

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BOLU VE ÇEVRESİ ÖZELİNDE TOPRAK KAYNAKLI  
ISI POMPASININ SAYISAL İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mak.Müh. Erhan TUNÇEL**

**Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ**  
**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Nedim SÖZBİR**  
**Eş Danışman : Doç. Dr. Ünal ÇAMDALI**

**Aralık 2011**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BOLU VE ÇEVRESİ ÖZELİNDE TOPRAK KAYNAKLI  
ISI POMPASININ SAYISAL İNCELENMESİ**


**YÜKSEK LİSANS TEZİ**


**Mak.Müh. Erhan TUNÇEL**


Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ

Bu tez 06/12/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Prof. Dr. İsmail EKMEKÇİ  
Jüri Başkanı

  
Y. Doç. Dr. Nedim SÖZBİR  
Üye

  
Doç. Dr. İmdat TAYMAZ  
Üye

## **TEŐEKKÖR**

Bu alıŐma sırasında desteklerini ve ilgilerini esirgemeyen değereli hocalarım sayın Doç. Dr. Ünal ÇAMDALI ve sayın Yrd. Doç. Dr. Nedim SÖZBİR'e, öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme teŐekkÖr ederim.

# İÇİNDEKİLER LİSTESİ

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER LİSTESİ.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1. Toprak Kaynaklı Isı Pompaları.....	1
1.1.1. Yatay toprak ısı değiştiricileri.....	2
1.1.2. Dikey toprak ısı değiştiricileri.....	2
1.2. Literatür Taraması.....	3
BÖLÜM 2. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİMÜLASYONU.....	7
2.1. Matematik Model.....	8
2.1.1. Kompresör modeli.....	8
2.1.2. Yoğuşturucu modeli.....	8
2.1.3. Buharlaştırıcı modeli.....	9
2.1.4. Genleşme valfi modeli.....	10
2.1.5. Soğutma çevrimi için termodinamiğin birinci yasaşı.....	10
2.1.6. Sistem denklemlerinin elde edilmesi.....	10
2.2. Soğutucu Akışkan Devresi Boru Çapı Hesabı.....	11
2.3. Toprak Isı Değiştirici Boru Uzunluğunun Hesaplanması.....	11
2.3.1. Boru direnci.....	12
2.3.2. Toprak direnci.....	12
2.3.3. İşletme faktörü.....	13
2.3.4. En düşük ve en yüksek toprak sıcaklıkları.....	13

2.4. Toprak Alan Hesabı .....	17
2.5. Sirkülasyon Pompası Hesabı.....	18
2.5.1. Sürekli kayıplar .....	18
2.5.2. Yerel kayıplar .....	19
2.6. Soğutucu Akışkanların Termofiziksel Özellikleri .....	20
2.6.1. Doyma basıncı.....	23
2.6.2. Doymuş buhar özgül hacmi .....	24
2.6.3. Doymuş sıvı özgül entalpisi .....	25
2.6.4. Doymuş buhar özgül entalpisi.....	25
2.6.5. Doymuş sıvı özgül entropisi.....	26
2.6.6. Doymuş buhar özgül entropisi .....	26
2.6.7. Kızgın buhar özgül entalpisi .....	27
2.6.8. Kızgın buhar özgül entropisi .....	28
2.6.9. Kızgın buhar yoğunluğu.....	29
2.6.10. Doymuş sıvı yoğunluğu .....	30
2.7. Salamuraların Termofiziksel Özellikleri .....	31
2.7.1. Donma sıcaklığı .....	31
2.7.2. Yoğunluk, ısı iletim katsayısı ve özgül ısı .....	31
2.7.3. Dinamik vizkozite ve prandtl sayısı.....	32
BÖLÜM 3. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİMÜLASYON PROGRAMI.	34
3.1. Program Akış Diyagramı .....	34
3.2. Program Çıktıları.....	39
BÖLÜM 4. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİMÜLASYON SONUÇLARI	42
BÖLÜM 5. SONUÇ.....	48
KAYNAKLAR .....	50
EKLER.....	55
ÖZGEÇMİŞ .....	119

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$\Delta T_{ob}$	: Buharlaştırıcının logaritmik ortalama sıcaklık farkı, (°C)
$\Delta T_{oy}$	: Yoğuşturucunun logaritmik ortalama sıcaklık farkı, (°C)
$A_b$	: Buharlaştırıcının toplam ısı transfer yüzey alanı, (m <sup>2</sup> )
$A_y$	: Yoğuşturucunun toplam ısı transfer yüzey alanı, (m <sup>2</sup> )
COP	: Soğutma çevriminin performans katsayısı
COP <sub>1</sub>	: Isıtma durumu için performans katsayısı
COP <sub>s</sub>	: Soğutma durumu için performans katsayısı
$c_{p,h}$	: Havanın özgül ısısı, (kJ/kg °C)
$c_{p,s}$	: Salamuranın özgül ısısı, (kJ/kg °C)
$D_b$	: Boru çapı, (m)
$D_h$	: Hidrolik çap, (m)
F	: Sürtünme faktörü
$F_b$	: Buharlaştırıcı düzeltme faktörü, (F <sub>b</sub> =1 alınabilir.)
$F_i$	: İşletme faktörü
$F_y$	: Yoğuşturucu düzeltme faktörü, (F <sub>y</sub> =1 alınabilir.)
g	: Yerçekimi ivmesi, (m/s <sup>2</sup> )
$h_1$	: Kompresör girişindeki soğutucu akışkanın entalpisi, (kJ/kg)
$h_2$	: Kompresör çıkışındaki soğutucu akışkanın entalpisi, (kJ/kg)
$h_{2s}$	: Soğutucu akışkanın izentropik hal değişim entalpisi, (kJ/kg)
$h_3$	: Yoğuşturucudan çıkan soğutucu akışkanın entalpisi, (kJ/kg)
$h_4$	: Buharlaştırıcı girişindeki soğutucu akışkanın entalpisi, (kJ/kg)
$h_{K,sürekli}$	: Sürekli kayıplar, (mSS)
$h_{K,yerel}$	: Yerel kayıplar, (mSS)
$h_{pompa}$	: Sirkülasyon pompası basma yükü, (mSS)
$K_b$	: Buharlaştırıcının toplam ısı transfer katsayısı, (kW/m <sup>2</sup> °C)
$K_y$	: Yoğuşturucunun toplam ısı transfer katsayısı, (kW/m <sup>2</sup> °C)
$K_K$	: Bağlantı eleman kayıp katsayısı

$L$	: Boru uzunluğu (m)
$L_1$	: Isıtma durumu için TID boru uzunluğu, (m)
$\dot{m}_h$	: Havanın kütleli debisi, (kg/s)
$\dot{m}_s$	: Salamuranın kütleli debisi, (kg/s)
$\dot{m}_{sa}$	: Soğutucu akışkan debisi, (kg/s)
$P$	: Periyot, (s)
$P_1$	: Buharlaştırıcı basıncı, (MPa)
$P_2$	: Yoğuşturucu basıncı, (MPa)
$\dot{Q}_b$	: Buharlaştırıcı kapasitesi, (kW)
$\dot{Q}_{sa}$	: Soğutucu akışkandan havaya transfer edilen ısı, (kW)
$\dot{Q}_1$	: Isı pompasının ısıtma kapasitesi, (kW)
$\dot{Q}_s$	: Isı pompasının soğutma kapasitesi, (kW)
$\dot{Q}_y$	: Yoğuşturucu kapasitesi, (kW)
$Re$	: Reynolds sayısı
$R_b$	: Boru direnci, (mK/kW)
$R_t$	: Toprak direnci, (mK/kW)
$t$	: Süre, (s)
$T_1$	: Buharlaştırıcıdan çıkan aşırı kızdırılmış soğutucu akışkan sıcaklığı, (°C)
$T_3$	: Yoğuşturucudan çıkan soğutucu akışkan sıcaklığı, (°C)
$T_4$	: Genleşme valfinden çıkan soğutucu akışkan sıcaklığı, (°C)
$T_b$	: Buharlaştırıcı sıcaklığı, (°C)
$T_{hç}$	: Havanın yoğuşturucudan çıkış sıcaklığı, (°C)
$T_{hg}$	: Havanın yoğuşturucuya giriş sıcaklığı, (°C)
$T_m$	: Yüzeydeki ortalama toprak sıcaklığı, (°C)
$T_o$	: Yüzeydeki toprak sıcaklığının genliği, (°C)
$T_{s,min}$	: Buharlaştırıcıya giren en düşük salamura sıcaklığı, (°C)
$T_{s,maks}$	: Buharlaştırıcıya giren en yüksek salamura sıcaklığı, (°C)
$T_{sç}$	: Buharlaştırıcıdan çıkan salamuranın sıcaklığı, (°C)
$T_{sg}$	: Buharlaştırıcıya giren salamuranın sıcaklığı, (°C)
$T_{t,min}$	: Yılın en düşük toprak sıcaklığı, (°C)
$T_{t,maks}$	: Yılın en yüksek toprak sıcaklığı, (°C)
$T_y$	: Yoğuşturucu sıcaklığı, (°C)
$\dot{W}_{komp}$	: Kompresör gücü, (kW)

- $\dot{W}_{net}$  : Net kompresör gücü, (kW)
- $v_{sa}$  : Soğutucu akışkan özgül hacmi, ( $m^3/kg$ )
- $V_{ort,sa}$  : Soğutucu akışkan ortalama hızı, (m/s)
- $V_{ort,s}$  : Salamura ortalama hızı, (m/s)
- $x$  : Derinlik, (m)
- $\alpha$  : Toprağın ısı yayılım katsayısı, ( $m^2/s$ )
- $\eta_e$  : Elektrik motor verimi
- $\eta_{izn}$  : Kompresörün izentropik verimi
- $\eta_m$  : Kompresörün mekanik verimi



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Yatay ve dikey toprak ısı değiştiricileri.....	1
Şekil 1.2.	Seri ve paralel yatay toprak ısı değiştiricileri (Ersöz 2000) .....	2
Şekil 1.3.	Seri ve paralel dūşey toprak ısı deęiřtiricileri (Ersöz 2000).....	3
Şekil 2.1.	Simūlasyonu yapılacak toprak kaynaklı ısı pompasının devre şeması.	7
Şekil 2.2.	Soğutma Çevriminin Basınç-Entalpi ve Sıcaklık-Entropi Diyagramı..	8
Şekil 2.3.	5 cm Derinlik için Meteoroloji Verileri ve Denklem Sonuçları (Çamdalı 2011) .....	15
Şekil 2.4.	10 cm Derinlik için Meteoroloji Verileri ve Denklem Sonuçları (Çamdalı 2011) .....	15
Şekil 2.5.	20 cm Derinlik için Meteoroloji Verileri ve Denklem Sonuçları (Çamdalı 2011) .....	16
Şekil 2.6.	50 cm Derinlik için Meteoroloji Verileri ve Denklem Sonuçları (Çamdalı 2011) .....	16
Şekil 2.7.	100 cm Derinlik için Meteoroloji Verileri ve Denklem Sonuçları (Çamdalı 2011) .....	17
Şekil 2.8.	Toprak alanı hesabı için geometrik parametreler .....	17
Şekil 2.9.	Örnek soğutucu akışkan tablosu .....	20
Şekil 2.10.	MATLAB Eğri Uydurma Aracı (Curve Fitting Tool).....	21
Şekil 2.11.	MATLAB Eğri Uydurma Aracı Fiting Penceresi .....	22
Şekil 2.12.	MATLAB Yüzey Uydurma Aracı (Surface Fitting Tool).....	23
Şekil 3.1.	Toprak kaynaklı ısı pompası simūlasyonu programının akış diyagramı	35
Şekil 3.2.	Toprak kaynaklı ısı pompası simūlasyonu ara yüzü.....	36
Şekil 3.3.	Sonuçlar ara yüzü .....	37
Şekil 3.4.	Toprak alan hesabı ara yüzü .....	38
Şekil 3.5.	Sirkūlasyon pompa hesabı ara yüzü .....	39
Şekil 4.1.	Isıtma durumu için soğutucu akışkanlara göre COP değişimi .....	42

Şekil 4.2.	Soğutma durumu için soğutucu akışkanlara göre COP değişimi .....	43
Şekil 4.3.	Isıtma durumu için soğutucu akışkanlara göre kompresör gücü değişimi .....	43
Şekil 4.4.	Soğutma durumu için soğutucu akışkanlara göre kompresör gücü değişimi .....	44
Şekil 4.5.	Isıtma durumu için soğutucu akışkanlara göre soğutucu akışkan debisi değişimi .....	44
Şekil 4.6.	Soğutma durumu için soğutucu akışkanlara göre soğutucu akışkan debisi değişimi .....	45
Şekil 4.7.	Isıtma durumu için soğutucu akışkanlara göre TID boru uzunluğu değişimi .....	45
Şekil 4.8.	Soğutma durumu için soğutucu akışkanlara göre TID boru uzunluğu değişimi .....	46
Şekil 4.9.	Toprak direncinin boru çapı ve TID gömme derinliğine bağlı olarak değişimi .....	46
Şekil 4.10.	TID boru uzunluğunun boru çapı ve TID gömme derinliğine bağlı olarak değişimi .....	47
Şekil 4.11.	Toprak alanının boru çapı ve TID gömme derinliğine bağlı olarak değişimi .....	47
Şekil 4.12.	Pompa yükünün boru çapı ve TID gömme derinliğine bağlı olarak değişimi .....	47

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Boru direnci değerleri (Miles 1994) .....	12
Tablo 2.2.	Toprak direnci değerleri (Miles 1994).....	13
Tablo 2.3.	Bolu İçin 30 Yıllık (1975 – 2006) eşitli Derinliklerdeki Toprak Sıcaklıkları.....	14
Tablo 2.4.	Bağlantı elemanlarının kayıp katsayıları (engel 2008).....	19
Tablo 2.5.	Doyma basıncı için sabitler .....	24
Tablo 2.6.	Doymuş buhar zgöl hacmi için sabitler .....	24
Tablo 2.7.	Doymuş sıvı zgöl entalpisi için sabitler.....	25
Tablo 2.8.	Doymuş buhar zgöl entalpisi için sabitler .....	26
Tablo 2.9.	Doymuş sıvı zgöl entropisi için sabitler .....	26
Tablo 2.10.	Doymuş sıvı zgöl entropisi için sabitler .....	27
Tablo 2.11.	Kızgın buhar zgöl entalpisi için sabitler .....	28
Tablo 2.12.	Kızgın buhar zgöl entalpisi için sabitler .....	29
Tablo 2.13.	Kızgın buhar yoğunluğu için sabitler .....	30
Tablo 2.14.	Doymuş sıvı yoğunluğu için sabitler .....	30
Tablo 2.15.	(2.42) eşitliğindeki sabitler .....	31
Tablo 2.16.	(2.43) eşitliğindeki sabitler.....	32
Tablo 2.17.	(2.44) eşitliğindeki sabitler.....	33
Tablo 3.1.	Soğutma evrim noktalarındaki soğutucu akışkanın basınçları – R134a (bar) (amdalı 2011) .....	40
Tablo 3.2.	Soğutma evrim noktalarındaki soğutucu akışkanın sıcaklıkları – R134a (°C) (amdalı 2011).....	40
Tablo 3.3.	Soğutucu akışkanın zgöl hacimleri – R134a (dm <sup>3</sup> /kg) (amdalı 2011).....	40
Tablo 3.4.	Soğutucu akışkanın entalpileri – R134a (kJ/kg) (amdalı 2011).....	40

Tablo 3.5.	Soğutucu akışkanın entropileri – R134a (kJ/kg K) (Çamdalı 2011) .	41
Tablo 3.6.	MATLAB programı ile Solkane Refrigerant Software programının karşılaştırılması (Çamdalı 2011) .....	41

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Toprak kaynaklı ısı pompası, Toprak ısı değiştiricisi, Matematik model, Simülasyon

Bu çalışmada toprak kaynaklı ısı pompası sistem parametrelerini hesaplamak amacıyla literatürde bulunan denklemler yardımıyla sistemin genel denklemleri elde edilmiştir. Elde edilen denklemlerin nümerik olarak çözümü için MATLAB programı geliştirilmiştir. Geliştirilen MATLAB programı ile R134a, R404a, R410a, R12, R22 ve R502 soğutucu akışkanları, TID boru çapı ve TID gömme derinliklerine bağlı olarak kompresör, yoğuşturucu, buharlaştırıcı, genleşme valfi gibi sistem elemanlarının kapasiteleri, ve soğutucu akışkan debisi, toprak ısı değiştiricisi uzunluğu, toprak alanı, sirkülasyon pompası basma yükü COP gibi sistem parametreleri elde edilmiştir.

# **NUMERICAL ANALYSIS OF GROUND SOURCE HEAT PUMP IN THE CASE OF BOLU AND ITS ENVIRONMENT**

## **SUMMARY**

Keywords: Ground source heat pump, Ground heat exchanger, Mathematical modeling, Simulation

In this study to calculate of GSHP system parameters, general equations of GSHP are obtained by using available GSHP models in literatures. MATLAB program codes are developed for solving these equations numerically. Capacities of equipment such as compressor, condenser, evaporator, expansion valve and GSHP system parameters such as mass flow rate of refrigerant, GSHE pipe length, ground area, circulation pump power, and COP are obtained for R134a, R404a, R410a, R12, R22, R502 refrigerants, GSHE pipe diameter and buried soil depth.

# BÖLÜM 1. GİRİŞ

## 1.1. Toprak Kaynaklı Isı Pompaları

Toprak kaynaklı ısı pompaları, soğutma devresi ve toprak ile ısı alışverişi yapan salamura devresinden oluşmaktadır. Soğutma devresi elemanları kompresör, yoğuşturucu, buharlaştırıcı ve kısılma vanasıdır. Salamura devresinde ise sirkülasyon pompası ve toprak ısı değiştiricisi (TID) kullanılmaktadır.

Toprak kaynaklı ısı pompaları hem ısıtma hem de soğutma amaçlı kullanılabilir. Soğutma uygulamasında salamura devresi ile topraktan çekilen ısı soğutma devresine aktarılır. Isıtma uygulamasında ise soğutulacak ortamdan çekilen ısı salamura devresi ile toprağa atılır.

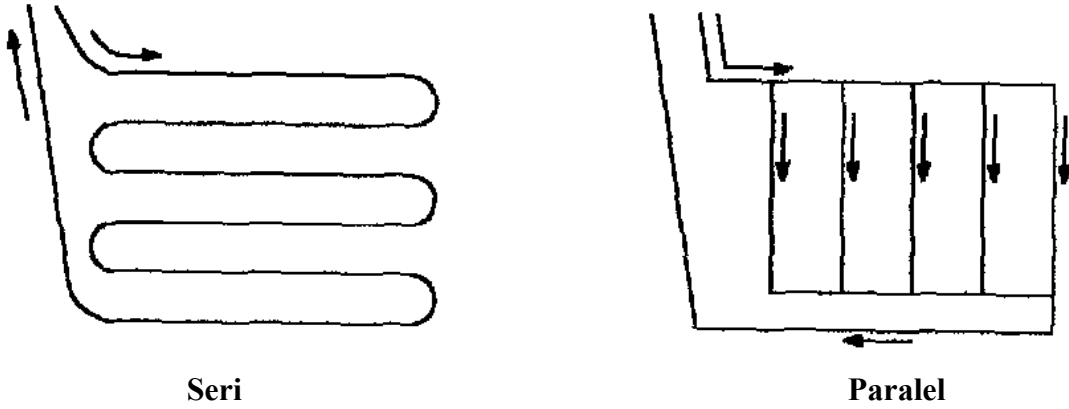
Toprak ısı değiştiricisi toprak ile ısı transferinin gerçekleşmesi için döşenen borulardan oluşmaktadır. Toprak kaynaklı ısı pompaları TID'in döşenme şekline göre yatay veya dikey toprak kaynaklı ısı pompaları olarak adlandırılır. Şekil 1.1'de yatay ve dikey toprak ısı değiştiricileri görülmektedir.



Şekil 1.1. Yatay ve dikey toprak ısı değiştiricileri

### 1.1.1. Yatay toprak ısı değiştircileri

Yatay toprak ısı değiştircileri topraktan ısı çekecek boruların belirli bir derinlikte yatay olarak yerleştirilmesiyle oluşturulurlar. Toprak ısı değiştircileri akış yönüne göre seri ya da paralel olarak sınıflandırılırlar. Şekil 1.2’de seri ve paralel akış durumları gösterilmiştir.



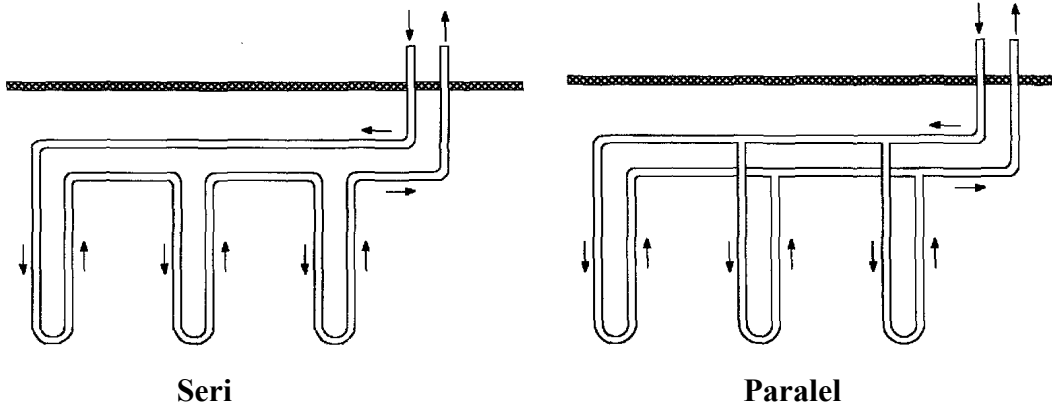
Şekil 1.2. Seri ve paralel yatay toprak ısı değiştircileri (Ersöz 2000)

Isı değiştircisinin etkinliği borular arasındaki mesafeye bağlı olarak değişir. Borular arasındaki mesafenin yaklaşık 0,3 m olarak seçilmesi uygundur [7]. Ayrıca borular yüzey Őartlarından etkilenmelerini önlemek amacıyla genellikle 0,5 m-2,5 m derinlikte dşenirler. Gömme derinliği arttıkça toprak ısı değiştircisinin etkinliği artarken hafriyat masrafları artar. Bu nedenle gömme derinliğinin tespitinde ekonomik Őartların da değerlendirilmesi gerekir [1].

### 1.1.2. Dikey toprak ısı değiştircileri

Düşey toprak ısı değiştircileri de akış yönüne göre seri ve paralel olarak sınıflandırılırlar ve Şekil 1.3’te görülmektedir.





Şekil 1.3. Seri ve paralel düşey toprak ısı değiştiricileri (Ersöz 2000)

Düşey toprak ısı değiştiricilerinin montaj süresi hafriyat tipi ve derinliğe bağlı olarak değişir. Delme süreleri 1-2 gün sürmektedir. Toplam kurulumu ise 2 günde tamamlanabilir [1].

## 1.2. Literatür Taraması

Toprak kaynaklı ısı pompalarının kullanımı; toprak sıcaklığının atmosfer sıcaklığından farklı olması, toprak sıcaklık değişiminin fazla olmaması vb nedenlerden dolayı cazip görünmektedir [2].

Toprak kaynaklı ısı pompaları ile ilgili literatürde birçok çalışmalar yapılmıştır. Ayyıldız [3] yapmış olduğu doktora tezinde jeotermal atık su kullanan buhar sıkıştırmalı bir ısı pompasının simülasyon modelini elde etmiş ve bu modelden elde edilen denklemlerin çözümünü yapan bir program geliştirmiştir. Healy vd. [4] Kanada'da TID derinliği, salamura debisi, borular arası mesafe gibi sistem parametrelerinin toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin performansına etkisini araştırmışlardır. Aynı araştırmacılar ayrıca TKIP sisteminin ekonomik olarak geleneksel ısıtma ve soğutma sistemlerinden daha avantajlı olduğu sonucuna varmışlardır. Petit vd. [5] Yohannesburg'da dikey toprak kaynaklı ısı pompası ile hava kaynaklı ısı pompasının ekonomik yönden karşılaştırmasını yaparak dikey toprak kaynaklı ısı pompasının hava kaynaklı ısı pompasına göre daha uygun olduğu sonucuna varmışlardır. Zogou vd. [6] iklim şartlarının ısı pompası tasarımına etkisini incelemişlerdir. Piechowski vd. [7] yatay toprak ısı değiştiricisinden toprağa olan ısı

ve küttele transferi için bir matematiksel model elde etmişlerdir. Hepbaşlı [8] İzmir’de dikey toprak kaynaklı ısı pompasının soğutma performansını deneysel olarak incelemiştir. Esen vd. [9] toprak ısı değiştirici uzunluğunun hesaplanması için Visual-Basic programlama dilinde bir algoritma hazırlamışlardır. Hepbaşlı vd. [10] Türkiye’de jeotermal enerji kullanımındaki tarihsel gelişimi incelemiştir. İnallı vd. [11, 12] toprak ısı değiştiricisi gömme derinliği, salamura debisi gibi sistem parametrelerinin Elazığ’da kurulan toprak kaynaklı ısı pompasının performansına olan etkisini deneysel olarak incelemiştir. Aynı araştırmacılar sistemden elde edilen deneysel verileri kullanarak TID çevresindeki toprak sıcaklık dağılımını nümerik olarak elde etmişlerdir. Hepbaşlı vd. [13] Niğde’de düşük sıcaklıktaki jeotermal kaynaklar kullanılarak kurulan ısı pompası sisteminin enerji ve ekserji analizlerini deneysel olarak incelemiştir. Hepbaşlı vd. [14] ısı pompalı su ısıtıcılarının enerji ve ekserji analizleri yapmışlardır. Coşkun vd. [15] ve Pulat vd. [16] Bursa’da kurulan yatay toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin ısıtma ve soğutma performanslarını deneysel olarak incelemiştir. Aynı araştırmacılar sistemdeki salamuranın TID’a giriş ve çıkış sıcaklıkları kullanılarak ANSYS ortamında TID çevresindeki toprak sıcaklık dağılımını elde etmişlerdir. Demir vd. [17] toprak yüzeyindeki rüzgar, yağmur ve kar gibi çevresel faktörlere bağlı olarak yatay toprak ısı değiştiricisi civarındaki toprağın sıcaklık dağılımını sonlu farklar yöntemiyle elde etmişlerdir. Elde edilen değerler ile deneysel ölçümleri karşılaştırmışlardır. Çamdalı ve Tunçel [19] ısı pompasının Bolu özelindeki maliyetini diğer sistemler ile karşılaştırmışlardır. Kopaç vd. [20] NH<sub>3</sub>, R12 R22 ve R134a soğutucu akışkanları için buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin ekserji analizini yapmışlardır. Ersöz [1] yüksek lisans çalışmasında Ege Üniversitesi Güneş Enerji Enstitü binası içerisinde bulunan bir dersliğin toprak kaynaklı ısı pompası ile soğutulması için toprak kaynaklı ısı pompası tasarımını yapmış ve elde ettiği sonuçları teorik ve deneysel olarak karşılaştırmıştır. Yılmaz [21] yüksek lisans tezinde iki katlı bir binanın ısıtma ve soğutulması için toprak kaynaklı ısı pompası tasarımı yapmış ve elde ettiği sonuçları klasik sistemlerle karşılaştırmıştır. Hancıoğlu [22] Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsünde bir hacmin ısıtılması için güneş enerjisi destekli toprak kaynaklı ısı pompası tasarımı yapmış; toprak ısı değiştiricisi yükünü azaltmak için güneş kolektörlerinden faydalanmıştır. Koyun vd. [23] toprak sıcaklığının zamana ve derinliğe bağlı olarak değişiminin hesaplanması için

matematik model elde etmişlerdir. Coşkun [24] çalışmasında sürekli rejimde farklı soğutucu akışkanlar için hava-su kaynaklı mekanik buhar sıkıştırırmalı ısı pompasının performans özelliklerini incelemek amacıyla sistemi oluşturan her bir elemanın basit matematik modellerini oluşturarak Turbo Pascal programlama dili ile bir program yazmıştır. Oluşturulan program sayesinde R12, R134a, R22 ve R404a soğutucu akışkanları için sistemin COP değişimini belirlemiştir. Abou-Ziyan vd. [25] çalışmasında güneş enerjisi destekli ısı pompasının farklı soğutucu akışkanlar için performans özelliklerini incelemek için bir simülasyon modeli oluşturmuştur. Simülasyon modelinden elde ettiği sonuçlarda R134a soğutucu akışkanının R22 için en iyi alternatif olduğunu belirlemiştir. Ayrıca R22, R134a ve R404a soğutucu akışkanlarının termofiziksel özelliklerinin hesaplanması için amprik denklemleri ve bu denklemlerde kullanılan katsayıları sunmuştur. Kara [26] doktora tezinde düşük sıcaklıktaki jeotermal kaynakların bina ısıtma amacıyla su-su tipi jeotermal ısı pompası sistemi tasarlamış ve sistemin bilgisayar modelini geliştirmiştir. Bilgisayar programı yardımıyla R22 'ye alternatif olarak R500, R502 ve R134a gazlarının kullanımını incelemiş ve R134a kullanılması ile sistem performansının daha iyi olduğu sonucuna varmıştır.

Bu çalışmada Bolu özelinde toprak kaynaklı ısı pompasının sistem parametreleri sayısal olarak elde edilmiştir. Bu amaçla birinci bölümde toprak kaynaklı ısı pompaları ile ilgili literatür araştırması yapılmıştır. Konu ile ilgili yapılan nümerik ve deneysel çalışmalar literatür taraması kısmında bahsedilmiştir. Toprak kaynaklı ısı pompası devre elemanları hakkında bilgiler verilmiştir. Toprak ısı değiştiricisi (TID) tipleri anlatılmıştır.

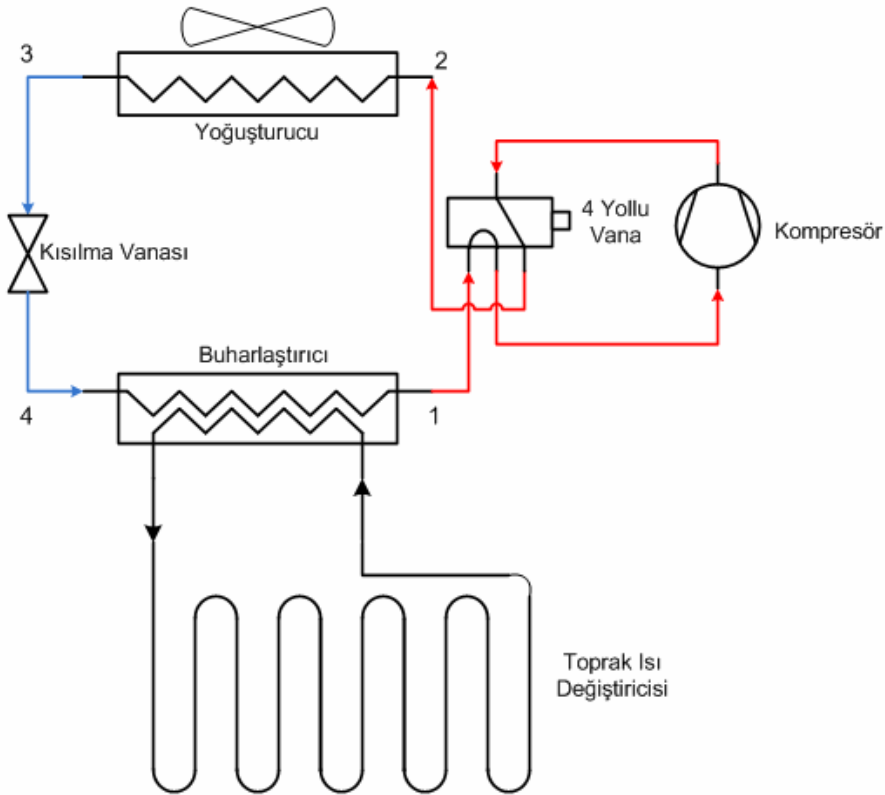
İkinci bölümde toprak kaynaklı ısı pompası simülasyonu için sistemin genel matematik modeli soğutma çevrimindeki kompresör, yoğuşturucu, buharlaştırıcı, genişleme valfi devre elemanlarının literatürde bulunan matematik modellerinden faydalanılarak elde edilmiştir. Toprak ısı değiştirici uzunluğunun hesaplanması için literatürde yayınlanan denklemler açıklanmıştır. Bu denklemlerde yılın en düşük ve en yüksek toprak sıcaklığı gerekmektedir. Bu bağlamda Bolu Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden 5, 10, 20, 50 ve 100 cm derinlikteki toprak sıcaklıkları alınarak literatürde bulunan toprağın zamana ve derinliğe bağlı değişimini hesaplayan

denklem Bolu için modifiye edilmiştir. Soğutucu akışkan devresi boru çaplarının hesaplanması için literatürde yayınlanan denklemler kullanılmıştır. Toprak ısı değiştiricisinde kullanılan sirkülasyon pompası basma yüksekliğinin hesaplanması için denklemler açıklanmıştır. Toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin çözülmesi için sitemde kullanılan R134a, R404a, R410a, R12, R22 ve R502 soğutucu akışkanlarının literatürde bulunan hal denklemleri eğri uydurma yöntemi ile modifiye edilmiştir.

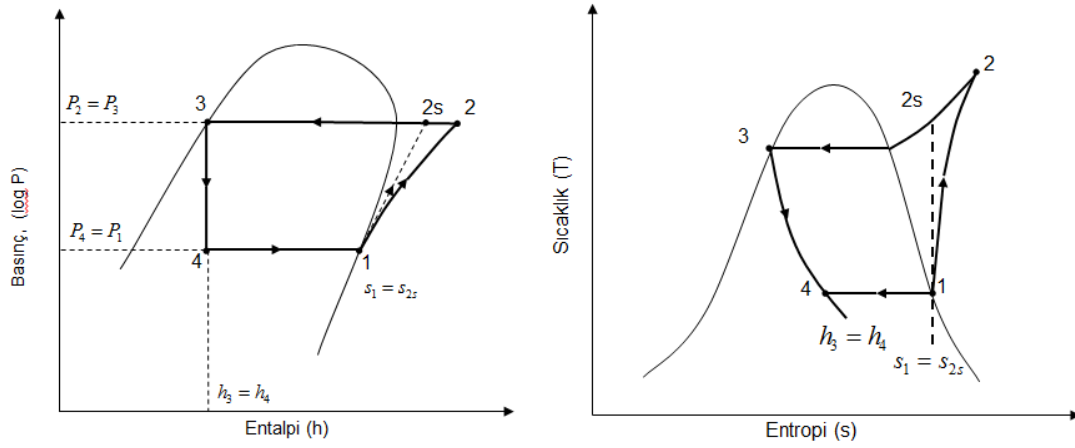
Üçüncü bölümde ikinci bölümde elde edilen denklemlerin çözülmesi amacıyla MATLAB’da Toprak Kaynaklı Isı Pompası Simülasyonu programı geliştirilmiştir. Geliştirilen MATLAB programı çalıştırıldığında sistemin çalışma amacı seçilir. Daha sonra sistemde kullanılmak istenen soğutucu akışkanın tipi, ısıtma ya da soğutma yükü, salamura miktarı, kompresör giriş parametreleri (izentropik verim, mekanik verim ve elektrik motor verimi), buharlaştırıcı ve yoğuşturucu parametreleri (ısı transfer katsayıları, ısı transfer alanları, akışkanın giriş ve çıkış sıcaklıkları), yoğuşturucu ve buharlaştırıcı için başlangıç ve son sıcaklıkları ve yakınsama toleransı girildikten sonra soğutma çevrim hesabı ile çevrimde görülen 1, 2s, 2, 3 ve 4 hallerindeki basınç, yoğunluk, özgül hacim, entalpi, entropi gibi soğutucu akışkan özellikleri ikinci bölümde açıklanan soğutucu akışkan hal denklemleri ile hesaplanarak kompresör, buharlaştırıcı ve yoğuşturucunun kapasiteleri hesap edilmektedir. Soğutma çevrim hesabından sonra bina içindeki sıcaklık, minimum ortalama hava sıcaklığı, maksimum ısıtma sıcaklığı, toprak ısı değiştiricisi yerleştirme tipi (yatay veya dikey), döşeme tipi, toprak tipi, boru sınıfı ve boru çapı bilgileri girilir ve işletme faktörü, toprak direnci, boru direnci ve TID boru uzunluğu hesaplanır. Ayrıca toprak alanı ve sirkülasyon pompası basma yükünün hesaplanması için alt programlar eklenmiştir.

## BÖLÜM 2. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİMÜLASYONU

Toprak kaynaklı ısı pompası sistemindeki soğutucu akışkan devresi elemanlarının kapasitelerinin (kompresör gücü, yoğuşturucu kapasitesi, buharlaştırıcı kapasitesi, soğutucu akışkan cinsi ve miktarı, toprak ısı değiştiricisinin boyutları vb.) belirlenmesi amacıyla ısı pompası sisteminin simülasyonu için bir programın geliştirilmesi düşünölmüştür. Bu nedenle soğutma çevrimi için Ayyıldız [3] tarafından oluşturulan matematik modelden yararlanılmıştır. Bu bağlamda önce soğutucu akışkan devresindeki kompresör, buharlaştırıcı, yoğuşturucu ve genleşme valfi için (2.1-2.15) denklemleri elde edilmiştir. Daha sonra bu denklemler kullanılarak ısı pompası sisteminin genel matematik modeli oluşturulmuştur. Simülasyonu yapılacak ısı pompasının devre şeması şekil 2.1’de verilmiştir.



şekil 2.1. Simülasyonu yapılacak toprak kaynaklı ısı pompasının devre şeması



Şekil 2.2. Soğutma Çevriminin Basınç-Entalpi ve Sıcaklık-Entropi Diyagramı

## 2.1. Matematik Model

### 2.1.1. Kompresör modeli

Kompresörden soğutucu akışkana verilmesi gereken iş (2.1) eşitliği ile hesaplanır.

$$\dot{W}_{net} = \dot{m}_{sa} (h_2 - h_1) \quad (2.1)$$

Kompresör çıkışındaki soğutucu akışkan entalpisi kompresör izentropik verimine bağlı olarak (2.2) eşitliği ile hesaplanır.

$$h_2 = h_1 + \frac{(h_{2s} - h_1)}{\eta_{izn}} \quad (2.2)$$

Kompresörün tükettiği güç (2.3) eşitliği yardımıyla hesaplanır.

$$\dot{W}_{komp} = \frac{\dot{W}_{net}}{\eta_m \eta_e} \quad (2.3)$$

### 2.1.2. Yoğuşturucu modeli

Soğutucu akışkanın yoğuşturucuda havaya verdiği ısı miktarı (2.4) eşitliği ve havanın aldığı ısı miktarı ise (2.5) denklemi ile hesaplanır.

$$\dot{Q}_{sa} = \dot{m}_{sa} (h_2 - h_3) \quad (2.4)$$

$$\dot{Q}_y = \dot{m}_h c_{p,h} (T_{h\zeta} - T_{hg}) \quad (2.5)$$

Yoğuşturucuda ısı kaybının olmadığı kabul edildiğinden (2.6) eşitliği yazılabilir.

$$\dot{Q}_{sa} = \dot{Q}_y \quad (2.6)$$

Yoğuşturucuda havaya olan ısı transferi, Logaritmik Ortalama Sıcaklık Farkı (LMTD) yöntemi kullanılarak (2.7) denklemi ile yazılabilir.

$$\dot{Q}_y = K_y A_y F_y \Delta T_{oy} \quad (2.7)$$

$$\Delta T_{oy} = \frac{(T_y - T_{h\zeta}) - (T_3 - T_{hg})}{\ln \left( \frac{T_y - T_{h\zeta}}{T_3 - T_{hg}} \right)} \quad (2.8)$$

### 2.1.3. Buharlaştırıcı modeli

Buharlaştırıcıda soğutucu akışkanın salamuradan aldığı ısı miktarı (2.9) eşitliği ile salamuranın soğutucu akışkana verdiği ısı miktarı (2.10) denklemi ile hesaplanır.

$$\dot{Q}_b = \dot{m}_{sa} (h_1 - h_4) \quad (2.9)$$

$$\dot{Q}_b = \dot{m}_s c_{p,s} (T_{sg} - T_{s\zeta}) \quad (2.10)$$

Buharlaştırıcıda salamuradan soğutucu akışkana olan ısı transferi, LMTD yöntemi kullanılarak aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir.

$$\dot{Q}_b = K_b A_b F_b \Delta T_{ob} \quad (2.11)$$

$$\Delta T_{ob} = \frac{(T_{sg} - T_1) - (T_{s\zeta} - T_4)}{\ln \left( \frac{T_{sg} - T_1}{T_{s\zeta} - T_4} \right)} \quad (2.12)$$

#### 2.1.4. Genleşme valfi modeli

Soğutucu akışkanın termostatik genleşme valfinden geçmesi sırasında herhangi bir ısı transferi ve iş yapılmadığından entalpi sabit kalır. Bu durum (2.13) eşitliği ile ifade edilir.

$$h_3 = h_4 \quad (2.13)$$

#### 2.1.5. Soğutma çevrimi için termodinamiğin birinci yasası

$$\dot{W}_{komp} + \dot{Q}_b = \dot{Q}_y \quad (2.14)$$

$$COP = \frac{\dot{Q}_y}{\dot{W}_{komp}} \quad (2.15)$$

#### 2.1.6. Sistem denklemlerinin elde edilmesi

Sistem denklemlerini elde etmek amacıyla (2.14) eşitliğindeki terimlerin yerlerine sırasıyla (2.1), (2.3), (2.10) ve (2.4) eşitliğindeki ifadeleri yazılır ve sıfıra eşitlenirse (2.16) eşitliği elde edilir.

$$\frac{\dot{m}_{sa}(h_2 - h_1)}{\eta_m \eta_e} + \dot{m}_s c_{p,s} (T_{sg} - T_{sç}) - \dot{m}_{sa}(h_2 - h_3) = 0 \quad (2.16)$$

(2.9) ve (2.11) eşitliklerinden de (2.17) eşitliği elde edilir.

$$\frac{\dot{Q}_y}{(h_2 - h_3)} (h_1 - h_4) - K_b A_b F_b \Delta T_{ob} = 0 \quad (2.17)$$

Son olarak da yine (2.14) eşitliğindeki terimlerin yerlerine benzer olarak (2.1), (2.3); (2.11), (2.12); (2.7) ve (2.8) eşitliklerindeki ifadeleri yazılarak (2.18) eşitliği elde edilir.

$$\frac{\dot{m}_{sa}(h_2 - h_1)}{\eta_m \eta_e} + K_b A_b F_b \frac{(T_{sg} - T_1) - (T_{sç} - T_4)}{\ln \frac{(T_{sg} - T_1)}{(T_{sç} - T_4)}} - K_y A_y F_y \frac{(T_y - T_{hç}) - (T_3 - T_{hg})}{\ln \frac{(T_y - T_{hç})}{(T_3 - T_{hg})}} = 0 \quad (2.18)$$



$$\begin{aligned}
h_2 &= h_2(T_2, P_2) \\
h_1 &= h_1(T_1, P_1) = h_1(T_b, P_1) \\
h_3 &= h_3(T_y)
\end{aligned}
\tag{2.19}$$

(2.16), (2.17) ve (2.18) eşitlikleri (2.19) ifadeleri ile birlikte incelendiğinde buharlaştırıcı sıcaklığı ( $T_b$ ), yoğuşturucu sıcaklığı ( $T_y$ ) ve soğutucu akışkanın kompresör çıkışındaki sıcaklığı ( $T_2$ ) değişkenlerine bağlı olduğu görülmektedir.

## 2.2. Soğutucu Akışkan Devresi Boru Çapı Hesabı

Soğutucu akışkan devresinde buharlaştırıcı-kompresör arası emiş hattı, kompresör-yoğuşturucu arası basma boru hattı, yoğuşturucu-genleşme valfi arası boru hattı ve genleşme valfi-buharlaştırıcı arası boru hattı olmak üzere 4 ayrı boru hattı vardır. Bu boru hatlarında soğutucu akışkanın fiziksel özellikleri değişkenlik gösterdiğinden çaplar da farklı olacaktır. Boru çapları (2.20) ifadesinin her bir boru hattı için uygulanması ile bulunabilir.

$$D_b = \sqrt{\frac{4\dot{m}_{sa}V_{sa}}{\pi V_{ort,sa}}}
\tag{2.20}$$

(2.20) ifadesindeki soğutucu akışkan debisi ve soğutucu akışkan özgül hacmi Bölüm 2.1'de açıklanan soğutucu akışkan devresi matematik modelinin çözümü ile elde edilir. Soğutucu akışkan ortalama hızları ise literatürde emme ve basma hatlarında maksimum 20 m/s; yoğuşturucu ve genleşme valfi arasındaki borularda maksimum 1,5 m/s ve genleşme valfi ve buharlaştırıcı arasındaki borularda maksimum 0,75 m/s alınabileceği belirtilmiştir [27].

## 2.3. Toprak Isı Değiştirici Boru Uzunluğunun Hesaplanması

Toprak ısı değiştiricisi (TID) boyunun hesaplanması için ilgili literatürden [1, 21, 22, 28] yararlanılmıştır. Buna göre toprak ısı değiştiricisinin boyu, ısıtma durumu için (2.21) ve soğutma durumu için de (2.22) ifadesi ile hesaplanır.

$$L_t = \frac{Q_t \frac{COP_t - 1}{COP_t} [R_b + (R_t F_i)]}{T_{t,\min} - T_{s,\min}} \quad (2.21)$$

$$L_s = \frac{Q_s \frac{COP_s + 1}{COP_s} [R_b + (R_t F_i)]}{T_{s,\max} - T_{t,\max}} \quad (2.22)$$

### 2.3.1. Boru direnci

Boru direnci toprak altına döşenen boruların cidarlarında gerçekleşen ısı transferine karşı konulan gücü ifade eder. Boru direnç değerleri boru malzemesi, boru çapı ve TID tipine (yatay, dikey) göre Tablo 2.1’de verilmiştir. Bu değerler (feet F)/(BTU/h) birimindedir ve 1,73’e bölerek mK/W birimine dönüştürülebilir.




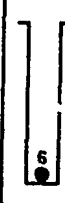



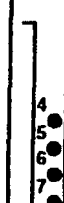
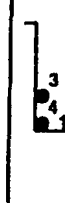


Tablo 2.1. Boru direnci değerleri (Miles 1994)

		$R_p$			
		$R_{pe}$			
		PE SCH 40	PE SDR-11	PE SDR-17	PE SDR-13.5
BORU BOYUTU	3/4"	0.17 .116	↑	↑	↑
	1"	.158 .109	↑	↑	↑
	1-1/4"	.130 .089	.144 .096	0.16 0.11	0.20 0.14
	1-1/2"	.117 .080	↓	↓	↓
	2"	.098 .068	↓	↓	↓

### 2.3.2. Toprak direnci

Toprak direnci salamuradan alınan ısının toprak içinde yayılmasına karşı koyulan gücü ifade eder. Toprak direnç değerleri boruların döşendiği derinlik, boru çapı, borular arası mesafe ve toprak tipine göre Tablo 2.2’de verilmiştir. Bu değerler (feet F)/(BTU/h) birimindedir ve 1,73’e bölerek mK/W birimine dönüştürülebilir.

Tablo 2.2. Toprak direnci değerleri (Miles 1994)

		$R_s$ ( AĞIR TOPRAK- NEMLİ ),										$R_s$ (KAYA)
		$R_s$ ( KURU veya HAFİF NEMLİ TOPRAK ),										$R_s$ (NEMLİ )
												
BORU BOYUTU	3/4"	1.02	1.06	1.09	1.11	1.31	1.37	2.05	2.15	2.11	1.88	0.60
		1.38	1.44	1.47	1.49	1.77	1.84	2.75	2.86	2.85	2.53	1.06
	1"	0.97	1.02	1.04	1.06	1.26	1.32	2.00	2.10	2.07	1.84	0.57
		1.32	1.37	1.40	1.42	1.70	1.77	2.88	2.79	2.78	2.47	1.01
	1-1/4"	0.92	0.97	0.99	1.01	1.22	1.27	1.96	2.05	2.02	1.79	0.54
		1.25	1.31	1.34	1.36	1.63	1.70	2.61	2.72	2.71	2.40	0.96
	1-1/2"	0.89	0.94	0.97	0.98	1.19	1.25	1.92	2.02	1.99	1.76	0.53
		1.21	1.27	1.30	1.32	1.59	1.66	2.57	2.68	2.67	2.36	0.94
	2"	0.85	0.89	0.92	0.94	1.14	1.20	1.88	1.98	1.94	1.71	0.50
		1.15	1.20	1.24	1.26	1.53	1.60	2.51	2.62	2.61	2.29	0.89

### 2.3.3. İşletme faktörü

İşletme faktörü, binanın saatlik ortalama ısı kaybının ısı pompasının kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Binanın ortalama ısı kaybı BİN Sıcaklık Aralığı Metodu ile bulunacaktır. Bu metodu kullanmak için gerekli yıllık ortalama hava sıcaklıkları saatlik ve günlük olarak Bolu Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır (Ek A-1-12). Alınan bu veriler ışığında işletme faktörü hesaplanmaktadır.

### 2.3.4. En düşük ve en yüksek toprak sıcaklıkları

(2.21) ve (2.22) eşitlikleri ile toprak ısı değiştirici uzunluğunun hesaplanması için yıl içindeki en düşük ve en yüksek toprak sıcaklıklarının bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle toprak sıcaklığının değişiminin bir matematiksel modelinin ortaya konması önemli olacaktır. Literatürde toprak sıcaklığının zamana ve derinliğe bağlı olarak değişimi için bir matematiksel model mevcuttur [23]. Bu model Bolu için modifiye edilmiştir. Toprak sıcaklığının zamana ve derinliğe bağlı olarak değişimi (2.23) eşitliği ile verilmiştir [23].

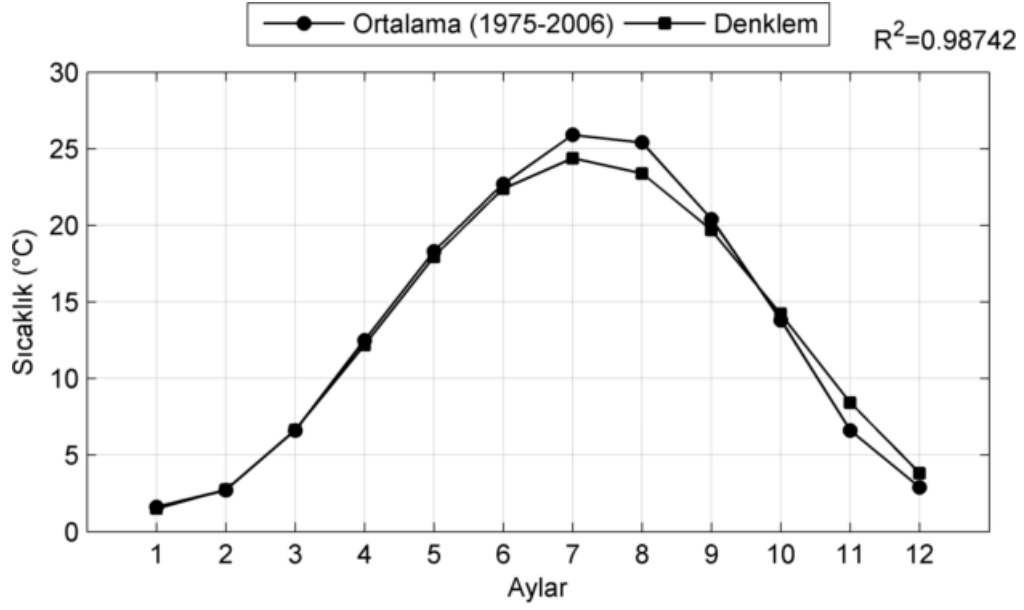
$$T(x,t) = T_m + T_o e^{-x\sqrt{\pi/\alpha P}} \cos\left(2\pi \frac{t}{P} - x\sqrt{\frac{\pi}{\alpha P}}\right) \quad (2.23)$$

(2.23) eşitliğindeki  $T_m$  ve  $T_o$  terimlerinin Bolu'ya uygun değerlerini elde etmek için, Bolu Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden 5, 10, 20, 50 ve 100 cm derinlik için ölçülen toprak sıcaklıkları (Tablo 2.3) alınmıştır. Bu değerler kullanılarak MATLAB programının Eğri Uydurma Araç Kutusu (Curve Fitting Toolbox) yardımıyla  $T_m = 12,95$  ve  $T_o = 11,69$  olarak elde edilmiştir [29].

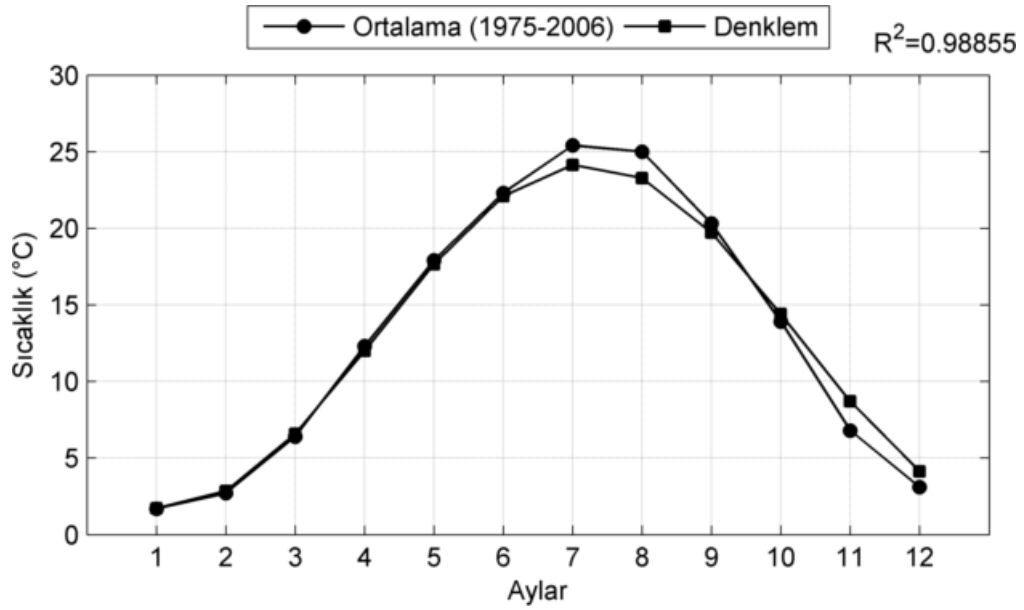
Tablo 2.3. Bolu İçin 30 Yıllık (1975 – 2006) Çeşitli Derinliklerdeki Toprak Sıcaklıkları

Aylar	5 cm (° C)	10 cm (° C)	20 cm (° C)	50 cm (° C)	100 cm (° C)
1	1,6	1,7	2,0	3,6	5,9
2	2,7	2,7	2,9	3,8	5,3
3	6,6	6,4	6,3	6,4	6,6
4	12,5	12,3	11,8	11,1	9,9
5	18,3	17,9	17,2	15,7	13,5
6	22,7	22,3	21,4	19,8	17,1
7	25,9	25,4	24,5	22,8	19,9
8	25,4	25,0	24,4	23,4	21,3
9	20,4	20,3	20,2	20,5	20,0
10	13,8	13,9	14,3	15,6	16,8
11	6,6	6,8	7,4	9,5	12,0
12	2,9	3,1	3,6	5,4	8,1

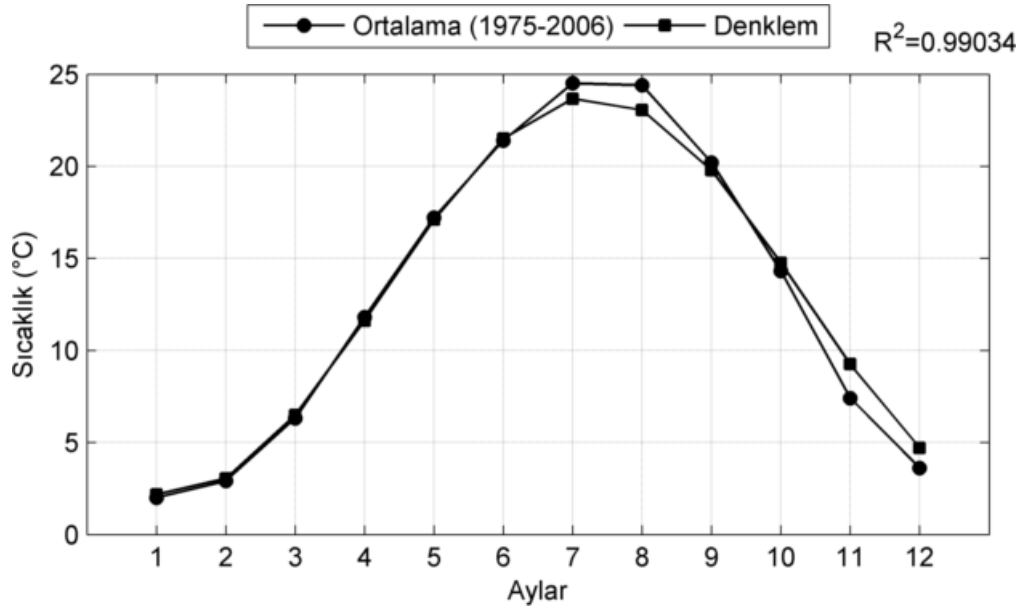
Yüzeydeki ortalama toprak sıcaklığı ( $T_m$ ) ve yüzeydeki toprak sıcaklık genliği ( $T_o$ ) elde edildikten sonra 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm ve 100 cm toprak derinlikleri için yıl içindeki sıcaklık değişim grafikleri Matlab'da çizdirilmiş ve Bolu Meteoroloji Müdürlüğünden alınan sıcaklıklar ile karşılaştırılmıştır. Bunlar Şekil 2.4-2.7'de verilmiştir.



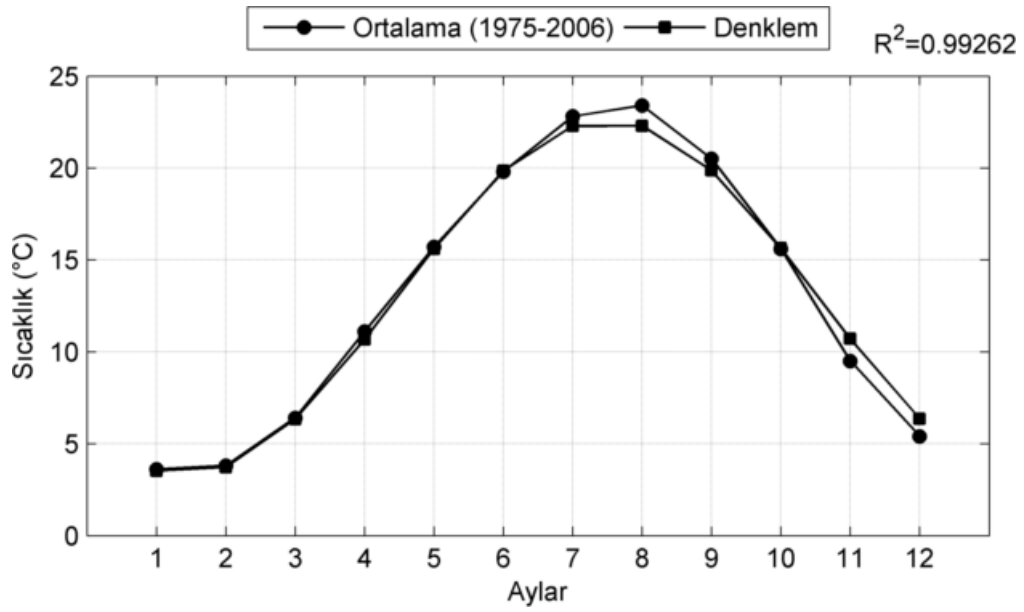
Şekil 2.3. 5 cm Derinlik için Meteoroloji Verileri ve Denklem Sonuçları (Çamdalı 2011)



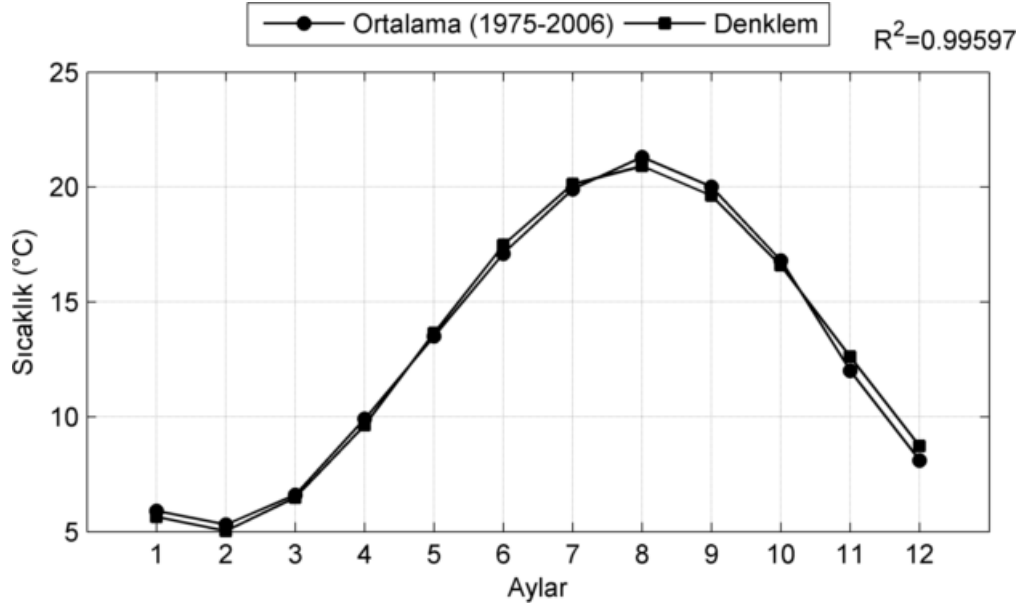
Şekil 2.4. 10 cm Derinlik için Meteoroloji Verileri ve Denklem Sonuçları (Çamdalı 2011)



Şekil 2.5. 20 cm Derinlik için Meteoroloji Verileri ve Denklem Sonuçları (Çamdalı 2011)



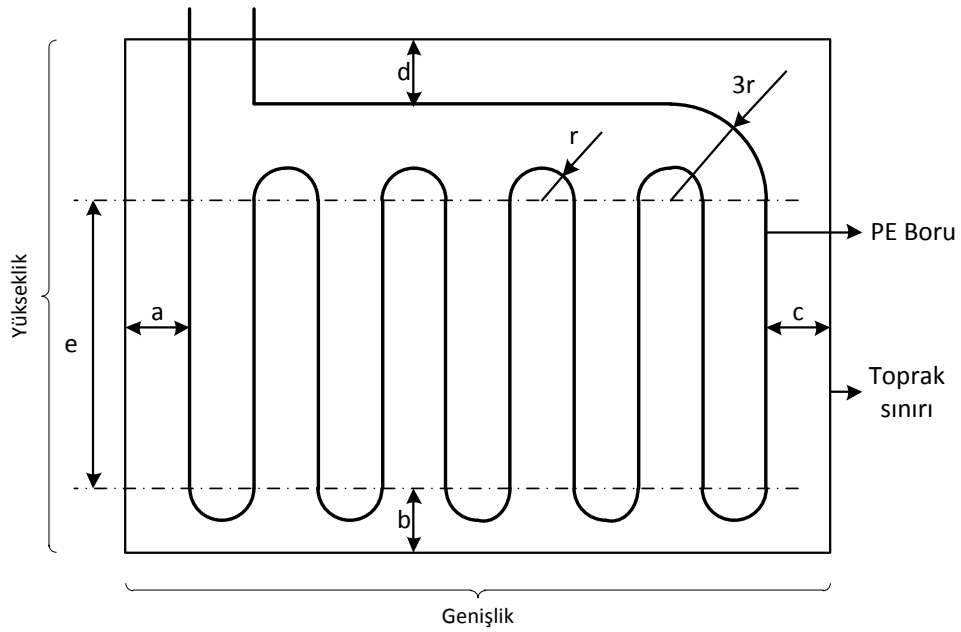
Şekil 2.6. 50 cm Derinlik için Meteoroloji Verileri ve Denklem Sonuçları (Çamdalı 2011)



Şekil 2.7. 100 cm Derinlik için Meteoroloji Verileri ve Denklem Sonuçları (Çamdalı 2011)

Sonuç olarak modifiye edilen denklem ile hesaplanan sıcaklıklar ile meteoroloji müdürlüğünün ölçümleri sonucu elde edilen sıcaklık değerlerinin oldukça uyumlu olduğu görülmektedir.

#### 2.4. Toprak Alan Hesabı



Şekil 2.8. Toprak alanı hesabı için geometrik parametreler

TID boru uzunluğu hesaplandıktan sonra kazılacak toprak alanının hesabı yapılmalıdır. Şekil 2.8'de TID'in döşenme şekli ve geometrik parametreler verilmiştir. Şekil 2.8'de verilen geometrik parametrelere göre toprak alanı (2.24) eşitliği ile hesaplanabilir. Burada a, b, c ve d, TID ile toprak sınırı arasındaki mesafeleri;  $r_i$  boru dönüş yarıçapını ifade etmektedir ve bilinen değerlerdir. n boru aralık sayısını; e ise borunun dikey uzunluğunu ifade etmektedir bilinmeyen değerlerdir.

$$A_{\text{pr}} = \underbrace{(d + 3r + e + b)}_{\text{yükseklik}} \underbrace{(a + 2rn + c)}_{\text{genişlik}} \quad (2.24)$$

Kazılacak toprağın yüksekliği ve genişliğinden biri bilindiğinde diğer uzunluk daha önce (2.21) ve (2.22) denklemleri ile hesaplanan TID boru uzunluğuna bağlı olarak elde edilebilir. Bu amaçla e, n ve  $r_i$  cinsinden TID boru uzunluğu (2.25) eşitliği ile ifade edilir.

$$L = (n+1)e + 3r + n \left( \frac{2\pi r}{2} \right) + \frac{2\pi 3r}{4} + (n-2)2r + r \quad (2.25)$$

(2.25) eşitliği düzenlendiğinde (2.26) eşitliği elde edilir.

$$L = (n+1)e + \left[ (\pi + 2)n + \frac{3\pi}{2} \right] r \quad (2.26)$$

(2.26) eşitliğinden bilinmeyen değer (e ya da n) hesaplanır. Hesaplanan bu değer (2.24) eşitliğinde kullanılarak toprak alanı hesaplanır.

## 2.5. Sirkülasyon Pompası Hesabı

Salamura devresindeki kayıplar sürekli ve yerel olmak üzere iki çeşittir. Sürekli kayıplar boru boyunca oluşan kayıplardır. Yerel kayıplar ise borulama sistemindeki dirsek, T bağlantı, vana gibi bağlantı elemanlarında oluşur. Sirkülasyon pompası basma yüksekliği (2.27) ifadesi ile hesaplanır [27, 30].

$$h_{\text{pompa}} = h_{K,\text{sürekli}} + h_{K,\text{yerel}} \quad (2.27)$$

### 2.5.1. Sürekli kayıplar

Sürekli kayıplar (2.28) ifadesi ile hesaplanır.

$$h_{k,\text{sürekli}} = f \frac{L}{D_h} \frac{V^2}{2g} \quad (2.28)$$



(2.28) ifadesindeki sürtünme faktörü akışın laminar ise (2.29) ifadesi ile; akış türbülanslı ise (2.30) ifadesi ile hesaplanır.

$$f = \frac{64}{\text{Re}} \quad (2.29)$$

$$f = \frac{8}{\left[ 2,457 \ln \left( \frac{1}{\left( \frac{7}{\text{Re}} \right)^{0,9} + 0,27 \left( \frac{\varepsilon}{D} \right)} \right) \right]^2 + \left( \frac{37530}{\text{Re}} \right)^{0,75}} \quad (2.30)$$

(2.30) eşitliğindeki  $\varepsilon / D$  ifadesi bağıl pürüzlülük oranıdır.

### 2.5.2. Yerel kayıplar

Yerel kayıplar (2.31) eşitliği ile hesaplanır.

$$h_{k,yerel} = K_K \frac{V^2}{2g} \quad (2.31)$$

(2.31) eşitliğindeki  $K_K$  terimi bağlantı elemanlarının kayıp katsayısını ifade etmektedir. Çeşitli bağlantı elemanları için kayıp katsayıları

Tablo 2.4'te verilmiştir.

Tablo 2.4. Bağlantı elemanlarının kayıp katsayıları (Çengel 2008)

Bağlantı Elemanı	Kayıp Katsayısı ( $K_K$ )
90° düzgün dönüş - Flanşlı	0,3
90° düzgün dönüş - Diş açılmış	0,9
90° köşe dönüş - Kanatsız	1,1
90° köşe dönüş - Kanatlı	0,2
45° diş açılmış dirsek	0,4
180° tam dönüş - Flanşlı	0,2
180° tam dönüş - Diş açılmış	1,5
T dallanan akış - Flanşlı	1,0
T dallanan akış - Diş açılmış	2,0
T düz akışlı - Flanşlı	0,2
T düz akışlı - Diş açılmış	0,9
Diş açılmış rakor	0,08
Küresel vana - Tam açık	10
Açılı vana - Tam açık	5
Bilyeli vana - Tam açık	0,05
Sürgülü vana - Tam açık	0,2
Salıncak çek valf	2

## 2.6. Soğutucu Akışkanların Termofiziksel Özellikleri

Bölüm 2.1’de verilen matematik modelin çözdürülebilmesi için ısı pompasında kullanılan soğutucu akışkanın termofiziksel özelliklerine ihtiyaç duyulmuştur. Literatürde bu özelliklerin hesaplanması için elde edilmiş ampirik hal denklemleri mevcuttur [3,24,25]. Denklemler uygun katsayıların kullanılması ile R12, R22 ve R502 akışkanları için geçerlidir. Bu çalışmada denklemlerin daha geniş sıcaklık aralıklarında uygulanması ve R134a, R404a ve R410a soğutucu akışkanları için de geçerli olabilmesi için uydurma yöntemi ile katsayılar tekrar elde edilmiştir.

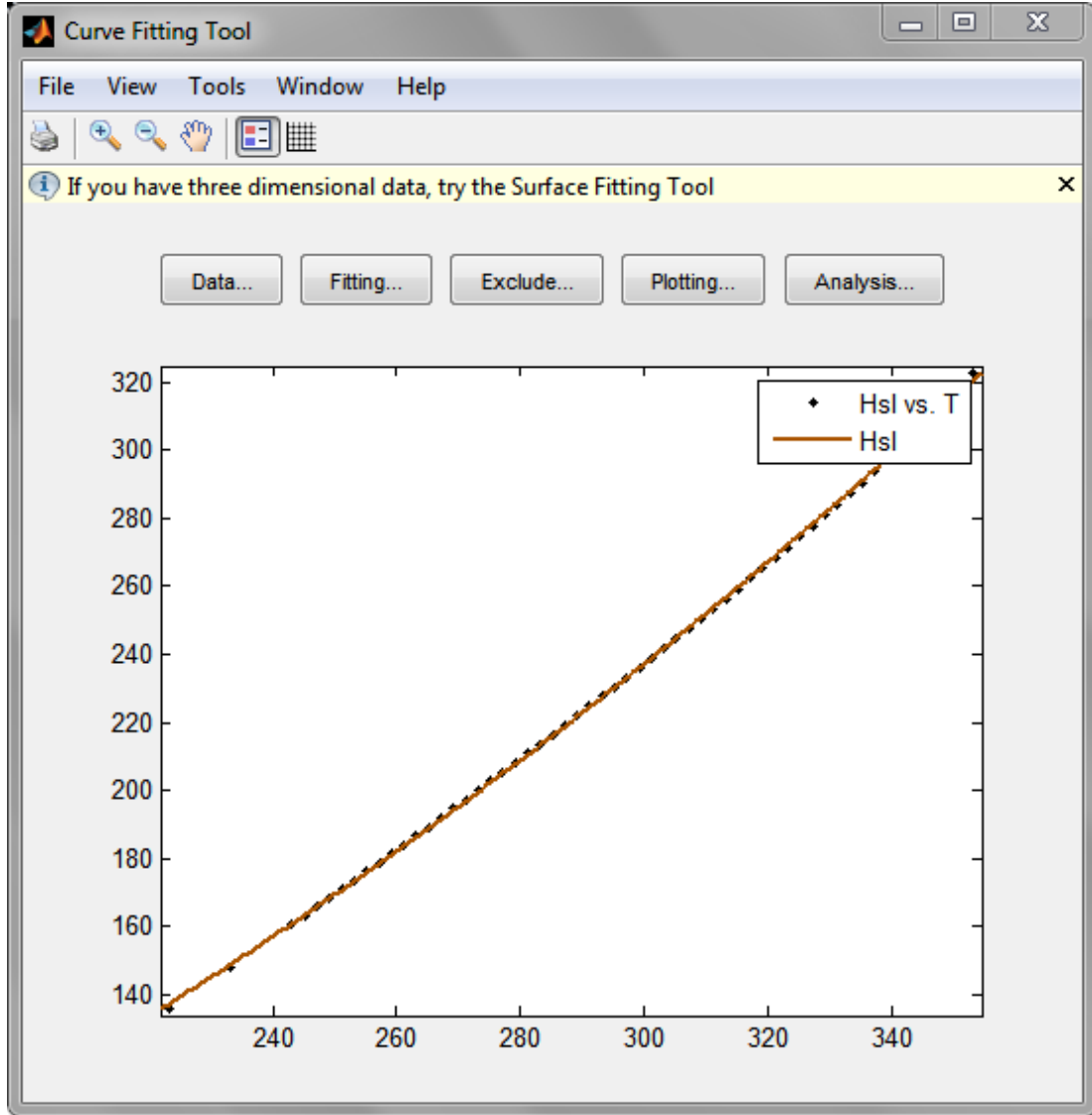
Katsayıların elde edilmesi için önce Şekil 2.9’deki gibi ASHRAE soğutucu akışkan tabloları [31] Excel’de hazırlanmıştır. Bunun için Solvay Fluor firmasının geliştirmiş olduğu RefCalc Excel eklentisinden faydalanılmıştır.

Akışkan	R134a	Entalpi		Entropi				
Sıcaklık	Doyma Basıncı	Sıvı Yoğunluğu	Özgül Hacim (Buhar)	Sıvı	Buhar	Sıvı	Buhar	
(°C)	(Mpa)	(kg/m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kgK)	(kJ/kgK)	
223,15	-50,00	0,02945	1446,9	0,60616	135,75	367,70	0,7409	1,7808
233,15	-40,00	0,05121	1418,4	0,36101	148,21	374,02	0,7950	1,7645
243,15	-30,00	0,08438	1389,0	0,22587	160,77	380,31	0,8480	1,7515
245,15	-28,00	0,09270	1383,0	0,20673	163,31	381,55	0,8585	1,7492
247,08	-26,07	0,10134	1377,2	0,19008	165,77	382,76	0,8686	1,7471
247,15	-26,00	0,10167	1377,0	0,18951	165,85	382,80	0,8689	1,7471
249,15	-24,00	0,11130	1371,0	0,17400	168,41	384,04	0,8793	1,7450
251,15	-22,00	0,12165	1364,9	0,15999	170,98	385,28	0,8896	1,7431
253,15	-20,00	0,13273	1358,7	0,14733	173,56	386,51	0,8999	1,7412
255,15	-18,00	0,14460	1352,5	0,13586	176,15	387,73	0,9101	1,7394
257,15	-16,00	0,15728	1346,3	0,12545	178,75	388,95	0,9203	1,7377
259,15	-14,00	0,17082	1340,1	0,11600	181,36	390,17	0,9304	1,7361
261,15	-12,00	0,18524	1333,7	0,10739	183,99	391,38	0,9405	1,7346
263,15	-10,00	0,20060	1327,4	0,09954	186,63	392,58	0,9505	1,7331
265,15	-8,00	0,21694	1321,0	0,09238	189,28	393,78	0,9605	1,7317
267,15	-6,00	0,23428	1314,5	0,08583	191,94	394,97	0,9705	1,7304
269,15	-4,00	0,25268	1308,0	0,07983	194,61	396,15	0,9804	1,7291
271,15	-2,00	0,27217	1301,4	0,07433	197,30	397,32	0,9902	1,7279

Şekil 2.9. Örnek soğutucu akışkan tablosu

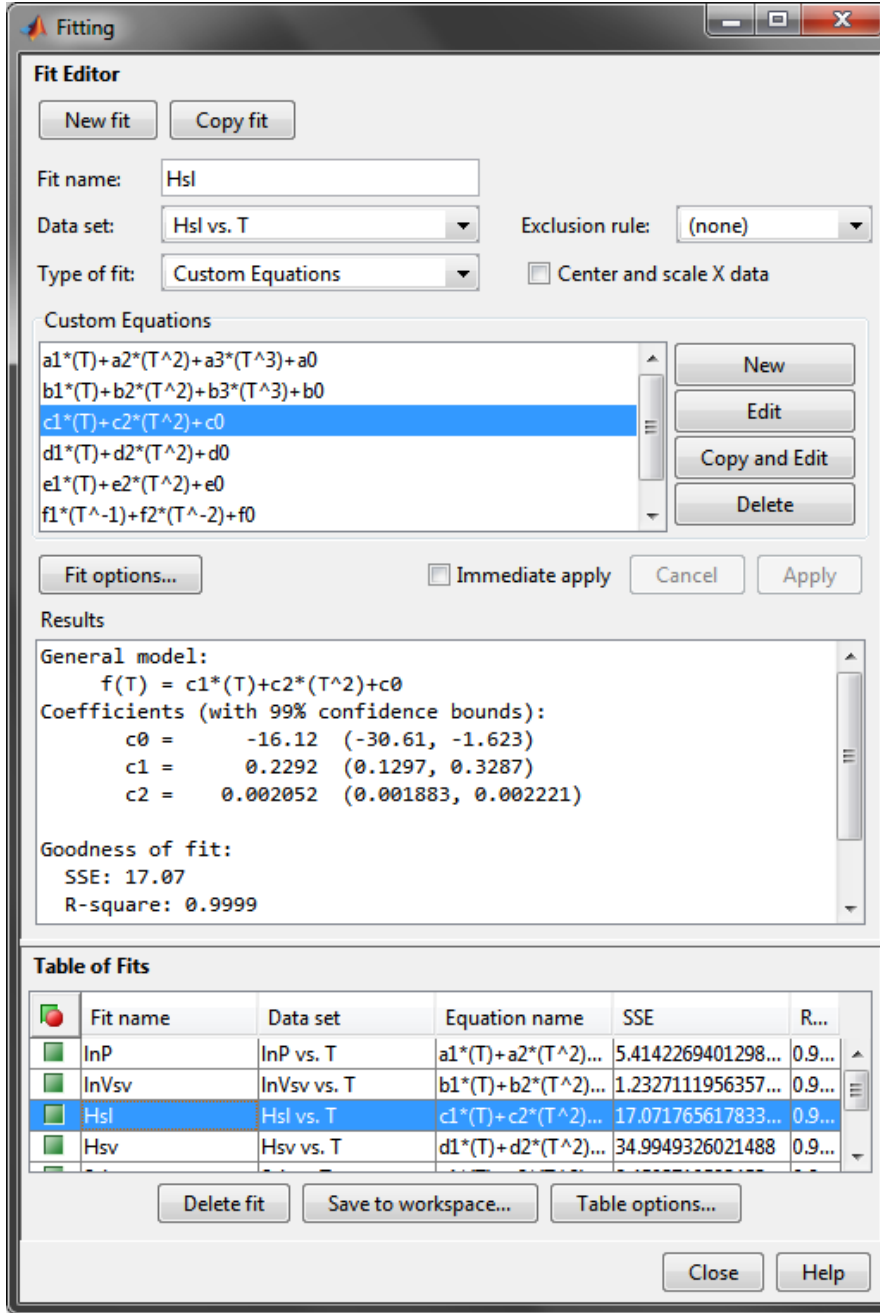
Soğutucu akışkan tabloları hazırlandıktan sonra MATLAB ile uydurma yapılmıştır. Doymuş bölge özellikleri tek değişken yani sıcaklığa bağlı olduğu için Eğri Uydurma Aracı (Curve Fitting Tool); kızgın bölge özellikleri ise iki değişken yani sıcaklık ve

basınca bağılı olduğu için Yüzey Uydurma Aracı (Surface Fitting Tool) kullanılmıştır.



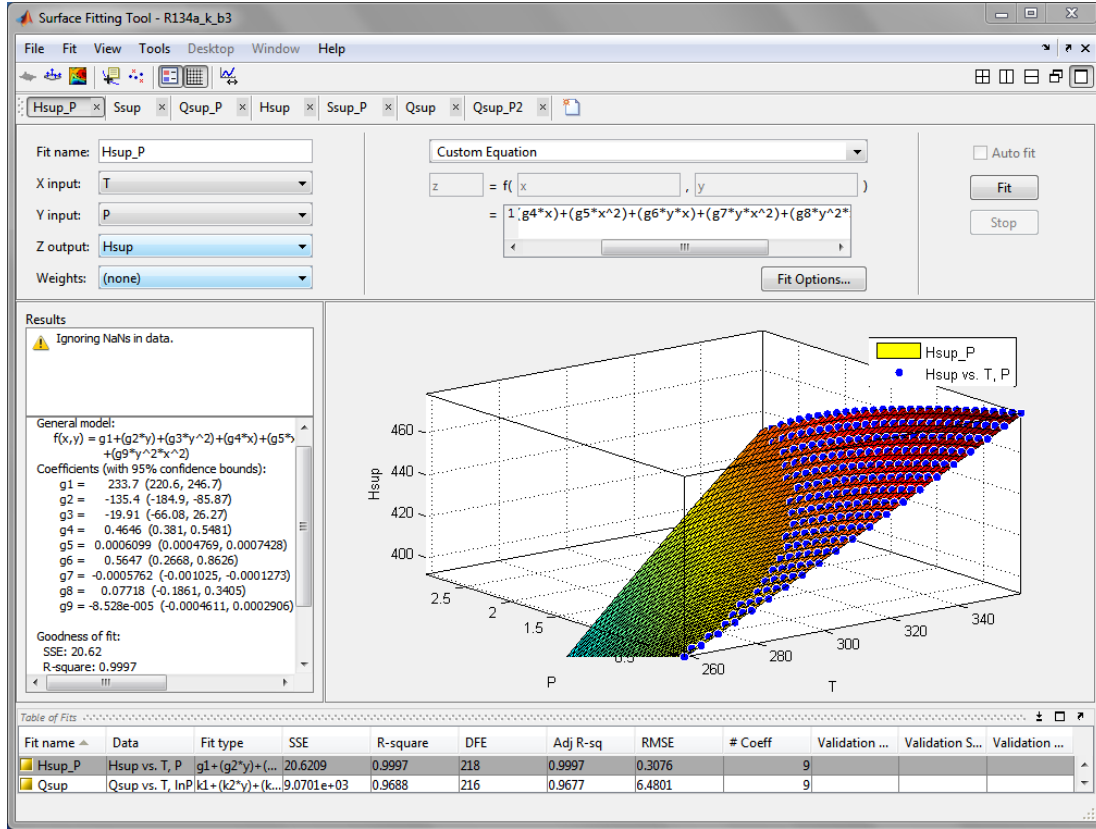
Şekil 2.10. MATLAB Eğri Uydurma Aracı (Curve Fitting Tool)

Şekil 2.10'da R134a'nın doymuş sıvı entalpi formülünün eğri uydurma grafiği görülmektedir. Buradaki Fitting butonu ile Şekil 2.11'te görülen Fitting penceresine ulaşılır. Bu pencerede R134a için soğutucu akışkan tablolarındaki doymuş sıvı entalpi değerleri (Data set) ve ilgili formülün (Custom Equations) girişi yapılarak hesaplanan katsayılar ( $c_0$   $c_1$   $c_2$ ) ve  $R^2$  değeri (R-square) görülebilir.



Şekil 2.11. MATLAB Eğri Uydurma Aracı Fiting Penceresi

Şekil 2.12'de R134a'nın kızgın buhar özgül entalpi formülünün yüzey uydurma penceresi görülmektedir. Burada R134a tablolarındaki kızgın buhar entalpi değerleri ve ilgili formül girildikten sonra hesaplanan katsayılar ve  $R^2$  değerleri görülebilir.



Şekil 2.12. MATLAB Yüzey Uydurma Aracı (Surface Fitting Tool)

Yukarıda verilen uydurma işlemleri R134a, R404a, R410a, R12, R22, ve R502 akışkanlarının doymuş ve kızgın buhar özellikleri için ayrı ayrı yapılarak formüllerdeki tüm katsayılar hesaplanmış ve aşağıda açıklanmıştır.

### 2.6.1. Doyma basıncı

Doyma basıncı (2.32) eşitliği yardımıyla hesaplanır.

$$\ln(P_d) = A_1 + A_2T + A_3T^2 + A_4T^3 \quad (2.32)$$

Burada:

$P_d$  : Doyma basıncı [MPa]

$T$  : Sıcaklık [K]

Tablo 2.5’de (2.32) eşitliğindeki  $A_1...A_4$  katsayıları,  $R^2$  değeri ve denklemin geçerli olduğu sıcaklık aralıkları verilmiştir.

Tablo 2.5. Doyma basıncı için sabitler

	<b>R134a</b>	<b>R404a</b>	<b>R410a</b>	<b>R12</b>	<b>R22</b>	<b>R502</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	-34,63	-31,25	-29,83	-29,01	-29,69	-29,23
<b>A<sub>2</sub></b>	0,2510	0,2377	0,2258	0,2025	0,2160	0,2139
<b>A<sub>3</sub></b>	-6,282E-04	-6,215E-04	-5,798E-04	-4,852E-04	-5,356E-04	-5,333E-04
<b>A<sub>4</sub></b>	5,746E-07	5,971E-07	5,491E-07	4,280E-07	4,882E-07	4,896E-07
<b>R<sup>2</sup></b>	1	1	1	1	1	1
<b>Sıcaklık Aralığı</b>	-50 : 80 °C	-50 : 58 °C	-50 : 60 °C	-50 : 95 °C	-50 : 80 °C	-50 : 78 °C

### 2.6.2. Doymuş buhar özgül hacmi

Doymuş buhar özgül hacmi (2.33) eşitliği ile hesaplanır.

$$\ln(v_d) = B_1 + B_2T + B_3T^2 + B_4T^3 \quad (2.33)$$

Burada:

$v_d$  : Özgül hacim [ $m_3 / kg$ ]

$T$  : Sıcaklık [ $K$ ]

Tablo 2.6'de (2.33) eşitliğindeki  $B_1...B_4$  katsayıları,  $R^2$  değeri ve denklemin geçerli olduğu sıcaklık aralıkları verilmiştir.

Tablo 2.6. Doymuş buhar özgül hacmi için sabitler

	<b>R134a</b>	<b>R404a</b>	<b>R410a</b>	<b>R12</b>	<b>R22</b>	<b>R502</b>
<b>B<sub>1</sub></b>	32,37	32,04	27,38	27,97	28,49	35,36
<b>B<sub>2</sub></b>	-0,2797	-0,3028	-0,2555	-0,2440	-0,2544	-0,3375
<b>B<sub>3</sub></b>	7,669E-04	9,082E-04	7,508E-04	6,607E-04	7,095E-04	1,025E-03
<b>B<sub>4</sub></b>	-7,782E-07	-1,006E-06	-8,355E-07	-6,631E-07	-7,353E-07	-1,131E-06
<b>R<sup>2</sup></b>	1	1	0,9998	1	1	0,9998
<b>Sıcaklık Aralığı</b>	-50 : 80 °C	-50 : 58 °C	-50 : 60 °C	-50 : 95 °C	-50 : 80 °C	-50 : 78 °C

### 2.6.3. Doymuş sıvı özgül entalpisi

Doymuş sıvı özgül entalpisi (2.34) eşitliği ile hesaplanır.

$$h_{ds} = C_1 + C_2T + C_3T^2 \quad (2.34)$$

Burada:

$h_{ds}$  : Doymuş sıvı özgül entalpi [ $kJ / kg$ ]

$T$  : Sıcaklık [ $K$ ]

Tablo 2.7’te (2.34) eşitliğindeki  $C_1...C_3$  katsayıları,  $R^2$  değeri ve denklemin geçerli olduğu sıcaklık aralıkları verilmiştir.

Tablo 2.7. Doymuş sıvı özgül entalpisi için sabitler

	<b>R134a</b>	<b>R404a</b>	<b>R410a</b>	<b>R12</b>	<b>R22</b>	<b>R502</b>
<b>C<sub>1</sub></b>	-16,12	22,50	84,78	54,32	44,56	143,90
<b>C<sub>2</sub></b>	0,2292	-0,1155	-0,7150	0,1420	-0,0463	-0,6983
<b>C<sub>3</sub></b>	2,052E-03	2,798E-03	4,150E-03	1,431E-03	2,245E-03	3,298E-03
<b>R<sup>2</sup></b>	0,9999	0,9997	0,9994	0,9999	0,9997	0,9993
<b>Sıcaklık Aralığı</b>	-50 : 80 °C	-50 : 58 °C	-50 : 60 °C	-50: 95 °C	-50 : 80 °C	-50 : 78 °C

### 2.6.4. Doymuş buhar özgül entalpisi

Doymuş buhar özgül entalpisi (2.35) eşitliği ile hesaplanır.

$$h_{db} = D_1 + D_2T + D_3T^2 \quad (2.35)$$

Burada:

$h_{db}$  : Doymuş buhar özgül entalpisi [ $kJ / kg$ ]

$T$  : Sıcaklık [ $K$ ]

Tablo 2.8’te (2.35) eşitliğindeki  $D_1...D_3$  katsayıları,  $R^2$  değeri ve denklemin geçerli olduğu sıcaklık aralıkları verilmiştir.

Tablo 2.8. Doymuş buhar özgül entalpisi için sabitler

	<b>R134a</b>	<b>R404a</b>	<b>R410a</b>	<b>R12</b>	<b>R22</b>	<b>R502</b>
<b>D<sub>1</sub></b>	85,28	-5,70	-109,70	105,60	90,41	-28,62
<b>D<sub>2</sub></b>	1,726	2,268	3,654	1,390	1,951	2,402
<b>D<sub>3</sub></b>	-2,113E-03	-3,319E-03	-6,241E-03	-1,759E-03	-2,915E-03	-3,677E-03
<b>R<sup>2</sup></b>	0,9979	0,9942	0,9	0,9972	0,9877	0,9614
<b>Sıcaklık Aralığı</b>	-50 : 80 °C	-50 : 58 °C	-50 : 60 °C	-50: 95 °C	-50 : 80 °C	-50 : 78 °C

### 2.6.5. Doymuş sıvı özgül entropisi

Doymuş sıvı özgül entropisi (2.36) eşitliği ile hesaplanır.

$$s_{ds} = E_1 + E_2T + E_3T^2 \quad (2.36)$$

Burada:

$s_{ds}$  : Doymuş sıvı özgül entropisi [ $kJ / kgK$ ]

$T$  : Sıcaklık [ $K$ ]

Tablo 2.9'da (2.36) eşitliğindeki  $E_1...E_3$  katsayıları,  $R^2$  değeri ve denklemin geçerli olduğu sıcaklık aralıkları verilmiştir.

Tablo 2.9. Doymuş sıvı özgül entropisi için sabitler

	<b>R134a</b>	<b>R404a</b>	<b>R410a</b>	<b>R12</b>	<b>R22</b>	<b>R502</b>
<b>E<sub>1</sub></b>	-0,4889	-0,3460	-0,3402	-0,0186	-0,2330	0,1288
<b>E<sub>2</sub></b>	5,969E-03	4,752E-03	4,205E-03	4,096E-03	4,731E-03	2,372E-03
<b>E<sub>3</sub></b>	-1,921E-06	6,211E-07	2,536E-06	-1,345E-06	-8,158E-07	2,965E-06
<b>R<sup>2</sup></b>	0,9999	0,9996	0,9996	1	0,9998	0,9995
<b>Sıcaklık Aralığı</b>	-50 : 80 °C	-50 : 58 °C	-50 : 60 °C	-50: 95 °C	-50 : 80 °C	-50 : 78 °C

### 2.6.6. Doymuş buhar özgül entropisi

Doymuş buhar özgül entropisi (2.37) eşitliği ile hesaplanır.



$$s_{db} = F_1 + \frac{F_2}{T} + \frac{F_3}{T^2} \quad (2.37)$$

Burada:

$s_{db}$  : Doymuş sıvı özgül entropisi [ $kJ / kgK$ ]

$T$  : Sıcaklık [ $K$ ]

Tablo 2.10'da (2.37) eşitliğindeki  $F_1...F_3$  katsayıları,  $R^2$  değeri ve denklemin geçerli olduğu sıcaklık aralıkları verilmiştir.

Tablo 2.10. Doymuş sıvı özgül entropisi için sabitler

	<b>R134a</b>	<b>R404a</b>	<b>R410a</b>	<b>R12</b>	<b>R22</b>	<b>R502</b>
<b>F<sub>1</sub></b>	1,659	1,286	1,087	1,389	1,280	1,194
<b>F<sub>2</sub></b>	-10,15	127,60	227,00	53,71	146,60	134,60
<b>F<sub>3</sub></b>	7922	-10840	-8581	-1638	-5162	-9794
<b>R<sup>2</sup></b>	0,9797	0,964	0,9612	0,9816	0,9836	0,9235
<b>Sıcaklık Aralığı</b>	-50 : 80 °C	-50 : 58 °C	-50 : 60 °C	-50: 95 °C	-50 : 80 °C	-50 : 78 °C

### 2.6.7. Kızgın buhar özgül entalpisi

Kızgın buhar özgül entalpisi (2.38) eşitliği ile hesaplanır.

$$h_{kb} = G_1 + G_2P + G_3P^2 + G_4T + G_5T^2 + G_6PT + G_7PT^2 + G_8P^2T + G_9P^2T^2 \quad (2.38)$$

Burada:

$h_{kb}$  : Kızgın buhar özgül entalpisi [ $kJ / kg$ ]

$P$  : Doyma basıncı [ $MPa$ ]

$T$  : Sıcaklık [ $K$ ]

Tablo 2.11'de (2.38) eşitliğindeki  $G_1...G_9$  katsayıları,  $R^2$  değeri ve denklemin geçerli olduğu sıcaklık aralıkları verilmiştir.

Tablo 2.11. Kızgın buhar özgül entalpisi için sabitler

	<b>R134a</b>	<b>R404a</b>	<b>R410a</b>	<b>R12</b>	<b>R22</b>	<b>R502</b>
<b>G<sub>1</sub></b>	233,70	264,90	324,40	235,80	295,80	233,50
<b>G<sub>2</sub></b>	-135,400	-320,100	-252,600	-32,250	-208,100	-196,500
<b>G<sub>3</sub></b>	-19,910	34,370	-30,440	-13,290	34,840	62,420
<b>G<sub>4</sub></b>	4,646E-01	6,787E-02	1,176E-01	3,237E-01	2,777E-01	3,330E-01
<b>G<sub>5</sub></b>	6,099E-04	1,282E-03	1,130E-03	4,506E-04	5,886E-04	4,946E-04
<b>G<sub>6</sub></b>	0,5647	1,8300	1,4090	0,0635	1,0750	1,0360
<b>G<sub>7</sub></b>	-5,762E-04	-2,667E-03	-2,030E-03	1,629E-05	-1,427E-03	-1,395E-03
<b>G<sub>8</sub></b>	7,7180E-02	-2,9690E-01	1,0780E-01	5,1530E-02	-2,4200E-01	-4,0060E-01
<b>G<sub>9</sub></b>	-8,528E-05	5,470E-04	-7,183E-05	-5,585E-05	3,885E-04	6,169E-04
<b>R<sup>2</sup></b>	0,9997	0,9991	0,9995	0,9999	0,9991	0,9989
<b>Sıcaklık Aralığı</b>	-15 : 85 °C	-15 : 85 °C	-15 : 95 °C	-15 : 85 °C	-15 : 95 °C	-15 : 85 °C

### 2.6.8. Kızgın buhar özgül entropisi

Kızgın buhar özgül entropisi (2.39) eşitliği ile hesaplanır.

$$s_{kb} = H_1 + H_2 \ln P + H_3 (\ln P)^2 + H_4 T + H_5 T^2 + H_6 \ln PT + H_7 \ln PT^2 + H_8 (\ln P)^2 T + H_9 (\ln P)^2 T^2 \quad (2.39)$$

Burada:

$s_{kb}$  : Kızgın buhar özgül entropisi [ $kJ / kgK$ ]

$P$  : Basınç [ $MPa$ ]

$T$  : Sıcaklık [ $K$ ]

Tablo 2.12'de (2.39) eşitliğindeki  $G_1...G_9$  katsayıları,  $R^2$  değeri ve denklemin geçerli olduğu sıcaklık aralıkları verilmiştir.

Tablo 2.12. Kızgın buhar özgül entalpisi için sabitler

	<b>R134a</b>	<b>R404a</b>	<b>R410a</b>	<b>R12</b>	<b>R22</b>	<b>R502</b>
<b>H<sub>1</sub></b>	0,8298	0,7452	0,3922	1,0060	1,0930	0,9403
<b>H<sub>2</sub></b>	-5,763E-02	6,742E-01	3,016E-01	6,329E-02	3,159E-01	2,378E-01
<b>H<sub>3</sub></b>	-5,700E-02	3,212E-01	3,503E-01	2,738E-03	1,301E-01	7,164E-02
<b>H<sub>4</sub></b>	2,628E-03	2,732E-03	6,424E-03	1,440E-03	1,869E-03	1,807E-03
<b>H<sub>5</sub></b>	6,459E-07	7,846E-07	-5,039E-06	8,750E-07	8,701E-07	8,832E-07
<b>H<sub>6</sub></b>	-2,642E-04	-5,077E-03	-3,281E-03	-8,354E-04	-2,715E-03	-2,031E-03
<b>H<sub>7</sub></b>	2,0750E-07	7,9590E-06	5,6300E-06	1,0690E-06	4,0770E-06	2,9680E-06
<b>H<sub>8</sub></b>	4,293E-04	-2,011E-03	-2,339E-03	2,965E-05	-7,515E-04	-3,709E-04
<b>H<sub>9</sub></b>	-8,849E-07	2,979E-06	3,677E-06	-1,830E-07	9,579E-07	3,542E-07
<b>R<sup>2</sup></b>	0,9972	0,9942	0,9961	0,999	0,9961	0,995
<b>Sıcaklık Aralığı</b>	-15 : 85 °C	-15 : 85 °C	-15 : 95 °C	-15 : 85 °C	-15 : 95 °C	-15 : 85 °C

### 2.6.9. Kızgın buhar yoğunluğu

Kızgın buhar yoğunluğu (2.40) eşitliği ile hesaplanır.

$$q_{kb} = K_1 + K_2P + K_3P^2 + K_4h + K_5h^2 + K_6Ph + K_7Ph^2 + K_8P^2h + K_9P^2h^2 \quad (2.40)$$

Burada:

$q_{kb}$  : Kızgın buhar yoğunluğu [ $kg / m^3$ ]

$P$  : Basınç [ $MPa$ ]

$h$  : Entalpi [ $kJ / kg$ ]

Tablo 2.13'te (2.40) eşitliğindeki  $G_1...G_9$  katsayıları,  $R^2$  değeri ve denklemin geçerli olduğu sıcaklık aralıkları verilmiştir.

Tablo 2.13. Kızgın buhar yoğunluğu için sabitler

	<b>R134a</b>	<b>R404a</b>	<b>R410a</b>	<b>R12</b>	<b>R22</b>	<b>R502</b>
<b>K<sub>1</sub></b>	-45,01	77,48	22,64	-57,55	41,48	106,50
<b>K<sub>2</sub></b>	289,5	-125,4	127,8	642,3	133,3	-179,0
<b>K<sub>3</sub></b>	322,2	410,9	124,9	178,7	224,5	602,9
<b>K<sub>4</sub></b>	0,2184	-0,3716	-0,1025	0,3094	-0,1895	-0,5472
<b>K<sub>5</sub></b>	-2,611E-04	4,464E-04	1,152E-04	-4,139E-04	2,163E-04	7,037E-04
<b>K<sub>6</sub></b>	-1,0630	0,9113	-0,2885	-2,9210	-0,2875	1,3370
<b>K<sub>7</sub></b>	1,109E-03	-1,256E-03	1,648E-04	3,553E-03	1,369E-04	-1,977E-03
<b>K<sub>8</sub></b>	-1,3030	-1,8970	-0,5103	-0,7320	-0,9692	-2,9960
<b>K<sub>9</sub></b>	1,329E-03	2,208E-03	5,262E-04	7,362E-04	1,055E-03	3,743E-03
<b>R<sup>2</sup></b>	1	1	1	1	1	1
<b>Sıcaklık Aralığı</b>	-15 : 85 °C	-15 : 85 °C	-15 : 95 °C	-15 : 85 °C	-15 : 95 °C	-15 : 85 °C

### 2.6.10. Doymuş sıvı yoğunluğu

Doymuş sıvı yoğunluğu (2.41) eşitliği ile hesaplanır.

$$q_{ds} = L_1 + L_2T + L_3T^2 + L_4T^3 \quad (2.41)$$

Burada:

$q_{ds}$  : Doymuş buhar yoğunluğu [ $kg / m^3$ ]

$T$  : Sıcaklık [ $K$ ]

Tablo 2.14'te (2.41) eşitliğindeki  $G_1...G_9$  katsayıları,  $R^2$  değeri ve denklemin geçerli olduğu sıcaklık aralıkları verilmiştir.

Tablo 2.14. Doymuş sıvı yoğunluğu için sabitler

	<b>R134a</b>	<b>R404a</b>	<b>R410a</b>	<b>R12</b>	<b>R22</b>	<b>R502</b>
<b>L1</b>	3729	5027	8067	3771	4176	8149
<b>L2</b>	-22,35	-39,66	-73,12	-21,42	-27,5	-70,99
<b>L3</b>	0,07761	0,1483	0,2717	0,07288	0,09698	0,2582
<b>L4</b>	-0,000104	-0,0002016	-0,0003528	-9,63E-05	-0,0001285	-0,0003287
<b>R<sup>2</sup></b>	0,9999	0,9998	0,9988	0,9998	0,9998	0,9983
<b>Sıcaklık Aralığı</b>	-50 : 80 °C	-50 : 58 °C	-50 : 60 °C	-50 : 95 °C	-50 : 80 °C	-50 : 78 °C

## 2.7. Salamuraların Termofiziksel Özellikleri

Bölüm 2.1’de verilen matematik modelin çözülmesi ve Bölüm 2.5’te verilen Sirkülasyon pompası hesabının yapılabilmesi için toprak ısı değiştiricisinde dolaşan salamuranın termofiziksel özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Etilen glikol-su, Propilen glikol-su ülkemizde önerilen salamuralardır [32]. Etilen glikol-su, Propilen glikol-su karışımlarının termofiziksel özelliklerini hesaplayan ampirik denklemler (2.42)-(2.44) ifadeleri ile verilmiştir [33]

### 2.7.1. Donma sıcaklığı

Donma sıcaklığı (2.42) eşitliği ile hesaplanır.

$$\frac{T_{d,slmr}}{273,15} = M_1 + M_2\xi + M_3\xi^2 \quad (2.42)$$

Burada:

$T_{d,slmr}$  : Donma sıcaklığı [K]

$\xi$  : Salamuranın kütle oranı

(2.42) eşitliğindeki sabitler etilen glikol-su ve propilen glikol-su için Tablo 2.15’te verilmiştir.

Tablo 2.15. (2.42) eşitliğindeki sabitler

	Etilen glikol-su	Propilen glikol-su
<b>M<sub>1</sub></b>	1	1
<b>M<sub>2</sub></b>	-0,06982	-0,03736
<b>M<sub>3</sub></b>	-0,35780	-0,40050

### 2.7.2. Yoğunluk, ısı iletim katsayısı ve özgül ısı

Yoğunluk, ısı iletim katsayısı ve özgül ısı (2.43) eşitliği ile hesaplanır.

$$P_x = N_1 + N_2\xi + N_3 \frac{273,15}{T} + N_4\xi \frac{273,15}{T} + N_5 \left( \frac{273,15}{T} \right)^2 \quad (2.43)$$

Burada:

$P_x$  : Yoğunluk [ $kg / m^3$ ], Isı iletim katsayısı [ $W / mK$ ], Özgül ısı [ $kJ / kgK$ ]

$T$  : Sıcaklık [ $K$ ]

(2.43) eşitliğindeki sabitler etilen glikol-su ve propilen glikol-su için Tablo 2.16'da verilmiştir.

Tablo 2.16. (2.43) eşitliğindeki sabitler.

	Etilen glikol-su			Propilen glikol-su		
	Yoğunluk	Isı İletim Katsayısı	Özgül Isı	Yoğunluk	Isı İletim Katsayısı	Özgül Isı
$N_1$	658,49825	0,83818	5,36449	508,41109	1,18886	4,47642
$N_2$	-54,81501	-1,3762	0,78863	-182,4082	-1,4911	0,60863
$N_3$	664,71643	-0,07629	-2,59001	965,76507	-0,69682	-0,71497
$N_4$	232,72605	1,0772	-2,73187	280,29104	1,13633	-1,93855
$N_5$	-322,61661	-0,20174	1,43759	-472,2251	0,06735	0,47873

### 2.7.3. Dinamik vizkozite ve prandtl sayısı

Dinamik vizkozite ve prandtl sayısı (2.44) eşitliği ile hesaplanır.

$$\ln(P_x) = O_1 + O_2\xi + O_3 \frac{273,15}{T} + O_4\xi \frac{273,15}{T} + O_5 \left( \frac{273,15}{T} \right)^2 \quad (2.44)$$

Burada:

$P_x$  : Dinamik vizkozite [ $Pa \cdot s$ ], Prandtl sayısı

$T$  : Sıcaklık [ $K$ ]

(2.44) eşitliğindeki sabitler etilen glikol-su ve propilen glikol-su için Tablo 2.17'de verilmiştir.

Tablo 2.17. (2.44) eşitliğindeki sabitler.

	Etilen glikol-su		Propilen glikol-su	
	Dinamik Vizkozite	Prandtl Sayısı	Dinamik Vizkozite	Prandtl Sayısı
<b>O<sub>1</sub></b>	-4,63024	3,96951	-1,02798	6,66139
<b>O<sub>2</sub></b>	-2,14817	0,70076	-10,03298	-6,9944
<b>O<sub>3</sub></b>	-12,70106	-12,98045	-19,93497	-18,55114
<b>O<sub>4</sub></b>	5,40536	2,64789	14,65802	12,0464
<b>O<sub>5</sub></b>	10,9899	11,589	14,6205	14,47735

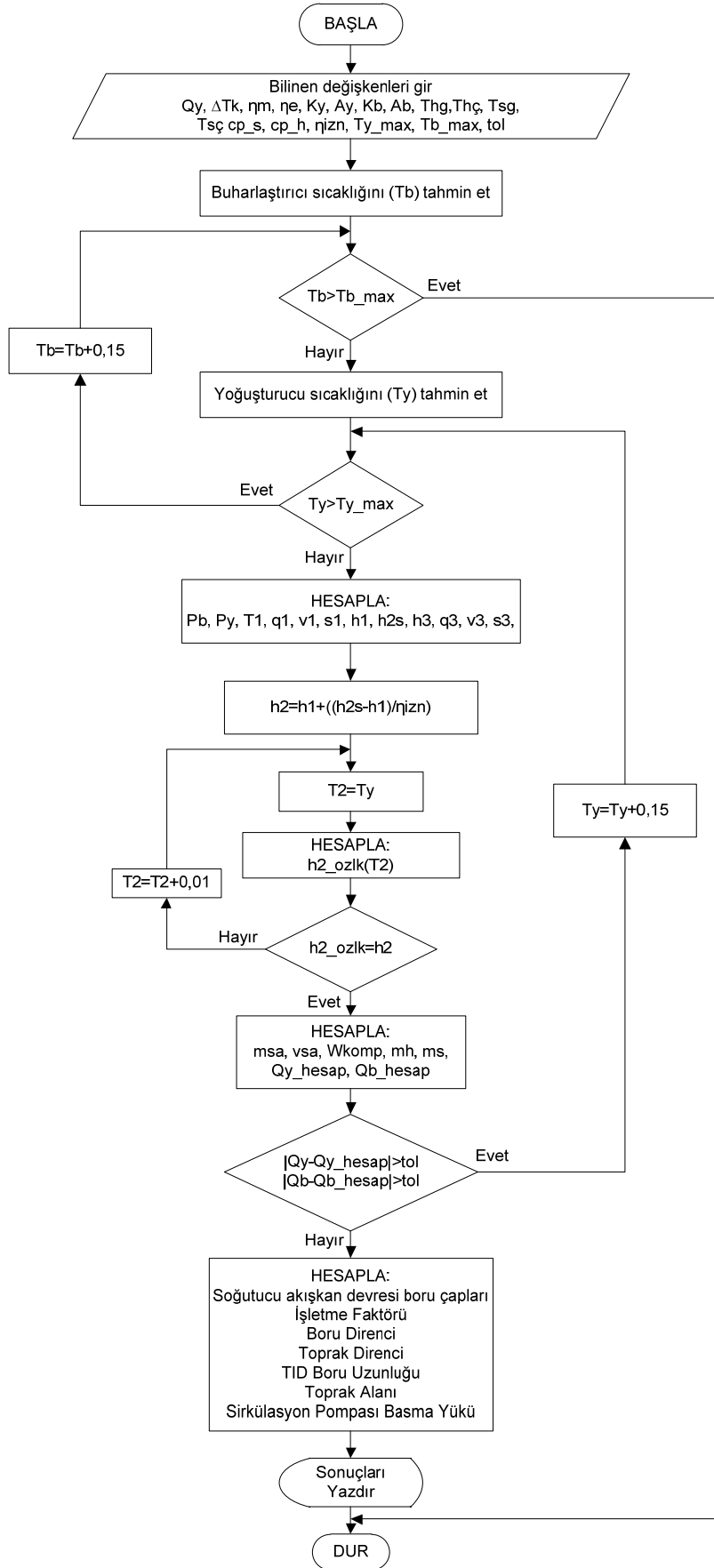
## **BÖLÜM 3. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİMÜLASYON PROGRAMI**

### **3.1. Program Akış Diyagramı**

Bölüm 2’de elde edilen denklemleri çözmek için MATLAB’da geliştirilen programın akış diyagramı Şekil 3.1’de verilmiştir. Akış diyagramına göre önce ısıtma yükü, kompresörün mekanik verimi, izentropik verimi ve elektrik motor verimi, buharlaştırıcı ve yoğuşturucu ısı transfer katsayıları, salamura giriş ve çıkış sıcaklıkları, hava giriş ve çıkış sıcaklıkları ve yakınsama toleransı gibi değerler giriş parametreleri olarak programa girilir. Daha sonra buharlaştırıcı ve yoğuşturucu sıcaklıkları tahmin edilmektedir. Tahmin edilen bu sıcaklıklara göre soğutma çevriminde görülen 1, 2s, 2, 3 ve 4 hallerindeki (Bkz. Şekil 2.2) basınç, yoğunluk, özgül hacim, entalpi, entropi gibi soğutucu akışkan özellikleri Bölüm 2.5’te verilen hal denklemleri ile hesaplanarak soğutucu akışkan devresindeki kompresör, buharlaştırıcı ve yoğuşturucunun kapasiteleri hesap edilmektedir. Hesaplanan yoğuşturucu kapasitesi ile giriş parametresi olarak verilen ısıtma yükü arasındaki fark tolerans büyükse başlangıçta tahmin edilen yoğuşturucu ve buharlaştırıcı sıcaklıkları artırılarak hesaplamalar belli bir yakınsama sağlanıncaya kadar tekrarlanır [3]. Hesaplanan bu değerlerden sonra da Bölüm 2.2’de verilen (2.20) denklemi ile soğutucu akışkan devresindeki boru çapları; Bölüm 2.3’te verilen denklemler ile işletme faktörü, boru direnci, toprak direnci ve TID boru uzunluğu; Bölüm 2.4’te verilen denklemler ile toprak alanı; Bölüm 2.5’te verilen denklemler ile sirkülasyon pompası basma yükü gibi değerler hesaplanmaktadır. Hesaplamalar tamamlandıktan sonra sonuçlar yazdırılmaktadır.

Ayrıca TID Boru uzunluğu, toprak alanı ve sirkülasyon pompası basma yüksekliği hesabı, salamura özellik hesabı, soğutucu akışkan özellik hesabı, soğutucu akışkan devresi boru çapı hesabı için alt programlar oluşturulmuştur. MATLAB’da geliştirilen Toprak Kaynaklı Isı Pompası Simülasyon Programını çalıştırıldığında Şekil 3.2’deki TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİMÜLASYONU ara yüzü





Şekil 3.1. Toprak kaynaklı ısı pompası simülasyonu programının akış diyagramı

**TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİMULASYONU**

Sistemin çalışma amacı: Isıtma Isıtma yükü (kW): 1.4  
Soğutucu akışkan: R134a Salamura: Etilen Glikol Kütesel oran (%): 20

Kompresör		Yoğuşturucu		Başlangıç Tahminleri	
İzentropik verim	0.70	Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C)	0.02	Buharlaştırıcı başlangıç sıcaklığı (°C) (Soğutucu Akışkan)	-9
Mekanik verim	0.80	Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> )	10	Buharlaştırıcı maksimum sıcaklığı (°C) (Soğutucu Akışkan)	-5.05
Elektrik motor verimi	0.85	Hava giriş sıcaklığı (°C)	20	Yoğuşturucu başlangıç sıcaklığı (°C) (Soğutucu Akışkan)	30.05
<b>Buharlaştırıcı</b>		Hava çıkış sıcaklığı (°C)	30	Yoğuşturucu maksimum sıcaklığı (°C) (Soğutucu Akışkan)	36
Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C)	0.6384	Aşırı soğutma (°C)	0		
Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> )	0.35	<b>Sabitler</b>			
Salamura giriş sıcaklığı (°C)	5	Havanın özgül ısısı (kJ/kg °C)	1.005		
Salamura çıkış sıcaklığı (°C)	-5	Tolerans	0.02		
Aşırı kızdırma (°C)	0				

**İşletme Faktörü**  
Bina içi sıcaklık (°C): 22  
Minimum ortalama hava sıcaklığı (°C): 5  
Isıtma sınır sıcaklığı (°C): 23

**Boru ve Toprak Direnci**  
Yerleştirme tipi: Yatay  
Döşeme tipi: R4  
Toprak tipi: Hafif toprak - Nemli  
Boru sınıfı: PE SCH-40  
Boru çapı: 3/4"

**R4**  
h=6ft=182.88 cm

**SOĞUTMA ÇEVİRİM HESABI**

**SONUÇLAR**

Şekil 3.2. Toprak kaynaklı ısı pompası simülasyonu ara yüzü

açılmaktadır. Burada öncelikle sistemin çalışma amacı seçilir. Daha sonra sistemde kullanılmak istenen soğutucu akışkanın tipi, ısıtma ya da soğutma yükü, salamura miktarı, kompresör giriş parametreleri (izentropik verim, mekanik verim ve elektrik motor verimi), buharlaştırıcı ve yoğuşturucu parametreleri (ısı transfer katsayıları, ısı transfer alanları, akışkanın giriş ve çıkış sıcaklıkları), yoğuşturucu ve buharlaştırıcı için başlangıç ve son sıcaklıkları ve yakınsama toleransı girilir. Bu girişten sonra soğutma çevriminin hesaplanması amacıyla SOĞUTMA ÇEVİRİM HESABI butonu tıkladığında Ek A'da MATLAB kodları verilen `cevrinHesapla.m` programı çalıştırılır. `cevrinHesapla.m` programında soğutucu akışkan devresindeki kompresör, buharlaştırıcı ve yoğuşturucunun kapasiteleri, soğutucu akışkan debisi, boru çapları, buharlaştırıcı ve yoğuşturucu basınçları, sistemin COP'si ve (1,2,2s,3,4) noktadaki soğutucu akışkanın sıcaklık, basınç, entalpi, entropi gibi değerleri hesaplanır. Bu değerler hesaplandıktan sonra Ek B'de kodları verilen `boruCapıHesapla.m` programı ile soğutucu akışkan devresindeki boru çapları hesaplanır.

Soğutma çevrim hesabı ve soğutucu akışkan devresindeki boru çaplarının hesabı yapıldıktan sonra bina içindeki sıcaklık, minimum ortalama hava sıcaklığı, maksimum ısıtma sıcaklığı, toprak ısı değiştiricisi yerleştirme tipi (yatay veya dikey), döşeme tipi, toprak tipi, boru sınıfı ve boru çapı bilgileri girilir. Daha sonra TID BORU UZUNLUĞU HESABI butonuna tıklanarak işletme faktörü, işletmeFaktörüHesapla.m programı ile; toprak direnci, toprak\_direnciHesapla.m programı ile; boru direnci, boru\_direnciHesapla.m programı ile ve TID boru uzunluğu, tid\_uzunluguHesapla.m programı ile hesaplanır. işletmeFaktörüHesapla.m, toprak\_direnciHesapla.m, boru\_direnciHesapla.m ve tid\_uzunluguHesapla.m programlarının MATLAB kodları sırasıyla Ek B, Ek D, Ek E ve Ek F verilmiştir.

TID boru uzunluğu hesaplandıktan sonra SONUÇLAR butonuna tıklandığında, hesaplanan değerler Şekil 3.3'teki SONUÇLAR ara yüzünde elde edilir.

The screenshot displays the SONUÇLAR software interface, which is divided into two main sections: 'Soğutma Çevrimi' (Refrigeration Cycle) and 'Toprak Isı Değiştiricisi ve Toprak Özellikleri' (Soil Heat Exchanger and Soil Characteristics).

**Soğutma Çevrimi (Refrigeration Cycle):**

- Soğutucu akışkan: R134a
- Tesisat Şeması: P-h ve T-s Diyagramları
- Table with 6 columns: P (bar), T (°C), v (dm<sup>3</sup>/kg), h (kJ/kg), s (kJ/kg K). Rows 1, 2s, 2, 3, 4 show data points for the cycle.
- Key parameters:
  - Buharlaştırıcı Sıcaklığı (°C): -6.6
  - Yoğuşturucu Sıcaklığı (°C): 33.2
  - Hava debisi (g/s): 139.3035
  - Salamura debisi (g/s): 29.037
  - Buharlaştırıcı Kapasitesi (kW): 1.1279
  - Yoğuşturucu Kapasitesi (kW): 1.4114
  - Kompresör Kapasitesi (kW): 0.42616
  - Buharlaştırıcı basıncı (bar): 2.2831
  - Yoğuşturucu basıncı (bar): 8.415
  - Basınç oranı: 3.6858
  - Soğutucu akışkan debisi (g/s): 7.5004
  - Emiş hattı boru çapı (mm): 7.8587
  - Basma hattı boru çapı (mm): 4.4633
  - Yoğ. - Kıs. Vana arası boru çapı (mm): 3.4064
  - Kıs. Vana - Buh. boru çapı (mm): 17.6714
  - COP: 3.3118

**Toprak Isı Değiştiricisi ve Toprak Özellikleri (Soil Heat Exchanger and Soil Characteristics):**

- İşletme faktörü: 0.82358
- Boru çapı (inç): 3/4"
- Boru direnci (m°C/W): 0.098266
- Toprak direnci (m°C/W): 0.86127
- En düşük toprak sıcaklığı (°C): 7.7823
- En yüksek toprak sıcaklığı (°C): 18.1176
- Toprak derinliği (m): 1.8288
- TID boru uzunluğu (m): 61.7443
- Toprak Alan Hesabı Sonuçları: TID Geometrisi
  - a (cm): 10, b (cm): 10, c (cm): 10
  - d (cm): 25, e (cm): 220, ri (cm): 15
  - Boru aralık sayısı: 20.4738
  - Genişlik (m): 6.3422
  - Yükseklik (m): 3
  - Alan (m<sup>2</sup>): 19.0265
- Pompa yükü Hesabı Sonuçları:
 

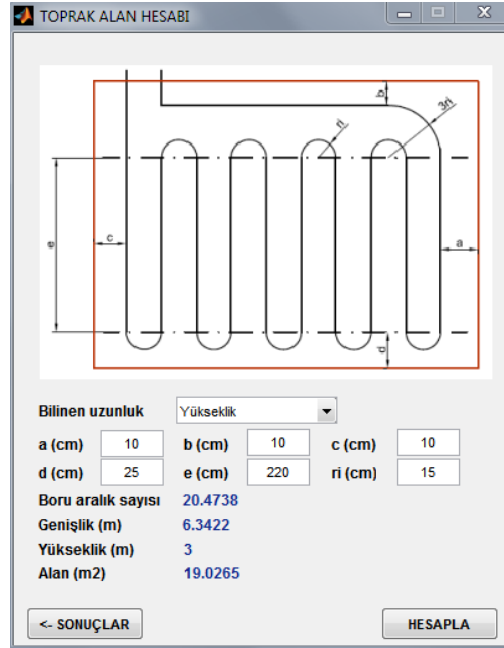
Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp
1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0.3000	32	9.6000
2 Küresel vana-tam açık	10	2	20
- Ek Boru Uzunluğu (m): 26
- Kot Farkı (mSS): 2.3288
- Sürekli kayıplar (mSS): 0.25293
- Yerel kayıplar (mSS): 0.01458
- Pompa yükü (mSS): 2.5963
- Salamura debisi (m<sup>3</sup>/saat): 0.10088

Buttons: TOPRAK ALAN HESABI, POMPA HESABI, EXCEL DOSYASINA KAYDET

Şekil 3.3. Sonuçlar ara yüzü

Toprak alanı hesabı için SONUÇLAR ara yüzüne TOPRAK ALAN HESABI butonu eklenmiştir. Bu butona tıklandığında Şekil 3.4'te görülen TOPRAK ALAN HESABI

ara yüzü açılmaktadır. Burada geometrik parametreler girildikten sonra HESAPLA butonu ile Bölüm 2.4'te verilen denklemler ile TID boru uzunluğuna bağlı olarak toprak alanı hesaplanır. HESAPLA butonu ile çalıştırılan toprakAlaniHesapla.m programının kodları da Ek G'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Toprak alan hesabı ara yüzü

Sirkülasyon pompası basma yükünün hesaplanması için POMPA HESABI butonu eklenmiştir. Bu butona tıklandığında Şekil 3.5'te görülen SİRKÜLASYON POMPA HESABI ara yüzü açılmaktadır. Burada sistemde bulunan küresel vana, dirsek, T bağlantı gibi elemanların kayıp katsayıları ve miktarları EKLE butonu ile belirlenir. Daha sonra ek boru uzunluğu (varsa), kot farkı da girilerek HESAPLA butonu yardımıyla Bölüm 2.5'te verilen denklemler ile sürekli ve yerel kayıplar, pompa yükü hesaplanır. Ayrıca daha önce hesaplanan salamura debisinin m<sup>3</sup>/saat birimine dönüştürülür. HESAPLA butonu ile çalıştırılan pompaYukuHesapla.m programının kodları da Ek H'de verilmiştir.

Ayrıca program çalıştığında soğutucu akışkanların özelliklerini Bölüm 2.6'da verilen denklemler ile hesaplayan SaOzellikHesapla.m programının kodları Ek İ'de; salamuranın özelliklerini Bölüm 2.7'deki denklemler ile hesaplayan slmrOzellikHesapla.m programının kodları da Ek J'de verilmiştir.

**SİRKÜLASYON POMPA HESABI**

Bağlantı Eleman Bilgileri

Eleman: Küresel vana - tam açık Kk=10 Sayı: 2 **EKLE**

	Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp
1	90° düzgün dönüş-Flanşlı	0.3000	32	9.6000
2	Küresel vana-tam açık	10	2	20

**SİL**

Ek boru uzunluğu (m) 26

Kot farkı: 1.8288 + 0.5

Sürekli Kayıplar (mSS) 0.25293

Yerel Kayıplar (mSS) 0.014584

Pompa Yüğü (mSS) 2.5963

Salamura debisi (m<sup>3</sup>/saat) 0.10088

**SONUÇLAR** **HESAPLA**

Şekil 3.5. Sirkülasyon pompa hesabı ara yüzü

### 3.2. Program Çıktıları

Programdan elde edilen sonuçlar Solvay Fluor firmasının geliştirdiği Solkane Refrigerant Software programından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. MATLAB programında buharlaştırıcı ve yoğuşturucu sıcaklıkları ile kapasiteleri ve çevriminin diğer parametreleri elde edilmiştir. Programa girilen parametreler ve Program sonuçları Ek K'da verilmiştir. Solkane Refrigerant Software adlı program soğutucu akışkanın termodinamik özellikleri ile çevrim hesabını yapan bir programdır. Yani söz konusu program, soğutucu akışkan tipine, buharlaştırıcı sıcaklığına, ısı yüküne, yoğuşturucu sıcaklığına ve çevrimin izentropik verimine bağlı olarak soğutma çevriminin belirli noktalarındaki soğutucu akışkan özellikleri, buharlaştırıcı kapasitesi, yoğuşturucu kapasitesi, kompresör işi, basınç oranı, basınç farkı, soğutucu akışkan debisi, COP gibi değerleri hesaplanmaktadır [34].

Çevrimde soğutucu akışkanın (R134a) Şekil 2.2'de görülen 1,2,2s,3 ve 4 hallerindeki basınç, sıcaklık, özgül hacim, entalpi, ve entropileri sırasıyla Tablo 3.1-3.5'de; çevrimin diğer parametreleri de Tablo 3.6'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 3.1. Soğutma çevrim noktalarındaki soğutucu akışkanın basınçları – R134a (bar) (Çamdalı 2011)

	<b>Matlab</b>	<b>Solkane</b>	<b>Hata (%)</b>
<b>1</b>	3,29	3,29	0,00
<b>2s</b>	12,60	12,67	-0,55
<b>2</b>	12,60	12,67	-0,55
<b>3</b>	12,60	12,67	-0,55
<b>4</b>	3,29	3,29	0,00

Tablo 3.2. Soğutma çevrim noktalarındaki soğutucu akışkanın sıcaklıkları – R134a (°C) (Çamdalı 2011)

	<b>Matlab</b>	<b>Solkane</b>	<b>Hata (%)</b>
<b>1</b>	3,30	3,30	0,00
<b>2s</b>	52,65	53,19	-1,02
<b>2</b>	63,01	63,68	-1,05
<b>3</b>	48,45	48,45	0,00
<b>4</b>	3,30	3,30	0,00

Tablo 3.3. Soğutucu akışkanın özgül hacimleri – R134a (dm<sup>3</sup>/kg) (Çamdalı 2011)

	<b>Matlab</b>	<b>Solkane</b>	<b>Hata (%)</b>
<b>1</b>	63,47	61,82	2,67
<b>2s</b>	16,44	16,35	0,55
<b>2</b>	17,71	17,55	0,91
<b>3</b>	0,90	0,90	0,00
<b>4</b>	21,15	20,93	1,05

Tablo 3.4. Soğutucu akışkanın entalpileri – R134a (kJ/kg) (Çamdalı 2011)

	<b>Matlab</b>	<b>Solkane</b>	<b>Hata (%)</b>
<b>1</b>	400,52	400,40	0,03
<b>2s</b>	427,88	428,39	-0,12
<b>2</b>	439,61	440,39	-0,18
<b>3</b>	269,82	269,14	0,25
<b>4</b>	269,82	269,14	0,25

Tablo 3.5. Soğutucu akışkanın entropileri – R134a (kJ/kg K) (Çamdalı 2011)

	<b>Matlab</b>	<b>Solkane</b>	<b>Hata (%)</b>
<b>1</b>	1,7259	1,7249	0,06
<b>2s</b>	1,7258	1,7249	0,05
<b>2</b>	1,7571	1,7611	-0,23
<b>3</b>	1,2320	1,2294	0,21
<b>4</b>	1,2521	1,2501	0,16

Tablo 3.6. MATLAB programı ile Solkane Refrigerant Software programının karşılaştırılması  
(Çamdalı 2011)

<b>Sisteme Ait Özellikler</b>	<b>Matlab Sonuçları</b>	<b>Solkane Refrigerant Software Sonuçları</b>	<b>Hata (%)</b>
Buharlaştırıcı Sıcaklığı [°C]	3,30	3,30	-(*)
Yoğuşurucu Sıcaklığı [°C]	48,45	48,45	-(*)
Buharlaştırıcı kapasitesi (Soğutma Yüğü) [kW]	2,2	2,2	-(*)
Yoğuşurucu Kapasitesi [kW]	2,86	2,87	-0,35
Kompresör gücü [kW](**)	0,66	0,67	-1,49
Basınç oranı	3,83	3,85	-0,52
Soğutucu akışkan debisi [g/s]	16,83	16,76	0,42
COP	3,33	3,28	1,52

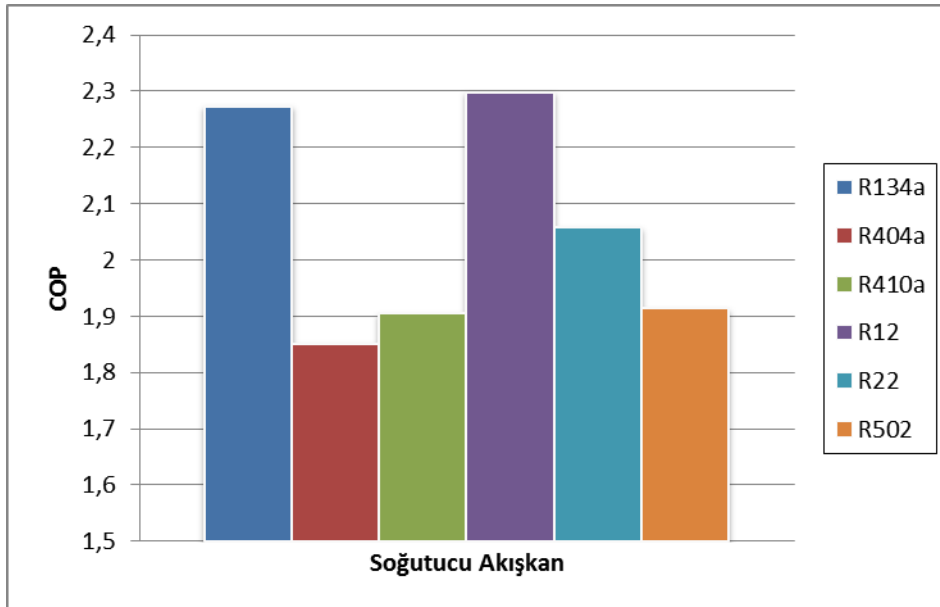
(\*):Buharlaştırıcı sıcaklığı, yoğuşurucu sıcaklığı ve buharlaştırıcı kapasitesi Solkane programında giriş parametresi olarak kullanıldığından hata oluşmamıştır.

(\*\*):Solkane Refrigerant Software'de kompresör gücü, kompresörün mekanik ve elektrik motor verimi ihmal edilerek hesaplanmaktadır. Bu nedenle MATLAB programında kompresörün mekanik ve motor verimi 1 girilerek kompresör gücü hesaplanmıştır.

Tablo 3.1-3.5'den MATLAB'da geliştirilen Toprak Kaynaklı Isı Pompası Simülasyonu programı ile Solkane Refrigerant Software arasında yeterli bir uyum olduğu görülmektedir.

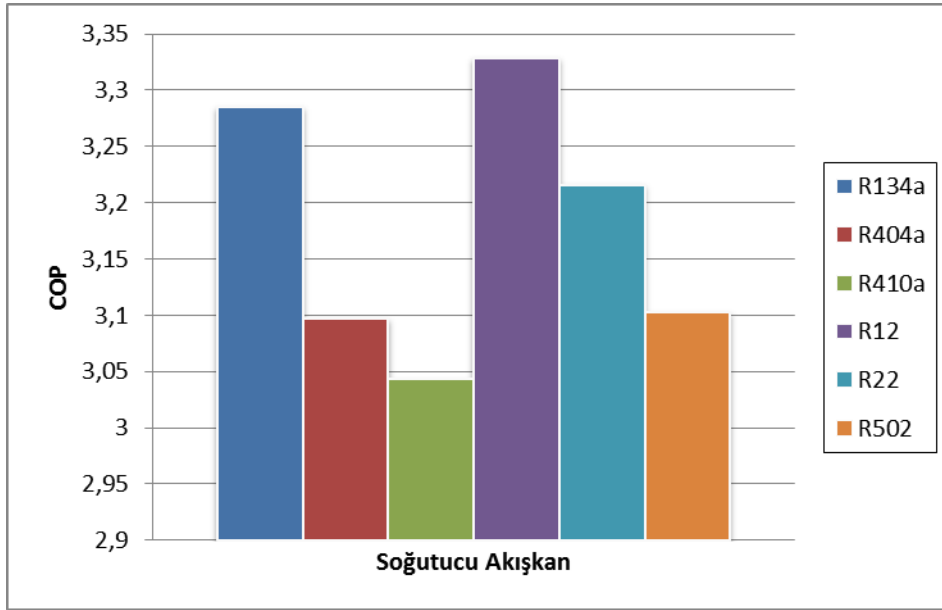
## BÖLÜM 4. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİMÜLASYON SONUÇLARI

Geliştirilen MATLAB programından R134a, R404a, R410a, R12, R22 ve R502 soğutucu akışkanlarına bağlı olarak ısıtma ve soğutma durumu için COP, kompresör gücü, soğutucu akışkan debisi ve TID boru uzunluğu gibi sistem parametreleri elde edilmiştir. Program çıktıları Excel formatında kaydedildikten sonra değişim grafikleri çizilmiştir. Excel formatında kaydedilen program sonuçları Ek K-2-13'te verilmiştir. Elde edilen sistem parametrelerinin ısıtma ve soğutma durumuna için soğutucu akışkanlara göre değişim grafikleri de Şekil 4.1-4.8 verilmiştir.

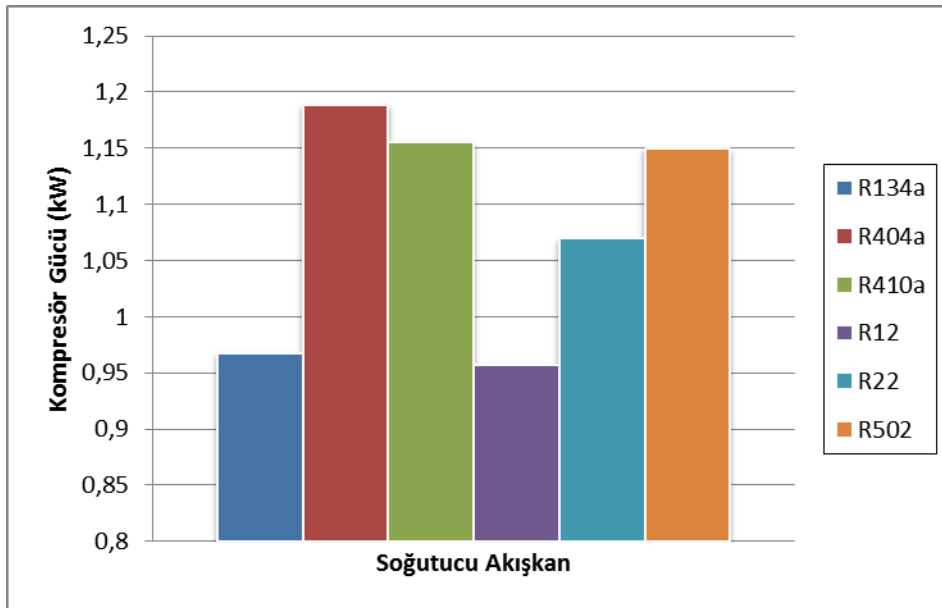


Şekil 4.1. Isıtma durumu için soğutucu akışkanlara göre COP değişimi

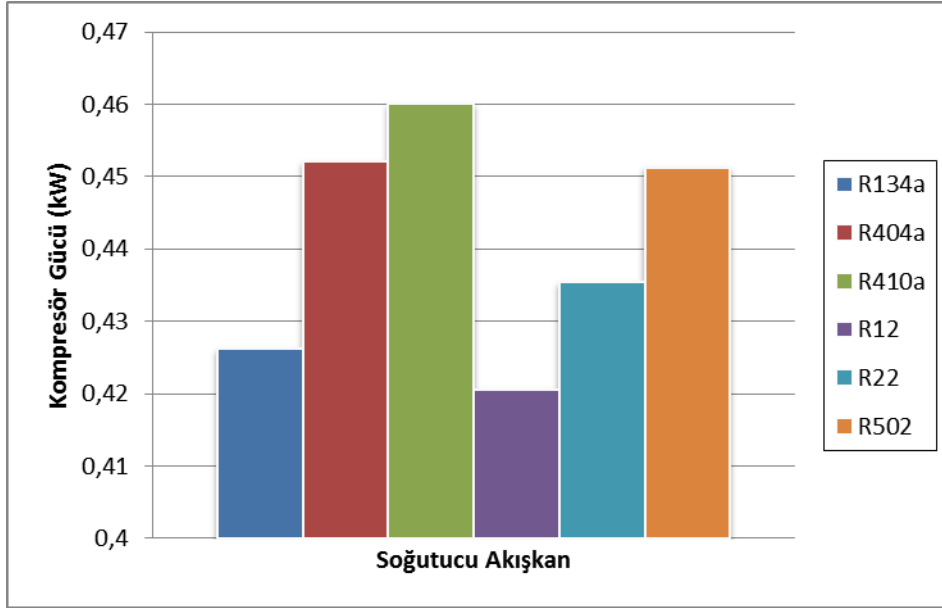




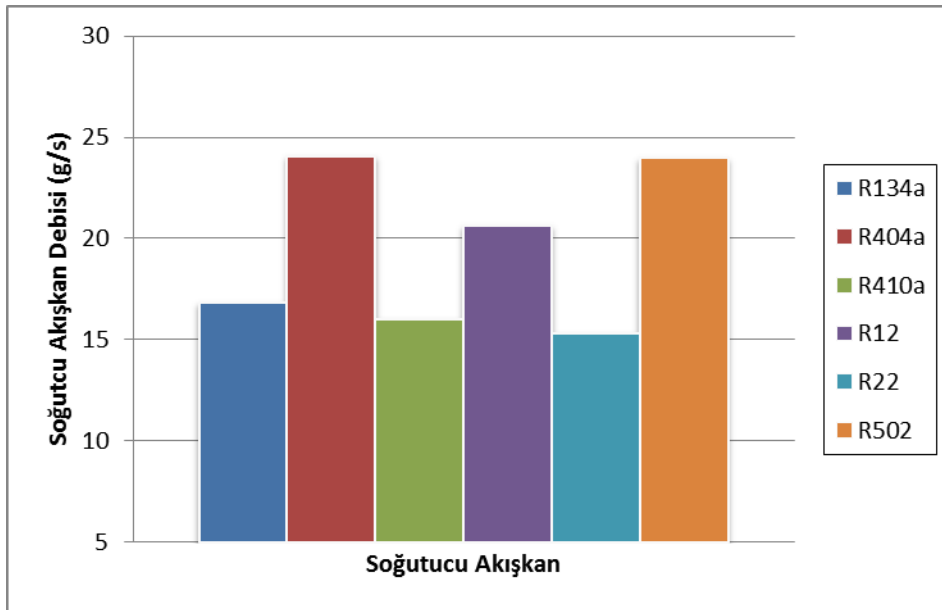
Şekil 4.2. Soğutma durumu için soğutucu akışkanlara göre COP değişimi



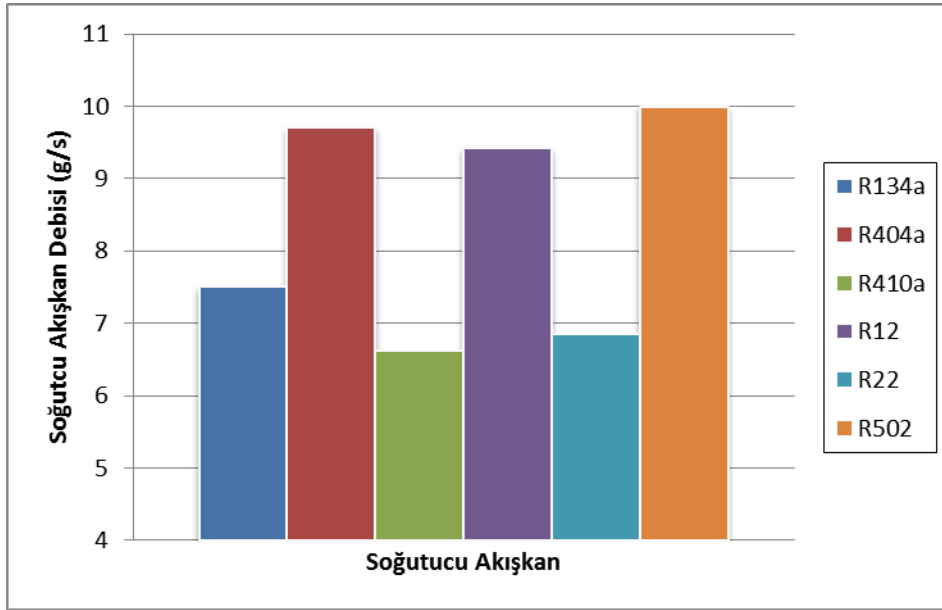
Şekil 4.3. Isıtma durumu için soğutucu akışkanlara göre kompresör gücü değişimi



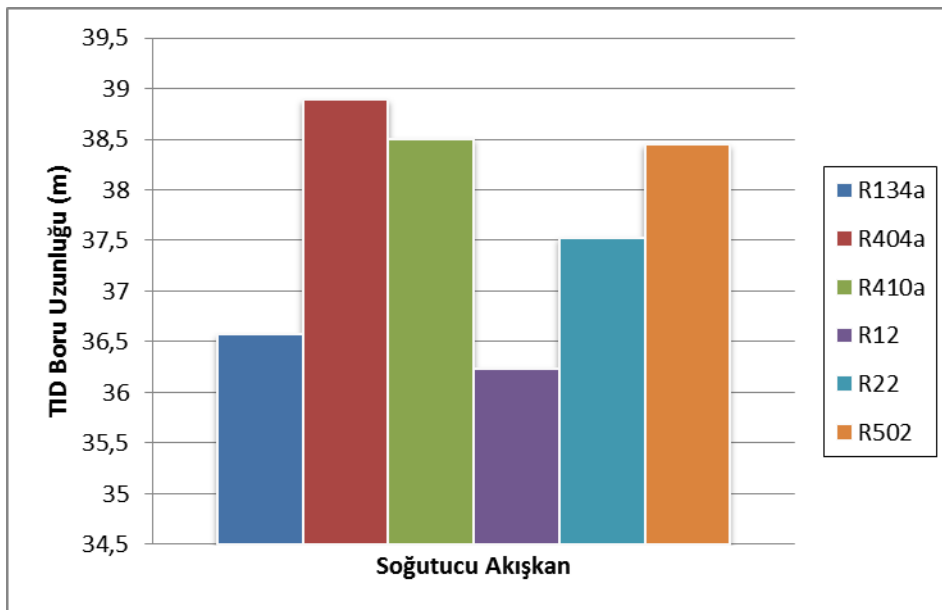
Şekil 4.4. Soğutma durumu için soğutucu akışkanlara göre kompresör gücü değişimi



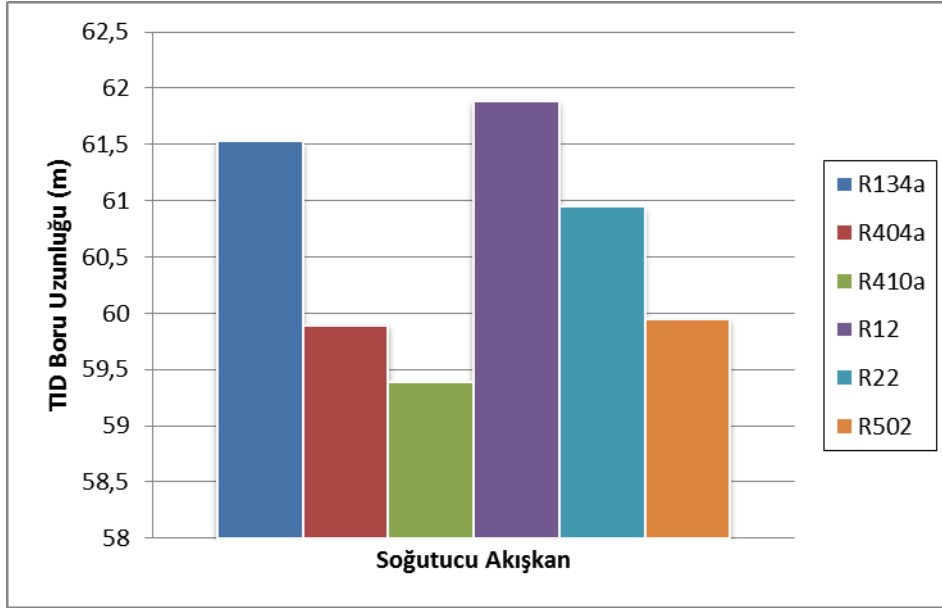
Şekil 4.5. Isıtma durumu için soğutucu akışkanlara göre soğutucu akışkan debisi değişimi



Şekil 4.6. Soğutma durumu için soğutucu akışkanlara göre soğutucu akışkan debisi değişimi

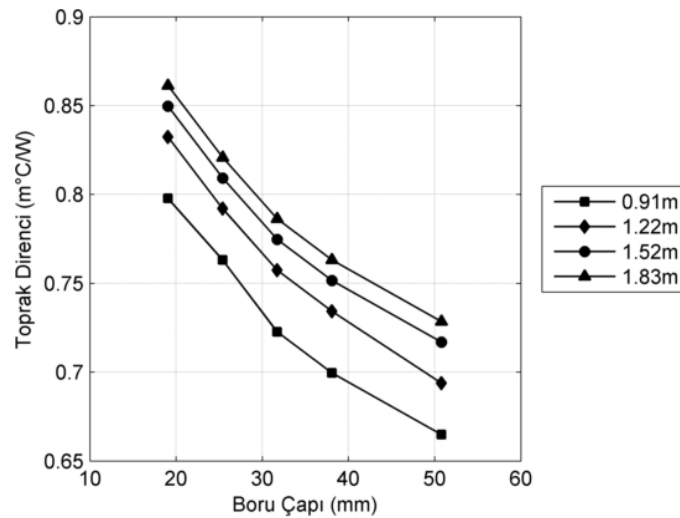


Şekil 4.7. Isıtma durumu için soğutucu akışkanlara göre TID boru uzunluğu değişimi

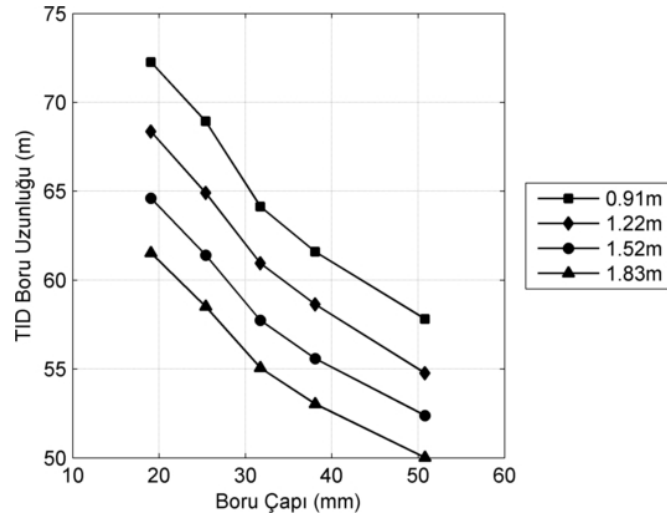


Şekil 4.8. Soğutma durumu için soğutucu akışkanlara göre TID boru uzunluğu değişimi

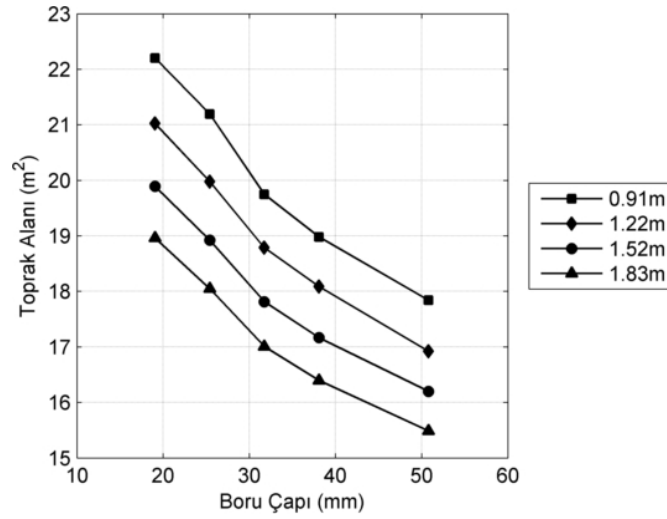
TID boru çaplarına bağlı olarak toprak direnci, TID boru uzunluğu, toprak alanı ve pompa yükü değişimleri değişik TID gömme derinliklerine göre elde etmek için MATLAB programı boru çapları ve değişik gömme derinliği için hesap yapmak amacıyla döşeme tipleri değiştirilmek suretiyle çalıştırılmıştır. Program giriş parametreleri ve elde edilen sonuçlar Excel formatında kaydedilmiştir ve Ek K-14-33'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre toprak direnci, TID boru uzunluğu, toprak alanı ve pompa yükü değişim grafikleri çizilmiştir. Çizilen grafikler Şekil 4.9-4.12'de verilmiştir.



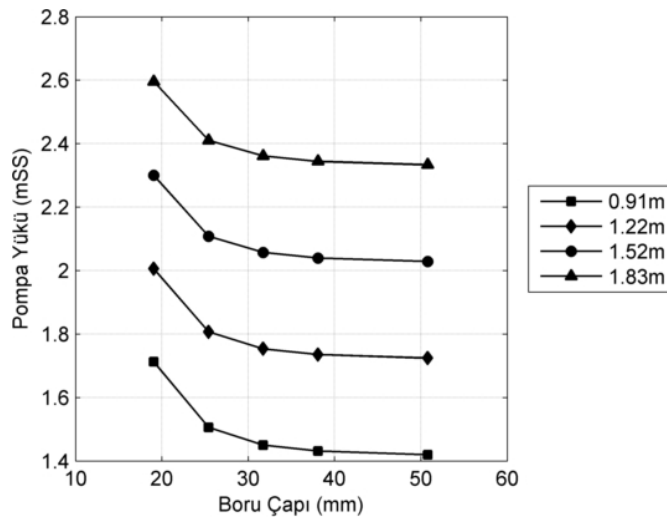
Şekil 4.9. Toprak direncinin boru çapı ve TID gömme derinliğine bağlı olarak değişimi



Şekil 4.10. TID boru uzunluğunun boru çapı ve TID gömme derinliğine bağlı olarak değişimi



Şekil 4.11. Toprak alanının boru çapı ve TID gömme derinliğine bağlı olarak değişimi



Şekil 4.12. Pompa yükünün boru çapı ve TID gömme derinliğine bağlı olarak değişimi

## BÖLÜM 5. SONUÇ

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı açısından toprak kaynaklı ısı pompaları oldukça önemlidir. Toprak kaynaklı ısı pompalarının kurulumunda maliyetlerin yüksek olması ve projelendirme yöntemlerinin tam olarak belirlenmemesi ısı pompalarının ülkemizde yaygınlaşması yönünde engel teşkil etmektedir. Bu çalışmada geliştirilen program ile ısı pompası sistemi kurulmadan önce kompresör, yoğuşturucu, buharlaştırıcı, genleşme valfi, sirkülasyon pompası gibi sistem elemanlarının kapasiteleri, toprak ısı değiştiricisi boru uzunluğu ve gerekli toprak alanı gibi sistem parametreleri elde edilerek maliyetler hesapları yapılabilir. Ayrıca geliştirilen program ile projelendirmede yapılacak hesaplamaların daha hızlı yapılması sağlanabilir.

MATLAB’da geliştirilen Toprak Kaynaklı Isı Pompası Simülasyon programından elde edilen değerler ile Solvay Fluor firmasının geliştirdiği Solkane Refrigerant Software programından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Bu değerler arasında yeterli bir uyum olduğu gözlenmiştir.

Dördüncü bölümde geliştirilen MATLAB programı R134a, R404a, R410a, R12, R22, ve R502 soğutucu akışkanları için çalıştırılarak COP, kompresör gücü, soğutucu akışkan debisi ve TID boru uzunluğu gibi sistem parametreleri soğutucu akışkanlara bağlı olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile değişim grafikleri çizilmiştir.

Çizilen grafiklere göre ısıtma ve soğutma durumu için en yüksek COP R22 ile elde edilirken, bu akışkandan sonra R134a gelmektedir. Yine ısıtma ve soğutma durumu için en düşük kompresör gücü R22 ile elde edilirken, bu akışkandan sonra R134a gelmektedir. En düşük soğutucu akışkan debisi ısıtma durumu için R22 ile elde

edilirken, bu akışkandan sonra R410a; soğutma durumu için ise en düşük soğutucu akışkan debisi R410a ile elde edilirken, bu akışkandan sonra R22 gelmektedir. En düşük TID boru uzunluğu ısıtma durumu için R22 ile elde edilirken, bu akışkandan sonra R134a; soğutma durumu için ise en düşük TID boru uzunluğu R410a ile elde edilirken, bu akışkandan sonra R134a gelmektedir.

TID boru çaplarına bağlı olarak toprak direnci, TID boru uzunluğu, toprak alanı ve pompa yükü değişimleri değişik TID gömme derinliklerine göre elde etmek için MATLAB programı çalıştırılmış ve elde edilen sonuçlara ile değişim grafikleri çizilmiştir. Buna göre toprak direnci boru çapı arttıkça azalmakta; TID gömme derinliği arttıkça toprak direnci artmaktadır. Boru çapı ve gömme derinliği arttıkça TID boru uzunluğu ve dolayısıyla toprak alanı azalmaktadır. Boru çapı arttığında pompa yükü azalmakta; gömme derinliği arttıkça pompa yükü de artmaktadır.

## KAYNAKLAR

1. ERSÖZ, İ., Toprak Kaynaklı Isı Pompası İle Bir Hacmin Soğutulması, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.
2. ÇAMDALI, Ü., TUNÇEL, E., Bolu Ve Çevresi İçin Toprak Kaynaklı Isı Pompası (TKIP) Sistem Analizi: Ekonomik Yaklaşımla, Mühendis ve Makina, 51(604), 22-35, 2010.
3. AYYILDIZ, İ., Jeotermal Atık Su Kullanan Buhar Sıkıştırımlı Bir Isı Pompasının Simülasyon Modeli İle Kararlı Rejimdeki Performans Özelliklerinin Bulunması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1996.
4. HEALY P. F., UGURSAL, V., I., Performance And Economic Feasibility Of Ground Source Heat Pumps In Cold Climate, Int. J. Energy Res., 21, 857-870, 1997.
5. PETIT, P.J., MEYER, J.P., Economic Potential Of Vertical Ground-Source Heat Pumps Compared To Air-Source Air Conditioners In South Africa, Energy, 23(2), 137-143, 1998.
6. ZOGOULOU, O., STAMATELOS, A., Effect Of Climatic Conditions On The Design Optimization Of Heat Pump Systems For Space Heating And Cooling, Energy Conversion and Management, 39(7), 609-622, 1998.
7. PIECHOWSKI, M., Heat and Mass Transfer Model Of A Ground Heat Exchanger: Theoretical Development, Int. J. Energy Res., 23, 571-588 1999.



8. HEPBAŞLI, A., Performance Evaluation Of A Vertical Ground-Source Heat Pump System In Izmir, Turkey, *Int. J. Energy Res.*, 26(13), 1121-1139, 2002.
9. ESEN, H., BALBAY, A., Yer Kaynaklı Bir Isı Pompası Sistemindeki Toprak Isı Değiştiricisi Boru Uzunluğunun Belirlenmesi, *Mühendis ve Makina*, 44(527), 55-61, 2003.
10. HEPBAŞLI, A., ÖZGENER, A., Development Of Geothermal Energy Utilization In Turkey: A Review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8(5), 433-460, 2004.
11. İNALLI, M., ESEN, H., Experimental Thermal Performance Evaluation Of A Horizontal Ground-Source Heat Pump System, *Applied Thermal Engineering*, 24, 2219-2232, 2004.
12. ESEN, H., İNALLI, M., ESEN, M., Numerical and Experimental Analysis Of A Horizontal Ground-Coupled Heat Pump System, *Building and Environment*, 42(3), 1126-1134, 2007.
13. HEPBAŞLI, A., BALTA, M. T., A Study On Modeling And Performance Assessment Of A Heat Pump System For Utilizing Low Temperature Geothermal Resources In Buildings, *Building and Environment*, 42(10), 3747-3756, 2007.
14. HEPBAŞLI, A., KALINCI, Y., A Review Of Heat Pump Water Heating Systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6-7), 1211-1229, 2009.
15. COŞKUN, S., PULAT, E., ÜNLÜ, K., YAMANKARADENİZ, R., Experimental Performance Investigation Of A Horizontal Ground Source Compression Refrigeration Machine, *Int. J. Energy Res.*, 32(1), 44-56, 2008.

16. PULAT, E., COŞKUN, S., ÜNLÜ, K., YAMANKARADENİZ, N., Experimental Study Of Horizontal Ground Source Heat Pump Performance For Mild Climate In Turkey, *Energy*, 34(9), 1284-1295, 2009.
17. DEMİR, H., KOYUN, A., TEMİR, G., Heat Transfer Of Horizontal Parallel Pipe Ground Heat Exchanger And Experimental Verification, *Applied Thermal Engineering*, 29(2-3), 224-233, 2009.
18. HEPBAŞLI, A., ERTÖZ, A., Ö., Geleceğin Teknolojisi: Yer Kaynaklı Isı Pompaları, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 445-492, 1999.
19. ÇAMDALI, Ü., TUNÇEL, E. Economic analysis of horizontal ground source heat pumps (GSHPs) for use in heating and cooling in Bolu, Turkey, *Energy Sources, Part B, (Basımda)*.
20. KOPAÇ, M., ZEMHER, B. Effect Of Saturation-Temperature On The Performance Of A Vapour-Compression Refrigeration-Cycle Working On Different Refrigerants Using Exergy Method, *Int. J. Of Energy Res.*, 30, 729-740, 2006.
21. YILMAZ, V., Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Klasik Sistemlerle Tekno-Ekonomik Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.
22. HANCIOĞLU, E., Güneş Enerjisi Destekli Toprak Kaynaklı Isı Pompası İle Bir Hacmin Isıtılması, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.
23. KOYUN, A., DİZ, T., Toprak Sıcaklığının Zamana Ve Derinliğe Bağlı Değişiminin Hesaplanması, 13. Ulusal Isı Bilim Ve Tekniği Kongresi, Konya, 2001.

24. COŞKUN, S., Sürekli Rejimde Farklı Soğutucu Akışkanlar İçin Hava-Su Kaynaklı Mekanik Buhar Sıkıştırılmalı Isı Pompasının Simülasyonu, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 9,1,2004.
25. ABOU-ZİYAN, H., Z., AHMED, M., F., METWALLY, M., N., ABD EL-HAMEED, .H., M., Solar Assisted R22 and R134a Heat Pump Systems For Low-Temperature Applications, Applied Thermal Engineering, 17, 5, 455-469, 1997.
26. KARA, Y., A., Düşük Sıcaklıktaki Jeotermal Kaynakların Isı Pompası Yardımıyla Bina Isıtmada Kullanımı, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1999.
27. ÖZGÖREN, M., Isıtma ve Soğutma Amaçlı Isı Pompasının Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1996.
28. MILES, L., Heat Pumps Theory and Service, Delmar Publishers Inc., 1994.
29. ÇAMDALI, Ü., TUNÇ, M., Ground Temperature Estimations For Bolu, Turkey, Environ. Monit. Assess., 2011.
30. ÇENGEL, Y. A., CİMBALA, J., M., Akışkanlar Mekaniği, İzmir Güven Kitabevi, 940, İzmir, 2008.
31. ASHRAE, Thermophysical Properties Of Refrigerants, ASHRAE Fundamentals Handbook, 19, 1997.
32. ESEN, H., Toprak Kaynaklı Isı Pompası Performansına Etki Eden Parametrelerin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.
33. M.CONDE ENGINEERING, Thermophysical Properties Of Brines, Zurich, 2011.

34. ÇAMDALI, Ü., TUNÇEL, E., SÖZBİR, N., Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Bolu Özelinde Nümerik Modellemesi, 18. Ulusal Isı Bilim Ve Tekniğı Kongresi, Zonguldak, 2011.

## **EKLER**

**Ek A-1. Bolu için saatlik ortalama hava sıcaklıkları – Ocak 2008**

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	-6,4	-6,4	-7,3	-7,2	-7,1	-8,0	-6,3	-3,8				3,1	3,5	3,4	3,1	-1,0	-2,4	-2,6	-3,3	-4,1	-4,6	-4,5	-5,1	-5,3
2	-5,7	-5,7	-5,5	-6,1	-6,0	-5,2	-4,2	-3,3	0,2	3,5	3,7	3,7	2,9	2,4	1,9	1,1	0,9	0,7	0,3	0,3	0,2	0,2	-0,4	-1,2
3	-1,1	-0,9	-1,3	-1,8	-2,2	-2,3	-2,2	-2,0	-1,6	-1,3	-0,9	-0,8	-1,0	-1,0	-1,4	-1,8	-3,2	-3,7	-4,0	-4,2	-4,4	-4,7	-5,1	-5,3
4	-5,7	-6,0	-6,3	-6,7	-6,9	-6,8	-6,6	-5,2	-5,1	-4,6	-4,3	-4,5	-4,5	-4,6	-4,8	-4,8	-4,7	-4,7	-4,8	-5,4	-5,8	-6,0	-6,1	-6,2
5	-6,4	-6,4	-6,8	-6,9	-6,9	-6,9	-6,8	-6,4	-6,4	-6,3	-5,9	-5,8	-5,8	-5,8	-5,8	-5,8	-5,7	-5,6	-5,5	-5,5	-5,4	-5,6	-5,8	-5,9
6	-6,1	-6,4	-7,3	-7,1	-8,3	-9,9	-9,9	-8,5	-6,8	-5,8	-4,1	-4,2	-4,4	-4,3	-5,0	-6,7	-7,7	-8,3	-7,9	-7,5	-7,7	-7,7	-7,7	-8,3
7	-7,5	-6,2	-5,7	-6,0	-6,1	-5,6	-4,7	-4,0	-2,5	-1,0	-0,1	0,3	0,1	0,0	0,1	-0,1	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,5	-0,6	-0,5	-0,4
8	-0,4	-0,4	-0,8	-1,1	-1,2	-1,1	-1,3	-1,2	-1,1	-1,1	-1,2	-1,1	-1,1	-1,3	-1,5	-1,7	-2,3	-3,0	-3,1	-4,7	-5,1	-3,5	-2,9	-3,3
9	-3,6	-3,4	-2,9	-2,9	-2,8	-2,8	-2,5	-2,1	-1,3	-0,8	-0,3	-0,7	-0,8	-1,0	-1,5	-1,7	-2,2	-2,4	-2,2	-2,3	-2,5	-2,3	-2,3	-2,5
10	-2,4	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,0	-1,6	-1,3	-1,3	-1,6	-1,9	-1,6	-1,7	-2,1	-2,3	-2,5	-2,7	-3,3	-5,2	-6,8	-8,2	-7,4	-6,8
11	-8,4	-8,2	-7,6	-7,5	-7,3	-7,6	-7,8	-7,6	-6,9	-5,2	-3,2	-2,1	-2,6	-3,0	-4,8	-6,5	-7,6	-8,2	-8,6	-9,7	-10,6	-11,1	-11,9	-11,9
12	-12,3	-12,4	-12,7	-13,1	-13,3	-13,4	-12,1	-9,4	-7,5	-5,1	-1,1	-0,1	-2,0	-3,2	-4,8	-6,0	-6,7	-7,4	-8,4	-8,2	-8,2	-9,6	-9,4	-9,8
13	-10,7	-11,0	-11,5	-11,9	-12,0	-12,1	-10,5	-7,2	-5,1	-2,5	0,7	1,5	0,6	-1,3	-3,0	-4,3	-5,0	-5,4	-6,4	-7,1	-7,5	-8,2	-8,9	-9,3
14	-9,4	-9,9	-10,2	-10,4	-10,7	-10,9	-9,0	-5,5	-3,5	-1,0	3,0	4,6	2,9	0,3	-1,8	-3,3	-4,3	-4,6	-5,3	-6,3	-6,4	-7,6	-8,1	-8,5
15	-8,7	-9,0	-9,4	-9,8	-10,2	-9,8	-8,0	-4,9	-2,7	0,0	2,3	3,9	3,4	1,9	1,0	-0,1	0,1	-0,4	-0,8	-0,7	-1,0	-1,3	-1,2	-1,2
16	-1,3	-1,3	-1,2	-1,2	-1,3	-1,3	-1,0	-0,4	0,3	1,3	2,4	3,4	3,9	3,4	1,5	-0,7	-1,2	-1,7	-2,2	-2,6	-3,4	-3,8	-4,1	-4,7
17	-4,8	-5,6	-5,9	-6,2	-6,7	-6,3	-4,4	-2,8	-0,9	2,4	3,9	4,9	4,6	4,0	2,0	-0,6	-1,0	-1,6	-2,1	-2,4	-2,2	-1,7	-1,6	-2,4
18	-3,5	-3,9	-4,4	-4,5	-4,4	-4,0	-2,8	-1,0	1,3	2,8	5,6	7,0	6,3	5,2	3,1	1,2	-0,5	-1,0	-1,5	-1,7	-2,1	-2,4	-2,7	-3,1
19	-3,4	-4,0	-3,8	-4,1	-4,6	-4,8	-3,4	-2,3	-1,1	0,9	4,1	4,3	3,5	3,0	1,4	-1,0	-2,1	-2,8	-3,0	-3,5	-4,1	-4,7	-5,4	-6,1
20	-6,5	-6,5	-7,2	-7,9	-7,0	-8,0	-6,3	-4,3	-2,4	1,0	3,7	3,7	3,2	3,0	1,8	-0,5	-1,7	-2,2	-3,0	-3,3	-3,5	-3,7	-4,6	-5,2
21	-5,5	-5,5	-5,5	-6,4	-6,8	-6,8	-4,9	-1,7	0,9	3,3	6,9	6,8	6,3	5,3	2,3	0,2	-1,0	-0,8	-1,2	-1,9	-2,3	-2,5	-3,2	-3,5
22	-3,8	-4,1	-4,4	-4,5	-4,9	-4,3	-2,5	0,8	3,6	6,6	8,9	9,6	9,5	8,3	6,5	4,0	2,3	1,7	1,2	1,4	1,4	1,4	0,7	-0,9
23	-1,8	-2,5	-3,3	-3,4	-3,5	-3,7	-2,2	1,0	3,7	7,7	8,6	8,7	8,4	7,4	4,8	3,0	2,3	2,1	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2
24	0,9	0,6	0,2	-0,2	-0,4	-0,8	-1,0	-1,2	-1,3	-1,3	-1,4	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,3	-2,6	-2,7	-2,9	-3,2	-3,5	-3,8	-4,1	-4,2
25	-4,3	-4,5	-5,4	-6,9	-8,5	-9,2	-7,7	-4,5	-3,8	-3,2	-1,7	-0,7	-1,6	-1,9	-2,1	-2,9	-3,4	-4,7	-5,2	-6,5	-7,2	-7,7	-8,4	-8,9
26	-9,0	-9,3	-8,8	-9,0	-8,0	-5,9	-6,4	-5,3	-3,6	-2,1	-0,2	-1,1	-1,8	-2,1	-2,3	-3,2	-5,3	-6,6	-6,9	-6,3	-7,7	-8,7	-8,7	-9,3
27	-9,6	-9,8	-9,8	-10,0	-10,2	-10,1	-7,1	-2,8	0,9	3,6	4,0	4,0	3,4	3,3	3,0	1,6	-0,2	-0,5	-0,7	-0,9	-0,5	-0,6	-1,4	-1,5
28	-1,5	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,5	-1,3	-1,0	-1,0	-1,4	-1,1	-1,6	-1,7	-2,1	-2,4	-2,6	-2,8	-2,9	-3,1	-3,2	-3,3	-3,4	-3,5	-3,7
29	-3,7	-3,7	-3,7	-3,8	-3,8	-3,9	-3,6	-3,5	-2,3	-2,2	-2,5	-3,4	-3,6	-4,0	-4,5	-4,9	-5,1	-5,1	-5,5	-5,6	-5,6	-5,8	-5,8	-5,9
30	-6,0	-5,9	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-5,8	-5,7	-4,9	-4,5	-4,2	-4,5	-5,1	-5,5	-5,5	-5,9	-5,8	-5,8	-5,8	-5,8	-5,9	-6,0	-5,8	-6,6
31	-7,3	-7,9	-8,8	-9,8	-10,6	-11,6	-10,8	-9,1	-7,7	-6,3	-5,0	-2,9	-1,9	-2,3	-3,4	-5,9	-7,2	-8,0	-9,5	-10,5	-11,2	-11,7	-11,8	-10,7

## Ek A-2. Bolu için saatlik ortalama hava sıcaklıkları - Şubat 2008

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	-9,3	-8,9	-8,8	-8,1	-7,6	-7,7	-6,4	-3,6	-1,1	1,1	3,5	2,8	2,3	1,8	0,1	-2,0	-2,9	-3,5	-3,9	-4,2	-5,0	-5,4	-5,7	-6,5
2	-6,9	-6,9	-7,5	-7,8	-8,1	-7,9	-5,9	-3,5	-1,1	1,3	3,9	6,1	6,2	5,4	2,7	0,3	-1,1	-1,9	-2,3	-2,5	-3,3	-3,5	-3,9	-4,4
3	-5,0	-5,4	-5,5	-6,1	-6,4	-6,4	-4,0	-1,3	0,7	2,9	4,9	6,2	6,7	5,1	3,9	2,1	1,3	0,9	1,0	0,7	0,1	-1,0	-1,2	-1,4
4	-1,3	-2,1	-2,7	-2,8	-3,1	-3,6	-2,1	0,5	2,7	4,5	6,9	8,2	8,2	7,5	4,8	2,1	1,9	0,7	-0,6	-1,3	-1,6	-2,1	-2,0	-2,7
5	-2,9	-3,3	-3,6	-3,8	-4,0	-4,0	-2,4	0,2	2,5	4,5	7,0	8,8	8,1	6,6	5,0	2,0	-0,6	-1,3	-1,7	-1,8	-2,3	-2,6	-2,9	-3,2
6	-3,9	-4,5	-4,5	-5,2	-5,6	-5,7	-3,2	-0,3	2,5	4,9	7,9	7,1	6,0	4,6	3,4	1,9	0,7	-0,9	-1,3	-1,6	-1,7	-1,9	-2,2	-2,6
7	-2,6	-2,6	-2,9	-3,0	-3,6	-3,7	-2,7	0,0	2,9	4,6	4,0	3,5	1,8	-0,6	-1,6	-1,7	-2,0	-2,0	-1,9	-2,2	-2,3	-2,3	-2,4	-2,4
8	-2,3	-2,3	-2,5	-2,5	-2,5	-2,6	-2,5	-2,1	-1,8	-1,6	-1,3	-1,1	-0,9	-0,7	-0,7	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,4	-1,4	-1,5	-1,5
9	-1,5	-1,6	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,0	-1,6	-1,2	0,4	1,0	1,2	0,8	0,6	0,3	0,0	-0,4	-0,6	-0,8	-1,2	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3
10	-1,5	-1,6	-1,7	-1,7	-1,7	-1,8	-1,8	-1,1	0,7	3,3	1,9	1,7	1,6	0,9	0,4	0,1	-0,3	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-0,8	-0,8	-0,9
11	-0,9	-0,9	-0,9	-0,8	-0,8	-0,9	-0,8	-0,9	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4	-1,6	-1,7	-1,8	-1,9	-2,0	-2,1
12	-2,1	-2,2	-2,2	-2,3	-2,3	-2,4	-2,2	-1,9	-1,8	-1,6	-1,3	-1,2	-1,2	-1,3	-1,9	-2,3	-2,6	-2,9	-3,2	-3,4	-3,8	-4,0	-4,4	-4,5
13	-4,8	-6,2	-7,7	-8,5	-8,8	-8,5	-6,1	-4,8	-3,1	-2,5	-2,5	-2,4	-2,7	-3,4	-3,8	-4,1	-4,1	-4,4	-4,5	-4,5	-4,6	-4,6	-5,1	-5,5
14	-5,4	-5,9	-6,0	-6,5	-6,2	-5,9	-5,2	-4,7	-4,7	-4,5	-4,3	-4,2	-4,0	-4,1	-4,1	-4,0	-3,9	-3,9	-3,8	-3,8	-3,9	-4,1	-4,0	-4,0
15	-4,0	-4,0	-4,0	-4,1	-4,1	-4,1	-2,8	-2,1	-2,2	-1,9	-1,2	-1,2	-1,3	-1,7	-1,8	-2,4	-3,2	-4,5	-4,1	-3,0	-2,5	-2,6	-2,8	-2,8
16	-3,1	-3,1	-3,2	-3,2	-3,3	-3,4	-3,4	-3,2	-2,8	-2,5	-2,7	-2,8	-3,1	-3,4	-4,0	-4,7	-5,0	-5,5	-5,6	-5,9	-6,1	-6,2	-6,4	-6,6
17	-6,5	-6,3	-6,3	-6,2	-6,2	-6,1	-5,9	-5,5	-5,3	-5,1	-5,0	-5,2	-5,3	-5,6	-6,0	-6,4	-6,8	-7,1	-7,3	-7,4	-7,7	-8,0	-8,4	-8,7
18	-8,5	-8,7	-8,6	-9,0	-9,1	-9,2	-8,5	-7,2	-7,1	-6,3	-6,4	-6,3	-6,5	-7,0	-7,3	-7,8	-8,1	-8,6	-8,3	-8,5	-8,3	-8,5	-8,4	-8,3
19	-8,5	-8,8	-9,1	-10,2	-12,2	-11,2	-9,4	-7,0	-5,1	-5,4	-5,7	-5,5	-5,4	-5,6	-5,7	-5,6	-5,2	-4,7	-4,2	-3,8	-3,4	-3,1	-2,8	-2,5
20	-2,4	-2,3	-2,3	-2,3	-2,2	-2,2	-1,8	-1,6	-0,9	0,0	0,3	0,4	0,0	-0,3	-0,5	-1,9	-2,9	-3,5	-4,0	-4,4	-5,0	-5,5	-5,7	-6,1
21	-5,9	-4,9	-6,1	-7,3	-7,7	-7,2	-4,0	-1,0	1,5	2,7	3,7	4,7	5,5	6,1	5,2	2,0	0,0	-1,0	-1,5	-1,8	-1,9	-2,1	-1,7	-1,6
22	-2,4	-1,9	-1,6	-2,1	-2,2	-1,6	-0,4	1,3	4,3	5,8	7,1	7,8	7,5	7,2	6,2	3,2	0,5	-0,3	-0,9	-1,5	-1,9	-1,8	-2,8	-2,9
23	-3,2	-3,5	-3,9	-4,4	-4,9	-4,3	-1,5	0,6	4,4	7,5	9,5	9,4	8,7	8,5	7,6	4,8	1,5	0,2	-0,7	-1,2	-0,9	-0,3	0,5	0,8
24	2,7	3,6	2,1	0,6	0,3	0,1	0,0	0,3	1,2	2,5	2,6	2,9	3,1	2,8	2,3	1,3	0,1	-1,6	-2,5	-3,2	-3,9	-4,8	-5,5	-6,1
25	-6,6	-7,1	-7,5	-7,7	-7,9	-6,9	-4,1	-2,3	0,5	2,7	4,1	3,9	4,0	4,1	3,6	1,8	-0,8	-2,4	-2,7	-3,0	-3,6	-4,2	-5,0	-5,2
26	-5,5	-6,2	-6,3	-6,7	-6,9	-5,9	-1,8	0,7	4,2	7,2	10,0	10,0	9,8	9,6	8,3	4,4	1,4	0,6	0,1	-0,1	0,0	-0,7	-1,1	-1,6
27	-2,0	-2,1	-2,8	-2,8	-2,6	-2,1	1,7	4,5	8,5	12,7	14,0	13,8	13,2	12,3	11,1	8,1	6,0	5,9	3,5	3,8	3,9	2,0	0,8	0,7
28	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	1,1	3,6	5,9	9,9	12,9	13,5	12,2	12,1	11,6	10,4	8,8	4,9	2,5	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	2,8
29	3,5	3,0	2,8	2,6	3,2	2,4	3,1	3,5	4,5	6,2	6,9	7,9	8,1	7,5	7,2	5,3	2,6	1,9	1,0	0,8	0,1	-0,8	-1,1	-0,7

Ek A-3. Bolu için saatlik ortalama hava sıcaklıkları - Mart 2008

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	-0,1	-0,3	-0,6	-1,0	-1,3	-1,3	-0,7	1,4	5,8	9,9	11,9	12,0	12,3	12,2	11,1	8,3	4,6	3,9	5,0	8,1	8,9	8,2	6,5	6,0
2	5,5	6,0	6,4	7,0	6,7	6,3	5,1	5,2	4,9	2,2	0,9	2,0	3,3	3,5	3,4	2,6	1,3	-0,1	-0,9	-1,2	-1,5	-1,8	-1,1	-0,7
3	0,7	0,9	0,1	1,8	1,5	2,3	3,8	3,3	3,2	3,5	4,0	4,9	5,7	5,9	5,9	4,2	1,0	0,1	-0,3	-0,5	-0,6	-0,4	-0,5	-0,6
4	-0,9	-0,8	-1,2	-1,6	-1,7	-0,2	2,6	7,2	12,1	14,2	15,5	16,3	15,7	15,4	14,0	10,2	6,9	5,7	5,6	3,9	3,4	2,9	2,6	2,6
5	2,7	2,7	2,3	1,9	2,3	7,3	10,0	11,7	13,4	14,2	14,3	14,6	13,8	12,7	10,9	8,4	6,5	3,5	2,4	2,2	2,8	3,5	2,7	2,7
6	2,2	1,6	1,2	0,7	0,8	2,5	6,5	9,1	11,6	12,0	11,4	10,7	10,5	9,8	8,7	7,0	6,0	4,7	3,4	3,6	3,2	2,8	2,2	1,9
7	2,3	2,8	2,6	2,0	1,4	1,4	2,5	4,0	6,9	12,7	15,9	16,9	17,3	16,9	16,0	13,9	12,1	11,6	12,5	13,4	14,0	13,2	13,6	13,7
8	13,6	13,8	13,7	9,7	6,4	9,8	14,0	11,9	13,3	14,3	14,2	14,2	13,9	12,9	12,2	10,7	7,4	4,8	4,2	4,0	4,4	4,3	3,7	3,1
9	2,9	2,4	2,2	1,7	1,6	3,3	7,7	10,5	9,8	10,9	11,6	12,3	12,1	11,6	10,1	8,7	7,4	5,4	3,6	3,7	3,4	2,9	2,1	1,6
10	0,7	0,3	-0,3	-0,7	-0,8	0,9	5,2	8,3	9,6	8,8	9,3	9,3	9,3	9,2	8,7	8,2	6,2	4,4	3,3	1,5	0,9	-0,1	-0,3	-0,3
11	-0,6	-0,9	-1,2	-1,3	-1,2	-0,1	0,0	2,4	6,3	9,2	10,5	11,3	11,0	10,7	10,4	9,4	6,3	6,2	4,0	2,5	3,3	1,4	0,5	0,0
12	-0,3	-1,0	-1,0	-1,2	-1,1	1,1	3,9	8,5	10,7	11,8	11,4	10,4	10,9	10,8	10,4	9,3	8,3	7,6	6,3	5,6	5,4	5,2	5,1	4,6
13	3,9	3,5	3,4	3,3	3,3	3,9	6,9	7,9	8,5	8,4	8,8	9,3	8,8	9,4	9,5	7,2	5,0	4,8	4,2	4,2	4,5	4,5	3,9	3,7
14	2,4	2,0	0,8	0,0	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	-0,1	-1,4	-2,7
15	-3,1	-3,3	-4,4	-4,8	-4,6	-2,5	0,7	3,7	5,0	6,0	6,7	7,9	7,2	7,4	6,5	4,3	3,2	2,9	2,8	2,5	3,1	6,4	4,7	4,7
16	4,9	4,5	3,3	2,5	2,4	3,1	6,2	8,5	9,7	11,0	11,8	12,2	12,6	12,7	12,2	8,3	4,9	3,4	3,2	2,8	2,1	1,7	1,3	1,0
17	0,7	0,7	0,9	0,8	1,1	5,0	10,4	13,1	13,8	14,4	13,3	15,3	14,7	15,0	14,7	12,4	8,1	5,8	5,4	5,0	4,9	5,7	6,1	6,7
18	6,8	5,8	4,6	6,2	6,7	7,3	8,3	8,2	7,4	7,4	7,9	8,2	10,6	10,1	7,7	6,5	5,9	5,6	5,2	5,4	5,6	5,5	4,9	3,9
19	3,7	4,1	4,7	4,9	4,5	5,3	6,5	10,2	11,3	12,5	13,6	13,4	12,4	11,9	10,5	9,2	7,9	6,8	6,6	7,9	8,8	9,6	6,1	5,2
20	4,2	3,8	3,5	3,3	3,5	4,0	5,1	5,6	6,5	7,9	8,5	9,0	8,7	6,4	5,7	6,3	6,2	6,0	5,8	5,6	5,6	5,6	5,1	3,8
21	3,9	3,7	4,1	6,3	7,6	8,0	9,1	9,6	7,3	7,1	6,7	6,5	6,2	6,1	6,0	5,9	5,8	5,6	5,3	5,4	5,4	5,2	5,2	4,8
22	2,8	1,9	1,8	1,8	2,5	4,1	7,8	9,4	12,8	14,6	14,8	14,9	16,5	16,6	16,6	15,4	12,5	10,7	9,2	9,1	7,9	6,7	6,1	7,3
23	8,5	9,0	9,0	10,7	11,1	11,6	14,3	16,5	16,7	16,9	18,4	21,0	21,8	21,5	18,0	14,1	12,7	11,6	11,6	12,5	11,3	10,8	10,0	9,1
24	9,2	9,7	9,1	7,9	7,7	12,1	17,6	19,7	21,3	21,9	22,0	22,7	22,7	21,5	20,8	19,0	15,2	14,0	11,8	10,7	11,2	9,6	11,3	12,7
25	13,2	13,3	13,3	11,2	9,5	10,2	11,3	12,2	13,1	14,0	13,5	11,5	6,9	6,7	4,2	5,1	4,8	3,3	2,4	1,8	1,4	1,6	1,1	2,3
26	2,1	1,2	1,8	1,5	2,7	2,6	2,7	1,9	0,6	0,3	0,0	0,3	0,5	1,0	2,2	1,9	1,5	0,8	0,3	-0,2	-0,3	-0,3	-0,5	-0,9
27	-1,3	-1,7	-2,1	-2,4	-2,0	-0,9	0,6	4,2	7,1	8,4	10,1	10,4	10,8	10,8	10,2	8,0	4,8	2,0	0,7	0,3	0,6	-0,1	-0,4	-0,4
28	-0,3	-0,4	-0,4	-0,7	-0,1	2,7	6,2	9,3	12,0	13,9	12,9	11,5	11,0	10,9	10,9	9,9	7,2	4,6	4,1	2,9	2,1	2,2	1,8	1,2
29	0,6	0,3	0,2	0,4	0,7	1,6	2,3	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,3	3,3	3,2	3,0	2,9	2,9	2,7	2,7	2,7	2,6	2,5
30	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1	1,8	1,9	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	2,0	1,9	1,7	1,7	1,6	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,2
31	1,0	0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3



Ek A-4. Bolu için saatlik ortalama hava sıcaklıkları - Nisan 2008

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,2	0,0	0,6	1,1	2,1	2,3	2,9	2,9	2,9	2,6	2,2	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,5	1,6	1,5
2	1,5	1,5	1,6	1,7	2,3	2,7	2,9	5,5	6,2	6,7	7,5	7,7	7,1	6,6	7,9	7,3	4,4	2,7	1,8	0,8	0,4	0,4	0,1	0,4
3	0,1	-0,5	0,0	-0,4	0,6	2,5	5,3	7,6	9,6	11,4	11,4	10,0	7,2	6,2	5,5	5,3	5,2	4,9	4,7	4,6	4,5	4,3	4,1	3,8
4	3,6	3,5	3,5	3,2	3,5	4,2	5,3	5,8	5,5	7,0	8,0	9,3	9,7	9,4	7,9	6,2	5,5	5,0	4,3	3,9	3,0	2,7	2,9	2,9
5	1,8	0,6	0,2	-0,1	1,0	3,9	7,2	9,0	10,9	12,4	12,7	11,9	11,5	11,8	11,7	10,6	9,2	8,0	8,7	8,9	9,0	9,1	8,9	7,8
6	7,4	8,1	8,4	8,3	8,2	8,9	9,8	11,7	13,9	14,6	13,7	14,1	14,6	15,2	12,4	10,3	7,9	7,5	6,9	6,1	5,9	5,6	5,3	5,0
7	4,1	2,7	2,8	3,4	3,4	5,8	6,1	6,5	7,3	7,4	7,1	7,6	6,9	5,8	4,2	3,5	3,5	3,4	4,2	4,1	3,7	3,7	3,8	3,7
8	3,7	3,9	3,4	2,9	3,2	6,3	8,7	10,2	10,5	11,4	12,5	13,0	13,6	13,5	13,5	12,5	9,5	5,7	4,2	3,0	2,4	1,7	1,2	0,8
9	0,1	-0,1	-0,5	-0,2	1,1	5,4	8,2	10,9	14,0	15,6	15,3	15,2	14,9	14,3	13,5	12,3	10,0	8,7	8,2	7,9	7,4	7,0	6,8	6,0
10	6,1	6,4	6,3	6,3	6,6	8,0	11,4	13,5	13,6	13,8	14,6	15,9	15,8	15,4	14,9	14,0	12,3	10,3	9,7	9,7	8,6	8,7	8,7	8,9
11	8,8	8,8	8,6	8,3	8,6	9,8	12,2	14,2	15,5	15,7	17,6	17,8	17,6	17,0	16,4	15,6	14,8	13,3	11,9	11,1	10,7	10,2	9,3	8,6
12	8,0	7,6	7,1	7,0	9,3	12,3	15,4	17,9	20,7	21,2	21,7	22,0	22,4	22,5	22,5	21,2	16,7	14,2	13,6	12,8	12,8	12,1	12,1	12,5
13	12,5	12,1	11,7	11,7	12,6	17,7	21,0	24,3	26,0	26,2	25,2	24,3	23,4	22,4	21,0	19,6	17,9	15,8	15,2	14,7	14,6	14,0	14,7	16,3
14	15,3	15,1	15,5	13,9	14,2	16,1	18,5	19,9	20,5	22,8	21,2	19,4	20,2	21,1	19,4	15,1	13,6	12,6	11,5	11,4	13,1	12,1	11,6	11,3
15	11,6	10,9	10,3	11,4	13,3	18,4	22,1	23,3	24,5	25,6	25,8	22,8	20,2	19,8	18,1	16,4	14,8	13,2	12,2	11,2	10,8	10,1	10,6	10,8
16	9,9	8,3	6,9	6,0	7,0	9,2	11,6	11,6	10,6	9,7	9,4	8,2	8,2	8,8	7,1	7,6	7,3	6,5	7,2	6,5	4,0	3,3	3,9	4,1
17	4,2	4,0	3,9	3,6	5,8	8,5	9,6	10,6	11,5	11,5	11,8	12,5	12,8	12,7	12,5	12,0	10,5	7,5	5,6	4,4	4,3	3,9	3,9	3,5
18	5,0	4,7	4,2	3,9	5,9	8,8	11,0	15,3	17,0	17,4	17,4	17,6	16,9	16,4	15,4	13,9	12,3	11,1	10,6	10,2	9,6	8,2	7,8	7,3
19	7,1	7,0	6,7	6,2	7,5	10,5	13,3	13,9	14,9	16,0	16,5	16,8	17,0	17,1	17,0	16,5	14,4	11,8	10,5	9,2	8,3	7,3	7,0	6,7
20	6,9	6,3	5,8	6,1	8,4	14,0	18,0	19,5	20,5	21,2	21,4	21,7	22,1	22,0	21,3	19,9	17,5	13,9	11,8	10,8	10,4	9,6	9,0	8,4
21	8,0	7,5	7,0	6,9	9,5	15,3	18,8	19,9	20,7	21,2	21,6	22,1	22,5	22,1	21,6	20,5	17,5	15,4	13,1	11,8	11,5	11,1	10,3	9,2
22	8,8	8,2	9,2	10,5	10,8	13,0	14,7	18,7	25,5	27,8	26,7	25,9	24,7	24,4	24,1	23,5	22,3	20,9	17,7	19,8	22,7	21,9	20,6	19,5
23	17,3	13,7	13,7	11,1	14,2	16,8	17,8	18,5	18,1	17,3	17,0	17,2	16,9	16,3	16,1	15,5	14,1	12,1	11,3	10,1	9,1	8,3	7,4	6,6
24	5,8	5,5	5,2	5,6	7,3	11,2	13,2	13,6	14,4	14,8	14,4	13,6	10,4	8,5	8,0	7,4	6,9	6,6	6,3	6,1	5,7	5,6	5,6	5,4
25	5,3	5,3	5,3	5,2	5,3	5,5	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7	5,4	5,5	5,2	5,0	4,7	4,4	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,4	4,5
26	4,4	4,4	4,3	4,2	4,2	4,4	4,9	6,3	8,0	8,4	8,1	8,2	7,6	7,1	6,9	6,8	6,5	6,3	6,2	6,1	5,8	5,6	5,7	5,6
27	5,6	5,6	5,6	5,0	6,0	7,9	7,3	6,6	6,8	6,5	6,5	7,0	7,0	7,2	8,4	8,6	8,2	7,7	7,3	7,4	7,0	6,3	6,4	6,1
28	5,6	5,6	5,6	5,8	6,3	6,5	6,9	8,2	9,6	7,5	6,3	7,6	7,0	6,4	6,1	5,6	5,2	5,2	5,3	5,1	4,7	4,4	4,0	3,7
29	3,7	3,3	3,6	3,8	4,6	5,3	7,0	8,6	9,6	9,7	8,7	9,3	9,6	10,2	9,8	9,3	7,2	5,5	4,2	3,7	2,9	2,1	1,7	1,0
30	1,0	0,3	0,1	0,6	2,8	6,2	9,1	11,3	11,7	12,0	13,1	13,5	13,7	13,5	13,4	12,8	9,8	6,7	5,2	4,2	3,5	3,2	2,7	2,4

Ek A-5. Bolu için saatlik ortalama hava sıcaklıkları - Mayıs 2008

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	2,0	1,6	1,2	1,4	4,1	8,2	11,4	14,4	14,6	14,0	14,3	15,4	14,5	14,4	14,3	13,6	11,9	8,5	7,2	6,9	6,4	5,2	4,7	4,2
2	3,6	3,1	2,8	3,1	5,8	10,4	13,6	14,1	15,1	15,8	16,4	17,1	17,3	17,0	16,0	15,0	12,7	9,8	8,6	7,3	6,8	7,7	8,5	8,5
3	8,4	8,1	8,0	7,6	7,1	7,0	7,2	7,7	8,2	9,3	10,8	11,7	11,3	8,1	8,3	8,1	7,9	7,6	6,2	4,9	6,0	6,8	6,8	6,9
4	6,8	7,2	7,4	7,2	7,1	8,3	9,0	6,5	6,5	7,6	8,4	8,5	7,6	7,6	7,6	7,4	7,1	6,8	6,7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
5	6,4	6,4	6,4	6,4	6,6	6,6	6,5	6,8	6,9	6,7	7,3	7,4	7,2	7,5	7,4	7,0	6,7	6,1	6,1	6,0	5,8	5,7	5,5	5,3
6	4,9	4,2	4,6	4,6	5,0	5,7	6,8	8,0	7,8	8,6	8,8	9,3	9,3	9,3	9,4	8,4	7,1	4,8	2,9	1,5	0,7	0,1	-0,2	-0,3
7	-0,2	0,6	1,3	1,3	1,7	3,1	7,1	9,9	11,5	11,5	12,1	12,1	11,7	11,2	10,5	9,4	8,0	7,1	6,4	5,7	4,6	3,4	2,4	1,7
8	1,2	0,8	0,2	0,0	2,7	4,5	7,7	7,5	7,9	8,1	8,4	7,5	8,1	7,9	7,5	6,8	5,2	3,4	1,4	0,7	-0,8	-1,3	-1,5	-1,6
9	-1,9	-2,0	-2,2	-2,0	1,2	5,1	7,6	9,8	9,6	10,4	11,4	11,8	11,9	11,6	10,8	9,2	6,6	5,7	5,2	3,2	3,1	3,4	4,1	4,8
10	4,6	4,4	4,6	4,9	5,2	5,6	6,6	7,3	6,4	4,7	5,2	6,5	7,9	6,2	6,0	6,4	6,0	5,2	3,8	2,0	0,9	0,8	0,6	-0,1
11	-0,7	-1,1	-1,3	-0,9	1,8	5,6	8,3	9,0	9,6	10,4	11,3	11,7	11,6	11,3	10,3	9,3	7,7	5,6	4,7	3,2	1,8	1,2	1,0	0,9
12	1,1	0,8	0,4	3,0	4,3	7,0	8,1	8,9	10,0	10,4	11,2	11,2	11,2	11,2	10,5	9,4	8,5	6,5	4,6	2,7	1,6	0,9	0,3	0,2
13	-0,1	-0,6	0,7	1,6	2,9	5,4	9,4	11,2	12,3	12,4	13,5	13,9	14,0	13,9	12,9	11,7	10,2	7,3	4,8	3,5	2,5	2,3	2,1	1,9
14	1,3	0,8	0,6	1,5	4,9	8,9	12,4	15,3	18,3	19,4	19,9	18,4	16,3	16,1	15,0	13,9	12,1	10,5	9,7	9,5	9,1	9,0	8,6	8,2
15	7,9	8,0	8,2	8,4	8,5	9,0	9,9	10,0	9,0	8,8	8,8	8,9	9,2	9,6	9,8	9,6	9,4	8,9	8,7	8,3	7,9	7,8	7,8	7,6
16	7,5	7,6	7,6	7,7	8,4	9,7	11,6	12,6	14,4	14,0	14,7	14,3	14,7	14,9	14,3	13,5	12,2	10,8	8,8	7,7	8,1	8,4	9,0	8,9
17	8,9	8,5	8,0	8,0	8,2	9,2	13,2	16,7	17,3	17,8	18,5	18,9	19,0	19,0	18,3	17,4	15,7	12,3	10,1	8,8	8,5	8,2	7,7	7,5
18	6,7	6,1	5,7	6,2	9,0	13,4	17,0	19,1	19,7	20,3	20,6	20,5	20,6	20,5	19,4	18,5	16,6	12,9	10,6	9,5	8,7	8,9	8,6	8,1
19	7,5	7,4	7,1	7,8	12,3	16,9	19,5	20,1	20,5	21,2	21,8	21,9	22,2	22,0	21,4	20,4	17,4	13,3	11,2	10,5	9,9	9,1	8,3	8,1
20	7,9	8,0	7,7	8,4	11,1	15,1	16,9	21,2	23,2	23,4	24,3	24,9	23,8	23,5	23,4	22,1	18,8	15,4	13,7	12,8	12,0	11,4	11,0	10,4
21	10,2	9,9	9,4	10,4	13,2	17,1	20,3	23,2	25,5	25,7	24,5	24,8	24,6	24,7	24,3	22,1	20,0	18,3	18,6	18,2	15,9	14,5	14,6	13,8
22	14,2	13,5	13,3	13,6	16,9	17,4	19,5	22,0	21,6	21,8	22,6	20,1	18,3	20,4	19,8	18,2	16,6	14,6	13,2	13,0	12,8	13,4	11,8	12,5
23	12,4	11,1	9,4	9,5	14,2	15,9	17,0	18,0	18,6	19,0	19,5	19,7	19,8	19,1	18,7	17,9	16,2	12,9	11,4	10,6	9,7	9,1	8,8	8,2
24	8,2	7,8	7,5	7,9	10,8	14,0	17,1	19,7	19,1	19,6	20,1	19,8	19,6	19,4	18,7	17,9	16,7	14,0	12,0	11,8	13,0	12,7	12,0	11,1
25	10,7	10,6	10,3	10,5	11,2	11,8	12,0	12,7	13,8	14,6	15,1	15,4	13,9	11,1	10,8	11,3	11,4	9,8	8,2	7,9	7,4	6,9	6,6	5,8
26	5,4	4,8	4,6	5,6	8,7	11,3	14,4	16,3	17,3	17,2	17,0	15,7	16,5	15,6	13,8	13,5	13,4	13,1	11,3	9,9	10,4	10,8	10,9	10,7
27	10,5	10,2	10,0	10,1	10,2	11,1	12,6	13,3	13,6	14,9	15,7	16,7	17,1	17,1	16,6	15,8	14,2	11,6	9,2	8,0	7,4	6,5	5,9	5,8
28	5,3	5,1	4,8	5,4	8,9	14,2	17,6	18,5	19,3	19,9	20,3	20,9	21,3	21,1	20,8	20,3	18,1	15,2	13,8	13,2	12,5	12,1	12,0	11,8
29	12,0	13,5	13,7	13,7	11,0	9,4	9,0	9,4	10,6	11,4	12,9	13,3	13,4	13,2	12,6	11,5	10,6	9,7	8,8	8,0	6,0	4,9	4,5	4,2
30	3,6	4,3	4,9	4,9	5,3	6,3	10,4	13,7	14,0	14,9	15,6	16,3	16,5	16,4	15,6	14,9	13,7	11,5	9,2	7,5	6,9	6,8	6,3	5,5
31	4,6	3,9	3,9	4,5	8,1	13,7	16,1	16,7	17,2	18,0	18,7	18,9	19,3	19,1	18,3	17,0	15,7	13,6	11,2	9,9	9,2	8,9	8,4	8,3

Ek A-6. Bolu için saatlik ortalama hava sıcaklıkları - Haziran 2008

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	2,0	1,6	1,2	1,4	4,1	8,2	11,4	14,4	14,6	14,0	14,3	15,4	14,5	14,4	14,3	13,6	11,9	8,5	7,2	6,9	6,4	5,2	4,7	4,2
2	3,6	3,1	2,8	3,1	5,8	10,4	13,6	14,1	15,1	15,8	16,4	17,1	17,3	17,0	16,0	15,0	12,7	9,8	8,6	7,3	6,8	7,7	8,5	8,5
3	8,4	8,1	8,0	7,6	7,1	7,0	7,2	7,7	8,2	9,3	10,8	11,7	11,3	8,1	8,3	8,1	7,9	7,6	6,2	4,9	6,0	6,8	6,8	6,9
4	6,8	7,2	7,4	7,2	7,1	8,3	9,0	6,5	6,5	7,6	8,4	8,5	7,6	7,6	7,6	7,4	7,1	6,8	6,7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
5	6,4	6,4	6,4	6,4	6,6	6,6	6,5	6,8	6,9	6,7	7,3	7,4	7,2	7,5	7,4	7,0	6,7	6,1	6,1	6,0	5,8	5,7	5,5	5,3
6	4,9	4,2	4,6	4,6	5,0	5,7	6,8	8,0	7,8	8,6	8,8	9,3	9,3	9,3	9,4	8,4	7,1	4,8	2,9	1,5	0,7	0,1	-0,2	-0,3
7	-0,2	0,6	1,3	1,3	1,7	3,1	7,1	9,9	11,5	11,5	12,1	12,1	11,7	11,2	10,5	9,4	8,0	7,1	6,4	5,7	4,6	3,4	2,4	1,7
8	1,2	0,8	0,2	0,0	2,7	4,5	7,7	7,5	7,9	8,1	8,4	7,5	8,1	7,9	7,5	6,8	5,2	3,4	1,4	0,7	-0,8	-1,3	-1,5	-1,6
9	-1,9	-2,0	-2,2	-2,0	1,2	5,1	7,6	9,8	9,6	10,4	11,4	11,8	11,9	11,6	10,8	9,2	6,6	5,7	5,2	3,2	3,1	3,4	4,1	4,8
10	4,6	4,4	4,6	4,9	5,2	5,6	6,6	7,3	6,4	4,7	5,2	6,5	7,9	6,2	6,0	6,4	6,0	5,2	3,8	2,0	0,9	0,8	0,6	-0,1
11	-0,7	-1,1	-1,3	-0,9	1,8	5,6	8,3	9,0	9,6	10,4	11,3	11,7	11,6	11,3	10,3	9,3	7,7	5,6	4,7	3,2	1,8	1,2	1,0	0,9
12	1,1	0,8	0,4	3,0	4,3	7,0	8,1	8,9	10,0	10,4	11,2	11,2	11,2	11,2	10,5	9,4	8,5	6,5	4,6	2,7	1,6	0,9	0,3	0,2
13	-0,1	-0,6	0,7	1,6	2,9	5,4	9,4	11,2	12,3	12,4	13,5	13,9	14,0	13,9	12,9	11,7	10,2	7,3	4,8	3,5	2,5	2,3	2,1	1,9
14	1,3	0,8	0,6	1,5	4,9	8,9	12,4	15,3	18,3	19,4	19,9	18,4	16,3	16,1	15,0	13,9	12,1	10,5	9,7	9,5	9,1	9,0	8,6	8,2
15	7,9	8,0	8,2	8,4	8,5	9,0	9,9	10,0	9,0	8,8	8,8	8,9	9,2	9,6	9,8	9,6	9,4	8,9	8,7	8,3	7,9	7,8	7,8	7,6
16	7,5	7,6	7,6	7,7	8,4	9,7	11,6	12,6	14,4	14,0	14,7	14,3	14,7	14,9	14,3	13,5	12,2	10,8	8,8	7,7	8,1	8,4	9,0	8,9
17	8,9	8,5	8,0	8,0	8,2	9,2	13,2	16,7	17,3	17,8	18,5	18,9	19,0	19,0	18,3	17,4	15,7	12,3	10,1	8,8	8,5	8,2	7,7	7,5
18	6,7	6,1	5,7	6,2	9,0	13,4	17,0	19,1	19,7	20,3	20,6	20,5	20,6	20,5	19,4	18,5	16,6	12,9	10,6	9,5	8,7	8,9	8,6	8,1
19	7,5	7,4	7,1	7,8	12,3	16,9	19,5	20,1	20,5	21,2	21,8	21,9	22,2	22,0	21,4	20,4	17,4	13,3	11,2	10,5	9,9	9,1	8,3	8,1
20	7,9	8,0	7,7	8,4	11,1	15,1	16,9	21,2	23,2	23,4	24,3	24,9	23,8	23,5	23,4	22,1	18,8	15,4	13,7	12,8	12,0	11,4	11,0	10,4
21	10,2	9,9	9,4	10,4	13,2	17,1	20,3	23,2	25,5	25,7	24,5	24,8	24,6	24,7	24,3	22,1	20,0	18,3	18,6	18,2	15,9	14,5	14,6	13,8
22	14,2	13,5	13,3	13,6	16,9	17,4	19,5	22,0	21,6	21,8	22,6	20,1	18,3	20,4	19,8	18,2	16,6	14,6	13,2	13,0	12,8	13,4	11,8	12,5
23	12,4	11,1	9,4	9,5	14,2	15,9	17,0	18,0	18,6	19,0	19,5	19,7	19,8	19,1	18,7	17,9	16,2	12,9	11,4	10,6	9,7	9,1	8,8	8,2
24	8,2	7,8	7,5	7,9	10,8	14,0	17,1	19,7	19,1	19,6	20,1	19,8	19,6	19,4	18,7	17,9	16,7	14,0	12,0	11,8	13,0	12,7	12,0	11,1
25	10,7	10,6	10,3	10,5	11,2	11,8	12,0	12,7	13,8	14,6	15,1	15,4	13,9	11,1	10,8	11,3	11,4	9,8	8,2	7,9	7,4	6,9	6,6	5,8
26	5,4	4,8	4,6	5,6	8,7	11,3	14,4	16,3	17,3	17,2	17,0	15,7	16,5	15,6	13,8	13,5	13,4	13,1	11,3	9,9	10,4	10,8	10,9	10,7
27	10,5	10,2	10,0	10,1	10,2	11,1	12,6	13,3	13,6	14,9	15,7	16,7	17,1	17,1	16,6	15,8	14,2	11,6	9,2	8,0	7,4	6,5	5,9	5,8
28	5,3	5,1	4,8	5,4	8,9	14,2	17,6	18,5	19,3	19,9	20,3	20,9	21,3	21,1	20,8	20,3	18,1	15,2	13,8	13,2	12,5	12,1	12,0	11,8
29	12,0	13,5	13,7	13,7	11,0	9,4	9,0	9,4	10,6	11,4	12,9	13,3	13,4	13,2	12,6	11,5	10,6	9,7	8,8	8,0	6,0	4,9	4,5	4,2
30	3,6	4,3	4,9	4,9	5,3	6,3	10,4	13,7	14,0	14,9	15,6	16,3	16,5	16,4	15,6	14,9	13,7	11,5	9,2	7,5	6,9	6,8	6,3	5,5
31	4,6	3,9	3,9	4,5	8,1	13,7	16,1	16,7	17,2	18,0	18,7	18,9	19,3	19,1	18,3	17,0	15,7	13,6	11,2	9,9	9,2	8,9	8,4	8,3

Ek A-7. Bolu için saatlik ortalama hava sıcaklıkları - Temmuz 2008

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	9,2	8,7	8,4	9,7	13,1	17,4	20,0	20,7	20,8	21,6	22,3	22,7	22,6	22,4	21,4	20,6	19,1	17,3	15,3	12,9	11,2	10,3	9,6	9,0
2	8,6	7,9	7,5	8,3	12,9	16,7	19,1	21,2	21,0	21,8	22,5	22,9	23,0	22,6	21,5	20,4	19,3	17,5	15,3	12,5	11,3	10,8	10,6	10,0
3	9,5	9,9	9,4	9,9	14,6	17,0	17,8	19,0	19,5	20,4	20,7	20,5	20,5	19,6	19,1	18,4	17,3	15,9	14,1	10,9	9,6	9,0	8,4	7,8
4	7,5	7,2	6,8	8,0	12,2	15,8	18,6	21,9	22,2	22,3	23,2	23,8	24,3	24,0	22,5	21,4	20,0	17,6	14,6	12,7	11,9	11,5	11,3	10,9
5	10,3	10,2	9,4	9,8	15,5	19,6	21,2	22,4	23,4	24,0	24,7	25,2	25,1	23,6	22,4	21,1	20,1	18,8	16,0	14,5	13,5	12,3	11,7	10,9
6	10,5	10,1	10,0	11,3	14,1	18,0	16,0	14,2	15,0	16,3	17,9	18,6	17,5	18,3	18,3	17,8	16,5	13,1	11,4	11,3	10,9	10,4	9,1	8,7
7	8,1	7,4	7,2	8,2	12,0	15,6	18,5	21,0	21,2	21,7	21,9	22,1	22,2	21,8	20,7	19,7	18,5	17,2	15,7	13,6	12,5	12,1	11,3	11,5
8	10,9	10,6	9,9	10,5	14,0	18,3	21,3	23,2	22,5	23,6	24,4	24,9	25,4	25,8	24,4	23,2	21,5	19,4	16,5	14,2	12,8	11,9	12,0	11,4
9	10,6	9,7	9,0	9,9	14,0	18,8	22,4	25,1	26,3	26,2	26,2	26,2	24,7	23,3	22,0	20,8	19,7	18,4	16,5	15,1	13,0	11,6	12,3	11,5
10	10,5	9,9	9,5	10,2	15,2	18,8	19,5	20,5	21,2	21,9	22,6	22,9	21,8	20,6	19,7	19,5	18,3	16,3	14,7	13,9	14,0	12,9	11,3	10,4
11	10,1	9,8	9,4	10,2	13,4	17,3	19,8	21,1	21,3	21,8	22,4	22,7	22,3	21,9	20,7	19,8	18,3	16,3	14,2	11,5	10,0	9,3	8,4	8,2
12	8,0	7,5	7,5	8,5	11,6	16,4	19,6	19,7	20,2	20,7	21,6	22,0	22,0	21,8	20,6	19,7	18,0	15,8	14,0	13,4	12,1	11,2	9,8	8,9
13	8,8	8,0	7,5	8,7	13,6	17,4	19,8	19,8	20,7	21,5	22,1	23,2	23,1	22,8	21,1	19,9	18,2	16,4	15,3	14,6	13,6	12,6	11,7	11,3
14	11,6	12,3	10,9	11,6	12,4	15,1	19,7	20,6	21,2	21,9	22,9	22,3	22,4	22,7	21,5	20,5	19,3	17,7	15,2	13,0	12,2	11,6	11,3	10,7
15	10,2	9,8	9,6	10,2	13,9	17,7	21,6	24,0	25,5	26,4	27,3	28,3	28,8	28,4	26,9	25,5	22,7	19,0	16,5	15,9	15,2	14,5	13,9	13,4
16	14,1	15,1	15,1	15,3	15,9	16,9	19,1	20,7	21,6	21,1	20,0	17,9	16,7	15,6	13,4	13,8	13,4	12,4	12,1	12,3	12,7	13,1	13,1	13,1
17	13,1	13,2	13,4	13,4	13,3	13,6	13,8	14,3	16,9	14,7	15,8	17,6	16,0	14,3	15,0	15,4	14,5	12,9	12,3	11,4	10,3	9,8	9,1	9,3
18	8,8	8,2	7,8	9,0	12,0	15,1	17,5	19,9	20,3	21,6	21,9	22,5	22,8	22,9	21,7	20,7	19,4	16,9	14,1	13,0	12,3	11,5	11,6	10,9
19	10,9	10,6	10,2	11,0	14,3	18,3	21,6	21,8	22,2	23,0	23,8	24,4	24,4	24,0	22,7	21,8	20,3	18,1	16,5	14,7	13,4	12,9	12,4	12,0
20	11,6	11,1	10,9	11,2	14,9	18,7	21,3	22,7	22,3	23,0	23,7	24,1	24,0	23,5	22,0	20,7	19,7	18,5	17,4	15,9	14,6	13,8	13,4	13,5
21	12,8	12,8	12,7	12,9	15,8	19,7	22,4	25,3	27,8	26,0	26,5	27,3	27,7	27,7	26,5	25,2	23,2	19,5	16,5	15,2	14,4	13,7	13,0	12,5
22	11,9	11,2	11,0	11,5	16,2	21,0	24,6	25,9	24,0	24,5	25,4	25,9	26,3	26,3	24,9	24,0	22,6	20,0	18,7	16,9	15,8	15,3	14,8	14,2
23	13,0	12,3	11,4	11,7	14,9	19,9	24,5	25,8	26,2	26,7	27,5	27,9	28,1	27,6	26,2	25,4	23,2	21,1	20,1	18,7	18,4	17,9	18,1	17,4
24	16,8	16,4	16,8	16,4	17,2	17,5	17,6	17,8	18,5	21,3	22,4	22,1	21,3	20,0	19,1	18,7	18,4	18,1	17,9	17,8	17,8	17,6	17,4	16,8
25	16,6	16,9	16,8	16,6	17,3	18,8	18,7	19,8	20,7	20,6	21,3	21,8	21,6	21,1	19,7	18,6	18,0	17,4	17,0	16,8	16,7	16,7	16,6	16,3
26	16,2	15,7	14,2	13,7	15,4	18,6	20,0	20,6	21,1	21,8	22,7	23,0	22,7	22,5	21,5	21,0	19,3	17,9	17,2	15,7	14,3	13,9	13,3	12,6
27	12,1	11,9	11,6	12,5	16,3	17,4	18,4	19,0	20,1	21,3	22,3	22,7	21,3	20,9	20,1	19,5	18,2	15,0	12,9	12,0	11,3	10,9	10,6	10,3
28	9,6	9,2	8,7	9,0	13,0	17,5	19,5	20,1	20,9	21,8	22,5	23,0	23,3	22,0	21,3	20,2	18,9	16,6	14,2	13,0	11,8	11,1	10,8	10,5
29	10,2	9,7	9,2	9,6	13,3	17,3	19,8	20,3	21,3	22,1	22,5	22,5	22,0	19,2	18,4	18,3	18,0	17,2	17,1	16,8	16,5	15,6	15,7	15,6
30	13,9	13,1	13,4	13,3	15,2	18,1	19,0	19,0	21,2	21,8	22,8	23,0	22,0	21,9	21,2	20,0	18,6	17,2	15,8	14,8	13,5	12,3	11,7	11,1
31	10,8	10,2	9,3	9,4	13,2	17,2	20,0	21,5	21,7	22,6	23,4	23,7	24,0	23,4	22,2	21,1	19,8	17,8	16,1	14,8	13,8	12,7	11,5	10,9

Ek A-8. Bolu için saatlik ortalama hava sıcaklıkları - Ağustos 2008

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	10,4	9,9	9,9	9,9	13,6	17,5	19,6	19,4	20,2	21,1	21,8	22,2	22,1	21,6	20,5	19,5	18,2	16,7	15,6	15,3	13,9	12,2	11,5	11,1
2	10,9	10,4	10,1	9,7	13,1	16,8	19,4	21,1	20,9	21,7	22,4	22,9	22,6	22,1	21,0	19,8	18,3	16,4	15,3	14,3	13,7	12,6	11,8	10,8
3	10,2	9,9	9,4	9,1	12,7	17,3	19,3	19,4	20,1	21,4	22,1	22,4	22,3	21,8	20,2	18,9	18,1	17,3	16,7	16,5	16,2	16,1	15,9	15,4
4	15,7	14,8	14,2	14,1	14,5	15,2	17,0	19,6	21,1	21,8	22,8	23,1	23,1	22,4	21,4	20,4	19,1	17,4	15,9	14,4	13,3	12,7	11,9	11,6
5	11,1	11,0	10,7	10,6	13,6	17,8	21,1	23,9	23,4	24,3	25,2	25,3	25,4	24,9	23,8	22,6	21,1	18,4	15,7	14,3	12,6	11,5	10,9	10,4
6	9,9	8,9	7,9	7,6	11,4	16,6	21,2	23,6	24,2	25,2	25,5	26,1	26,3	25,5	23,9	21,9	19,7	17,6	15,4	13,7	13,1	12,1	11,4	10,9
7	10,1	9,4	9,2	9,2	12,7	17,8	21,1	21,6	21,8	22,8	23,2	23,3	22,5	21,1	19,1	18,3	17,5	16,0	15,4	14,4	12,4	11,3	10,5	9,9
8	10,3	11,2	11,6	11,7	12,6	15,6	19,4	20,9	20,5	22,0	22,6	23,0	23,0	22,3	21,2	20,1	18,4	16,7	15,2	14,3	12,7	11,8	11,2	11,2
9	12,5	13,8	13,7	14,0	14,2	16,6	19,4	19,9	22,0	22,5	23,1	24,1	23,9	22,5	21,1	19,9	18,7	16,7	15,5	14,1	14,7	13,5	13,0	12,0
10	12,3	11,6	9,9	9,2	11,4	16,1	19,7	21,2	22,2	23,4	24,2	24,8	25,0	24,6	23,6	22,3	19,7	17,1	16,1	15,1	13,6	12,2	11,6	11,3
11	11,0	10,7	10,4	10,1	12,3	16,5	17,9	19,2	18,5	18,7	21,7	19,7	18,7	20,0	20,1	18,5	17,2	16,5	16,1	15,8	15,3	15,4	15,4	15,4
12	15,0	13,7	13,4	13,5	15,1	16,8	18,8	21,4	21,6	22,2	23,1	23,8	24,0	23,3	22,3	21,3	20,0	18,2	17,0	16,0	14,9	14,3	13,6	13,0
13	13,1	14,2	13,8	13,7	14,8	15,8	17,9	21,7	22,8	23,7	24,3	24,6	24,4	24,0	22,9	21,7	20,2	19,1	18,6	17,7	16,2	15,6	14,8	14,4
14	14,1	13,2	13,1	14,3	14,6	15,1	18,9	24,1	25,4	25,4	26,3	26,7	26,2	25,6	24,6	23,1	21,0	19,1	16,5	14,8	14,1	13,9	13,2	12,5
15	11,7	11,6	11,7	11,7	14,1	19,1	20,8	21,6	22,6	23,4	24,6	25,8	25,3	25,2	24,6	22,4	20,7	18,9	16,9	14,9	13,3	12,7	11,8	11,4
16	11,6	11,3	11,3	11,1	13,3	18,0	21,9	23,3	24,2	25,4	26,4	26,8	26,6	25,9	24,9	23,6	22,1	20,0	17,5	15,7	14,8	14,3	14,4	14,0
17	13,6	13,3	12,8	12,4	14,4	19,3	23,9	26,0	27,2	28,2	28,9	29,3	29,5	28,8	28,1	26,8	23,4	19,0	16,6	15,3	14,3	13,5	12,9	12,4
18	12,0	11,2	10,8	10,5	12,9	18,7	23,8	28,0	29,4	30,1	31,1	31,4	31,1	30,2	29,0	27,4	23,8	19,9	16,7	15,5	14,6	13,7	13,0	12,8
19	12,2	11,7	11,4	11,0	14,6	19,1	20,8	22,0	23,3	24,1	24,4	24,6	23,8	24,5	23,7	22,1	20,3	19,6	18,9	17,7	15,9	14,9	13,8	13,4
20	13,1	12,9	13,0	13,1	14,3	16,6	20,6	23,0	23,5	25,0	25,5	25,7	25,2	24,2	23,2	22,0	20,6	18,8	17,2	15,7	14,9	14,1	13,5	13,0
21	12,8	12,5	12,1	12,0	13,8	18,9	22,5	23,8	23,0	24,2	25,3	26,0	25,8	25,1	24,3	22,8	20,9	19,7	19,6	19,4	19,2	18,7	18,4	18,1
22	18,0	17,7	17,3	16,9	17,3	18,3	21,3	23,2	24,4	25,3	26,2	26,5	26,1	25,1	24,0	22,4	21,2	20,4	19,9	19,5	19,4	19,2	19,1	18,8
23	17,8	17,8	17,6	16,9	16,8	18,9	22,8	25,7	26,4	26,8	27,8	27,7	27,7	26,9	25,9	24,3	22,4	21,0	20,2	18,6	17,5	16,9	16,4	15,8
24	15,3	14,8	13,9	13,8	15,4	20,1	24,3	26,6	25,6	26,5	27,4	27,8	27,8	27,2	26,7	25,7	23,8	22,2	20,4	18,9	18,1	17,3	16,7	16,2
25	15,3	14,3	13,8	13,7	15,4	21,1	23,8	24,8	25,3	26,0	26,6	27,1	26,6	25,1	24,6	23,2	21,6	20,5	20,1	19,0	17,4	16,5	16,3	17,2
26	17,1	17,0	16,8	17,0	17,8	18,4	20,1	22,3	24,0	24,8	25,4	25,2	24,7	23,5	22,4	21,4	19,8	18,5	17,9	17,6	17,7	16,3	16,0	15,2
27	14,3	13,6	13,4	14,1	15,5	16,9	19,2	21,4	22,0	22,5	23,1	23,3	23,3	22,6	21,8	20,5	19,1	18,2	17,3	16,5	16,2	14,8	14,3	15,3
28	15,8	15,4	14,9	14,6	15,0	16,6	21,4	23,9	24,5	24,4	25,1	25,8	25,6	24,4	23,4	21,1	19,8	19,0	18,2	16,8	15,9	15,6	15,1	14,8
29	14,6	14,5	14,2	13,5	15,0	18,5	19,1	18,9	21,4	23,1	23,2	25,0	25,6	25,3	24,5	22,7	19,8	18,2	17,8	17,4	17,1	17,0	17,1	17,0
30	16,9	16,4	15,7	16,1	17,0	17,5	17,5	20,0	21,2	22,3	23,2	23,9	23,8	23,1	22,4	20,9	19,3	17,2	16,1	14,6	13,1	12,8	12,7	12,0
31	11,6	11,2	10,6	10,6	12,1	14,8	18,1	18,8	19,6	20,0	21,1	21,2	20,9	19,2	17,9	16,6	15,2	14,6	14,1	13,2	12,0	11,3	10,1	9,7

Ek A-9. Bolu için saatlik ortalama hava sıcaklıkları - Eylül 2008

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	9,3	8,7	8,6	8,3	9,5	11,5	13,9	17,3	17,9	19,1	19,7	20,0	19,4	18,6	17,9	16,6	15,3	14,0	12,8	11,7	11,1	10,9	10,8	10,3
2	9,8	9,5	9,2	9,3	10,5	14,4	18,3	20,8	21,2	21,2	22,4	22,6	22,5	22,0	20,6	19,4	17,0	14,8	14,1	13,4	12,3	12,2	12,5	12,9
3	12,7	12,5	12,2	10,7	12,3	13,3	14,9	16,7	18,4	19,5	20,5	21,0	20,8	20,0	19,3	17,8	16,1	14,8	13,8	12,3	12,2	11,9	11,1	10,6
4	10,4	9,9	9,6	9,2	10,4	14,8	17,5	18,5	19,8	20,8	21,8	22,3	22,2	21,4	20,4	18,8	17,0	15,2	13,7	12,1	11,4	10,9	10,7	10,4
5	9,9	9,5	9,1	8,8	9,9	13,7	17,8	20,7	20,9	21,8	22,7	23,0	22,6	21,8	20,8	19,1	17,3	16,0	14,1	13,1	12,2	12,1	11,6	11,3
6	11,1	10,3	9,8	10,0	11,4	12,7	17,1	21,7	20,8	22,1	22,6	23,3	23,0	22,5	21,3	19,6	17,8	16,8	16,2	14,9	13,5	12,5	12,0	13,4
7	14,1	13,8	13,4	12,7	13,1	13,0	14,9	19,0	20,1	21,2	22,3	22,9	22,4	21,8	20,8	19,2	17,3	16,2	16,1	15,9	15,7	13,6	12,4	11,9
8	11,5	11,0	11,9	11,5	11,3	13,6	16,8	21,2	22,5	23,3	23,7	23,9	23,4	22,8	21,8	20,1	17,6	15,1	13,1	11,7	10,8	10,2	9,9	9,4
9	8,9	8,4	8,3	7,8	8,7	12,9	17,6	20,8	20,7	22,0	22,3	22,8	22,6	21,5	20,5	19,1	17,1	15,4	14,8	14,2	12,8	12,3	11,7	11,5
10	12,0	12,4	13,0	12,1	12,0	13,2	16,1	19,2	20,1	20,1	21,0	20,0	19,4	19,0	17,9	16,6	14,9	13,7	12,5	12,2	12,8	10,8	9,4	8,5
11	8,3	8,6	7,4	7,8	8,4	10,2	14,1	17,0	19,1	19,7	20,7	20,8	20,5	20,0	19,2	18,0	16,1	14,0	12,4	11,2	10,3	10,3	9,7	9,1
12	8,8	8,5	8,0	7,5	8,5	12,2	16,8	21,0	21,9	22,7	23,3	23,6	23,2	22,9	21,9	20,4	18,0	14,3	12,2	11,4	10,4	9,9	9,2	8,9
13	8,8	8,6	8,3	8,2	9,2	13,2	17,8	19,3	22,8	23,7	26,3	27,1	26,3	25,4	24,5	21,9	19,0	16,5	14,9	14,3	14,6	15,1	15,2	14,4
14	12,9	12,6	12,6	12,1	12,6	15,2	17,9	19,6	21,4	23,2	23,6	23,2	21,9	20,4	19,7	18,4	17,4	16,7	16,4	15,6	15,3	14,3	14,9	14,7
15	14,3	13,1	13,0	13,3	13,6	14,1	16,4	21,3	25,0	28,1	30,2	30,4	29,0	28,3	26,2	22,8	20,1	20,2	19,5	16,9	15,6	15,2	14,9	14,6
16	14,1	13,6	13,3	12,9	12,8	15,2	18,5	22,5	26,5	27,9	28,8	28,6	26,7	26,3	24,1	21,3	16,8	14,4	13,8	13,3	12,9	12,3	11,8	11,5
17	11,5	11,5	11,7	11,1	11,7	14,5	18,6	22,6	23,2	23,1	23,4	22,3	21,8	20,0	18,3	17,2	16,6	14,8	14,5	14,1	14,0	13,6	13,6	12,7
18	12,4	11,5	11,1	11,4	11,7	11,7	11,3	11,0	10,9	11,1	10,8	10,5	10,7	10,5	10,2	10,0	10,0	10,0	10,0	9,9	9,8	9,9	9,7	9,6
19	9,5	8,6	7,7	7,8	8,5	9,2	10,5	11,8	12,9	14,0	14,8	14,7	13,5	13,1	12,4	11,2	10,6	10,5	10,2	10,1	9,3	7,7	7,5	7,1
20	6,6	6,7	6,5	6,6	7,5	8,8	10,0	12,5	13,1	12,2	13,1	15,0	15,1	14,3	13,7	12,5	11,6	11,3	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,7
21	11,5	11,5	11,4	11,2	11,3	11,6	12,5	14,2	14,0	12,2	11,8	11,1	10,9	10,7	11,2	11,6	11,5	11,4	11,5	11,4	11,1	10,9	10,3	9,8
22	9,9	9,8	9,7	9,7	9,9	9,8	10,1	10,7	10,7	11,1	11,4	11,4	11,8	12,1	11,6	10,9	10,5	10,4	10,3	10,3	10,3	10,0	9,1	9,2
23	9,4	8,9	8,6	8,9	9,3	10,0	10,5	12,8	13,5	14,3	13,2	13,7	13,5	13,5	13,0	11,7	10,4	8,8	8,2	8,6	8,3	8,7	8,6	8,2
24	7,8	6,6	5,9	5,4	5,9	8,2	12,6	13,9	14,6	15,3	15,7	15,4	14,7	12,8	12,1	11,2	10,1	9,2	8,2	7,1	6,7	7,3	6,7	6,2
25	5,9	6,2	6,6	6,8	7,0	7,7	9,2	12,5	14,2	16,5	19,1	17,1	17,1	16,7	15,4	14,1	12,9	12,3	12,7	12,6	12,1	11,8	11,6	11,5
26	11,6	11,5	11,3	11,3	11,6	12,0	12,3	13,6	15,7	16,6	16,1	16,2	15,6	14,6	12,3	11,5	11,5	11,2	11,0	10,9	11,0	11,0	10,9	10,8
27	10,0	9,7	8,8	9,3	9,6	10,3	11,5	13,3	13,6	12,1	12,2	10,9	10,1	10,2	10,6	10,7	10,7	10,3	10,1	10,1	10,0	9,7	9,5	9,5
28	9,4	9,2	9,2	9,1	9,0	9,2	9,2	9,5	9,4	9,9	11,1	10,9	10,6	10,0	9,9	9,7	9,6	9,3	8,7	8,3	8,2	8,0	8,0	8,0
29	8,1	8,1	8,2	8,2	8,2	8,3	8,7	8,8	8,8	8,8	8,7	8,5	8,1	8,0	7,6	7,4	7,4	7,4	7,4	7,3	7,2	7,1	7,1	7,0
30	7,2	7,2	7,0	7,0	6,6	7,2	7,5	7,7	8,0	8,2	8,1	9,5	10,3	10,2	9,4	7,6	7,8	7,7	6,5	5,7	4,9	4,8	4,1	3,3

Ek A-10. Bolu için saatlik ortalama hava sıcaklıkları - Ekim 2008

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	3,8	4,2	4,1	4,1	3,8	4,1	4,8	6,2	10,4	13,3	15,3	14,6	13,9	13,5	12,7	9,8	8,0	6,6	5,8	5,3	4,8	4,2	3,8	3,5
2	3,0	2,9	2,1	2,1	2,8	5,1	9,1	11,3	14,6	17,3	18,5	17,8	17,0	16,1	13,5	10,9	9,3	7,9	7,4	7,4	7,3	7,9	8,3	7,7
3	7,1	6,9	7,7	8,3	8,5	8,6	9,1	10,7	12,1	16,0	17,7	19,3	19,3	18,5	16,3	14,1	12,3	11,5	11,2	11,3	12,1	13,8	13,9	13,5
4	13,2	12,7	12,4	12,4	12,6	13,6	14,4	15,2	18,0	19,4	19,8	19,0	18,7	16,9	15,6	14,1	12,5	11,7	11,4	11,0	10,6	10,6	10,5	10,8
5	10,5	10,0	9,6	9,3	9,3	10,7	13,3	17,1	17,8	20,0	20,9	20,9	19,6	18,1	13,4	11,6	11,6	11,6	11,3	10,6	9,8	8,3	7,8	7,4
6	6,8	6,1	5,2	4,6	5,3	9,0	10,6	12,7	13,8	13,9	13,8	13,3	13,3	13,1	11,5	11,0	9,3	8,2	7,0	6,2	5,4	5,5	6,3	5,7
7	4,5	4,1	4,1	3,7	4,7	6,5	9,9	11,3	12,9	13,4	13,7	13,2	13,2	13,0	11,9	10,9	9,4	7,9	7,5	6,4	5,8	6,3	7,1	7,2
8	6,4	5,7	5,5	5,9	6,0	8,3	12,8	13,5	15,3	15,7	15,9	15,4	14,8	14,3	13,4	10,6	9,1	8,6	8,7	7,3	6,4	5,8	5,4	5,0
9	4,6	4,3	4,0	3,7	3,6	5,9	7,6	8,8	12,6	13,8	14,0	13,7	13,1	11,9	11,4	10,8	10,3	10,0	9,9	9,7	9,6	9,6	9,4	9,4
10	9,3	9,1	8,7	8,7	7,3	8,7	10,0	11,5	12,0	12,5	13,0	12,2	11,9	11,2	10,8	9,8	9,3	9,6	9,5	9,1	8,6	7,9	6,8	7,5
11	8,3	8,5	8,2	8,1	7,9	9,2	10,8	10,9	11,0	11,2	10,5	10,8	10,6	10,2	9,9	9,7	9,5	9,1	9,0	8,9	8,6	8,2	7,7	5,4
12	5,0	4,3	4,0	4,7	5,4	6,1	9,1	10,7	12,5	11,8	12,7	11,9	11,6	10,8	10,3	9,8	9,4	8,8	7,8	6,0	4,9	6,2	6,4	6,5
13	6,2	5,7	5,4	5,0	5,1	5,4	7,3	9,6	13,2	15,6	15,0	14,1	14,0	13,6	12,5	10,1	8,0	7,8	7,3	6,9	6,3	5,9	5,8	5,6
14	5,4	5,2	5,1	4,7	5,2	7,1	10,8	13,6	17,7	20,2	22,7	23,0	22,5	19,5	16,3	13,7	12,8	12,3	14,1	14,9	14,6	13,6	12,6	12,3
15	12,2	12,5	12,0	11,7	11,3	12,4	12,4	11,9	12,1	12,1	12,1	11,9	12,0	11,9	11,4	11,3	11,2	11,2	11,0	10,6	10,3	10,4	9,7	9,7
16	9,6	9,6	9,8	9,6	9,4	9,2	9,5	9,7	9,7	9,9	10,7	11,8	12,5	12,2	10,9	9,0	8,7	7,5	6,3	6,0	5,7	5,0	4,7	5,1
17	5,7	5,7	5,6	5,5	5,4	5,5	6,0	7,1	9,1	13,6	17,5	17,2	17,0	16,0	12,8	10,3	8,8	8,3	7,7	7,3	6,9	6,3	5,9	5,6
18	5,2	5,0	4,7	4,5	4,6	6,8	9,7	12,4	16,4	15,4	15,2	14,7	14,1	13,2	12,7	12,0	11,6	11,4	11,2	11,1	10,9	10,0	9,5	8,8
19	9,5	9,7	9,5	9,2	9,3	9,4	9,5	9,7	10,5	13,7	14,0	13,1	13,1	13,0	12,3	11,8	10,0	8,7	8,2	8,1	7,8	7,1	7,4	8,0
20	7,7	6,8	6,8	7,3	7,3	7,6	8,4	10,8	11,4	11,4	13,1	12,4	12,0	11,7	11,1	10,7	10,7	10,7	10,5	10,4	10,3	10,0	9,7	9,5
21	9,6	9,4	9,0	8,7	8,5	8,7	9,8	10,7	12,8	13,9	13,8	13,3	12,8	12,0	11,2	10,5	10,2	9,9	9,8	9,7	8,1	6,4	6,2	7,0
22	7,7	7,5	7,6	7,4	7,4	7,8	8,3	10,2	13,1	13,9	13,5	13,1	12,8	12,4	11,7	10,8	10,1	9,8	9,5	8,0	6,6	7,8	9,1	9,1
23	8,9	8,4	8,2	8,4	8,4	8,7	9,1	10,0	10,5	10,7	11,4	10,8	10,9	10,6	9,8	9,1	8,7	8,4	8,4	8,1	7,9	7,8	6,9	4,4
24	3,3	2,4	2,9	3,8	3,7	4,5	6,8	9,1	9,5	9,9	11,0	11,1	9,6	9,3	8,8	7,9	7,3	7,3	7,2	7,1	6,8	6,1	5,3	5,0
25	4,7	4,3	4,1	4,2	4,4	5,2	6,4	8,2	10,2	10,2	10,1	10,0	9,6	9,0	8,7	8,6	8,7	8,6	8,2	8,2	8,4	8,4	7,8	7,5
26	7,7	7,0	5,9	6,7	7,2	7,6	8,2	9,6	11,3	12,2	11,9	11,1	10,2	9,8	9,7	9,5	9,4	9,3	8,9	8,8	8,4	8,7	8,8	8,8
27	8,8	8,7	8,7	8,5	8,4	8,4	9,1	10,2	10,7	11,1	11,6	11,4	10,9	10,5	9,6	9,1	8,9	8,9	8,7	8,6	8,7	8,6	8,5	8,4
28	8,3	8,1	8,1	8,1	8,1	8,2	8,2	8,1	8,0	8,0	8,1	7,9	7,8	7,6	7,3	7,3	7,3	7,3	7,2	7,1	7,1	6,6	5,4	6,2
29	6,9	7,2	7,2	6,7	6,7	7,0	7,9	9,7	12,1	14,5	16,1	14,0	12,9	12,1	10,8	8,2	6,4	5,7	5,4	5,0	4,3	4,1	4,2	4,0
30	3,8	3,7	3,3	3,1	3,6	4,4	7,3	9,9	15,1	17,8	19,1	19,0	18,5	17,6	13,7	10,9	9,8	8,3	7,5	6,9	6,6	6,4	6,3	6,1
31	6,4	6,0	5,5	5,6	5,6	6,9	9,9	12,9	17,7	19,9	20,0	18,8	18,2	17,1	15,7	13,3	12,9	11,9	10,2	9,0	7,9	7,7	7,1	7,8

## Ek A-11. Bolu için saatlik ortalama hava sıcaklıkları - Kasım 2008

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	7,2	6,3	5,8	5,6	5,2	6,2	9,2	12,2	15,9	18,7	19,5	18,2	17,8	17,0	14,5	10,8	9,0	7,8	6,9	6,1	5,6	5,0	4,5	5,0
2	5,6	5,7	5,3	5,6	5,6	6,8	9,4	11,8	14,6	18,7	20,9	19,8	19,3	18,2	14,6	11,4	9,8	9,2	8,8	8,7	8,5	8,8	8,9	8,4
3	8,2	8,0	7,4	6,8	6,3	7,1	10,2	12,9	15,9	15,8	16,4	16,1	15,1	14,4	13,6	12,9	12,3	12,1	11,9	10,9	10,2	10,0	9,8	9,6
4	9,2	8,4	7,2	7,0	6,7	6,9	7,9	9,7	12,4	12,9	13,3	13,5	13,1	12,6	11,1	8,6	6,9	6,0	5,1	4,5	3,9	3,5	3,1	2,5
5	2,1	2,2	1,7	1,0	1,0	1,9	5,2	8,7	12,3	15,2	18,1	16,3	15,1	13,8	11,8	9,8	7,4	6,2	5,6	5,1	4,5	3,8	3,3	2,9
6	2,5	2,2	1,9	1,8	1,6	2,6	5,9	10,2	14,5	15,9	13,2	12,1	11,1	10,5	9,5	9,5	9,3	9,3	9,2	9,2	9,0	8,5	8,1	7,7
7	7,7	7,7	7,8	7,3	7,1	7,4	9,1	10,4	12,1	13,8	13,3	12,6	12,0	11,4	10,6	10,0	9,8	9,7	9,6	9,1	8,1	7,3	6,8	6,2
8	6,6	6,2	6,0	5,2	4,6	4,4	5,7	8,7	10,9	12,4	11,3	11,2	10,8	10,6	10,0	9,5	9,0	8,6	8,3	8,0	7,9	7,7	7,3	6,7
9	6,4	6,3	6,2	5,5	5,1	5,1	5,6	7,3	9,4	10,8	11,0	10,8	10,6	10,2	9,3	8,5	7,9	7,0	5,3	4,8	3,5	2,7	2,3	2,7
10	2,7	2,0	2,2	1,9	1,6	1,3	1,5	3,0	6,3	8,7	10,3	9,6	9,3	8,8	7,0	4,2	2,3	1,5	0,7	0,2	-0,4	-0,8	-1,3	-1,6
11	-1,9	-2,1	-2,2	-2,6	-3,0	-2,3	-0,2	3,0	6,4	9,5	12,8	10,7	9,8	9,0	7,0	3,7	2,0	1,5	1,1	0,8	0,3	0,2	-0,1	-0,4
12	-0,6	-0,7	-0,9	-0,9	-1,0	0,0	2,5	6,1	9,2	10,5	10,5	9,5	9,2	8,2	7,1	6,8	6,8	6,1	5,5	6,4	6,4	6,4	6,1	4,9
13	4,4	4,4	4,5	4,0	4,1	4,6	5,1	6,0	7,0	8,3	7,7	7,7	8,0	7,4	7,1	6,7	6,4	6,5	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,4
14	6,3	6,3	6,4	6,1	5,9	5,7	6,0	6,4	7,5	8,4	7,3	7,2	7,4	7,6	7,2	5,8	5,8	5,9	6,4	6,4	5,9	5,1	4,8	4,8
15	4,9	4,8	4,7	4,3	3,8	3,7	4,0	4,6	6,1	8,3	8,9	9,1	8,5	7,8	6,1	5,4	6,0	6,3	5,8	6,1	4,8	3,8	3,3	3,3
16	2,3	2,9	2,9	3,2	3,1	3,6	4,8	6,8	8,8	10,2	10,0	9,1	8,6	8,0	6,1	3,2	1,6	1,0	0,7	0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-1,0
17	-1,0	-1,2	-1,6	-1,3	-1,7	-1,0	0,8	3,6	7,0	9,6	9,2	9,3	9,2	8,2	6,3	4,8	3,1	1,6	0,8	0,3	0,6	1,2	1,4	1,3
18	1,6	1,9	2,2	2,5	2,7	2,9	3,3	3,6	4,0	4,6	5,4	5,7	5,7	5,2	5,0	5,0	5,0	5,0	5,1	5,1	5,1	5,0	4,8	4,8
19	4,8	4,7	4,4	4,2	4,1	4,1	4,2	5,1	5,8	6,6	7,7	8,7	8,8	8,8	8,4	6,7	5,1	4,6	6,1	6,5	6,5	6,4	6,3	6,2
20	5,8	5,5	5,0	5,4	6,2	6,4	6,4	6,3	6,4	6,3	6,1	6,5	6,7	6,9	6,9	6,0	6,1	6,0	5,7	5,4	5,5	5,0	3,5	2,7
21	2,2	1,6	1,2	1,2	1,5	1,3	4,0	6,8	8,5	9,7	10,5	9,7	9,1	8,9	7,8	5,9	6,7	5,2	5,9	7,7	7,7	7,6	6,6	6,7
22	7,6	7,7	7,7	8,0	8,3	8,9	9,4	10,8	12,2	13,6	13,8	13,5	13,3	13,0	12,9	12,6	12,6	12,1	11,1	10,1	10,6	6,4	3,2	1,6
23	1,0	-0,2	-0,2	-0,3	-0,6	-0,4	-0,3	0,3	0,9	1,9	2,8	3,3	3,7	3,4	2,9	2,3	1,9	1,5	1,7	2,0	2,0	1,8	1,6	0,5
24	-0,1	-0,8	-1,4	-1,6	-1,4	-1,0	-0,8	-0,3	0,4	0,7	1,1	2,1	2,6	2,5	2,0	1,5	1,3	1,4	1,6	1,7	1,3	2,2	2,6	2,4
25	3,0	3,1	2,9	2,8	2,5	3,3	5,8	9,1	11,5	13,0	14,2	14,1	13,5	12,6	11,4	11,3	11,4	11,7	11,3	12,0	12,4	10,8	9,0	9,7
26	9,7	10,2	10,7	9,7	6,6	6,3	9,3	13,2	14,2	15,1	16,3	16,0	15,0	13,6	10,8	9,8	9,2	8,3	9,6	8,1	8,2	8,5	8,4	8,0
27	7,1	6,7	6,3	6,1	5,9	5,8	5,8	5,4	4,7	4,7	4,4	4,3	3,4	2,6	2,4	2,3	2,3	2,4	2,2	0,7	0,7	0,6	0,5	0,6
28	0,4	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,1	0,1	0,1	0,5	0,9	1,4	1,6	1,8	1,8	0,2	-0,9	-1,1	-1,5	-1,8	-2,0	-2,1	-1,6	-1,4	-1,8
29	-2,4	-2,6	-2,9	-2,8	-2,9	-2,9	-1,6	1,2	3,1	5,5	7,8	8,4	7,6	7,0	6,1	6,1	4,4	4,4	3,6	3,0	3,1	3,3	3,3	3,2
30	3,7	3,7	3,9	3,8	3,7	4,0	4,8	5,9	7,7	9,7	11,3	10,6	10,2	9,2	6,5	4,3	3,1	2,5	2,2	1,6	1,2	1,0	0,8	0,5



Ek A-12. Bolu için saatlik ortalama hava sıcaklıkları - Aralık 2008

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	0,4	0,6	1,2	1,2	0,2	-0,1	1,5	2,8	5,1	10,0	13,2	12,8	11,8	10,2	7,3	5,7	6,5	6,7	6,1	5,6	4,6	2,9	1,5	1,0
2	0,4	0,3	0,0	0,0	-0,2	-0,1	1,6	4,3	6,7	9,7	12,7	13,0	12,6	11,7	8,8	6,1	5,0	3,8	3,2	2,7	2,2	2,2	2,1	1,6
3	2,0	1,5	1,2	0,8	1,4	2,0	3,6	6,7	9,7	14,4	17,8	17,9	17,2	16,2	14,1	12,3	11,3	10,1	8,9	8,5	7,7	7,4	8,0	9,3
4	7,7	6,9	6,6	6,1	5,0	5,1	8,0	10,6	10,8	13,2	16,5	17,5	16,3	15,8	14,3	13,5	12,3	12,9	13,1	12,9	13,4	13,6	14,4	13,9
5	13,0	13,0	13,4	12,2	12,6	11,9	12,3	14,0	14,7	14,8	15,0	15,0	14,5	13,4	12,5	10,0	11,8	10,7	10,3	8,2	7,7	8,2	8,5	11,2
6	11,5	10,0	10,7	8,7	9,2	10,1	12,0	14,1	14,5	15,5	17,9	18,1	18,3	16,3	13,4	11,3	13,4	14,4	10,6	9,3	9,4	8,8	9,1	9,5
7	9,5	9,2	10,2	11,0	12,0	12,6	11,9	12,6	14,8	15,3	15,1	15,9	15,9	14,2	12,3	9,8	6,1	5,4	5,9	7,8	7,9	8,1	7,4	5,4
8	5,2	5,2	5,3	5,1	4,9	4,8	4,6	4,5	4,3	3,4	3,1	2,9	2,8	2,7	2,5	2,4	2,0	1,2	1,0	1,1	1,2	1,1	0,9	0,8
9	0,7	0,3	0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-1,6	-2,1	-2,2	-2,3	-2,0	-1,8	-1,4	-1,3	-1,5	-1,4	-1,1	-1,0	-1,0
10	-1,0	-1,7	-2,6	-3,6	-4,3	-4,8	-3,7	-1,9	-0,6	0,6	2,4	2,8	2,4	1,2	-0,8	-1,5	-1,5	-1,4	-1,3	-1,3	-1,9	-2,3	-2,5	-2,1
11	-2,6	-3,5	-4,2	-4,6	-5,0	-5,2	-3,9	-1,7	-0,3	1,8	4,6	5,0	4,4	2,9	0,2	-0,3	-1,3	-2,0	-2,3	-2,4	-2,5	-3,6	-4,1	-3,9
12	-4,4	-3,8	-4,7	-4,5	-3,9	-2,2	-0,7	1,9	4,3	7,3	9,7	9,1	8,7	8,5	7,1	4,9	4,9	4,9	3,0	1,0	1,5	2,3	0,7	-0,3
13	-0,6	-1,2	-1,6	-1,3	-1,3	-0,8	0,3	2,1	3,1	2,4	3,0	2,5	2,9	3,4	2,7	2,2	2,7	2,6	2,8	2,7	2,6	2,3	2,0	2,1
14	2,2	2,0	2,6	2,5	2,5	2,7	3,4	6,1	6,9	7,9	9,5	8,5	7,7	6,9	4,2	1,6	1,0	0,5	0,1	-0,4	-0,6	-0,8	-1,1	-1,3
15	-1,4	-1,3	-1,5	-1,8	-1,8	-2,2	-0,8	1,7	3,3	5,4	6,3	5,9	5,2	4,6	4,3	4,1	4,1	4,0	3,7	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9
16	2,6	2,5	2,4	2,0	1,7	1,4	1,6	1,9	2,7	4,8	6,8	6,6	6,5	5,4	3,9	1,9	0,2	-0,1	-0,4	-0,6	-0,8	-0,9	-1,2	-1,1
17	-1,4	-1,6	-2,0	-1,9	-2,1	-2,2	-0,9	1,5	4,1	6,9	10,5	11,6	10,4	9,1	5,2	3,7	3,1	2,0	1,5	1,2	0,8	0,7	0,0	0,2
18	0,4	0,9	0,5	0,5	1,6	1,7	2,5	4,3	5,8	6,6	9,9	11,8	12,0	11,5	11,1	11,2	11,5	11,0	11,3	11,7	9,4	6,3	3,8	3,4
19	4,7	6,1	3,4	2,7	1,5	0,8	2,2	6,2	7,9	10,9	13,4	12,3	11,6	11,3	8,7	5,2	4,1	3,3	2,9	3,2	3,3	2,9	2,9	1,8
20	0,8	0,6	0,8	0,7	0,9	1,3	3,1	5,1	7,3	8,7	9,9	7,0	5,6	5,3	5,0	4,9	5,0	5,0	4,9	4,6	4,5	4,3	3,7	3,6
21	3,6	3,5	3,1	2,7	2,1	1,7	2,0	2,1	2,1	1,4	1,2	1,3	1,5	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	1,1
22	1,1	1,2	1,4	1,4	1,5	1,3	1,6	2,1	2,2	2,2	1,8	1,9	1,8	1,6	1,4	1,1	1,0	0,9	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3
23	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0	-0,2	-0,4	-0,5	-0,7	-0,9	-1,1	-1,1	-1,2	-1,3	-1,4
24	-1,5	-1,5	-1,7	-1,9	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-1,8	-1,4	-1,9	-2,2	-3,1	-3,1	-3,3	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,5	-3,6	-3,8	-3,8	-4,0
25	-4,1	-4,2	-4,3	-4,4	-4,5	-4,6	-4,0	-3,4	-1,9	-2,6	-0,7	-0,3	-3,3	-3,9	-6,0	-7,6	-8,5	-9,4	-9,7	-10,2	-10,7	-11,0	-11,3	-11,3
26	-11,8	-11,5	-11,4	-12,3	-12,4	-12,8	-11,6	-9,0	-6,8	-5,8	-1,8	-1,3	-2,3	-2,8	-3,6	-4,4	-4,6	-4,7	-4,7	-5,3	-5,1	-4,5	-4,3	-4,0
27	-3,8	-3,7	-3,7	-3,6	-3,6	-3,8	-3,7	-3,4	-3,1	-2,2	-2,5	-2,7	-3,1	-3,3	-3,7	-4,0	-4,1	-4,1	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-3,9	-3,9
28	-4,0	-4,2	-4,3	-4,3	-4,4	-4,5	-4,1	-3,8	-2,8	-2,2	-1,9	-2,2	-1,6	-1,5	-2,8	-3,7	-3,9	-4,0	-4,5	-5,2	-5,9	-7,0	-5,8	-3,9
29	-3,6	-3,6	-3,8	-4,1	-5,3	-5,2	-4,5	-3,2	-2,3	-1,8	-2,8	-2,6	-2,9	-3,2	-3,6	-3,9	-4,1	-4,3	-4,5	-4,6	-5,0	-5,0	-5,1	-5,0
30	-4,9	-4,9	-4,9	-4,9	-4,9	-4,9	-4,6	-4,0	-3,7	-3,3	-3,1	-2,4	-3,4	-3,9	-4,4	-4,5	-4,5	-4,6	-4,7	-4,7	-4,8	-4,9	-4,8	-4,7
31	-4,7	-4,8	-4,9	-5,4	-6,0	-6,4	-5,3	-3,8	-2,7	-2,5	-3,0	-3,2	-3,8	-4,3	-5,0	-5,3	-5,4	-5,2	-5,0	-5,0	-5,3	-5,4	-5,8	-6,0

## Ek A. cevrımHesapla.m Program Kodları

```
function [ Pb, Py, h1, h2, h3, q1, s1, T2s_C, h2s, q2s, v2s, s2s, s3, s2, v2,...  
    h4, v4, s4, v1, v3, msa, Wkomp, mh, Ty_C, T3_C, DToy, DTob, ms, T1_C, T2_C  
    Tb_C, T4_C, Qy_hesap, Qb_hesap, p_oran, COP, Frk1, Frk2] = cevrımHesapla(  
    Qyuk,...  
    Dtb, Dty, n_m, n_e, Kb, Ab, Ky, Ay, Tyg, Tyc, Tbg, Tbc, tol, cp_h, cp_s,  
    Tb_maxC, Ty_maxC, Tb_b_C, Ty_b_C, compr_n, amac)
```

```
%CEVRİM HESAPLA Summary of this function goes here
```

```
% Detailed explanation goes here
```

```
%%
```

```
% Pb Buharlaştırıcı basıncı (bar)
```

```
% Py Yoğuşturucu basıncı (bar)
```

```
% h1 1 noktasındaki soğutucu akışkanın entalpisi (kJ/kg)
```

```
% h2 2 noktasındaki soğutucu akışkanın entalpisi (kJ/kg)
```

```
% h3 3 noktasındaki soğutucu akışkanın entalpisi (kJ/kg)
```

```
% q1 1 noktasındaki soğutucu akışkanın yoğunluğu (m3/kg)
```

```
% s1 1 noktasındaki soğutucu akışkanın entropisi (kJ/kgK)
```

```
% T2s_C 2s noktasındaki soğutucu akışkanın sıcaklığı (°C)
```

```
% h2s 2s noktasındaki soğutucu akışkanın entalpisi (kJ/kg)
```

```
% q2s 2s noktasındaki soğutucu akışkanın yoğunluğu (m3/kg)
```

```
% v2s 2s noktasındaki soğutucu akışkanın özgül hacmi (kg/m3)
```

```
% s2s 2s noktasındaki soğutucu akışkanın entropisi (kJ/kgK)
```

```
% s3 3 noktasındaki soğutucu akışkanın entropisi (kJ/kgK)
```

```
% s2 2 noktasındaki soğutucu akışkanın entropisi (kJ/kgK)
```

```
% v2 2 noktasındaki soğutucu akışkanın özgül hacmi (kg/m3)
```

```
% h4 4 noktasındaki soğutucu akışkanın entalpisi (kJ/kg)
```

```
% v4 4 noktasındaki soğutucu akışkanın özgül hacmi (kg/m3)
```

```
% s4 4 noktasındaki soğutucu akışkanın entropisi (kJ/kgK)
```

```
% v1 1 noktasındaki soğutucu akışkanın özgül hacmi (kg/m3)
```

```
% v3 3 noktasındaki soğutucu akışkanın özgül hacmi (kg/m3)
```

```
% msa Soğutucu akışkan debisi (kg/s)
```

```
% Wkomp Kompresör gücü (kW)
```

```
% mh Hava debisi (kg/s)
```

```
% Ty_C Yoğuşturucu sıcaklığı (°C)
```

```
% T3_C 3 noktasındaki soğutucu akışkanın sıcaklığı (°C)
```

```
% DToy Yoğuşturucunun ortalama logaritmik sıcaklık farkı (°C)
```

```
% DTob Buharlaştırıcının ortalama logaritmik sıcaklık farkı (°C)
```

```
% ms Salamura debisi (kg/s)
```

```
% T1_C 1 noktasındaki soğutucu akışkanın sıcaklığı (°C)
```

```
% T2_C 2 noktasındaki soğutucu akışkanın sıcaklığı (°C)
```

```
% Tb_C Buharlaştırıcı sıcaklığı (°C)
```

```
% T4_C 4 noktasındaki soğutucu akışkanın sıcaklığı (°C)
```

```
% Qy_hesap  $Q=K_y \cdot A_y \cdot D_{Toy}$  ile hesaplanan yoğuşturucu kapasitesi (kW)
```

```
% Qb_hesap  $Q=K_b \cdot A_b \cdot D_{Tob}$  ile hesaplanan buharlaştırıcı kapasitesi (kW)
```

```
% p_oran Basınç oranı
```

```
% COP Soğutma çevriminin COP değeri
```

% Qyuk Isıtma ya da soğutma yükü (kW)  
 % Dtb Buharlaştırıcıda yapılacak kızdırma miktarı (°C)  
 % Dty Yoğuşturucuda yapılacak aşırı soğutma miktarı (°C)  
 % n\_m Kompresör mekanik verimi  
 % n\_e Kompresör elektrik motor verimi  
 % Kb Buharlaştırıcının toplam ısı transfer katsayısı (kW/m<sup>2</sup>°C)  
 % Ab Buharlaştırıcının toplam ısı transfer yüzey alanı (m<sup>2</sup>)  
 % Ky Yoğuşturucunun toplam ısı transfer katsayısı (kW/m<sup>2</sup>°C)  
 % Ay Yoğuşturucunun toplam ısı transfer yüzey alanı (m<sup>2</sup>)  
 % Tyg Yoğuşturucuya giren hava/salamura sıcaklığı (°C)  
 % Tyc Yoğuşturucudan çıkan hava/salamura sıcaklığı (°C)  
 % Tbg Buharlaştırıcıya giren hava/salamura sıcaklığı (°C)  
 % Tbc Buharlaştırıcıdan çıkan hava/salamura sıcaklığı (°C)  
 % tol Yakınsama toleransı  
 % cp\_h Havanın özgül ısı kapasitesi (kJ/kg°C)  
 % cp\_s Salamuranın özgül ısı kapasitesi (kJ/kg°C)  
 % Tb\_maxC Buharlaştırıcı maksimum sıcaklığı(soğutucu akışkan)(°C)  
 % Ty\_maxC Yoğuşturucu maksimum sıcaklığı(soğutucu akışkan) (°C)  
 % Tb\_b\_C Buharlaştırıcı başlangıç sıcaklığı(soğutucu akışkan) (°C)  
 % Ty\_b\_C Yoğuşturucu başlangıç sıcaklığı(soğutucu akışkan) (°C)  
 % compr\_n Kompresör izentropik verimi  
 % amac Sistemin çalışma amacı (ısıtma/soğutma)  
 %%

```

tic
switch amac
  case 'isitma'
    Qy=Qyuk;
  case 'sogutma'
    Qb=Qyuk;
end

```

```

Tb_max=Tb_maxC+273.15;
Ty_max=Ty_maxC+273.15;
Tb_b=Tb_b_C+273.15;
Ty_b=Ty_b_C+273.15;

```

```

Tb_b=Tb_b+0.15;
Tb=Tb_b;
z=1; %Döngünün devam etmesi için gerekli şart
yitr=0;
bitr=1;
while (z==1)
  yitr=yitr+1;
  Ty_b=Ty_b+0.15;
  Ty=Ty_b;
  if Ty>Ty_max
    Tb_b=Tb_b+0.15;

```

```

Tb=Tb_b;
bitr=bitr+1;
yitr=1;
if Tb>Tb_max
    disp('Tb_max değerine ulaşıldı');
    break;
end
Ty_b=Ty_b_C+273.15;
Ty_b=Ty_b+0.15;
Ty=Ty_b;
end

Pb_MPa=SaOzellikHesapla('doymus','Basinc',Tb); %Birimi MPa
Pb=Pb_MPa*10; %Birimi bar
Py_MPa=SaOzellikHesapla('doymus','Basinc',Ty); %Birimi MPa
Py=Py_MPa*10; %Birimi bar
T1=Tb+Dtb;
q1=SaOzellikHesapla('kizgin','Yogunluk',T1,Pb_MPa); %(m3/kg)
v1=1/q1;
h1=SaOzellikHesapla('kizgin','Entalpi',T1,Pb_MPa); %(kJ/kg)
T3=Ty-Dty;
h3=SaOzellikHesapla('doymus','SiviEntalpisi',T3); %(kJ/kg)
s1=SaOzellikHesapla('kizgin','Entropi',T1, Pb_MPa); %(kJ/kgK)

%İzentropik sıkıştırma sonundaki sıcaklığın(T2s) iterasyon ile bulunması
i_say1=0;
dng_kntrl1=0.0002; %döngü kontrolü için bir değişken
T2s=Ty;
while(dng_kntrl1>0.0001)
    T2s=T2s+0.01;
    i_say1=i_say1+1;
    s2s=SaOzellikHesapla('kizgin','Entropi',T2s, Py_MPa);
    dng_kntrl1=abs(s2s-s1);
end
T2s_C=T2s-273.15;

h2s=SaOzellikHesapla('kizgin','Entalpi', T2s, Py_MPa);
q2s=SaOzellikHesapla('kizgin','Yogunluk',T2s, Py_MPa);
v2s=1/q2s;
s2s=SaOzellikHesapla('kizgin','Entropi',T2s, Py_MPa);
q3 = SaOzellikHesapla('doymus', 'SiviYogunlugu', T3);
v3=1/q3;
s3=SaOzellikHesapla('doymus', 'SiviEntropisi', T3);

h2_iznt=h1+((h2s-h1)/compr_n);
%T2 sıcaklığının iterasyon ile bulunması
F1=-1;
TG=Ty;
while(F1<0)

```

```

    TG=TG+0.01;
    T2=TG;
    h2_ozlk=SaOzellikHesapla('kizgin', 'Entalpi', T2, Py_MPa);
    F1=h2_ozlk-h2_iznt;
    end
    T2_C=T2-273.15;
    h2=SaOzellikHesapla('kizgin', 'Entalpi', T2, Py_MPa);
    s2=SaOzellikHesapla('kizgin','Entropi',T2, Py_MPa);
    qT2=SaOzellikHesapla('kizgin','Yogunluk',T2,Py_MPa);
    v2=1/qT2;

    % 4 noktasının özelliklerinin hesaplanması
    T4=Tb;
    T4_C=T4-273.15;
    h4=h3; %Entalpi (kJ/kg)
    hf_b=SaOzellikHesapla('doymus', 'SiviEntalpisi', T4); %Doymuş sıvı Entalpisi
    (kJ/kg)
    hg_b=SaOzellikHesapla('doymus', 'BuharEntalpisi', T4); %Doymuş buhar
    Entalpisi (kJ/kg)
    x4=(h4-hf_b)/(hg_b-hf_b);%Kuruluk derecesi
    qf_b=SaOzellikHesapla('doymus', 'SiviYogunlugu', T4); %Doymuş sıvı
    yoğunluğu (kg/m3)
    vf_b=1/qf_b; %Doymuş sıvı özgül hacmi (m3/kg)
    vg_b=SaOzellikHesapla('doymus', 'BuharOzgulHacim', T4); %Doymuş buhar
    özgül hacmi (m3/kg)
    v4=vf_b+(x4*(vg_b-vf_b));
    sf_b=SaOzellikHesapla('doymus', 'SiviEntropisi', T4); %Doymuş sıvı entropisi
    (kJ/kg K)
    sg_b=SaOzellikHesapla('doymus', 'BuharEntropisi', T4); %Doymuş buhar
    entropisi (kJ/kg K)
    s4=sf_b+(x4*(sg_b-sf_b));

    %Soğutucu akışkanın kütleli debisinin(msa) hesaplanması
    switch amac
    case 'isitma'
        msa=Qy/(h2-h3);
    case 'sogutma'
        msa=Qb/(h1-h4);
    end

    Wkomp=msa*((h2-h1)/(n_m*n_e));

    %Havanın kütleli debisinin(mh) hesaplanması
    switch amac
    case 'isitma'
        mh=Qy/(cp_h*(Tyc-Tyg)); %(kg/s)
    case 'sogutma'

```

```

    mh=Qb/(cp_h*(Tbg-Tbc)); %(kg/s)
end

%Yoğuşturucunun logaritmik ortalama sıcaklık farkının(DToy) hesaplanması
Ty_C=Ty-273.15;
T3_C=T3-273.15;
DToy=logOrtSicaklik(Ty_C,Tyc,T3_C,Tyg);

%Salamuranın kütleli debisinin(ms) hesaplanması
switch amac
    case 'isitma'
        Qb=msa*(h1-h4);
        ms=Qb/(cp_s*(Tbg-Tbc)); %(kg/s)
    case 'sogutma'
        Qy=msa*(h2-h3);
        ms=Qy/(cp_s*(Tyc-Tyg)); %(kg/s)
end

%Buharlaştırıcının logaritmik ortalama sıcaklık farkı(DTob)
%hesaplanması
T1_C=T1-273.15;
Tb_C=Tb-273.15;
DTob=logOrtSicaklik(Tbg,T1_C,Tbc,Tb_C);
Qy_hesap=Ky*Ay*DToy;
Qb_hesap=Kb*Ab*DTob;
Fark1=abs(Qy-Qy_hesap);
Fark2=abs(Qb-Qb_hesap);
Frk1(yitr)=Fark1;
Frk2(yitr)=Fark2;
if((Fark1<tol) && (Fark2<tol))
    break;
else
    z=1;
    Tb_yuzde=Tb/Tb_max*100;
    Ty_yuzde=Ty/Ty_max*100;
    disp(['Tb=',num2str(Tb),' K', ' Tb_max=',num2str(Tb_max),' K',
%',num2str(Tb_yuzde)]);
    disp(['Ty=',num2str(Ty),' K', ' Ty_max=',num2str(Ty_max),' K',
%',num2str(Ty_yuzde)]);
    disp(['DTob=', num2str(DTob), ' DToy=', num2str(DToy)]);
    disp(['Fark1=', num2str(Fark1), ' Fark2=', num2str(Fark2)]);
    continue
end

end
if (Tb>Tb_max)
    disp('Tb_max değerine ulaşıldı. Program sonlandırıldı');

else

```

```
p_oran=Py/Pb;
if strcmp(amac, 'isitma')
    %Isıtma durumu COP hesabı
    COP=Qy/Wkomp;
elseif strcmp(amac, 'sogutma')
    %Soğutma durumu COP hesabı
    COP=Qb/Wkomp;
end
disp('Program sonuçları düzgün olarak hesaplandı.');
```

```
end
toc
disp(['Programın çalışma süresi : ' num2str(toc/60) ' dakika']);
end
```

**Ek B. boruCapiHesapla.m Program Kodları**

```

function [ d ] = borucapiHesapla( m, v, boruhatti)

%% GİRİŞ VE ÇIKIŞ PARAMETRELERİNİN AÇIKLAMALARI
% GİRİŞ PARAMETRELERİ
% m      Soğutucu akışkanın kütleli debisi (kg/s)
% v      Soğutucu akışkanın özgül hacmi (kg/m3)
% boruhatti  Boru çapı hesaplanacak boru hattının adı
%
% ÇIKIŞ PARAMETRELERİ
% d      Boru çapı (mm)
%%

u_emis=14;   %Emiş hattı ortalama hızı (m/s)
u_basma=13;  %Basma hattı ortalama hızı (m/s)
u_yog_kv=0.7; %Yoguşturucu ile kısılma arasındaki boru hattı (m/s)
u_kv_buh=0.75; %Kısılma vanası ve buharlaştırıcı arasındaki boru hattı (m/s)

switch boruhatti
    case 'emis'
        d_m=sqrt((4*m*v)/(pi*u_emis));
    case 'basma'
        d_m=sqrt((4*m*v)/(pi*u_basma));
    case 'yog-kv'
        d_m=sqrt((4*m*v)/(pi*u_yog_kv));
    case 'kv-buh'
        d_m=sqrt((4*m*v)/(pi*u_kv_buh));
end
d=d_m*1000; %(mm)
end

```



### Ek C. isletmeFaktoruHesapla.m Program Kodları

```
function [ F ] = isletmeFaktoruHesapla( T_bina, T_hava_min, Q_bina, T_isi_sinir,
Q_chz, amac)
```

```
%% GİRİŞ VE ÇIKIŞ PARAMETRELERİNİN AÇIKLAMALARI
```

```
% GİRİŞ PARAMETRELERİ
```

```
% T_bina Bina içi sıcaklık (°C)
```

```
% T_hava_min Minimum ortalama hava sıcaklığı (°C)
```

```
% Q_bina Bina ısı yükü (kW)
```

```
% T_isi_sinir Isıtma sınır sıcaklığı (°C)
```

```
% Q_chz Isı pompası kapasitesi (kW)
```

```
% amac Sistemin çalışma amacı (Isıtma ya da soğutma)
```

```
%
```

```
% ÇIKIŞ PARAMETRELERİ
```

```
%
```

```
% F İşletme faktörü
```

```
%%
```

```
%Meteorolojiden alınan sıcaklıkların bulunduğu excel dosyasının tam adı
```

```
dosya='hava_sicakliklari.xls';
```

```
%Excel dosyasındaki sayfa adı
```

```
sayfa='hava_sicakliklari';
```

```
Kbf=Q_bina/(T_bina-T_hava_min); %Bina ısı geçirgenliği
```

```
%Excel dosyasından Meteoroloji verilerinin okunması
```

```
T_hava=xlsread(dosya, sayfa, 'ort_sicaklik');
```

```
%Sıcaklık dağılımlarının hesaplanması
```

```
T_dagilim=tabulate(T_hava); %tabulate komutu sıcaklık frekanslarını belirler
```

```
T_grp=T_dagilim(:,1); %Sıcaklık grup noktaları
```

```
T_adet=T_dagilim(:,2); %Sıcaklık grup noktalarının sayısı
```

```
%Isıtma sınır sıcaklığının hangi satırda olduğunun bulunması
```

```
T_sinir_index=find(T_grp==T_isi_sinir);
```

```
if strcmp(amac, 'isitma')
```

```
 %Isıtma dönemi işletme faktörü (F_isitma) bulunması
```

```
 ToplamKayip=0;
```

```
 for i=1:T_sinir_index
```

```
   kayip=abs(T_bina-T_grp(i))*Kbf*T_adet(i);
```

```
   ToplamKayip=ToplamKayip+kayip;
```

```
 end
```

```
 %Isıtma dönemi toplam saat
```

```
 isitma_toplam_saat=sum(T_adet(1:T_sinir_index,1));
```

```
 Ort_saatlik_isi_kaybi=ToplamKayip/isitma_toplam_saat;
```

```
 F_i=Ort_saatlik_isi_kaybi/Q_chz;
```

```
 if F_i>1
```

```
F=1;
else
    F=F_i;
end
elseif strcmp(amac, 'sogutma')
    %Grup sıcaklıkları matrisinin son satır sayısının bulunması
    T_grp_satir_sayisi=size(T_grp,1);

    %Soğutma dönemi işletme faktörü (F_sogutma) bulunması
    ToplamKazanc=0;
    for i=T_sinir_index:T_grp_satir_sayisi
        kazanc=abs(T_bina-T_grp(i))*Kbf*T_adet(i);
        ToplamKazanc=ToplamKazanc+kazanc;
    end

    %Soğutma dönemi toplam saat
    sogutma_toplam_saat=sum(T_adet(T_sinir_index:T_grp_satir_sayisi));
    Ort_saatlik_isi_kazanci=ToplamKazanc/sogutma_toplam_saat;
    F_s=Ort_saatlik_isi_kazanci/Q_chz;
    if F_s>1
        F=1;
    else
        F=F_s;
    end
end
end
end
```

**Ek D. toprak\_direnciHesapla.m Program Kodları**

```
function [ direnc ] = toprak_direnciHesapla( yerlestirme, toprak_tipi, boru_capi,
doseme_tipi )
```

```
%% GİRİŞ VE ÇIKIŞ PARAMETRELERİNİN AÇIKLAMALARI
```

```
% GİRİŞ PARAMETRELERİ
```

```
% yerlestirme    TID yerleştirme tipi (yatay ya da dikey)
```

```
% toprak_tipi    Toprak tipi
```

```
% boru_capi      Boru çapı (inç)
```

```
% doseme_tipi    Döşeme tipi
```

```
%
```

```
% ÇIKIŞ PARAMETRELERİ
```

```
% direnc         Boru direci (m°C/W)
```

```
%%
```

```
%Toprak dirençleri okunacağı excel tablosu
```

```
dosya='toprak_boru_direnci.xls';
```

```
if strcmp(yerlestirme, 'yatay')
```

```
    sayfa='toprak_direnci_yatay';
```

```
    if strcmp(toprak_tipi, 'agir_toprak_nemli')
```

```
        direnc_matrisi=xlsread(dosya, sayfa, 'agir_toprak_nemli_yatay');
```

```
    elseif
```

```
strcmp(toprak_tipi,'agir_toprak_kuru')||strcmp(toprak_tipi,'hafif_toprak_nemli')
```

```
    direnc_matrisi=xlsread(dosya, sayfa, 'agir_kuru_veya_hafif_nemli_yatay');
```

```
    end
```

```
    direnc=direnc_matrisi(boru_capi,doseme_tipi)/1.73;
```

```
elseif strcmp(yerlestirme, 'dikey')
```

```
    sayfa='toprak_direnci_dikey';
```

```
    if strcmp(toprak_tipi,'kaya')
```

```
        direnc_matrisi=xlsread(dosya, sayfa, 'kaya_dikey');
```

```
    elseif strcmp(toprak_tipi, 'agir_toprak_nemli')
```

```
        direnc_matrisi=xlsread(dosya, sayfa, 'agir_toprak_nemli_dikey');
```

```
    end
```

```
    %Birim dönüştürme (feet F)/(BTU/h)'tan m°C/W'a
```

```
    direnc=direnc_matrisi(boru_capi)/1.73;
```

```
end
```

```
end
```

**Ek E. boru\_direnciHesapla.m Program Kodları**

```

function [ direnc ] = boru_direnciHesapla( yerlestirme, boru_capi,sinif )

%% GİRİŞ VE ÇIKIŞ PARAMETRELERİNİN AÇIKLAMALARI
% GİRİŞ PARAMETRELERİ
% yerlestirme    TID yerleştirme tipi (yatay ya da dikey)
% boru_capi      TID boru çapı (inç)
% sinif         Boru sınıfı
%
% ÇIKIŞ PARAMETRELERİ
% direnc        Boru direci (m°C/W)
%%

%Boru dirençleri okunacağı excel tablosu
dosya='toprak_boru_direnci.xls';
%Excel dosyasındaki sayfa adı
sayfa='boru_direnci';

if strcmp(yerlestirme,'yatay')
    direnc_matrisi=xlsread(dosya, sayfa, 'boru_direnci_yatay');
    %Birim dönüştürme (feet F)/(BTU/h)'tan m°C/W'a
    direnc=direnc_matrisi(boru_capi,sinif)/1.73;
elseif strcmp(yerlestirme,'dikey')
    direnc_matrisi=xlsread(dosya, sayfa, 'boru_direnci_dikey');
    %Birim dönüştürme (feet F)/(BTU/h)'tan m°C/W'a
    direnc=direnc_matrisi(boru_capi,sinif)/1.73;
end
end

```

**Ek F. tid\_uzunluguHesapla.m Program Kodları**

```
function [ L, T, Tmin, Tmax ] = tid_uzunluguHesapla( amac, COP, Qchz, Rb, Rt, F,
derinlik, Tbg, Tbc)
```

```
%% GİRİŞ VE ÇIKIŞ PARAMETRELERİNİN AÇIKLAMALARI
```

```
% GİRİŞ PARAMETRELERİ
```

```
% amac   Sistemin çalışma amacı (Isıtma ya da soğutma)
```

```
% COP   Minimum ortalama hava sıcaklığı (°C)
```

```
% Qchz  Bina ısı yükü (kW)
```

```
% Rb    Boru direnci (m°C/W)
```

```
% Rt    Toprak direnci (m°C/W)
```

```
% F     İşletme faktörü
```

```
% derinlik TID'in gömüldüğü derinlik (m)
```

```
% Tbg   Buharlaştırıcıya giren salamura sıcaklığı (°C)
```

```
% Tbc   Buharlaştırıcıdan çıkan salamura sıcaklığı (°C)
```

```
%
```

```
% ÇIKIŞ PARAMETRELERİ
```

```
% L     Hesaplanan TID boru uzunluğu (m)
```

```
% T     Hesaplanan bir yıllık toprak sıcaklık dağılımı
```

```
% Tmin  Hesaplanan yıl içindeki minimum toprak sıcaklığı (°C)
```

```
% Tmax  Hesaplanan yıl içindeki maksimum toprak sıcaklığı (°C)
```

```
%%
```

```
%Yılın en düşük ve en yüksek toprak sıcaklığının hesaplanması
```

```
Tt_ort=12.95;
```

```
Tt_gen=11.69;
```

```
P=365*24*60*60; %Periyot (s)
```

```
alfa_t=0.0000005; %Toprağın ısı yayıcılığı (m2/s)
```

```
x=derinlik; %m
```

```
t=[181:1:545]*24*60*60;
```

```
for i=1:1:365
```

```
    T(i) = Tt_ort + (Tt_gen*exp(-x*sqrt(pi/(alfa_t*P))))*cos((2*pi*(t(i)/P))-
(x*sqrt(pi/(alfa_t*P))));
```

```
end
```

```
Tmin=min(T);
```

```
Tmax=max(T);
```

```
Tunite=[Tbg, Tbc];
```

```
Tunite_max=max(Tunite);
```

```
Tunite_min=min(Tunite);
```

```
%TID boru uzunluğunun hesaplanması
```

```
if strcmp(amac,'isitma')
```

```
    L=((Qchz*1000)*((COP-1)/COP)*(Rb+(Rt*F)))/(Tmin-Tunite_min);
```

```
elseif strcmp(amac,'soğutma')
```

```
    L=((Qchz*1000)*((COP+1)/COP)*(Rb+(Rt*F)))/(Tunite_max-Tmax);
```

```
end
```

```
end
```

**Ek G. toprakAlaniHesapla.m Program Kodları**

```
function [ Hata G Y A aralik_sayisi e ] = toprakAlaniHesapla( L, a, b, c, d, ri, durum,
ne )
```

```
%% GİRİŞ VE ÇIKIŞ PARAMETRELERİNİN AÇIKLAMALARI
```

```
% GİRİŞ PARAMETRELERİ
```

```
% L          TID boru uzunluğu (m)
```

```
% a, b, c, d, ri  Geometrik parametreler (m)
```

```
% durum        Salamuranın adı (etilen glikol ya da propilen glikol)
```

```
% ne          Boru aralık sayısı
```

```
%
```

```
% ÇIKIŞ PARAMETRELERİ
```

```
%
```

```
% Hata        Hesaplanan özelliğin değeri
```

```
% G          Genişlik (m)
```

```
% Y          Yükseklik (m)
```

```
% A          Toprak alanı (m2)
```

```
% aralik_sayisi  Boru aralık sayısı (adet)
```

```
% e          Geometrik parametre (m)
```

```
%%
```

```
L=L*100;  %Toprak uzunluğunun cm ye dönüştürülmesi
```

```
if not(d>ri)
```

```
    Hata=1;
```

```
    G=0;
```

```
    Y=0;
```

```
    A=0;
```

```
    aralik_sayisi=0;
```

```
    e=0;
```

```
else
```

```
    switch durum
```

```
        case 'yuksekklik'
```

```
            e=ne;
```

```
            n=(L-(3*pi*ri/2))/(e+1+((pi+2)*ri));
```

```
        case 'genislik'
```

```
            n=ne;
```

```
            e=(L-((pi+2)*n+(3*pi*ri/2))*ri)/(n+1);
```

```
    end
```

```
    Hata=0;
```

```
    G_cm=a+2*n*ri+c;
```

```
    G=G_cm/102;
```

```
    Y_cm=e+3*ri+d+b;
```

```
    Y=Y_cm/102;
```

```
    A_cm=(e+3*ri+d+b)*(a+2*n*ri+c);
```

```
    A=A_cm/104;
```

```
    aralik_sayisi=n;
```

```
end
```

```
end
```

## Ek H. pompaYukuHesapla.m Program Kodları

```
function [ hKs hKy Re h_debi_s qs mus Vort] = pompaYukuHesapla( L, D, T, ksi,
ms, slmr, yKk)
```

```
%% GİRİŞ VE ÇIKIŞ PARAMETRELERİNİN AÇIKLAMALARI
```

```
% GİRİŞ PARAMETRELERİ
```

```
% L TID boru uzunluğu (m)
```

```
% D TID boru çapı (m)
```

```
% T Ortalama salamura sıcaklığı (°C)
```

```
% ksi Salamura kütle oranı
```

```
% ms Salamura kütle debisi (kg/s)
```

```
% slmr Salamuranın adı (etilen glikol ya da propilen glikol)
```

```
% yKk Yerel kayıp katsayısı
```

```
%
```

```
% ÇIKIŞ PARAMETRELERİ
```

```
%
```

```
% hKs Sürekli kayıplar (mSS)
```

```
% hKy Yerel kayıplar (mSS)
```

```
% Re Reynolds sayısı
```

```
% h_debi_s Salamura hacimsel debisi (m3/s)
```

```
% qs Salamura yoğunluğu (kg/m3)
```

```
% mus Salamura dinamik vizkozitesi (Pa.s)
```

```
% Vort Salamura ortalama hızı (m/s)
```

```
%%
```

```
g=9.81; %Yerçekimi kuvveti (m/s2)
```

```
A=pi*D^2/4;
```

```
qs=slmrOzellikHesapla(slmr, 'yoğunluk', ksi, T);
```

```
h_debi_s=ms/qs;
```

```
Vort=h_debi_s/A;
```

```
mus=slmrOzellikHesapla(slmr, 'dinamik vizkozite', ksi, T);
```

```
Re=(qs*Vort*D)/mus;
```

```
if Re>=4000
```

```
    % Türbülanslı akış durumu
```

```
    Eps_mm=0.02; %PE Boru için eşdeğer pürüzlülük katsayısı (mm)
```

```
    Eps=Eps_mm/1000; %PE Boru için eşdeğer pürüzlülük katsayısı (m)
```

```
    E_D=Eps/D;
```

```
    ic=1/(((7/Re)^0.9)+(0.27*E_D));
```

```
    f=8/(((2.457*log(ic))^2)+(37530/Re)^0.75);
```

```
else
```

```
    % Laminer akış durumu
```

```
    f=64/Re;
```

```
end
```

```
hKs=f*(L/D)*(Vort^2/(2*g));
```

```
hKy=yKk*(Vort^2/(2*g));
```

```
end
```

**Ek İ. SaOzellikHesapla.m Program Kodları**

```
function [ istenen_ozellik ] = SaOzellikHesapla(hal, ozellik,T,P)
```

```
%% GİRİŞ VE ÇIKIŞ PARAMETRELERİNİN AÇIKLAMALARI
```

```
% GİRİŞ PARAMETRELERİ
```

```
% hal          Hesaplanacak akışkanın hali (doymuş ya da kızgın)
```

```
% ozellik      Hesaplanması istenen özellik
```

```
% T           Sıcaklık (K)
```

```
% P           Basınç (MPa)
```

```
%
```

```
% ÇIKIŞ PARAMETRELERİ
```

```
% istenen_ozellik Hesaplanan özelliğin değeri
```

```
%%
```

```
global A B C D E F G H K L;
```

```
if strcmp(hal,'doymus')
```

```
    % Doymuş özelliklerin hesaplanması
```

```
    switch ozellik
```

```
        case 'Basinc'
```

```
            lnPs=A(1)+(A(2)*T)+(A(3)*T^2)+(A(4)*T^3);
```

```
            Ps=exp(lnPs);
```

```
            istenen_ozellik = Ps;
```

```
        case 'BuharOzgulHacim'
```

```
            lnsv=B(1)+(B(2)*T)+(B(3)*T^2)+(B(4)*T^3);
```

```
            vsv=exp(lnsv);
```

```
            istenen_ozellik = vsv;
```

```
        case 'SiviEntalpisi'
```

```
            hsl=C(1)+(C(2)*T)+(C(3)*T^2);
```

```
            istenen_ozellik=hsl;
```

```
        case 'BuharEntalpisi'
```

```
            hsv=D(1)+(D(2)*T)+(D(3)*T^2);
```

```
            istenen_ozellik=hsv;
```

```
        case 'SiviEntropisi'
```

```
            ssl=E(1)+(E(2)*T)+(E(3)*T^2);
```

```
            istenen_ozellik=ssl;
```

```
        case 'BuharEntropisi'
```

```
            ssv=F(1)+(F(2)/T)+(F(3)/T^2);
```

```
            istenen_ozellik=ssv;
```

```
        case 'SiviYogunlugu'
```

```
            qsl=L(1)+(L(2)*T)+(L(3)*(T^2))+L(4)*(T^3);
```

```
            istenen_ozellik=qsl;
```

```
    end
```

```
elseif strcmp(hal,'kizgin')
```

```
    % Kızgın özelliklerin hesaplanması
```

```
    switch ozellik
```

```
        case 'Entalpi'
```

```
            hsup=G(1)+(G(2)*P)+(G(3)*P^2)+(G(4)*T)+(G(5)*T^2)+(G(6)*P*T)...
```

```
            +(G(7)*P*T^2)+(G(8)*P^2*T)+(G(9)*P^2*T^2);
```



```

    istenen_ozellik=hsup;
case 'Entropi'
    lnP=log(P);

ssup=H(1)+(H(2)*lnP)+(H(3)*lnP^2)+(H(4)*T)+(H(5)*T^2)+(H(6)*lnP*T)...
    +(H(7)*lnP*T^2)+(H(8)*lnP^2*T)+(H(9)*lnP^2*T^2);
    istenen_ozellik=ssup;
case 'Yogunluk'
    h=G(1)+(G(2)*P)+(G(3)*P^2)+(G(4)*T)+(G(5)*T^2)+(G(6)*P*T)...
    +(G(7)*P*T^2)+(G(8)*P^2*T)+(G(9)*P^2*T^2);
    qsup=K(1)+(K(2)*P)+(K(3)*P^2)+(K(4)*h)+(K(5)*h^2)+(K(6)*P*h)...
    +(K(7)*P*h^2)+(K(8)*P^2*h)+(K(9)*P^2*h^2);
    istenen_ozellik=qsup;
end
end
end

```

### Ek J. slmrOzellikHesapla.m Alt Program Kodları

```

function [ istenen_ozellik ] = slmrOzellikHesapla( slmr, ozellik, ksi, T)
%SLMROZELLİK HESAPLA Summary of this function goes here
% Detailed explanation goes here
dosya='slmr_katsayilar.xls';

%Giriş parametreleri 4 e eşitse yani sıcaklık da girilmişse sıcaklığı
%kelvine dönüştürülmesi
if nargin==4
    T=T+273.15;
end

%Excel dosyasından gerekli katsayıların alınması için excel sayfası ve
%hücre isimlerinin örneklerinin belirlenmesi.
%hücre isimlerine örnek olarak etilen glikol sayfasındaki yoğunluk katsayıları
%için 'eg_yogunluk' verilebilir.
switch slmr
    case 'etilen glikol'
        sayfa='etilen_glikol';
        onek='eg_';
    case 'propilen glikol'
        sayfa='propilen_glikol';
        onek='pg_';
end

%istenen özelliğin hesaplanması
%1- sayfa ve örnek bilgileri belirlendikten sonra buna uygun olarak gerekli
%katsayıların alınması

%2- Formülü ile özelliğin hesaplanması

%3- istenen özelliğin fonksiyon çıktısı olarak atanması

switch ozellik
    case 'yoğunluk'
        A=xlsread(dosya, sayfa, [onek 'yogunluk']);

q=A(2)+A(3)*ksi+(A(4)*273.15/T)+(A(5)*ksi*273.15/T)+(A(6)*(273.15/T)^2);
    istenen_ozellik=q;
    case 'özümlü ısı'
        A=xlsread(dosya, sayfa, [onek 'ozgulisi']);

cp=A(2)+A(3)*ksi+(A(4)*273.15/T)+(A(5)*ksi*273.15/T)+(A(6)*(273.15/T)^2);
    istenen_ozellik=cp;
    case 'ısı iletim katsayısı'
        A=xlsread(dosya, sayfa, [onek 'isiiletimk']);

```

```

lamda=A(2)+A(3)*ksi+(A(4)*273.15/T)+(A(5)*ksi*273.15/T)+(A(6)*(273.15/T)^2)
;
    istenen_ozellik=lamda;
    case 'dinamik vizkozite'
        A=xlsread(dosya, sayfa, [onek 'dvizkozite']);

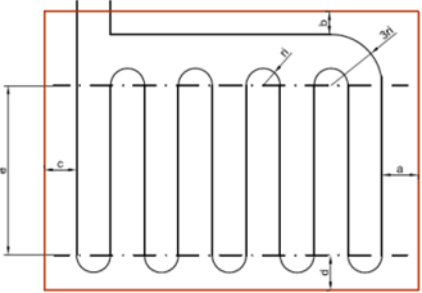
lnmu=A(2)+A(3)*ksi+(A(4)*273.15/T)+(A(5)*ksi*273.15/T)+(A(6)*(273.15/T)^2);
    istenen_ozellik=exp(lnmu);
    case 'prandtl sayısı'
        A=xlsread(dosya, sayfa, [onek 'prandtl']);

lnpr=A(2)+A(3)*ksi+(A(4)*273.15/T)+(A(5)*ksi*273.15/T)+(A(6)*(273.15/T)^2);
    istenen_ozellik=exp(lnpr);
    case 'donma sıcaklığı'
        A=xlsread(dosya, sayfa, [onek 'donmasicaklik']);
        Tf=A(1)+A(2)*ksi+A(3)*ksi^2;
        istenen_ozellik=(Tf*273.15)-273.15;
end

```

## Ek K. Toprak Kaynaklı Isı Pompası Simülasyon Programının giriş parametreleri ve elde edilen sonuçlar

### Ek K-1. Solkane Refrigerant Software ile karşılaştırma için elde edilen program sonuçları

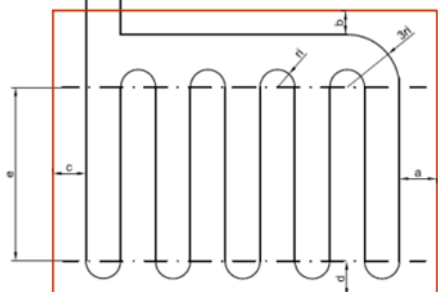
GİRİŞ PARAMETRELERİ																											
Sistemin çalışma amacı	Soğutma	Soğutma Yüğü (kW)	2,2																								
Salamura	Etilen Glikol	Soğutucu Akışkan	R134a																								
Kütleli oran (%)	20																										
<b>Kompresör</b>		<b>Buharlaştırıcı</b>																									
İzentropik verim	: 0,70	Toplam ısı geğış katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C)	: 0,02																								
Mekanik Verim	: 1,00	Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> )	: 10,00																								
Elektrik motor verimi	: 1,00	Hava giriş sıcaklığı (°C)	: 20,00																								
		Hava çıkış sıcaklığı (°C)	: 10,00																								
		Aşırı kızdırma (°C)	: 0,00																								
<b>Yoğuşturucu</b>		<b>Sabitler</b>																									
Toplam ısı geğış katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C)	: 0,64	Havanın özgül ısı (kJ/kg K)	: 1,005																								
Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> )	: 0,35																										
Salamura giriş sıcaklığı (°C)	: 30,00																										
Salamura çıkış sıcaklığı (°C)	: 40,00																										
Aşırı soğutma (°C)	: 0,00																										
<b>İşletme Faktörü</b>		<b>Boru ve Toprak Direnci</b>																									
Bina içi sıcaklık (°C)	: 22	Yerleştirme tipi	: Yatay																								
Minimum hava sıcaklığı (°C)	: 5	Döşeme tipi	: 4																								
İstima sınır sıcaklığı (°C)	: 23	Toprak tipi	: Hafif Toprak - Nemli																								
		Boru sınıfı	: PE SCH-40																								
		Boru çapı (inç)	: 3/4"																								
		Toprak derinliği (m)	: 1,8																								
SONUÇLAR																											
<b>Soğutma Çevrimi</b>		<b>Toprak Alanı</b>																									
																											
		a (cm)	: 10																								
		b (cm)	: 10																								
		c (cm)	: 10																								
		d (cm)	: 25																								
		e (cm)	: 220																								
		ri (cm)	: 15																								
		Boru aralık sayısı	: 11																								
		Genişlik (m)	: 3,453																								
		Yükseklik (m)	: 3,000																								
		Alan (m <sup>2</sup> )	: 10,358																								
		<b>Pompa Basma Yüğü</b>																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Eleman Tipi</th> <th>Kayıp Katsayısı</th> <th>Adet</th> <th>Toplam Kayıp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 90° düzgün dönüş-Flanşlı</td> <td>0,30</td> <td>32</td> <td>9,600</td> </tr> <tr> <td>2 Küresel vana-tam açık</td> <td>10,00</td> <td>2</td> <td>20,000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp	1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600	2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000	3				4				5			
Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp																								
1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600																								
2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000																								
3																											
4																											
5																											
		Ek boru uzunluğu (m)	: 26,0000																								
		Kot farkı (mSS)	: 2,3288																								
		Sürekli kayıplar (mSS)	: 0,4074																								
		Yerel kayıplar (mSS)	: 0,0964																								
		Pompa yüğü (mSS)	: 2,8326																								
		Salamura debisi (m <sup>3</sup> /saat)	: 0,2594																								
<b>TID ve Toprak Özellikleri</b>																											
İşletme faktörü	: 0,179																										
Boru direnci (m °C/W)	: 0,098																										
Toprak direnci (m °C/W)	: 0,861																										
En düşük toprak sıcaklığı (°C)	: 7,782																										
En yüksek toprak sıcaklığı (°C)	: 18,118																										
TID boru uzunluğu (m)	: 33,030																										
<b>Salamura özellikleri</b>																											
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	: 1024,52																										
Dinamik viskozite (kg/m s)	: 0,0012																										
<b>Akış özellikleri</b>																											
Ortalama hız (m/s)	: 0,25																										
Reynolds sayısı	: 4109																										

## Ek K-2. R134a Soğutucu akışkanı için ısıtma durumundaki program sonuçları

GİRİŞ PARAMETRELERİ							
Sistemin çalışma amacı :	Isıtma	Soğutma Yüğü (kW) :	1,4				
Salamura :	Etilen Glikol	Soğutucu Akışkan :	R134a				
Kütleli oran (%) :	20						
<b>Kompresör</b>		<b>Yoğuşurucu</b>					
İzentropik verim :	0,70	Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,02				
Mekanik Verim :	0,80	Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	10,00				
Elektrik motor verimi :	0,85	Hava giriş sıcaklığı (°C) :	20,00				
		Hava çıkış sıcaklığı (°C) :	30,00				
		Aşırı soğutma (°C) :	0,00				
<b>Buharlaştırıcı</b>		<b>Sabitler</b>					
Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,64	Havanın özgül ısı (kJ/kg K) :	1,005				
Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	0,35						
Salamura giriş sıcaklığı (°C) :	5,00						
Salamura çıkış sıcaklığı (°C) :	-5,00						
Aşırı kızdırma (°C) :	0,00						
<b>İşletme Faktörü</b>		<b>Boru ve Toprak Direnci</b>					
Bina içi sıcaklık (°C) :	22	Yerleştirme tipi :	Yatay				
Minimum hava sıcaklığı (°C) :	5	Döşeme tipi :	4				
Isıtma sınır sıcaklığı (°C) :	23	Toprak tipi :	Hafif Toprak - Nemli				
		Boru sınıfı :	PE SCH-40				
		Boru çapı (inç) :	3/4"				
		Toprak derinliği (m) :	1,8				
SONUÇLAR							
<b>Soğutma Cevrimi</b>		<b>Toprak Alanı</b>					
		a (cm) :	10	b (cm) :	10	c (cm) :	10
		d (cm) :	25	e (cm) :	220	ri (cm) :	15
		Boru aralık sayısı :	20				
		Genişlik (m) :	6,320				
		Yükseklik (m) :	3,000				
		Alan (m <sup>2</sup> ) :	18,961				
<b>Buharlaştırıcı sıcaklığı (°C) :</b>		-6,60					
<b>Yoğuşurucu sıcaklığı (°C) :</b>		33,20					
<b>Hava debisi (g/s) :</b>		139,30					
<b>Salamura debisi (g/s) :</b>		29,04					
<b>Buharlaştırıcı kapasitesi (kW) :</b>		1,13					
<b>Yoğuşurucu kapasitesi (kW) :</b>		1,41					
<b>Kompresör kapasitesi (kW) :</b>		0,43					
<b>Buharlaştırıcı basıncı (bar) :</b>		2,28					
<b>Yoğuşurucu basıncı (bar) :</b>		8,41					
<b>Basınç oranı :</b>		3,69					
<b>Soğutucu akışkan debisi (g/s) :</b>		7,50					
<b>Emiş hattı boru çapı (mm) :</b>		7,86					
<b>Basma hattı boru çapı (mm) :</b>		4,46					
<b>Yoğ. - Kıs. Vana arası boru çapı (mm) :</b>		3,41					
<b>Kıs. Vana - Buh. arası boru çapı (mm) :</b>		17,67					
<b>COP :</b>		3,29					
<b>TID ve Toprak Özellikleri</b>		<b>Pompa Basma Yüğü</b>					
İşletme faktörü :	0,824						
Boru direnci (m °C/W) :	0,098						
Toprak direnci (m °C/W) :	0,861						
En düşük toprak sıcaklığı (°C) :	7,782						
En yüksek toprak sıcaklığı (°C) :	18,118						
TID boru uzunluğu (m) :	61,527						
<b>Salamura özellikleri</b>		<b>Ek boru uzunluğu (m) :</b>					
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> ) :	1036,18	26,0000					
Dinamik viskozite (kg/m s) :	0,0034	Kot farkı (mSS) :					
		2,3288					
		Sürekli kayıplar (mSS) :					
		0,2523					
		Yerel kayıplar (mSS) :					
		0,0146					
		Pompa yüğü (mSS) :					
		2,5957					
		Salamura debisi (m <sup>3</sup> /saat) :					
		0,1009					
<b>Akış özellikleri</b>							
Ortalama hız (m/s) :	0,10						
Reynolds sayısı :	574						



## Ek K-4. R410a Soğutucu akışkanı için ısıtma durumundaki program sonuçları

GİRİŞ PARAMETRELERİ																											
Sistemin çalışma amacı :	Isıtma	Soğutma Yüğü (kW) :	1,4																								
Salamura :	Etilen Glikol	Soğutucu Akışkan :	R410a																								
Kütle oran (%) :	20																										
<b>Kompresör</b>		<b>Yoğuşurucu</b>																									
İzentropik verim :	0,70	Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,02																								
Mekanik Verim :	0,80	Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	10,00																								
Elektrik motor verimi :	0,85	Hava giriş sıcaklığı (°C) :	20,00																								
		Hava çıkış sıcaklığı (°C) :	30,00																								
		Aşırı soğutma (°C) :	0,00																								
<b>Buharlaştırıcı</b>		<b>Sabitler</b>																									
Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,64	Havanın özgül ısı (kJ/kg K) :	1,005																								
Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	0,35																										
Salamura giriş sıcaklığı (°C) :	5,00																										
Salamura çıkış sıcaklığı (°C) :	-5,00																										
Aşırı kızdırma (°C) :	0,00																										
<b>İşletme Faktörü</b>		<b>Boru ve Toprak Direnci</b>																									
Bina içi sıcaklık (°C) :	22	Yerleştirme tipi :	Yatay																								
Minimum hava sıcaklığı (°C) :	5	Döşeme tipi :	4																								
Isıtma sınır sıcaklığı (°C) :	23	Toprak tipi :	Hafif Toprak - Nemli																								
		Boru sınıfı :	PE SCH-40																								
		Boru çapı (inç) :	3/4"																								
		Toprak derinliği (m) :	1,8																								
SONUÇLAR																											
<b>Soğutma Çevrimi</b>		<b>Toprak Alanı</b>																									
																											
		a (cm) :	10																								
		b (cm) :	10																								
		c (cm) :	10																								
		d (cm) :	25																								
		e (cm) :	220																								
		ri (cm) :	15																								
		Boru aralık sayısı :	20																								
		Genişlik (m) :	6,105																								
		Yükseklik (m) :	3,000																								
		Alan (m <sup>2</sup> ) :	18,316																								
		<b>Pompa Basma Yüğü</b>																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Eleman Tipi</th> <th>Kayıp Katsayısı</th> <th>Adet</th> <th>Toplam Kayıp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 90° düzgün dönüş-Flanşlı</td> <td>0,30</td> <td>32</td> <td>9,600</td> </tr> <tr> <td>2 Küresel vana-tam açık</td> <td>10,00</td> <td>2</td> <td>20,000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp	1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600	2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000	3				4				5			
Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp																								
1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600																								
2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000																								
3																											
4																											
5																											
		Ek boru uzunluğu (m) :	26,0000																								
		Kot farkı (mSS) :	2,3288																								
		Sürekli kayıplar (mSS) :	0,2410																								
		Yerel kayıplar (mSS) :	0,0140																								
		Pompa yüğü (mSS) :	2,5838																								
		Salamura debisi (m <sup>3</sup> /saat) :	0,0988																								
		<b>TID ve Toprak Özellikleri</b>																									
İşletme faktörü :	0,824																										
Boru direnci (m °C/W) :	0,098																										
Toprak direnci (m °C/W) :	0,861																										
En düşük toprak sıcaklığı (°C) :	7,782																										
En yüksek toprak sıcaklığı (°C) :	18,118																										
TID boru uzunluğu (m) :	59,390																										
		<b>Salamura özellikleri</b>																									
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> ) :	1036,18																										
Dinamik viskozite (kg/m s) :	0,0034																										
		<b>Akış özellikleri</b>																									
Ortalama hız (m/s) :	0,10																										
Reynolds sayısı :	562																										





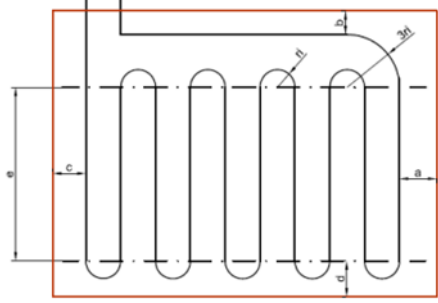
## Ek K-6. R22 Soğutucu akışkanı için ısıtma durumundaki program sonuçları

GİRİŞ PARAMETRELERİ																											
Sistemin çalışma amacı :	Isıtma	Soğutma Yüğü (kW) :	1,4																								
Salamura :	Etilen Glikol	Soğutucu Akışkan :	R22																								
Kütleli oran (%) :	20																										
<b>Kompresör</b>		<b>Yoğuşurucu</b>																									
İzentropik verim :	0,70	Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,02																								
Mekanik Verim :	0,80	Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	10,00																								
Elektrik motor verimi :	0,85	Hava giriş sıcaklığı (°C) :	20,00																								
		Hava çıkış sıcaklığı (°C) :	30,00																								
		Aşırı soğutma (°C) :	0,00																								
<b>Buharlaştırıcı</b>		<b>Sabitler</b>																									
Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,64	Havanın özgül ısı (kJ/kg K) :	1,005																								
Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	0,35																										
Salamura giriş sıcaklığı (°C) :	5,00																										
Salamura çıkış sıcaklığı (°C) :	-5,00																										
Aşırı kızdırma (°C) :	0,00																										
<b>İşletme Faktörü</b>		<b>Boru ve Toprak Direnci</b>																									
Bina içi sıcaklık (°C) :	22	Yerleştirme tipi :	Yatay																								
Minimum hava sıcaklığı (°C) :	5	Döşeme tipi :	4																								
Isıtma sınır sıcaklığı (°C) :	23	Toprak tipi :	Hafif Toprak - Nemli																								
		Boru sınıfı :	PE SCH-40																								
		Boru çapı (inç) :	3/4"																								
		Toprak derinliği (m) :	1,8																								
SONUÇLAR																											
<b>Soğutma Cevrimi</b>		<b>Toprak Alanı</b>																									
		a (cm) :	10	b (cm) :	10	c (cm) :	10																				
		d (cm) :	25	e (cm) :	220	ri (cm) :	15																				
		Boru aralık sayısı :	20	Genişlik (m) :	6,262	Yükseklik (m) :	3,000																				
		Alan (m <sup>2</sup> ) :	18,786																								
<b>Buharlaştırıcı sıcaklığı (°C) :</b>		-6,55																									
<b>Yoğuşurucu sıcaklığı (°C) :</b>		33,20																									
<b>Hava debisi (g/s) :</b>		139,30																									
<b>Salamura debisi (g/s) :</b>		28,87																									
<b>Buharlaştırıcı kapasitesi (kW) :</b>		1,11																									
<b>Yoğuşurucu kapasitesi (kW) :</b>		1,41																									
<b>Kompresör kapasitesi (kW) :</b>		0,44																									
<b>Buharlaştırıcı basıncı (bar) :</b>		3,98																									
<b>Yoğuşurucu basıncı (bar) :</b>		12,86																									
<b>Basınç oranı :</b>		3,23																									
<b>Soğutucu akışkan debisi (g/s) :</b>		6,85																									
<b>Emiş hattı boru çapı (mm) :</b>		6,07																									
<b>Basma hattı boru çapı (mm) :</b>		3,86																									
<b>Yoğ. - Kıs. Vana arası boru çapı (mm) :</b>		3,28																									
<b>Kıs. Vana - Buh. arası boru çapı (mm) :</b>		12,86																									
<b>COP :</b>		3,22																									
<b>TID ve Toprak Özellikleri</b>		<b>Pompa Basma Yüğü</b>																									
İşletme faktörü :	0,824																										
Boru direnci (m °C/W) :	0,098																										
Toprak direnci (m °C/W) :	0,861																										
En düşük toprak sıcaklığı (°C) :	7,782																										
En yüksek toprak sıcaklığı (°C) :	18,118																										
TID boru uzunluğu (m) :	60,948																										
<b>Salamura özellikleri</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Eleman Tipi</th> <th>Kayıp Katsayısı</th> <th>Adet</th> <th>Toplam Kayıp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 90° düzgün dönüş-Flanşlı</td> <td>0,30</td> <td>32</td> <td>9,600</td> </tr> <tr> <td>2 Küresel vana-tam açık</td> <td>10,00</td> <td>2</td> <td>20,000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp	1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600	2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000	3				4				5			
Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp																								
1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600																								
2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000																								
3																											
4																											
5																											
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> ) :	1036,18	Ek boru uzunluğu (m) :	26,0000																								
Dinamik viskozite (kg/m s) :	0,0034	Kot farkı (mSS) :	2,3288																								
		Sürekli kayıplar (mSS) :	0,2492																								
		Yerel kayıplar (mSS) :	0,0144																								
		Pompa yüğü (mSS) :	2,5924																								
		Salamura debisi (m <sup>3</sup> /saat) :	0,1003																								
<b>Akış özellikleri</b>																											
Ortalama hız (m/s) :	0,10																										
Reynolds sayısı :	571																										

## Ek K-7. R502 Soğutucu akışkanı için ısıtma durumundaki program sonuçları

GİRİŞ PARAMETRELERİ																											
Sistemin çalışma amacı :	Isıtma	Soğutma Yüğü (kW) :	1,4																								
Salamura :	Etilen Glikol	Soğutucu Akışkan :	R502																								
Kütleli oran (%) :	20																										
<b>Kompresör</b>		<b>Yoğuşurucu</b>																									
İzentropik verim :	0,70	Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,02																								
Mekanik Verim :	0,80	Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	10,00																								
Elektrik motor verimi :	0,85	Hava giriş sıcaklığı (°C) :	20,00																								
		Hava çıkış sıcaklığı (°C) :	30,00																								
		Aşırı soğutma (°C) :	0,00																								
<b>Buharlaştırıcı</b>		<b>Sabitler</b>																									
Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,64	Havanın özgül ısı (kJ/kg K) :	1,005																								
Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	0,35																										
Salamura giriş sıcaklığı (°C) :	5,00																										
Salamura çıkış sıcaklığı (°C) :	-5,00																										
Aşırı kızdırma (°C) :	0,00																										
<b>İşletme Faktörü</b>		<b>Boru ve Toprak Direnci</b>																									
Bina içi sıcaklık (°C) :	22	Yerleştirme tipi :	Yatay																								
Minimum hava sıcaklığı (°C) :	5	Döşeme tipi :	4																								
Isıtma sınır sıcaklığı (°C) :	23	Toprak tipi :	Hafif Toprak - Nemli																								
		Boru sınıfı :	PE SCH-40																								
		Boru çapı (inç) :	3/4"																								
		Toprak derinliği (m) :	1,8																								
SONUÇLAR																											
<b>Soğutma Çevrimi</b>		<b>Toprak Alanı</b>																									
		a (cm) :	10																								
		b (cm) :	10																								
		c (cm) :	10																								
		d (cm) :	25																								
		e (cm) :	220																								
		ri (cm) :	15																								
		Boru aralık sayısı :	20																								
		Genişlik (m) :	6,161																								
		Yükseklik (m) :	3,000																								
		Alan (m <sup>2</sup> ) :	18,483																								
		<b>Pompa Basma Yüğü</b>																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Eleman Tipi</th> <th>Kayıp Katsayısı</th> <th>Adet</th> <th>Toplam Kayıp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 90° düzgün dönüş-Flanşlı</td> <td>0,30</td> <td>32</td> <td>9,600</td> </tr> <tr> <td>2 Küresel vana-tam açık</td> <td>10,00</td> <td>2</td> <td>20,000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp	1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600	2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000	3				4				5			
Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp																								
1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600																								
2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000																								
3																											
4																											
5																											
		Ek boru uzunluğu (m) :	26,0000																								
		Kot farkı (mSS) :	2,3288																								
		Sürekli kayıplar (mSS) :	0,2439																								
		Yerel kayıplar (mSS) :	0,0141																								
		Pompa yüğü (mSS) :	2,5869																								
		Salamura debisi (m <sup>3</sup> /saat) :	0,0993																								
<b>TID ve Toprak Özellikleri</b>																											
İşletme faktörü :	0,824																										
Boru direnci (m °C/W) :	0,098																										
Toprak direnci (m °C/W) :	0,861																										
En düşük toprak sıcaklığı (°C) :	7,782																										
En yüksek toprak sıcaklığı (°C) :	18,118																										
TID boru uzunluğu (m) :	59,944																										
<b>Salamura özellikleri</b>																											
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> ) :	1036,18																										
Dinamik viskozite (kg/m s) :	0,0034																										
<b>Akış özellikleri</b>																											
Ortalama hız (m/s) :	0,10																										
Reynolds sayısı :	565																										

### Ek K-8. R134a Soğutucu akışkanı için soğutma durumundaki program sonuçları

GİRİŞ PARAMETRELERİ																											
Sistemin çalışma amacı :	Soğutma	Soğutma Yüğü (kW) :	2,2																								
Salamura :	Etilen Glikol	Soğutucu Akışkan :	R134a																								
Kütle oran (%) :	20																										
<b>Kompresör</b>		<b>Buharlaştırıcı</b>																									
İzentropik verim :	0,70	Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,02																								
Mekanik Verim :	0,80	Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	10,00																								
Elektrik motor verimi :	0,85	Hava giriş sıcaklığı (°C) :	20,00																								
		Hava çıkış sıcaklığı (°C) :	10,00																								
		Aşırı kızdırma (°C) :	0,00																								
<b>Yoğuşurucu</b>		<b>Sabitler</b>																									
Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,64	Havanın özgül ısı (kJ/kg K) :	1,005																								
Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	0,35																										
Salamura giriş sıcaklığı (°C) :	30,00																										
Salamura çıkış sıcaklığı (°C) :	40,00																										
Aşırı soğutma (°C) :	0,00																										
<b>İşletme Faktörü</b>		<b>Boru ve Toprak Direnci</b>																									
Bina içi sıcaklık (°C) :	22	Yerleşime tipi :	Yatay																								
Minimum hava sıcaklığı (°C) :	5	Döşeme tipi :	4																								
İstima sınır sıcaklığı (°C) :	23	Toprak tipi :	Hafif Toprak - Nemli																								
		Boru sınıfı :	PE SCH-40																								
		Boru çapı (inç) :	3/4"																								
		Toprak derinliği (m) :	1,8																								
SONUÇLAR																											
<b>Soğutma Çevrimi</b>		<b>Toprak Alanı</b>																									
																											
		a (cm) :	10																								
		b (cm) :	10																								
		c (cm) :	10																								
		d (cm) :	25																								
		e (cm) :	220																								
		ri (cm) :	15																								
		Boru aralık sayısı :	12																								
		Genişlik (m) :	3,809																								
		Yükseklik (m) :	3,000																								
		Alan (m <sup>2</sup> ) :	11,426																								
		<b>Pompa Basma Yüğü</b>																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Eleman Tipi</th> <th>Kayıp Katsayısı</th> <th>Adet</th> <th>Toplam Kayıp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 90° düzgün dönüş-Flanşlı</td> <td>0,30</td> <td>32</td> <td>9,600</td> </tr> <tr> <td>2 Küresel vana-tam açık</td> <td>10,00</td> <td>2</td> <td>20,000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp	1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600	2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000	3				4				5			
Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp																								
1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600																								
2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000																								
3																											
4																											
5																											
		Ek boru uzunluğu (m) :	26,0000																								
		Kot farkı (mSS) :	2,3288																								
		Sürekli kayıplar (mSS) :	0,4319																								
		Yerel kayıplar (mSS) :	0,0964																								
		Pompa yüğü (mSS) :	2,8571																								
		Salamura debisi (m <sup>3</sup> /saat) :	0,2594																								
<b>TID ve Toprak Özellikleri</b>																											
İşletme faktörü :	0,179																										
Boru direnci (m °C/W) :	0,098																										
Toprak direnci (m °C/W) :	0,861																										
En düşük toprak sıcaklığı (°C) :	7,782																										
En yüksek toprak sıcaklığı (°C) :	18,118																										
TID boru uzunluğu (m) :	36,569																										
<b>Salamura özellikleri</b>																											
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> ) :	1024,52																										
Dinamik viskozite (kg/m s) :	0,0012																										
<b>Akış özellikleri</b>																											
Ortalama hız (m/s) :	0,25																										
Reynolds sayısı :	4109																										





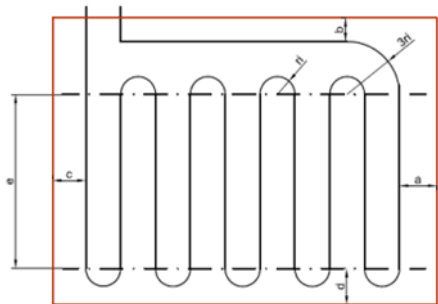








## Ek K-14. 0,91m gömme derinliği ve 19,05mm TID boru çapı için program sonuçları

GİRİŞ PARAMETRELERİ																											
Sistemin çalışma amacı :	Isıtma	Soğutma Yüğü (kW) :	1,4																								
Salamura :	Etilen Glikol	Soğutucu Akışkan :	R134a																								
Kütleli oran (%) :	20																										
<b>Kompresör</b>		<b>Yoğuşurucu</b>																									
İzentropik verim :	0,70	Toplam ısı geğış katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,02																								
Mekanik Verim :	0,80	Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	10,00																								
Elektrik motor verimi :	0,85	Hava giriş sıcaklığı (°C) :	20,00																								
		Hava çıkış sıcaklığı (°C) :	30,00																								
		Aşırı soğutma (°C) :	0,00																								
<b>Buharlaştırıcı</b>		<b>Sabitler</b>																									
Toplam ısı geğış katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,64	Havanın özgül ısı (kJ/kg K) :	1,005																								
Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	0,35																										
Salamura giriş sıcaklığı (°C) :	5,00																										
Salamura çıkış sıcaklığı (°C) :	-5,00																										
Aşırı kızdırma (°C) :	0,00																										
<b>İşletme Faktörü</b>		<b>Boru ve Toprak Direnci</b>																									
Bina içi sıcaklık (°C) :	22	Yerleşime tipi :	Yatay																								
Minimum hava sıcaklığı (°C) :	5	Döşeme tipi :	1																								
Isıtma sınır sıcaklığı (°C) :	23	Toprak tipi :	Hafif Toprak - Nemli																								
		Boru sınıfı :	PE SCH-40																								
		Boru çapı (inç) :	3/4"																								
		Toprak derinliği (m) :	0,9																								
SONUÇLAR																											
<b>Soğutma Çevrimi</b>		<b>Toprak Alanı</b>																									
																											
		a (cm) :	10																								
		b (cm) :	10																								
		c (cm) :	10																								
		d (cm) :	25																								
		e (cm) :	220																								
		ri (cm) :	15																								
		Boru aralık sayısı :	24																								
		Genişlik (m) :	7,401																								
		Yükseklik (m) :	3,000																								
		Alan (m <sup>2</sup> ) :	22,202																								
		<b>Pompa Basma Yüğü</b>																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Eleman Tipi</th> <th>Kayıp Katsayısı</th> <th>Adet</th> <th>Toplam Kayıp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 90° düzgün dönüş-Flanşlı</td> <td>0,30</td> <td>32</td> <td>9,600</td> </tr> <tr> <td>2 Küresel vana-tam açık</td> <td>10,00</td> <td>2</td> <td>20,000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp	1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600	2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000	3				4				5			
Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp																								
1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600																								
2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000																								
3																											
4																											
5																											
		Ek boru uzunluğu (m) :	26,0000																								
		Kot farkı (mSS) :	1,4144																								
		Sürekli kayıplar (mSS) :	0,2832																								
		Yerel kayıplar (mSS) :	0,0146																								
		Pompa yüğü (mSS) :	1,7122																								
		Salamura debisi (m <sup>3</sup> /saat) :	0,1009																								
<b>TID ve Toprak Özellikleri</b>																											
İşletme faktörü :	0,824																										
Boru direnci (m °C/W) :	0,098																										
Toprak direnci (m °C/W) :	0,798																										
En düşük toprak sıcaklığı (°C) :	5,178																										
En yüksek toprak sıcaklığı (°C) :	20,722																										
TID boru uzunluğu (m) :	72,263																										
<b>Salamura özellikleri</b>																											
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> ) :	1036,18																										
Dinamik vizkozite (kg/m s) :	0,0034																										
<b>Akış özellikleri</b>																											
Ortalama hız (m/s) :	0,10																										
Reynolds sayısı :	574																										





## Ek K-17. 0,91m gömme derinliği ve 38,1 mm TID boru çapı için program sonuçları

GİRİŞ PARAMETRELERİ																											
Sistemin çalışma amacı :	Isıtma	Soğutma Yüğü (kW) :	1,4																								
Salamura :	Etilen Glikol	Soğutucu Akışkan :	R134a																								
Kütleli oran (%) :	20																										
<b>Kompresör</b>		<b>Yoğuşurucu</b>																									
İzentropik verim :	0,70	Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,02																								
Mekanik Verim :	0,80	Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	10,00																								
Elektrik motor verimi :	0,85	Hava giriş sıcaklığı (°C) :	20,00																								
		Hava çıkış sıcaklığı (°C) :	30,00																								
		Aşırı soğutma (°C) :	0,00																								
<b>Buharlaştırıcı</b>		<b>Sabitler</b>																									
Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,64	Havanın özgül ısı (kJ/kg K) :	1,005																								
Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	0,35																										
Salamura giriş sıcaklığı (°C) :	5,00																										
Salamura çıkış sıcaklığı (°C) :	-5,00																										
Aşırı kızdırma (°C) :	0,00																										
<b>İşletme Faktörü</b>		<b>Boru ve Toprak Direnci</b>																									
Bina içi sıcaklık (°C) :	22	Yerleştirme tipi :	Yatay																								
Minimum hava sıcaklığı (°C) :	5	Döşeme tipi :	1																								
Isıtma sınır sıcaklığı (°C) :	23	Toprak tipi :	Hafif Toprak - Nemli																								
		Boru sınıfı :	PE SCH-40																								
		Boru çapı (inç) :	1-1/2"																								
		Toprak derinliği (m) :	0,9																								
SONUÇLAR																											
<b>Soğutma Çevrimi</b>		<b>Toprak Alanı</b>																									
		a (cm) :	10	b (cm) :	10	c (cm) :	10																				
		d (cm) :	25	e (cm) :	220	ri (cm) :	15																				
		Boru aralık sayısı :	20																								
		Genişlik (m) :	6,326																								
		Yükseklik (m) :	3,000																								
		Alan (m <sup>2</sup> ) :	18,979																								
<b>Buharlaştırıcı sıcaklığı (°C) :</b>		-6,60																									
<b>Yoğuşurucu sıcaklığı (°C) :</b>		33,20																									
<b>Hava debisi (g/s) :</b>		139,30																									
<b>Salamura debisi (g/s) :</b>		29,04																									
<b>Buharlaştırıcı kapasitesi (kW) :</b>		1,13																									
<b>Yoğuşurucu kapasitesi (kW) :</b>		1,41																									
<b>Kompresör kapasitesi (kW) :</b>		0,43																									
<b>Buharlaştırıcı basıncı (bar) :</b>		2,28																									
<b>Yoğuşurucu basıncı (bar) :</b>		8,41																									
<b>Basınç oranı :</b>		3,69																									
<b>Soğutucu akışkan debisi (g/s) :</b>		7,50																									
<b>Emiş hattı boru çapı (mm) :</b>		7,86																									
<b>Basma hattı boru çapı (mm) :</b>		4,46																									
<b>Yoğ. - Kıs. Vana arası boru çapı (mm) :</b>		3,41																									
<b>Kıs. Vana - Buh. arası boru çapı (mm) :</b>		17,67																									
<b>COP :</b>		3,29																									
<b>TID ve Toprak Özellikleri</b>		<b>Pompa Basma Yüğü</b>																									
İşletme faktörü :	0,824																										
Boru direnci (m °C/W) :	0,068																										
Toprak direnci (m °C/W) :	0,699																										
En düşük toprak sıcaklığı (°C) :	5,178																										
En yüksek toprak sıcaklığı (°C) :	20,722																										
TID boru uzunluğu (m) :	61,588																										
<b>Salamura özellikleri</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Eleman Tipi</th> <th>Kayıp Katsayısı</th> <th>Adet</th> <th>Toplam Kayıp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 90° düzgün dönüş-Flanşlı</td> <td>0,30</td> <td>32</td> <td>9,600</td> </tr> <tr> <td>2 Küresel vana-tam açık</td> <td>10,00</td> <td>2</td> <td>20,000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp	1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600	2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000	3				4				5			
Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp																								
1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600																								
2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000																								
3																											
4																											
5																											
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> ) :	1036,18	Ek boru uzunluğu (m) :	26,0000																								
Dinamik vizkozite (kg/m s) :	0,0034	Kot farkı (mSS) :	1,4144																								
		Sürekli kayıplar (mSS) :	0,0158																								
		Yerel kayıplar (mSS) :	0,0009																								
		Pompa yüğü (mSS) :	1,4311																								
		Salamura debisi (m <sup>3</sup> /saat) :	0,1009																								
<b>Akış özellikleri</b>																											
Ortalama hız (m/s) :	0,02																										
Reynolds sayısı :	287																										









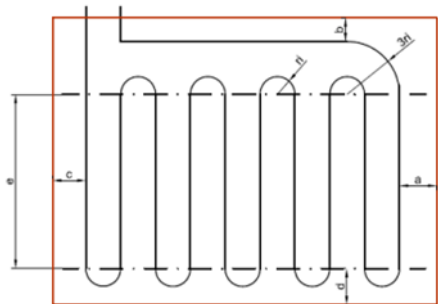








## Ek K-25. 1,52m gömme derinliği ve 25,4 mm TID boru çapı için program sonuçları

GİRİŞ PARAMETRELERİ																											
Sistemin çalışma amacı	: Soğutma	Soğutma Yüğü (kW)	: 2,2																								
Salamura	: Etilen Glikol	Soğutucu Akışkan	: R134a																								
Kütleli oran (%)	: 20																										
<b>Kompresör</b>		<b>Buharlaştırıcı</b>																									
İzentropik verim	: 0,70	Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C)	: 0,02																								
Mekanik Verim	: 0,80	Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> )	: 10,00																								
Elektrik motor verimi	: 0,85	Hava giriş sıcaklığı (°C)	: 20,00																								
		Hava çıkış sıcaklığı (°C)	: 10,00																								
		Aşırı kızdırma (°C)	: 0,00																								
<b>Yoğuşurucu</b>		<b>Sabitler</b>																									
Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C)	: 0,64	Havanın özgül ısı (kJ/kg K)	: 1,005																								
Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> )	: 0,35																										
Salamura giriş sıcaklığı (°C)	: 30,00																										
Salamura çıkış sıcaklığı (°C)	: 40,00																										
Aşırı soğutma (°C)	: 0,00																										
<b>İşletme Faktörü</b>		<b>Boru ve Toprak Direnci</b>																									
Bina içi sıcaklık (°C)	: 22	Yerleştirme tipi	: Yatay																								
Minimum hava sıcaklığı (°C)	: 5	Döşeme tipi	: 3																								
İstima sınır sıcaklığı (°C)	: 23	Toprak tipi	: Hafif Toprak - Nemli																								
		Boru sınıfı	: PE SCH-40																								
		Boru çapı (inç)	: 1"																								
		Toprak derinliği (m)	: 1,5																								
SONUÇLAR																											
<b>Soğutma Çevrimi</b>		<b>Toprak Alanı</b>																									
																											
		a (cm)	: 10																								
		b (cm)	: 10																								
		c (cm)	: 10																								
		d (cm)	: 25																								
		e (cm)	: 220																								
		ri (cm)	: 15																								
		Boru aralık sayısı	: 12																								
		Genişlik (m)	: 3,703																								
		Yükseklik (m)	: 3,000																								
		Alan (m <sup>2</sup> )	: 11,110																								
		<b>Pompa Basma Yüğü</b>																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Eleman Tipi</th> <th>Kayıp Katsayısı</th> <th>Adet</th> <th>Toplam Kayıp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 90° düzgün dönüş-Flanşlı</td> <td>0,30</td> <td>32</td> <td>9,600</td> </tr> <tr> <td>2 Küresel vana-tam açık</td> <td>10,00</td> <td>2</td> <td>20,000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp	1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600	2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000	3				4				5			
Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp																								
1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600																								
2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000																								
3																											
4																											
5																											
		Ek boru uzunluğu (m)	: 26,0000																								
		Kot farkı (mSS)	: 2,0240																								
		Sürekli kayıplar (mSS)	: 0,0518																								
		Yerel kayıplar (mSS)	: 0,0305																								
		Pompa yüğü (mSS)	: 2,1063																								
		Salamura debisi (m <sup>3</sup> /saat)	: 0,2594																								
<b>TID ve Toprak Özellikleri</b>		<b>Akış özellikleri</b>																									
İşletme faktörü	: 0,179	Ortalama hız (m/s)	: 0,14																								
Boru direnci (m °C/W)	: 0,092	Reynolds sayısı	: 3082																								
Toprak direnci (m °C/W)	: 0,809																										
En düşük toprak sıcaklığı (°C)	: 7,029																										
En yüksek toprak sıcaklığı (°C)	: 18,871																										
TID boru uzunluğu (m)	: 35,522																										
<b>Salamura özellikleri</b>																											
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	: 1024,52																										
Dinamik viskozite (kg/m s)	: 0,0012																										

## Ek K-26. 1,52m gömme derinliği ve 31,75 mm TID boru çapı için program sonuçları

GİRİŞ PARAMETRELERİ																																						
Sistemin çalışma amacı :	Soğutma	Soğutma Yüğü (kW) :	2,2																																			
Salamura :	Etilen Glikol	Soğutucu Akışkan :	R134a																																			
Kütleli oran (%) :	20																																					
<b>Kompresör</b>		<b>Buharlaştırıcı</b>																																				
İzentropik verim :	0,70	Toplam ısı geğış katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,02																																			
Mekanik Verim :	0,80	Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	10,00																																			
Elektrik motor verimi :	0,85	Hava giriş sıcaklığı (°C) :	20,00																																			
		Hava çıkış sıcaklığı (°C) :	10,00																																			
		Aşırı kızdırma (°C) :	0,00																																			
<b>Yoğuşurucu</b>		<b>Sabitler</b>																																				
Toplam ısı geğış katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,64	Havanın özgül ısı (kJ/kg K) :	1,005																																			
Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	0,35																																					
Salamura giriş sıcaklığı (°C) :	30,00																																					
Salamura çıkış sıcaklığı (°C) :	40,00																																					
Aşırı soğutma (°C) :	0,00																																					
<b>İşletme Faktörü</b>		<b>Boru ve Toprak Direnci</b>																																				
Bina içi sıcaklık (°C) :	22	Yerleşime tipi :	Yatay																																			
Minimum hava sıcaklığı (°C) :	5	Döşeme tipi :	3																																			
İstima sınır sıcaklığı (°C) :	23	Toprak tipi :	Hafif Toprak - Nemli																																			
		Boru sınıfı :	PE SCH-40																																			
		Boru çapı (inç) :	1-1/4"																																			
		Toprak derinliği (m) :	1,5																																			
SONUÇLAR																																						
<b>Soğutma Çevrimi</b>		<b>Toprak Alanı</b>																																				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>P (bar)</th> <th>T (°C)</th> <th>v (dm<sup>3</sup>/kg)</th> <th>h (kJ/kg)</th> <th>s (kJ/kg K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3,29</td> <td>3,30</td> <td>63,47332</td> <td>400,520</td> <td>1,7259</td> </tr> <tr> <td>2s</td> <td>12,60</td> <td>52,65</td> <td>16,43738</td> <td>427,885</td> <td>1,7258</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>12,60</td> <td>63,01</td> <td>17,71385</td> <td>439,615</td> <td>1,7571</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>12,60</td> <td>48,45</td> <td>0,90177</td> <td>269,822</td> <td>1,2320</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3,29</td> <td>3,30</td> <td>21,14526</td> <td>269,822</td> <td>1,2521</td> </tr> </tbody> </table>		P (bar)	T (°C)	v (dm <sup>3</sup> /kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg K)	1	3,29	3,30	63,47332	400,520	1,7259	2s	12,60	52,65	16,43738	427,885	1,7258	2	12,60	63,01	17,71385	439,615	1,7571	3	12,60	48,45	0,90177	269,822	1,2320	4	3,29	3,30	21,14526	269,822	1,2521
P (bar)	T (°C)	v (dm <sup>3</sup> /kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg K)																																		
1	3,29	3,30	63,47332	400,520	1,7259																																	
2s	12,60	52,65	16,43738	427,885	1,7258																																	
2	12,60	63,01	17,71385	439,615	1,7571																																	
3	12,60	48,45	0,90177	269,822	1,2320																																	
4	3,29	3,30	21,14526	269,822	1,2521																																	
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Buharlaştırıcı sıcaklığı (°C) :</td> <td>3,30</td> </tr> <tr> <td>Yoğuşurucu sıcaklığı (°C) :</td> <td>48,45</td> </tr> <tr> <td>Hava debisi (g/s) :</td> <td>218,91</td> </tr> <tr> <td>Salamura debisi (g/s) :</td> <td>73,82</td> </tr> <tr> <td>Buharlaştırıcı kapasitesi (kW) :</td> <td>2,19</td> </tr> <tr> <td>Yoğuşurucu kapasitesi (kW) :</td> <td>2,86</td> </tr> <tr> <td>Kompresör kapasitesi (kW) :</td> <td>0,97</td> </tr> <tr> <td>Buharlaştırıcı basıncı (bar) :</td> <td>3,29</td> </tr> <tr> <td>Yoğuşurucu basıncı (bar) :</td> <td>12,60</td> </tr> <tr> <td>Basınç oranı :</td> <td>3,83</td> </tr> <tr> <td>Soğutucu akışkan debisi (g/s) :</td> <td>16,83</td> </tr> <tr> <td>Emiş hattı boru çapı (mm) :</td> <td>9,86</td> </tr> <tr> <td>Basma hattı boru çapı (mm) :</td> <td>5,40</td> </tr> <tr> <td>Yoğ. - Kıs. Vana arası boru çapı (mm) :</td> <td>5,25</td> </tr> <tr> <td>Kıs. Vana - Buh. arası boru çapı (mm) :</td> <td>24,58</td> </tr> <tr> <td>COP :</td> <td>2,27</td> </tr> </tbody> </table>		Buharlaştırıcı sıcaklığı (°C) :	3,30	Yoğuşurucu sıcaklığı (°C) :	48,45	Hava debisi (g/s) :	218,91	Salamura debisi (g/s) :	73,82	Buharlaştırıcı kapasitesi (kW) :	2,19	Yoğuşurucu kapasitesi (kW) :	2,86	Kompresör kapasitesi (kW) :	0,97	Buharlaştırıcı basıncı (bar) :	3,29	Yoğuşurucu basıncı (bar) :	12,60	Basınç oranı :	3,83	Soğutucu akışkan debisi (g/s) :	16,83	Emiş hattı boru çapı (mm) :	9,86	Basma hattı boru çapı (mm) :	5,40	Yoğ. - Kıs. Vana arası boru çapı (mm) :	5,25	Kıs. Vana - Buh. arası boru çapı (mm) :	24,58	COP :	2,27			
Buharlaştırıcı sıcaklığı (°C) :	3,30																																					
Yoğuşurucu sıcaklığı (°C) :	48,45																																					
Hava debisi (g/s) :	218,91																																					
Salamura debisi (g/s) :	73,82																																					
Buharlaştırıcı kapasitesi (kW) :	2,19																																					
Yoğuşurucu kapasitesi (kW) :	2,86																																					
Kompresör kapasitesi (kW) :	0,97																																					
Buharlaştırıcı basıncı (bar) :	3,29																																					
Yoğuşurucu basıncı (bar) :	12,60																																					
Basınç oranı :	3,83																																					
Soğutucu akışkan debisi (g/s) :	16,83																																					
Emiş hattı boru çapı (mm) :	9,86																																					
Basma hattı boru çapı (mm) :	5,40																																					
Yoğ. - Kıs. Vana arası boru çapı (mm) :	5,25																																					
Kıs. Vana - Buh. arası boru çapı (mm) :	24,58																																					
COP :	2,27																																					
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>a (cm) :</td> <td>10</td> <td>b (cm) :</td> <td>10</td> <td>c (cm) :</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>d (cm) :</td> <td>25</td> <td>e (cm) :</td> <td>220</td> <td>ri (cm) :</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Boru aralık sayısı :</td> <td>11</td> <td>Genişlik (m) :</td> <td>3,357</td> <td>Yükseklik (m) :</td> <td>3,000</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Alan (m<sup>2</sup>) :</td> <td>10,070</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		a (cm) :	10	b (cm) :	10	c (cm) :	10	d (cm) :	25	e (cm) :	220	ri (cm) :	15	Boru aralık sayısı :	11	Genişlik (m) :	3,357	Yükseklik (m) :	3,000			Alan (m <sup>2</sup> ) :	10,070													
a (cm) :	10	b (cm) :	10	c (cm) :	10																																	
d (cm) :	25	e (cm) :	220	ri (cm) :	15																																	
Boru aralık sayısı :	11	Genişlik (m) :	3,357	Yükseklik (m) :	3,000																																	
		Alan (m <sup>2</sup> ) :	10,070																																			
		<b>Pompa Basma Yüğü</b>																																				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Eleman Tipi</th> <th>Kayıp Katsayısı</th> <th>Adet</th> <th>Toplam Kayıp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>90° düzgün dönüş-Flanşlı</td> <td>0,30</td> <td>32</td> <td>9,600</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Küresel vana-tam açık</td> <td>10,00</td> <td>2</td> <td>20,000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp	1	90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600	2	Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000	3					4					5										
Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp																																			
1	90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600																																		
2	Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000																																		
3																																						
4																																						
5																																						
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Ek boru uzunluğu (m) :</td> <td>26,0000</td> </tr> <tr> <td>Kot farkı (mSS) :</td> <td>2,0240</td> </tr> <tr> <td>Sürekli kayıplar (mSS) :</td> <td>0,0200</td> </tr> <tr> <td>Yerel kayıplar (mSS) :</td> <td>0,0125</td> </tr> <tr> <td>Pompa yüğü (mSS) :</td> <td>2,0565</td> </tr> <tr> <td>Salamura debisi (m<sup>3</sup>/saat) :</td> <td>0,2594</td> </tr> </tbody> </table>		Ek boru uzunluğu (m) :	26,0000	Kot farkı (mSS) :	2,0240	Sürekli kayıplar (mSS) :	0,0200	Yerel kayıplar (mSS) :	0,0125	Pompa yüğü (mSS) :	2,0565	Salamura debisi (m <sup>3</sup> /saat) :	0,2594																							
Ek boru uzunluğu (m) :	26,0000																																					
Kot farkı (mSS) :	2,0240																																					
Sürekli kayıplar (mSS) :	0,0200																																					
Yerel kayıplar (mSS) :	0,0125																																					
Pompa yüğü (mSS) :	2,0565																																					
Salamura debisi (m <sup>3</sup> /saat) :	0,2594																																					
<b>TID ve Toprak Özellikleri</b>																																						
İşletme faktörü :	0,179																																					
Boru direnci (m °C/W) :	0,075																																					
Toprak direnci (m °C/W) :	0,775																																					
En düşük toprak sıcaklığı (°C) :	7,029																																					
En yüksek toprak sıcaklığı (°C) :	18,871																																					
TID boru uzunluğu (m) :	32,077																																					
<b>Salamura özellikleri</b>																																						
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> ) :	1024,52																																					
Dinamik viskozite (kg/m s) :	0,0012																																					
<b>Akış özellikleri</b>																																						
Ortalama hız (m/s) :	0,09																																					
Reynolds sayısı :	2466																																					

## Ek K-27. 1,52m gömme derinliği ve 38,1 mm TID boru çapı için program sonuçları

GİRİŞ PARAMETRELERİ																																							
Sistemin çalışma amacı :	Soğutma	Soğutma Yüğü (kW) :	2,2																																				
Salamura :	Etilen Glikol	Soğutucu Akışkan :	R134a																																				
Kütle oran (%) :	20																																						
<b>Kompresör</b>		<b>Buharlaştırıcı</b>																																					
İzentropik verim :	0,70	Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,02																																				
Mekanik Verim :	0,80	Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	10,00																																				
Elektrik motor verimi :	0,85	Hava giriş sıcaklığı (°C) :	20,00																																				
		Hava çıkış sıcaklığı (°C) :	10,00																																				
		Aşırı kızdırma (°C) :	0,00																																				
<b>Yoğuşurucu</b>		<b>Sabitler</b>																																					
Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,64	Havanın özgül ısı (kJ/kg K) :	1,005																																				
Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	0,35																																						
Salamura giriş sıcaklığı (°C) :	30,00																																						
Salamura çıkış sıcaklığı (°C) :	40,00																																						
Aşırı soğutma (°C) :	0,00																																						
<b>İşletme Faktörü</b>		<b>Boru ve Toprak Direnci</b>																																					
Bina içi sıcaklık (°C) :	22	Yerleştirme tipi :	Yatay																																				
Minimum hava sıcaklığı (°C) :	5	Döşeme tipi :	3																																				
İstima sınır sıcaklığı (°C) :	23	Toprak tipi :	Hafif Toprak - Nemli																																				
		Boru sınıfı :	PE SCH-40																																				
		Boru çapı (inç) :	1-1/2"																																				
		Toprak derinliği (m) :	1,5																																				
SONUÇLAR																																							
<b>Soğutma Çevrimi</b>		<b>Toprak Alanı</b>																																					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>P (bar)</th> <th>T (°C)</th> <th>v (dm<sup>3</sup>/kg)</th> <th>h (kJ/kg)</th> <th>s (kJ/kg K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3,29</td> <td>3,30</td> <td>63,47332</td> <td>400,520</td> <td>1,7259</td> </tr> <tr> <td>2s</td> <td>12,60</td> <td>52,65</td> <td>16,43738</td> <td>427,885</td> <td>1,7258</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>12,60</td> <td>63,01</td> <td>17,71385</td> <td>439,615</td> <td>1,7571</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>12,60</td> <td>48,45</td> <td>0,90177</td> <td>269,822</td> <td>1,2320</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3,29</td> <td>3,30</td> <td>21,14526</td> <td>269,822</td> <td>1,2521</td> </tr> </tbody> </table>		P (bar)	T (°C)	v (dm <sup>3</sup> /kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg K)	1	3,29	3,30	63,47332	400,520	1,7259	2s	12,60	52,65	16,43738	427,885	1,7258	2	12,60	63,01	17,71385	439,615	1,7571	3	12,60	48,45	0,90177	269,822	1,2320	4	3,29	3,30	21,14526	269,822	1,2521		
	P (bar)	T (°C)	v (dm <sup>3</sup> /kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg K)																																		
1	3,29	3,30	63,47332	400,520	1,7259																																		
2s	12,60	52,65	16,43738	427,885	1,7258																																		
2	12,60	63,01	17,71385	439,615	1,7571																																		
3	12,60	48,45	0,90177	269,822	1,2320																																		
4	3,29	3,30	21,14526	269,822	1,2521																																		
	<p>Buharlaştırıcı sıcaklığı (°C) : 3,30</p> <p>Yoğuşurucu sıcaklığı (°C) : 48,45</p> <p>Hava debisi (g/s) : 218,91</p> <p>Salamura debisi (g/s) : 73,82</p> <p>Buharlaştırıcı kapasitesi (kW) : 2,19</p> <p>Yoğuşurucu kapasitesi (kW) : 2,86</p> <p>Kompresör kapasitesi (kW) : 0,97</p> <p>Buharlaştırıcı basıncı (bar) : 3,29</p> <p>Yoğuşurucu basıncı (bar) : 12,60</p> <p>Basınç oranı : 3,83</p> <p>Soğutucu akışkan debisi (g/s) : 16,83</p> <p>Emiş hattı boru çapı (mm) : 9,86</p> <p>Basma hattı boru çapı (mm) : 5,40</p> <p>Yoğ. - Kıs. Vana arası boru çapı (mm) : 5,25</p> <p>Kıs. Vana - Buh. arası boru çapı (mm) : 24,58</p> <p>COP : 2,27</p>	<p>a (cm) : 10      b (cm) : 10      c (cm) : 10</p> <p>d (cm) : 25      e (cm) : 220      ri (cm) : 15</p> <p>Boru aralık sayısı : 10</p> <p>Genişlik (m) : 3,181</p> <p>Yükseklik (m) : 3,000</p> <p>Alan (m<sup>2</sup>) : 9,543</p>																																					
	<b>TID ve Toprak Özellikleri</b>	<b>Pompa Basma Yüğü</b>																																					
	<p>İşletme faktörü : 0,179</p> <p>Boru direnci (m °C/W) : 0,068</p> <p>Toprak direnci (m °C/W) : 0,751</p> <p>En düşük toprak sıcaklığı (°C) : 7,029</p> <p>En yüksek toprak sıcaklığı (°C) : 18,871</p> <p>TID boru uzunluğu (m) : 30,329</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Eleman Tipi</th> <th>Kayıp Katsayısı</th> <th>Adet</th> <th>Toplam Kayıp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 90° düzgün dönüş-Flanşlı</td> <td>0,30</td> <td>32</td> <td>9,600</td> </tr> <tr> <td>2 Küresel vana-tam açık</td> <td>10,00</td> <td>2</td> <td>20,000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp	1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600	2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000	3				4				5															
Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp																																				
1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600																																				
2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000																																				
3																																							
4																																							
5																																							
	<b>Salamura özellikleri</b>	<p>Ek boru uzunluğu (m) : 26,0000</p> <p>Kot farkı (mSS) : 2,0240</p> <p>Sürekli kayıplar (mSS) : 0,0094</p> <p>Yerel kayıplar (mSS) : 0,0060</p> <p>Pompa yüğü (mSS) : 2,0394</p> <p>Salamura debisi (m<sup>3</sup>/saat) : 0,2594</p>																																					
	<b>Akış özellikleri</b>																																						
	<p>Ortalama hız (m/s) : 0,06</p> <p>Reynolds sayısı : 2055</p>																																						

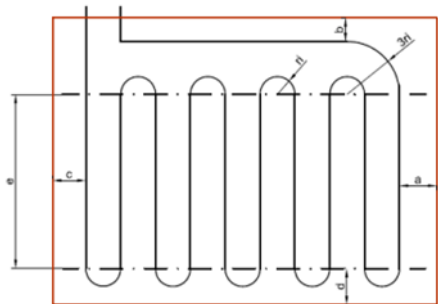
## Ek K-28. 1,52m gömme derinliği ve 50,08 mm TID boru çapı için program sonuçları

GİRİŞ PARAMETRELERİ																											
Sistemin çalışma amacı :	Soğutma	Soğutma Yüğü (kW) :	2,2																								
Salamura :	Etilen Glikol	Soğutucu Akışkan :	R134a																								
Kütle oran (%) :	20																										
<b>Kompresör</b>		<b>Buharlaştırıcı</b>																									
İzentropik verim :	0,70	Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,02																								
Mekanik Verim :	0,80	Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	10,00																								
Elektrik motor verimi :	0,85	Hava giriş sıcaklığı (°C) :	20,00																								
		Hava çıkış sıcaklığı (°C) :	10,00																								
		Aşırı kızdırma (°C) :	0,00																								
<b>Yoğuşurucu</b>		<b>Sabitler</b>																									
Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,64	Havanın özgül ısı (kJ/kg K) :	1,005																								
Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	0,35																										
Salamura giriş sıcaklığı (°C) :	30,00																										
Salamura çıkış sıcaklığı (°C) :	40,00																										
Aşırı soğutma (°C) :	0,00																										
<b>İşletme Faktörü</b>		<b>Boru ve Toprak Direnci</b>																									
Bina içi sıcaklık (°C) :	22	Yerleştirme tipi :	Yatay																								
Minimum hava sıcaklığı (°C) :	5	Döşeme tipi :	3																								
İstima sınır sıcaklığı (°C) :	23	Toprak tipi :	Hafif Toprak - Nemli																								
		Boru sınıfı :	PE SCH-40																								
		Boru çapı (inç) :	2"																								
		Toprak derinliği (m) :	1,5																								
SONUÇLAR																											
<b>Soğutma Çevrimi</b>		<b>Toprak Alanı</b>																									
		a (cm) :	10	b (cm) :	10	c (cm) :	10																				
		d (cm) :	25	e (cm) :	220	ri (cm) :	15																				
		Boru aralık sayısı :	9																								
		Genişlik (m) :	2,921																								
		Yükseklik (m) :	3,000																								
		Alan (m <sup>2</sup> ) :	8,764																								
<b>Soğutma Çevrimi</b>		<b>Pompa Basma Yüğü</b>																									
Buharlaştırıcı sıcaklığı (°C) :	3,30	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Eleman Tipi</th> <th>Kayıp Katsayısı</th> <th>Adet</th> <th>Toplam Kayıp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 90° düzgün dönüş-Flanşlı</td> <td>0,30</td> <td>32</td> <td>9,600</td> </tr> <tr> <td>2 Küresel vana-tam açık</td> <td>10,00</td> <td>2</td> <td>20,000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp	1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600	2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000	3				4				5			
Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı			Adet	Toplam Kayıp																						
1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30			32	9,600																						
2 Küresel vana-tam açık	10,00			2	20,000																						
3																											
4																											
5																											
Yoğuşurucu sıcaklığı (°C) :	48,45																										
Hava debisi (g/s) :	218,91																										
Salamura debisi (g/s) :	73,82																										
Buharlaştırıcı kapasitesi (kW) :	2,19																										
Yoğuşurucu kapasitesi (kW) :	2,86																										
Kompresör kapasitesi (kW) :	0,97																										
Buharlaştırıcı basıncı (bar) :	3,29																										
Yoğuşurucu basıncı (bar) :	12,60																										
Basınç oranı :	3,83																										
Soğutucu akışkan debisi (g/s) :	16,83																										
Emiş hattı boru çapı (mm) :	9,86																										
Basma hattı boru çapı (mm) :	5,40																										
Yoğ. - Kıs. Vana arası boru çapı (mm) :	5,25																										
Kıs. Vana - Buh. arası boru çapı (mm) :	24,58																										
COP :	2,27																										
<b>TID ve Toprak Özellikleri</b>		<b>Ek Boru Özellikleri</b>																									
İşletme faktörü :	0,179	Ek boru uzunluğu (m) :	26,0000																								
Boru direnci (m °C/W) :	0,057	Kot farkı (mSS) :	2,0240																								
Toprak direnci (m °C/W) :	0,717	Sürekli kayıplar (mSS) :	0,0028																								
En düşük toprak sıcaklığı (°C) :	7,029	Yerel kayıplar (mSS) :	0,0019																								
En yüksek toprak sıcaklığı (°C) :	18,871	Pompa yüğü (mSS) :	2,0287																								
TID boru uzunluğu (m) :	27,751	Salamura debisi (m <sup>3</sup> /saat) :	0,2594																								
<b>Salamura Özellikleri</b>		<b>Akış Özellikleri</b>																									
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> ) :	1024,52	Ortalama hız (m/s) :	0,04																								
Dinamik viskozite (kg/m s) :	0,0012	Reynolds sayısı :	1541																								





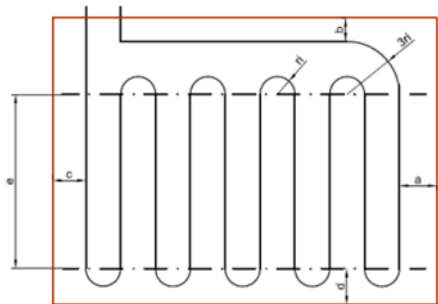
## Ek K-30. 1,83m gömme derinliği ve 25,4 mm TID boru çapı için program sonuçları

GİRİŞ PARAMETRELERİ																											
Sistemin çalışma amacı :	Soğutma	Soğutma Yüğü (kW) :	2,2																								
Salamura :	Etilen Glikol	Soğutucu Akışkan :	R134a																								
Kütle oran (%) :	20																										
<b>Kompresör</b>		<b>Buharlaştırıcı</b>																									
İzentropik verim :	0,70	Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,02																								
Mekanik Verim :	0,80	Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	10,00																								
Elektrik motor verimi :	0,85	Hava giriş sıcaklığı (°C) :	20,00																								
		Hava çıkış sıcaklığı (°C) :	10,00																								
		Aşırı kızdırma (°C) :	0,00																								
<b>Yoğuşurucu</b>		<b>Sabitler</b>																									
Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,64	Havanın özgül ısı (kJ/kg K) :	1,005																								
Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	0,35																										
Salamura giriş sıcaklığı (°C) :	30,00																										
Salamura çıkış sıcaklığı (°C) :	40,00																										
Aşırı soğutma (°C) :	0,00																										
<b>İşletme Faktörü</b>		<b>Boru ve Toprak Direnci</b>																									
Bina içi sıcaklık (°C) :	22	Yerleştirme tipi :	Yatay																								
Minimum hava sıcaklığı (°C) :	5	Döşeme tipi :	4																								
İstima sınır sıcaklığı (°C) :	23	Toprak tipi :	Hafif Toprak - Nemli																								
		Boru sınıfı :	PE SCH-40																								
		Boru çapı (inç) :	1"																								
		Toprak derinliği (m) :	1,8																								
SONUÇLAR																											
<b>Soğutma Çevrimi</b>		<b>Toprak Alanı</b>																									
																											
		a (cm) :	10																								
		b (cm) :	10																								
		c (cm) :	10																								
		d (cm) :	25																								
		e (cm) :	220																								
		ri (cm) :	15																								
		Boru aralık sayısı :	11																								
		Genişlik (m) :	3,611																								
		Yükseklik (m) :	3,000																								
		Alan (m <sup>2</sup> ) :	10,832																								
		<b>Pompa Basma Yüğü</b>																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Eleman Tipi</th> <th>Kayıp Katsayısı</th> <th>Adet</th> <th>Toplam Kayıp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 90° düzgün dönüş-Flanşlı</td> <td>0,30</td> <td>32</td> <td>9,600</td> </tr> <tr> <td>2 Küresel vana-tam açık</td> <td>10,00</td> <td>2</td> <td>20,000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp	1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600	2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000	3				4				5			
Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp																								
1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600																								
2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000																								
3																											
4																											
5																											
		Ek boru uzunluğu (m) :	26,0000																								
		Kot farkı (mSS) :	2,3288																								
		Sürekli kayıplar (mSS) :	0,0511																								
		Yerel kayıplar (mSS) :	0,0305																								
		Pompa yüğü (mSS) :	2,4104																								
		Salamura debisi (m <sup>3</sup> /saat) :	0,2594																								
<b>TID ve Toprak Özellikleri</b>																											
İşletme faktörü :	0,179																										
Boru direnci (m °C/W) :	0,092																										
Toprak direnci (m °C/W) :	0,821																										
En düşük toprak sıcaklığı (°C) :	7,782																										
En yüksek toprak sıcaklığı (°C) :	18,118																										
TID boru uzunluğu (m) :	34,599																										
<b>Salamura özellikleri</b>																											
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> ) :	1024,52																										
Dinamik viskozite (kg/m s) :	0,0012																										
<b>Akış özellikleri</b>																											
Ortalama hız (m/s) :	0,14																										
Reynolds sayısı :	3082																										

## Ek K-31. 1,83m gömme derinliği ve 31,75 mm TID boru çapı için program sonuçları

GİRİŞ PARAMETRELERİ																																																																							
Sistemin çalışma amacı :	Soğutma	Soğutma Yüğü (kW) :	2,2																																																																				
Salamura :	Etilen Glikol	Soğutucu Akışkan :	R134a																																																																				
Kütle oran (%) :	20																																																																						
<b>Kompresör</b>		<b>Buharlaştırıcı</b>																																																																					
İzentropik verim :	0,70	Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,02																																																																				
Mekanik Verim :	0,80	Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	10,00																																																																				
Elektrik motor verimi :	0,85	Hava giriş sıcaklığı (°C) :	20,00																																																																				
		Hava çıkış sıcaklığı (°C) :	10,00																																																																				
		Aşırı kızdırma (°C) :	0,00																																																																				
<b>Yoğuşurucu</b>		<b>Sabitler</b>																																																																					
Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,64	Havanın özgül ısı (kJ/kg K) :	1,005																																																																				
Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	0,35																																																																						
Salamura giriş sıcaklığı (°C) :	30,00																																																																						
Salamura çıkış sıcaklığı (°C) :	40,00																																																																						
Aşırı soğutma (°C) :	0,00																																																																						
<b>İşletme Faktörü</b>		<b>Boru ve Toprak Direnci</b>																																																																					
Bina içi sıcaklık (°C) :	22	Yerleştirme tipi :	Yatay																																																																				
Minimum hava sıcaklığı (°C) :	5	Döşeme tipi :	4																																																																				
İstima sınır sıcaklığı (°C) :	23	Toprak tipi :	Hafif Toprak - Nemli																																																																				
		Boru sınıfı :	PE SCH-40																																																																				
		Boru çapı (inç) :	1-1/4"																																																																				
		Toprak derinliği (m) :	1,8																																																																				
SONUÇLAR																																																																							
<b>Soğutma Çevrimi</b>		<b>Toprak Alanı</b>																																																																					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>P (bar)</th> <th>T (°C)</th> <th>v (dm<sup>3</sup>/kg)</th> <th>h (kJ/kg)</th> <th>s (kJ/kg K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3,29</td> <td>3,30</td> <td>63,47332</td> <td>400,520</td> <td>1,7259</td> </tr> <tr> <td>2s</td> <td>12,60</td> <td>52,65</td> <td>16,43738</td> <td>427,885</td> <td>1,7258</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>12,60</td> <td>63,01</td> <td>17,71385</td> <td>439,615</td> <td>1,7571</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>12,60</td> <td>48,45</td> <td>0,90177</td> <td>269,822</td> <td>1,2320</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3,29</td> <td>3,30</td> <td>21,14526</td> <td>269,822</td> <td>1,2521</td> </tr> </tbody> </table>		P (bar)	T (°C)	v (dm <sup>3</sup> /kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg K)	1	3,29	3,30	63,47332	400,520	1,7259	2s	12,60	52,65	16,43738	427,885	1,7258	2	12,60	63,01	17,71385	439,615	1,7571	3	12,60	48,45	0,90177	269,822	1,2320	4	3,29	3,30	21,14526	269,822	1,2521																																		
	P (bar)	T (°C)	v (dm <sup>3</sup> /kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg K)																																																																		
1	3,29	3,30	63,47332	400,520	1,7259																																																																		
2s	12,60	52,65	16,43738	427,885	1,7258																																																																		
2	12,60	63,01	17,71385	439,615	1,7571																																																																		
3	12,60	48,45	0,90177	269,822	1,2320																																																																		
4	3,29	3,30	21,14526	269,822	1,2521																																																																		
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Buharlaştırıcı sıcaklığı (°C) :</td> <td>3,30</td> </tr> <tr> <td>Yoğuşurucu sıcaklığı (°C) :</td> <td>48,45</td> </tr> <tr> <td>Hava debisi (g/s) :</td> <td>218,91</td> </tr> <tr> <td>Salamura debisi (g/s) :</td> <td>73,82</td> </tr> <tr> <td>Buharlaştırıcı kapasitesi (kW) :</td> <td>2,19</td> </tr> <tr> <td>Yoğuşurucu kapasitesi (kW) :</td> <td>2,86</td> </tr> <tr> <td>Kompresör kapasitesi (kW) :</td> <td>0,97</td> </tr> <tr> <td>Buharlaştırıcı basıncı (bar) :</td> <td>3,29</td> </tr> <tr> <td>Yoğuşurucu basıncı (bar) :</td> <td>12,60</td> </tr> <tr> <td>Basınç oranı :</td> <td>3,83</td> </tr> <tr> <td>Soğutucu akışkan debisi (g/s) :</td> <td>16,83</td> </tr> <tr> <td>Emiş hattı boru çapı (mm) :</td> <td>9,86</td> </tr> <tr> <td>Basma hattı boru çapı (mm) :</td> <td>5,40</td> </tr> <tr> <td>Yoğ. - Kıs. Vana arası boru çapı (mm) :</td> <td>5,25</td> </tr> <tr> <td>Kıs. Vana - Buh. arası boru çapı (mm) :</td> <td>24,58</td> </tr> <tr> <td>COP :</td> <td>2,27</td> </tr> </tbody> </table>	Buharlaştırıcı sıcaklığı (°C) :	3,30	Yoğuşurucu sıcaklığı (°C) :	48,45	Hava debisi (g/s) :	218,91	Salamura debisi (g/s) :	73,82	Buharlaştırıcı kapasitesi (kW) :	2,19	Yoğuşurucu kapasitesi (kW) :	2,86	Kompresör kapasitesi (kW) :	0,97	Buharlaştırıcı basıncı (bar) :	3,29	Yoğuşurucu basıncı (bar) :	12,60	Basınç oranı :	3,83	Soğutucu akışkan debisi (g/s) :	16,83	Emiş hattı boru çapı (mm) :	9,86	Basma hattı boru çapı (mm) :	5,40	Yoğ. - Kıs. Vana arası boru çapı (mm) :	5,25	Kıs. Vana - Buh. arası boru çapı (mm) :	24,58	COP :	2,27	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>a (cm) :</td> <td>10</td> <td>b (cm) :</td> <td>10</td> <td>c (cm) :</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>d (cm) :</td> <td>25</td> <td>e (cm) :</td> <td>220</td> <td>ri (cm) :</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Boru aralık sayısı :</td> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Genişlik (m) :</td> <td>3,276</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Yükseklik (m) :</td> <td>3,000</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Alan (m<sup>2</sup>) :</td> <td>9,828</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		a (cm) :	10	b (cm) :	10	c (cm) :	10	d (cm) :	25	e (cm) :	220	ri (cm) :	15	Boru aralık sayısı :	10					Genişlik (m) :	3,276					Yükseklik (m) :	3,000					Alan (m <sup>2</sup> ) :	9,828				
Buharlaştırıcı sıcaklığı (°C) :	3,30																																																																						
Yoğuşurucu sıcaklığı (°C) :	48,45																																																																						
Hava debisi (g/s) :	218,91																																																																						
Salamura debisi (g/s) :	73,82																																																																						
Buharlaştırıcı kapasitesi (kW) :	2,19																																																																						
Yoğuşurucu kapasitesi (kW) :	2,86																																																																						
Kompresör kapasitesi (kW) :	0,97																																																																						
Buharlaştırıcı basıncı (bar) :	3,29																																																																						
Yoğuşurucu basıncı (bar) :	12,60																																																																						
Basınç oranı :	3,83																																																																						
Soğutucu akışkan debisi (g/s) :	16,83																																																																						
Emiş hattı boru çapı (mm) :	9,86																																																																						
Basma hattı boru çapı (mm) :	5,40																																																																						
Yoğ. - Kıs. Vana arası boru çapı (mm) :	5,25																																																																						
Kıs. Vana - Buh. arası boru çapı (mm) :	24,58																																																																						
COP :	2,27																																																																						
a (cm) :	10	b (cm) :	10	c (cm) :	10																																																																		
d (cm) :	25	e (cm) :	220	ri (cm) :	15																																																																		
Boru aralık sayısı :	10																																																																						
Genişlik (m) :	3,276																																																																						
Yükseklik (m) :	3,000																																																																						
Alan (m <sup>2</sup> ) :	9,828																																																																						
	<b>TID ve Toprak Özellikleri</b>	<b>Pompa Basma Yüğü</b>																																																																					
İşletme faktörü :	0,179	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Eleman Tipi</th> <th>Kayıp Katsayısı</th> <th>Adet</th> <th>Toplam Kayıp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 90° düzgün dönüş-Flanşlı</td> <td>0,30</td> <td>32</td> <td>9,600</td> </tr> <tr> <td>2 Küresel vana-tam açık</td> <td>10,00</td> <td>2</td> <td>20,000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp	1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600	2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000	3				4				5																																															
Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp																																																																				
1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600																																																																				
2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000																																																																				
3																																																																							
4																																																																							
5																																																																							
Boru direnci (m °C/W) :	0,075	Ek boru uzunluğu (m) :		26,0000																																																																			
Toprak direnci (m °C/W) :	0,786	Kot farkı (mSS) :		2,3288																																																																			
En düşük toprak sıcaklığı (°C) :	7,782	Sürekli kayıplar (mSS) :		0,0198																																																																			
En yüksek toprak sıcaklığı (°C) :	18,118	Yerel kayıplar (mSS) :		0,0125																																																																			
TID boru uzunluğu (m) :	31,273	Pompa yüğü (mSS) :		2,3611																																																																			
		Salamura debisi (m <sup>3</sup> /saat) :		0,2594																																																																			
<b>Salamura özellikleri</b>																																																																							
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> ) :	1024,52																																																																						
Dinamik viskozite (kg/m s) :	0,0012																																																																						
<b>Akış özellikleri</b>																																																																							
Ortalama hız (m/s) :	0,09																																																																						
Reynolds sayısı :	2466																																																																						

## Ek K-32. 1,83m gömme derinliği ve 38,1 mm TID boru çapı için program sonuçları

GİRİŞ PARAMETRELERİ																											
Sistemin çalışma amacı :	Soğutma	Soğutma Yüğü (kW) :	2,2																								
Salamura :	Etilen Glikol	Soğutucu Akışkan :	R134a																								
Kütle oran (%) :	20																										
<b>Kompresör</b>		<b>Buharlaştırıcı</b>																									
İzentropik verim :	0,70	Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,02																								
Mekanik Verim :	0,80	Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	10,00																								
Elektrik motor verimi :	0,85	Hava giriş sıcaklığı (°C) :	20,00																								
		Hava çıkış sıcaklığı (°C) :	10,00																								
		Aşırı kızdırma (°C) :	0,00																								
<b>Yoğuşurucu</b>		<b>Sabitler</b>																									
Toplam ısı geçiş katsayısı (kW/m <sup>2</sup> °C) :	0,64	Havanın özgül ısı (kJ/kg K) :	1,005																								
Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> ) :	0,35																										
Salamura giriş sıcaklığı (°C) :	30,00																										
Salamura çıkış sıcaklığı (°C) :	40,00																										
Aşırı soğutma (°C) :	0,00																										
<b>İşletme Faktörü</b>		<b>Boru ve Toprak Direnci</b>																									
Bina içi sıcaklık (°C) :	22	Yerleştirme tipi :	Yatay																								
Minimum hava sıcaklığı (°C) :	5	Döşeme tipi :	4																								
İstima sınır sıcaklığı (°C) :	23	Toprak tipi :	Hafif Toprak - Nemli																								
		Boru sınıfı :	PE SCH-40																								
		Boru çapı (inç) :	1-1/2"																								
		Toprak derinliği (m) :	1,8																								
SONUÇLAR																											
<b>Soğutma Çevrimi</b>		<b>Toprak Alanı</b>																									
																											
		a (cm) :	10																								
		b (cm) :	10																								
		c (cm) :	10																								
		d (cm) :	25																								
		e (cm) :	220																								
		ri (cm) :	15																								
		Boru aralık sayısı :	10																								
		Genişlik (m) :	3,106																								
		Yükseklik (m) :	3,000																								
		Alan (m <sup>2</sup> ) :	9,318																								
		<b>Pompa Basma Yüğü</b>																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Eleman Tipi</th> <th>Kayıp Katsayısı</th> <th>Adet</th> <th>Toplam Kayıp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 90° düzgün dönüş-Flanşlı</td> <td>0,30</td> <td>32</td> <td>9,600</td> </tr> <tr> <td>2 Küresel vana-tam açık</td> <td>10,00</td> <td>2</td> <td>20,000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp	1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600	2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000	3				4				5			
Eleman Tipi	Kayıp Katsayısı	Adet	Toplam Kayıp																								
1 90° düzgün dönüş-Flanşlı	0,30	32	9,600																								
2 Küresel vana-tam açık	10,00	2	20,000																								
3																											
4																											
5																											
		Ek boru uzunluğu (m) :	26,0000																								
		Kot farkı (mSS) :	2,3288																								
		Sürekli kayıplar (mSS) :	0,0093																								
		Yerel kayıplar (mSS) :	0,0060																								
		Pompa yüğü (mSS) :	2,3441																								
		Salamura debisi (m <sup>3</sup> /saat) :	0,2594																								
<b>TID ve Toprak Özellikleri</b>																											
İşletme faktörü :	0,179																										
Boru direnci (m °C/W) :	0,068																										
Toprak direnci (m °C/W) :	0,763																										
En düşük toprak sıcaklığı (°C) :	7,782																										
En yüksek toprak sıcaklığı (°C) :	18,118																										
TID boru uzunluğu (m) :	29,585																										
<b>Salamura özellikleri</b>																											
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> ) :	1024,52																										
Dinamik viskozite (kg/m s) :	0,0012																										
<b>Akış özellikleri</b>																											
Ortalama hız (m/s) :	0,06																										
Reynolds sayısı :	2055																										



## ÖZGEÇMİŞ

Erhan TUNÇEL, 1984 yılında Bolu'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini 50. Yıl İzzet Baysal İlköğretim Okulunda; lise öğrenimini Bolu Atatürk Lisesi Yabancı Dil Ağırlıklı Lise'de tamamladı. 2003 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümün'de başladığı lisans öğrenimini 2007 yılında bitirdi. 2008 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.