ranging from 60 to 100 bar pressure and temperatures between 400 °C and 500 °C which is converted into a condenser, the steam is condensed while the pressure of the condenser changes between 0.1 bar and 0.02 bar, is optimized and consequently, the flow analysis was conducted. Change of rate of condenser area, relative to the condenser pressure between 0.1 bar and 0.02 bar in 0.01 bar length intervals are calculated. It is concluded that the area of condenser increases and accordingly the cooling water pump power changes when the pressure of the condenser decreases. This result is discussed in the impact of energy production costs.

Environmental impacts and cost calculations of these systems are also briefly mentioned. In this study, MAPLE-13 program for the calculations and MS-office for drawings are used when they are necessary.

**Keywords:** Rankine cycle, steam, condenser, thermal power plant.

---

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE

#### 1.1 Literatür Özeti

KAKAÇ, 1981 yılında BERGLES ve MAYINGER ile birlikte yayınladığı ‘Heat Exchangers’ adlı eserinde [1], efektif etkili ısı transfer katsayısının hesabı için, ısı değıştircisinde gerçek ısı geçişinin olabilecek en yüksek ısı geçişine oranını  $\varepsilon$  etkenlik olarak tanımlayarak, kondensasyon hesabı için başarılı bir yöntem geliştirmişlerdir. Öztürk [2], etkenlik geçiş birimi sayısı metodunu kullanmış ve evaporatör esaslı bir çalışma ortaya koymuştur. Genceli [3] kitabında, ısı değıştirciler hakkında Sadık KAKAÇ’ın notlarından faydalanmış ve ‘Isı Değıştircileri’ adında bir eser sunmuştur. KUNDAKÇIOĞLU [4], 2001 yılında, ÖZTÜRK yönetiminde hazırladığı ‘Termik Santrallerde Kondenser Optimizasyonu’ adlı Yüksek Lisans Tezinde, 50 bar ve 400 °C için kondenser alanını bulmak maksadıyla hesaplamaları LTMD metodu ile yapmış olup, MATLAB paket programından faydalanmıştır.

#### 1.2 Tezin Amacı

Enerji, uzun yıllardan beri insan oğlunun çok önemli bir ihtiyacı haline gelmiş ve teknolojinin hayata girmesiyle birlikte de artarak önem kazanmıştır. Bu ihtiyaç, çok çeşitli yöntemlerle karşılanmaya çalışılmakta ve daha çok eski sistemlerin iyileştirilmesi yönüne gidilmektedir. Tahmin edilebileceği gibi, verim kavramı, yani eski sistem ile yeni sistem arasında tercih sebebi önemsenererek çok ileri düzeyde iyileştirmeler yapılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Enerjiyi ucuza ve kaliteli şekilde üretmek, bu üretimden verimli bir şekilde yararlanmak amaçtır. İyi uygulanırsa, tasarımların her biri beklenen

sonucu verir; ancak çoğu durumda uygulanacak tasarım projelerinin seçimi, ekonomik kısıt ve seçeneklerin elverişliliği ölçüsünde mümkündür.

Modern santrallerde, enerji kaynağı olarak kömür, doğalgaz gibi yakıtlar kullanılır. Termik santral bileşenlerinden olan kazanda, yüksek basınç ve sıcaklıkta buhar üretilir. Daha sonra, buhar, bir mile bağlı buhar türbininde genişler. Genişleyen buhar, kondenserde yoğunlaştırılarak, sıvı hale gelir ve kazana geri döner. Türbin veriminin artışı, buharın türbinden çıkış basıncı ve buharın sıcaklığı ile ters orantılıdır. Santralde bu prensip gereği, buharın basıncının düştüğü eleman, kondenserdir. Kondenserin performansı, ne kadar yüksek ise, santralin verimi o kadar yüksek olacaktır ve kondenserin performansı da ısı transferinin iyi gerçekleşmesine bağlıdır. Enerji santrallerinde; kuruluş maliyeti, işletme maliyeti ve yakıt maliyetini dikkate alan birim enerji maliyeti için optimal çözüm aranmaktadır.

Bu çalışmada; Rankine Çevrimi esas alınarak, 60 ile 100 barlık türbine giriş basınçlarında, 400 °C, 450 °C ve 500 °C türbin giriş sıcaklıklarında, 0.02 ile 0.1 bar arasında değişen kondenser basınçlarında çalışan termik santralin kondenserinin optimizasyonu ve buna bağlı olarak, bu belirtilen durumlar için, akış analizi yapılmıştır. 0,02 bar'dan 0,1 bar'a kadar 0,01 barlık değişim ile kondenser alanının değişimi hesaplanmıştır. Ayrıca, kondenser maliyeti, türbin gücü, pompa gücü, soğutma suyu hızı, alan gibi parametrelerin etkileşimi ele alınmıştır. Bu modelleme, gücü 5 MW ve 100 MW arasında değişen değerleri alan türbin güçleri için tekrarlanmış ve buna ek olarak, buharın kütleli debisi 40 kg/s kabulü ile tekrar 60 bar 400 °C şartlarındaki kondenser incelenmiştir. Bütün bu haller için, bilgisayar programı MAPLE kullanılmış ve elde edilen veriler, bu program aracılığıyla değerlendirilmiştir. Hesapları yapılan santraller için termodinamik ve akış analizleri, çalışma içinde belirtilen kabullere ve formüllere göre gerçekleştirilmiştir.

### **1.3 Hipotez**

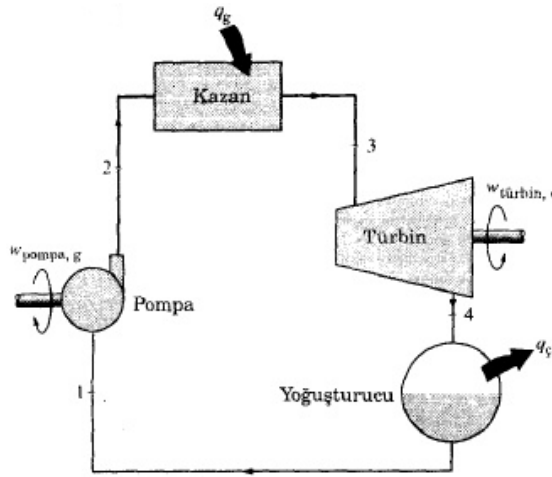
Kondenser basıncı azaldıkça, kondenser alanı ve buna bağlı olarak kondenser maliyeti artarken, net güç de artacaktır. Maliyet arttıkça net gücün de artması nedeniyle, bu iki

parametre birbirinin zıttıdır. Optimum kondenser basınç değeri de bu nedenle, sistem özelliklerine bağlı olarak belli basınç aralığında olacaktır.

## BÖLÜM 2

### TERMİK SANTRALLER

Şekil 2.1’de, bir santral şeması verilmiştir. Bu şemaya göre çalışan santral, Rankine Çevrimini esas almaktadır.



Şekil 2.1 Buhar türbinli santralin tesis şeması [5].

Şemadaki gösterim, aşağıdaki şekilde simgelenmiştir:

1-2 arasında, kazan besleme suyu pompasında akışkan, kazan basıncına basılır.

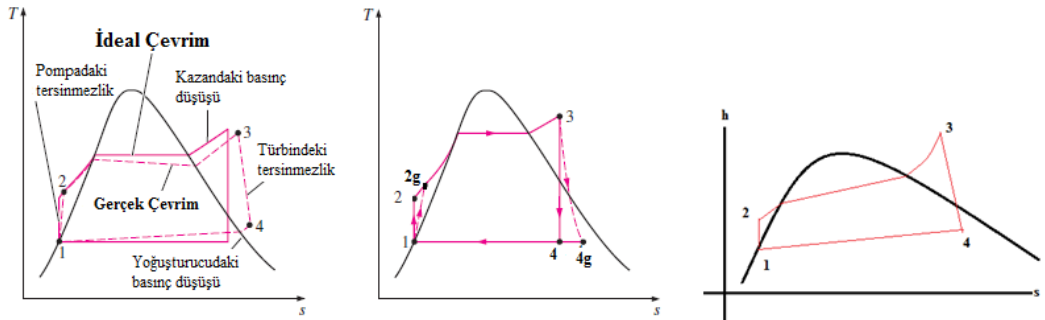
2-3 arasında, buhar kazanında, sabit basınçta buharlaştırma yani kızdırma meydana gelmektedir.

3-4 türbine giren buhar, izantropik şekilde genişler.

4-1 yoğuşturucudan, sabit basınçta, ısı atılır.

Enerji üretim santrallerinde, kazanda yakıt olarak kömür, doğalgaz ya da petrol kullanılarak, yüksek basınç ve sıcaklıkta buhar üretilir. Buhar, faydalı iş alınması için

generatöre bağılı olan türbinde genişler. Türbin, bir mile bağlanmış çok sayıda kanattan oluşur ve buhar, bu kanatlar arasından geçerken mili döndürür. Kısaca buhar için, elektrik üreten bir elektromagnetik generatörü kumanda eden bir türbini döndüren, basınç oluşturan iş akışkanıdır diyebiliriz. Mil, aynı zamanda, generatöre de bağılıdır. Buhar, kondenserde yoğunlaştırılarak sıvı haline gelir ve kazana döner. Buhar türbinli santrallerde, fazla miktarda soğutma suyu kullanılır. Yoğuşturulacak buhar için gereken suyun büyük kısmı nehirlerden, göllerden ya da denizlerden sağlanır. Bu sebeple, uygulamada tüm buhar türbinli santraller, geniş su kaynaklarının yakınlarında inşa edilir. Eğer yakınlarda herhangi bir su kaynağı yoksa, soğutma kuleleri kurulur. Soğutma kuleleri, türbinde genişleyen buharın suya dönüştürüldüğü ve kazana geri gönderildiği yapılardır [6].



Şekil 2.2 Rankine çevriminin h-s - ve T-s diyagramları [7].

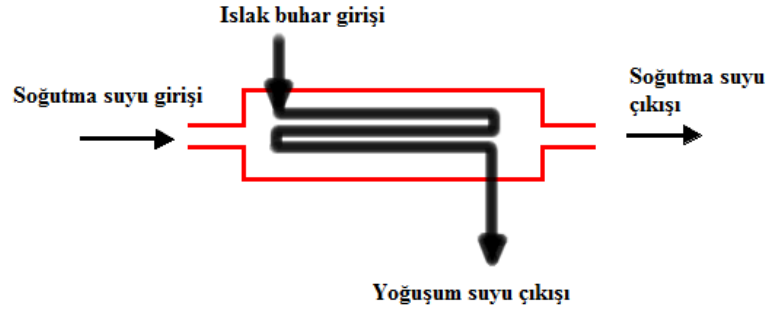
Rankine Çevrimine göre çalışan, ön ısıtmasız tesisin akım şeması Şekil 2.1'de ve bu tesise ait çevrimin, h-s ve T-s diyagramları ise Şekil 2.2'de sembolize edilmiştir [7],[4].

## BÖLÜM 3

### KONDENSER

#### 3.1 Kondensasyon Hakkında Genel Bilgiler

Kondenserler ve soğutma sistemleri buhar türbininden atılan buharın soğutulması ile ilgili elemanlar olup, santralden ısı atılımını sağlarlar.



Şekil 3.1 Su soğutmalı kondenserin şematik gösterimi [8].

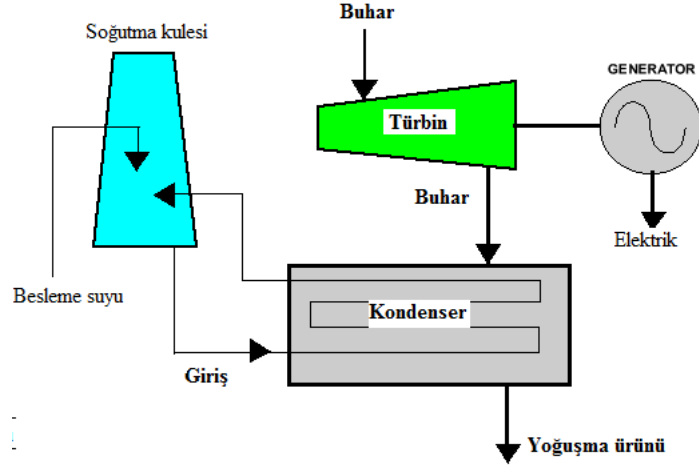
$N_e$ , türbin gücünü göstermek üzere;

$$N_e = m_b \cdot \Delta h_t \cdot \eta_e \quad (3.1)$$

Burada buhar debisini  $m_b$ , entalpi farkını ve  $\eta_e$  efektif verimi göstermektedir.

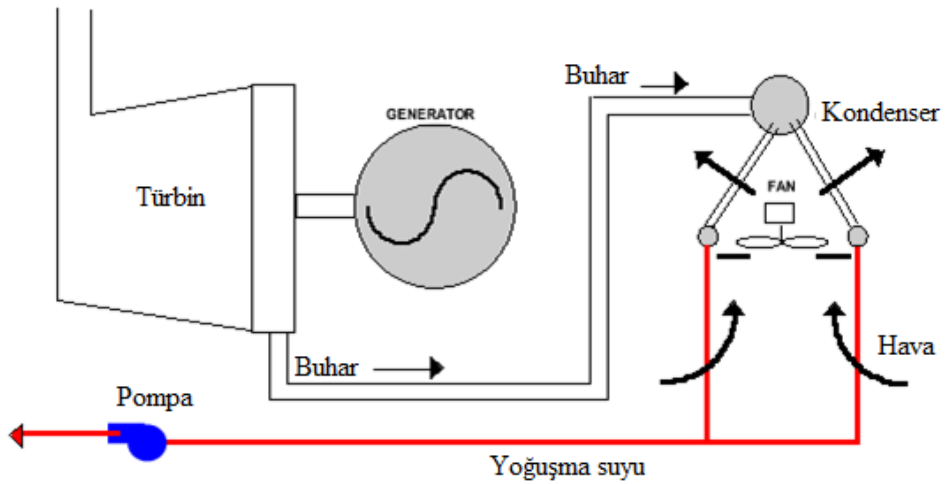
Buhar türbininin verimini ve türbinde üretilen gücü maksimize etmek için buharın türbinden çıkış basıncı ve sıcaklığı mümkün olduğu kadar düşük olmalıdır. Eşitlik (3.1)'de görüldüğü gibi basıncın düşürülmesi ile türbinde üretilen güç artmaktadır. Çünkü, türbin giriş ve çıkış entalpileri arasındaki fark, kondenser basıncı düşürüldükçe





Şekil 3.3 Kapalı döngülü sistemler için kondenser akış şeması [8].

Türbin tesislerinde kullanılan kondenserler, genellikle *yüzey tip kondenserlerdir*. Bu gibi ısı değıştircilerinde, yoğuşan buharla, soğutma suyu birbirine karıştırılmadıklarından, elde edilen yoğuşum suyunu, kazan besleme suyu olarak kullanmak mümkündür. Bununla, avantaj olarak, yüksek vakum elde edilir, yoğuşum suyunun ısısından yararlanılmış olur. Karışım tip kondenserlerde, soğutucu akışkan ve buharın birbirine karışmasından dolayı türbin tesislerinde fazlaca tercih edilmez, hatta kullanılmaz. Bu tarz kondenserlerde, soğutma suyu, buharla direkt temas halinde olacak şekilde, kondenserin içine dağıtılır. Karışım tipi kondenserler, kuru tip soğutma kuleleri kullanılan yerlerde uygulama alanına sahiptir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Kuru tip sistem kondenser akış şeması [8].

Kondenserden çıkan suyun bir kısmı, kuru tip soğutma kulesine gönderilerek soğutulur ve tekrar soğutma suyu olarak kullanılır, besleme suyu tankına alınabilir. Yoğuşumun geri kalanı, ayrıca pompalanarak besleme suyu çevrimine girer [9].

Kondensasyon (yoğuşturma), buhar enerjisini en yüksek düzeyde kullanma, yani buhardan en yüksek oranda faydalanma imkanı sağlamaktadır. Bu avantaj, Mollier Diyagramı üzerinde de oldukça belirgin bir biçimde görülmektedir.

Gücün ifade edilmiş olduğu birime göre, efektif özgül buhar sarfıyatı;

$$SS = \frac{3600}{\eta_e \cdot \Delta h_t} \quad (3.3)$$

denklemleri ile ifade edildiğinde, buhar basıncının düşmesi (veya vakumun yükselmesi) buhar sarfıyatının azalmasına neden olacaktır; ya da aynı miktarda buharla, daha fazla iş görmek mümkün olacaktır. Bu nedenle, türbinden çıkan buharın enerjisinden yararlanılmadığı durumlarda, kondensasyon tesisi kurmak iyidir ve bir mühendisin tercih etmesi gereken çözümdür [4].

## 3.2 Kondenser Tipleri

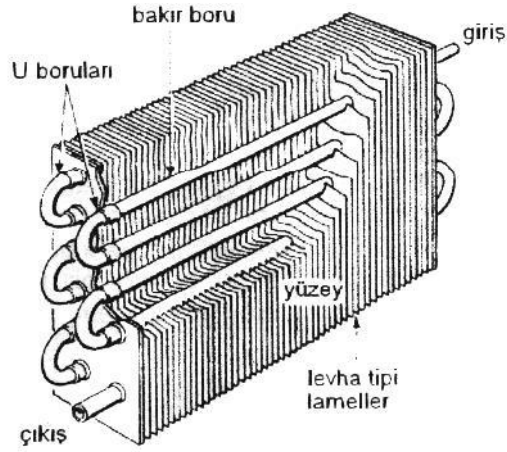
Kondenserler, hava soğutmalı ve su soğutmalı olarak ele alınabilirler. Termik santrallerde, soğutucu akışkan olarak su kullanıldığı için, bu çalışmada su soğutmalı kondenserler esas alınmıştır.

### 3.2.1 Hava Soğutmalı Kondenser Tipleri

Hava soğutmalı kondenserler; doğal çekişli ve cebri havalı tipler olarak, iki kısma ayrılır. Bu konuda ana kaynak olarak [10] numaralı kaynaktan faydalanılmıştır. Doğal çekişli tiplerde, kondenser yüzeylerinden ısı transferi, doğal konveksiyon ile yapılır. Cebri havalı kondenser yüzeyleri üzerine, kanatlı veya santrifüj fanlar yardımıyla, kuvvetlice üflenir ve ısı transfer kapasitesi, yüzeysel film katsayısı  $\alpha$ 'nın cebri etkiyle büyümesiyle artar. Aynı kapasitedeki doğal çekişli ve cebri havalı kondenserlerde, doğal çekişli kondenser yüzeyi daha büyük olmalıdır. Bununla beraber, doğal çekişli kondenserler sadece ev soğutucuları gibi küçük kapasiteli uygulamalarda kullanılır (Şekil 3.5).

Cebri soğutmalı kondenserler, monte edilmiş veya ayırık haldedirler. Oda içine ve dış ortamlar için çok farklı dizaynlar uygulanabilir. Montajlı hava soğutmalı kondenserler, kompresör, sıvı deposu ve çeşitli kontrol elemanları ile birlikte bulunurlar. Tüm tertip şekillerine, *yoğunlaştırıcı ünite*, adı verilir. Cebri hava soğutmalı kondenserler, 10 ton veya daha az kapasiteli paket soğutma sistemlerinde, içerik soğutucularında ve split iklimlendirme sistemlerinde kullanılır. İklimlendirme ünitelerinde ise bina dışına (temel veya çatıya), soğutma ünitelerinde ise bina içine yerleştirilir.

Artık hava soğutmalı kondenserler 10 tonun üzerinde ve 125 tona kadar kapasiteli soğutma sistemlerinde kullanılır (Sistem 125 tonun üzerine çıktığında iki veya daha fazla kondenser gereklidir.). Dikey ve yatay tip hava soğutmalı kondenserler kullanılabilir (Şekil 3.6, Şekil 3.7). Bina içine veya dışına yerleştirilebilir.



Şekil 3.5 Doğal hava soğutmalı (statik) kondenserler

### 3.2.1.1 Hava Soğutmalı Bir Kondenserin Çeşitli Parçalarının Konstrüksiyonu

Bir hava soğutmalı kondenser, içinden soğutucu akışkanın geçtiği, metalik bir boru kangalıdır. Genellikle borulara, ısı transfer yüzeyini arttırmak için, pleyt tipi kanatçıklar (lameller) bağlanır. Böylelikle hava soğutmalı kondenserler, daha çok hava soğutmalı evaporatörlere benzerler.

Kondenser boruları, bakır, alüminyum veya çelikten yapılır. Boyutları, kondenserin boyutlarına bağlı olarak dış çapları  $\frac{1}{4}$  inç'ten  $\frac{3}{4}$  inç'e kadar hatta 1 inç'e değişebilir. Bu çalışmada, bu kısım için tablodan alınan standartlar kullanılmış olup bu değerler içinde kalınmıştır. Bakır borular en yaygın olanlardır, çünkü bakır mükemmel bir ısı transfer kabiliyetine sahiptir, korozyona karşı önlem gerektirmez. Boru ve kangalların şekil

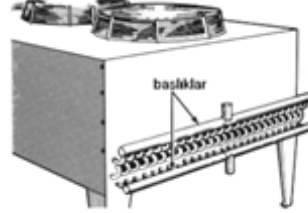
değiştirmesi kolaydır. Buna rağmen, çelik ve alüminyum borular amonyaklı sistemlerde kullanılmaktadır. Çünkü amonyak bakır ile kimyasal reaksiyona girmektedir. Çelik boruların bir dezavantajı da, korozyonu önlemek maksadıyla boya işleme tabi tutulmalarıdır.

Bir tek sıralı boru, en büyük ısı transfer verimini sağlar. Çünkü her borunun etrafından kolayca hava akışı olmaktadır. Hava ile soğutucu akışkan buharı arasındaki sıcaklık farkı, her boru dizisinde azalmaktadır. Böylece her dizide, verim düşmektedir. Buna rağmen tek dizili (sıralı) kondenserler, çok sıralı kondensere göre daha fazla yer kaplar. Böylelikle tek sıralı kondenserlerin kullanım alanları, yeterli alana izin veren, küçük iklimlendirme ve soğutma sistemlerinde, ev tipi soğutucularda, vb. sınırlı kalmıştır. Daha büyük sistemlerde, daha sık (kompakt) kondenserler kullanılır (Küçük bir yüzeye çeşitli boru dizilerinin derinlemesine yığılması). Şekil 3.5'deki kondenser her ne kadar sadece iki sıraya sahipse de, altı sıraya kadar çıkabilenleri mevcuttur. Bazı kondenserler, yedi ve sekiz sıraya sahiptir. Sekiz sıradan fazla sıra kullanılması verimli olmamaktadır. Çünkü sekiz sıradan fazla sırada, havanın ısı absorbe etme etkisi azalmaktadır.

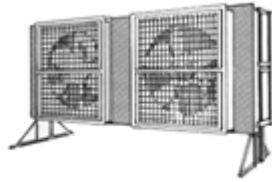
Hava soğutmalı kondensere çoğu kez boruların hava ile temasını arttırıcı lameller bağlanır. (Şekil 3.5) Bu, kondenserin havaya olan ısı transfer miktarını, arttırmaktadır. Lameller genellikle, hafif olduğu için alüminyumdan yapılır, fakat bakır ve çelik lamellerin kullanıldığı görülmektedir. Kanat sıklığı seviyesi, her parmak için 4 ila 30 lamel arasındadır. Endüstriyel ve ticari kondenserlerde bu seviye, her parmakta 8/16 lamel kadardır.

Büyük hava soğutmalı kondenserlerde “başlık” adı verilen iki veya daha fazla geniş boruya, kondenser boruları, paralel bağlanır (Şekil 3.6). Girişteki besleyici başlık, paralel devrelerle sıcak durumdaki, soğutucu buharını karıştırır. Dönüş başlığı, bütün sıvılaşmış soğutucu akışkanı toplar. Bu tertip şeklinde, her devrede bir miktar yoğunlaşma olur ve yoğunlaşmış akışkan, tek devreli kondenser gibi çabuk dolmaz. Bu uygulama ile her devre, daha geniş bir yüzey verir ve paralel devreler daha geniş verim sağlar.

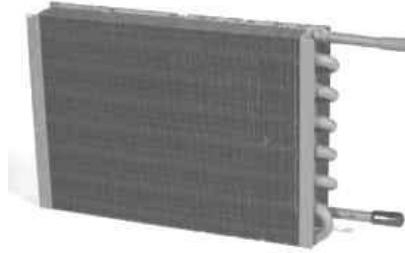
Bazı hava soğutmalı kondenserler, sistem kapasitesini arttıran, ayrı bir aşırı soğutma ünitesine sahiptirler. Genel olarak her 1°K'lik aşırı soğutma, sistem kapasitesini % 0.5 kadar artırır. Aşırı soğutma devresi çoğunlukla ana kondenser yuvasının içine yerleştirilir. Bununla birlikte sıvı soğutucu kondenserden ilk olarak, sıvı deposuna oradan bir akış kontrol cihazı yoluyla aşırı soğutma devresine gelir.



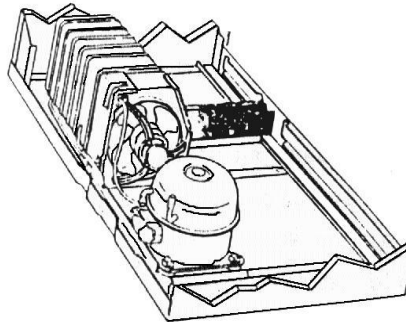
Şekil 3.6 Dikey hava soğutmalı kondenser



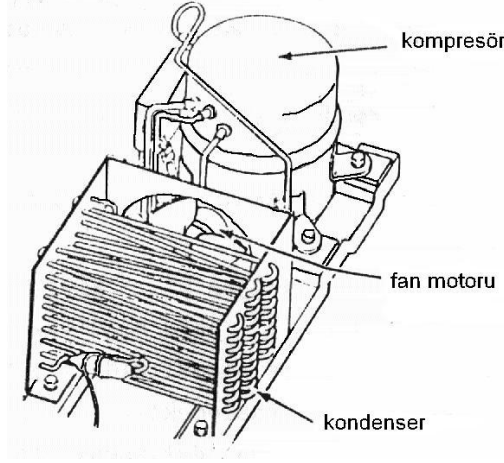
Şeki 3.7 Yatay tip hava soğutmalı kondenser



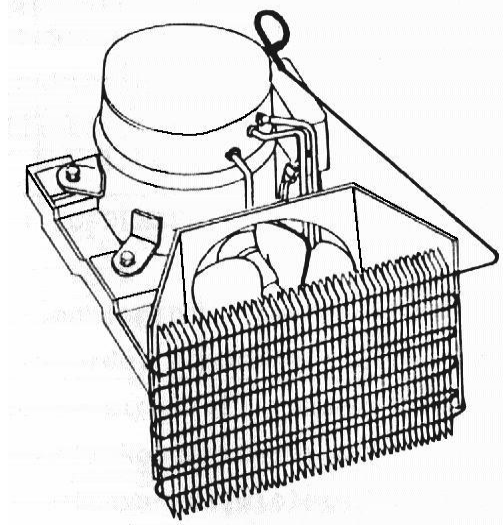
Şekil 3.8 Yatay hava soğutmalı kondenser



Şekil 3.9 Pleyt tipi, cebri soğutmalı kondenser



Şekil 3.10 Lamelli cebri soğutmalı kondenser



Şekil 3.11 Çıplak boru tipi cebri soğutmalı kondenser

### 3.2.1.2 Kondenser Kapasitesini Etkileyen Dizayn Faktörleri

Kondenser kapasitesi, sıcak akışkan ile soğutucu akışkanın ısı transferi kabiliyetidir. Bir kondenserin ısı transfer kapasitesi, şu dört faktöre bağlıdır.

1. Kondenserin yapımında kullanılan malzeme,
2. Kondenser yüzeyi ile yoğuşturucu arasındaki temas miktarı,
3. Yoğuşturucu ile soğutucu akışkan arasındaki sıcaklık farkı,
4. Kondenserin temizlik seviyesi.

İlk iki faktör, konstrüksiyona bağlı faktörlerdir. Farklı malzemeler, farklı ısı transfer kabiliyetine yani, farklı ısı transfer katsayısına sahiptir. Böylece bir tasarımcı, farklı malzemeler seçerek, değişik boyutlarda aynı kapasiteyi veren kondenserler yapabilir. En yüksek ısı transfer kabiliyetine sahip malzeme ile, en küçük boyutlardaki kondenseri yapmak olasıdır.

Tasarımcı, kondenser yüzeyindeki teması kontrol ederek, kapasiteyi değiştirebilir. Bu değişim akışkanın hızı yanında, kondenser yüzey alanları ile oynayarak gerçekleştirilir. Kondenserdeki sıvı seviyesi, temas yüzeyini etkiler. Kondenserin bir bölümü, yoğunlaşmayan bir miktar buharın, aşırı soğutulmasında kullanılır.

Yoğuşurma ile buhar ve sıvı arasındaki sıcaklık farkı arttıkça, ısı transfer seviyesi ve kondenser kapasitesi artar. Sıcaklık farkı problem olduğunda, kondenser kapasitesi yoğuşma yüzeyini ve hava akış seviyesini değiştirebilen cihazlarla kontrol edilebilir.

Kondenserlerin temizliği, iklimlendirme ve soğutma özel bakımlarının sürekli kontrolünde önemli bir faktördür. Kirler kondenser üzerinde izolasyon etkisi yaparak, ısı transferini yavaşlatır. Kir, kondenser üzerine gönderilen hava miktarını da azaltabilir.

### **3.2.1.3 Çevre Sıcaklığının Hava Soğutmalı Kondenser Kapasitesi Üzerindeki Etkisi**

Çevre sıcaklığı, sistem elemanlarını çevreleyen havanın sıcaklığıdır. Bir hava soğutmalı kondenserde, kondensere giren havanın sıcaklığı çevre sıcaklığıdır. Çevre sıcaklığı yüksek ise yoğuşma sıcaklığı da yükselecektir. Hava soğutmalı kondenserlerin bir çoğu, 14°K sıcaklık farkında çalışacak şekilde dizayn edilmiştir. Kondenserde, yoğuşma sıcaklığı 32.2°C ile 46.1°C arasında olup Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Hava soğutmalı kondenserlerin, su soğutmalı kondensere göre dezavantajı yüksek yoğuşma sıcaklığında olmalıdır. Yüksek yoğuşma sıcaklığı, kompresörün daha fazla zorlanmasına neden olur, çünkü soğutucu buharının basıncı, sıcaklığı ile doğru orantılı olarak yükselmektedir. En sıcak günlerde, yani, sistem en güç soğutma şartlarında iken yoğuşma sıcaklığı da en yüksek değerine ulaşır, çünkü çevre sıcaklığı oldukça yüksektir.

Endüstriyel ve ticari soğutma sistemlerinde, hava soğutmalı kondenserler çoğu kez dış ortama yerleştirilmekte ve yıl boyunca çok farklı şartlarda çalışmaktadır. Kış esnasında, çevre sıcaklığı çok düştüğü için yoğuşma sıcaklığı düşer. Sıvı hattındaki bu basınç düşmesi, genişleme valfinin kapasitesini azaltır. Bu valf, basınç etkisiyle açılmaktadır. Genişleme valfinden az akışkan geçmesi, evaporatör kapasitesini düşürür. Kış aylarındaki bu problemler, hava soğutmalı kondensere bağlanan, düşük çevre kontrolleri ile önlenir.

Çevrimin durma aralığında, hava soğutmalı kondenser, soğutma sisteminin en soğuk kısmı olmaya başlar. Böylece soğutucu akışkan, kondensere geçecektir. Bu basınç, çevrim durduğu esnada evaporatörde yüksek basınç oluşmasını önler ve emme hattı basıncı düşer. Alçak basınç otomatığı, emme hattı basıncı etkisiyle, devreyi keser ve kompresör tekrar çalışmaya başlayamaz. Bu çalışma problemi, yıl boyunca çalışan hava soğutmalı kondensere "pump-down (depolama)" devresi uygulanarak önlenir.

Çizelge 3.1 Yoğunlaşma sıcaklıkları ile yoğunlaştırma ara maddeleri

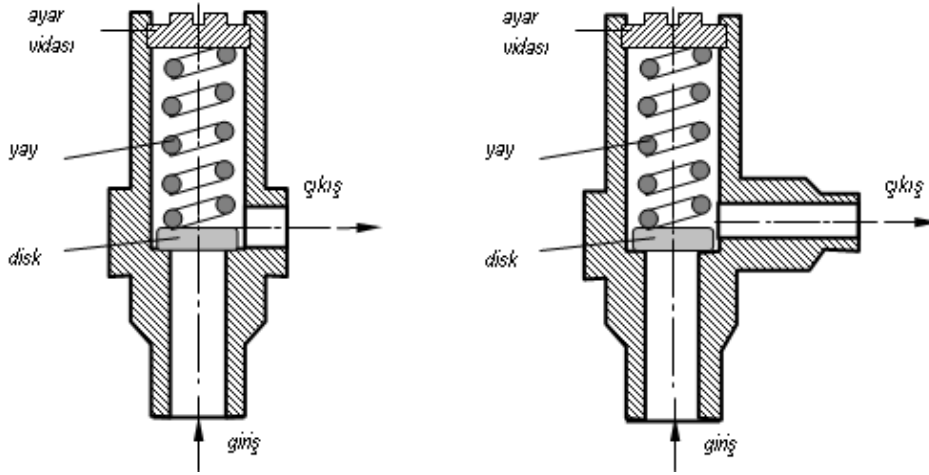
Yoğunlaştırma ara maddesi	Giriş sıcaklığı °C	Sıcaklık farkı °C	Çıkış sıcaklığı °C	Çıkış sıcaklık farkı °C*	Yoğunlaşma sıcaklığı °C
Hava	32.2	7.2	39.4	6.7	46.1
	35.0	7.2	42.2	6.7	48.9
	37.8	7.2	45.0	6.7	51.7
Şehir suyu	21.1	11.1	32.2	5.6	37.8
	26.7	11.1	37.8	5.6	43.3
Soğutma kulesi suyu	29.4	5.6	35.0	5.6	40.6

\* Yoğuşma sıcaklığından, yoğuşturucu ara madde sıcaklığını çıkarmak suretiyle bulunur.

### 3.2.1.4 Basınç Emniyet Cihazları

Basınç emniyet cihazları, kötü çalışma koşullarında, patlama ihtimalini en aza indiren veya sistemde yangına sebep olacak bir basıncı, tehlike seviyesine yükselmeden, kontrol etmek amacıyla kullanılan, güvenlik kontrol cihazlarıdır. Tesislerde, sıvı deposu ve kondenser için gerekli olan güvenlik cihazı kodları tesisat sırasında istenir. Bu cihazlar açılarak akışkanı kaçırlar veya basıncı, güvenlik seviyesini aşmışsa, azaltırlar. Soğutucu akışkan, atmosfere veya bina dışına atılmak üzere bir kanala gönderilir. Soğutma sistemlerinde, en yaygın olarak yaylı emniyet cihazı ve eriyen tapalar kullanılır.

Yaylı emniyet cihazları (valfleri) oldukça yaygındır (Şekil 3.12). Basınca, direkt olarak cevap verirler. Bir yay yuvası, valf tapası (pistonu) ve lastik disk valf setine karşı yerleştirilir. İç basınç, valf ayar basıncını aştığında, valf diskini açılır ve gönderilen akışkanın basıncı düşer. İç basınç, normale indiğinde emniyet valfi otomatik olarak kapanır. Emniyet valflerinin basınç ayarı, kondenser ve sıvı deposunda tesis edilen basınca bağlıdır.



Şekil 3.12 Yaylı emniyet cihazları

Eriyen tapalar, önceden belirlenmiş bir sıcaklıkta eriyen, fitil alaşıma sahiptir. Böylece sadece sıcaklığa duyarlı olup, basınca duyarlı değildir. Şayet bir yanma olursa, eriyen tapa erir ve soğutucu akışkan, iç basınç tehlikeli olmadan düşürülür. Bir eriyen tapa, otomatik kapamalı değildir ve tapa erir ise şarj edilen tüm soğutucu akışkan kaçar. Bu

olunca yeni bir tapa tesis edilir ve çalıştırmadan önce sisteme vakumlu şarj işlemi yapılır.

### **3.2.1.5 Hava Soğutmalı Kondenserlerin Balansı İçin Uygulanan Teknikler**

Hava soğutmalı kondenserler, mevsimlere bağlı olarak farklı hava sıcaklıklarında çalışırlar. Özellikle yaz aylarında artan ortam sıcaklıkları, hava soğutmalı kondenserlerin kapasitesi üzerinde olumsuz etki yapmaktadır.

Çevre hava sıcaklığı, +30°C civarında olduğu, yaz mevsiminde, kondenser üzerindeki hava sirkülasyonunun artırılması gerekir. Aksi takdirde, kompresörün boşaltma basıncı çok fazla artar ve kompresör zorlanır. Bununla birlikte yoğuşmanın yeterli olmayışından dolayı sıvı hattında bir miktar buhar, sıvı ile birlikte bulunur. Bu durumu evaporatörün soğutma kapasitesini artıracığı için sistem verimini olumsuz yönde etkiler.

Kış aylarında ise ortam sıcaklıkları +5°C / +10 °C civarında olur. Bu durumda yoğuşma hızı yüksek olacağı için kondenserdeki basınç normal değerinin altına düşer, sıvı hattının basıncını düşüreceği için, genleşme valfinin çalışma dengesini değiştirir. Bu nedenle, kondenser üzerindeki hava akış hızını azaltmak gerekir. Kondenserin değişen şartlara uyarlanması mümkün olur.

### **3.2.1.6 Hava Soğutmalı Kondenserlerin Periyodik Bakımı**

Koruyucu bakım için, birinci sebep kondenser ile hava arasında ısı transfer verimini muhafaza etmektir. Bunu sağlamak için kondenser yüzeylerini, lamelleri temiz tutmalı ve fanın çalışır durumda olmalıdır. Birçok hava soğutmalı kondenserler bitki veya toprak ortamlara yakın monte edilir. Böylece kondenser toz, bez parçaları, yapraklar, kağıt parçası ve diğer yabancı maddeleri hava ile toparlar ve onları kondenser yüzeylerine getirir. Bu maddeler kangal ve lamellerini izole eder, aralıklarını tıkar ve neticede ısı transfer miktarını azaltır.

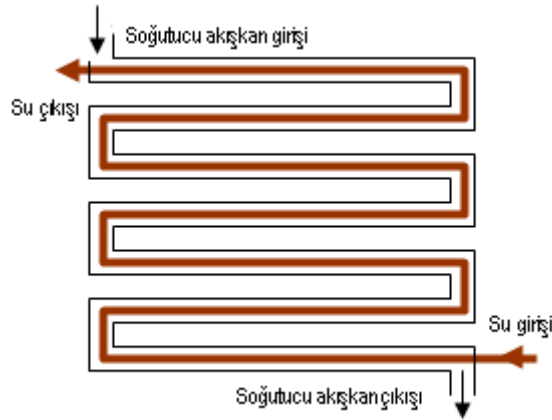
Şayet kondenser fanı arızalanırsa, tek fanlı üniteye kondenser üzerindeki hava akışı tamamen durur. Fakat çok fanlı üniteye bu durum sadece verimi azaltır. Dış hava akışı, yabancı maddeleri veya fan arızalarıyla azalmakta, yoğuşma sıcaklığı ve basıncı yükselmektedir. Dolayısıyla kompresör daha çok zorlanır.

### 3.2.2 Su Soğutmalı Kondenser Tipleri

Bu kısımda, [10] numaralı kaynak esas alınmıştır. Su soğutmalı kondenserler konstrüksiyonlarına göre sınıflandırılırsa, üç temel tip vardır:

1. İç içe borulu
2. Kangal borulu
3. Kovanlı borulu

İç içe borulu kondenserler, geniş soğutucu akışkan borusu içinden su borusu geçirilmek suretiyle oluşmuştur (Şekil 3.13). Su borusu soğutucu akışkandan ısı absorbe eder. Fakat soğutucu akışkan borusu, dış havayla da temastadır. Böylece dış ortam havası da doğal taşınımlı (konveksiyon) kondenserden, ısı alır.



Şekil 3.13 Karşı akışlı iç içe borulu sulu kondenser



Şekil 3.14 Kangal iç içe borulu sulu kondenser

Sıcak, soğutucu buhar, kondenserin üzerinden girer ve yoğuşmuş sıvı soğutucu, alttaki çıkışa doğru akar. Buna rağmen su her iki yönde akabilir. Soğuk suyun kondenserin altından girerek, soğutucu akışkana karşı yönde hareket etmesine, "karşı akışlı sistem" adı verilir (Şekil 3.14). Su ve soğutucu akışkanın aynı yönde akmasına da "paralel akış" adı verilir.

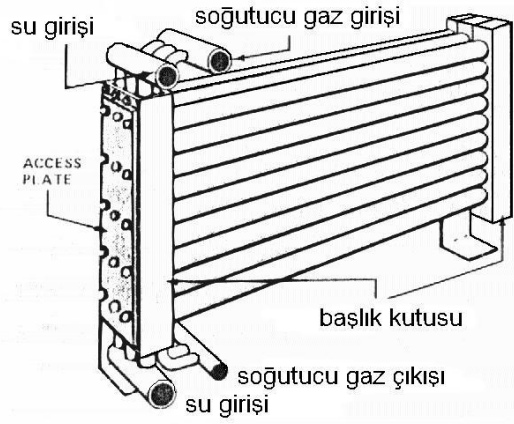
Karşı akışlı sistem hemen bütün su soğutmalı kondenser tiplerinde görülür, çünkü paralel akışlı sisteme göre verimi daha yüksektir. Karşı akışlı sistemde su en soğuk haldeyken, soğutucu akışkan da en soğuk haldedir. Isı absorbe etmiş olan su, en sıcak haldeyken, en sıcak soğutucu buharından ısı absorbe eder. Böylelikle su ile soğutucu akışkan arasındaki sıcaklık farkı, akış boyunca sabit kalır.

Su ve soğutucunun aynı yönde aktığı, paralel akışlı sistemde, bu sıcaklık farkları, gittikçe azalmaktadır. Sonuçta, suyun ısı absorbe kabiliyeti, kondenser içinden geçerken azalmaktadır.

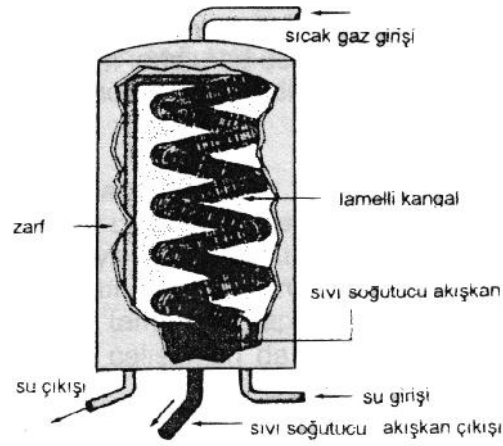
Küçük iç içe borulu kondenserler, biri diğerinin içinde olan uzunca iki borudan kangal şeklinde yapılmaktadır (Şekil 3.16). Bu tipler 10 ton soğutma kapasitesi civarına kadar yapılırlar. Çünkü kolaylıkla şekil verilebilen alüminyum ve bakır gibi hafif metallere küçük boyutlarda yapılırlar. Bu kondenserler küçük çaplı olduğundan temizlenmesi oldukça zordur.

Düz iç içe borulu kondenserler (Şekil 3.15), soğutma kapasitesi olarak 10 tonun üzerine çıkabilmektedir. Başlık boruları, kondenserin her iki ucuna bağlanmış olup su ve soğutucu akışkan kontrol etmektedirler. Kondenser borularının temizlenebilmesi için, her iki tarafına, sökülebilen kapak levhaları civata ile monte edilmiştir. Bu tip kondenserler yoğunlaşmış sıvı akışkanı toplamak için ayrı bir depo gerektirir.

Kangal borulu su soğutmalı kondenserler, 15 ton kapasitenin üzerindeki, paket tip iklimlendirme sistemlerinde sıkça kullanılmaktadır. Bu tipler, bir kaynaklı çelik zarf içine bir veya daha fazla su kangalından yapılmıştır (Şekil 3.17). Kanatlı veya çıplak boru kangalı tiplerinin her ikisi de uygulanabilir. Kangal borulu kondenserler dikey veya yatay şekilde olabilmektedir.



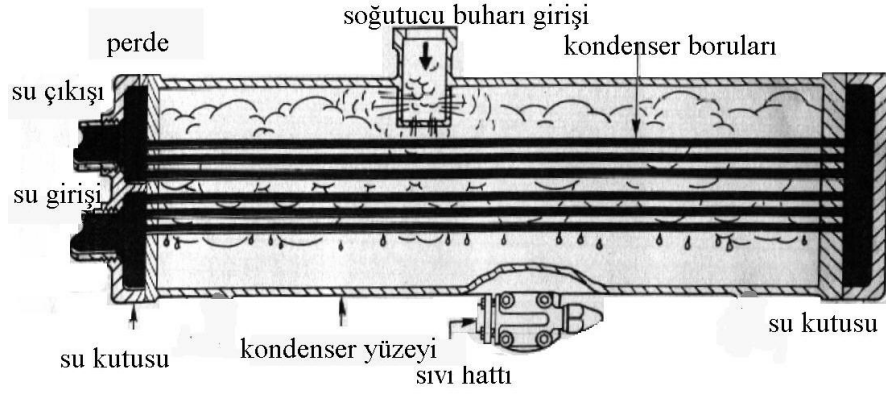
Şekil 3.15 Düz iç içe borulu kondenser



Şekil 3.16 Kangal borulu kondenser

Kovanlı borulu su soğutmalı kondenserler, bir silindirik çelik gövde içinde, birçok düz su borusundan yapılmıştır. Borular uç kısımlarından kaynakla sabitlenmiş olup, gövde boşluğu içerisindedirler. Su boruları, genellikle pirinç ve gümüş alaşımlardan yapılır. Bu kondenserler de yatay veya dikey şekilde bulunmaktadırlar.

Yatay tip kondenserlerde, (Şekil 3.17) su kutusu, baş ve son kısımlarından boru aynasına monte edilmiştir. Su besleme ve direnç boruları kutuya monte edilmiş olup, kutuya su akışını kondenser boyunca kontrol etmesi için ayrı kısma konulmuştur.

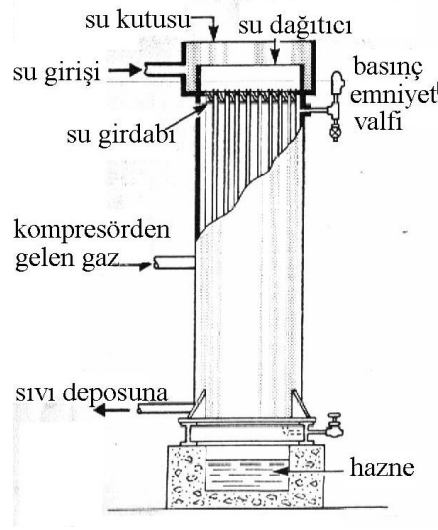


Şekil 3.17 Yatay kovan borulu sulu kondenser

Kondenser boruları çelik veya bakırdan yapılmaktadır. Çelik borular sadece amonyaklı sistemlerde kullanılır. Çünkü amonyak bakırı korozyona uğratar. Boruların çapları 3/4 inç'ten 2 inç'e kadar ve uzunlukları da 4 feet'ten (ayak) 18 feet'e kadar değişmektedir. Gövde çapının büyüklüğü ise 4 inç'ten 60 inç'e kadar değişmektedir.

Soğutucu akışkan buharı, gövdenin üzerinden girer, boruların etrafından akar ve yoğunlaşmış şekilde, gövdenin altında toplanır. Kangal borulu tiplerde olduğu gibi çoğu kez bu kondensere de ayrı bir sıvı deposu gerekir. Bu kondenserler daha çok karşı akışlı sistemlere sahiptir.

Açık-dikey kovanlı borulu kondenserler, (Şekil 3.18) büyük amonyak sistemlerinde kullanılmaktadır. Dikey kovan, 16 ila 60 inç çaplarında ve 10 ila 16 feet boyundadır. Kovan 20 ila 400 adet paralel su borusu ihtiva eder. Bu boruların üst ve alt tarafları açık olup su kutusuyla drenajı birbirine bağlarlar. Böylelikle kondenser çalışırken su borularını mekanik olarak temizleyebilirsiniz.



Şekil 3.18 Dikey kovan borulu sulu kondenser

### 3.2.2.1 Su Soğutmalı Kondenserlerin Kullanıldığı Çeşitli Su Sistemi Tipleri

Suyun bol olduğu yerlerde, su soğutmalı kondenserler için normal şebeke suyu kullanılabilir, bu durumda, soğutma suyunun sertliğinin kontrol edilmesi, kondenser su girişine, filtre takılması uygun olur.

İkinci su sistemi, su soğutma kulesinin, kondensere ayrı bir devre halinde bağlanmasıdır. Bu sistemde, kondenserde ısınan su, su soğutma kulesinde soğutulur. Suyun soğutulmasında, suyu damlacıklar haline getirme, veya hava ile geniş temas yüzeyi oluşturma, prensibinden yararlanır. Bu sistem, suyun bol olarak bulunmadığı yerlerde tercih edilir. Soğutma kulesinde, sadece buharlaşan su kütlesi yerine su ilavesi yapılır.

### 3.2.2.2 Su Soğutmalı Kondenserlerle Kullanılan Çeşitli Aksesuarlar

#### a) Basınç Emniyet Cihazları:

Su soğutmalı kondenserler, sıvı depoları gibi kullanıldıkları için diğer sıvı tanklarında olduğu gibi, basınç emniyet cihazları ve servis valfleri ile teçhiz edilir.

#### b) Su Regülatör Valfleri:

Büyük soğutma tesislerinde, genellikle su soğutmalı kondenserler kullanılır. Kondenseri soğutmak için kullanılan su, kontrollü bir biçimde kondensere verilmezse su kaybı çok olur ve işletme masrafları artar.

Gereksiz su kaybını önlemek için, kondensere giren soğutma suyu, su regülatör valfleri ile kontrol edilir. Bu tip kontrol valfleri iki ayrı basıncın etkisindedir. Bunlar:

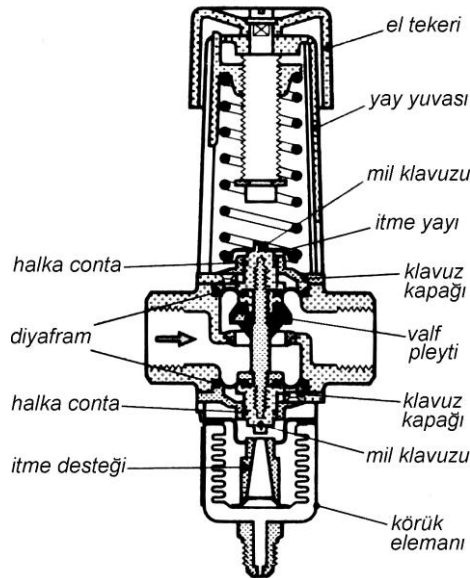
1. Ayrılabilen yay basıncı
2. Kondenserin basıncı ile körük basıncıdır

Sistemde körük basıncı, regülatör su valfini açmaya, yay basıncı da valfi kapamaya çalışır. Kompresörün çalışmasıyla kondenser basıncı yükseldiğinden, körük, valfin açılmasına neden olacak ve kondensere su girmeye başlayacaktır. Kondenserde basınç azaldıkça , körük, valfi kapatmaya başlayacaktır. Kompresörün durmasından bir süre sonra kondenser basıncı düşeceğinden valf de tamamen kapanacaktır. Su regülatör valflerinin, ayrıca termostatik olarak çalışanları da mevcuttur. Bu valfler;

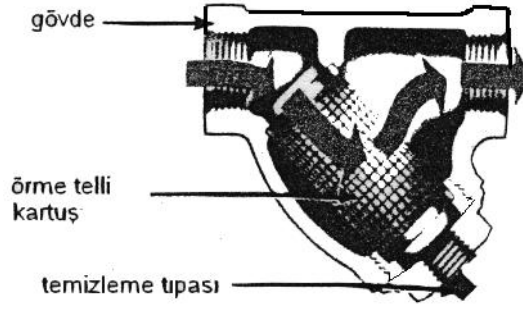
1. Tatlı su veya salamura soğutma tesislerinde,
2. Su soğutmalı kondenserlerin soğutma suyu kontrolünde kullanılır.

### c) Pislik Tutucular:

Birçok boru sistemlerinde su soğutmalı kondenserler, en az bir pislik tutucu ihtiva ederle,(Şekil 3.20). Bir tel sargı kartuşlu pislik tutucu, su içerisindeki katı parçacıkları tutar. Pislik tutucular, dolaşım sisteminde, su regülatör valfleri veya pompalar gibi elemanlardan önce katı parçacıklar bu elemanlara zararlı olabilir ( Şekil 3.19 ).



Şekil 3.19 Su Soğutmalı kondenser için su regülatör valfi



Şekil 3.20 Tipik bir pislik tutucu

### 3.2.2.3 Çeşitli Su Soğutmalı Kondenserlerin Balansı İçin Uygulanan Yöntemler

Su soğutmalı kondenserlerin, kompresör ve evaporatöre uygun çalışabilmesi, ısı transfer kapasitesinin dengeli tutulabilmesine bağlıdır.

Yaz aylarında, su soğutmalı kondenserlerde, balans problemi olmaz. Ancak kış aylarında, soğutma suyunun sıcaklığının düşmesi, yoğunlaşma hızını artırarak, kondenser basıncının aşırı düşmesini sağlar. Bu durumda, sıvı hattı basıncı düşerek genişleme valflerinin çalışma dengeleri bozulmaya başlar.

Bu durumda yapılacak ilk işlem, kış aylarında, kondenser su regülatör valflerini su akışını en aza indirecek düzeye ayarlamaktır. İkinci yöntem ise sıvı tankına, ayrı bir hat yardımıyla sıcak gaz basmaktır, böylece sıvı tankındaki basınç artacağından, sıvı hattındaki basınç korunmuş olur.

### 3.3 Bir Kondensasyon Devresinin Çalışması

Buhar, kondensere, genişçe bir boru ile girdikten sonra, soğutma suyu borularına çarparak yoğuşur ve alt kısımda toplanır. Toplanan su, yoğuşma suyu pompası adını taşıyan bir pompa tarafından emilerek özel bir hazneye alınır. Soğutma suyu ise soğutma suyu pompası tarafından kondenserin alt kısmından içeriye alınır, iş gördükten ve bir miktar ısındıktan sonra üst kısımdan tekrar dışarıya çıkar. Kondenser içinde yoğuşması istenen buhar, içinden soğutma suyu geçen boruların çevresinde dolaşmaktadır.

Boru tesisatındaki salmastra ve contalardan bir miktar hava devamlı olarak içeriye girer. Bu havanın, kondenserdeki vakumu bozacağı bilinmektedir. Çünkü Dalton Kanunu'na

göre: bir karışımın basıncı, bu karışımı oluşturan çeşitli gaz basınçlarının toplamına eşittir. Bu sebeple, kondenser basıncı:

$$P_o = P_i + P_d (\text{bar}) \quad (3-3)$$

buharın ve havanın basınçları toplamı kadar olacaktır. Kondenser basıncının düşürülebilmesi için, havanın özel cihazlarla, pompalarla devamlı olarak emilerek dışarıya atılması gerekmektedir. Bu cihazlar da pistonlu pompalar olabilir. Pistonlu pompalar, havayı yoğuşum suyu ile birlikte veya emdikleri durumlara göre, yaş hava pompaları, kuru hava pompaları olarak ikiye ayrılırlar. Kondenser içinde bulunan havanın soğukluğu oranında hacmi de azalacağından, pompalama işini azaltmak amacıyla, emme yerinin mümkün olduğu kadar soğutma suyu girişine yakın yapılması yerinde olur [11]. *Vakum*, kondenserdeki mutlak basınç  $p_a$  olduğuna göre;

$$\text{vakum} = 100 \cdot (1 - p_a) [\%] \quad (3.4)$$

olarak hesaplanır.

Kondensasyon tesislerinde uygun şartların sağlanmasıyla elde edilebilecek en yüksek vakuma, *teorik vakum* adı verilir [12].

## BÖLÜM 4

### YÖNTEM

Perry ve Green, 1997'deki çalışmalarındaki genel prensipler, burada da aynen benimsenmiştir. Ek olarak, aşağıdaki veriler ışığında şu analizi yapabiliriz.

#### 4.1 Termodinamik Analiz

Kazan çıkış sıcaklık ve basıncı  $T_3$  ve  $P_3$  olan santralda, kondenser basıncı  $P_0$  ile gösterilecektir. Buna göre, termodinamik analiz yapılırsa, kazandan çıkan buharın türbine girişteki entalpisi  $h_3$  (kJ/kg) olarak gerekli termodinamik tablolardan (Şekil 2.2),  $T_3$  ve  $P_3$  değerlerine göre bulunur. Kondenser basıncı;  $P_0$ , ideal Rankine Çevrimine göre, 3 ve 4 noktalarının izentropik olduğu kabulüyle, entropileri ( $s_3 = s_4$ ) eşittir ( Şekil 2.2). Buna göre;  $P_0$  basıncında doymuş suyun ( $x=0$ ) entalpisi  $h_1$  ve türbin verimi de  $\eta_i$  ile gösterilirse;

$$\eta_i = \frac{\eta_e}{\eta_m} \quad (4.1)$$

$$\Delta h_t = h_3 - h_4 \quad (4.2)$$

olacaktır. Kazan besleme suyu pompasındaki termodinamik bağıntı, ideal Rankine çevrimi için;

$$h_1 - h_{2g} = v(P_0 - P_3) \quad (4.3)$$

(1 noktasındaki entalpi,  $h_1$ ,  $P_0$  ve  $x = 0$  için Molire diyagramından okunur) olacaktır. Gerçek çevrim için bağıntı;

$$h_1 - h_2 = \eta_p (h_1 - h_{2g}) \quad (4.4)$$

ya da,

$$h_{2g} = h_1 - \frac{(h_1 - h_2)}{\eta_p} \quad (4.4a)$$

şeklindedir.

Gerçek Rankine Çevrimine göre, 4g noktasının (Şekil 2.2) entalpisi, aşağıdaki bağıntıdan bulunur:

$$h_{4g} = h_3 - (h_3 - h_4)\eta_i \quad (4.5)$$

100 bar, 400 °C için, kuruluk derecesi önemli ölçüde düşer. Bu düşüş, türbinde korozif etki yaratır, bunu önlemek adına, ara kızdırma yapılmıştır.  $h_{3_2}$  ve  $h_{4_2}$  sembolleriyle, türbine giriş ve çıkış entalpisi temsil edilmiş olup,  $h_t$  değeri için yapılan işlemde farklılık olmayıp,  $h_t$  için  $h_3$  ile  $h_4$  entalpi farkına,  $h_{3_2}$ ,  $h_{4_2}$  entalpilerinin farkı ilave edilmiştir.

Özgül efektif buhar sarfıyatı;

$$SS = \frac{3600}{\eta_e \Delta h_t} [kg/kWh] \quad (4.6)$$

şeklinde hesaplanır. Türbinden çıkan buharın debisi;

$$\dot{m}_b = \frac{SS N}{3600} [kg/s] \quad (4.7)$$

olarak tanımlanır ve burada teorik türbin gücü N'nin birimi kW olarak alınır. Burada N değeri 5 MW ile 100 MW arasında değiştirilerek hesaplamalar tekrarlanır. Türbinde üretilen güç;

$$Ne = \dot{m}_b \Delta h_t \eta_e [kW] \quad (4.8)$$

formülünden kW olarak hesaplanır.

## 4.2 Kondenser Isı Transfer Alanının Hesabı

Yoğuşturulan buhardan, soğutma suyuna transfer edilen ısı miktarı;  $Q_b$  [kW] olarak verilir. Buharın kondenserde verdiği ısı:

$$Q_b = \dot{m}_b (h_1 - h_{4g}) \quad (4.9)$$

olacaktır. Soğutma suyunun, kondenserde aldığı ısı:

$$Q_s = \dot{m}_{su} c_{psu} \Delta T \quad (4.10)$$

olup, (4.10) formulündeki  $\Delta T$ , soğutma suyunun kondensere giriş sıcaklığı ve kondenserden çıkış sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkını temsil eder. Bu durumda, formül (4.10) aşağıdaki hali alır:

$$Q_s = \dot{m}_{su} c_{psu} (t_{\dot{c}} - t_{\dot{g}}) \quad (4.10a)$$

Kondensasyonlu buhar türbini tesislerinde,  $\Delta T$ ; 6 – 10 °C arasında kabul edilebilir, bu çalışmada 8 °C derecelik bir fark kabul edilmiştir. Teorik ısı transfer katsayısı  $K_{teorik} = 2.000 - 4000 \text{W/m}^2\text{K}$  arasında kabul edilmiştir.

### 4.3 Etkenlik-NTU Yöntemi ile Isı Transfer Alanının Bulunması

Bu kısım için temel kaynak Incropera olup, daha detaylı bilgi [15] de bulunabilir. Bir ısı değiştiricisinde, akışkan giriş ve çıkış sıcaklıklarının bilinmeleri ya da enerji korunum denklemlerinden kolayca hesaplanabilmeleri durumunda, ısı değiştiricisinin hesaplarında, ortalama logaritmik sıcaklık farkı (LMTD) yöntemi çok kolaylık sağlar. Bu durumda, ısı değiştiricisi için  $\Delta T_{lm}$  değeri, kolayca belirlenebilir. Isı değiştiricisinde akışkanların sadece giriş sıcaklıkları belli ise, LMTD yöntemini kullanmak için sıcaklık değerleri, önce tahminle atanır, deneme-yanılmayla, değerlerin doğruluğu, bir dizi işlem sonucunda test edilir. *Etkenlik-NTU* yöntemi adı verilen farklı bir yöntemin kullanılması daha uygundur. Bir ısı değiştiricisi için, etkenlik tanımını yapmadan önce, bu ısı değiştiricisi için  $q_{max}$  olabilecek en fazla ısı geçişi tayin edilmelidir. Bu ısı geçişi,  $q_{max}$ , ilke olarak, sonsuz uzunluktaki ters akışlı bir ısı değiştiricisinde gerçekleşen ısı geçişi olarak alınır. Böyle bir ısı değiştiricisinde, akışkanlardan biri, sıcak akışkan giriş sıcaklığı ve soğuk akışkan giriş sıcaklığı farkı,  $(T_{hi} - T_{ci})$  mümkün olabilen en yüksek sıcaklık farkını gerçekleştirecektir. Bu noktayı açıklayabilmek için,  $C_c < C_h$  durumu göz önüne alınırsa, bu durum için  $|dT_c| > |dT_h|$  olacaktır. Soğuk akışkanda, daha büyük bir sıcaklık değişimi gerçekleşecektir ve  $L \rightarrow \infty$  olduğunda, sıcak akışkanın giriş sıcaklığına kadar ısınabilecektir. Bu nedenle,

$$C_c < C_h, \text{ halinde } q_{\max} = C_c(T_{hi} - T_{ci})$$

yazılabilir. Benzer olarak, eğer  $C_h < C_c$  ise, sıcak akışkanda daha büyük bir sıcaklık değişimi gerçekleşecektir ve soğuk akışkanın giriş sıcaklığına kadar soğuyabilecektir ( $T_{ho} = T_{ci}$ ). Bu durum için,  $C_h < C_c$ :  $q_{\max} = C_h(T_{hi} - T_{ci})$  yazılabilir. Buraya kadar olan açıklamalardan, genel bir sonuç olarak,

$$q_{\max} = C_{\min}(T_{hi} - T_{ci}) \quad (4.11)$$

verilebilir. Burada,  $C_{\min}$  ısı kapasite debisi,  $C_c$  veya  $C_h$  değerlerinden hangisi küçükse o değere eşit olarak alınır. Denklem 4.11'de, sıcak ve soğuk akışkan giriş sıcaklıklarının konulması, ısı değiştiricisinde olabilecek en yüksek ısı geçişini sağlar. Kısa bir inceleme ile olabilecek en yüksek ısı geçişinin  $C_{\max}(T_{hi} - T_{ci})$  çarpımına eşit olamayacağı hemen anlaşılır. Daha büyük ısı kapasite debisi olan akışkan, olabilecek en yüksek sıcaklık farkını gerçekleştirseydi, enerjinin korunumu,  $C_c(T_{co} - T_{ci}) = (T_{hi} - T_{ho})$ , diğer akışkanın daha büyük bir sıcaklık değişiminden geçmesini gerektirirdi. Örnek olarak, eğer  $C_{\max} = C_c$  ise ve  $T_{co}$  sıcaklığının  $T_{hi}$  sıcaklığına eşit olduğu öne sürülürse,  $(T_{hi} - T_{ho}) = (C_c/C_h)(T_{hi} - T_{ci})$  olur ki bu durumda  $(T_{hi} - T_{ho}) > (T_{hi} - T_{ci})$  olmalıdır. Bu açıkça görülmektedir ki, imkansız bir durumdur.

Bu açıklamalardan sonra, ısı değiştiricisinde gerçek ısı geçişinin, olabilecek en yüksek ısı geçişine oranı,  $\varepsilon$  etkenlik olarak tanımlanabilir:

$$\varepsilon = \frac{q}{q_{\max}} \quad (4.12)$$

ya da eşdeğer olarak,

$$\varepsilon = \frac{C_h(T_{hi} - T_{ho})}{C_{\min}(T_{hi} - T_{ci})} \quad (4.13)$$

eşitlikleri yazılabilir. Etkenlik, boyutsuz bir büyüklük olup,  $0 < \varepsilon < 1$  arasında değişmek zorundadır. Etkenlik ( $\varepsilon$ ), sıcak ve soğuk akışkanların, ısı değiştiricisine giriş ve çıkış sıcaklıkları,  $T_{hi}$  ve  $T_{ci}$  biliniyorsa, ısı değiştiricisindeki gerçek ısı geçişi aşağıdaki bağıntıdan hemen bulunabilir.

$$q = \varepsilon \cdot C_{\min} \cdot (T_{hi} - T_{ci}) \quad (4.14)$$

NTU (*Number of Transfer Unit*) ile gösterilen, *geçiş birimi sayısı*, ısı değiştiricilerinin çözümlenmesinde yaygın olarak kullanılmakta olup,  $NTU \equiv \frac{UA}{C_{min}}$  biçiminde tanımlanan

boyutsuz bir parametredir.

Değişik ısı değiştiricisi türleri için bazı bağıntılar çıkarılmış olup,  $C_r = C_m/C_{max}$  ısı kapasite debilerinin oranıdır [14]. Toplam kondenser soğutma yüzeyi, yukarıda açıklanan etkenlik NTU metodu ile bulunan alan ile bu alanın yaklaşık yüzde 10'unun kendisine ilavesiyle bulunur. Kısaca

$$A_{toplam} = A_{NTU} + (0,1)A_{NTU} \quad (4.15)$$

denkleminde bulunur. K değeri, daha önce bahsedilen teorik değer olarak alınır ve bu şekilde alan hesaplanır. Bulunan alana göre aşağıdaki işlemler takip edilir.

Kondenserin toplam soğutma yüzeyine bağlı olarak, kondenser soğutma suyu devresi için kullanılan borular için dış çap ( $d_d$ ) değeri ve bir boru uzunluğu (L) değeri seçilir. Dış çap için **3/4", 7/8" ya da 1"** değerlerinden biri kabul edilir. Boru uzunluğu ise toplam kondenser yüzeyinin  $ft^2$  ( $1ft = 0,0929 m^2$ ) değerine bağlı olarak Çizelge 4.1'den belirlenir[16]

Çizelge 4.1 Standart kondenser boru uzunlukları (ft)

Kondenser Yüzeyi (ft <sup>2</sup> )	Boru Uzunluğu (ft)		
	$d_d=3/4''$	$d_d=7/8''$	$d_d=1''$
1000-1750	8,10,12,14		
2000-2500	10,12,14,16		
2750-4250	12,14,16,18	12,14,16,19	
5000-7000	14,16,18,20	14,16,18,20	14,16,18,20
7250-14000	16,18,20,22	16,18,20,22	16,18,20,22
15000-19000		18,20,22,24	18,20,22,24
20000-27500		20,22,24,26	20,22,24,26
30000-47500		22,24,26,28	22,24,26,28
$\geq 50000$		24,26,28,30	24,26,28,30

Boru iç çapı;

$$d_i = d_d - 2\delta \quad (4.16)$$

olup, burada  $\delta$  kondenser borularının et kalınlığı olmak üzere malzeme standardı BWG 18'e göre seçilir:

$$A_{fi} = \frac{A_{toplam}}{0,0929} (ft^2) \quad (4.17)$$

Kondenser boru uzunluğu L, Çizelge 4.1'e göre belirlenir ( $1ft = 0,3048m$ ). Kondenserin içindeki boru sayısı (n), toplam soğutma yüzeyine bağlı olarak, (4.18) eşitliğinden yararlanılarak hesaplanır:

$$n = \frac{A_{toplam}}{\pi \cdot d_d \cdot L} \quad (4.18)$$

Soğutma suyu miktarı  $m_s$ , (4.9) ve (4.10) bağıntılarının eşitliğinden yararlanılarak

$$\left. \begin{aligned} m_s \cdot c_{psu} \cdot (t_\zeta - t_g) &= \dot{m}_b \cdot (h_1 - h_{4g}) \\ m_{su} &= \frac{\dot{m}_b \cdot (h_1 - h_{4g})}{c_{psu} \cdot (t_\zeta - t_g)} \quad (kg/s) \end{aligned} \right\} \quad (4.19)$$

şeklinde hesaplanır.

Kullanılabilen soğutma suyu miktarı, doğal olarak sınırsız değildir. Bu nedenle, kondenser içinde buhar yoğunlaşırken, soğutma suyu da bir miktar ısınır. Bu ısınma derecesi de bir zaman biriminde kullanılan soğutma suyu miktarının, aynı zaman süresince, yoğunlaşan buhar miktarına olan orana bağlıdır. Soğutma suyu miktarı  $m_s$ , buhar miktarı da  $m_b$ , olduğuna göre, oran:

$$m = m_{su} / m_b \quad (kg \text{ su} / kg \text{ buhar}) \quad (4.20)$$

olacaktır. Bu orana *spesifik soğutma suyu miktarı* adı verilir. Boru içindeki suyun akış hızı

$$V_{su} = \frac{4 \cdot m_s}{\pi \cdot d_i^2 \cdot n \cdot \rho} \quad (m/s) \quad (4.21)$$

olacaktır. Burada  $\rho$ , soğutma suyunun, ortalama sıcaklığındaki yoğunluğudur.

Tablolardan bulunur. Soğutma suyunun ortalama sıcaklığı

$$t_{msu} = \frac{(t_g + t_\zeta)}{2} \quad (4.22)$$

olacaktır. Soğutma suyunun ısı transfer katsayısını bulmak için, hızı yukarıdaki formüle göre belli olan bir akışkan olduğundan Reynolds sayısı

$$Re = \frac{\rho \cdot v_{su} \cdot d_i}{\mu_{su}} \quad (4.23)$$

formülünden hesaplanır. Boru içi akışta Reynold sayısı 2300 den büyük ise  $j=0,4$  (ısınma olduğu için) olmak üzere;  $Nu=0,023.(Re)^{0,8}.(Pr)^j$  şeklindeki eşitlikten Nuselt sayısı hesaplanır ve Nuselt sayısının esas tanımı gereği yani,

$$Nu = \frac{h_{su}.d_i}{k} \quad (4.24)$$

formülünden,  $h_{su}$  değeri bulunur:

$$h_{su}^* = \varphi.h_{su} \text{ (gerçek değer)} \quad (4.25)$$

Soğutma suyunun kirlenme faktörü;  $\varphi$ , 0,60 - 0,70 arasında alınabilir.

Buharın ısı transfer katsayısı;  $h_{buhar}$  için sayısal değer 10.000 - 15.000 kcal/m<sup>2</sup>h°C arasında kabul edilebilir.

Kondenser için, hesaplanan ısı transfer katsayısı;

$$\frac{1}{K_{HESAP}} = \frac{1}{h_{su}^*} + \frac{\delta}{k_{boru}} + \frac{1}{h_{buhar}} \quad (4.26)$$

bağıntısı ile bulunur. Yoğuşan buhardan, soğutma suyuna ısı transferi, bir noktadan itibaren şu şekilde olur; boru dış cidarına, dış cidardan iç cidara ve de iç cidardan soğutma suyuna doğrudur. Bu sırada en büyük sıcaklık düşüşleri, cidarlara yakın olan kısımlarda meydana gelir. Isının, buhardan dış cidara transferi burada  $h_{buhar}$  katsayısı ile ifade edilmiştir.  $h_{buhar}$  katsayısı üzerine; buharın sıcaklığı ve diğer fiziksel özellikleri, buharın borular etrafındaki hareketi, dış cidar üzerinde oluşan su tabakasının kalınlığı ve bu suyun ısı transfer yatkınlığı, boru dış yüzeyinin kalitesi yani, pürüzlü olup olmadığı gibi çeşitli faktörler etki eder.

Borunun cidar kalınlığı içinde de bir miktar sıcaklık düşüşü meydana gelir. Cidar kalınlığı :  $\delta$  ile ifade edilir ve kondenser borularında 1-2 mm kadardır. Boru malzemesinin ısı transfer katsayısı  $k$  ile gösterilir. Burada  $k$  değeri, Çizelge 4.2'den, boru malzemesine göre seçilir. Nihayetinde, ısının boru iç cidarından soğutma suyuna transferi katsayısı  $h_{su}$  ile gösterilir. Bu katsayı da iç cidarın pürüzlü olup olmadığı, soğutma suyunun fiziksel özellikleri, sıcaklığı ve boruların içinden geçiş hızı ile yakından ilgilidir ve  $K_{HESAP}$ , düz bir cidar için (4.26) formülü ile hesaplanır. Boru iç

çidarından, soğutma suyuna ısı transferinin mümkün merteye mükemmel olmasına çalışmak şarttır. Isı transfer katsayısına; ısı transferinin süresi, soğutma yüzeyi büyüklüğü, boruların diziliş durumu ve içlerinin temiz olup olmadığı, kondenser içindeki hava miktarı gibi parametreler de etki ederler [13].

Çizelge 4.2 Boru ısı iletim kat sayısı değerleri

Malzeme Cinsi	$\lambda$ Değerleri (kcal/mhK)
BakırSD-Cu	187
Bakır SB-Cu	144
(Sondermissing) Admiralty (CuZn28Sn)	93.5
Al Brass (CuZn20Al)	86.4
Al Bronze (CuAl 15As)	72
Stahl (St35-8)	45
Kupfermichellegierung (CuNiOFe)	39.6
Kupfermichellegierung (CuNi20Fe)	28.8
Kupfermichellegierung (CuNiSOFe)	25.2
Nitrostender Stahl (X5CrNi 189) Typ:304	12.6
Nichtrostender Stahl (X5CrNiMol812) Typ:316	12.6

Teorik değer ile hesaplanan değer arasındaki bağıl oran, %1 'i aşmamalıdır:

$$R = \frac{K_{TEORİK} - K_{HESAP}}{K_{TEORİK}} \quad (4.27)$$

Bu hesaplama sonunda bağıl oran değeri R, istenilen aralıkta olmazsa hesaplama işlemlerinin tek-rarlanması gerekmektedir [14].

#### 4.4 Kondenser Soğutma Suyu Pompası

Soğutma suyu pompası gücü;  $m_{su}$  değerine bağlıdır ve  $m_{su}$  daha önce hesaplanmıştır. Buna göre 4.28 denklemi ile soğutma suyu pompası gücü bulunur. Buradan bulunacak olan değer, kW olarak hesaplanacak olup, basınç kaybına bakıldığında, sistem için 5 bar'lık bir basınç kaybı esas alınmıştır (sonucun kW olarak bulunabilmesi için,  $\Delta P$  değeri için alınacak olan değer birimi bar olmalıdır.):

$$P_{POMPA} = \frac{(0,1).m_{su} .(\Delta P)}{\eta_p} \quad (4.28)$$

#### 4.5 Net Güç

Net güç, sistemin ne kadar verimli olduğu hakkında bilgi veren bir kavram olup, türbinde üretilen güç ile pompanın çektiği güç arasındaki farktır. Kondenser basıncı azaldıkça türbin gücü artarken, pompanın çektiği güç de artmaktadır ve

$$P_{\text{net}} = P_{\text{t}} - P_{\text{pompa}} \quad (4.29)$$

şeklinde ifade edilir.

## BÖLÜM 5

### MALİYET ANALİZİ

Kondenser maliyetinin yaklaşık bir değerini bulabilmek için, hesaplanan boru boyları ile kondenser için kullanılan toplam boru boyu bulunmuş ve bakır malzemesinin verileri esas alınarak aşağıdaki şekilde hesap yapılmıştır:

$$\left. \begin{aligned} L_{\text{toplam\_boru\_boyu}} &= L \cdot (n\_a \text{ det}) \\ Kon_{\text{maliyet}} &= (L_{\text{toplam\_boru\_boyu}}) \cdot (\text{birimfiyat}) \end{aligned} \right\} \quad (5.1)$$

Pompanın çektiği güç, yukarıda anlatılmış olup, basınç azaltıldıkça artmaktadır. Bu nedenle pompa maliyetinin artacağı açıktır. Dolayısıyla, kondenserin optimum basıncının seçiminde, condenser soğutucu yüzey alanının maliyeti yanında, pompa maliyetinin artışı da bir kısıt oluşturmaktadır.

## BÖLÜM 6

### VARSAYIMLAR

Bu çalışmada aşağıdaki varsayımlar yapılmıştır:

- Mekanik verim;  $\eta_m = 0.99$ , efektif verim;  $\eta_e = 0.80$ , besleme suyu pompasının verimi;  $\eta_p = 0.80$  dir.
- Kondenser ısı transfer yüzeyinin bulunabilmesi için, başlangıçtaki ısı transfer katsayısı;  $K_{TEORİK}$ :  $2500 \text{ W/m}^2\text{K} - 4000 \text{ W/m}^2\text{K}$  değerleri arasında alınmıştır.
- Soğutma suyunun kondensere giriş sıcaklığı  $t_g = 15 \text{ }^\circ\text{C}$  ve soğutma suyu giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark  $\Delta T = 8 \text{ }^\circ\text{C}$  kabul edilmiştir.
- BWG 18 ( Birmingham Wire Gauge) boru standardına göre, kondenser boruları et kalınlığı, 1,24 mm seçilmiştir.
- Boru malzemesi; Admiralty kabul edilmiştir ve buna bağlı olarakta gerekli tablolar kullanılmıştır.
- Soğutma suyunun ortalama sıcaklığındaki yoğunluğu;  $\rho = 1.005 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
- Kirlenme faktörü;  $\phi = 0,60$
- Proses buharının ısı transfer katsayısı;  $h_{buhar} = 12000 \text{ kcal/m}^2\text{hK}$  (bulunan değer 1,163 ile çarpılarak  $\text{W/m}^2 \text{K}$  cinsinden alınmıştır.) seçilmiştir.

- Kondenser malzemesi Admiralty olarak seçilmiş olsa da maliyeti konusunda kesin bir bilgi bulunamadığından maliyet hesaplamalarında bakıra ait veriler kullanılmıştır. bakır için birim fiyat; 15 TL/m dir.

## BÖLÜM 7

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; Rankine Çevrimi esas alınarak, 60 ile 100 barlık türbine giriş basınçlarında, 400 °C, 450 °C ve 500 °C türbin giriş sıcaklıklarında, 0.02 ile 0.1 bar arasında değişen kondenser basınçlarında çalışan termik santralin kondenserinin optimizasyonu ve buna bağlı olarak, bu belirtilen durumlar için, akış analizi yapılmıştır. 0,1 bar'dan 0,02 bar'a kadar 0,01 barlık azalım ile kondenser alanının değişimi hesaplanmıştır. Ayrıca, kondenser maliyeti, türbin gücü, pompa gücü, soğutma suyu hızı, alan gibi parametrelerin etkileşimi ele alınmıştır. Bu modelleme, gücü 5 MW ve 100 MW arasında değişen değerleri alan türbin güçleri için tekrarlanmış ve buna ek olarak, buharın kütleli debisi 40 kg/s kabulü ile tekrar 60 bar 400 °C şartlarındaki kondenser incelenmiştir. Bütün bu haller için, bilgisayar programı MAPLE kullanılmış ve elde edilen veriler, bu program aracılığıyla değerlendirilmiştir. MAPLE 13 bazında çalışan bir bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Yazılım sonuçları, MAPLE ve MS-Office de çizilen grafiklerle irdelenmiştir.

Hesapları yapılan santraller için termodinamik ve akış analizleri, çalışma içinde belirtilen kabullere ve formüllere göre gerçekleştirilmiştir. Burada, yazılımda kondenserin ısı transfer katsayısı  $K$ , ilk hesaplamalar için her basınç düşüşü çevriminde  $2500 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak kabul edilmiş ve hesaplanan alan değeri, etkenlik ısı geçiş katsayısı yöntemiyle bulunmuştur.  $K_{\text{teorik}}$  ile  $K_{\text{hesap}}$  arasındaki bağıl oran %1'i aşmayacak şekilde, maliyet hakkında fikir vermesi için kondenserde kullanılan toplam boru boyu hesaplanmıştır.

Sonuçta, elde edilen eğriler, herbir basınç ve sıcaklık değişimi için, Ek-B Grafikler başlığı altında sunulmuştur. Yapılan modellemeler için bulunan termodinamik ve maliyet eğrileri incelendiğinde, aşağıdaki sonuçlara varılmıştır

Kondenser basıncının 0,02 ÷ 0,1 bar değerleri arasındaki incelenmesinde;

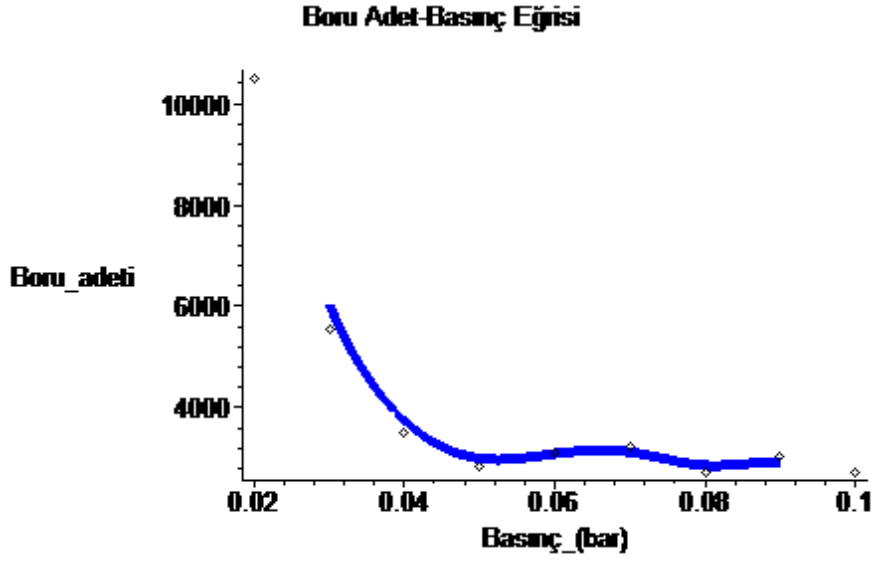
1. Basınç azaldıkça soğutma yüzeyinin arttığı görülmüştür.
2. Basınç azaldıkça boru boyunun arttığı görülmüştür.
3. Basınç azaldıkça pompa gücünün değiştiği görülmüştür.
4. Boru adetinin, 0.04 bardan küçük kondenser basıncı değerlerinde, aşırı derecede arttığı ve bunun da maliyeti artırdığı görülmüştür.

Buharın kütleli debisi  $m_{\text{buhar}}$ , 40 kg/s kabul edilip, çalışma şartlarının 60 bar 400 °C olduğu hal için verilen MAPLE 13 programı yardımıyla elde edilen aşağıdaki grafik ve sonuçlara ulaşılmıştır:

### **Boru Adedi-Basınç Değişimi:**

Çizelge 7.1 Boru adedi-basınç değişimi çizelgesi

Basınç (bar)	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02
$n_{\text{adet}}$	2714	3042	2724	3226	3122	2834	3524	5552	10504



Şekil 7.1 Boru adeti, Kondenser Basıncı Eğrisi

$$\text{Alan} = \pi \cdot L \cdot n \cdot (d_{\text{dış}}) \quad [4],$$

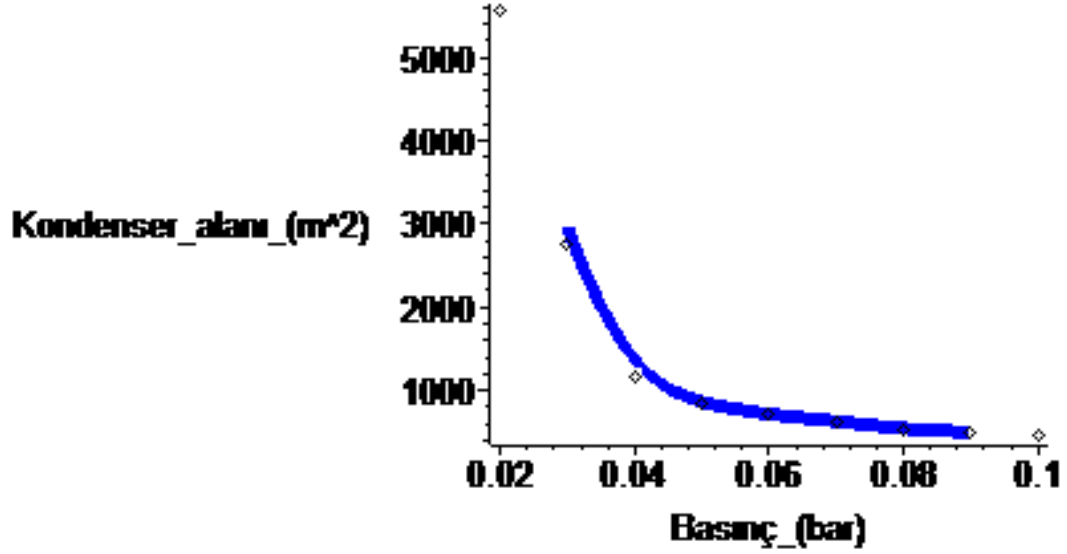
Alan formülündeki L boru boyu, BWG standartlarında, ilgili tablodan seçilmektedir. Buna bağlı olarak,  $d_{\text{dış}}$  da aynı tablodan seçilir. Alan belli olduğundan, boru adedi, yukarıdaki alan formülünden elde edilebilir. Görüldüğü gibi, kondenser basıncı 0.1 bardan 0.02 bar'a düşürüldüğünde boru adedi artmaktadır. Özellikle 0.05 bardan itibaren boru adedi artışı, şekilde belirgin olarak görülmektedir.

### **Kondenser Alanı-Basınç Değişimi:**

Çizelge 7.2 Kondenser alanı-basınç değişimi çizelgesi

Basınç (bar)	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02
Alan	448,96	503,53	531,97	630,08	711,49	830,55	1166,01	2756,70	5562,48

## Alan-Basınç Eğrisi



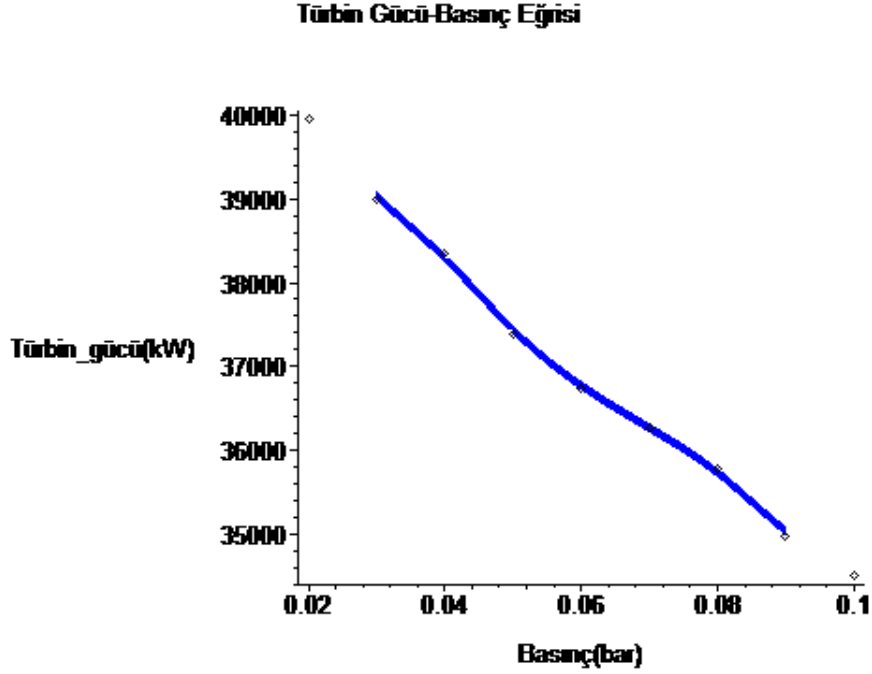
Şekil 7.2 Kondenser Alanı-Kondenser Basıncı Eğrisi

Yukarıdaki grafik göstermektedir ki, kondenser basıncı azaldıkça, kondenser alanı artmaktadır. Bu alan artışı,  $Alan = \pi \cdot L \cdot n \cdot (d_{dış})$  [4] bağıntısı gereğince, boru adetindeki ve boru boyundaki artış kaynaklıdır.

### Türbin Gücü-Basınç Değişimi:

Çizelge 7.3 Türbin gücü-basınç değişimi çizelgesi

Basınç (bar)	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02
Türbin gücü	34505,60	34985,60	35785,60	36265,60	36745,60	37385,60	38345,60	38985,60	39945,60



Şekil 7.3 Türbin Gücü, Kondenser Basıncı Eğrisi

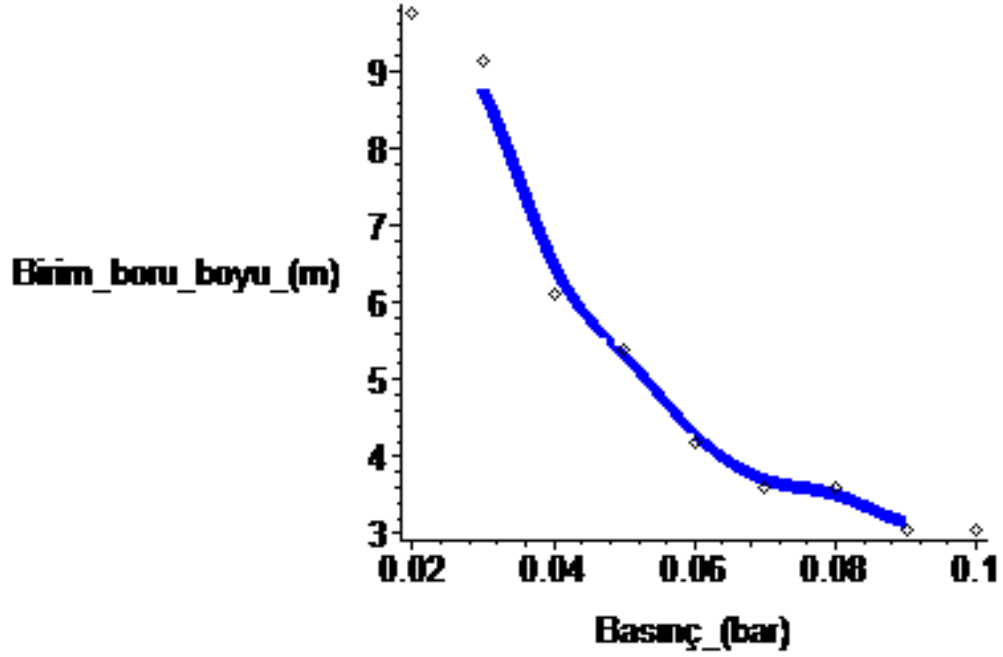
Türbin gücü  $Ne = m_b \eta_e \Delta h_t$  (KW) formülünde görüldüğü gibi, türbine giriş-çıkış entalpi farkı, türbin gücünü artırmaktadır.  $T_3$ ,  $P_3$  sıcaklık ve basıncındaki giriş entalpisi sabit olup,  $h_3$  'tür. Kondenser basıncı 0.1 bar'dan 0.02 bar'a düşerken,  $h_4$  çıkış entalpisi artmaktadır. Bu da  $\Delta h_t$  değerini artırmaktadır. Doğal olarak, Ne türbin gücünün de arttığı gözlenmiştir.

### **Boru Boyu-Kondenser Basıncı Değişimi:**

Çizelge 7.4 Boru boyu-kondenser basıncı değişimi çizelgesi

Basınç (bar)	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02
Boru boyu	3,05	3,05	3,60	3,60	4,20	5,40	6,10	9,15	9,76

## Boru Boyu-Basınç Eğrisi



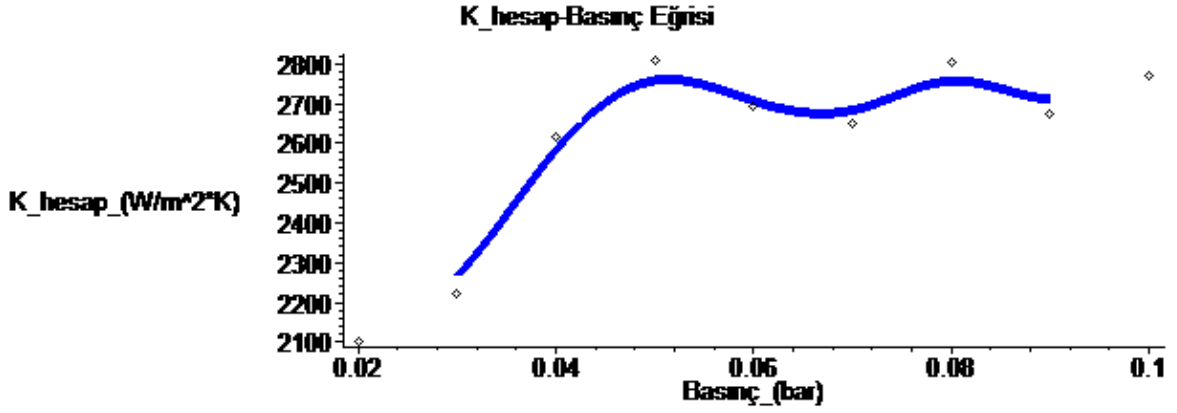
Şekil 7.4 Boru Boyu-Kondenser Basıncı Eğrisi

Alan=  $\pi \cdot L \cdot n \cdot (d_{\text{dış}})$  [4], formülündeki L parametresi (Boru boyu), basıncın azalması, dolayısıyla, alanın artması nedeniyle, 0.1 bar'dan, 0,02 bar'a buhar genişlemektedir ve boru boyu artmaktadır.

### Toplam Isı Transfer Katsayısının Basınç ile Değişimi

Çizelge 7.5 Toplam Isı Transfer Katsayısının Basınç ile Değişimi

Basınç (bar)	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02
Khesap	2772,0	2671,6	2805,0	2649,6	2694,6	2808,8	2618,2	2220,6	2101,9
2	8	5	8	7	1	5	4	7	9



Şekil 7.5 K<sub>hesap</sub>, Kondenser Basıncı Eğrisi

$$\frac{1}{K_{HESAP}} = \frac{1}{h_{su}} + \frac{\delta}{k_{boru}} + \frac{1}{h_{buhar}}$$

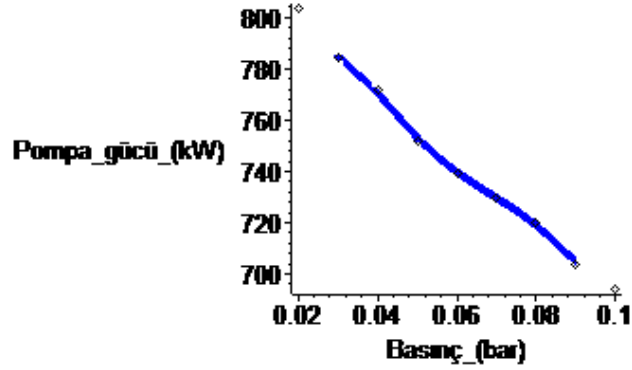
formülünde, K<sub>hesap</sub> değerinin hangi parametrelerle değiştiği net olarak görülmektedir. Burada h<sub>buhar</sub>, boru kalınlığı ve boru malzemesi, her kondenser basıncı için, aynı seçilmiş olduğundan K<sub>hesap</sub> değeri, buharın ısı taşınım katsayısıyla, kondenser basıncı düştükçe değişecektir. Yukarıdaki eğride bu formüle göre verilen değerleri referans alarak çizilmiş olup, genel yorumu; kondenser basıncı düştükçe, K<sub>hesap</sub> değerinde düştüğü yönündedir. Bu düşüş 0,05 bar'dan itibaren çok net bir şekilde görülmektedir.

### **Pompa Gücünün Basınç ile Değişimi**

Çizelge 7.6 Pompa gücünün basınç ile değişimi çizelgesi

Basınç (bar)	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02
p_pompa	694,19	703,85	719,95	729,60	739,26	752,14	771,45	784,33	803,64

### Pompa Gücü-Basınç Eğrisi



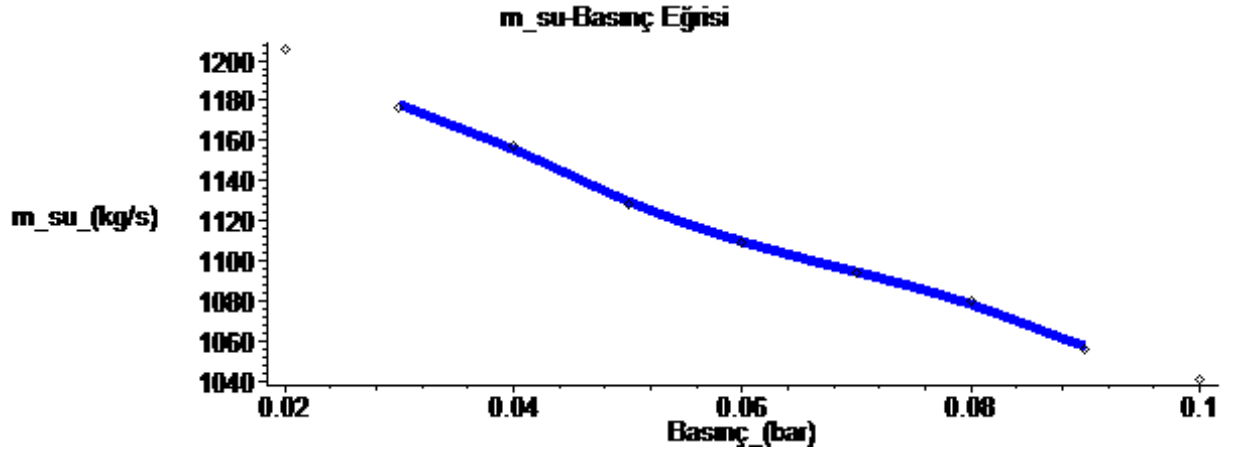
Şekil 7.6 Pompa Gücü, Kondenser Basıncı Eğrisi

Pompa gücünü bulmak için kullandığımız formül,  $P_{POMPA} = \frac{(0,1).m_{su}.\Delta P}{\eta_P}$  formülüdür, bu formüldeki,  $m_{su}$  değeri pompa gücünün basınçla değişimini etkilemektedir. Görülmektedir ki, basınç azaldıkta pompa için gereken güç artmaktadır.

### Soğutma Suyu Debisinin Basınç ile Değişimi:

Çizelge 7.7 Soğutma suyu debisinin basınç ile değişimi çizelgesi

Basınç (bar)	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02
$m_{su}$ (kg/s)	1041,29	1055,78	1079,92	1094,40	1108,89	1128,20	1157,17	1176,49	1205,46



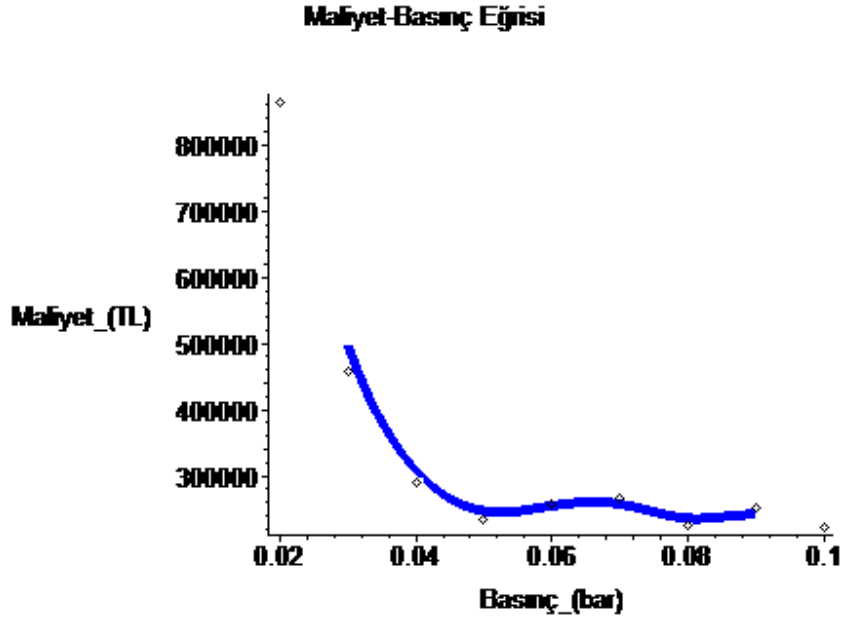
Şekil 7.7  $m_{su}$ , Kondenser Basıncı Eğrisi

$Q_b = \dot{m}_b (h_1 - h_{4g})$  formülündeki buharın verdiği ısı,  $Q_s = \dot{m}_s c_{psu} \Delta T$  formülündeki soğutma suyunun aldığı ısıya eşittir. Kısaca, türbindeki giriş entalpisi ile çıkış gerçek entalpisi arasındaki fark,  $m_s$  değerini etkilemektedir. Daha detaylı açıklanırsa,  $h_1 - h_{4g}$  terimi kondenser basıncının düşmesiyle artar,  $m_b$  sabit aldığımız sistemde buna bağlı olarak  $m_s$  değeri değişecektir. Yapılan diğer sistemlerdeki incelemede ise, bu değer azalan kondenser basıncıyla değişim gösterebilir,  $m_b$  sabit kabul edilmiş sistemdeki gibi, çok keskin değişimler gözlenmemiştir.

### **Kondenser Maliyetinin Basınç ile Değişimi:**

Çizelge 7.8 Kondenser maliyetinin basınç ile değişimi çizelgesi

Basınç (bar)	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02
con_mlyt	223387,25	250543,05	224254,04	265611,12	257083,13	233413,79	290084,99	457216,37	864912,43



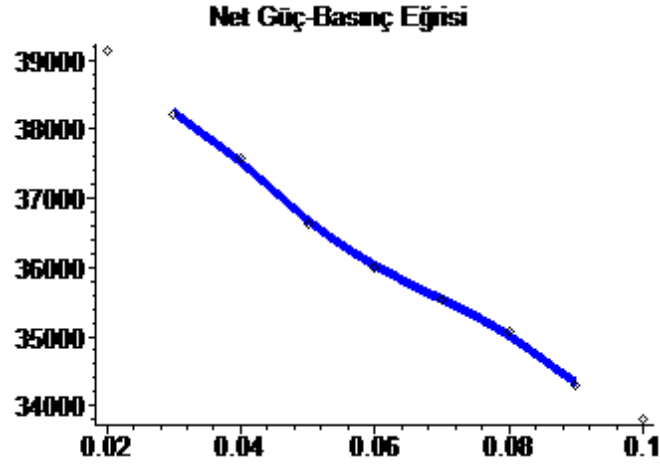
Şekil 7.8 Maliyet-Kondenser Basıncı Eğrisi

$L_{toplam\_boru\_boyu} = L \cdot (n\_adet)$  formülünde görüldüğü gibi, boru adeti ile toplam boru boyu arasında çok sıkı bir ilişki vardır. Yani boru adeti, kondenser basınç düşümü arasındaki ilişki kondenser maliyetini  $Kon_{maliyet} = (L_{toplam\_boru\_boyu}) \cdot (birimfiyat)$  formülündeki toplam boru uzunluğu parametresini etkileyeceği için, dolaylı olarak maliyeti etkileyecektir. Görüldüğü gibi, maliyet yukarıda saydığımız sebeplerden dolayı, kondenser basıncı azaldıkça, artmaktadır. Bu artış, 0,04-0,05 bar noktalarından itibaren çok net gözlemlenebilir.

### **Net güç- Basınç Değişimi:**

Çizelge 7.9 Net güç-basınç değişimi

Basınç (bar)	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02
Nnet	33811,41	34281,75	35065,65	35536,00	36006,34	36633,47	37574,15	38201,28	39141,96



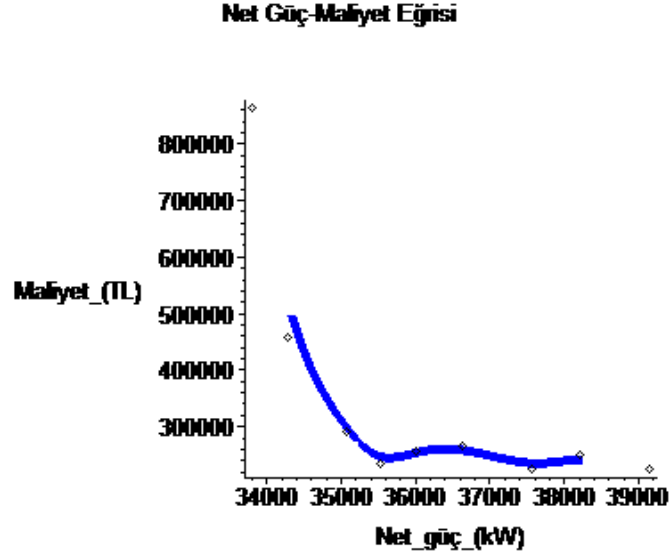
Şekil 7.9 Net Güç, Kondenser Basıncı Eğrisi

Net güç formülünden de görüleceği üzere türbin gücü artıp pompa gücü azaldıkça net güç görüleceği gibi, artmaktadır. Pompa gücü çok keskin değişimlerde olmadığı için net güce en fazla etkiyi türbin gücü yapmaktadır. Türbin gücü, daha önce bahsedildiği gibi kondenser basıncı azaldıkça artmaktadır. Sonuçta, net güç kondenser basıncı azaldıkça artma eğilimindedir. 0,01 bar için en düşük seviyedeyken, 0,02 bar'a basınç düştükçe artmakta ve bu değer için maksimum değere ulaşmaktadır.

**Net güç-Maliyet Değişimi:**

Çizelge 7.10 Net güç-maliyet değişimi çizelgesi

con_mlyt	223387,25	250543,05	224254,04	265611,12	257083,13	233413,79	290084,99	457216,37	864912,43
Nnet	33811,41	34281,75	35065,65	35536,00	36006,34	36633,47	37574,15	38201,28	39141,96



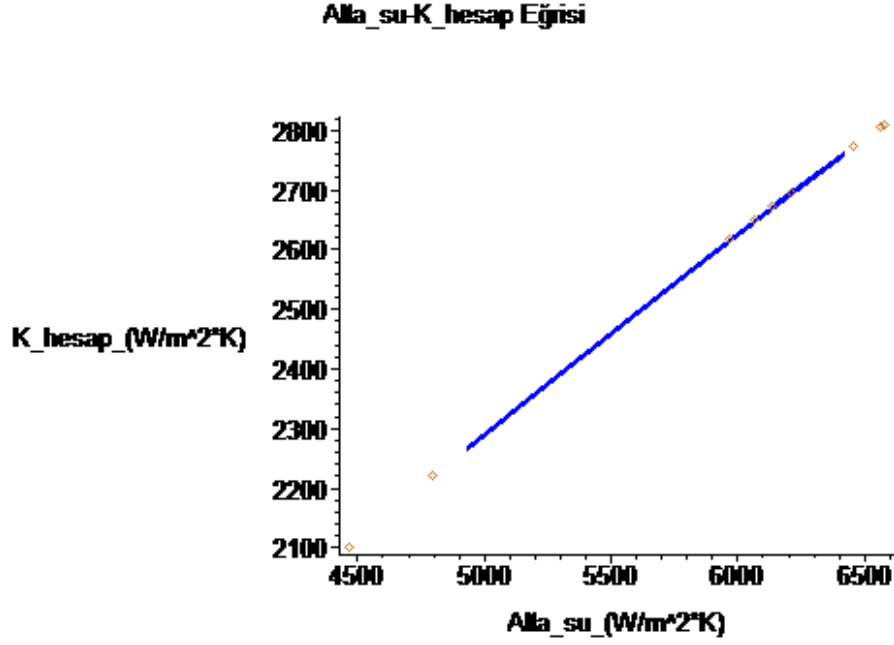
Şekil 7.10 Net Güç, Kondenser Maliyeti Eğrisi

Net güç ve maliyetin kondenser basıncı ile olan değişimi daha önce gösterilmişti. Optimizasyon saptamasında kısıtlar çok iyi irdelenmelidir. Bu kısıtlar içinde en önemlilerinden biriside maliyettir.Maliyet, sistemde de görüldüğü gibi net güç artışı olumlu bir etken olsa da, aynı şekilde maliyetinde arttığı görülmektedir. Bunun için en optimum şart olarak maliyetin en az olduğu ve buna nazaranda net gücün çok düşük olmadığı seviyeyi ele alırsak bunu 0,05 bar noktasında olduğu görülmektedir.

**Suyun Isı Taşınım Katsayısı ile Toplam Isı Transfer Katsayısının Değişimi:**

Çizelge 7.11 Suyun Isı Taşınım Katsayısı ile Toplam Isı Transfer Katsayısının Değişimi çizelgesi

<b>K<sub>hesap</sub></b>	2772,08	2671,65	2805,08	2649,67	2694,61	2808,85	2618,24	2220,67	2101,99
<b>alfa<sub>su</sub></b>	6457,26	6134,94	6565,19	6065,60	6207,80	6577,60	5967,22	4793,65	4467,00



Şekil 7.11 Su Taşınım Katsayısı,  $K_{hesap}$  Eğrisi

$$\frac{1}{K_{HESAP}} = \frac{1}{h_{su}} + \frac{\delta}{k_{boru}} + \frac{1}{h_{buhar}}$$

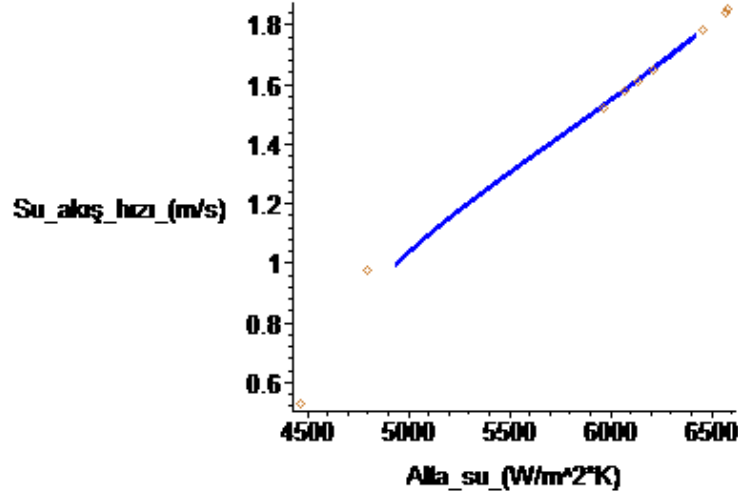
formülündeki  $h_{su}$ (alfa-su), suyun ısı taşınım katsayısı olup, nuselt sayısına bağlı olarak bulunur. Burada suyun taşınım katsayısının, toplam ısı transfer katsayısını nasıl etkilediği görülmektedir. Soğutma suyu ısı transfer katsayısı arttıkça, görülmektedir ki, toplam ısı transfer katsayısıda artmaktadır.

### **Suyun Isı Taşınım Katsayısı ile Soğutma Suyu Hızı Etkileşimi**

Çizelge 7.12 Suyun Isı Taşınım Katsayısı ile Soğutma Suyu hızı Etkileşimi çizelgesi

$V_{su}$	1,78	1,61	1,84	1,58	1,65	1,85	1,52	0,98	0,53
alfa_su	6457,26	6134,94	6565,19	6065,60	6207,80	6577,60	5967,22	4793,65	4467,00

**Alla\_su-Soğutma Suyu Akış Hızı Eğrisi**



Şekil 7.12 Su akış hızı, Su ısı taşınım katsayısı eğrisi

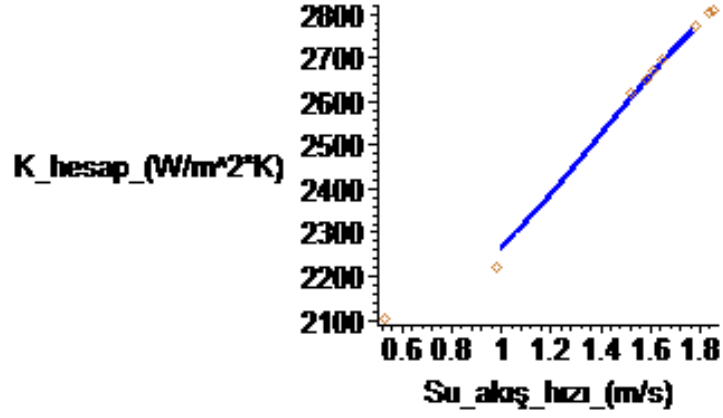
Yukarıdaki grafik,  $Nu = \frac{h_{su} \cdot d_i}{k}$  denklemindeki  $h_{su}$  değerinin,  $v_{su}$  değeri ile nasıl değiştiğini göstermektedir. Nuselt sayısı bilindiği gibi Reynolds sayısına bağlıdır ve Reynolds sayısı suyun akış hızına bağlıdır,  $Re = \frac{\rho \cdot v_{su} \cdot d_i}{\mu_{su}}$  formülünden de bu durum çok net belli olmaktadır. Yani suyun akış hızı arttıkça Re sayısı artacak ve bu da Nu sayısını artıracaktır. Sonuçta artan su hızı ile suyun ısı taşınım katsayısı artmaktadır.

### **Soğutma Suyu Hızı ile Toplam Isı Transfer Katsayısının Değişimi:**

Çizelge 7.13 Soğutma Suyu Hızı ile Toplam Isı Transfer Katsayısının Değişimi çizelgesi

$V_{su}$	1,78	1,61	1,84	1,58	1,65	1,85	1,52	0,98	0,53
$K_{hesap}$	2772,08	2671,65	2805,08	2649,67	2694,61	2808,85	2618,24	2220,67	2101,99

### Khesap-Soğutma Suyu Akış Hızı Eğrisi



Şekil 7.13 Su akış hızı,  $K_{hesap}$  Eğrisi

$$\frac{1}{K_{HESAP}} = \frac{1}{h_{su}} + \frac{\delta}{k_{boru}} + \frac{1}{h_{buhar}}$$

formülündeki  $h_{su}$ (alfa-su), suyun ısı taşınım katsayısı olup, Nuselt sayısına bağlı olarak bulunur. Burada suyun taşınım katsayısının, toplam ısı transfer katsayısını nasıl etkilediği görülmektedir. Soğutma suyu hızı arttıkça, görülmektedir ki, toplam ısı transfer katsayısı da artmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Kakaç, S., A.E. Bergles, F. Mayinger, Eds., ‘ Heat Exchangers’, Hemisphere Publishing, New York, (1981).
- [2] Öztürk, R., ‘Marine Technology’, .41(1);17-21, 2004.
- [3] Genceli F.O., ‘Isı Değiştiricileri’, Birsen Yayın Evi, İstanbul, (2005).
- [4] Kudakçioğlu, E.DTermik Santrallerde Kondenser Optimizasyonu,Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi.,(2001).
- [5] Scribd Döküman Numarası (Document ID): 54185767  
<http://www.scribd.com/doc/54185767/Rankine-cevrimi>, 2011.
- [6] Öztürk,R. Enerji Tesis ve İşletmeleri, Ders notları,YTÜ, 1998.
- [7] Çengel,Y., ‘Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik’, ISBN:978-975-6240-26-7,5th Edition, İzmir Güven Kitabevi, (2008).
- [8] Avusturalya Hükümeti Resmi İnternet Sitesi, Enerji ve Elektrik Araştırması,  
<http://www.energy.qld.gov.au/electricity/infosite/index.htm>, 2011.
- [9] Power Generation Method-Steam Generation.  
[http://energy.com/resources/consumer\\_education/funelec/steam.shtml](http://energy.com/resources/consumer_education/funelec/steam.shtml), 2011.
- [10] Kondenser Mukavemet Hesapları ve Dizayn Parametreleri  
<https://www.veribaz.com/viewdoc.html?/www.veribaz.com:443/login.htmlm=1&ul=kondenser-dizayni-termik-ve-mukavemet-hesaplari-341789.html> , 2010.
- [11] Eyice ,S., Buhar Türbinleri Hesap ve Konstrüksiyonları, Cilt III,İDMMA yayınları, Sayı:88. ,(1974).
- [12] Enerji Verimi ve Kondenserdeki Isı Transferi, <http://thermocore.com>, 2010.
- [13] Coulson & Richardson, Chemical Engineering Fluid Flow. Heat Transfer and Mass Transfer,Vol.1, 5th Ed. , Butterford and Heinemann, (1996).
- [14] Guyer, E. C. ,Handbook of Applied Thermal Design,McGraw-Hill Book CO. , 1989.
- [15] Incropera F.P., Dewitt D.P., ‘Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri’, Literatür Yayıncılık, İstanbul, (2000).

- [16] Geankoplis, C. J., Transport Processes and Unit Operations, 3rd ed. , Printice Hall. , 1993.
- [17] Peselik, I. , Hidrolik Makinalar, Ders notları, YTÜ, 1997.

## TABLOLAR

Ek\_A Çizelge.1 doymuş su-sıcaklık tablosu [7].

Temp., $T$ °C	Sat. press., $P_{sat}$ kPa	Specific volume, $m^3/kg$		Internal energy, $kJ/kg$			Enthalpy, $kJ/kg$			Entropy, $kJ/kg \cdot K$		
		Sat. liquid, $v_f$	Sat. vapor, $v_g$	Sat. liquid, $u_f$	Evap., $u_{fg}$	Sat. vapor, $u_g$	Sat. liquid, $h_f$	Evap., $h_{fg}$	Sat. vapor, $h_g$	Sat. liquid, $s_f$	Evap., $s_{fg}$	Sat. vapor, $s_g$
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

Ek\_A Çizelge.2 doymuş su-basınç tablosu [7].

Press., <i>P</i> kPa	Sat. temp., <i>T</i> <sub>sat</sub> °C	Specific volume, m <sup>3</sup> /kg		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg · K		
		Sat. liquid, <i>v</i> <sub>f</sub>	Sat. vapor, <i>v</i> <sub>g</sub>	Sat. liquid, <i>u</i> <sub>f</sub>	Evap., <i>u</i> <sub>fg</sub>	Sat. vapor, <i>u</i> <sub>g</sub>	Sat. liquid, <i>h</i> <sub>f</sub>	Evap., <i>h</i> <sub>fg</sub>	Sat. vapor, <i>h</i> <sub>g</sub>	Sat. liquid, <i>s</i> <sub>f</sub>	Evap., <i>s</i> <sub>fg</sub>	Sat. vapor, <i>s</i> <sub>g</sub>
1.0	6.97	0.001000	129.19	29.302	2355.2	2384.5	29.303	2484.4	2513.7	0.1059	8.8690	8.9749
1.5	13.02	0.001001	87.964	54.686	2338.1	2392.8	54.688	2470.1	2524.7	0.1956	8.6314	8.8270
2.0	17.50	0.001001	66.990	73.431	2325.5	2398.9	73.433	2459.5	2532.9	0.2606	8.4621	8.7227
2.5	21.08	0.001002	54.242	88.422	2315.4	2403.8	88.424	2451.0	2539.4	0.3118	8.3302	8.6421
3.0	24.08	0.001003	45.654	100.98	2306.9	2407.9	100.98	2443.9	2544.8	0.3543	8.2222	8.5765
4.0	28.96	0.001004	34.791	121.39	2293.1	2414.5	121.39	2432.3	2553.7	0.4224	8.0510	8.4734
5.0	32.87	0.001005	28.185	137.75	2282.1	2419.8	137.75	2423.0	2560.7	0.4762	7.9176	8.3938
7.5	40.29	0.001008	19.233	168.74	2261.1	2429.8	168.75	2405.3	2574.0	0.5763	7.6738	8.2501
10	45.81	0.001010	14.670	191.79	2245.4	2437.2	191.81	2392.1	2583.9	0.6492	7.4996	8.1488
15	53.97	0.001014	10.020	225.93	2222.1	2448.0	225.94	2372.3	2598.3	0.7549	7.2522	8.0071
20	60.06	0.001017	7.6481	251.40	2204.6	2456.0	251.42	2357.5	2608.9	0.8320	7.0752	7.9073
25	64.96	0.001020	6.2034	271.93	2190.4	2462.4	271.96	2345.5	2617.5	0.8932	6.9370	7.8302
30	69.09	0.001022	5.2287	289.24	2178.5	2467.7	289.27	2335.3	2624.6	0.9441	6.8234	7.7675
40	75.86	0.001026	3.9933	317.58	2158.8	2476.3	317.62	2318.4	2636.1	1.0261	6.6430	7.6691
50	81.32	0.001030	3.2403	340.49	2142.7	2483.2	340.54	2304.7	2645.2	1.0912	6.5019	7.5931
75	91.76	0.001037	2.2172	384.36	2111.8	2496.1	384.44	2278.0	2662.4	1.2132	6.2426	7.4558
100	99.61	0.001043	1.6941	417.40	2088.2	2505.6	417.51	2257.5	2675.0	1.3028	6.0562	7.3589
101.325	99.97	0.001043	1.6734	418.95	2087.0	2506.0	419.06	2256.5	2675.6	1.3069	6.0476	7.3545
125	105.97	0.001048	1.3750	444.23	2068.8	2513.0	444.36	2240.6	2684.9	1.3741	5.9100	7.2841
150	111.35	0.001053	1.1594	466.97	2052.3	2519.2	467.13	2226.0	2693.1	1.4337	5.7894	7.2231
175	116.04	0.001057	1.0037	486.82	2037.7	2524.5	487.01	2213.1	2700.2	1.4850	5.6865	7.1716
200	120.21	0.001061	0.88578	504.50	2024.6	2529.1	504.71	2201.6	2706.3	1.5302	5.5968	7.1270
225	123.97	0.001064	0.79329	520.47	2012.7	2533.2	520.71	2191.0	2711.7	1.5706	5.5171	7.0877
250	127.41	0.001067	0.71873	535.08	2001.8	2536.8	535.35	2181.2	2716.5	1.6072	5.4453	7.0525
275	130.58	0.001070	0.65732	548.57	1991.6	2540.1	548.86	2172.0	2720.9	1.6408	5.3800	7.0207
300	133.52	0.001073	0.60582	561.11	1982.1	2543.2	561.43	2163.5	2724.9	1.6717	5.3200	6.9917
325	136.27	0.001076	0.56199	572.84	1973.1	2545.9	573.19	2155.4	2728.6	1.7005	5.2645	6.9650
350	138.86	0.001079	0.52422	583.89	1964.6	2548.5	584.26	2147.7	2732.0	1.7274	5.2128	6.9402
375	141.30	0.001081	0.49133	594.32	1956.6	2550.9	594.73	2140.4	2735.1	1.7526	5.1645	6.9171
400	143.61	0.001084	0.46242	604.22	1948.9	2553.1	604.66	2133.4	2738.1	1.7765	5.1191	6.8955
450	147.90	0.001088	0.41392	622.65	1934.5	2557.1	623.14	2120.3	2743.4	1.8205	5.0356	6.8561
500	151.83	0.001093	0.37483	639.54	1921.2	2560.7	640.09	2108.0	2748.1	1.8604	4.9603	6.8207
550	155.46	0.001097	0.34261	655.16	1908.8	2563.9	655.77	2096.6	2752.4	1.8970	4.8916	6.7886
600	158.83	0.001101	0.31560	669.72	1897.1	2566.8	670.38	2085.8	2756.2	1.9308	4.8285	6.7593
650	161.98	0.001104	0.29260	683.37	1886.1	2569.4	684.08	2075.5	2759.6	1.9623	4.7699	6.7322
700	164.95	0.001108	0.27278	696.23	1875.6	2571.8	697.00	2065.8	2762.8	1.9918	4.7153	6.7071
750	167.75	0.001111	0.25552	708.40	1865.6	2574.0	709.24	2056.4	2765.7	2.0195	4.6642	6.6837

Ek\_A Çizelge.3 Kızgın su buharı tablosu [7].

$T$ °C	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg · K	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg · K	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg · K
<b>P = 4.0 MPa (250.35°C)</b>				<b>P = 4.5 MPa (257.44°C)</b>				<b>P = 5.0 MPa (263.94°C)</b>				
Sat.	0.04978	2601.7	2800.8	6.0696	0.04406	2599.7	2798.0	6.0198	0.03945	2597.0	2794.2	5.9737
275	0.05461	2668.9	2887.3	6.2312	0.04733	2651.4	2864.4	6.1429	0.04144	2632.3	2839.5	6.0571
300	0.05887	2726.2	2961.7	6.3639	0.05138	2713.0	2944.2	6.2854	0.04535	2699.0	2925.7	6.2111
350	0.06647	2827.4	3093.3	6.5843	0.05842	2818.6	3081.5	6.5153	0.05197	2809.5	3069.3	6.4516
400	0.07343	2920.8	3214.5	6.7714	0.06477	2914.2	3205.7	6.7071	0.05784	2907.5	3196.7	6.6483
450	0.08004	3011.0	3331.2	6.9386	0.07076	3005.8	3324.2	6.8770	0.06332	3000.6	3317.2	6.8210
500	0.08644	3100.3	3446.0	7.0922	0.07652	3096.0	3440.4	7.0323	0.06858	3091.8	3434.7	6.9781
600	0.09886	3279.4	3674.9	7.3706	0.08766	3276.4	3670.9	7.3127	0.07870	3273.3	3666.9	7.2605
700	0.11098	3462.4	3906.3	7.6214	0.09850	3460.0	3903.3	7.5647	0.08852	3457.7	3900.3	7.5136
800	0.12292	3650.6	4142.3	7.8523	0.10916	3648.8	4140.0	7.7962	0.09816	3646.9	4137.7	7.7458
900	0.13476	3844.8	4383.9	8.0675	0.11972	3843.3	4382.1	8.0118	0.10769	3841.8	4380.2	7.9619
1000	0.14653	4045.1	4631.2	8.2698	0.13020	4043.9	4629.8	8.2144	0.11715	4042.6	4628.3	8.1648
1100	0.15824	4251.4	4884.4	8.4612	0.14064	4250.4	4883.2	8.4060	0.12655	4249.3	4882.1	8.3566
1200	0.16992	4463.5	5143.2	8.6430	0.15103	4462.6	5142.2	8.5880	0.13592	4461.6	5141.3	8.5388
1300	0.18157	4680.9	5407.2	8.8164	0.16140	4680.1	5406.5	8.7616	0.14527	4679.3	5405.7	8.7124
<b>P = 6.0 MPa (275.59°C)</b>				<b>P = 7.0 MPa (285.83°C)</b>				<b>P = 8.0 MPa (295.01°C)</b>				
Sat.	0.03245	2589.9	2784.6	5.8902	0.027378	2581.0	2772.6	5.8148	0.023525	2570.5	2758.7	5.7450
300	0.03619	2668.4	2885.6	6.0703	0.029492	2633.5	2839.9	5.9337	0.024279	2592.3	2786.5	5.7937
350	0.04225	2790.4	3043.9	6.3357	0.035262	2770.1	3016.9	6.2305	0.029975	2748.3	2988.1	6.1321
400	0.04742	2893.7	3178.3	6.5432	0.039958	2879.5	3159.2	6.4502	0.034344	2864.6	3139.4	6.3658
450	0.05217	2989.9	3302.9	6.7219	0.044187	2979.0	3288.3	6.6353	0.038194	2967.8	3273.3	6.5579
500	0.05667	3083.1	3423.1	6.8826	0.048157	3074.3	3411.4	6.8000	0.041767	3065.4	3399.5	6.7266
550	0.06102	3175.2	3541.3	7.0308	0.051966	3167.9	3531.6	6.9507	0.045172	3160.5	3521.8	6.8800
600	0.06527	3267.2	3658.8	7.1693	0.055665	3261.0	3650.6	7.0910	0.048463	3254.7	3642.4	7.0221
700	0.07355	3453.0	3894.3	7.4247	0.062850	3448.3	3888.3	7.3487	0.054829	3443.6	3882.2	7.2822
800	0.08165	3643.2	4133.1	7.6582	0.069856	3639.5	4128.5	7.5836	0.061011	3635.7	4123.8	7.5185
900	0.08964	3838.8	4376.6	7.8751	0.076750	3835.7	4373.0	7.8014	0.067082	3832.7	4369.3	7.7372
1000	0.09756	4040.1	4625.4	8.0786	0.083571	4037.5	4622.5	8.0055	0.073079	4035.0	4619.6	7.9419
1100	0.10543	4247.1	4879.7	8.2709	0.090341	4245.0	4877.4	8.1982	0.079025	4242.8	4875.0	8.1350
1200	0.11326	4459.8	5139.4	8.4534	0.097075	4457.9	5137.4	8.3810	0.084934	4456.1	5135.5	8.3181
1300	0.12107	4677.7	5404.1	8.6273	0.103781	4676.1	5402.6	8.5551	0.090817	4674.5	5401.0	8.4925
<b>P = 9.0 MPa (303.35°C)</b>				<b>P = 10.0 MPa (311.00°C)</b>				<b>P = 12.5 MPa (327.81°C)</b>				
Sat.	0.020489	2558.5	2742.9	5.6791	0.018028	2545.2	2725.5	5.6159	0.013496	2505.6	2674.3	5.4638
325	0.023284	2647.6	2857.1	5.8738	0.019877	2611.6	2810.3	5.7596	0.016138	2624.9	2826.6	5.7130
350	0.025816	2725.0	2957.3	6.0380	0.022440	2699.6	2924.0	5.9460	0.020030	2789.6	3040.0	6.0433
400	0.029960	2849.2	3118.8	6.2876	0.026436	2833.1	3097.5	6.2141	0.023019	2913.7	3201.5	6.2749
450	0.033524	2956.3	3258.0	6.4872	0.029782	2944.5	3242.4	6.4219	0.025630	3023.2	3343.6	6.4651
500	0.036793	3056.3	3387.4	6.6603	0.032811	3047.0	3375.1	6.5995	0.028033	3126.1	3476.5	6.6317
550	0.039885	3153.0	3512.0	6.8164	0.035655	3145.4	3502.0	6.7585	0.030306	3225.8	3604.6	6.7828
600	0.042861	3248.4	3634.1	6.9605	0.038378	3242.0	3625.8	6.9045	0.032491	3324.1	3730.2	6.9227
650	0.045755	3343.4	3755.2	7.0954	0.041018	3338.0	3748.1	7.0408	0.034612	3422.0	3854.6	7.0540
700	0.048589	3438.8	3876.1	7.2229	0.043597	3434.0	3870.0	7.1693	0.038724	3618.8	4102.8	7.2967
800	0.054132	3632.0	4119.2	7.4606	0.048629	3628.2	4114.5	7.4085	0.042720	3818.9	4352.9	7.5195
900	0.059562	3829.6	4365.7	7.6802	0.053547	3826.5	4362.0	7.6290	0.046641	4023.5	4606.5	7.7269
1000	0.064919	4032.4	4616.7	7.8855	0.058391	4029.9	4613.8	7.8349	0.050510	4233.1	4864.5	7.9220
1100	0.070224	4240.7	4872.7	8.0791	0.063183	4238.5	4870.3	8.0289	0.054342	4447.7	5127.0	8.1065
1200	0.075492	4454.2	5133.6	8.2625	0.067938	4452.4	5131.7	8.2126	0.058147	4667.3	5394.1	8.2819
1300	0.080733	4672.9	5399.5	8.4371	0.072667	4671.3	5398.0	8.3874				

Ek\_A Çizelge.3 Kızgın su buharı tablosu (devam) [7]

$T$ °C	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg · K	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg · K	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg · K
<b><math>P = 15.0 \text{ MPa (342.16}^\circ\text{C)}</math></b>				<b><math>P = 17.5 \text{ MPa (354.67}^\circ\text{C)}</math></b>				<b><math>P = 20.0 \text{ MPa (365.75}^\circ\text{C)}</math></b>				
Sat.	0.010341	2455.7	2610.8	5.3108	0.007932	2390.7	2529.5	5.1435	0.005862	2294.8	2412.1	4.9310
350	0.011481	2520.9	2693.1	5.4438								
400	0.015671	2740.6	2975.7	5.8819	0.012463	2684.3	2902.4	5.7211	0.009950	2617.9	2816.9	5.5526
450	0.018477	2880.8	3157.9	6.1434	0.015204	2845.4	3111.4	6.0212	0.012721	2807.3	3061.7	5.9043
500	0.020828	2998.4	3310.8	6.3480	0.017385	2972.4	3276.7	6.2424	0.014793	2945.3	3241.2	6.1446
550	0.022945	3106.2	3450.4	6.5230	0.019305	3085.8	3423.6	6.4266	0.016571	3064.7	3396.2	6.3390
600	0.024921	3209.3	3583.1	6.6796	0.021073	3192.5	3561.3	6.5890	0.018185	3175.3	3539.0	6.5075
650	0.026804	3310.1	3712.1	6.8233	0.022742	3295.8	3693.8	6.7366	0.019695	3281.4	3675.3	6.6593
700	0.028621	3409.8	3839.1	6.9573	0.024342	3397.5	3823.5	6.8735	0.021134	3385.1	3807.8	6.7991
800	0.032121	3609.3	4091.1	7.2037	0.027405	3599.7	4079.3	7.1237	0.023870	3590.1	4067.5	7.0531
900	0.035503	3811.2	4343.7	7.4288	0.030348	3803.5	4334.6	7.3511	0.026484	3795.7	4325.4	7.2829
1000	0.038808	4017.1	4599.2	7.6378	0.033215	4010.7	4592.0	7.5616	0.029020	4004.3	4584.7	7.4950
1100	0.042062	4227.7	4858.6	7.8339	0.036029	4222.3	4852.8	7.7588	0.031504	4216.9	4847.0	7.6933
1200	0.045279	4443.1	5122.3	8.0192	0.038806	4438.5	5117.6	7.9449	0.033952	4433.8	5112.9	7.8802
1300	0.048469	4663.3	5390.3	8.1952	0.041556	4659.2	5386.5	8.1215	0.036371	4655.2	5382.7	8.0574
<b><math>P = 25.0 \text{ MPa}</math></b>				<b><math>P = 30.0 \text{ MPa}</math></b>				<b><math>P = 35.0 \text{ MPa}</math></b>				
375	0.001978	1799.9	1849.4	4.0345	0.001792	1738.1	1791.9	3.9313	0.001701	1702.8	1762.4	3.8724
400	0.006005	2428.5	2578.7	5.1400	0.002798	2068.9	2152.8	4.4758	0.002105	1914.9	1988.6	4.2144
425	0.007886	2607.8	2805.0	5.4708	0.005299	2452.9	2611.8	5.1473	0.003434	2253.3	2373.5	4.7751
450	0.009176	2721.2	2950.6	5.6759	0.006737	2618.9	2821.0	5.4422	0.004957	2497.5	2671.0	5.1946
500	0.011143	2887.3	3165.9	5.9643	0.008691	2824.0	3084.8	5.7956	0.006933	2755.3	2997.9	5.6331
550	0.012736	3020.8	3339.2	6.1816	0.010175	2974.5	3279.7	6.0403	0.008348	2925.8	3218.0	5.9093
600	0.014140	3140.0	3493.5	6.3637	0.011445	3103.4	3446.8	6.2373	0.009523	3065.6	3399.0	6.1229
650	0.015430	3251.9	3637.7	6.5243	0.012590	3221.7	3599.4	6.4074	0.010565	3190.9	3560.7	6.3030
700	0.016643	3359.9	3776.0	6.6702	0.013654	3334.3	3743.9	6.5599	0.011523	3308.3	3711.6	6.4623
800	0.018922	3570.7	4043.8	6.9322	0.015628	3551.2	4020.0	6.8301	0.013278	3531.6	3996.3	6.7409
900	0.021075	3780.2	4307.1	7.1668	0.017473	3764.6	4288.8	7.0695	0.014904	3749.0	4270.6	6.9853
1000	0.023150	3991.5	4570.2	7.3821	0.019240	3978.6	4555.8	7.2880	0.016450	3965.8	4541.5	7.2069
1100	0.025172	4206.1	4835.4	7.5825	0.020954	4195.2	4823.9	7.4906	0.017942	4184.4	4812.4	7.4118
1200	0.027157	4424.6	5103.5	7.7710	0.022630	4415.3	5094.2	7.6807	0.019398	4406.1	5085.0	7.6034
1300	0.029115	4647.2	5375.1	7.9494	0.024279	4639.2	5367.6	7.8602	0.020827	4631.2	5360.2	7.7841
<b><math>P = 40.0 \text{ MPa}</math></b>				<b><math>P = 50.0 \text{ MPa}</math></b>				<b><math>P = 60.0 \text{ MPa}</math></b>				
375	0.001641	1677.0	1742.6	3.8290	0.001560	1638.6	1716.6	3.7642	0.001503	1609.7	1699.9	3.7149
400	0.001911	1855.0	1931.4	4.1145	0.001731	1787.8	1874.4	4.0029	0.001633	1745.2	1843.2	3.9317
425	0.002538	2097.5	2199.0	4.5044	0.002009	1960.3	2060.7	4.2746	0.001816	1892.9	2001.8	4.1630
450	0.003692	2364.2	2511.8	4.9449	0.002487	2160.3	2284.7	4.5896	0.002086	2055.1	2180.2	4.4140
500	0.005623	2681.6	2906.5	5.4744	0.003890	2528.1	2722.6	5.1762	0.002952	2393.2	2570.3	4.9356
550	0.006985	2875.1	3154.4	5.7857	0.005118	2769.5	3025.4	5.5563	0.003955	2664.6	2901.9	5.3517
600	0.008089	3026.8	3350.4	6.0170	0.006108	2947.1	3252.6	5.8245	0.004833	2866.8	3156.8	5.6527
650	0.009053	3159.5	3521.6	6.2078	0.006957	3095.6	3443.5	6.0373	0.005591	3031.3	3366.8	5.8867
700	0.009930	3282.0	3679.2	6.3740	0.007717	3228.7	3614.6	6.2179	0.006265	3175.4	3551.3	6.0814
800	0.011521	3511.8	3972.6	6.6613	0.009073	3472.2	3925.8	6.5225	0.007456	3432.6	3880.0	6.4033
900	0.012980	3733.3	4252.5	6.9107	0.010296	3702.0	4216.8	6.7819	0.008519	3670.9	4182.1	6.6725
1000	0.014360	3952.9	4527.3	7.1355	0.011441	3927.4	4499.4	7.0131	0.009504	3902.0	4472.2	6.9099
1100	0.015686	4173.7	4801.1	7.3425	0.012534	4152.2	4778.9	7.2244	0.010439	4130.9	4757.3	7.1255
1200	0.016976	4396.9	5075.9	7.5357	0.013590	4378.6	5058.1	7.4207	0.011339	4360.5	5040.8	7.3248
1300	0.018239	4623.3	5352.8	7.7175	0.014620	4607.5	5338.5	7.6048	0.012213	4591.8	5324.5	7.5111

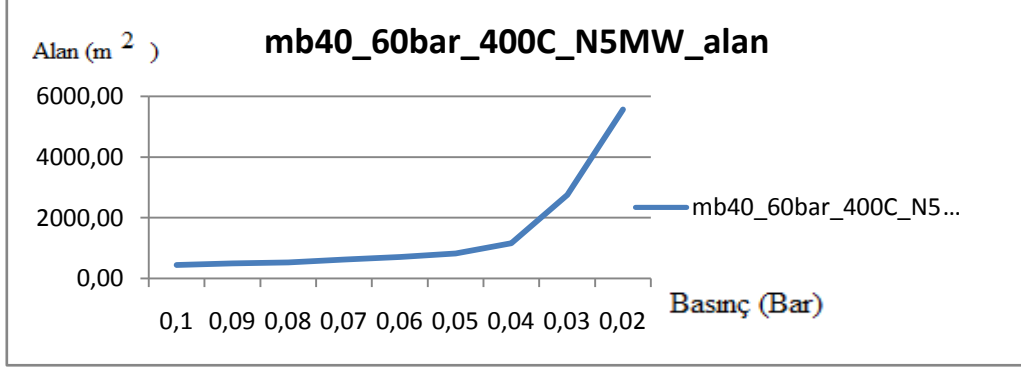
## EK.B

### GRAFİKLER

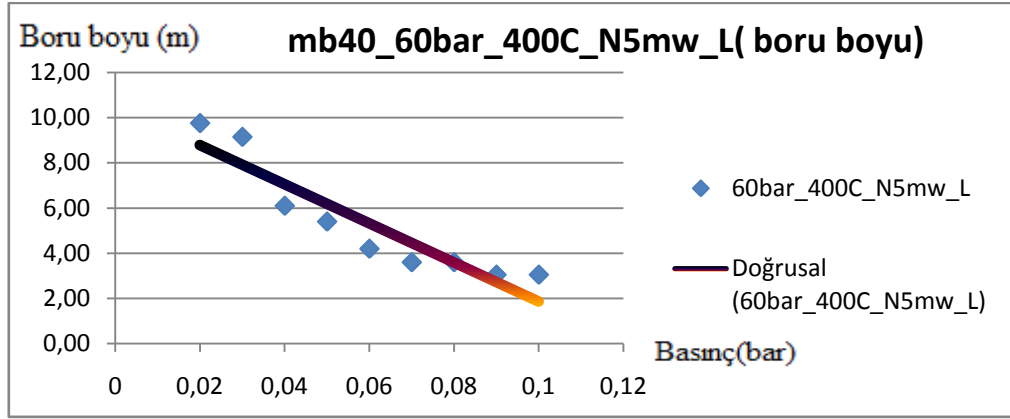
Bu bölümde, değişik çevrim verilerinde çalışan santraller için yapılan hesaplamalar elde edilmiş olup; Alan [ $m^2$ ],  $V_{su2}$  [m/s], L boru boyu [m], n\_adet birimsiz,  $K_{hesap}$   $W/m^2K$  birimlerinde alınmıştır. Pompa gücü, türbin gücü ve net güç (p\_pompa, w\_türbin, Nnet) kW birimindedir. Spesifik soğutma suyu miktarı  $m_{ss}$  [kg su/ kg buhar] birimine sahiptir.

EK.B Çizelge.1 60 bar 400 °C buhar debisi 40 kg /s verisinde çalışan santralin kondenseri için alınan veriler;

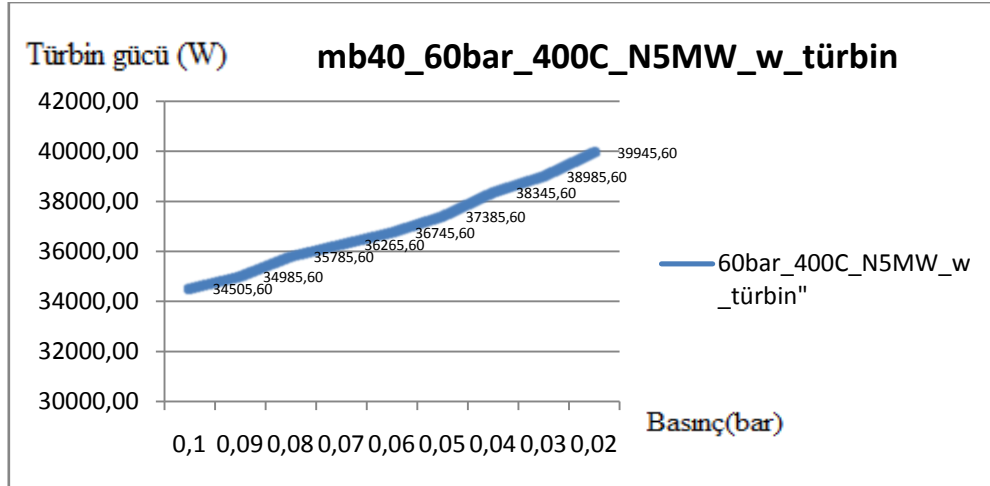
0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	Basınç (bar)
448,96	503,53	531,97	630,08	711,49	830,55	1166,01	2756,70	5562,48	Alan
1,78	1,61	1,84	1,58	1,65	1,85	1,52	0,98	0,53	$v_{su2}$
3,05	3,05	3,60	3,60	4,20	5,40	6,10	9,15	9,76	L
2714	3042	2724	3226	3122	2834	3524	5552	10504	n_adet2
2772,08	2671,65	2805,08	2649,67	2694,61	2808,85	2618,24	2220,67	2101,99	Khesap2
30850,30	27889,14	31871,04	27269,48	28546,97	31989,40	26400,88	17029,84	9224,12	Rei2
34505,60	34985,60	35785,60	36265,60	36745,60	37385,60	38345,60	38985,60	39945,60	w_türbin
694,19	703,85	719,95	729,60	739,26	752,14	771,45	784,33	803,64	p_pompa
223387,25	250543,05	224254,04	265611,12	257083,13	233413,79	290084,99	457216,37	864912,43	con_mlyt
33811,41	34281,75	35065,65	35536,00	36006,34	36633,47	37574,15	38201,28	39141,96	Nnet
1041,29	1055,78	1079,92	1094,40	1108,89	1128,20	1157,17	1176,49	1205,46	Msu
6457,26	6134,94	6565,19	6065,60	6207,80	6577,60	5967,22	4793,65	4467,00	alfa_su



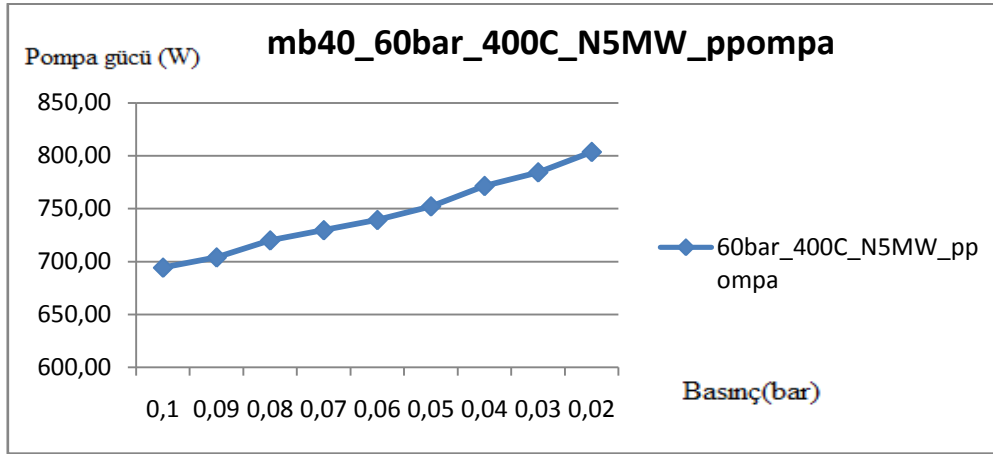
Şekil.EK.B 1 Basınç-Alan değişimi



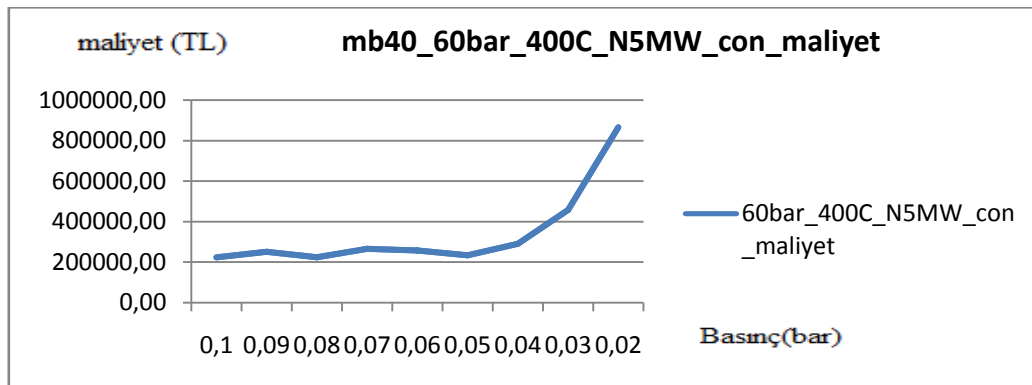
Şekil.EK.B 2 Basınç-Boru boyu değişimi



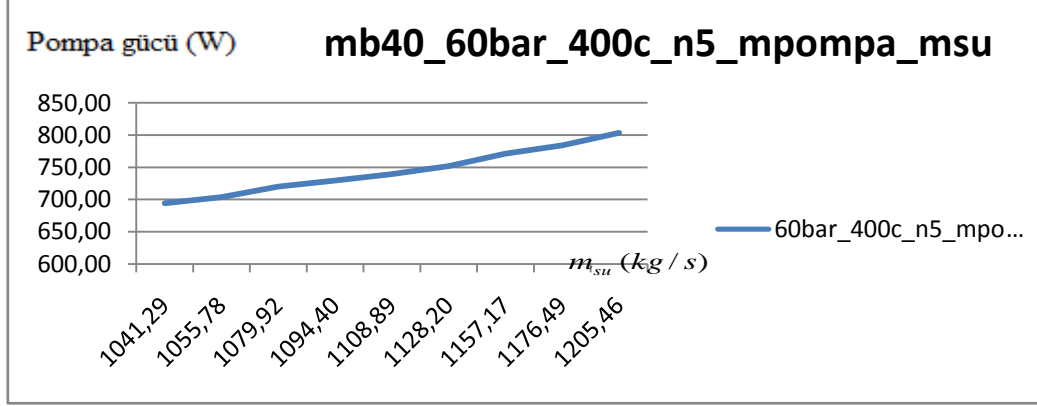
Şekil.EK.B 3 Basınç-Türbin gücü değişimi



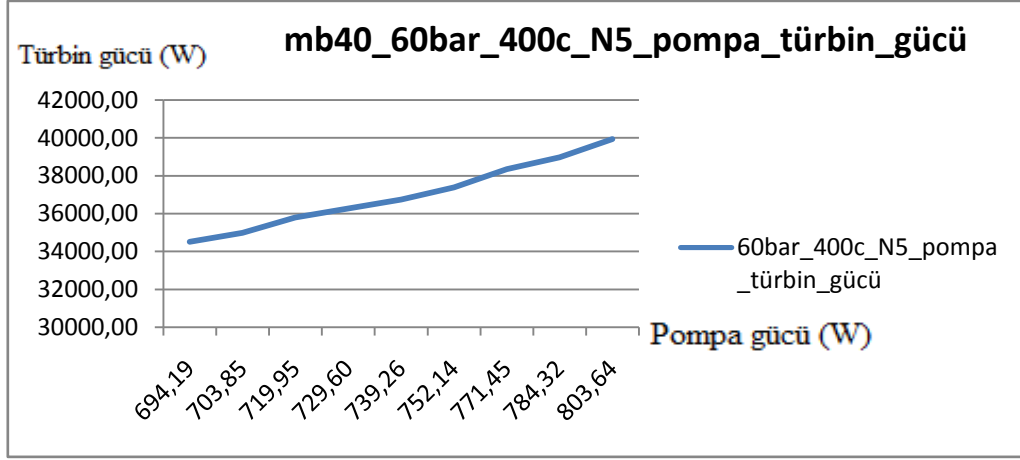
Şekil.EK.B 4 Basınç-Pompa gücü değişimi



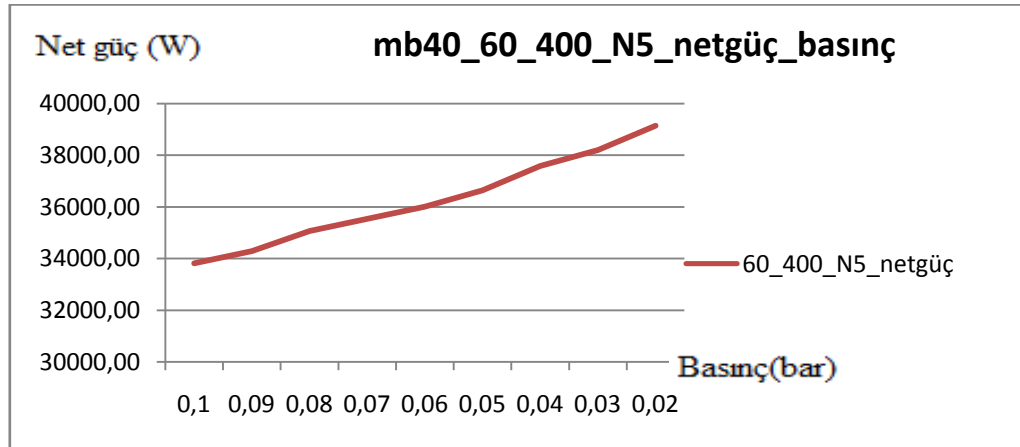
Şekil.EK.B 5 Basınç-Kondanser maliyeti değişimi



Şekil.EK.B 6 Pompa gücü-Soğutma suyu debi değişimi



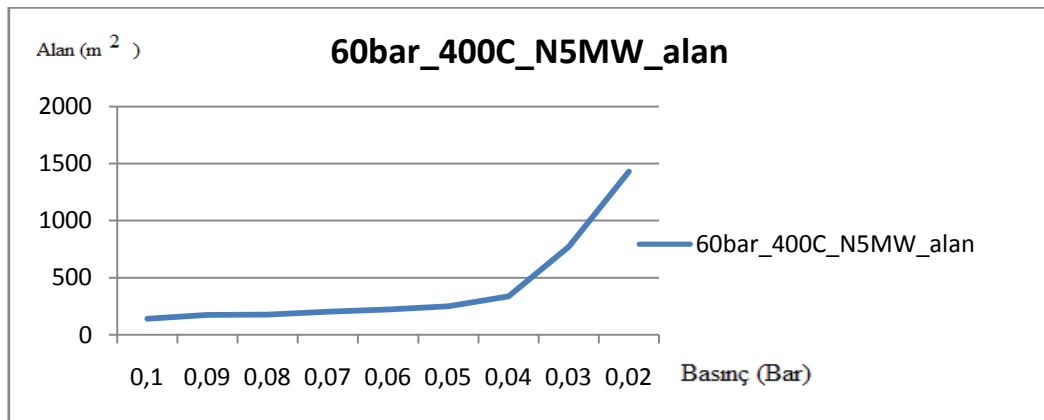
Şekil.EK.B 7 Pompa gücü-Soğutma suyu debi değişimi



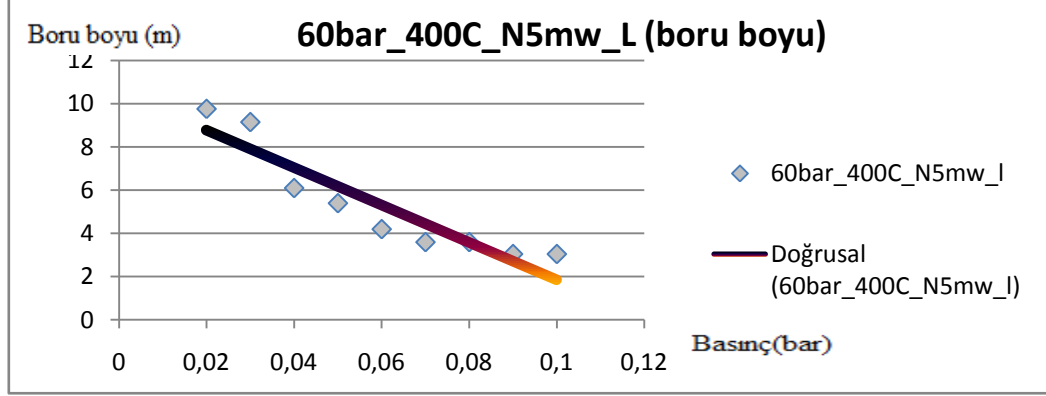
Şekil.EK.B 8 Basınç-Net güç değişimi

EK.B Çizelge.2 60 bar 400 °C N=5 MW verisinde çalışan santralin kondenseri için alınan veriler;

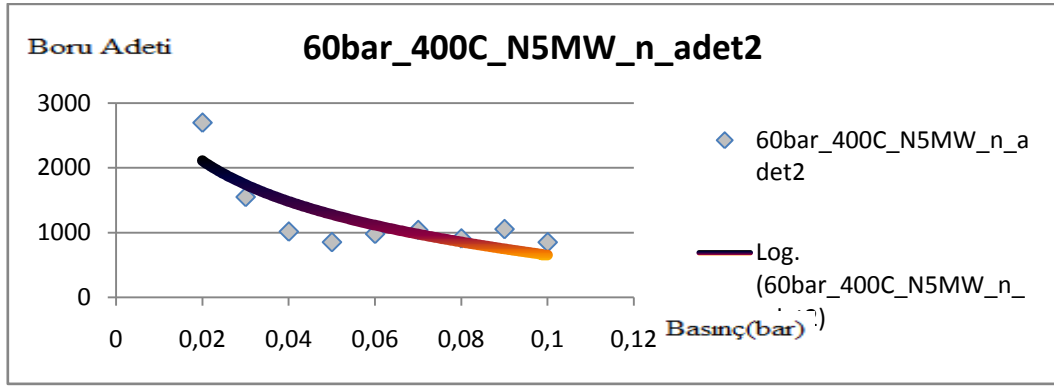
0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	
140,7405	174,4346	177,5969	203,033	223,3063	249,7561	336,0825	770,036	1429,794	Alan
1,781976	1,610934	1,840936	1,575141	1,648931	1,847773	1,524969	0,983678	0,532804	vsu2
3,05	3,05	3,6	3,6	4,2	5,4	6,1	9,15	9,76	L
850	1054	910	1040	980	852	1016	1552	2700	n_adet2
2772,082	2671,651	2805,075	2649,668	2694,605	2808,851	2618,242	2220,672	2101,995	Khesap2
30850,3	27889,14	31871,04	27269,48	28546,97	31989,4	26400,89	17029,84	9224,122	Rei2
5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	w_türbin
217,6183	243,8288	240,351	235,1028	232,0216	226,1754	222,3573	219,0874	206,5692	p_pompa
70028,11	86793,27	74866,23	85588,86	80687,24	70190,05	83612,12	127715,4	222319,2	con_mlyt
61,01844	63,39352	63,35459	63,0997	63,10803	62,87494	62,88087	63,00779	62,38226	mss
4782,382	4756,171	4759,649	4764,897	4767,978	4773,825	4777,643	4780,913	4793,431	Nnet
326,4275	365,7431	360,5264	352,6542	348,0325	339,263	333,536	328,6311	309,8539	msu
6457,26	6134,936	6565,185	6065,602	6207,797	6577,601	5967,227	4793,654	4467,003	alfa_su
0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	d_iç
0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	d_dış



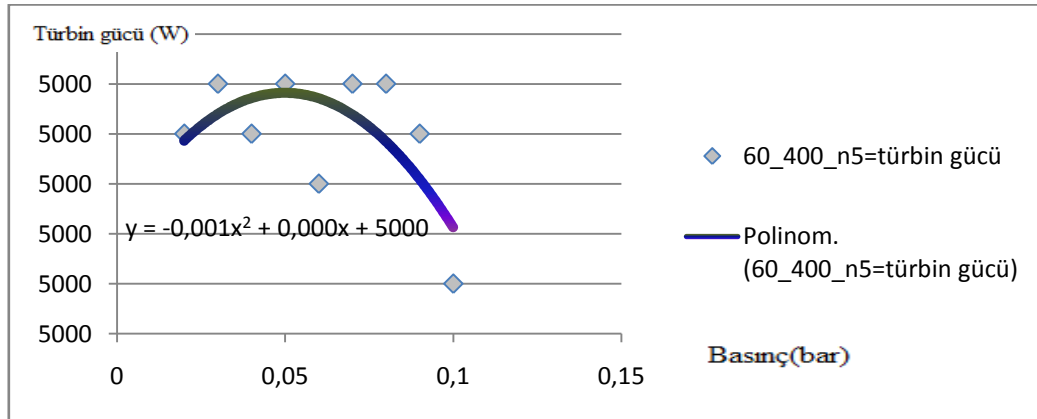
Şekil.EK.B 9 Basınç-alan değişimi



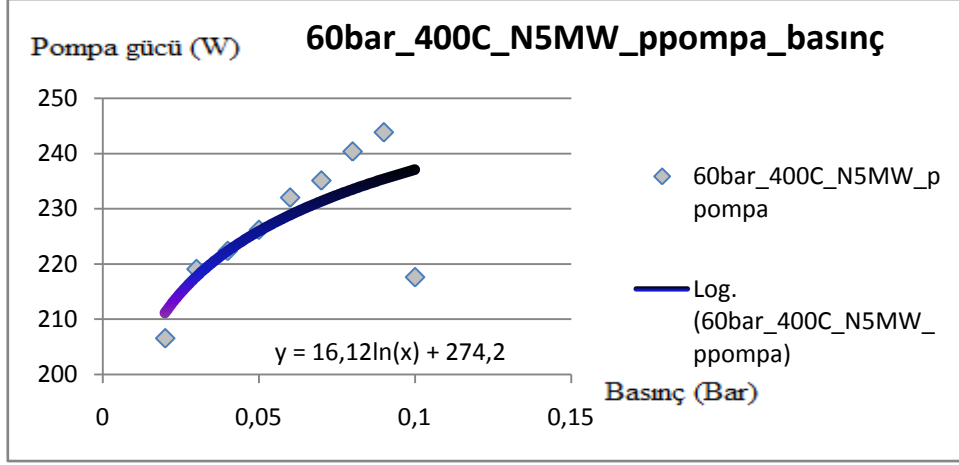
Şekil.EK.B 10 Basınç-Boru boyu değişimi



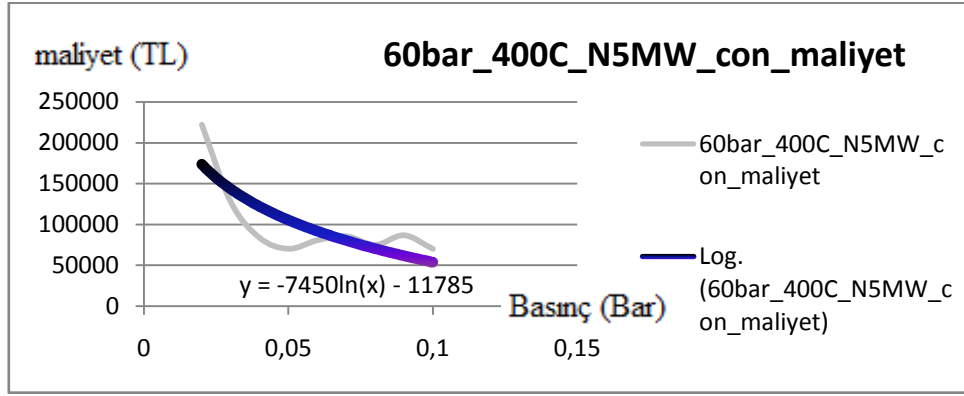
Şekil.EK.B 11 Basınç-Boru adeti değişimi



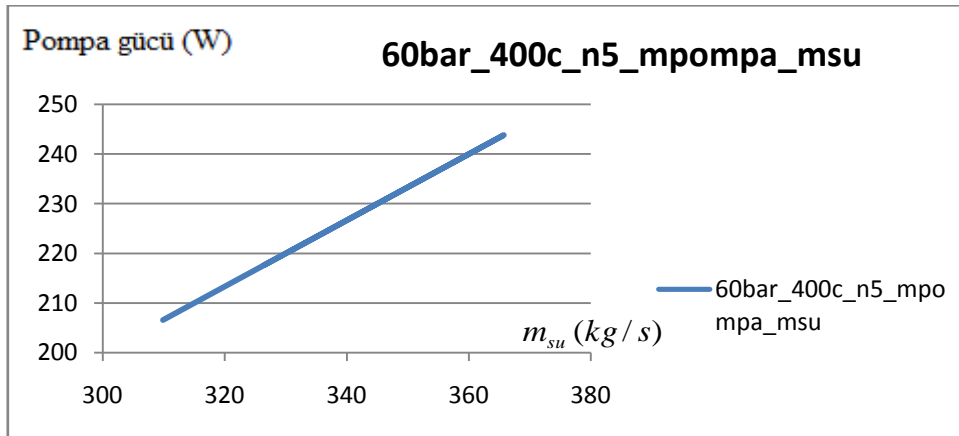
Şekil.EK.B 12 Basınç-Türbin gücü değişimi



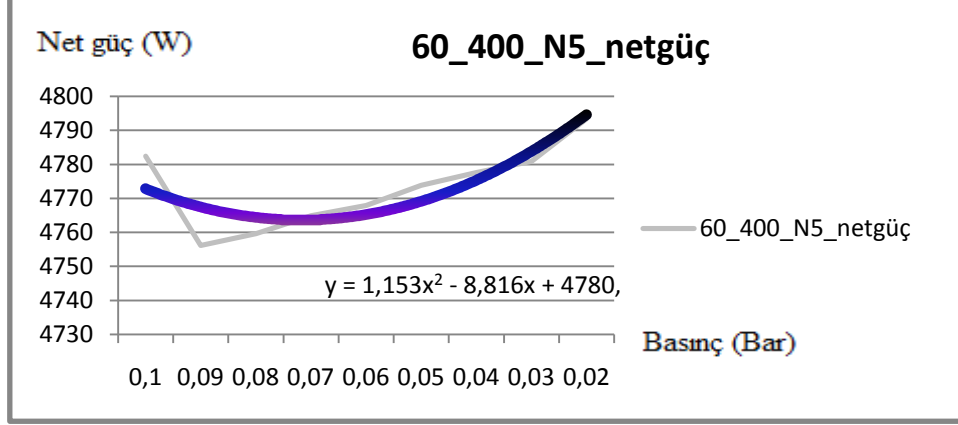
Şekil.EK.B 13 Basınç-Pompa gücü değişimi



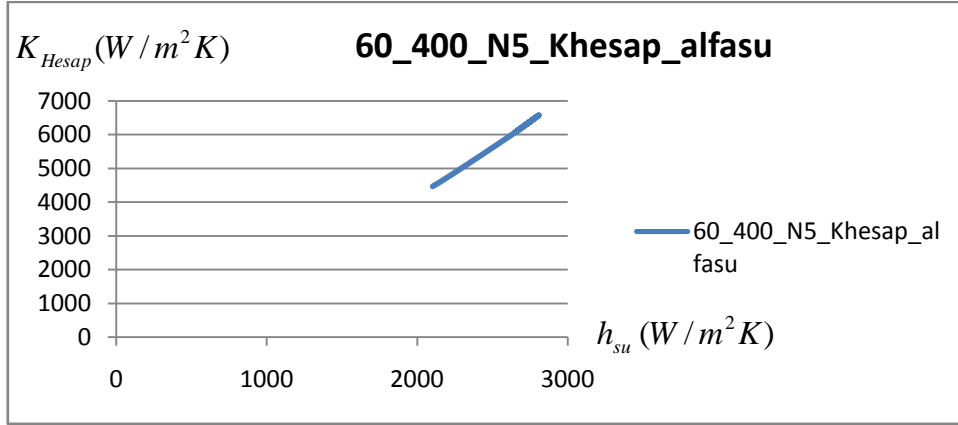
Şekil.EK.B 14 Basınç-Maliyet değişimi



Şekil.EK.B 15 Pompa gücü-Soğutma suyu debi



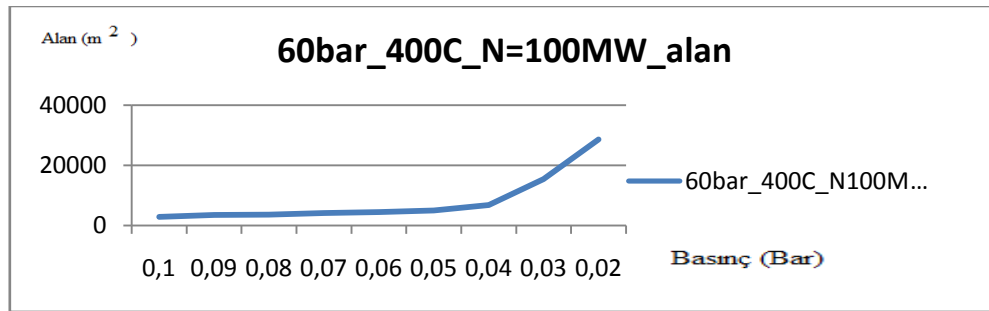
Şekil.EK.B 16 Basınç-Net güç değişimi



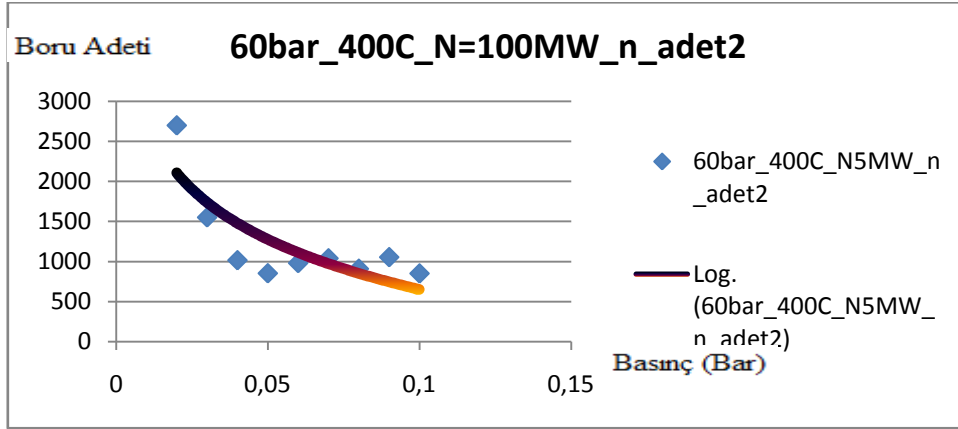
Şekil.EK.B 17 Toplam ısı transfer katsayısı-Soğutma suyu ısı taşınım katsayısı değişimi

EK.B Çizelge.3 60 bar 400 °C N=100 MW verisinde çalışan santralin kondenseri için alınan veriler;

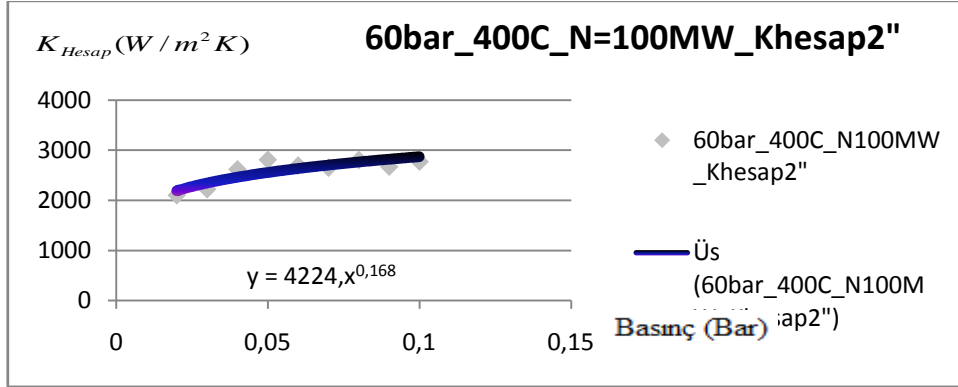
0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	
2814,81	3488,693	3551,931	4060,659	4466,126	4995,122	6721,65	15400,72	28595,89	Alan
1,781976	1,610934	1,840936	1,575141	1,648931	1,847773	1,524969	0,983678	0,532804	vsu2
17008	21080	18182	20786	19596	17046	20306	31018	53994	n_adet2
2772,082	2671,651	2805,075	2649,668	2694,605	2808,851	2618,242	2220,672	2101,995	Khesap2
30850,3	27889,14	31871,04	27269,48	28546,97	31989,4	26400,89	17029,84	9224,122	Rei2
100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	w_türbin
4352,367	4876,575	4807,019	4702,055	4640,433	4523,507	4447,146	4381,748	4131,385	p_pompa
1400562	1735865	1497325	1711777	1613745	1403801	1672242	2554307	4446384	con_mlyt
61,01844	63,39352	63,35459	63,0997	63,10803	62,87494	62,88087	63,00779	62,38226	Mss
95647,63	95123,42	95192,98	95297,94	95359,57	95476,49	95552,85	95618,25	95868,62	Nnet
6528,55	7314,863	7210,529	7053,083	6960,649	6785,261	6670,719	6572,623	6197,077	Msu
6457,26	6134,936	6565,185	6065,602	6207,797	6577,601	5967,227	4793,654	4467,003	alfa_su
0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	d_iç
0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	d_dış



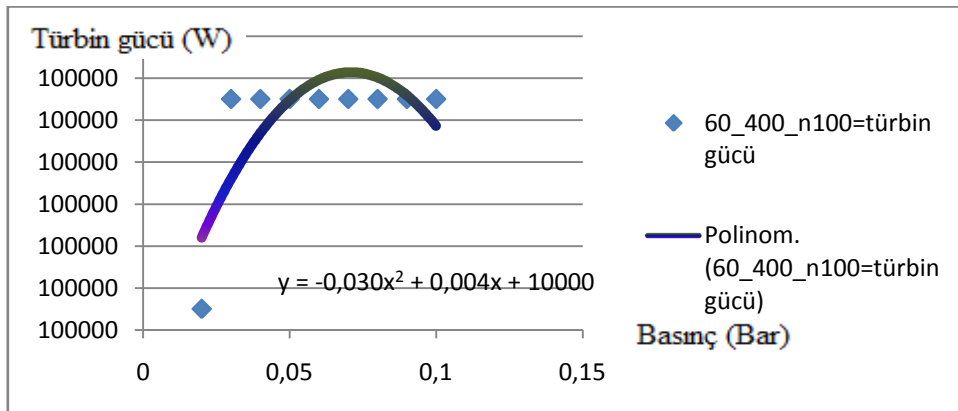
Şekil.EK.B 18 Basınç-Alan değişimi



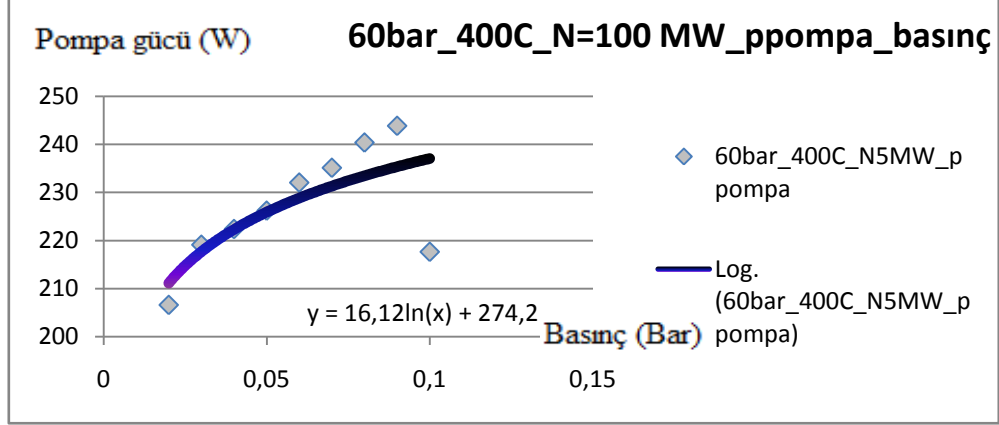
Şekil.EK.B 19 Basınç-Boru adedi değişimi



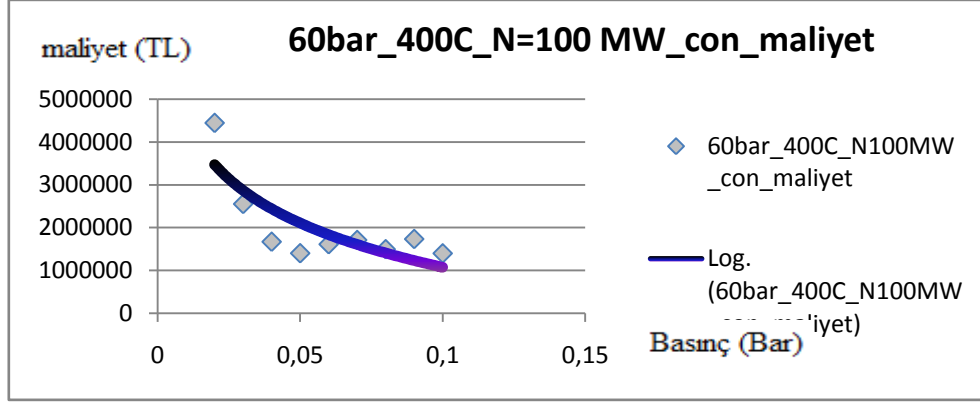
Şekil.EK.B 20 Basınç-Toplam ısı transfer katsayısı değişimi



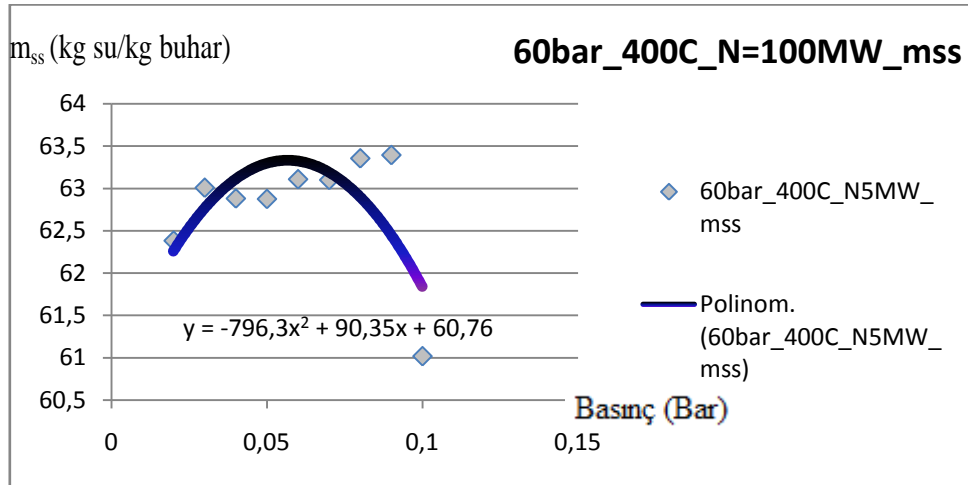
Şekil.EK.B 21 Basınç-Türbin gücü değişimi



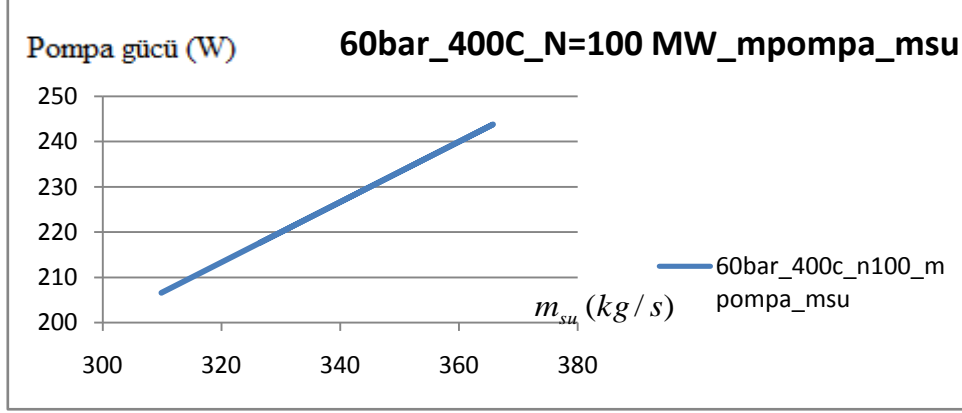
Şekil.EK.B 22 Basıncı-Pompa gücü değişimi



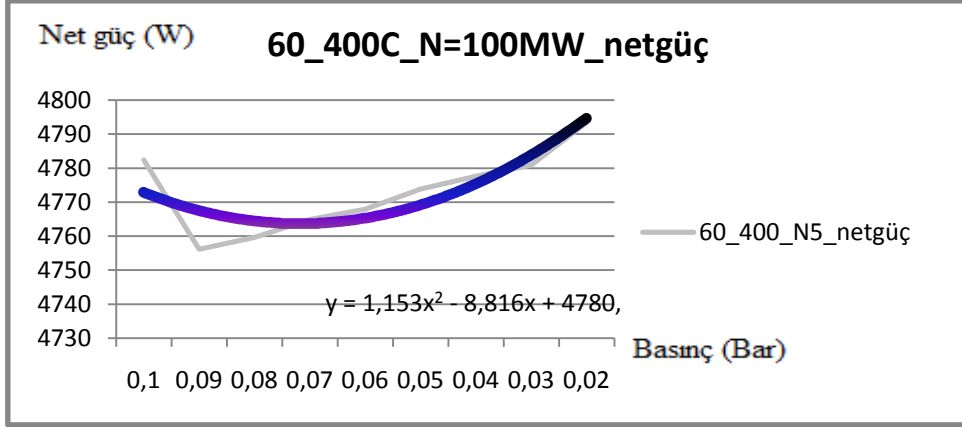
Şekil.EK.B 23 Basıncı-Kondanser maliyeti değişimi



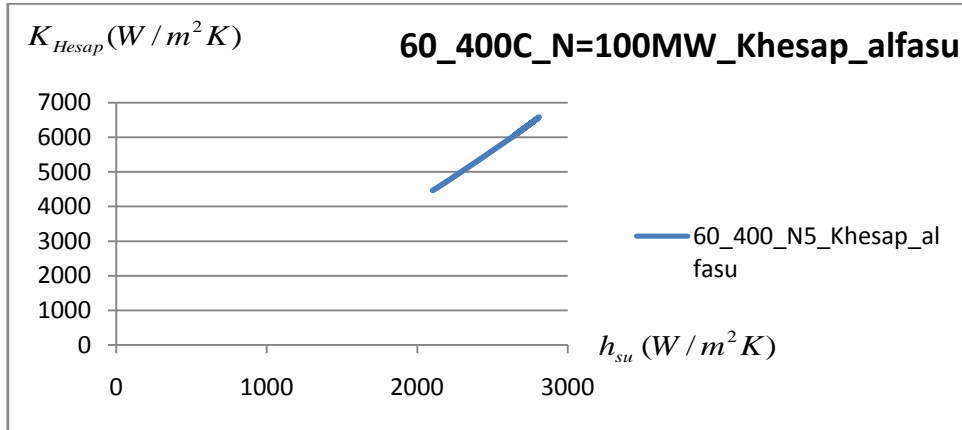
Şekil.EK.B 24 Basıncı-Spesifik soğutma suyu miktarı değişimi



Şekil.EK.B 25 Pompa gücü-Soğutma suyu debisi değişimi



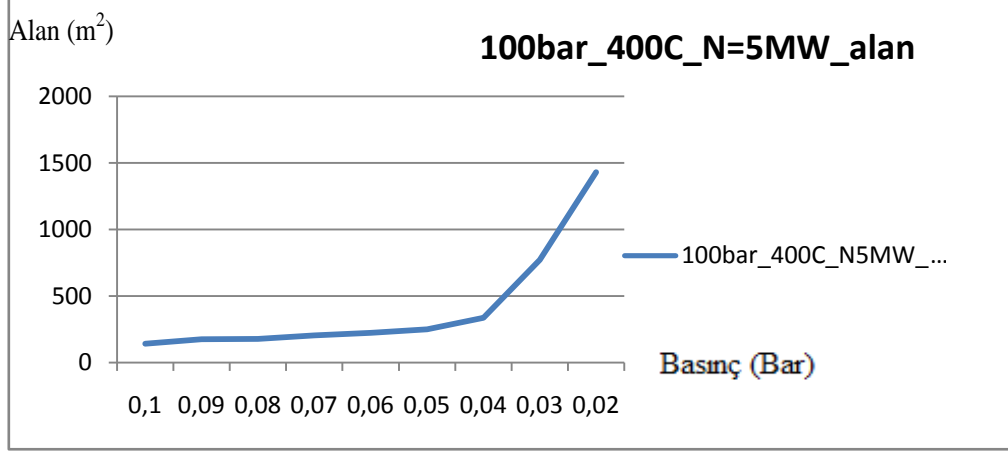
Şekil.EK.B 26 Basınç-Net güç değişimi



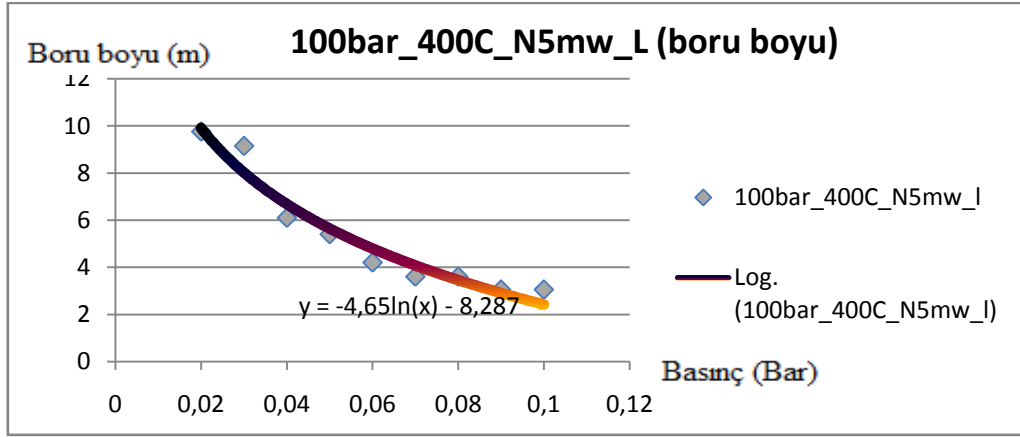
Şekil.EK.B 27 Toplam taşınım katsayısı-Soğutma suyu ısı taşınım katsayısı değişimi

EK.B Çizelge.4 100 Bar 400 °C N=5 MW verisinde çalışan santralin kondenseri için alınan veriler;

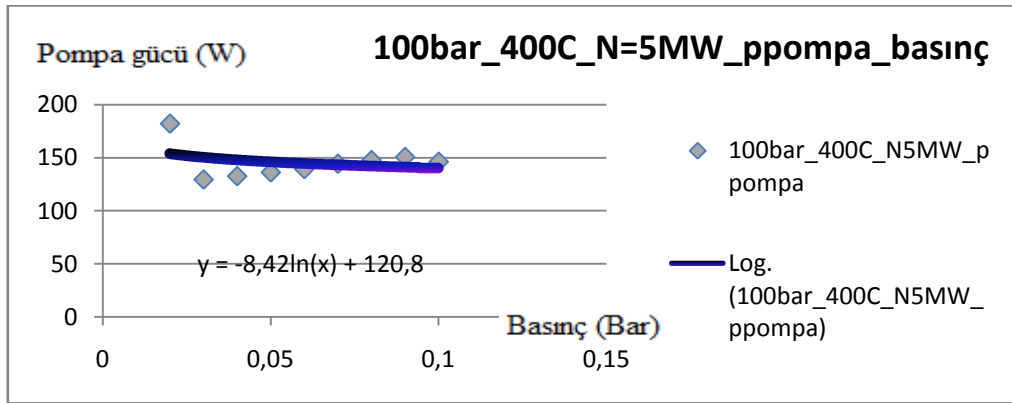
0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	
94,75336	107,9259	109,0484	124,9722	134,3133	150,2443	208,1426	455,0326	1261,554	Alan
1,778992	1,60995	1,843614	1,571463	1,647047	1,850278	1,469288	0,98399	0,532684	vsu2
3,05	3,05	3,6	3,6	4,2	5,4	6,1	9,15	9,76	L
574	652	558	640	590	514	630	916	2382	n_adet2
2770,39	2671,051	2806,555	2647,389	2693,476	2810,232	2582,485	2220,94	2101,813	Khesap2
30798,63	27872,12	31917,39	27205,81	28514,35	32032,76	25436,9	17035,24	9222,043	Rei2
2880	2758,877	2748,086	2743,218	2706,971	2708,46	2692,274	2676,808	1598,425	w_türbin
146,2658	150,7692	147,7954	144,3742	139,396	136,2434	132,6822	129,505	182,2214	p_pompa
47146,34	53700,6	45969,52	52682,22	48531,4	42223,82	51782,64	75470,06	196159,4	con_mlyt
71,20101	71,04121	70,88154	70,62666	70,03142	69,91905	69,68355	69,56907	69,42638	mss
2733,734	2608,108	2600,291	2598,844	2567,575	2572,217	2559,592	2547,303	1416,204	Nnet
219,3988	226,1538	221,6932	216,5612	209,094	204,3652	199,0232	194,2575	273,3322	msu
6451,755	6133,039	6570,054	6058,438	6204,201	6582,149	5856,348	4794,403	4466,51	alfa_su
0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	d_iç
0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	d_dış



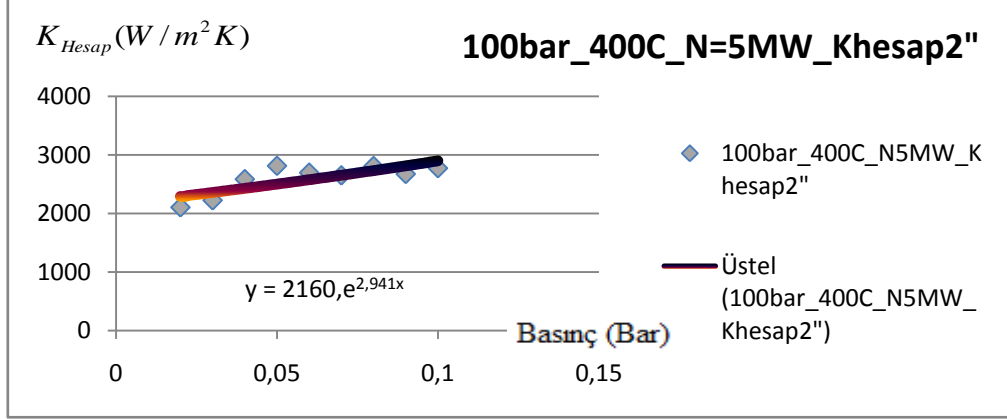
Şekil.EK.B 28 Basınç-Alan değişimi



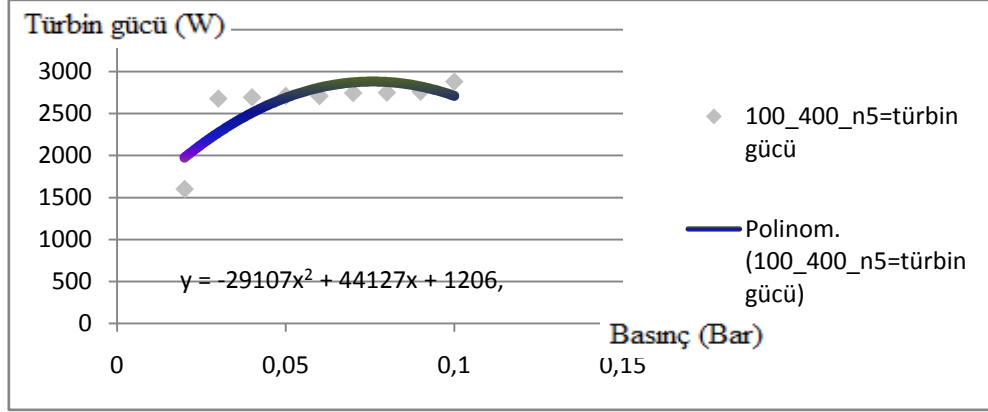
Şekil.EK.B 29 Basınç-Boru boyu değişimi



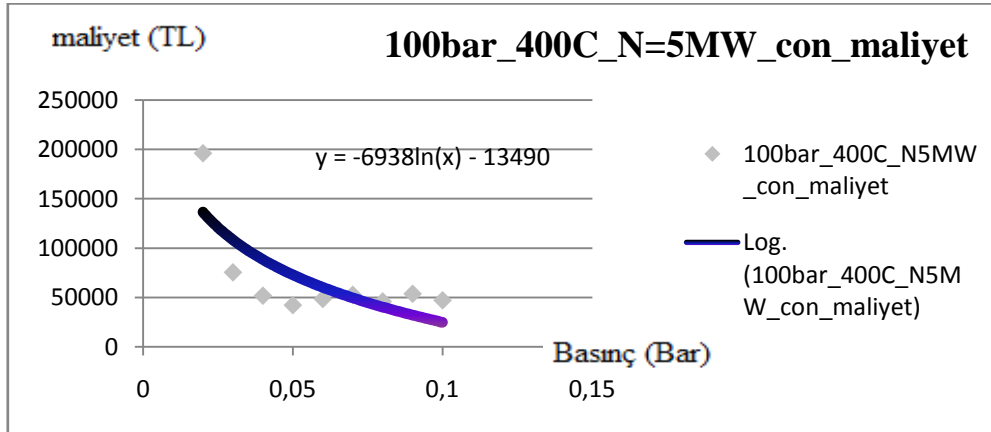
Şekil.EK.B 30 Basınç-Pompa gücü değişimi



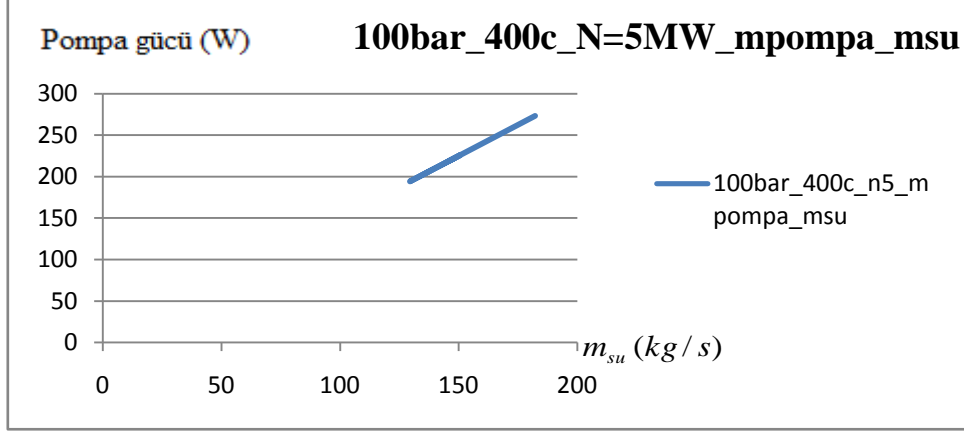
Şekil.EK.B 31 Basınç-Toplam ısı transfer katsayısı değişimi



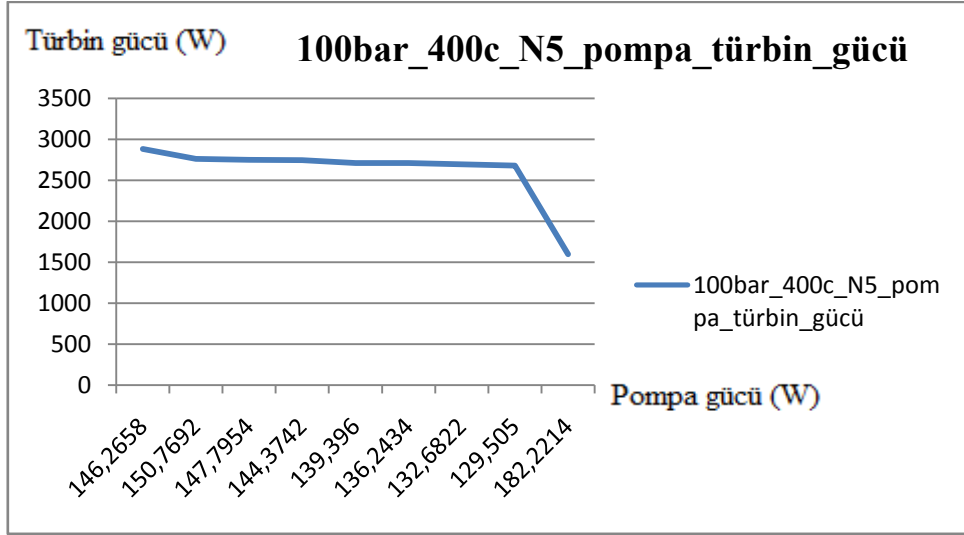
Şekil.EK.B 32 Basınç-Türbin gücü değişimi



Şekil.EK.B 33 Basınç-Kondanser maliyeti değişimi



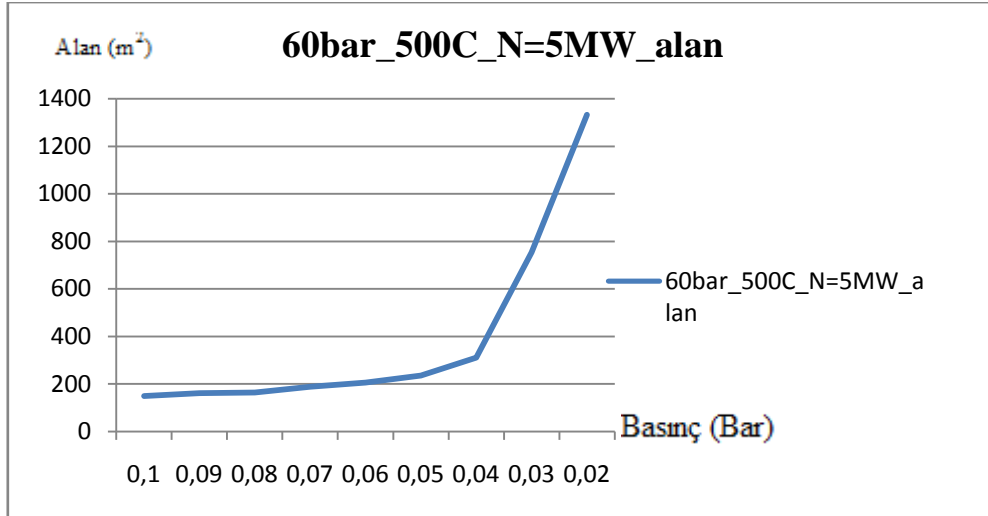
Şekil.EK.B 34 Pompa gücü-Soğutma suyu debisi değişimi



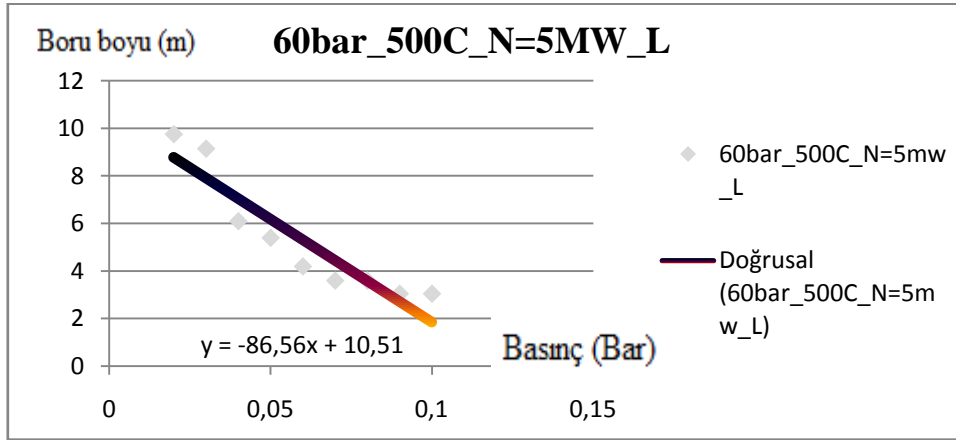
Şekil.EK.B 35 Pompa gücü-Türbin gücü değişimi

EK.B Çizelge.5 60 bar 500 °C N=5 MW verisinde çalışan santralin kondenseri için alınan veriler;

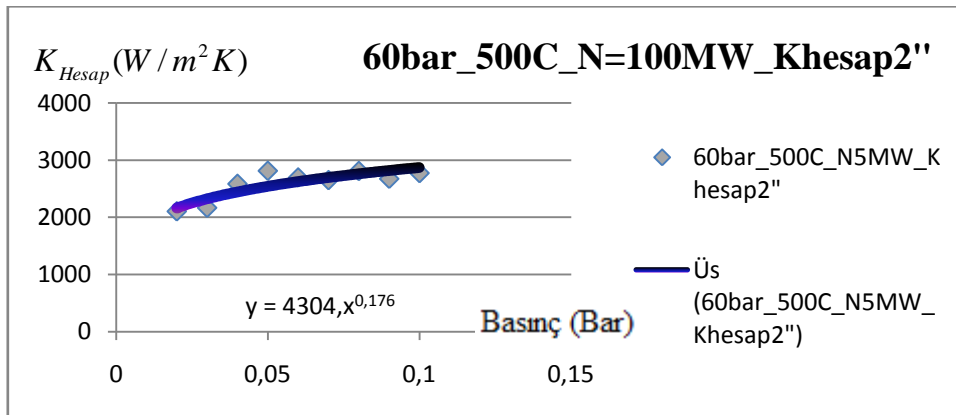
0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	
149,637	162,28	164,2059	188,8949	206,663	235,1802	310,5133	753,8382	1332,107	Alan
1,778992	1,60995	1,843611	1,571464	1,647049	1,849943	1,469289	0,919951	0,532683	vsu2
3,05	3,05	3,6	3,6	4,2	5,4	6,1	9,15	9,76	L
904	982	842	968	908	804	974	1518	2516	n_adet2
2770,39	2671,051	2806,553	2647,39	2693,476	2810,046	2582,487	2164,472	2101,812	Khesap2
30798,63	27872,12	31917,35	27205,82	28514,38	32026,98	25436,92	15926,57	9222,031	Rei2
4999,999	4999,998	5000	5000,002	4999,998	5000,001	5000	5000	5000,002	w_türbin
230,987	226,7004	222,5514	218,221	214,4836	213,2502	205,4198	200,5842	192,4122	p_pompa
74454,76	80745,51	69221,26	79628,91	74673,51	66101,3	80170,38	125028,9	207129,8	con_mlyt
67,25047	67,09062	66,93099	66,6761	66,56373	66,69273	66,21586	66,1013	65,71724	Mss
4769,012	4773,298	4777,449	4781,781	4785,514	4786,751	4794,58	4799,416	4807,59	Nnet
346,4804	340,0505	333,8271	327,3315	321,7254	319,8754	308,1298	300,8762	288,6184	Msu
6451,755	6133,039	6570,042	6058,444	6204,201	6581,538	5856,352	4637,694	4466,506	alfa_su
0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	0,01652	d_iç
0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	d_dış



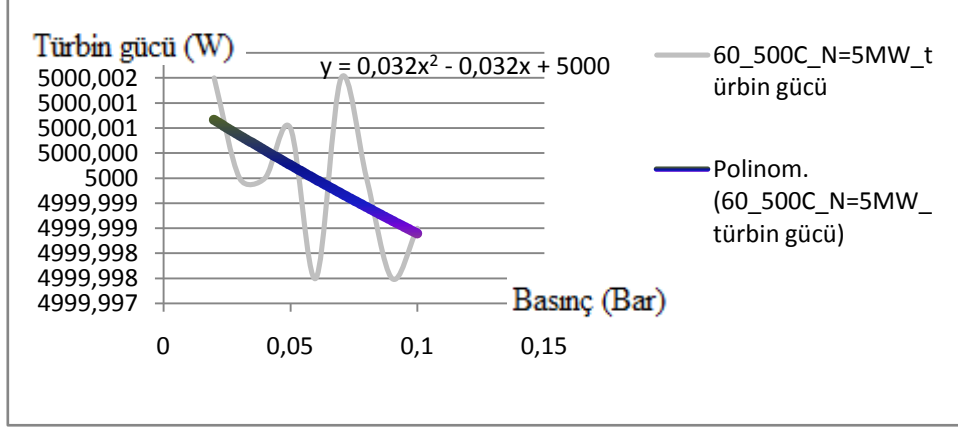
Şekil.EK.B 36 Basınç-Alan değişimi



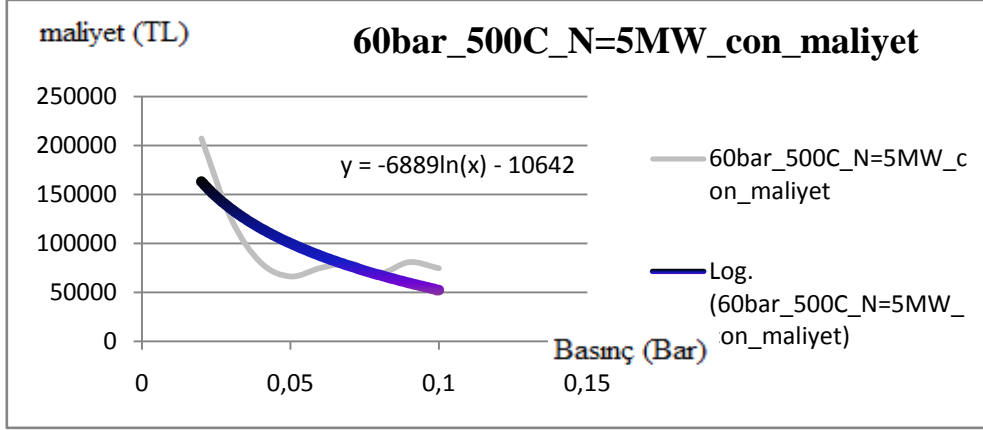
Şekil.EK.B 37 Basınç-Boru Boyu değişimi



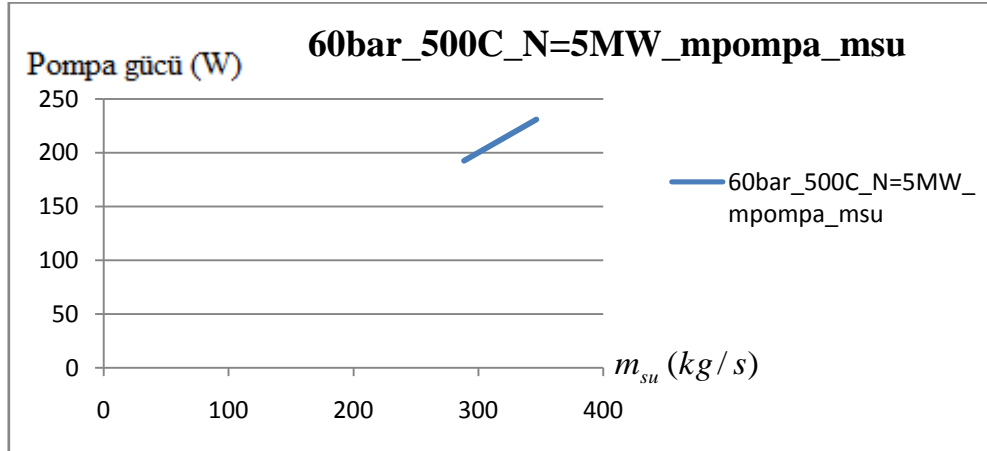
Şekil.EK.B 38 Basınç- Toplam Isı Transfer Katsayısı değişimi



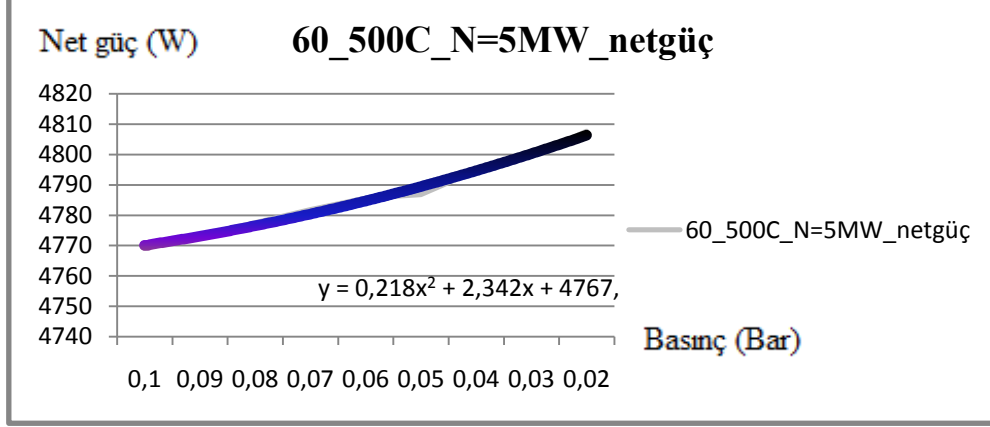
Şekil.EK.B 39 Basınç-Türbin Gücü değişimi



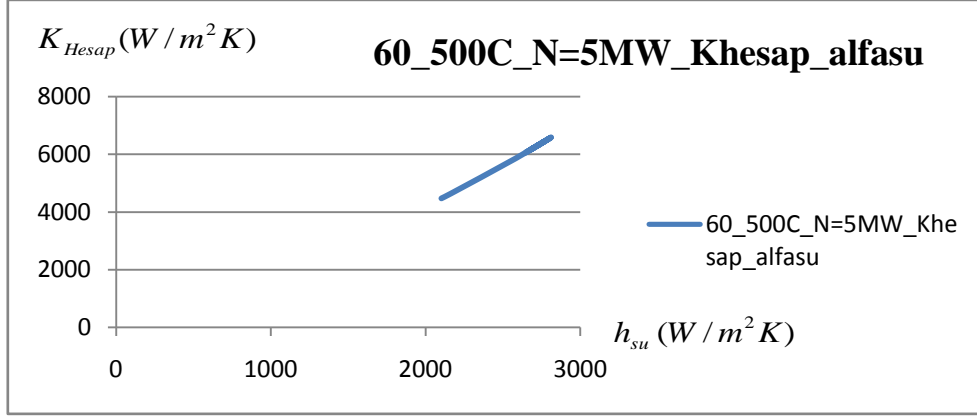
Şekil.EK.B 40 Basınç- Kondenser Maliyeti değişimi



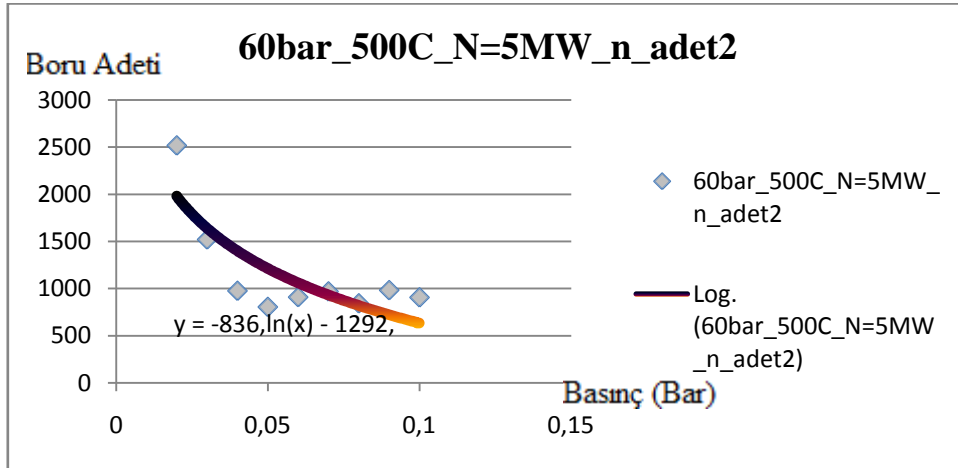
Şekil.EK.B 41 Pompa gücü- Soğutma suyu debi değişimi



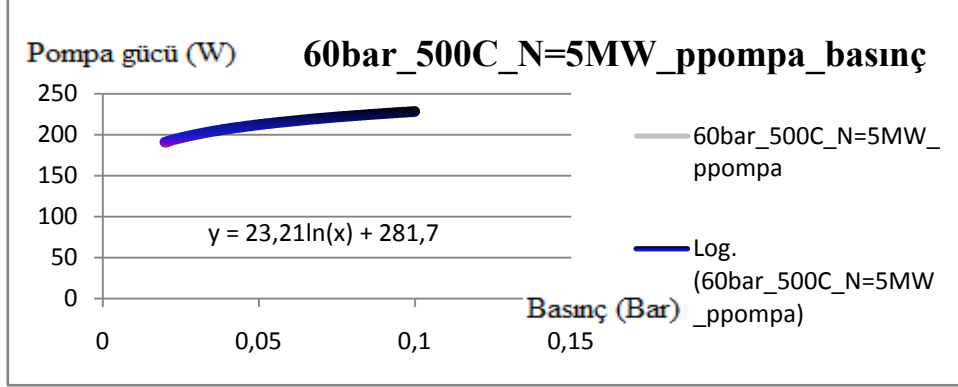
Şekil.EK.B 42 Basınç-Net Güç



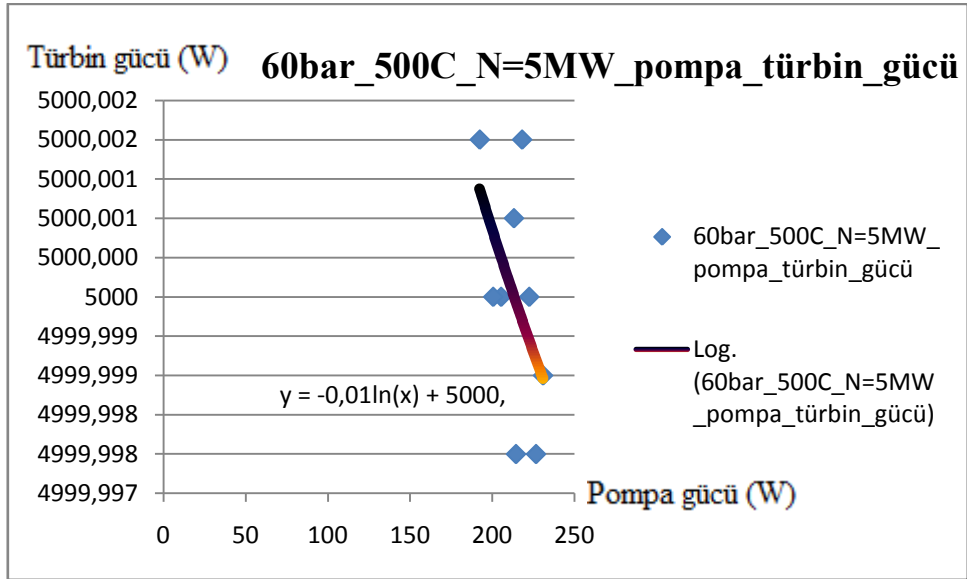
Şekil.EK.B 43 Toplam Isı transfer katsayısı-Soğutma suyu ısı taşınım katsayısı değişimi



Şekil.EK.B 44 Basınç-Boru adeti değişimi



Şekil.EK.B 45 Basınç-Pompa gücü değişimi



Şekil.EK.B 46 Pompa gücü- Türbin gücü değişimi

## PROGRAM ÇIKTILARI

Aşağıda, 60 Bar, 400 °C ve N=5 MW 'lık bir kondenserde  $P_o=(0,02), (0,03), (0,04), (0,05), (0,06), (0,07), (0,08), (0,09), (0,10)$  için hazırlanıp çalıştırılmış, MAPLE-13 program ve sonuçları verilmiştir.

### 60bar400C N5 ve $P_o=0,02$ için:

```
> Po:=0.02*102;
mup:=0.001001;
h1:=73.433;
h4:=1920;
tç:=23;
T_d:=18.8;
tg:=15;
P3:=60*102;
T3:=400;
etae:=0.80;
etam:=0.99;
etap:=0.75;
N:=5*10(3);
Kteorik:=4000;
pi:=3.14159;
h3:=3178.3;
s3:=6.5432;
s4:=6.5432;
cpsu:=4.184;
Lb:=0.00124;
ro:=1.005*103;
n:=2;
k:=606/10(3);
di23:=0.016;
```

```

nusu:=959/(10^6);
Pr:=6.62;
kiletimboru:=217;
htaşınımbuhar:=10318;
> etai:=etae/etam:h2:=h1-(Po-P3)*mup:h2g:=h1-((h1-
h2)/etap):deltaht:=h3-h4:h4g:=h3-((h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht):mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltaht
t*etae;deltat:=tç-tg:Qb:=mb*(h4g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat:epsilon:=Qb/(
Cmin*(T_d-tg)):ni:=4/10:ln(e):=1:
Cmin:=cpsu*msu*10^3:NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU*((Cmin*10^3))/Kteorik);A1top:=1.1*A1;if
(A1top<500000) then if (A1top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;
ddis:di:=(ddis)-(2*Lb);if (A1top<500000) then if
(A1top<150699) then L:=9.76 ; else L:=10.3; end if; end if;
L:n_adet:=(1.1*A1top)/(pi*ddis*L):tortalama:=(tg+tç)/2:vsu:=e
valf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n_adet));Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu
):Nus:=evalf((23/1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu:=(Nus*k
)/di;Kteorik:=Kteorik;Khesap1:=(((1/(htaşınımsu*0.60)))+(Lb/ki
letimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^(-1);R:=abs((Kteorik-
Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük
else R_yüzde_birden_büyük end
if:A2:=(NTU*((Cmin*10^3))/Khesap1):A2top:=1.1*A2;if
(A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;
ddis:ddis:di:=(ddis)-(2*Lb):if (A2top<500001) then if
(A2top<150699) then L:=9.76 ; else L:=10.3; end if; end if;
L;n2_adet:=1.1*A2top/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2
*ro*n2_adet));Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/
1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu2:=(Nus2*k)/di:Khesap2:=
(((1/(htaşınımsu2*0.60)))+(Lb/kiletimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^
(-1);R2:=abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1);if (0.01 > R2) then
R2_yüzde_birden_küçük else R2_yüzde_birden_büyük end
if:A3:=(NTU*((Cmin*10^3))/Khesap2):A:=1.1*A3;
> A_ft:=A1/0.0929;
L_ft:=18*0.305;
w_türbin:=(h3-h4)*mb*etai*etam;
#türbin de üretilen iş( entalpi farkından)
P_pompa:=0.1*msu*5/etap;
brfyt:=15:#ticaretimiz.com,atiker
con_malyt:=L_ft*n2_adet*brfyt;
mss:=msu/mb;
> Alan:=A;
vsu2:=vsu2;
L:=L;

```

```
n2_adet:=n2_adet;
Khesap2:=Khesap2;
Rei2:=Rei2;
w_türbin:=w_türbin;
P_pompa:=P_pompa;
con_malyt:=con_malyt;
mss:=mss;
Nnet:=w_türbin-P_pompa;
msu:=msu;
alfa_su:=htaşınımsu;
dic:=di;
d_dis:=ddis;
d_içbolud_d??:=di/ddis;
mb;
```

60bar400C N5 ve Po=0,03 için:

```
> Po:=0.03*10^2;
mup:=0.001003;
h1:=100.98;
h4:=1980;h4_2:=0;
h3_2:=0;
tç:=25;
T_d:=24.08;
P3:=60*10^2;
T3:=400;
etae:=0.80;
etam:=0.99;
etap:=0.75;
N:=5*10^(3);
Kteorik:=2500;
pi:=3.14159;
h3:=3178.3;
s3:=6.5432;
s4:=6.5432;
tg:=17;
cpsu:=4.184;
Lb:=0.00124;
ro:=1.005*10^3;
n:=2;
k:=606/10^(3);
di:=0.016;
nusu:=959/(10^6);
Pr:=6.62;
kiletimboru:=217;
htaşınımbuhar:=10318;
```

```

> etai:=etae/etam:h2:=h1-(Po-P3)*mup:h2g:=h1-((h1-
h2)/etap):deltaht:=(h3-h4)+h3_2-h4_2:h4g:=h3-((h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht):mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltaht
t*etae;deltat:=tç-tg:Qb:=mb*(h4g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat:epsilon:=Qb/(
Cmin*(T_d-tg)):ni:=4/10:ln(e):=1:
Cmin:=cpsu*msu*10^3:NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Kteorik;A1top:=1.1*A1;if
(A1top<500000) then if (A1top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;
ddis:ddis:di:=(ddis)-(2*Lb);if (A1top<500000) then if
(A1top<150699) then L:=9.15 ; else L:=10; end if; end if;
L:n_adet:=(1.1*A1top)/(pi*ddis*L):tortalama:=(tg+tç)/2:vsu:=e
valf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n_adet));Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu
):Nus:=evalf((23/1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu:=(Nus*k
)/di;Kteorik:=Kteorik;Khesap1:=(((1/(htaşınımsu*0.60)))+(Lb/ki
letimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^(-1);R:=abs((Kteorik-
Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük
else R_yüzde_birden_büyük end
if:A2:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Khesap1:A2top:=1.1*A2;if
(A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.0254; end if; end if;
ddis:ddis:di:=(ddis)-(2*Lb):if (A2top<500001) then if
(A2top<150699) then L:=9.15 ; else L:=10; end if; end if;
L:n2_adet:=1.1*A2top/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2
*ro*n2_adet));Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/
1000)*(Rei2^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu2:=(Nus2*k)/di;Khesap2:=
((1/(htaşınımsu2*0.60)))+(Lb/kiiletimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^
(-1);R2:=abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1);if (0.01 > R2) then
R2_yüzde_birden_küçük else R2_yüzde_birden_büyük end
if:A3:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Khesap2):A:=1.1*A3;

```

60bar400C\_N5 ve Po=0,04 için:

```

> Po:=0.04*10^2;
mup:=0.001004;
h1:=121.39;
h4:=2000;
tç:=23;
T_d:=28.96;
P3:=60*10^2;
T3:=400;
etae:=0.80;
etam:=0.99;
etap:=0.75;
N:=5*10^3);

```

```

Kteorik:=2500;
pi:=3.14159;
h3:=3178.3;
s3:=6.5432;
s4:=6.5432;
tg:=15;
cpsu:=4.184;
Lb:=0.00124;
ro:=1.005*10^3;
n:=2;
k:=606/10^(3);
di:=0.016;
nusu:=959/(10^6);
Pr:=6.62;
kiletimboru:=217;
htaşınımbuhar:=10318;
>
etai:=etae/etam:h2:=h1-(Po-P3)*mup:h2g:=h1-((h1-
h2)/etap):deltaht:=h3-h4:h4g:=h3-((h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht):mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltaht
*etae;deltat:=tç-tg:Qb:=mb*(h4g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat:epsilon:=Qb/(
Cmin*(T_d-tg)):ni:=4/10:ln(e):=1:
Cmin:=cpsu*msu*10^3:NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU*((Cmin*10^3))/Kteorik);A1top:=1.1*A1:if
(A1top<500000) then if (A1top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;
ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb);if (A1top<500000) then if
(A1top<150699) then L:=6.1 ; else L:=10; end if; end if;
L:n_adet:=(1.1*A1top)/(pi*ddis*L):tortalama:=(tg+tç)/2:vsu:=e
valf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n_adet));Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu
):Nus:=evalf((23/1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu:=(Nus*k
)/di;Kteorik:=Kteorik;Khesap1:=(((1/(htaşınımsu*0.60)))+(Lb/ki
letimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^(-1);R:=abs((Kteorik-
Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük
else
R_yüzde_birden_büyük
end
if:A2:=(NTU*((Cmin*10^3))/Khesap1):A2top:=1.1*A2:if
(A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.0254; end if; end if;
ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb):if (A2top<500001) then if
(A2top<150699) then L:=6.1 ; else L:=10; end if; end if;
L:n2_adet:=1.1*A2top/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2
*ro*n2_adet));Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/
1000)*(Rei2^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu2:=(Nus2*k)/di;Khesap2:=
(((1/(htaşınımsu2*0.60)))+(Lb/kiletimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^
(-1);R2:=abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1);if (0.01 > R2) then

```

```

R2_yüzde_birden_küçük     else     R2_yüzde_birden_büyük     end
if:A3:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap2):A:=1.1*A3;

```

60bar400C N5 ve Po=0,05 için:

```

> Po:=0.05*10^2;
mup:=0.001005;
h1:=137.75;
h4:=2020;
tç:=23;
T_d:=32.81;
P3:=60*10^2;
T3:=400;
etae:=0.80;
etam:=0.99;
etap:=0.75;
N:=5*10^(3);
Kteorik:=2500;
pi:=3.14159;
h3:=3178.3;
s3:=6.5432;
s4:=6.5432;
tg:=15;
cpsu:=4.184;
Lb:=0.00124;
ro:=1.005*10^3;
n:=2;
k:=606/10^(3);
di:=0.016;
nusu:=959/(10^6);
Pr:=6.62;
kiletimboru:=217;
htaşınımbuhar:=10318;
> etai:=etae/etam:h2:=h1-(Po-P3)*mup:h2g:=h1-(h1-
h2)/etap):deltaht:=h3-h4:h4g:=h3-(h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht):mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltaht
t*etae;deltat:=tç-tg:Qb:=mb*(h4g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat:epsilon:=Qb/(
Cmin*(T_d-tg)):ni:=4/10:ln(e):=1:
Cmin:=cpsu*msu*10^3:NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Kteorik);A1top:=1.1*A1;if
(A1top<500000) then if (A1top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;
ddis:ddis:di:=(ddis)-(2*Lb):if (A1top<500000) then if
(A1top<150699) then L:=5.4 ; else L:=10; end if; end if;

```

```

L:n_adet:=(1.1*A1top)/(pi*ddis*L):tortalama:=(tg+tç)/2:vsu:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n_adet));Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu):Nus:=evalf((23/1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu:=(Nus*k)/di;Kteorik:=Kteorik;Khesap1:=(((1/(htaşınımsu*0.60)))+(Lb/kiletimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^(-1);R:=abs((Kteorik-Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük else R_yüzde_birden_büyük end
if:A2:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap1):A2top:=1.1*A2;if (A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ; else ddis:=0.0254; end if; end if;
ddis:ddis:di:=(ddis)-(2*Lb):if (A2top<500001) then if (A2top<150699) then L:=5.4 ; else L:=10; end if; end if;
L:n2_adet:=1.1*A2top/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n2_adet));Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/1000)*(Rei2^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu2:=(Nus2*k)/di;Khesap2:=(((1/(htaşınımsu2*0.60)))+(Lb/kiletimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^(-1);R2:=abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1);if (0.01 > R2) then R2_yüzde_birden_küçük else R2_yüzde_birden_büyük end
if:A3:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap2):A:=1.1*A3;

```

60bar400C N5 ve Po=0,06 için:

```

> Po:=0.06*10^2;
mup:=0.0010075;
h1:=150.15;
h4:=2045;
tç:=23;
T_d:=36.3;
P3:=60*10^2;
T3:=400;
etae:=0.80;
etam:=0.99;
etap:=0.75;
N:=5*10^(3);
Kteorik:=2500;
pi:=3.14159;
h3:=3178.3;
s3:=6.5432;
s4:=6.5432;
tg:=15;
cpsu:=4.184;
Lb:=0.00124;
ro:=1.005*10^3;
n:=2;
k:=606/10^(3);
di:=0.016;

```

```

nusu:=959/(10^6);
Pr:=6.62;
kiletimboru:=217;
htaşınımbuhar:=10318;
> etai:=etae/etam:h2:=h1-(Po-P3)*mup:h2g:=h1-((h1-
h2)/etap):deltaht:=h3-h4:h4g:=h3-((h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht):mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltaht
t*etae;deltat:=tç-tg:Qb:=mb*(h4g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat:epsilon:=Qb/(
Cmin*(T_d-tg)):ni:=4/10:ln(e):=1:
Cmin:=cpsu*msu*10^3:NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Kteorik;A1top:=1.1*A1:if
(A1top<500000) then if (A1top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;
ddis:ddis:di:=(ddis)-(2*Lb):if (A1top<500000) then if
(A1top<150699) then L:=4.2 ; else L:=10; end if; end if;
L:n_adet:=(1.1*A1top)/(pi*ddis*L):tortalama:=(tg+tç)/2:vsu:=e
valf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n_adet));Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu
):Nus:=evalf((23/1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu:=(Nus*k
)/di;Kteorik:=Kteorik;Khesap1:=(((1/(htaşınımsu*0.60)))+(Lb/ki
letimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^(-1);R:=abs((Kteorik-
Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük
else R_yüzde_birden_büyük end
if:A2:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Khesap1:A2top:=1.1*A2:if
(A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.0254; end if; end if;
ddis:ddis:di:=(ddis)-(2*Lb):if (A2top<500001) then if
(A2top<150699) then L:=4.2 ; else L:=10; end if; end if;
L:n2_adet:=1.1*A2top/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2
*ro*n2_adet));Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/
1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu2:=(Nus2*k)/di;Khesap2:=((
(1/(htaşınımsu2*0.60)))+(Lb/kiletimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^
(-1);R2:=abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1);if (0.01 > R2) then
R2_yüzde_birden_küçük else R2_yüzde_birden_büyük end
if:A3:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Khesap2):A:=1.1*A3;

```

60bar400C N5 ve Po=0,07 için:

```

> Po:=0.07*10^2;
mup:=0.0010074;
h1:=162.55;
h4:=2060;
tç:=23;
T_d:=39.14;
P3:=60*10^2;
T3:=400;

```

```

etae:=0.80;
etam:=0.99;
etap:=0.75;
N:=5*10^(3);
Kteorik:=2500;
pi:=3.14159;
h3:=3178.3;
s3:=6.5432;
s4:=6.5432;
tg:=15;
cpsu:=4.184;
Lb:=0.00124;
ro:=1.005*10^3;
n:=2;
k:=606/10^(3);
di:=0.016;
nusu:=959/(10^6);
Pr:=6.62;
kiletimboru:=217;
htaşınımbuhar:=10318;
> etai:=etae/etam;h2:=h1-(Po-P3)*mup;h2g:=h1-((h1-
h2)/etap);deltaht:=h3-h4;h4g:=h3-((h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht);mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltaht
t*etae;deltat:=tç-tg;Qb:=mb*(h4g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat;epsilon:=Qb/(
Cmin*(T_d-tg));ni:=4/10;ln(e):=1;
Cmin:=cpsu*msu*10^3;NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Kteorik);A1top:=1.1*A1;if
(A1top<500000) then if (A1top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;
ddis:ddis:di:=(ddis)-(2*Lb);if (A1top<500000) then if
(A1top<150699) then L:=3.6 ; else L:=10; end if; end if;
L:n_adet:=(1.1*A1top)/(pi*ddis*L);tortalama:=(tg+tç)/2;vsu:=e
valf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n_adet));Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu
):Nus:=evalf((23/1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni);htaşınımsu:=(Nus*k
)/di;Kteorik:=Kteorik;Khesap1:=(((1/(htaşınımsu*0.60)))+(Lb/ki
letimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^(-1);R:=abs((Kteorik-
Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük
else R_yüzde_birden_büyük end
if:A2:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap1);A2top:=1.1*A2;if
(A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.0254; end if; end if;
ddis:ddis:di:=(ddis)-(2*Lb);if (A2top<500001) then if
(A2top<150699) then L:=3.6 ; else L:=10; end if; end if;
L:n2_adet:=1.1*A2top/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2
*ro*n2_adet));Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/

```

```

1000) * (Rei^(8/10)) * Pr^ni) :htaşınımsu2 := (Nus2*k) / di :Khesap2 := (
((1/ (htaşınımsu2*0.60)) + (Lb/kiletimboru) + (1/htaşınımbuhar))) ^
(-1) ;R2 := abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1) ;if (0.01 > R2) then
R2_yüzde_birden_küçük else R2_yüzde_birden_büyük end
if:A3 := (NTU* ((Cmin*10^(3))) /Khesap2) :A:=1.1*A3;

```

60bar400C\_N5 ve Po=0,08 için:

```

> Po:=0.08*10^2;
mup:=0.001008;
h1:=170.18;
h4:=2080;
tç:=23;
T_d:=41.65;
P3:=60*10^2;
T3:=400;
etae:=0.80;
etam:=0.99;
etap:=0.75;
N:=5*10^(3);
Kteorik:=2500;
pi:=3.14159;
h3:=3178.3;
s3:=6.5432;
s4:=6.5432;
tg:=15;
cpsu:=4.184;
Lb:=0.00124;
ro:=1.005*10^3;
n:=2;
k:=606/10^(3);
di:=0.016;
nusu:=959/(10^6);
Pr:=6.62;
kiletimboru:=217;
htaşınımbuhar:=10318;
> etai:=etae/etam:h2:=h1-(Po-P3)*mup:h2g:=h1-((h1-
h2)/etap):deltaht:=h3-h4:h4g:=h3-((h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht):mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltaht
t*etae;deltat:=tç-tg:Qb:=mb*(h4g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat:epsilon:=Qb/(
Cmin*(T_d-tg)):ni:=4/10:ln(e):=1:
Cmin:=cpsu*msu*10^3:NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU* ((Cmin*10^(3))) /Kteorik);A1top:=1.1*A1;if
(A1top<500000) then if (A1top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;

```

```

ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb):if (A1top<500000) then if
(A1top<150699) then L:=3.6 ; else L:=10; end if; end if;
L:n_adet:=(1.1*A1top)/(pi*ddis*L):tortalama:=(tg+tç)/2:vsu:=e
valf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n_adet));Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu
):Nus:=evalf((23/1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu:=(Nus*k
)/di;Kteorik:=Kteorik;Khesap1:=(((1/(htaşınımsu*0.60)))+(Lb/ki
letimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^(-1);R:=abs((Kteorik-
Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük
else R_yüzde_birden_büyük end
if:A2:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap1):A2top:=1.1*A2:if
(A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.0254; end if; end if;
ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb):if (A2top<500001) then if
(A2top<150699) then L:=3.6 ; else L:=10; end if; end if;
L:n2_adet:=1.1*A2top/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2
*ro*n2_adet));Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/
1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu2:=(Nus2*k)/di:Khesap2:=
(((1/(htaşınımsu2*0.60)))+(Lb/ki letimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^
(-1);R2:=abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1);if (0.01 > R2) then
R2_yüzde_birden_küçük else R2_yüzde_birden_büyük end
if:A3:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap2):A:=1.1*A3;

```

60bar400C N5 ve Po=0,09 için:

```

> Po:=0.09*10^2;
mup:=0.001009;
h1:=180.998;
h4:=2095;
tç:=23;
T_d:=43.9;
P3:=60*10^2;
T3:=400;
etae:=0.80;
etam:=0.99;
etap:=0.75;
N:=5*10^(3);
Kteorik:=2500;
pi:=3.14159;
h3:=3178.3;
s3:=6.5432;
s4:=6.5432;
tg:=15;
cpsu:=4.184;
Lb:=0.00124;
ro:=1.005*10^3;
n:=2;
k:=606/10^(3);

```

```

di:=0.016;
nusu:=959/(10^6);
Pr:=6.62;
kiletimboru:=217;
htaşınımbuhar:=10318;
> etai:=etae/etam:h2:=h1-(Po-P3)*mup:h2g:=h1-((h1-
h2)/etap):deltaht:=h3-h4:h4g:=h3-((h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht):mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltaht
*etae;deltat:=tç-tg:Qb:=mb*(h4g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat:epsilon:=Qb/(
Cmin*(T_d-tg)):ni:=4/10:ln(e):=1:
Cmin:=cpsu*msu*10^3:NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Kteorik;A1top:=1.1*A1:if
(A1top<500000) then if (A1top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;
ddis:ddis:di:=(ddis)-(2*Lb):if (A1top<500000) then if
(A1top<150699) then L:=3.05 ; else L:=10; end if; end if;
L:n_adet:=(1.1*A1top)/(pi*ddis*L):tortalama:=(tg+tç)/2:vsu:=e
valf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n_adet));Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu
):Nus:=evalf((23/1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu:=(Nus*k
)/di;Kteorik:=Kteorik;Khesap1:=(((1/(htaşınımsu*0.60)))+(Lb/ki
letimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^(-1);R:=abs((Kteorik-
Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük
else R_yüzde_birden_büyük end
if:A2:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Khesap1:A2top:=1.1*A2:if
(A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.0254; end if; end if;
ddis:ddis:di:=(ddis)-(2*Lb):if (A2top<500001) then if
(A2top<150699) then L:=3.05 ; else L:=10; end if; end if;
L:n2_adet:=1.1*A2top/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2
*ro*n2_adet));Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/
1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu2:=(Nus2*k)/di;Khesap2:=((
(1/(htaşınımsu2*0.60)))+(Lb/kiletimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^
(-1);R2:=abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1);if (0.01 > R2) then
R2_yüzde_birden_küçük else R2_yüzde_birden_büyük end
if:A3:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Khesap2:A:=1.1*A3;

```

60bar400C N5 ve Po=0,1 için:

```

> Po:=1.0*10^2;
mup:=0.001010;
h1:=191.81;
h4:=2110;
tç:=23;
T_d:=45.81;
P3:=60*10^2;

```

```

T3:=400;
etae:=0.80;
etam:=0.99;
etap:=0.75;
N:=5*10^(3);
Kteorik:=2500;
pi:=3.14159;
h3:=3178.3;
s3:=6.5432;
s4:=6.5432;
tg:=15;
cpsu:=4.184;
Lb:=0.00124;
ro:=1.005*10^3;
n:=2;
k:=606/10^(3);
di:=0.016;
nusu:=959/(10^6);
Pr:=6.62;
kiletimboru:=217;
htaşınımbuhar:=10318;
> etai:=etae/etam:h2:=h1-(Po-P3)*mup:h2g:=h1-(h1-
h2)/etap):deltaht:=h3-h4:h4g:=h3-(h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht):mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltah
t*etae;deltat:=tç-tg:Qb:=mb*(h4g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat:epsilon:=Qb/(
Cmin*(T_d-tg)):ni:=4/10:ln(e):=1:
Cmin:=cpsu*msu*10^3:NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Kteorik);A1top:=1.1*A1:if
(A1top<500000) then if (A1top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;
ddis:ddis:di:=(ddis)-(2*Lb):if (A1top<500000) then if
(A1top<150699) then L:=3.05 ; else L:=10; end if; end if;
L:n_adet:=(1.1*A1top)/(pi*ddis*L):tortalama:=(tg+tç)/2:vsu:=e
valf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n_adet));Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu
):Nus:=evalf((23/1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu:=(Nus*k
)/di;Kteorik:=Kteorik;Khesap1:=((1/(htaşınımsu*0.60))+Lb/ki
letimboru)+(1/htaşınımbuhar))^(-1);R:=abs((Kteorik-
Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük
else R_yüzde_birden_büyük end
if:A2:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap1):A2top:=1.1*A2:if
(A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.0254; end if; end if;
ddis:ddis:di:=(ddis)-(2*Lb):if (A2top<500001) then if
(A2top<150699) then L:=3.05 ; else L:=10; end if; end if;

```

```

L:n2_adet:=1.1*A2top/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2
*ro*n2_adet));Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/
1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu2:=(Nus2*k)/di:Khesap2:=
((1/(htaşınımsu2*0.60))+ (Lb/kiletimboru)+(1/htaşınımbuhar))^
(-1);R2:=abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1);if (0.01 > R2) then
R2_yüzde_birden_küçük else R2_yüzde_birden_büyük end
if:A3:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap2):A:=1.1*A3;

```

Aşağıda, 100 Bar, 400 oC ve N=5 MW 'lık bir kondenserde Po=(0,02), (0,03), (0,04), (0,05), (0,06), (0,07), (0,08), (0,09), (0,10) için hazırlanıp çalıştırılmış, MAPLE-13 program ve sonuçları verilmiştir.

**100bar400C N5 ve Po=0,02 için:**

```

> Po:=0.02*10^2;
mup:=0.001001;
h1:=73.433;
h4:=2590;
h4_2:=2190;
h3_2:=3270;
tç:=23;
T_d:=18.8;
tg:=15;
P3:=100*10^2;
T3:=400;
etae:=0.80;
etam:=0.99;
etap:=0.75;
N:=5*10^(3);
Kteorik:=4000;
pi:=3.14159;
h3:=3097.5;
s3:=6.5432;
s4:=6.5432;
cpsu:=4.184;
Lb:=0.00124;
ro:=1.005*10^3;

```

```

n:=2;
k:=606/10^(3);
di23:=0.016;
nusu:=959/(10^6);
Pr:=6.62;
kiletimboru:=217;
htaşınımbuhar:=10318;
> etai:=etae/etam:h2:=h1-(Po-P3)*mup:h2g:=h1-(h1-
h2)/etap):deltaht:=(h3-h4)+h3_2-h4_2:h4_2g:=h3_2-((h3_2-
h4_2)*etai);h4g:=h3-((h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht):mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltaht
t*etae;deltat:=tç-tg:Qb:=mb*(h4_2g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat:epsilon:=Qb/(
Cmin*(T_d-tg)):ni:=4/10:ln(e):=1:
Cmin:=cpsu*msu*10^3:NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Kteorik);A1top:=1.1*A1;if
(A1top<500000) then if (A1top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;
ddis:di:= (ddis)-(2*Lb):if (A1top<500000) then if
(A1top<150699) then L:=9.76 ; else L:=10.3; end if; end if;
L:n_adet:=(1.1*A1top)/(pi*ddis*L):tortalama:=(tg+tç)/2:vsu:=e
valf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n_adet));Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu
):Nus:=evalf((23/1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu:=(Nus*k
)/di;Kteorik:=Kteorik;Khesap1:=(((1/(htaşınımsu*0.60)))+(Lb/ki
letimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^(-1);R:=abs((Kteorik-
Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük
else R_yüzde_birden_büyük end
if:A2:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap1):A2top:=1.1*A2;if
(A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;
ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb):if (A2top<500001) then if
(A2top<150699) then L:=9.76 ; else L:=10.3; end if; end if;
L;n2_adet:=1.1*A2top/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2
*ro*n2_adet));Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/
1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu2:=(Nus2*k)/di:Khesap2:=
((1/(htaşınımsu2*0.60)))+(Lb/kiletimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^
(-1);R2:=abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1);if (0.01 > R2) then
R2_yüzde_birden_küçük else R2_yüzde_birden_büyük end
if:A3:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap2):A:=1.1*A3;

```

100bar400C\_N5 ve Po=0,03 için:

```
> Po:=0.03*10^2;  
mup:=0.001003;  
h1:=100.98;  
h4_2:=2230;  
h3_2:=3270;  
h4:=1980;  
tç:=25;  
T_d:=24.08;  
P3:=100*10^2;  
T3:=400;  
etae:=0.80;  
etam:=0.99;  
etap:=0.75;  
N:=5*10^(3);  
Kteorik:=2500;  
pi:=3.14159;  
h3:=3178.3;  
s3:=6.5432;  
s4:=6.5432;  
tg:=17;  
cpsu:=4.184;  
Lb:=0.00124;  
ro:=1.005*10^3;  
n:=2;  
k:=606/10^(3);  
di:=0.016;  
nusu:=959/(10^6);  
Pr:=6.62;  
kiletimboru:=217;  
htaşınımbuhar:=10318;
```

```

>          etai:=etae/etam:h2:=h1-(Po-P3)*mup:h2g:=h1-((h1-
h2)/etap):deltaht:=(h3-h4)+h3_2-h4_2:h4_2g:=h3_2-((h3_2-
h4_2)*etai);h4g:=h3-((h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht):mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltaht
*etae;deltat:=tç-tg:Qb:=mb*(h4_2g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat:epsilon:=Qb/(
Cmin*(T_d-tg)):ni:=4/10:ln(e):=1:
Cmin:=cpsu*msu*10^3:NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Kteorik;A1top:=1.1*A1;if
(A1top<500000) then if (A1top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;

ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb):if (A1top<500000) then if
(A1top<150699) then L:=9.15 ; else L:=10; end if; end if;

L:n_adet:=(1.1*A1top)/(pi*ddis*L):tortalama:=(tg+tç)/2:vsu:=e
valf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n_adet));Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu
):Nus:=evalf((23/1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu:=(Nus*k
)/di;Kteorik:=Kteorik;Khesap1:=(((1/(htaşınımsu*0.60)))+(Lb/ki
letimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^(-1);R:=abs((Kteorik-
Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük
else R_yüzde_birden_büyük end
if:A2:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Khesap1:A2top:=1.1*A2;if
(A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.0254; end if; end if;

ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb):if (A2top<500001) then if
(A2top<150699) then L:=9.15 ; else L:=10; end if; end if;

L;n2_adet:=1.1*A2top/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2
*ro*n2_adet));Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/
1000)*(Rei2^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu2:=(Nus2*k)/di;Khesap2:=
((1/(htaşınımsu2*0.60)))+(Lb/kiletimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^
(-1);R2:=abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1);if (0.01 > R2) then
R2_yüzde_birden_küçük else R2_yüzde_birden_büyük end
if:A3:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Khesap2:A:=1.1*A3;

```

100bar400C\_N5 ve Po=0,04 için:

```

> Po:=0.04*10^2;
mup:=0.001004;
h1:=121.39;
h4_2:=2260;
h3_2:=3270;
h4:=2000;
tç:=23;

```

```

T_d:=28.96;
P3:=100*10^2;
T3:=400;
etae:=0.80;
etam:=0.99;
etap:=0.75;
N:=5*10^(3);
Kteorik:=2500;
pi:=3.14159;
h3:=3178.3;
s3:=6.5432;
s4:=6.5432;
tg:=15;
cpsu:=4.184;
Lb:=0.00124;
ro:=1.005*10^3;
n:=2;
k:=606/10^(3);
di:=0.016;
nusu:=959/(10^6);
Pr:=6.62;
kiletimboru:=217;
htaşınımbuhar:=10318;
>          etai:=etae/etam:h2:=h1-(Po-P3)*mup:h2g:=h1-((h1-
h2)/etap):deltaht:=(h3-h4)+h3_2-h4_2:h4_2g:=h3_2-((h3_2-
h4_2)*etai);h4g:=h3-((h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht):mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltah
t*etae;deltat:=tç-tg:Qb:=mb*(h4_2g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat:epsilon:=Qb/(
Cmin*(T_d-tg)):ni:=4/10:ln(e):=1:
Cmin:=cpsu*msu*10^3:NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Kteorik);Altop:=1.1*A1:if
(Altop<500000) then if (Altop<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;
ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb):if (Altop<500000) then if
(Altop<150699) then L:=6.1 ; else L:=10; end if; end if;

```

```

L:n_adet:=(1.1*A1top)/(pi*ddis*L);tortalama:=(tg+tç)/2;vsu:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n_adet));Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu);Nus:=evalf((23/1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni);htaşınımsu:=(Nus*k)/di;Kteorik:=Kteorik;Khesap1:=(((1/(htaşınımsu*0.60)))+(Lb/kiletimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^(-1);R:=abs((Kteorik-Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük else R_yüzde_birden_büyük end if;A2:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap1);A2top:=1.1*A2;if (A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ; else ddis:=0.0254; end if; end if; ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb);if (A2top<500001) then if (A2top<150699) then L:=6.1 ; else L:=10; end if; end if; L;n2_adet:=1.1*A2top/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n2_adet));Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/1000)*(Rei2^(8/10))*Pr^ni);htaşınımsu2:=(Nus2*k)/di;Khesap2:=(((1/(htaşınımsu2*0.60)))+(Lb/kiletimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^(-1);R2:=abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1);if (0.01 > R2) then R2_yüzde_birden_küçük else R2_yüzde_birden_büyük end if;A3:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap2);A:=1.1*A3;

```

100bar400C\_N5 ve Po=0,05 için:

```

> Po:=0.05*10^2;
mup:=0.001005;
h1:=137.75;
h4_2:=2290;
h3_2:=3270;
h4:=2020;
tç:=23;
T_d:=32.81;
P3:=100*10^2;
T3:=400;
etae:=0.80;
etam:=0.99;
etap:=0.75;
N:=5*10^(3);
Kteorik:=2500;
pi:=3.14159;

```

```

h3:=3178.3;
s3:=6.5432;
s4:=6.5432;
tg:=15;
cpsu:=4.184;
Lb:=0.00124;
ro:=1.005*10^3;
n:=2;
k:=606/10^(3);
di:=0.016;
nusu:=959/(10^6);
Pr:=6.62;
kiletimboru:=217;
htaşınımbuhar:=10318;
>
etai:=etae/etam:h2:=h1-(Po-P3)*mup:h2g:=h1-((h1-
h2)/etap):deltaht:=(h3-h4)+h3_2-h4_2:h4_2g:=h3_2-((h3_2-
h4_2)*etai);h4g:=h3-((h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht):mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltah
t*etae;deltat:=tç-tg:Qb:=mb*(h4_2g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat:epsilon:=Qb/(
Cmin*(T_d-tg)):ni:=4/10:ln(e):=1:
Cmin:=cpsu*msu*10^3:NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Kteorik);A1top:=1.1*A1:if
(A1top<500000) then if (A1top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;
ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb):if (A1top<500000) then if
(A1top<150699) then L:=5.4 ; else L:=10; end if; end if;
L:n_adet:=(1.1*A1top)/(pi*ddis*L):tortalama:=(tg+tç)/2:vsu:=e
valf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n_adet));Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu
):Nus:=evalf((23/1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu:=(Nus*k
)/di;Kteorik:=Kteorik;Khesap1:=(((1/(htaşınımsu*0.60))+Lb/ki
letimboru)+(1/htaşınımbuhar))^( -1);R:=abs((Kteorik-
Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük
else R_yüzde_birden_büyük end
if:A2:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap1):A2top:=1.1*A2:if
(A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.0254; end if; end if;
ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb):if (A2top<500001) then if
(A2top<150699) then L:=5.4 ; else L:=10; end if; end if;

```

```

L;n2_adet:=1.1*A2top/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2
*ro*n2_adet));Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/
1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu2:=(Nus2*k)/di:Khesap2:=
((1/(htaşınımsu2*0.60)+(Lb/kiletimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^
(-1);R2:=abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1);if (0.01 > R2) then
R2_yüzde_birden_küçük else R2_yüzde_birden_büyük end
if:A3:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap2):A:=1.1*A3;

```

100bar400C N5 ve Po=0,06 için:

```

> Po:=0.06*10^2;
mup:=0.0010075;
h1:=150.15;
h4_2:=2310;
h3_2:=3270;
h4:=2045;
tç:=23;
T_d:=36.3;
P3:=100*10^2;
T3:=400;
etae:=0.80;
etam:=0.99;
etap:=0.75;
N:=5*10^(3);
Kteorik:=2500;
pi:=3.14159;
h3:=3178.3;
s3:=6.5432;
s4:=6.5432;
tg:=15;
cpsu:=4.184;
Lb:=0.00124;
ro:=1.005*10^3;
n:=2;
k:=606/10^(3);

```

```

di:=0.016;
nusu:=959/(10^6);
Pr:=6.62;
kiletimboru:=217;
htaşınımbuhar:=10318;
>          etai:=etae/etam:h2:=h1-(Po-P3)*mup:h2g:=h1-((h1-
h2)/etap):deltaht:=(h3-h4)+h3_2-h4_2:h4_2g:=h3_2-((h3_2-
h4_2)*etai);h4g:=h3-((h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht):mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltaht
*etae;deltat:=tç-tg:Qb:=mb*(h4_2g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat:epsilon:=Qb/(
Cmin*(T_d-tg)):ni:=4/10:ln(e):=1:
Cmin:=cpsu*msu*10^3:NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Kteorik;Altop:=1.1*A1:if
(Altop<500000) then if (Altop<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;
ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb):if (Altop<500000) then if
(Altop<150699) then L:=4.2 ; else L:=10; end if; end if;
L;n_adet:=(1.1*Altop)/(pi*ddis*L):tortalama:=(tg+tç)/2:vsu:=e
valf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n_adet));Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu
):Nus:=evalf((23/1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu:=(Nus*k
)/di;Kteorik:=Kteorik;Khesap1:=(((1/(htaşınımsu*0.60)))+(Lb/ki
letimboru)+(1/htaşınımbuhar))^(1);R:=abs((Kteorik-
Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük
else
          R_yüzde_birden_büyük
end
if:A2:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Khesap1:A2top:=1.1*A2:if
(A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.0254; end if; end if;
ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb):if (A2top<500001) then if
(A2top<150699) then L:=4.2 ; else L:=10; end if; end if;
L:n2_adet:=1.1*A2top/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2
*ro*n2_adet));Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/
1000)*(Rei2^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu2:=(Nus2*k)/di;Khesap2:=
((1/(htaşınımsu2*0.60)))+(Lb/kiletimboru)+(1/htaşınımbuhar))^(
-1);R2:=abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1);if (0.01 > R2) then
R2_yüzde_birden_küçük else R2_yüzde_birden_büyük end
if:A3:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Khesap2:A:=1.1*A3;

100bar400C N5 ve Po=0,07 için:
> Po:=0.07*10^2;
mup:=0.0010074;

```

```

h1:=162.55;
h4_2:=2350;
h3_2:=3270;
h4:=2060;
tç:=23;
T_d:=39.14;
P3:=100*10^2;
T3:=400;
etae:=0.80;
etam:=0.99;
etap:=0.75;
N:=5*10^(3);
Kteorik:=2500;
pi:=3.14159;
h3:=3178.3;
s3:=6.5432;
s4:=6.5432;
tg:=15;
cpsu:=4.184;
Lb:=0.00124;
ro:=1.005*10^3;
n:=2;
k:=606/10^(3);
di:=0.016;
nusu:=959/(10^6);
Pr:=6.62;
kiletimboru:=217;
htaşınımbuhar:=10318;
>
etai:=etae/etam;h2:=h1-(Po-P3)*mup;h2g:=h1-((h1-
h2)/etap);deltaht:=(h3-h4)+h3_2-h4_2;h4_2g:=h3_2-((h3_2-
h4_2)*etai);h4g:=h3-((h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht);mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltaht
t*etae;deltat:=tç-tg;Qb:=mb*(h4_2g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat;epsilon:=Qb/(

```

```

Cmin*(T_d-tg):ni:=4/10:ln(e):=1:
Cmin:=cpsu*msu*103:NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU*((Cmin*10(3)))/Kteorik):A1top:=1.1*A1:if
(A1top<500000) then if (A1top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;

ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb):if (A1top<500000) then if
(A1top<150699) then L:=3.6 ; else L:=10; end if; end if;

L;nadet:=(1.1*A1top)/(pi*ddis*L):tortalama:=(tg+tç)/2:vsu:=e
valf(4*msu/(Pi*(di)2*ro*nadet)):Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu
):Nus:=evalf((23/1000)*(Rei(8/10))*Prni):htaşınımsu:=(Nus*k
)/di;Kteorik:=(Kteorik);Khesap1:=((1/(htaşınımsu*0.60))+(Lb/ki
letimboru)+(1/htaşınımbuhar))(-1);R:=abs((Kteorik-
Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük
else R_yüzde_birden_büyük end
if:A2:=(NTU*((Cmin*10(3)))/Khesap1):A2top:=1.1*A2:if
(A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.0254; end if; end if;

ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb):if (A2top<500001) then if
(A2top<150699) then L:=3.6 ; else L:=10; end if; end if;

L:n2_adet:=(1.1*A2top)/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)2
*ro*n2_adet)):Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/
1000)*(Rei(8/10))*Prni):htaşınımsu2:=(Nus2*k)/di;Khesap2:=(
((1/(htaşınımsu2*0.60))+(Lb/kiletimboru)+(1/htaşınımbuhar)))(
-1);R2:=abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1);if (0.01 > R2) then
R2_yüzde_birden_küçük else R2_yüzde_birden_büyük end
if:A3:=(NTU*((Cmin*10(3)))/Khesap2):A:=1.1*A3;

```

100bar400C\_N5 ve Po=0,08 için:

> Po:=0.08\*10<sup>2</sup>;

m<sub>up</sub>: = 0.001008;

h<sub>1</sub>: = 170.18;

h<sub>4\_2</sub>: = 2370;

h<sub>3\_2</sub>: = 3270;

h<sub>4</sub>: = 2080;

tç: = 23;

T<sub>d</sub>: = 41.65;

P<sub>3</sub>: = 100\*10<sup>2</sup>;

```

T3:=400;

etae:=0.80;

etam:=0.99;

etap:=0.75;

N:=5*10^(3);

Kteorik:=2500;

pi:=3.14159;

h3:=3178.3;

s3:=6.5432;

s4:=6.5432;

tg:=15;

cpsu:=4.184;

Lb:=0.00124;

ro:=1.005*10^3;

n:=2;

k:=606/10^(3);

di:=0.016;

nusu:=959/(10^6);

Pr:=6.62;

kiletimboru:=217;

htaşınımbuhar:=10318;

>          etai:=etae/etam;h2:=h1-(Po-P3)*mup;h2g:=h1-((h1-
h2)/etap);deltaht:=(h3-h4)+h3_2-h4_2;h4_2g:=h3_2-((h3_2-
h4_2)*etai);h4g:=h3-((h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht);mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltah

```

```

t*etae;deltat:=tç-tg;Qb:=mb*(h4_2g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat;epsilon:=Qb/(
Cmin*(T_d-tg));ni:=4/10;ln(e):=1:
Cmin:=cpsu*msu*10^3;NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Kteorik);A1top:=1.1*A1;if
(A1top<500000) then if (A1top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;

ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb);if (A1top<500000) then if
(A1top<150699) then L:=3.6 ; else L:=10; end if; end if;

L;n_adet:=(1.1*A1top)/(pi*ddis*L);tortalama:=(tg+tç)/2;vsu:=e
valf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n_adet));Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu
):Nus:=evalf((23/1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni);htaşınımsu:=(Nus*k
)/di;Kteorik:=Kteorik;Khesap1:=(((1/(htaşınımsu*0.60)))+(Lb/ki
letimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^(-1);R:=abs((Kteorik-
Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük
else R_yüzde_birden_büyük end
if:A2:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap1);A2top:=1.1*A2;if
(A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.0254; end if; end if;

ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb);if (A2top<500001) then if
(A2top<150699) then L:=3.6 ; else L:=10; end if; end if;

L;n2_adet:=1.1*A2top/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2
*ro*n2_adet));Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/
1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni);htaşınımsu2:=(Nus2*k)/di;Khesap2:=
((1/(htaşınımsu2*0.60)))+(Lb/kiletimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^
(-1);R2:=abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1);if (0.01 > R2) then
R2_yüzde_birden_küçük else R2_yüzde_birden_büyük end
if:A3:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap2);A:=1.1*A3;

```

100bar400C\_N5 ve Po=0,09 için:

```
> Po:=0.09*10^2;  
mup:=0.001009;  
h1:=180.998;  
h4_2:=2390;  
h3_2:=3270;  
h4:=2095;  
tç:=23;  
T_d:=43.9;  
P3:=100*10^2;  
T3:=400;  
etae:=0.80;  
etam:=0.99;  
etap:=0.75;  
N:=5*10^(3);  
Kteorik:=2500;  
pi:=3.14159;  
h3:=3178.3;  
s3:=6.5432;  
s4:=6.5432;  
tg:=15;  
cpsu:=4.184;  
Lb:=0.00124;  
ro:=1.005*10^3;  
n:=2;  
k:=606/10^(3);  
di:=0.016;  
nusu:=959/(10^6);  
Pr:=6.62;  
kiletimboru:=217;  
htaşınımbuhar:=10318;
```

```

>          etai:=etae/etam:h2:=h1-(Po-P3)*mup:h2g:=h1-((h1-
h2)/etap):deltaht:=(h3-h4)+h3_2-h4_2:h4_2g:=h3_2-((h3_2-
h4_2)*etai);h4g:=h3-((h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht):mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltaht
*etae;deltat:=tç-tg:Qb:=mb*(h4g-cpsu*T_d);Qb:=mb*(h4_2g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat:epsilon:=Qb/(
Cmin*(T_d-tg)):ni:=4/10:ln(e):=1:
Cmin:=cpsu*msu*10^3:NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Kteorik;A1top:=1.1*A1:if
(A1top<500000) then if (A1top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;

ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb):if (A1top<500000) then if
(A1top<150699) then L:=3.05 ; else L:=10; end if; end if;

L:n_adet:=(1.1*A1top)/(pi*ddis*L):tortalama:=(tg+tç)/2:vsu:=e
valf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n_adet));Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu
):Nus:=evalf((23/1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu:=(Nus*k
)/di;Kteorik:=Kteorik;Khesap1:=(((1/(htaşınımsu*0.60)))+(Lb/ki
letimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^(-1);R:=abs((Kteorik-
Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük
else R_yüzde_birden_büyük end
if:A2:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Khesap1:A2top:=1.1*A2:if
(A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.0254; end if; end if;

ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb):if (A2top<500001) then if
(A2top<150699) then L:=3.05 ; else L:=10; end if; end if;

L;n2_adet:=1.1*A2top/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2
*ro*n2_adet));Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/
1000)*(Rei2^(8/10))*Pr^ni):htaşınımsu2:=(Nus2*k)/di;Khesap2:=
((1/(htaşınımsu2*0.60)))+(Lb/ki
letimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^
(-1);R2:=abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1);if (0.01 > R2) then
R2_yüzde_birden_küçük else R2_yüzde_birden_büyük end
if:A3:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Khesap2:A:=1.1*A3;

```

100bar400C N5 ve Po=0,1 için:

```

> Po:=1.0*10^2;
mup:=0.001010;
h1:=191.81;
h4_2:=2410;
h3_2:=3270;
h4:=2110;
tç:=23;

```

```

T_d:=45.81;
P3:=100*10^2;
T3:=400;
etae:=0.80;
etam:=0.99;
etap:=0.75;
N:=5*10^(3);
Kteorik:=2500;
pi:=3.14159;
h3:=3178.3;
s3:=6.5432;
s4:=6.5432;
tg:=15;
cpsu:=4.184;
Lb:=0.00124;
ro:=1.005*10^3;
n:=2;
k:=606/10^(3);
di:=0.016;
nusu:=959/(10^6);
Pr:=6.62;
kiletimboru:=217;
htaşınımbuhar:=10318;
>      etai:=etae/etam:h2:=h1-(Po-P3)*mup:h2g:=h1-((h1-
h2)/etap):deltaht:=(h3-h4)+h3_2-h4_2:h4_2g:=h3_2-((h3_2-
h4_2)*etai);h4g:=h3-((h3-
h4)*etai);SS:=3600/(etae*deltaht):mb:=SS*N/3600;Ne:=mb*deltaht
*etae;deltat:=tç-tg:Qb:=mb*(h4_2g-
h1);msu:=(Qb)/(cpsu*deltat);Qs:=msu*cpsu*deltat:epsilon:=Qb/(
Cmin*(T_d-tg)):ni:=4/10:ln(e):=1:
Cmin:=cpsu*msu*10^3:NTU:=(log[e](1/(1-
epsilon))):A1:=(NTU*((Cmin*10^3)))/Kteorik;Altop:=1.1*A1;if
(Altop<500000) then if (Altop<150699) then ddis:=0.019 ;
else ddis:=0.025; end if; end if;
ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb):if (Altop<500000) then if
(Altop<150699) then L:=3.05 ; else L:=10; end if; end if;

```

```

L:n_adet:=(1.1*A1top)/(pi*ddis*L);tortalama:=(tg+tç)/2;vsu:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n_adet));Rei:=evalf((ro*vsu*di)/nusu);Nus:=evalf((23/1000)*(Rei^(8/10))*Pr^ni);htaşınımsu:=(Nus*k)/di;Kteorik:=Kteorik;Khesap1:=(((1/(htaşınımsu*0.60)))+(Lb/kiletimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^(-1);R:=abs((Kteorik-Khesap1)/Kteorik);if (0.01 > R) then R_yüzde_birden_küçük else R_yüzde_birden_büyük end
if:A2:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap1);A2top:=1.1*A2;if (A2top<500000) then if (A2top<150699) then ddis:=0.019 ; else ddis:=0.0254; end if; end if;
ddis:ddis:di:= (ddis)-(2*Lb);if (A2top<500001) then if (A2top<150699) then L:=3.05 ; else L:=10; end if; end if;
L;n2_adet:=1.1*A2top/(pi*ddis*L);vsu2:=evalf(4*msu/(Pi*(di)^2*ro*n2_adet));Rei2:=evalf((ro*vsu2*di)/nusu);Nus2:=evalf((23/1000)*(Rei2^(8/10))*Pr^ni);htaşınımsu2:=(Nus2*k)/di;Khesap2:=(((1/(htaşınımsu2*0.60)))+(Lb/kiletimboru)+(1/htaşınımbuhar)))^(-1);R2:=abs((Khesap1-Khesap2)/Khesap1);if (0.01 > R2) then R2_yüzde_birden_küçük else R2_yüzde_birden_büyük end
if:A3:=(NTU*((Cmin*10^(3)))/Khesap2);A:=1.1*A3;

```

### **Boru Adedi-Basınç Değişimi:**

```
> with(CurveFitting):
```

```

xydata_nadet :=
[[0.02,10502],[0.03,5553],[0.04,3523],[0.05,2835],[0.06,3122],
,[0.07,3226],[0.08,2724],[0.09,3043],[0.1,2713]]:
c1 := BSplineCurve(xydata_nadet, v):
plot({c1, xydata_nadet},title="Boru Adet-Basınç Eğrisi",style=[line,point],
thickness=5,color=[blue,black],labels=[Basınç_(bar),Boru_adeti]);

```

### **Kondenser Alanı-Basınç Değişimi:**

```

> xydata_alan :=
[[0.02,5562.483],[0.03,2756.701],[0.04,1166.009],[0.05,830.552],
,[0.06,711.491],[0.07,630.79],[0.08,531.973],[0.09,503.534],
,[0.1,448.96]]:

```

```

c1 := BSplineCurve(xydata_alan, v):

plot({c1, xydata_alan}, title="Alan-Basınç
Eğrisi", style=[line, point],
thickness=5, color=[blue, black], labels=[Basınç_ (bar) ,Kondenser
_alanı_ (m^2)]);

```

### **Türbin Gücü-Basınç Değişimi:**

```

> xydata_vtürbin :=
[[0.02,39945.6],[0.03,38985.6],[0.04,38345.6],[0.05,37385.6],
[0.06,36745.6],[0.07,36265.6],[0.08,35785.6],[0.09,34985.6],[
0.1,34505.6]]:

c1 := BSplineCurve(xydata_vtürbin, v):

plot({c1, xydata_vtürbin}, title="Türbin Gücü-Basınç
Eğrisi", style=[line, point],
thickness=5, color=[blue, black], labels=[Basınç (bar) ,Türbin_güc
ü (kW)]);

```

### **Boru Boyu-Kondenser Basıncı Değişimi:**

```

> xydata_Lboruboyu :=
[[0.02,9.76],[0.03,9.15],[0.04,6.1],[0.05,5.4],[0.06,4.2],[0.
07,3.6],[0.08,3.6],[0.09,3.05],[0.1,3.05]]:

c1 := BSplineCurve(xydata_Lboruboyu, v):

plot({c1, xydata_Lboruboyu}, title="Boru Boyu-Basınç
Eğrisi", style=[line, point],
thickness=5, color=[blue, black], labels=[Basınç_ (bar) ,Birim_bor
u_boyu_ (m)]);

```

### Toplam Isı Transfer Katsayısının Basınç ile Değişimi

```
> xydata_Khesap :=
[[0.02,2101.9],[0.03,2220.67],[0.04,2618.2],[0.05,2808.85],[0.06,2694.6],[0.07,2649.6],[0.08,2805.07],[0.09,2671.6],[0.1,2772.08]]:

c1 := BSplineCurve(xydata_Khesap, v):

plot({c1, xydata_Khesap},title="K_hesap-Basınç Eğrisi",style=[line,point],
thickness=5,color=[blue,black],labels=[Basınç_(bar),K_hesap_(W/(m^2/K))]);
```

### Pompa Gücünün Basınç ile Değişimi

```
> xydata_msu:=
[[0.02,803.64],[0.03,784.33],[0.04,771.45],[0.05,752.14],[0.06,739.26],[0.07,729.60],[0.08,719.95],[0.09,703.85],[0.1,694.19]]:

c1 := BSplineCurve(xydata_msu, v):

plot({c1, xydata_msu},title="Pompa Gücü-Basınç Eğrisi",style=[line,point],
thickness=5,color=[blue,black],labels=[Basınç_(bar),Pompa_gücü_(kW)]);
```

### Soğutma Suyu Debisinin Basınç ile Değişimi:

```
> xydata_msu:=
[[0.02,1205.46],[0.03,1176.49],[0.04,1157.17],[0.05,1128.20],[0.06,1108.89],[0.07,1094.40],[0.08,1079.92],[0.09,1055.78],[0.1,1041.29]]:

c1 := BSplineCurve(xydata_msu, v):
```

```

plot({c1, xydata_msu}, title="m_su-Basınç
Eğrisi", style=[line, point],
thickness=5, color=[blue, black], labels=[Basınç_(bar), m_su_(kg/
s)]);

```

### Kondenser Maliyetinin Basınç ile Değişimi:

```

> xydata_maliyet:=
[[0.02,864912.43],[0.03,457216.37],[0.04,290084.99],[0.05,233
413.79],[0.06,257083.13],[0.07,265611.12],[0.08,224254.04],[0
.09,250543.05],[0.1,223387.25]]:
c1 := BSplineCurve(xydata_maliyet, v):
plot({c1, xydata_maliyet}, title="Maliyet-Basınç
Eğrisi", style=[line, point],
thickness=5, color=[blue, black], labels=[Basınç_(bar), Maliyet_(
TL)]);

```

### Net güç- Basınç Değişimi:

```

> xydata_netguc:=
[[0.02,39141.96],[0.03,38201.28],[0.04,37574.15],[0.05,36633.
47],[0.06,36006.34],[0.07,35536.00],[0.08,35065.65],[0.09,342
81.75],[0.1,33811.41]]:
c1 := BSplineCurve(xydata_netguc, v):
plot({c1, xydata_netguc}, title="Net Güç-Basınç
Eğrisi", style=[line, point], thickness=5, color=[blue, black]);
c1 := [{ 0.0000000, v < 0
0.0033333 v^3, v < 1
-0.0066667 + 0.0100000 v + 0.0100000 (v - 1)^2
-0.0050000 (v - 1)^3, v < 2

```

$$\begin{aligned}
& -0.0116667 - 0.0050000 (v-2)^2 + 0.0016667 (v-2)^3 \\
& + 0.0150000 v, v < 3 \\
& 0.0100000 v + 0.3000000 \cdot 10^{-8} (v-3)^3, v < 4 \\
& 0.1000000 \cdot 10^{-7} + 0.0100000 v, v < 5 \\
& \quad 0.0100000 v, v < 9 \\
& \quad 0.0100000 v - 0.0183333 (v-9)^3, v < 10 \\
& \quad 0.5316667 - 0.0450000 v - 0.0550000 (v-10)^2 \\
& \quad + 0.0350000 (v-10)^3, v < 11 \\
& \quad 0.5666667 - 0.0500000 v + 0.0500000 (v-11)^2 \\
& \quad - 0.0166667 (v-11)^3, v < 12 \\
& \quad 0.0000000, 12 \leq v, \{ 0.0000000, v < 0 \\
& \quad 6523.6600000 v^3, v < 1 \\
& -13047.3200000 + 19570.9800000 v + 19570.9800000 (v-1)^2 \\
& - 13204.1000000 (v-1)^3, v < 2 \\
& -5739.7600000 - 20041.3200000 (v-2)^2 + 6732.6980000 (v-2)^3 \\
& + 19100.6400000 v, v < 3 \\
& \quad 40605.2500000 - 783.9000000 v + 156.7800000 (v-3)^2 \\
& \quad - 104.5220000 (v-3)^3, v < 4 \\
& \quad 40657.5400000 - 783.9000000 v - 156.7700000 (v-4)^2 \\
& \quad + 104.5200000 (v-4)^3, v < 5 \\
& \quad 40605.2200000 - 783.9100000 v + 156.7800000 (v-5)^2 \\
& \quad - 26.1210000 (v-5)^3, v < 6 \\
& \quad 39324.9000000 - 548.7400000 v + 78.4000000 (v-6)^2 \\
& \quad - 26.1300000 (v-6)^3, v < 7 \\
& \quad 38828.3700000 - 470.3500000 v - 0.0100000 (v-7)^2 \\
& \quad - 52.2520000 (v-7)^3, v < 8 \\
& \quad 40030.4000000 - 627.1200000 v - 156.7700000 (v-8)^2 \\
& \quad + 104.5100000 (v-8)^3, v < 9 \\
& \quad 39978.1000000 - 627.1200000 v + 156.7700000 (v-9)^2 \\
& \quad - 5609.0950000 (v-9)^3, v < 10 \\
& \quad 199663.3000000 - 17140.8800000 v - 16670.5300000 (v-10)^2 \\
& \quad + 11192.0800000 (v-10)^3, v < 11 \\
& \quad 191598.0000000 - 16905.7000000 v + 16905.7000000 (v-11)^2 \\
& \quad - 5635.2350000 (v-11)^3, v < 12 \\
& \quad 0.0000000, 12 \leq v, v = 3 \dots 9]
\end{aligned}$$

### Net güç-Maliyet Değişimi:

```
> xydata_netgüç_maliyet:=  
[[33811.41,864912.43],[34281.75,457216.37],[35065.65,290084.9  
9],[35536.00,233413.79],[36006.34,257083.13],[36633.47,265611  
.12],[37574.15,224254.04],[38201.28,250543.05],[39141.96,2233  
87.25]]:c1 := BSplineCurve(xydata_netgüç_maliyet, v):  
  
plot({c1, xydata_netgüç_maliyet},title="Net Güç-Maliyet  
Eğrisi",style=[line,point],  
thickness=5,color=[blue,black],labels=[Net_güç_(kW),Maliyet_(  
TL)]);
```

### Suyun Isı Taşınım Katsayısı ile Toplam Isı Transfer Katsayısının Değişimi:

```
> xydata_alfasu_Khesap :=  
[[4467.00,2101.9],[4793.65,2220.67],[5967.22,2618.2],[6577.60  
,2808.85],[6207.80,2694.6],[6065.60,2649.6],[6565.19,2805.07]  
,[6134.94,2671.6],[6457.26,2772.08]]:  
  
c1 := BSplineCurve(xydata_alfasu_Khesap, v):  
  
plot({c1, xydata_alfasu_Khesap},title="Alfa_su-K_hesap  
Eğrisi",style=[line,point],  
thickness=[3,12],color=[blue,gold],labels=[Alfa_su_(W/m^2*K),  
K_hesap_(W/m^2*K)]);
```

### Suyun Isı Taşınım Katsayısı ile Soğutma Suyu Etkileşimi

```
> with(CurveFitting):
```

```
> xydata_alfasu_vsu :=  
[[4467.00,0.53],[4793.65,0.98],[5967.22,1.52],[6577.60,1.85],  
[6207.80,1.65],[6065.60,1.58],[6565.19,1.84],[6134.94,1.61],[  
6457.26,1.78]]:
```

```

> c1 := BSplineCurve(xydata_alfasu_vsu, v):plot({c1,
xydata_alfasu_vsu},title="Alfa_su-Soğutma Suyu Akış Hızı
Eğrisi",style=[line,point],
thickness=[3,12],color=[blue,gold],labels=[Alfa_su_(W/m^2*K),
Su_akış_hızı_(m/s)]);

```

**Soğutma Suyu Hızı ile Toplam Isı Transfer Katsayısının Değişimi:**

```

> xydata_Khesap_vsu :=
[[0.53,2101.99],[0.98,2220.67],[1.52,2618.24],[1.85,2808.85],
[1.65,2694.61],[1.58,2649.67],[1.84,2805.08],[1.61,2671.65],[
1.78,2772.08]]:c1 := BSplineCurve(xydata_Khesap_vsu,
v):plot({c1, xydata_Khesap_vsu},title="Khesap-Soğutma Suyu
Akış Hızı Eğrisi",style=[line,point],
thickness=[3,12],color=[blue,gold],labels=[K_hesap_(W/m^2*K),
Su_akış_hızı_(m/s)]);

```

## ÖZGEÇMİŞ

---

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Gökhan ÖZDAMAR  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 27/12/1982  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**E-posta** : ozdamargokhan@hotmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite
Y. Lisans	Fen Bilimleri Enst.	Yıldız Teknik Üniversitesi
Lisans	Makine Müh.	Uludağ Üniv.
Lise	Fen Bilimleri	Bursa Cumhuriyet Lisesi

### İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2011	GreenTechAge	Makine Mühendisi
2008	Anatolia Construction	Proje Mühendisi

