

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat YILDIZ

**AYDIN İLİNDEKİ JEOTERMAL ENERJİ KAYNAKLARININ SERA
ISITMAK AMACIYLA KULLANIMI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

ADANA, 2010

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AYDIN İLİNDEKİ JEOTERMAL ENERJİ KAYNAKLARININ
SERA ISITMAK AMACIYLA KULLANIMI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Murat YILDIZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Bu Tez 17/09/2010 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Doç.Dr. H.Hüseyin ÖZTÜRK
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Ali BAŞÇETİNÇELİK
ÜYE

.....
Doç. Dr. H.Yıldız DAŞGAN
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Tarım Makinaları Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç.Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: ZF2008YL57

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYDIN İLİNDEKİ JEOTERMAL ENERJİ KAYNAKLARININ SERA ISITMAK AMACIYLA KULLANIMI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Murat YILDIZ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Danışman :Doç. Dr. H. Hüseyin ÖZTÜRK
Yıl: 2010, Sayfa: 101

Jüri :Prof. Dr. Ali BAŞÇETİNÇELİK
:Doç. Dr. H. Hüseyin ÖZTÜRK
:Doç. Dr. H. Yıldız DAŞGAN

Bu çalışmada; Aydın ilindeki jeotermal enerji kaynaklarının sera ısıtma amacıyla kullanma olanakları araştırılmıştır. Bölgede jeotermal enerjiyle ısıtılacak seralar için ısıtma sistemleri; teknik tasarım, seradaki düzenleme, ısı değiştirici tasarımı, sera ortamında sıcaklık dağılımı, ısıtma akışkanı için gerekli kalite özellikleri, sera iklimine olan etkiler, yetiştirme sistemlerine uygunluk ve ekonomik uygulanabilirlik bakımından tartışılmıştır. Aydın ilindeki jeotermal kaynakların, sera ısıtma için etkili fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir.

Aydın ili iklimi koşullarında, 1000 m² taban alanında üç farklı düzenlemedeki polietilen (PE) plastik seralar için, jeotermal enerjiyle ısıtma sisteminin tasarım değişkenleri belirlenmiştir. Jeotermal enerjiyle sera ısıtma sistemlerinin tasarım ve seçimine ilişkin temel özellikler incelenmiştir. Değişik iç tasarımlardaki PE plastik seraların 0 °C ve -5 °C dış ortam sıcaklığında, dört farklı iç ortam sıcaklığına bağlı olarak ısı gereksinimleri hesaplanmıştır. Dış ortam sıcaklığının -5 °C olması durumunda, bir çok bitki türü için yaklaşık olarak uygun bir sıcaklık değeri olan 15 °C iç ortam sıcaklığı için, sera taban alanı başına ısı gereksinimi, PE plastik serada 169.2 W/m², PE ısı perdeli serada 126.9 W/m² ve polyester ısı perdeli serada 98.7 W/m² olarak belirlenmiştir. Isı değiştirici olarak plastik boru kullanılması düşünüldüğünde, dış ortam sıcaklığının -5 °C ve iç ortam sıcaklığının 15 °C olması koşulunda; PE plastik sera için yaklaşık 1539.3 m, PE ısı perdeli plastik serada 1154.4 m ve polyester ısı perdeli plastik serada 897.9 m uzunluğunda 40 mm çapında plastik boru gereklidir. Bölgedeki jeotermal kaynakların kimyasal özelliklerine bağlı olarak karşılaşılabilecek olan sorunlar ve çözüm önerileri verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal enerji, Sera ısıtma, Aydın

ABSTRACT

Ms THESIS

A RESEARCH ON UTILIZATION OF GEOTHERMAL ENERGY SOURCES FOR GREENHOUSE HEATING IN AYDIN PROVINCE

Murat YILDIZ

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY**

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. H. Hüseyin ÖZTÜRK
Year: 2010, Pages: 101
Jury :Prof. Dr. Ali BAŞÇETİNÇELİK
:Assoc. Prof. Dr. H. Yıldız DAŞGAN

In this study; utilization of geothermal energy sources for greenhouse heating in Aydın province has been investigated. Plastic and steel pipe heating installations in plastic greenhouses were evaluated in some respects: design parameters, influence on greenhouse climate and technical and economical feasibility. Calculation of the required length of the heating pipes used as a heat exchanger was described. Physical and chemical properties of the geothermal sources that affect the greenhouse heating were investigated.

This study presents the determination of design parameters of geothermal heating systems in plastic greenhouses. The greenhouse, 19.2 m wide and 52 m long, is made of two adjacent 9.6 m wide span covered with polyethylene (PE) plastic. The design parameters of hot water heating systems were determined for three different plastic greenhouses: PE plastic greenhouse without thermal screen, PE plastic+PE thermal screen, and PE plastic+ polyester thermal screen. Heating requirements of the plastic greenhouses were calculated for 0 °C and -5 °C of outside temperatures and 5 °C, 10 °C, 15 °C, and 18 °C of inside temperatures. It was considered that the plastic (diameter= 25 mm and 32 mm) and steel pipes (diameter= 51 and 57 mm) were used as the heat exchanger in the plastic greenhouses. The length of the heat pipes, heat transfer from the heating pipes to the inside air, and volumetric flow rate of the circulating pump were calculated for the plastic greenhouses (1000 m² of floor area). When the outside temperature is -5 °C, for the 15 °C internal air temperature heating requirement is 169.2 W/m², 126.9 W/m² and 98.7 W/m² in PE plastic greenhouse, PE screened greenhouse and polyester screened greenhouse, respectively. The total length of 40 mm diameter of plastic pipes as heat exchanger is 1539.3 m, 1154.4 m and 897.9 m for the PE plastic greenhouse, PE screened greenhouse and polyester screened greenhouse, respectively.

Key Words: Geothermal energy, Greenhouse heating, Aydın

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve bana “Aydın İlindeki Jeotermal Kaynaklarının Sera Isıtmak Amacıyla Kullanımı Üzerine Bir Araştırma” konulu yüksek lisans tezini veren yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren danışman hocam Sayın Doç.Dr. H. Hüseyin ÖZTÜRK’e sonsuz teşekkürler.

Yüksek lisans tezi jüri üyelerinden Sayın Prof.Dr. Ali BAŞÇETİNÇELİK’e ve Sayın Doç.Dr. H.Yıldız DAŞGAN’a, Tarım Makinaları Bölümü araştırma görevlilerinden Arş.Gör. Ömer EREN’e yapıcı ve yönlendirici fikirleriyle katkıda buldukları için teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans çalışmalarım sırasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölüm Başkanlığı’na, maddi destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi’ne (Proje no: ZF2008YL57) içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
SİMGELER VE KISALTMALAR	XII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Türkiye’de Sera Tarımının Gelişimi.....	1
1.2. Jeotermal Enerji.....	2
1.2.1. Tanımı ve Özellikleri.....	2
1.2.2. Jeotermal Enerjinin Oluşumu ve Isı Kaynağı.....	7
1.2.3. Jeotermal Sistem.....	8
1.2.4. Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları.....	11
1.2.4.1. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi.....	11
1.2.4.2. Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı.....	12
1.2.5. Türkiye’de Jeotermal Enerji.....	16
1.2.5.1. Jeotermal Enerji Potansiyeli.....	16
1.2.5.2. Türkiye’de Jeotermal Enerji Kullanımı.....	18
1.2.6. Jeotermal Enerjiyle Sera Isıtma.....	20
1.2.6.1. Sera Isıtmada Jeotermal Enerjinin Önemi.....	20
1.2.6.2. Türkiye’de Jeotermal Isıtımlı Sera Varlığı.....	21
1.2.6.3. Jeotermal Enerjiyle Sera Isıtma Sistemleri.....	22
1.3. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı.....	39
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	41
3. MATERYAL VE METOD	47
3.1. Materyal.....	47
3.1.1. Aydın İli Coğrafik Özellikleri	47
3.1.2. Aydın İli İklim Özellikleri.....	49

3.1.3. Aydın İlindeki Jeotermal Kaynaklar	49
3.1.3.1. Ilıcabaşı-İmamköy Jeotermal Alanı	49
3.1.3.2. Germencik-Ömerbeyli-Bozköy-Çamur Jeotermal Alanı.....	55
3.1.3.3. Sultanhisar-Salavatlı-Malgaçemir-Güvendik Jeotermal Alanı	58
3.1.3.4. Gümüş ve Söke-Sazlıköy Jeotermal Alanı	60
3.1.3.5. Buharkent-Ortakçı Jeotermal Alanı.....	61
3.1.3.6. Nazilli-Gedik Jeotermal Alanı	62
3.1.3.7. Kuşadası Jeotermal Alanı	63
3.1.3.8. Davutlar Jeotermal Alanı	64
3.1.4. Plastik Sera	64
3.2. Metod	68
3.2.1. Sera Isı Gereksiniminin Belirlenmesi.....	68
3.2.1.1. Toplam Isı Kaybı Katsayısı	69
3.2.1.2. Sera İç Ortamında Hava Sıcaklığı.....	70
3.2.1.3. Dış Ortam Hava Sıcaklığı.....	70
3.2.2. Isı Değiştirici Tasarım Özellikleri	71
3.2.2.1. Isı Değiştirici Yüzey Alanı	71
3.2.2.2. Isı Değiştiriciden Kazanılan Isı Miktarı	71
3.2.2.3. Isı Değiştirici Sıcaklığı	71
3.2.3. Jeotermal akışkandan Kazanılan Isı Miktarı	72
3.2.4. Serada Isıtma Borularının Tasarım Özellikleri.....	72
3.2.4.1. Isıtma Borusundan Isı Transferi.....	72
3.2.4.2. Toplam Isı Transferi Katsayısı.....	73
3.2.4.3. Isıtma Borusu Yüzey Alanı.....	74
3.2.4.4. Isıtma Borusu Uzunluğu	74
3.2.4.5. Akışkan Sıcaklığı	75
3.2.5. Dolaşım Pompası Debisi	75
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	77
4.1. Aydın İlindeki Jeotermal Kaynakların Sera Isıtmada Değerlendirilmesi	77
4.2. Jeotermal Kaynaklardan Yararlanma Sırasında Karşılaşılabilecek Sorunlar ve Çözüm Önerileri.....	80

4.2.1. Korozyon Sorunu ve Önlenmesi	80
4.2.2. Kabuklaşma Sorunu ve Önlenmesi	82
4.3. Sera Isı Gereksinimi	84
4.4. Isıtma Borularından Isı Transferi	87
4.5. Isıtma Borusu Uzunluğu	88
4.6. Dolaşım Pompası Debisi	90
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	93
5.1. Sonuçlar	93
5.2. Öneriler	94
KAYNAKLAR	97
ÖZGEÇMİŞ	101

ÇİZELGELER DİZİNİ SAYFA

Çizelge 1.1. Türkiye’de örtü altı alanlarının yıllara göre gelişimi	3
Çizelge 1.2. Aydın ilinde örtü altında yetiştirilen ürünler	4
Çizelge 1.3. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanım alanla	13
Çizelge 1.4. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanım alanları.....	15
Çizelge 1.5. Türkiye’de jeotermal enerji potansiyeli.....	16
Çizelge 1.6. Türkiye’de jeotermal enerji kullanımı.....	19
Çizelge 1.7. Türkiye’de jeotermal enerji ile merkezi ısıtma sistemleri	20
Çizelge 1.8. Türkiye’de jeotermal ısıtmalı büyük sera alanları	22
Çizelge 1.9. Jeotermal enerjiyle sera ısıtmada temel değişkenler	25
Çizelge 1.10. Serada jeotermal enerjiyle toprak ısıtma sistemleri.....	27
Çizelge 1.11. Serada zemin yüzeyinde ısıtma boruları	28
Çizelge 1.12. Serada bitki sıra aralarında plastik su tüpleri	29
Çizelge 1.13. Serada zemininde plastik plaka ısı değiştiriciler	30
Çizelge 1.14. Serada ısıtma borularından oluşan ısıtma sistemi	31
Çizelge 1.15. Serada konvektörlü ısıtma sistemi.....	32
Çizelge 1.16. Serada fan ve konvektörlü (hortiterm) ısıtma sistemi.....	33
Çizelge 1.17. Zorlanmış hava akımı ve konvektörlü ısıtma sistemi.....	34
Çizelge 1.18. Sera çatısında fan ve konvektörlü ısıtma sistemi.	35
Çizelge 1.19. Sera çatısında fan-jet ısıtma sistemi	36
Çizelge 1.20. Serada dağıtma kanallarıyla ısıtma sistemi	37
Çizelge 1.21. Serada çatı ısıtma sistemi	38
Çizelge 3.1. Aydın iline ait coğrafik bilgiler.....	48
Çizelge 3.2. Aydın ili iklim koşulları	50
Çizelge 3.3. Aydın ilindeki jeotermal kaynakların kimyasal özellikleri.	52
Çizelge 3.4. Ilıcabaşı-İmamköy jeotermal alanındaki kaynakların özellikleri.....	55
Çizelge 3.5. Ilıcabaşı-İmamköy jeotermal alanında açılan sondajlar	55
Çizelge 3.6. Germencik jeotermal alanındaki kaynaklar	57
Çizelge 3.7. Germencik jeotermal alanında açılan sondajlar	57
Çizelge 3.8. Salavatlı jeotermal alanındaki kaynakların özellikleri	59

Çizelge 3.9. Salavatlı jeotermal alanında açılan sondajlar.....	59
Çizelge 3.10. Kuşadası jeotermal alanında açılan sondajlar	63
Çizelge 3.11. Plastik seranı özellikleri.....	65
Çizelge 3.12. Toplam ısı kaybı katsayısı.....	69
Çizelge 3.13. Aydın iline ilişkin aylık sıcaklık değerleri	70
Çizelge 3.14. Değişik malzemelerin ısı iletim katsayıları.....	73
Çizelge 3.15. Serbest ve zorlanmış taşınımında taşınım katsayıları.....	74
Çizelge 4.1. Aydın ili jeotermal alanlarındaki başlıca kaynakların akışkan sıcaklık değerleri	79
Çizelge 4.2. Aydın ili jeotermal alanlarındaki başlıca kaynakların bazı kimyasal özellikleri	83
Çizelge 4.3. PE plastik sera için ısıtma borusu uzunluğu	89
Çizelge 4.4. PE plastik sera için ısıtma borusu uzunluğu	89
Çizelge 4.5. PE perdeli serada ısıtma borusu uzunluğu.....	89
Çizelge 4.6. PE perdeli serada ısıtma borusu uzunluğu.....	89
Çizelge 4.7. Polyester perdeli serada ısıtma borusu uzunluğu	90
Çizelge 4.8. Polyester perdeli serada ısıtma borusu uzunluğu	90
Çizelge 4.9. Isıtma sistemi için dolaşım pompası debisi	90
Çizelge 4.10 Isıtma sistemi için dolaşım pompası debisi	91

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Jeotermal buhar çıkışı.....	7
Şekil 1.2. Yerkabuğunun iç yapısı.....	7
Şekil 1.3. Yerkabuğundaki tektonik işlemler.....	8
Şekil 1.4. İdeal bir jeotermal sistemin şematik gösterimi	10
Şekil 1.5. İkili çevrim santrali jeotermal güç tesisi şeması	12
Şekil 1.6. Jeotermal enerji kullanımı	12
Şekil 1.7. Türkiye’deki jeotermal alanların dağılımı.....	17
Şekil 1.8. Sera yapısı.....	23
Şekil 1.9. Jeotermal enerjiyle sera ısıtma sistemleri.....	24
Şekil 1.10. Serada jeotermal enerjiyle toprak ısıtma sistemi	27
Şekil 1.11. Serada zemin yüzeyinde ısıtma boruları.....	28
Şekil 1.12. Serada bitki sıra aralarında plastik su tüpleri.....	29
Şekil 1.13. Serada zemin yüzeyinde plastik plakalı ısı değiştiriciler	30
Şekil 1.14. Serada ısıtma borularından oluşan ısıtma sistemi	31
Şekil 1.15. Serada konvektörlü ısıtma sistemi	32
Şekil 1.16. Serada ısıtma sistemi için konvektör üniteleri.....	32
Şekil 1.17. Serada fan ve konvektörlü (hortiterm) ısıtma sistemi	33
Şekil 1.18. Zorlanmış hava akımı ve konvektörlü ısıtma sistemi.....	34
Şekil 1.19. Sera çatısında fan ve konvektörlü ısıtma sistemi	35
Şekil 1.20. Sera çatısında fan-jet ısıtma sistemi.....	36
Şekil 1.21. Serada dağıtma kanallarıyla ısıtma sistemi.....	37
Şekil 1.22. Serada çatı ısıtma sistemi	38
Şekil 2.1. Jeotermal enerjiyle sera ısıtma sistemi.....	42
Şekil 2.2. Serada jeotermal enerjiyle ısıtma sistemi	43
Şekil 2.3. Deneme serasının iç tasarımı	44
Şekil 2.4. Jeotermal enerjiyle sera ısıtma sistemi	45
Şekil 3.1. Aydın ilindeki başlıca jeotermal alanlar	51
Şekil 3.2. Aydın - Ilıcabaşı - İmamköy jeotermal alanının jeoloji haritası	54
Şekil 3.3. Germencik-Ömerbeyli-Bozköy Çamur alanının jeoloji haritası	56

Şekil 3.4. Sultanhisar-Salavatlı-Malgaçemir-Güvendik alanının jeoloji haritası....	58
Şekil 3.5. Gümüş-Söke-Sazlıköy jeotermal alanının jeoloji haritası.....	60
Şekil 3.6. Buharkent - Ortakçı alanının jeoloji haritası.....	61
Şekil 3.7. Nazilli - Gedik alanının jeoloji haritası.....	62
Şekil 3.8. Kuşadası jeotermal alanının jeoloji haritası.....	63
Şekil 3.9. Altburgazi – Kuşadası – Davutlar jeotermal alanının jeoloji haritası.....	64
Şekil 3.10. PE plastik seranın ön ve üst görünüşü ve boyutları.....	66
Şekil 3.11. PE plastik seranın temel planı.....	67
Şekil 3.12. Isıtma borusunu kesiti.....	73
Şekil 4.1. Aydın iklimi koşullarında plastik seralar için ısı gereksinimi değişimi...85	
Şekil 4.2. Aydın iklimi koşullarında plastik seralar için ısı gereksinimi değişimi...86	
Şekil 4.3. Isıtma borularından ısı transferi.....	87

SİMGELER VE KISALTMALAR

A_b	: Isıtma borusu yüzey alanı (m^2)
A_d	: Isı değiştirici yüzey alanı (m^2)
$A_ö$: Sera örtüsü yüzey alanı (m^2)
A_s	: Sera taban alanı (m^2)
A_t	: Sera taban alanı (m^2)
c_p	: Akışkanın özgül ısısı ($J/kg \text{ } ^\circ C$)
$^\circ C$: Santigrat derece
I	: Toplam güneş ışınımı (W/m^2)
k	: Toplam ısı transferi katsayısı ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)
L_b	: Isıtma borusunun uzunluğu (m)
m	: Akışkanın debisi (m^3/s)
PE	: Polietilen
q_s	: Taban alanı başına ısı gereksinimi (W/m^2)
Q_a	: Akışkanda kazanılan ısı miktarı (W)
Q_b	: Kazanılan ısı güç miktarı (W/m)
Q_d	: Isı değiştiriciden sera iç ortamına transfer edilen ısı miktarı (W)
Q_s	: Seranın toplam ısı gereksinimi (W)
r_d	: Isıtma borusunun dış yarıçapı (m)
r_i	: Isıtma borusunun iç yarıçapı (m)
T_b	: Akışkan sıcaklığı ($^\circ C$)
T_b	: Isıtma borusu sıcaklığı ($^\circ C$)
$T_ç$: Akışkan çıkış sıcaklığı ($^\circ C$)
T_d	: Dış ortam havasının sıcaklığı ($^\circ C$)
T_g	: Akışkan giriş sıcaklığı ($^\circ C$)
T_{id}	: Isı değiştirici sıcaklığı ($^\circ C$)
T_i	: İç ortamdaki hava sıcaklığı ($^\circ C$)
u	: Toplam ısı kaybı katsayısı ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)
u_{Poly}	: Polyester ısı perdeli sera

u_{PE}	: PE ısı perdeli sera
v_r	: Rüzgar hızı (m/s)
V_p	: Dolaşım pompasının debisi (m ³ /s)
ρ	: Akışkanın yoğunluğu (kg/m ³)
α_d	: Dış yüzey ısı taşınım katsayısı (W/m ² °C)
α_i	: İç yüzey ısı taşınım katsayısı (W/m ² °C)
λ	: Isı iletim katsayısı (W/m°C)
τ	: Seranın toplam ışınlam geçirgenliği
γ	: Toplam ışınlamın sera iç ortam sıcaklığının artmasında etkili olan ısı ışınlam dönüşme oranı

1. GİRİŞ

1.1. Türkiye’de Sera Tarımının Gelişimi

Ülkelerin geleceğe yönelik gereksinimlerinin, nüfus artışı da dikkate alınarak karşılanabilmesi için, mevcut tarımsal üretimin daha verimli ve nitelikli duruma getirilmesi gereklidir. Ülkemizde tarım alanlarının son sınırına ulaşmış olması, nüfusun hızla artması ve birim alandan alınan ürün artış miktarının yeterli olmaması nedeniyle, verimi artırıcı özel önlemlerin alınması gereklidir. Bu özel önlemler içerisinde, meyve ve sebzelerin *kontrollü ortamlarda* yetiştirilmesi de yer almaktadır. İklimle ilgili çevre koşullarına tamamen veya kısmen bağlı kalmadan, gerektiğinde sıcaklık, bağıl nem, ışınım, karbondioksit (CO₂) ve hava hareketi/bileşimi gibi etmenleri kontrol altında tutarak bitki büyüme/gelişmesi için en uygun koşulları sağlamak, kültür bitkilerinin dış ortamdaki olumsuz iklim koşullarından etkilenmesini önlemek, bitkilerin tohum/fide/fidanlarını üretmek ve sergilemek amacıyla cam, plastik vb. ışık geçirgen bir örtü malzemesiyle kaplanarak tasarılan yüksek sistemde örtü altı yetiştiriciliği yapıları *sera* olarak tanımlanır.

Örtü altı tarımı, bitkilerin mevsimleri dışına kaydırılarak yada mevsimleri dışında yetiştirilmesini olanaklı kılan bir yetiştiricilik şeklidir. Farklı uygulamaları olan örtü altı tarımında; yüzey örtüleri, bitki üzerine serilen örtüler, konstrüksiyonlu yada konstrüksiyonsuz alçak plastik tüneller altında yapılan yetiştiriciliklerde sadece güneşin sunduğu enerjiden faydalanarak erkencilik sağlanırken, seralarda tarla koşullarında yetiştiriciliğin mümkün olmadığı aylarda sera içerisinde iklim kontrolü sağlanarak (sıcaklık, nem, ışıklandırma, CO₂ gübrelmesi) yetiştiricilik yapılır (Tüzel ve ark., 2005).

Örtü altı yetiştiriciliği ticari olarak 19. yüzyılın başlarında Kuzey Avrupa ülkelerinde başlamış ancak 2. Dünya Savaşı’ndan sonra gelişme göstermiştir. 1960’lı yıllarda plastiğin tarımda kullanılmaya başlanmasıyla ılıman (Akdeniz) iklimin hüküm sürdüğü bölgelere kaymış, 1970’li yıllarda yaşanan enerji krizinden sonra ısıtma giderlerinin yükselmesiyle birlikte örtü altı yetiştiriciliği Akdeniz Havzasında daha da hızlı yayılmıştır (Tüzel ve ark., 2005).

Seracılık yüksek yatırım ve endüstriyel etkinlik gerektirir. Sera tarımı, genellikle orta büyüklükteki aile işletmeleri tarafından uygulanır. Ülkemizde toplam örtü altı tarımının yıllara bağlı olarak gelişimi Çizelge 1.1’de verilmiştir. Türkiye’de 2009 yılı verilerine göre, toplam 567180 dekar örtü altı alanı bulunmaktadır. Toplam örtü altı alanının 220186 dekarını plastik seralar, 82932 dekarını da cam seralar oluşturmaktadır. Toplam örtü altı alanlarının 51578 dekarı Ege Bölgesi’nde bulunmaktadır. Ege Bölgesi’ndeki toplam örtü altı alanlarının 11249 dekarı Aydın ilindedir. Aydın ili; Ege Bölgesi’nde sera tarımı açısından büyük önem taşımaktadır. Aydın ilinde bulunan toplam örtü alanları 2008 yılında 6788 dekar iken, 2009 yılında büyük bir artışla (% 65.7) 11249 dekara ulaşmıştır (Çizelge 1.1).

Seralarda yetiştirilen ürünlerin % 96’sını sebze türleri, % 3’ünü kesme çiçek ve iç mekan bitkileri ve % 1’ini de meyve türleri oluşturmaktadır. Seralarda üretimi yapılan sebze türleri içerisinde % 47’lik üretim payı ile domates ilk sırayı almakta; bunu hıyar (% 32), biber (% 9), patlıcan (% 7) izlemektedir. Fasulye, marul, kavun, kabak gibi diğer sebze türlerinin üretimdeki payları ise % 5’dir (Tüzel ve ark., 2005). Alçak plastik tünellerde yetiştiriciliği yapılan en önemli sebze türü ise karpuzdur; ayrıca kabak, kavun, patlıcan, domates gibi çeşitli sebze türleri de alçak plastik tüneller altında yetiştirilmektedir. Aydın ilinde örtü altı yetiştiriciliği ile önemli miktarda sebze ve meyve üretimi yapılmaktadır. Çizelge 1.2’de Aydın ilinde örtü altında yetiştirilen çeşitli sebze ve meyve türlerinin 1999-2009 yılları arasındaki üretim miktarları verilmiştir.

1.2. Jeotermal Enerji

1.2.1. Tanımı ve Özellikleri

Jeotermal enerji, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş olan ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli olarak 20 °C’den fazla ve çevresindeki normal yeraltı ve yer üstü sulara oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen, elektrik üretiminde, ısıtmada ve soğutmada, çeşitli sanayi tesislerinde enerji hammaddesi olarak kullanılan, kimyasal madde üretimine elverişli olabilen ayrıca, sağlık ve turizm amacıyla da yararlanılabilen, basınç altındaki sıcak su ve buhar (akışkan) ile sürekli yüzeye taşınan ısı enerjisi olarak tanımlanır (Şekil 1.1).

Çizelge 1.1. Türkiye'de örtü altı alanlarının yıllara göre gelişimi (TUİK; 2009)

YILLAR	AYDIN İLİ										EGE BÖLGESİ										TÜRKİYE									
	Cam Sera		Plastik Sera		Yüksek Tünel		Alçak Tünel		Toplam (da)		Cam Sera		Plastik Sera		Yüksek Tünel		Alçak Tünel		Toplam (da)		Cam Sera		Plastik Sera		Yüksek Tünel		Alçak Tünel		Toplam (da)	
2009	36	617	9308	1288	11249	6880	28532	10591	5575	51578	82932	220186	77046	187016	567180															
2008	31	629	4802	1326	6788	6914	26955	6029	4843	44741	82253	211680	66960	181265	542158															
2007	32	436	3693	994	5155	6871	26492	4648	3962	41973	75793	195180	65307	157959	494239															
2006	31	635	3094	1369	5129	5252	21513	6453	3144	36362	68353	182354	69834	148540	469081															
2005	30	682	4559	776	6047	5237	21180	8074	2254	36745	65427	171043	66916	164154	467540															
2004	34	755	3502	1503	5794	5131	20664	7001	2967	35763	71695	169257	66242	170545	477739															
2003	30	839	3006	4929	8804	5271	19390	6413	6527	37601	70111	166605	61088	185440	483244															
2002	30	1063	2803	5008	8904	6302	30191	6155	6637	49285	64199	180385	60954	230492	536030															
2001	31	1193	2895	4716	8835	4779	19426	3510	8830	36545	60151	149780	50221	171235	431387															
2000	31	1302	2945	4565	8843	4818	19913	3655	8669	37055	56558	148242	44885	172445	422130															
1999	47	1436	2259	5321	9063	4743	17721	3264	9537	35265	52641	137298	43089	190115	423143															
1998	39	1160	2029	4502	7730	4745	17163	2887	8541	33336	46825	119255	41667	218028	425775															
1997	35	960	1961	3711	6667	3683	17972	2878	8698	33231	39399	108549	27155	267804	442907															
1996	35	817	1601	3562	6015	34813	17475	2301	8262	62851	66668	98067	29867	210107	404709															
1995	36	746	1504	4001	6287	5878	19263	1998	8469	35608	34420	108677	21421	198524	363042															

Çizelge 1.2. Aydın ilinde örtüaltında yetiştirilen ürünler (TÜİK; 2009)

YILLAR	ÜRETİM (TON)											
	ÇİLEK				KARPUZ				KAVUN			
	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel
2009	-	2	32648	18	-	-	-	6072	-	6	-	-
2008	-	22	16885	18	-	-	-	6280	-	6	-	-
2007	-	21	11055	3588	-	-	-	2818	-	-	-	-
2006	-	19	10263	1863	-	1	20	2908	-	-	-	-
2005	-	12	21407	16	-	-	-	2800	-	10	-	-
2004	-	12	11840	800	-	-	-	3959	-	-	-	-
2003	-	47	8769	-	-	-	-	22890	-	-	-	30
2002	-	51	8327	-	-	-	-	23340	-	-	-	-
2001	3	36	11084	8	-	-	-	22314	-	2	-	-
2000	-	40	8747	-	-	35	-	21756	-	-	15	-
1999	-	4	6105	-	-	-	-	23525	-	5	-	-
YILLAR	ÜRETİM (TON)											
	FASULYE (TAZE)				HIYAR				DOMATES			
	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel
2009	3	227	40	-	28	618	65	-	2405	2997	379	-
2008	3	230	40	-	28	599	40	-	258	2986	279	-
2007	3	218	44	-	32	645	40	-	302	3687	399	-
2006	-	210	54	-	68	605	35	-	261	3825	264	-
2005	1	245	38	-	26	870	34	-	267	3694	267	-
2004	4	268	49	-	61	977	14	60	265	3897	243	-
2003	-	272	79	-	40	1124	16	160	297	4422	243	-
2002	-	443	6	100	50	1361	52	330	277	6556	105	-
2001	3	521	127	11	12	1942	66	110	442	9875	220	450
2000	3	741	7	11	36	1816	66	110	444	8979	160	450
1999	3	700	324	80	36	2201	148	200	400	8801	396	1260

Çizelge 1.2. Aydın ilinde örtüaltında yetiştirilen ürünler (Devam) (TUİK; 2009)

YILLAR	ÜRETİM (TON)											
	KABAK (SAKIZ)				BİBER (SIVRİ)				BİBER (DOLMALIK)			
	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel
2009	-	24	8	120	3	54	-	-	3	54	-	-
2008	-	15	-	120	-	105	-	-	-	105	-	-
2007	-	15	-	320	-	153	-	-	-	153	-	-
2006	-	12	-	420	-	41	15	-	-	41	15	-
2005	-	25	-	320	-	39	-	-	-	39	-	-
2004	-	12	-	894	-	44	-	-	-	44	-	-
2003	-	31	-	340	-	29	-	-	-	29	-	-
2002	-	26	-	460	-	9	-	-	-	9	-	-
2001	-	26	10	500	-	34	-	-	-	34	-	-
2000	-	18	70	500	-	30	-	-	-	30	-	-
1999	-	24	8	120	3	54	-	-	3	54	-	-
YILLAR	PATLİCAN				MAYDANOZ				BAKLA (TAZE) + BAMYA			
	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel
	-	51	14	-	-	13	-	-	-	-	-	-
2009	-	51	14	-	-	13	-	-	-	-	-	-
2008	-	51	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-
2007	-	41	-	-	-	13	-	-	-	4+8	-	-
2006	-	59	175	-	-	13	-	-	-	-	-	-
2005	-	30	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-
2004	-	170	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	106	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	109	16	108	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 1.2. Aydın ilinde örtüaltında yetiştirilen ürünler (Devam) (TUİK; 2009)

ÜRETİM (TON)

YILLAR	MARUL (GÖBEKLİ)			MARUL (KIVIRCIK)			MARUL (AYSBERG)					
	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel
2009	-	127	3	-	-	127	3	-	-	-	-	-
2008	-	119	1	-	-	119	1	-	-	-	-	-
2007	-	127	-	-	-	127	-	-	-	-	-	-
2006	-	156	-	-	-	156	-	-	-	-	-	-
2005	-	131	-	-	-	131	-	-	-	7	-	-
2004	-	119	-	-	-	119	-	-	-	23	-	-
2003	-	343	-	-	-	343	-	-	-	-	-	-
2002	-	328	-	-	-	328	-	-	-	-	-	-
2001	-	322	8	-	-	322	8	-	-	-	-	-
2000	20	189	8	-	20	189	8	-	-	-	-	-
1999	40	304	8	-	40	304	8	-	-	-	-	-

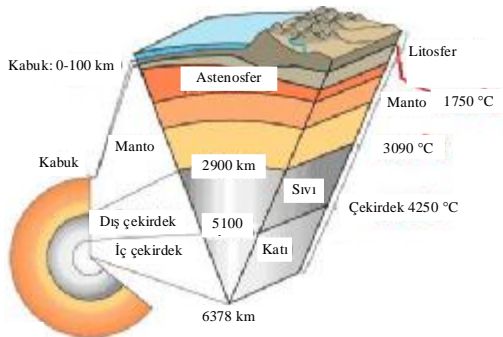
Jeotermal enerji kasaca yer ısısı olup, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş basınç altındaki sıcak su, buhar, gaz veya sıcak kuru kayaların içerdiği ısı enerjisi olarak tanımlanır. Ayrıca, herhangi bir akışkan içermemesine rağmen, bazı teknik yöntemlerle çok derinlerdeki ısısından yararlanılan *sıcak kuru kayalar* teknolojisi de jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir.



Şekil 1.1. Jeotermal buhar çıkışı

1.2.2. Jeotermal Enerjinin Oluşumu ve Isı Kaynağı

Yerkabuğunun derinliklerinde bulunan ısı kaynağı, henüz soğumasını tamamlamamış bir magma kütesi veya genç bir volkanizma ile ilgilidir (Şekil 1.2). Yüzeyden kırık ve çatlaklar aracılığı ile süzülen meteorik kökenli sular, değişik derinliklerde yer alan ve geçirimsiz örtü kayalarla kontrol edilmiş olan gözenekli ve/veya ikincil geçirimli rezervuar kayalarda birikir.



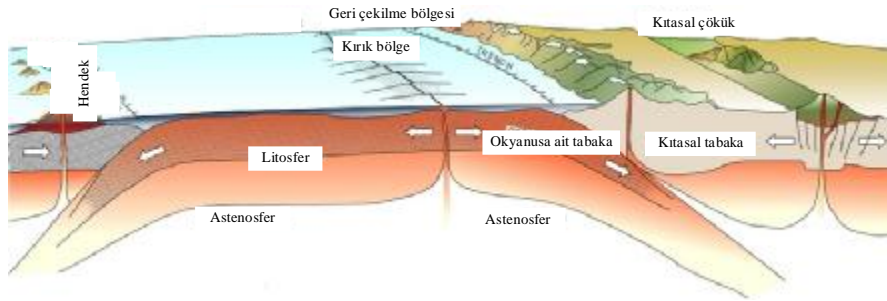
Şekil 1.2. Yerkabuğunun iç yapısı

Biriken sular, ısı kaynağı tarafından ısıtılır ve mineral içeriği bakımından zenginleşir. Yerkabuğunun derinliklerinde ısınan sular, kırık ve çatlak sistemlerin oluşturduğu yollarla yeryüzüne ulaştıklarında, sıcak su kaynakları olarak belirginleşirler.

Jeotermal enerji, yerin derinliklerinden gelen, yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağıdır. Isı, yeryüzüne yakın derinliklere, ısı iletimi yolu ile taşınır. Bu olay iki şekilde gerçekleşebilir (Şekil 1.3):

- 1) Eriyik haldeki magmanın üst bölgelere sokulması
- 2) Sıcak katmanlar olan astenosferin, kıtasal kabuk kalınlıklarının az olduğu kıta parçalarında, yukarıya doğru daha çok ısı iletilmesi

Bu olaylar sonucunda, fazla ısınmış bölgelerdeki yeraltı suları, hidrotermal kaynaklar olarak sıcak su/buhar çıkışları şeklinde yüzeyde görülür (Şekil 1.1).



Şekil 1.3. Yerkabuğundaki tektonik işlemler

1.2.3. Jeotermal Sistem

Jeotermal enerji, yer kabuğunun içerisinde ısı olarak mevcut olan enerjidir. Bu ısının kaynağı, yerkabuğunun iç yapısıyla ve burada gerçekleşen fiziksel işlemler ile ilişkilidir. Yerkabuğunda, yüzeyden çok fazla olmayan derinlerde henüz soğumakta olan magmatik yapılar vardır. Bu yapılar, henüz sıvı veya ısı açığa çıkaran katılaşma süreci içerisindeydir. Magmatik etkinlik olmayan diğer alanlarda, yerkabuğundaki kırıkların yapısal koşulları nedeniyle ısı birikir.

Jeotermal alanlarda, sıcak kayaç ve yüksek yeraltı suyu sıcaklığı, normal alanlara göre daha sığ yerlerde bulunur. Bunun başlıca üç nedeni vardır:

- 1) Magmanın kabuğa doğru yükselmesi ve ısıyı taşıması

2) Kabuğun incelendiği yerlerde yüksek sıcaklık farkı nedeniyle ısı akışı

3) Yeraltı suyunun derine inmesi ve ısıdıktan sonra yüzeye yükselmesi

Jeotermal alan, sistem ve rezervuar aşağıdaki gibi tanımlanır:

Ø *Jeotermal alan*: Yeryüzünde jeotermal etkinliği gösteren coğrafik bir tanımdır. Eğer, yeryüzünde herhangi bir doğal jeotermal çıkış yoksa, yeraltındaki jeotermal rezervuarın üstündeki alanı tanımlamakta kullanılır. Jeotermal alanlar, geçirgen kayalarda bulunan suları ısıtan ve fazla miktarda ısı akışı gerçekleşen, yerkabuğunun kırıklarında sınırlanmış alanlardır.

Ø *Jeotermal sistem*: Beslenme alanı, yeryüzüne çıkış noktaları ve yeraltındaki kısımları gibi bütün parçaları ile birlikte yeraltındaki bir hidrolik sistemi tanımlar.

Ø *Jeotermal rezervuar*: İşletilmekte olan jeotermal sistemin sıcak ve geçirgen kısmını tanımlar. Isı enerjisi, magmatik yapıdan yüzeye ve suyla dolu geçirgen kayalara iletimle transfer edilir. Daha sonra, ısı rezervuarın üst bölümüne doğru, rezervuarı oluşturan sıcak kayaların ısıttığı suların taşınmasıyla transfer edilir. Bu işlem sonucunda, rezervuarın alt ve üst bölümlerindeki sıcaklıklar aynı kalır. Birçok durumda rezervuar, geçirgen özellikte olmayan kayalar ile örtülüdür. Böylece, yüzeyden sıcak akışkan gelmesi önlenir ve akışkan basınç altında tutulur. Mevcut kayanın sıcaklık ve hidrojeolojik durumuna bağlı olarak; aşırı ısınmış-buhar, suyla karışık-buhar veya sadece su elde edilebilir. Rezervuar içerisine kuyu açıldığında, sıcaklık ve basıncına bağlı olarak, elektrik üretimi veya ortam ısıtma amacıyla kullanılmak üzere sıcak akışkan elde edilebilir.

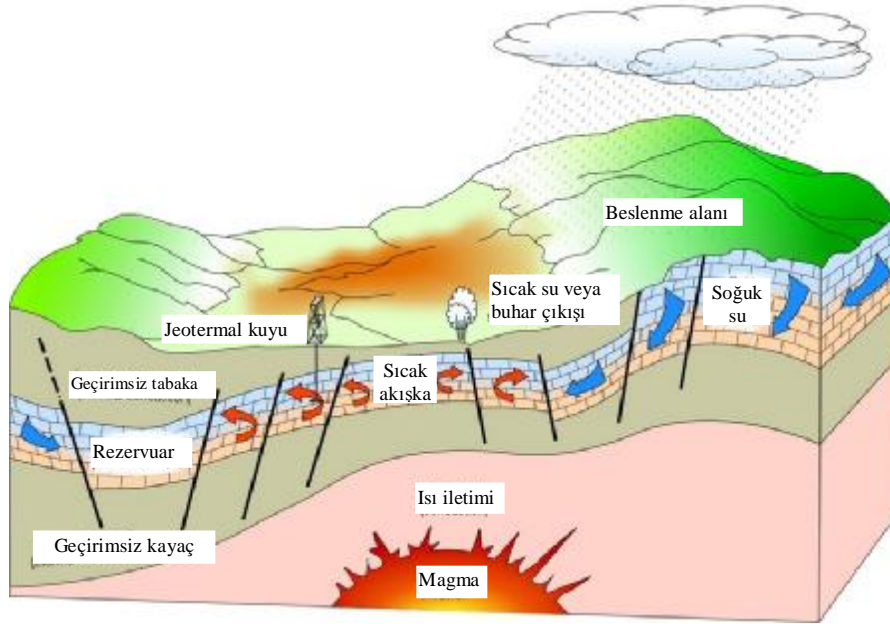
Jeotermal sistem (Şekil 1.4) başlıca üç ana bileşenden oluşur (Toka, 2005):

1) Isı kaynağı: Yüksek sıcaklıklı (> 600 °C) ve yüzeye yakın kısımlara ulaşabilen (5–10 km) magmatik sokulumlar olabileceği gibi, düşük sıcaklıklı sistemlerde, derinlikle birlikte artan normal sıcaklık (jeotermik gradyan-ortalama 2.5–3 °C/100 m) olabilir. Isı kaynağı, yüzeyden sadece birkaç km derinlikte bulunan 600–900 °C sıcaklıktaki magmatik bir yapıdır. Bununla birlikte, yağmur suları kırık ve çatlaklardan dolaşım

sağlayabilecek derinlikte olursa, jeotermal alanlar yüzeysel magmatik kayalardan etkilenmemektedir.

2) **Isıyı yeraltından yüzeye taşıyan akışkan:** Jeotermal akışkan çoğu durumda meteorik sudur. Bu akışkan, rezervuarda sıcaktır ve basınca bağlı olarak buhar veya sıvı haldedir. Akışkan, genellikle bazı kimyasal maddeler ve gazlar (CO_2 , H_2S gibi) içerir.

3) **Akışkan dolaşımını sağlamaya yeterli geçirgenlikte kayaç:** Isıyı taşıyan sıvının dolaşımına uygun çatlaklı kayaçlardır. Kayaçlardan oluşan rezervuarların üzerinde genellikle geçirimsiz tabakalar bulunur.



Şekil 1.4. İdeal bir jeotermal sistemin şematik gösterimi

Jeotermal sistemler ve rezervuarlar; *rezervuar sıcaklığı, akışkan entalpisi, fiziksel durumu, doğası ve jeolojik yerleşimi* gibi özelliklerine göre sınıflandırılırlar.

Bu sistemler, rezervuarda 1 km derinlikteki sıcaklığa bağlı olarak iki gruba ayrılır:

1) *Düşük sıcaklıklı sistemler:* Rezervuar sıcaklığı $150\text{ }^{\circ}C$ 'den daha düşüktür.

Bu tür sistemler genellikle, yeryüzüne ulaşmış doğal sıcak su veya kaynar çıkışlar gösterirler.

- 2) *Yüksek sıcaklıklı sistemler*: Rezervuar sıcaklığı 200 °C'den yüksektir. Bu tür sistemler ise, doğal buhar çıkışları veya kaynayan çamur göletleri ile kendini gösterir.

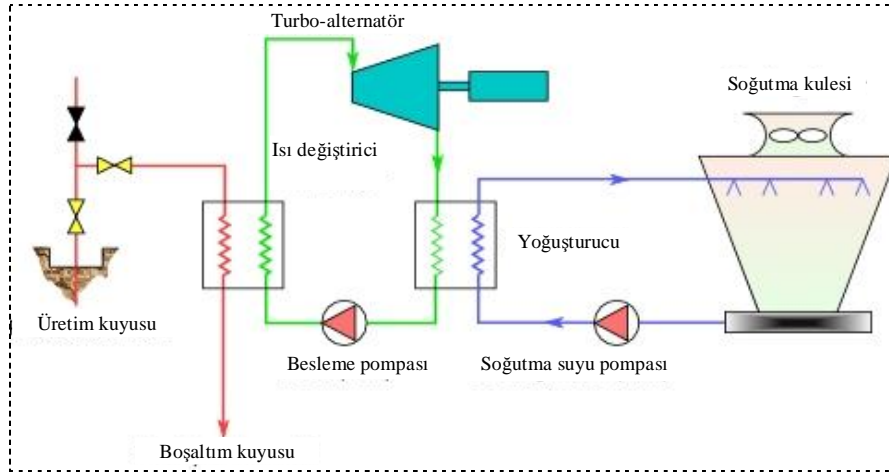
1.2.4. Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları

Jeotermal enerjinin kullanım alanları, akışkan sıcaklığına ve bölge koşullarına bağlı olarak, genellikle iki grup altında incelenebilir:

- 1) Jeotermal enerjiden elektrik üretimi
- 2) Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı

1.2.4.1. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi

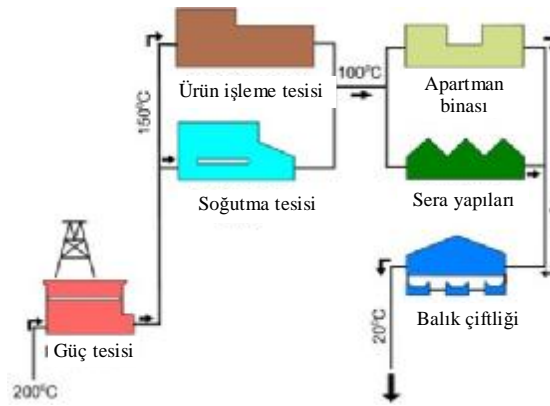
Çıkarılan jeotermal akışkanın durumuna bağlı olarak elektrik üretmek için; kuru buhar çevrimleri, püskürtmeli çevrimler, ikili çevrim, birleşik püskürtmeli/ikili çevrim gibi farklı çevrimler kullanılır (Şekil 1.5). Belirli bir jeotermal kaynaktan elektrik üretimi için, en uygun çevrimin seçimi, ayrıntılı termodinamik ve ekonomik incelemelere bağlı olarak yapılabilir. Jeotermal sistemler, *buhar etkin* ve *su etkin sistemler* olmak üzere ikiye ayrılır. Santral kurulmasında, sahanın durumu da dikkate alınarak, en ekonomik ve verimli teknolojinin seçilmesi gerekir. Gelişen teknolojiye bağlı olarak, *çift ayırım* ve *ikili çevrim* sistemleri ile orta sıcaklıktaki jeotermal kaynaklardan da ticari anlamda elektrik üretilebilmektedir. *Çift ayırım çevrimine* göre işletilen sistemlerde, akışkan iki aşamada ve iki ayrı separatörde buharlaştırılarak türbine gönderilir. Santralin verimi, *tek ayırım çevrimine* göre işletilen sistemlere kıyasla % 15–20 oranlarında daha yüksektir. Birim kWh enerji üretimi başına net maliyet % 10–20 oranında daha düşüktür (Kılıç, 1998).



Şekil 1.5. İkili çevrim santrali jeotermal güç tesisi şeması

1.2.4.2. Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı

Düşük ve orta sıcaklıktaki jeotermal kaynaklar çok farklı alanlarda kullanılabilir (Şekil 1.6). Jeotermal enerjinin akışkan sıcaklığına bağlı olarak doğrudan kullanım alanları Çizelge 1.3'de verilmiştir. Geleneksel olarak bilinen *Lindal* diyagramı (Çizelge 1.3), akışkanın sıcaklığına bağlı olarak jeotermal kaynağın kullanılabileceği alanları göstermektedir.



Şekil 1.6. Jeotermal enerji kullanımı

Çizelge 1.3. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanım alanları (Kılıç, 1998)

Sıcaklık (°C)	Kullanım Alanı
20	Balık çiftlikleri Yüzme havuzları
30	Fermantasyon Damıtma Sağlık tesisleri Toprak ısıtma
40	Kent ısıtma Sağlık tesisleri Mantar üretimi
50	Kaplıcalar
60	Kümes ısıtma Ahır ısıtma
70	Soğutma
80	Konut ısıtma Sera ısıtma
90	Balık kurutma
100	Organik madde kurutma Yün yıkama ve kurutma
110	Çimento kurutma
120	Temiz su elde edilmesi Tuzluluk oranının artırılması
130	Şeker saflaştırma Tuz elde edilmesi
140	Tarım ürünlerinin kurutulması Konservecilik
150	Alüminyum oksit elde edilmesi Kereste kurutma
160	Balık kurutma Yiyecek kurutma
170	Hidrojen sülfid yöntemiyle ağır su elde edilmesi
180	Yüksek konsantrasyon solusyonun buharlaştırılması Amonyak soğurma ile soğutma
190	Kağıt hamuru yumuşatılması

Sıcaklığı 20 °C'den daha düşük olan jeotermal kaynaklardan, ısı pompaları ile ısıtma ve soğutma uygulamalarında yararlanılır. *Lindal* diyagramı jeotermal kaynaklardan yararlanmanın iki önemli yönünü gösterir:

- 1) Kullanılan akışkanın sıcaklığına bağlı olarak, ikinci bir uygulamada kullanılması, jeotermal kaynakların kullanılabilirliğini artırır.
- 2) Jeotermal kaynağın sıcaklığı, mümkün kullanılma alanını sınırlandırır.

Jeotermal akışkanın kimyasal özelliğine bağlı olarak ısıtma sistemleri önemli farklılıklar gösterir. Jeotermal akışkan, kimyasal içerik olarak sorun yaratmayacak

özelliğinde ise, ısıtılacak alanda, radyatör ve uygun borular sistemi aracılığı ile dolaştırılarak doğrudan kullanılabilir. Ancak, kullanılacak akışkan çok fazla mineral içeriyorsa ve kimyasal açıdan problem yaratacak özelliğe (kabuklaşma, korozyon, vb. problemler), akışkanın ısı, ısı değiştirici aracılığı ile düşük kimyasal içerikteki suya (örneğin şehir şebekelerinde kullanılan su) aktarılır. Böylece, sistemde sorun yaratmayacak ısıtılmış su ile ısıtma sağlanır.

Isı değiştirici sistemler, kuyu başı ve kuyu içi ısı değiştiriciler şeklinde, sahanın özelliğine göre, değişik tasarımlarda olabilir. Isıtma sistemlerinin verimliliği, sürekliliği veya başarısı teknolojisine uygun olarak kullanılmasına bağlıdır. Doğrudan kullanılmayacak kadar kimyasal madde içeren ve ısı değiştiriciler yolu ile ısı enerjileri kullanılabilir temizlikteki şebeke suyuna aktarılmış olan jeotermal sular, çevreyi kirletmemesi için, ortamdan uzaklaştırılmalıdır.

Jeotermal enerjinin doğrudan kullanılması şu yararları sağlar (Kılıç, 1998):

- Ø Dönüşüm verimliliği yüksektir.
- Ø Düşük sıcaklıktaki jeotermal kaynaklardan yararlanılabilir.
- Ø Araştırma amacıyla açılan kuyulardan yararlanılabilir.
- Ø Proje uygulama süreleri kısadır.
- Ø Sondaj maliyetleri sığ derinliklerde ucuzdur.
- Ø Jeotermal akışkan uzun mesafelere taşınabilir.

Jeotermal enerjinin doğrudan kullanım alanları üç ana gruba altında incelenir:

- 1) Konut ve iş yerlerinde
- 2) Endüstriyel uygulamalarda
- 3) Tarım ve ilgili alanlarda

Bütün bu uygulamaların ortak tarafı, akışkan dağıtım sistemidir. Akışkanın debisine bağlı olarak, değişik çaplarda boru hatları ile pompa, vana, düzenleyici ve ölçüm-kontrol cihazından oluşan dağıtım sistemi, ısı kayıplarını azaltmak için yalıtılır. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı Çizelge 1.4'deki gibi özetlenebilir.

Çizelge 1.4. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanım alanları (Öztürk, 2006)

<i>Isıtma uygulamaları</i>	Ø Konut ısıtma
	Ø Toprak ısıtma
	Ø Cadde ısıtma
	Ø Pistlerin ısıtılması
	Ø Yüzme havuzları
	Ø Termal tedavi merkezleri
	Ø Turistik tesisler
<i>Endüstriyel uygulamalar</i>	Ø Yiyecek kurutma
	Ø Sterilizasyon
	Ø Konservecilik
	Ø Kerestecilik
	Ø Ağaç kaplama sanayi
	Ø Kağıt endüstrisi
	Ø Dokuma endüstrisi
	Ø Boya endüstrisi
	Ø Deri kurutma ve işleme
	Ø Bira endüstrisi
	Ø Mayalama ve damıtma
	Ø Soğutma tesisleri
	Ø Beton blok kurutulması
Ø İçme suyu olarak	
Ø Çamaşırhaneler	
<i>Tarımsal uygulamalar</i>	Ø Sera ısıtma
	Ø Hayvan barınakları
	Ø Balık çiftlikleri
	Ø Toprak ısıtma
	Ø Ürün kurutma
	Ø Mantar üretimi
	Ø Toprak ıslahı
Ø Sulama	
<i>Kimyasal madde üretimi</i>	Ø Kimyasal madde üretimi
	Ø Kuru buz elde edilmesi

1.2.5. Türkiye’de Jeotermal Enerji

1.2.5.1. Jeotermal Enerji Potansiyeli

Türkiye, jeotermal kaynaklar bakımından önemli bir bölge olan *Alp-Himalaya* organik kuşağında bulunur. Jeotermal kaynak zenginliği bakımından dünyadaki ilk yedi ülke arasında yer alır. Türkiye, *Alp Tektonik Kuşağı* üzerinde bulunması nedeniyle, jeotermal enerji bakımından önemli potansiyele sahiptir.

Ülkemiz, batıda *graben*, ortada *havza rejimi*, doğuda *sıkışma tektoniği* ve kuzeyde ise *Kuzey Anadolu Fayı* (KAF) ile tektonik açıdan çok etkili bir zon üzerindedir (Şekil 1.7). Bu tektonizmanın yarattığı kırık ve zayıflık zonları ile bu zonlardan kabuk içerisinde sığ derinliklere ve/veya yeryüzüne kadar ulaşan magma faaliyetleri sonucunda, magmatik ve volkanizma olayları doğmaktadır. Yer yer jeotermal akışkanlar oluşarak, diğer jeolojik ve meteorolojik olayların da yardımı ile jeotermal sistemler gelişmektedir. Ülkemizdeki teorik ve belirlenen jeotermal enerji potansiyeli Çizelge 1.5’de özetlenmiştir.

Çizelge 1.5. Türkiye’de jeotermal enerji potansiyeli (Kılıç, 1998)

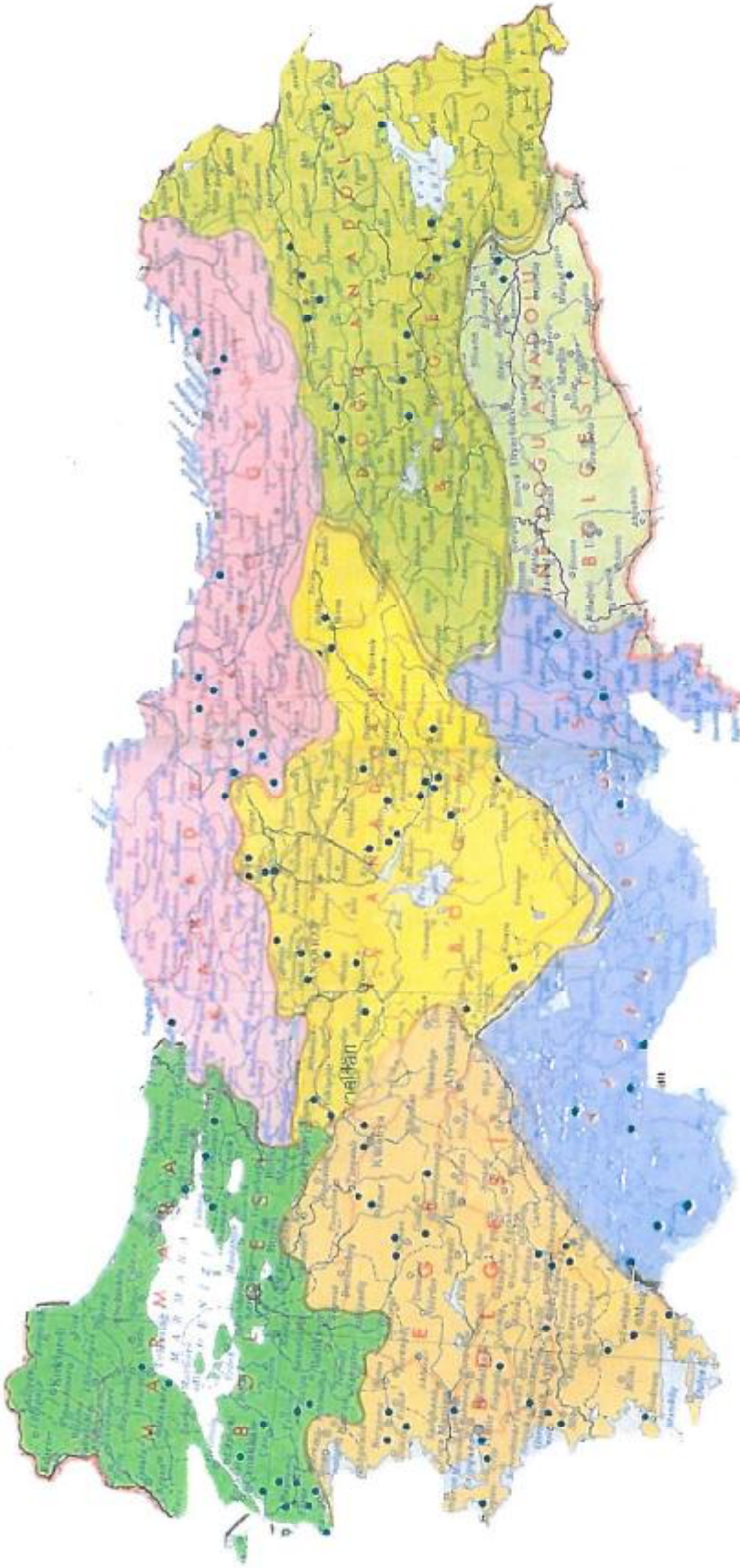
Enerji	Teorik potansiyel	Belirlenen potansiyel
Elektrik (MW _e)	4 500	200
Isı enerjisi (MW _t)	31 100	2 250

Yüksek sıcaklıklı jeotermal akışkan içeren sahalara, genç tektonik etkinlikler sonucunda oluşan grabenler nedeniyle, Türkiye’nin batısında bulunur. Düşük ve orta sıcaklıktaki sahalara ise volkanizmanın ve fay oluşumlarının etkisiyle Orta ve Doğu Anadolu’da ve Kuzey Anadolu Fay hattı boyunca da Türkiye’nin kuzeyinde yer alır.

Sıcaklık derecesi yüksek elektrik üretimine uygun başlıca jeotermal alanlar: Denizli-Kızıldere, Aydın-Germencik, Çanakkale-Tuzla, İzmir-Seferihisar, Nemrut-Zilan-Süphan-Tendürek ve Nevşehir-Acıgöl alanlarıdır.

Ülkemizde dünya standartlarına uygun olarak;

- Ø yüksek sıcaklıklı (>150 °C),
- Ø orta sıcaklıklı (150-70 °C) ve
- Ø düşük sıcaklıklı (<70 °C) olmak üzere birçok kaynak bulunmaktadır.



Şekil 1.7. Türkiye'deki jeotermal alanların dağılımı (Çağlar ve Ark., 2005)

Bunlardan Denizli-Kızıldere ve Aydın-Germencik'teki jeotermal kaynaklar geleneksel yöntemlerle elektrik üretimine uygundur. Bunların yanı sıra; Çanakkale-Tuzla, Kütahya-Simav, Aydın-Salavatlı, İzmir-Seferihisar ve Dikili gibi yeni teknolojilerin uygulanması ile elektrik üretilebilecek sahalarda da vardır. Ayrıca, orta ve düşük entalpili, batıdan doğuya doğru azalan birçok saha bulunmaktadır.

Ülkemizde jeotermal enerji ile ilgili çalışmalara 1962 yılında başlanmıştır. Türkiye, aktif faylarla sınırlı grabenler ve yaygın genç volkanizmaya bağlı olarak doğal buharlar, hidrotermal alterasyonlar ve sıcaklığı yer yer 100 °C'ye ulaşan 600'den fazla sıcak su kaynakları ile önemli jeotermal enerji potansiyeline sahiptir. Bugüne kadar bulunan jeotermal alanların % 95'i ısı uygulamalara uygun sıcaklıkta olup, 30 °C'nin üzerindeki toplam 140 jeotermal alan Türkiye yüzeyine dağılmış olmakla birlikte, çoğu Batı, Kuzey-Batı ve Orta Anadolu'da toplanmıştır.

Yüksek entalpili sayılabilecek üç alan söz konusu olup, bunlar Aydın-Germencik, Denizli-Kızıldere ve teorik olarak Nevşehir-Acıgöl'dür. Bu alanlar özellikle elektrik üretimi ve entegre ısıtma için uygundur. Bunların yanı sıra entalpileri orta düzeyin üstünde bulunan ve elektrik üretimi ile entegre ısıtmaya uygun daha 6 alan (Aydın-Salavatlı, Çanakkale-Tuzla, İzmir-Balçova, İzmir-Seferihisar, İzmir-Dikili, Kütahya-Simav) sıralanabilir. Günümüz teknolojisinde kuyu sıcaklığı 90 °C'nin üzerindeki alanlarda bile elektrik üretimi olanaklı olmakla birlikte, sıcaklığın düşmesi ile ekonomikliği sınırlanmaktadır.

1.2.5.2. Türkiye'de Jeotermal Enerji Kullanımı

Ülkemizde jeotermal enerji; elektrik üretimi, konut ve sera ısıtması, CO₂ üretimi ve sağlık amaçlı olarak değerlendirilmektedir. Jeotermal enerjiden doğrudan kullanım için, başlıca bölgesel ısıtma uygulamalarında yararlanılmaktadır (Çizelge 1.6). Türkiye'de jeotermal ısıtma uygulamaları 1964 yılında Gönen Park Otelinin ısıtılması ile başlamıştır. Türkiye, jeotermal enerji potansiyeli ile toplam elektrik gereksiniminin % 5'ine, ısıtmada ısı enerjisi gereksiniminin de % 30'una kadar olan bölümünü karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Ancak, bunların ortalaması

alındığında, Türkiye enerji (elektrik+ısı) gereksiniminin % 14'ünü jeotermal enerji ile karşılayabilir.

Çizelge 1.6. Türkiye’de jeotermal enerji kullanımı (Anonim, 2005a)

Kullanım	Kapasite
<i>Kaplıca</i>	215 kaplıca (402 MWt) (yılda 10 milyon kişi)
<i>Isı kullanımı</i>	1229 MWt (900.000 ton/yıl petrol (kalorifer yakıtı) karşılığı 870 Trilyon TL/Yıl, 2005 itibariyle)
<i>Elektrik üretimi</i>	Denizli-Kızıldere jeotermal sahasına 17.38 MWe kapasiteli klasik buhar çevrimli elektrik santrali kurulmuştur. 1984 yılından beri yaklaşık ortalama 10 MWe güçle elektrik üretmektedir. Aydın-Salavatlı'da 7.9 MWe ikili çevrim jeotermal elektrik üretim santrali kurulmuş ve Mart 2006'da deneme üretimine başlamıştır. Aydın-Germencik'te Ömerbeyli jeotermal sahasına 25/40/(100) MWe kapasiteli jeotermal elektrik üretim santrali yatırımının çalışmaları devam etmektedir. Kızıldere jeotermal santralinin atığı olan 140 °C'lik jeotermal akışkandan 5.5 MWe kapasiteli bir jeotermal elektrik santrali kurulması için üretim lisansı alınmıştır. Çanakkale-Tuzla jeotermal alanında 7.5 MWe kapasiteli bir jeotermal santral kurulması için üretim lisansı alınmıştır. 10 MWe kapasiteli Simav jeotermal elektrik üretim santrali proje aşamasındadır.
<i>Karbondioksit</i>	120 000 ton/yıl

Türkiye’de jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı daha çok merkezi ısıtma sistemleri vasıtasıyla gerçekleşmiştir. İlk merkezi ısıtma sistemi 1987’de kurulmuş ve 1991–2004 yılları arasında 11 merkezi ısıtma sistemi daha kurulmuştur. Çizelge 1.7’den de izlenebileceği gibi, merkezi ısıtma sistemlerinin toplam kapasitesi 250 MW_t’a erişmiştir. Bu ısıtma sistemlerinin yaklaşık 35000 konutu ısıttığı tahmin edilmektedir (Serpen, 2006).

Çizelge 1.7. Türkiye’de jeotermal enerji ile merkezi ısıtma sistemleri (Erdoğan ve ark., 2006)

Yer	Tarih	Kurulu Güç (MWt)
Gönen-Balıkesir	1987	10.6
Simav-Kütahya	1991	26.2
Kırşehir	1994	5.6
Kızılcahamam-Ankara	1995	17.6
Balçova-İzmir	1996	71.3
Afyon	1996	33.9
Kozaklı-Nevşehir	1996	16.7
Sandıklı-Afyon	1998	29.3
Diyadin-Ağrı	1998	10.9
Salihli-Manisa	2002	17.0
Sarayköy-Denizli	2002	8
Edremit-Balıkesir	2004	6
TOPLAM		253

1.2.6. Jeotermal Enerjiyle Sera Isıtma

1.2.6.1. Sera Isıtmada Jeotermal Enerjinin Önemi

Tarım sektöründe enerji korunumuna ilişkin son gelişmeler, yoğun enerji tüketilen sera sektörünün enerji korunumunda önemli bir yeri olduğunu göstermiştir. Esas olarak sezon dışı üretim amacıyla kullanılan seralarda yetiştirilen ürünlerin kalite, miktar ve gelişme süresi bakımından en uygun ortam koşullarının sağlanması için, kışın soğuk dönemlerde ısıtma ve yazın sıcak dönemlerde havalandırma gereklidir. Bitki büyümesi ve gelişmesi ile verim ve kalitesi üzerinde esas etkiye sahip olan ortam sıcaklığının kontrol altında tutulması, sera tekniğinde önemli bir etkidir. Seralarda yetiştirilen ürünlerden beklenen en yüksek verimin elde edilebilmesi için, sıcaklığın düşük olduğu dönemlerde seraların ısıtılması gereklidir. Kuzey Avrupa ülkelerinde sera ısıtma amacıyla kış ve yaz mevsimlerinde fazla miktarda enerjiye gereksinim duyulmasına karşın, Akdeniz ülkelerinin çoğunda ekolojik koşulların uygun olması nedeniyle, sadece soğuk kış gecelerinde gereksinim duyulan ısıtma uygulamaları yeterince yapılmamaktadır. Bu nedenle, ürünlerin kalite, miktar ve hasat zamanı açısından bazı olumsuzluklarla karşılaşmaktadır.

Avrupa topluluğu kapsamındaki ülkelerde bulunan 60 000 hektardan fazla seranın (Zabeltitz, 1988) ısıtma ve havalandırılması için tüketilen enerji miktarı, topluluktaki ülkelerin toplam enerji bütçesinin % 1.5'ini oluşturur (Hurd, 1989). Sera ısı gereksiniminin karşılanması için gerekli enerji miktarı; Güney Avrupa koşullarında 5–6 litre fuel/m².yıl iken, Kuzey Avrupa koşullarında 80 litre fuel/m².yıl'dır (Zabeltitz, 1988). Bulunulan yöre, yetiştirilen ürün çeşidi ve yapılan üretim şekline göre, klasik fosil yakıtlarla yapılan ısıtma uygulamalarında, ısıtma giderleri toplam üretim giderlerinin % 60–70'ine ulaşmaktadır (Popovski, 1987). Güney Avrupa koşullarında sera ısıtma giderleri, toplam işletme giderlerinin % 30'undan daha fazladır (Santamouris, 1993). Avrupa'daki seraların ısıtılmasında yaygın olarak; kapalı devre sıcak su dolaşımli çelik borulu ısıtma sistemleri kullanılır. Merkezi ısıtma sağlayan bu sistemlerde enerji kaynağı olarak fosil yakıtlar tüketilmektedir. Son yıllarda örtü altı yetiştiriciliğinde enerji tüketiminin azaltılmasına ilişkin yapılan araştırmalar aşağıdaki hedeflere yönlendirilmiştir:

- Ø Düşük sıcaklıkta gelişebilen ürünler yetiştirmek
- Ø Isıl direnci yüksek örtü ve ısı perdeleri kullanarak ısı kayıplarını azaltmak
- Ø Geleneksel ısıtma sistemlerinin etkinliğini artırmak
- Ø Isıtma amacıyla yeni/yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak
- Ø Fosil yakıtların tüketildiği geleneksel ısıtma sistemlerine alternatif olarak, düşük maliyetli ve etkinliği yüksek ısıtma sistemleri geliştirmek

1.2.6.2. Türkiye'de Jeotermal Isıtımlı Sera Varlığı

Jeotermal ısıtma, jeotermal kaynakların en yaygın olarak kullanım alanlarından birisi olup, jeotermal sera ısıtması Türkiye'de gittikçe önem kazanmaktadır. Türkiye'deki jeotermal enerji ile sera ısıtma uygulaması ilk kez Denizli-Kızıldere'de 0.45 hektarlık alanda uygulanmıştır. Bugün ise, bu seranın büyüklüğü 1.395 hektara ulaşmıştır. Son yıllarda, jeotermal enerji ile ısıtılan sera alanı büyük bir artış göstermiş ve 35.7 hektarı bulmuştur (Özgener ve Koçer, 2004).

Türkiye'deki jeotermal enerjinin tarımsal amaçlı diğer bir doğrudan kullanım alanı seracılıktır. Çizelge 1.8'de jeotermal enerji ile ısıtılan önemli sera alanları ve bu alanları ısıtmak için sağlandığı tahmin edilen güç değerleri verilmiştir. Ülkemizde, son zamanlarda jeotermal enerji ile sera ısıtmacılığı önem kazanmıştır. Bu nedenle, 809 dekarlık mevcut jeotermal ısıtım alanına ek olarak, 800 dekarlık jeotermal ısıtım alanı projelendirilmektedir. Büyük sera tesisleri 142 MW_t'lık güç kullanmaktadırlar. Küçük tesisler de dikkate alınırsa, bu miktar 150 MW_t'a erişecektir. Urganlı jeotermal alanında, TÜBİTAK tarafından desteklenen bir pilot kurutma uygulaması bulunmaktadır (Serpen, 2006).

Çizelge 1.8. Türkiye'de jeotermal ısıtım alanları (Serpen, 2006)

Yer	Alan (da)	Tahmini Güç (MW _t)
Dikili	240	42
Urganlı	20	3.5
Simav	180	31.5
Gümüşlük-Kuşadası	80	14
Edremit	50	9
Tuzla	50	9
Gediz	9	1.5
Afyon	20	3.5
Alaşehir	20	3.5
Şanlıurfa	60	10.5
Balçova	80	14
TOPLAM	809	142

1.2.6.3. Jeotermal Enerjiyle Sera Isıtma Sistemleri

Sera ısıtım amacıyla, düşük sıcaklıktaki ısıtım akışkanlarından etkin ve ekonomik olarak yararlanılabilir. Bu nedenle, son yıllarda seralarda sıcak sulu ısıtım sistemlerinin tasarımına ilişkin araştırma ve geliştirme çalışmaları önem kazanmıştır. Bu durum, sera (Şekil 1.8) ve ısıtım sistemlerinin tasarımı konusundaki teknik yaklaşımın sürekli olarak değişmesine neden olmaktadır. Düşük sıcaklıktaki ısıtım akışkanlarının bazı üstünlükleri nedeniyle, sera ısıtım için birçok yeni ısı değiştirici geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır.



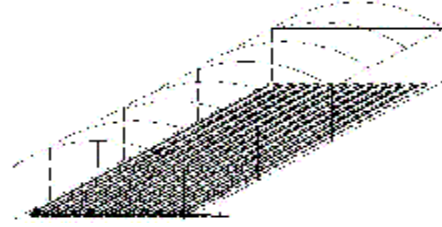
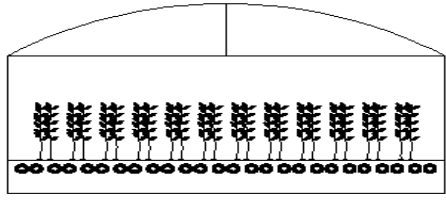
Şekil 1.8. Sera yapısı

Jeotermal enerjiyle ısıtma sistemleri (Şekil 1.9); ısı transferi, kullanılan malzemeler ve ısı değiştiricilerin yerleşimine bağlı olarak incelenebilir. Jeotermal enerjiyle ısıtma sistemleri teknik özelliklerine bağlı olarak gruplandırılabilir:

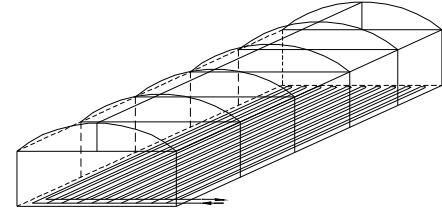
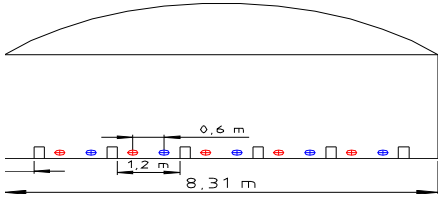
- 1) Toprak ısıtma sistemleri
- 2) Toprak yüzeyine veya yetiştirme masalarına yerleştirilen sistemler
- 3) Hava ısıtma sistemleri
- 4) Fan kullanılan hava ısıtma sistemleri
- 5) Asıl veya aşırı ısı yükünü karşılayan kombine ısıtma sistemleri

Jeotermal enerji ile sera ısıtma için araştırma ve geliştirmeye çalışmalarında aşağıdaki etmenlerin dikkate alınması gerekir (Öztürk, 2006):

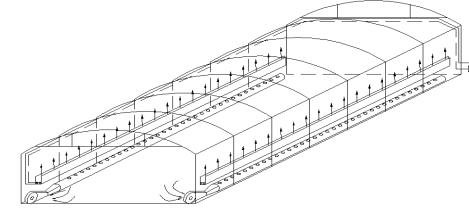
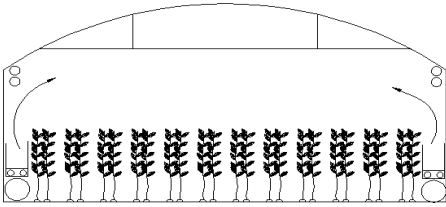
- Ø Sera kurulacak alan, ticari olarak sera üretimi için uygun olmalıdır.
- Ø Jeotermal kaynak seradan 20 km'den daha uzak olmamalıdır.
- Ø Jeotermal sera tesisi belirli bir büyüklükte olmalıdır.
- Ø Sera yapısı, uygun malzeme ve ekipmanlardan yararlanılarak, jeotermal akışkan kullanılmak üzere tasarlanmalıdır.
- Ø Mevcut olan ısı enerjisi miktarı ve seranın yıllık ısı gereksiniminin ne kadarının karşılanabileceği iyi bilinmelidir. Balıkçılık, hayvancılık, sulama ve mantar yetiştiriciliği gibi diğer uygulamalar da dikkate alınmalıdır.



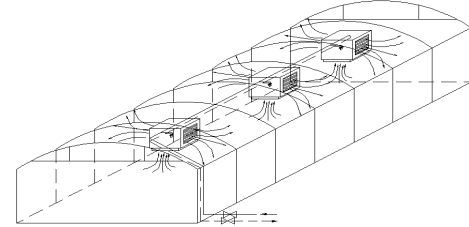
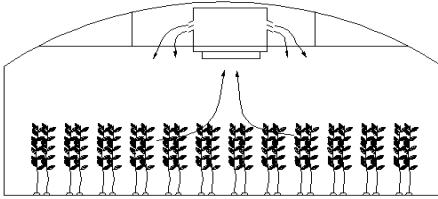
a) Toprak ısıtma sistemi



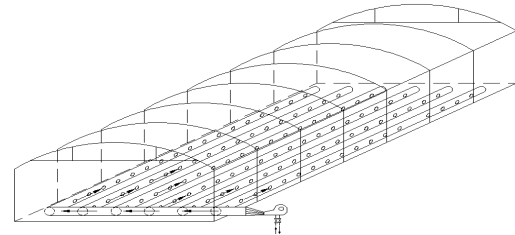
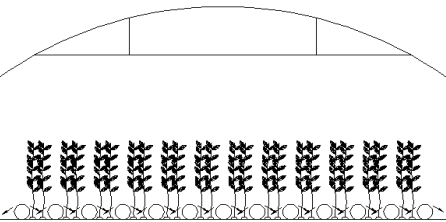
b) Sera zeminine yerleştirilen ısıtma sistemi



c) Zorlanmış hava akımı ve konvektörle ısıtma sistemi



d) Fan ve konvektör üniteleriyle hava ısıtma sistemi



e) Dağıtma kanallarıyla hava ısıtma sistemi

Şekil 1.9. Jeotermal enerjiyle sera ısıtma sistemleri (Öztürk ve ark., 2004)

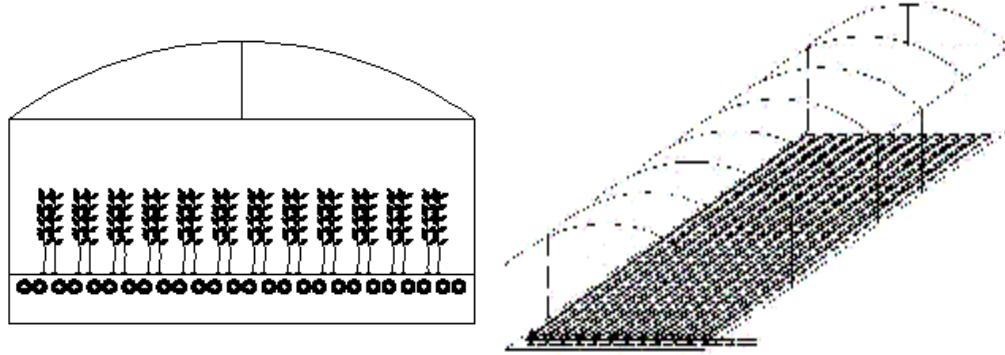
Jeotermal enerji ile sera ısıtma uygulamalarında, işletme ve bakım açısından en uygun kaynaklar, derinliği az olan yüzeysel ve düşük sıcaklıktaki (25–60 °C) kaynaklardır. Bu özellikteki kaynaklar için kazı ve akışkan pompalama giderleri düşüktür. Bununla birlikte, jeotermal enerji kullanımında; jeotermal akışkanın kimyasal bileşimi, akış oranı ve kuyu derinliği gibi Çizelge 1.9’da verilen tasarım değişkenlerinin doğru bir şekilde analiz edilmesi gerekir. Bazı uygulamalarda, jeotermal akışkanda bulunan ve korozyona neden olan kimyasal bileşenler nedeniyle, jeotermal akışkandan, sera içerisinde dolaşan normal akışkana (su) ısı transferi sağlamak için ısı değiştiriciler kullanılır.

Çizelge 1.9. Jeotermal enerjiyle sera ısıtmada temel değişkenler (Öztürk, 2008)

Tasarım Değişkeni	Özellikler
Isı kaynağı	Verdi Su sıcaklığı Suyun ısı kapasitesi
Kaynak ile tesis arasındaki bağlantı	Uzaklık Ekipman Çevresel etmenler
Sera	Özgül ısı tüketimi Tam yükte yararlanma süresi Yıllık ısı gereksinimi Elektrik tüketimi maliyeti Yatırım maliyeti Isıtma sisteminin tipi Isıtma sisteminin teknik özellikleri
Bitkisel üretim	Sebze Süs bitkisi
Sera alanı	Ilık iklim Sıcak iklim Soğuk iklim
Isı gereksinimi fazla olan bitkiler	Domates Kavun
Isı gereksinimi düşük olan bitkiler	Marul Karanfil
Kısa boylu bitkiler	Marul Çilek
Uzun boylu bitkiler	Domates Gül
Çeşitler	Hastalıklara dirençli Strese toleranslı
Dış satım değeri olan ürünler	Sezon dışında üretim Yıl boyunca üretim
Mikroklima özellikleri	Sıcaklık dağılımı Hava ve toprak ısıtma kombinasyonu Toprak ısıtma Hava hareketi
Agroteknik özellikler	Tezgahlar üzerinde yetiştiricilik Toprakta yetiştiricilik Topraksız yetiştiricilik
Sera tipi	Tünel, Plastik, Cam
Enerji korunumu önlemleri	Çift kat örtü, Isı perdesi
Sera işletmeciliği	Çok yönlü eğitim

Jeotermal enerjiyle sera ısıtma sistemlerinin tasarım ve seçimine ilişkin temel özellikler Çizelge 1.10–1.21’de incelenmiştir. Jeotermal enerjiyle ısıtma sistemleri; teknik tasarım, seradaki düzenleme, ısı değiştirici tasarımı, ısı transfer katsayısı, sera ortamında sıcaklık dağılımı, ısıtma akışkanı için gerekli kalite özellikleri, sera iklimine olan etkiler, yetiştirme sistemlerine uygunluk ve teknik/ekonomik uygulanabilirlik bakımından tartışılmıştır.

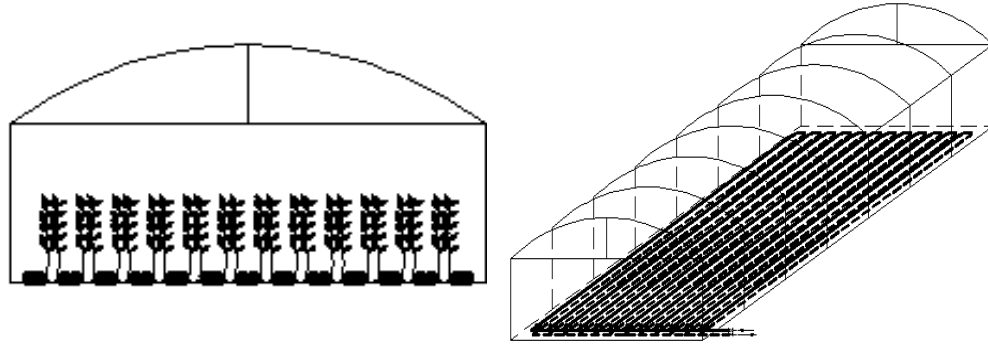
Çizelge 1.10. Serada jeotermal enerjiyle toprak ısıtma sistemleri (Öztürk, 2006)



Şekil 1.10a. Isıtma borularının toprak altına yerleştirilmesi Şekil 1.10b. Serada toprak ısıtma sisteminin düzenlenmesi

Teknik Tanımlama	Toprak ısıtma sistemi, toprak yüzeyinden 30–50 cm derinlik ve 15–40 cm aralıkla yerleştirilen ısıtma borularından oluşur (Şekil 1.10).
Tasarım Malzemesi	Uygulamada yaygın olarak çapları 20–60 mm arasında değişen düz veya kıvrımlı polietilen (PE) veya polipropilen (PP) borular kullanılır.
Kısıtlar	Çok yüksek sıcaklık bitki köklerine zarar verebilir. Isıtma akışkanı için önerilen sıcaklık sınırları 25–35 °C'dir.
Isı Transferi	Esas olarak; ısıtma borularının düzenlenmesi, toprak nem içeriği, sıcaklık farkı ve toprağın bileşimine bağlıdır. Toprak içerisinde 50 cm derine yerleştirilen ısıtma borularından dağılan ısı güç yaklaşık 25 W/m ² iken, 5 cm derinliğe yerleştirilen borulardan dağılan ısı güç yaklaşık 60 W/m ² 'dir.
Isıtma Akışkanı	Mineral içeriği düşük ve tortu oluşturmeyen temiz bir akışkan olmalıdır.
Otomatik Kontrol	Isı transferine karşı toprak direncinin fazla olması nedeniyle, sistemin kısa süreli iklim değişikliklerine karşı kontrolü güçleşir.
Sera İklimine Etkisi	Toprak sıcaklığına ve toprak yüzeyindeki hava sıcaklığına belirgin bir etkisi vardır. Sera içerisindeki havanın yatay ve düşey sıcaklık dağılımı oldukça düzgündür.
Yetiştiricilik Açısından	Sebze ve çiçek yetiştiriciliği için çok uygun bir ısıtma sistemidir. Ürünün erken hasada gelmesini sağlar. Yüksek verim ve kaliteli ürün elde edilir.
Genel Yorum	Akdeniz iklimi için uygun olan bu ısıtma sistemi, Avrupa'nın diğer bölgelerinde diğer ısıtma sistemleri ile birlikte kullanılabilir. 5 °C'ye kadar olan ısı gereksinimlerinin karşılanması için uygundur. Kolay bir şekilde tasarımı olduğundan, serada uygulanan her türlü yetiştirme sistemi için uygundur. Topraksız yetiştiricilikte kullanılabilir.
Öneriler	Serada asıl ısı yükünün sadece belirli bir bölümünün karşılanması için kullanılmalıdır. İklim kontrolü için, ekonomik boyutta bir kontrol ve düzeleme sistemi kullanılmalıdır. Özellikle Akdeniz iklimi için, ısıtma sisteminin ekonomikliği dikkate alınmalıdır.

Çizelge 1.11. Serada zemin yüzeyinde ısıtma boruları (Öztürk, 2006)

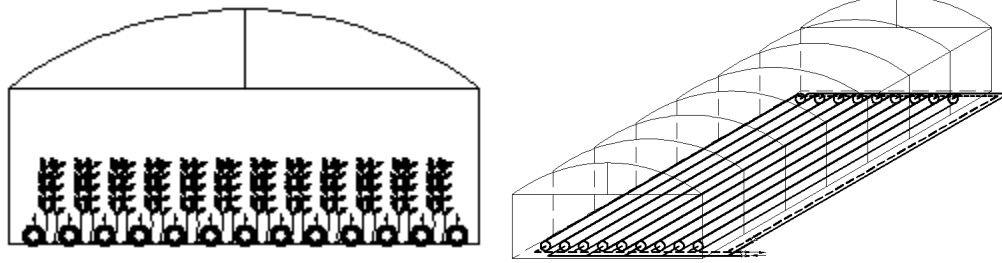


Şekil 1.11a. Isıtma borularının zemin yüzeyine yerleştirilmesi

Şekil 1.11b. Serada ısıtma borularının düzenlenmesi

Teknik Tanımlama	Bitki sıra aralarındaki toprak yüzeyine yerleştirilen ısıtma borularından oluşur (Şekil 1.11). Basit devreler şeklinde düzenlenebilir. Isıtma devresindeki iki veya üç adet ısıtma borusu, paralel sistem olarak düzenlenebilir.
Tasarım Malzemesi	Kuzey Avrupa ülkelerinde 40–51 mm çaplarında çelik borular kullanılmaktadır. Isıtma borusu olarak, 25–32 mm çaplarında düz veya kıvrımlı PE ve PP borular kullanılabilir.
Kısıtlar	PE boru kullanılması durumunda, ısıtma akışkanı sıcaklığı 60 °C'den daha düşük olmalıdır. Sıcaklığın yüksek olması nedeniyle, plastik boruların yerleşiminin periyodik olarak yeniden düzenlenmesi gerekir.
Isı Transferi	Sıcaklık farkına bağlı olarak, sıcaklığı 30–40 °C arasında olan ısıtma akışkanı için 10–14 W/m ² K arasında değişir.
Isıtma Akışkanı	Tortu birikimine neden olan herhangi bir kimyasal etmen içermeyen temiz bir akışkan olmalıdır. Kıvrımlı borular tortu oluşumunu engellediğinden, bu tür boruların iç yüzeyleri sürekli olarak temiz kalır.
Otomatik Kontrol	Ortam sıcaklığı, akışkan sıcaklığına bağlı olarak otomatik bir şekilde düzenlenebilir.
Sera İklimine Etkisi	Toprağa olan etkisi az, ancak önemlidir. Sera içerisindeki havanın düşey ve yatay sıcaklık dağılımı oldukça düzgündür. Bitki yaprak sıcaklığı, ortamdaki havanın sıcaklığına çok yakındır. Sera ortamındaki hava hareketi ve yönü, yapılan yetiştiricilik için genellikle uygundur.
Yetiştiricilik Açısından	Seralarda uygulanan yetiştirme sistemleri için genellikle olumlu etkilere sahiptir. Avrupa'daki tüm iklim bölgelerinde; erken hasat, yüksek verim ve kaliteli ürün elde edildiği bildirilmektedir.
Genel Yorum	Akdeniz iklimi için çok uygun olan bu ısıtma sistemi, Avrupa iklim bölgeleri için de uygundur. Dolaşım pompaları için elektrik enerjisine gereksinim vardır. Plastik borulu sistemlerin bakım ve düzenlenmesi kolaydır. Isıtma yüzeyinin küçük olması nedeniyle, sıcaklığı 35 °C'den daha düşük olan ısıtma akışkanları için uygun değildir.
Öneriler	Her türlü iklim ve her türlü yetiştirme sistemi için uygundur. Soğuk bölgelerde seranın asıl ısı yükünü karşılamak üzere tasarlanmalıdır. Seranın aşırı ısı yükü, daha yükseğe yerleştirilen sistemlerle birlikte düzenlenerek karşılanmalıdır. Seranın üst bölümündeki hava sıcaklığı düşük olduğundan, bitkiler atmosferden gelen soğuk ışınımına karşı daha duyarlıdır.

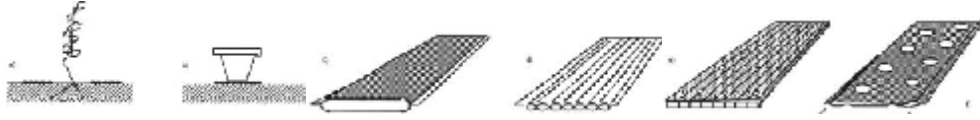
Çizelge 1.12. Serada bitki sıra aralarında plastik su tüpleri (Öztürk, 2006)



Şekil 1.12a. Serada su tüplerinin bitki sıra aralarında yerleşimi Şekil 1.12b. Serada su tüplerinin düzenlenmesi

Teknik Tanımlama	Seradaki bitki sıra aralarına, çapları 100–250 mm arasında değişen PE tüpler yerleştirilir (Şekil 1.12). Tüplerin üst kısmı, jeotermal enerjiye ek olarak, güneş ışınımından da enerji kazanımına olanak sağlayacak şekilde, geçirgen özellikte bir malzemeden tasarımlanır. Tüplerin alt kısmı ise, yabancı otların ve mantarların gelişmesini önlemek için, siyah malzemeden tasarımlanır. Isıtma akışkanının su tüpleri içerisinde serbest bir şekilde dolaşımına olanak sağlamak için sera uygun bir şekilde tesviye edilmelidir.
Tasarım Malzemesi	Kalınlığı 0.2–0.3 mm olan yumuşak PE malzeme kullanılabilir.
Kısıtlar	Isıtma sistemi mekanik etkilere karşı duyarlıdır. Seranın uygun bir şekilde tesviye edilmesi ve çıkan suyun drenajının sağlanması gerekir.
Isı Transferi	Isıtma akışkanı sıcaklığının 30–35 °C arasında olması durumunda, ısıtma tüpleri ve sera iç ortamı arasındaki sıcaklık farkına bağlı olarak 10–15 W/m ² K arasında değişir.
Isıtma Akışkanı	Büyük çaplı su tüplerinin kullanılması durumunda, tortu birikimine neden olabilen mineral içeriği fazla olan jeotermal akışkandan da yararlanılabilir. Düşük sıcaklıktaki (<60 °C) herhangi bir akışkan, ısıtma akışkanı olarak kullanılabilir.
Otomatik Kontrol	Su tüpleri içerisinde fazla miktarda su bulunduğu için, iç ortam hava sıcaklığı, dış ortam sıcaklığındaki kısa süreli değişimlere karşı etkin bir şekilde kontrol edilemez. Isı değiştiricilerden sera iç ortamına ışımla geçen ısı miktarı fazla olduğundan, bitki örtüsü içerisinde oldukça durağan bir sıcaklık oluşmasına neden olur. Akış düzenlemesi çok basittir ve hassas kontrol sistemlerine gerek duyulmadan sağlanabilir.
Sera İklimine Etkisi	Kök bölgesindeki toprak sıcaklığına önemli düzeyde etkisi vardır. Sera ortamında yatay ve düşey sıcaklık dağılımı oldukça düzgündür. Sistem güneş enerjisi depolama özelliğine de sahip olduğundan, gündüz süresince aşırı ısınma ve gece süresince sıcaklık düşmesi sorunları azalır.
Yetiştiricilik Açısından	Seralarda uygulanan birçok yetiştirme sistemi için genellikle olumlu etkilere sahiptir.
Genel Yorum	Akdeniz iklimi koşullarında etkin olarak kullanılabilir. Yatırım giderleri çok düşüktür ve kullanım süresi genellikle iki yıldır. Özellikle çok düşük sıcaklıktaki ısıtma akışkanları için uygundur. Bu tip ısıtma sistemleri, sadece güneş enerjisinden yararlanmak amacıyla da tasarlanabilir.
Öneriler	Bu tip ısıtma sistemleri, sadece küçük ve basit seralar için kolay bir şekilde tasarlanabilir. Belirli bir düzenlemeye gereksinim kalmaksızın, etkin bir şekilde çözüm sağlanabilir. Büyük seralar için genellikle uygun değildir.

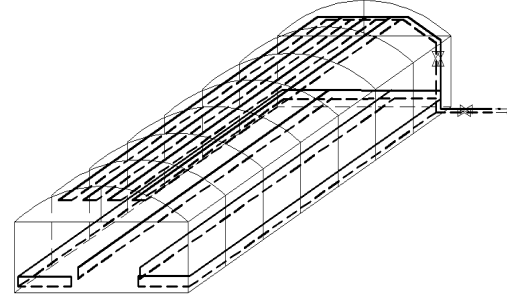
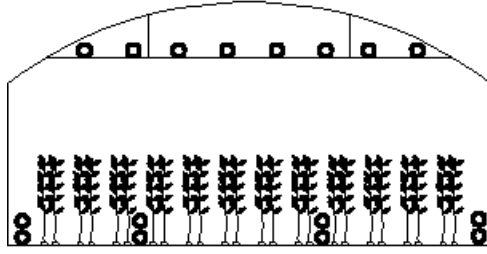
Çizelge 1.13. Serada zemininde plastik plaka ısı değiştiriciler (Öztürk, 2006)



Şekil 1.13. Serada zemin yüzeyinde plastik plakalı ısı değiştiriciler

Teknik Tanımlama	Seradaki bitki sıra aralarına, plastik plakalı ısı değiştiriciler yerleştirilir (Şekil 1.13). Isıtma akışkanının serbest bir şekilde akabilmesi için, seranın uygun bir şekilde tesviye edilmesi gerekir.
Tasarım Malzemesi	Işınım malçları, ince PE malzemeden tasarlanırlar. Çoklu tüpler EPDM, polipropilen (PP) plakalar ise çok katlı PP malzemeden tasarlanırlar.
Kısıtlar	Işınım malçları, mekanik etkilere karşı duyarlıdır. Plakaların altında yosun gelişebilir. Sistem yüzeylerinin geniş olması, seradaki yetiştirme işlemlerini olumsuz olarak etkiler.
Isı Transferi	Işınım malcı uygulanması ile ısıtma akışkanı sıcaklığının 30–35 °C arasında olması durumunda, sera iç ortamı ile sıcaklık farkına bağlı olarak 10–14 W/m ² K arasında değişir. Çoklu tüpler ve PP plakaların saksı bitkileri yetiştiriciliğinde, yetiştirme masaları üzerinde kullanılması durumunda 10.4–11.4 W/m ² K arasında değişir.
Isıtma Akışkanı	Düşük sıcaklıktaki herhangi bir akışkan kullanılabilir. PP plakalar dışında, tortu birikimi sorunuyla karşılaşılmaz.
Otomatik Kontrol	Işınım malcı uygulamalarında, kısa süreli sıcaklık değişmelerine karşı etkin bir şekilde kontrol sağlanmaz. Diğer iki sistemde bu tür sorunlarla karşılaşılmaz.
Sera İklimine Etkisi	Isı değiştiricilerin altındaki toprak sıcaklığına önemli düzeyde etkisi vardır. Işınım etkisi nedeniyle bitkilerin yaprak sıcaklığını da etkiler. Sera ortamındaki havada düşey ve yatay sıcaklık dağılımını oldukça düzgündür.
Yetiştiricilik Açısından	İlke olarak, serada yapılan her türlü yetiştirme sistemi için olumlu etkilere sahiptir. Saksı bitkileri (Şekil 13.6) veya topraksız kültür gibi yetiştirme sistemleri için özellikle uygundur.
Genel Yorum	Akdeniz iklimi koşulları için uygundur. Soğuk iklim bölgelerinde, saksı bitkileri yetiştiriciliğinde asıl ısıtma sistemi olarak kullanılabilir. Işınım malçlarının kullanım süresinin kısa olması ve pahalı kontrol sistemlerine gereksinim duyulması nedeniyle, ekonomik açıdan bazı kısıtlarla karşılaşılır.
Öneriler	Işınım malçları sadece küçük seralarda kullanılmak amacıyla tasarlanırlar. Isı değiştirici/toprak alanı oranının 0.4–0.6 arasında olması önerilir. Yetiştirme masalarında yapılan ısıtma uygulamaları ile olumlu etkiler sağlanır.

Çizelge 1.14. Serada ısıtma borularından oluşan ısıtma sistemi (Öztürk, 2006)

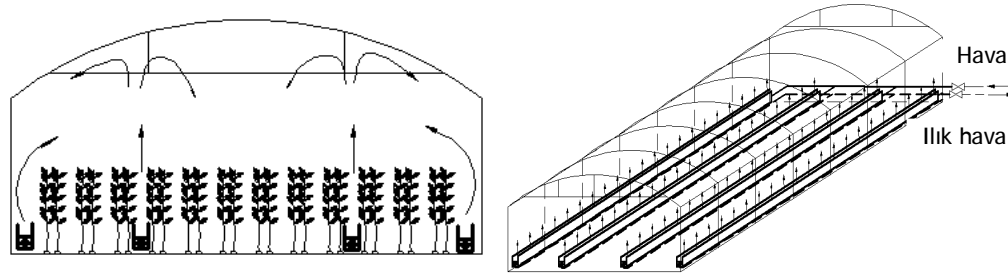


Şekil 1.14a. Isıtma borularını yerleşimi

Şekil 1.14b. Isıtma borularının düzenlenmesi

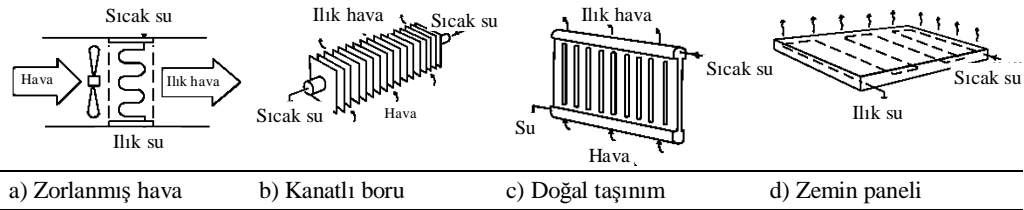
Teknik Tanımlama	Düz veya kanatlı çelik borular, seranın uzun kenarları veya bitki sıra araları boyunca yerleştirilir (Şekil 13.7). Isıtma boruları sera çatısının altına da yerleştirilebilir.
Tasarım Malzemesi	Düz veya kanatlı çelik borular, karbon veya galvanizli çelik malzemeden tasarımlanır. Son yıllarda, alüminyum malzemeden tasarılan kanatlı borular da kullanılmaktadır.
Kısıtlar	Isıtma sistemi için pahalı destekleme sistemlerine gereksinim vardır. Isıtma borularının yükünü taşıyabilmesi için, sera yapısının dayanıklı olması gerekir. Metal malzemeler, korozyona karşı duyarlıdır.
Isı Transferi	Sera iç ortamı ile ısıtma boruları arasındaki sıcaklık farkına bağlı olarak, 8–20 W/m ² K arasında değişir.
Isıtma Akışkanı	Korozif etkili olmayan temiz durumda herhangi bir akışkan olabilir.
Otomatik Kontrol	İç ve dış ortam iklimindeki kısa süreli değişimlere karşı iyi ve hızlı tepki verir. Otomatik kontrol için uygundur.
Sera İklimine Etkisi	Sera ortamındaki hava ve toprak yüzey sıcaklığı arasındaki fark önemlidir. Düşey ve yatay sıcaklık dağılımı düzgün değildir.
Yetiştiricilik Açısından	İlke olarak, serada yapılan her türlü yetiştirme sistemi için uygundur. Bitkilerin ısıtma borularına karşı olan konumlarına bağlı olarak, ürün verimi ve kalitesinde önemli farklılıklar oluşabilir.
Genel Yorum	En eski ve en yaygın bilinen ısıtma sistemidir. Her türlü iklim koşulu için uygundur. Küçük ve ucuz sera tasarımları için ekonomik açıdan bazı güçlüklerle karşılaşılabilir. Büyük sera kompleksleri için uygundur. Özellikle diğer ısıtma sistemleri ile birlikte, yan-kenar ısıtması için uygundur.
Öneriler	Düşük sıcaklıktaki ısıtma akışkanları için bu tip ısıtma sistemlerinin kullanılmasına karar verilmeden önce çok dikkat edilmelidir. Sıcaklığı 60 °C'den daha düşük olan ısıtma akışkanları için bu tip ısıtma sistemleri önerilmez. Bu gibi durumlarda, çok fazla ısı değiştirici yüzeyi gerekli olduğundan, yetiştirme alanında gölge etkisi oluşur. Yatırım maliyeti yüksek olduğundan, seralarda tek başına kullanılacak bir ısıtma sistemi olarak önerilmez. Sera yan kenarlarından yapılacak olan ısıtma uygulamalarında aşırı ısı yükünü karşılayabilecek bir ısıtma sistemi olarak önerilebilir.

Çizelge 1.15. Serada konvektörlü ısıtma sistemi (Öztürk, 2006)



Şekil 1.15a. Bitki sıra aralarında konvektör ünitelerinin yerleşimi

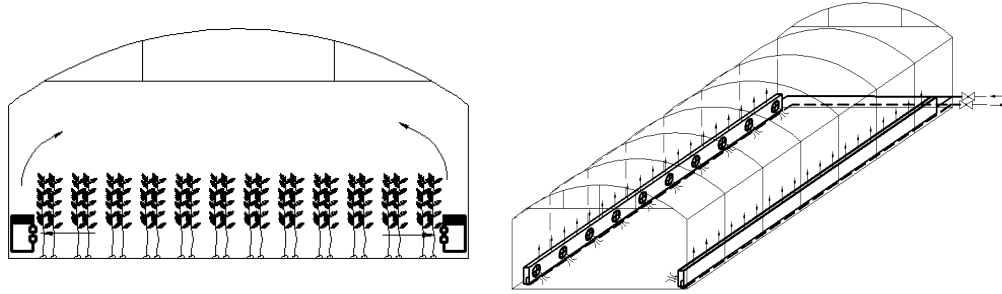
Şekil 1.15b. Serada konvektörlü ısıtma sisteminin düzenlenmesi



Şekil 1.16. Serada ısıtma sistemi için konvektör üniteleri

Teknik Tanımlama	Serada yan kenarlar boyunca bitki sıra aralarına konvektör üniteleri yerleştirilir (Şekil 1.15).
Tasarım Malzemesi	Konvektörler; bakır, karbon çeliği veya alüminyum borular ve kanatlardan tasarımlanır (Şekil 1.16).
Kısıtlar	Isı transfer katsayısının çok düşük olmasına neden olacağından, düşük sıcaklıktaki ısıtma akışkanları için uygun değildir.
Isı Transferi	Isı transferi katsayısı; konvektör yüzeyi ile sera iç ortamı arasındaki sıcaklık farkı, konvektörün yüksekliği ve konvektör tasarımına bağlı olarak değişir.
Isıtma Akışkanı	Sıcaklığı 60–70 °C'den daha yüksek ve korozif etkili olmayan temiz durumda herhangi bir akışkan olabilir.
Otomatik Kontrol	İç ve dış ortam iklim koşullarının değişimine karşı tepkisi hızlı ve güvenilirdir. Otomatik kontrol için uygundur. Akışkan sıcaklığının düşük olması durumunda, otomatik kontrol pratik olarak mümkün değildir.
Sera İklimine Etkisi	Düşey sıcaklık dağılımı çok düzgün olmasına karşın, yatay sıcaklık dağılımı çok düzgün değildir.
Yetiştiricilik Açısından	İlke olarak, serada yapılan her türlü yetiştirme sistemi için uygundur. Bitkilerin konvektör hatları arasındaki yerleşimine bağlı olarak, ürün verimi ve kalitesinde önemli farklılıklar oluşabilir.
Genel Yorum	Bu tip ısıtma sistemlerinde, bir önceki sistem için belirtilen olumsuzluklar yoktur. Sera ortamında ısıtma elemanlarının tabana yakın olarak yerleştirilmesiyle gölge oluşması önlenmiştir. Düşey sıcaklık dağılımı uygun duruma getirilmiştir. Akışkan sıcaklığının yüksek olması durumunda, daha az sayıda ısıtma elemanı kullanılabilir. Yatay sıcaklık dağılımı düzgün değildir. Ilıman iklimlerde ekonomik yönden kısıtlarla karşılaşılır.
Öneriler	Bu tip ısıtma sistemleri, sadece soğuk iklimlerde ısıtma akışkanını sıcaklığının yüksek olması durumunda etkin olarak kullanılabilir. Sistemin kullanım ekonomisi, fiyat-kalite ilişkisine çok bağlıdır. Bu durum ülkeden-ülkeye değişiklik gösterir. Tozlu koşullarda bu tip sistemlerin kullanılması önerilmez. Kanatlar arasına toz girmesi durumunda, konvektör ünitesinden hava akışı engellenebilir.

Çizelge 1.16. Serada fan ve konvektörlü (hortiterm) ısıtma sistemi (Öztürk, 2006)

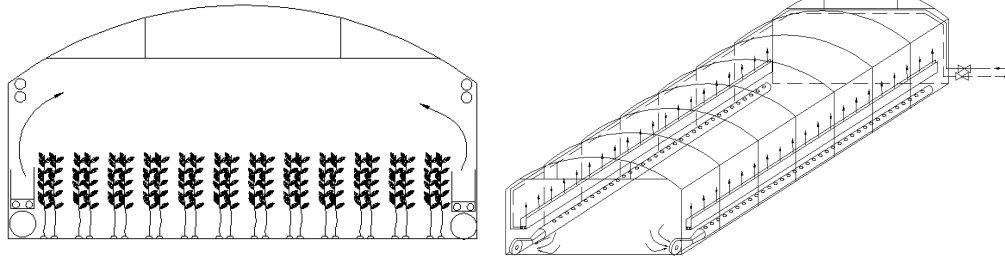


Şekil 1.17a. Serada hortiterm ısıtma sisteminin yerleşimi

Şekil 1.17b. Serada hortiterm ısıtma sisteminin düzenlenmesi

Teknik Tanımlama	Konvektör hatları, sera yan kenarlar boyunca düzenlenir. Büyük seralarda bitki sıra aralarına da yerleştirme yapılabilir. Konvektör hattı, üst kısmına konvektörlerin yerleştirildiği kapalı metal kutulardan oluşur. Fan üniteleri eşit aralıklarla kutunun bir kenarına yerleştirilir. Sera iç ortamındaki hava konvektörlerden geçer (Şekil 1.17).
Tasarım Malzemesi	Konvektörler; bakır, karbon çeliği veya alüminyum borular ve kanatlardan tasarımlanır. Fanlar, suya dirençli malzemelerden tasarımlanır.
Kısıtlar	Diğer sistemlerle karşılaştırıldığında, ısı tüketimi yüksektir. Ilık hava ilk olarak geçiş bölümden geçer ve daha sonra bitkilere ulaşır.
Isı Transferi	Isı transferi katsayısı; konvektör yüzeyi ile ısınmış hava arasındaki sıcaklık farkı, konvektörden hava akış hızı ve konvektör hattı ve kutu arasındaki bağlantı hattının kalınlığına bağlı olarak değişir. Isı transfer katsayısının her durumda ayrı olarak hesaplanması gerekir.
Isıtma Akışkanı	Sıcaklığı 23 °C'den daha yüksek ve korozif etkili olmayan temiz durumda herhangi bir akışkan olabilir.
Otomatik Kontrol	İç ve dış ortam iklim koşullarının değişimine karşı tepkisi hızlı ve güvenilirdir. Otomatik kontrol için çok uygun değildir.
Sera İklimine Etkisi	Bitki yüksekliğindeki düşey ve yatay sıcaklık dağılımı çok düzgündür. Çatının altındaki sıcaklık, bitki seviyesindeki sıcaklık değerinden daha yüksektir. Sistem çalıştığında, örtü üzerinde yoğunlaşma oluşmaz.
Yetiştiricilik Açısından	Birçok sebze ve çiçek türü için olumlu etkilere sahiptir.
Genel Yorum	Yetiştirme alanında ısı değiştiricilerin kullanılması durumunda karşılaşılan gölgeleme sorunları önlenmiştir. Diğer tip ısıtma sistemlerinde etkin olarak kullanılmayan, sıcaklığı 30 °C'den daha düşük olan çok düşük sıcaklıktaki ısıtma akışkanları kullanılabilir. Soğuktan etkin bir şekilde koruma sağlar. Elektrik tüketimi yüksektir.
Öneriler	Bu tip ısıtma sistemleri, ısıtma akışkanı sıcaklığının çok düşük olduğu durumda etkin olarak kullanılabilir.

Çizelge 1.17. Zorlanmış hava akımı ve konvektörlü ısıtma sistemi (Öztürk, 2006)

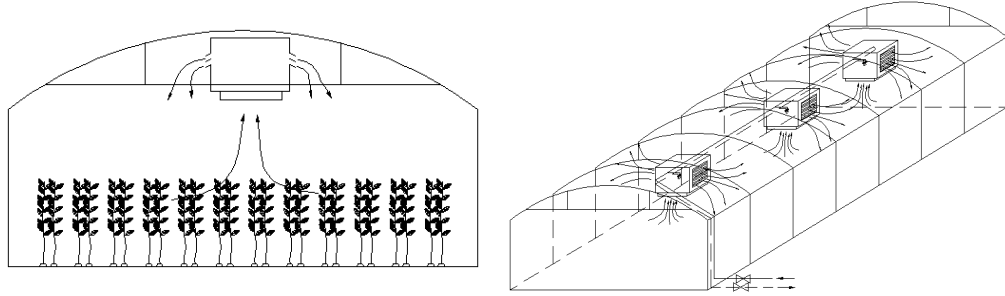


Şekil 1.18a. Isıtma sisteminin yerleşimi

Şekil 1.18b. Isıtma sisteminin düzenlenmesi

Teknik Tanımlama	Bir önceki sisteme benzemekle birlikte, konvektör hatları daha yüksek düzenlenir. Konvektör hattının altında, fan ile bağlantılı hava dağıtma kanalları bulunur. Hava dağıtma kanalının üst kısmında eşit aralıklarla açılmış küçük delikler vardır (Şekil 1.18).
Tasarım Malzemesi	Konvektörler; bakır, karbon çeliği veya alüminyum borular ve kanatlardan tasarımlanır. Fanlar, suya dirençli malzemelerden tasarımlanır. Hava dağıtma kanalı, yumuşak-şeffaf PE malzemeden tasarımlanır.
Kısıtlar	PE kanal mekanik etkilere karşı duyarlıdır.
Isı Transferi	Fanların çalışmadığı durumda ısı transferi katsayısı; konvektör yüzeyi ile sera iç ortamı arasındaki sıcaklık farkı, konvektörün yüksekliği ve konvektör tasarımı bağlı olarak değişir. Fanların çalışması durumunda ısı transferi katsayısı; konvektör yüzeyi ile ısınmış hava arasındaki sıcaklık farkı, konvektörden hava akış hızı ve konvektör hattı ve kutu arasındaki bağlantı hattının kalınlığına bağlı olarak değişir. Isı transfer katsayısının her durumda ayrı olarak hesaplanması gerekir.
Isıtma Akışkanı	Sıcaklığı 23 °C'den daha yüksek ve korozif etkili olmayan temiz durumda herhangi bir akışkan olabilir.
Otomatik Kontrol	İç ve dış ortam iklim koşullarının değişimine karşı tepkisi hızlı ve güvenilirdir. Otomatik kontrol için uygundur. Isıtma akışkanının en düşük sıcaklığı, otomatik kontrol için önemlidir.
Sera İklimine Etkisi	Fanlar çalıştığı zaman, bitki yüksekliğindeki düşey ve yatay sıcaklık dağılımı çok düzgündür. Fanlar çalışmadığında ise, çatının altındaki sıcaklık, bitki seviyesindeki sıcaklık değerinden daha yüksektir. Sistem çalıştığında, örtü üzerinde yoğuşma oluşmaz.
Yetiştiricilik Açısından	Seralarda yapılan her türlü yetiştirme sistemi için olumlu etkilere sahiptir. Dış ortam hava sıcaklığı çok düşük olduğunda, sistem etkin bir şekilde koruma sağlar.
Genel Yorum	Bu tip ısıtma sistemleri, konvektörlü hava ısıtma ve hortiterm sistemlerinin birleşiminden oluşur. Hava dağıtma kanallarının kullanma süresi kısadır.
Öneriler	Bu tip ısıtma sistemleri, hava dağılımına ilişkin sorunların önlenmesi açısından, uzunluğu 30 m'den daha az olan küçük seralarda kullanılmalıdır.

Çizelge 1.18. Sera çatısında fan ve konvektörlü ısıtma sistemi (Öztürk, 2006)

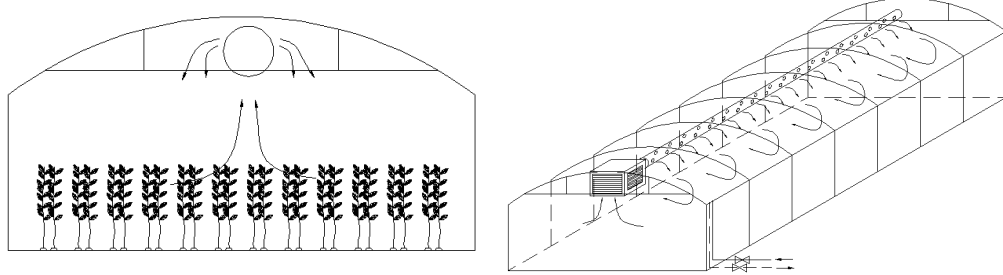


Şekil 1.19a. Sera çatısında fan ve konvektör ünitesinin yerleşimi

Şekil 1.19b. Serada ısıtma sisteminin düzenlenmesi ve ısı dağılımı

Teknik Tanımlama	Fan-konvektör üniteleri seranın çatı konstrüksiyonuna asılır. Bu üniteler, sudan-havaya ısı değiştirici ve sera ortamına hava basan fanlardan oluşur (Şekil 1.19).
Tasarım Malzemesi	Fan-konvektör üniteleri, ısı kaynağına çelik borularla bağlantılıdır. Kullanılacak malzemenin suya ve sıcak havaya karşı dayanıklı olması gerekir. Isı değiştirici malzemesi olarak genellikle bakır, fan donanımı için de çelik malzeme kullanılır.
Kısıtlar	Akışkan sıcaklığının düşük olması durumunda, büyük ısı değiştirici yüzeyler gereklidir. Fanların hava basma mesafesinin dikkate alınması gerekir.
Isı Transferi	Isı transfer katsayısı; akışkan ve hava arasındaki sıcaklık farkı, ısı değiştirici tasarımı ve fan kapasitesine bağlı olarak değişir.
Isıtma Akışkanı	Sıcaklığı 23 °C'den daha yüksek ve korozif etkili olmayan temiz durumda herhangi bir akışkan olabilir.
Otomatik Kontrol	İç ve dış ortam iklim koşullarının değişimine karşı tepkisi hızlı ve güvenilirdir. Otomatik kontrol çok ucuz bir şekilde sağlanabilir. El ile kontrol edilecek şekilde düzenleme yapılabilir.
Sera İklimine Etkisi	Sera içerisindeki düşey ve yatay sıcaklık dağılımı oldukça kötüdür. Düşük sıcaklıklı diğer ısıtma sistemleriyle karşılaştırıldığında, ısı tüketimi daha yüksektir. Isıtıcılar bitkilere yaklaştırılarak düşey sıcaklık dağılımı uygun duruma getirilebilir.
Yetiştiricilik Açısından	Genellikle seralarda yapılan her türlü yetiştirme sistemi için olumlu etkilere sahiptir. Bitkilerin ısıtma ünitelerine karşı olan konumlarına bağlı olarak; bitki gelişmesi, verim ve kalite arasında büyük farklılıklar oluşabilir.
Öneriler	Bu tip ısıtma sistemleri, sadece geçici olarak ısıtma yapılması gereken ılıman iklimler için uygundur.

Çizelge 1.19. Sera çatısında fan-jet ısıtma sistemi (Öztürk, 2006)

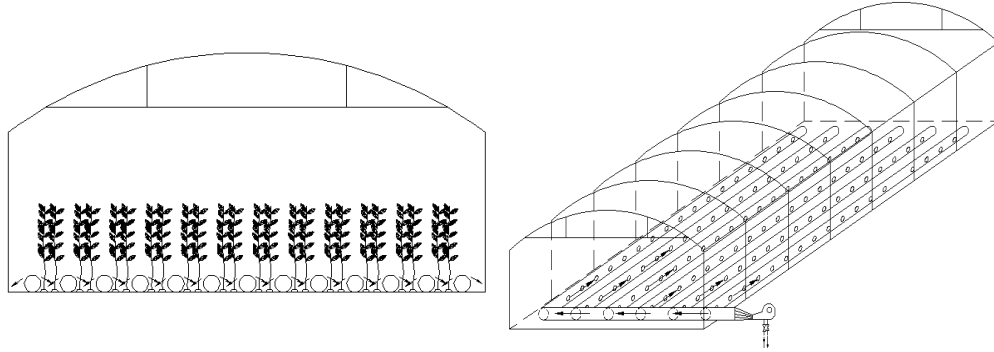


Şekil 1.20a. Sera çatısında fan-jet ısıtma ünitesinin yerleşimi

Şekil 1.20b. Serada ısıtma sisteminin düzenlenmesi ve ısı dağılımı

Teknik Tanımlama	Fan-konvektör ünitesi seranın bir ucuna yerleştirilir. Isınmış hava alt kısımdan çekilir. Ilık hava, geçirgen PE malzemeden tasarımlanan ve üzerinde belirli aralık ve çaplarda bir veya iki sıra halinde delikler bulunan kanallarla sera içine basılır. Hava dağıtma kanalları, seranın uzunluğu boyunca çatı konstrüksiyonuna asılır. Dış ortamdan hava emilmesi tamamen veya kısmen önlenebilir (Şekil 1.20).
Tasarım Malzemesi	Suya ve sıcak havaya karşı dayanıklı malzeme kullanılmalıdır.
Kısıtlar	Akışkan sıcaklığının düşük olması durumunda, büyük ısı değiştirici yüzeyler gereklidir. Fanların hava basma mesafesinin dikkate alınması gerekir.
Isı Transferi	Isı transfer katsayısı; akışkan ve hava arasındaki sıcaklık farkı, ısı değiştirici tasarımı ve fan kapasitesine bağlı olarak değişir.
Isıtma Akışkanı	Sıcaklığı 23 °C'den daha yüksek ve korozif etkili olmayan temiz durumda herhangi bir akışkan olabilir.
Otomatik Kontrol	İç ve dış ortam iklim koşullarının değişimine karşı tepkisi hızlı ve güvenilirdir. Otomatik kontrol çok ucuz bir şekilde sağlanabilir. El ile kontrol edilecek şekilde düzenleme yapılabilir. Ortamdaki CO ₂ derişimi, havalandırma ile kontrol edilebilir.
Sera İklimine Etkisi	Sera içerisindeki yatay sıcaklık dağılımı bir önceki sistemden çok daha iyidir. Düşey sıcaklık dağılımı, bir önceki sistemdeki gibi kötüdür.
Yetiştiricilik Açısından	Genellikle seralarda yapılan her türlü yetiştirme sistemi için olumlu etkilere sahiptir. Yetiştiriciler yaygın olarak tercih edilen bir ısıtma sistemidir. Dünyada en yaygın olarak kullanılan ısıtma sistemlerinden birisidir.
Genel Yorum	Bu tip ısıtma sistemleri, enerji etkinliği ve yetiştiricilik açısından olumlu etkilere sahiptir. Yatırım maliyeti kabul edilebilir değerdedir. Çok yüksek sera tasarımları için uygun değildir. Çok geniş seralarda, birbirine paralel iki adet hava dağıtma kanalının kullanılması önerilir.
Öneriler	Sadece ılıman iklimlerde ısı gereksiniminin tamamı karşılanabilir. Ilıman ve soğuk iklimlerde sadece aşırı ısı yüklerinin karşılanması için uygundur.

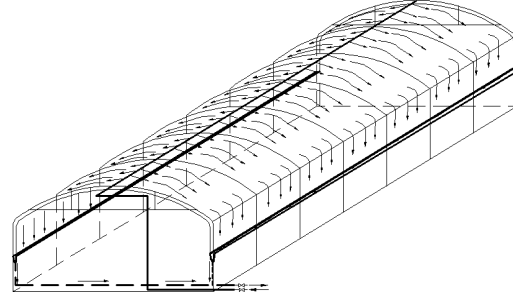
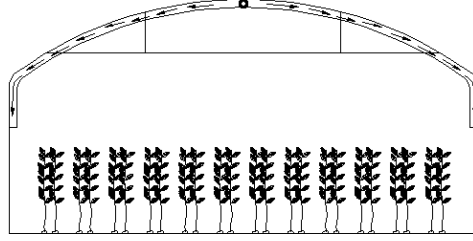
Çizelge 1.20. Serada dağıtma kanallarıyla ısıtma sistemi (Öztürk, 2006)



Şekil 1.21a. Serada dağıtma kanallarının yerleşimi Şekil 1.21b. Serada dağıtma kanallarının düzenlenmesi

Teknik Tanımlama	Sera iç ortamında ılık hava dağıtmak için; güçlü bir fan ile donatılmış, merkezi durumda olmayan sudan-havaya ısı değiştirici kullanılır. Hava dağıtımı için kullanılan kanallar, bitki sıra aralarındaki toprak yüzeyine yerleştirilir (Şekil 1.21).
Tasarım Malzemesi	Suya ve sıcak havaya karşı dayanıklı malzeme kullanılmalıdır. Hava dağıtımında kullanılan plastik kanallar, geçirgen PE malzemeden tasarımlanır. Plastik kanallar üzerinde hava dağıtımı için delikler bulunur.
Kısıtlar	Bitki sıra aralarına yerleştirilen hava dağıtma kanalları, yetiştirme alanını kısıtlar. Aynı zamanda seradaki normal yetiştirme işlemlerini olumsuz olarak etkiler. Hava dağıtma kanalları mekanik etkilere karşı duyarlıdır.
Otomatik Kontrol	İç ve dış ortam iklim koşullarının değişimine karşı tepkisi hızlı ve güvenilirdir. Otomatik kontrol çok ucuz bir şekilde sağlanabilir. El ile kontrol edilecek şekilde düzenleme yapılabilir. Ortamdaki CO ₂ derişimi, havalandırma ile kontrol edilebilir.
Sera İklimine Etkisi	Sera içerisindeki yatay ve düşey sıcaklık dağılımı çok iyidir. Bitkiler ılık hava esintisi altında kalırlar.
Yetiştiricilik Açısından	Genellikle seralarda yapılan her türlü yetiştirme sistemi için olumlu etkilere sahiptir. Büyük dağıtma kanalları, yoğun ve alçak ürünler için uygun değildir.
Genel Yorum	Enerji etkinliği açısından çok iyi bir ısıtma sistemidir. Bahçe bitkilerinin yetiştirilmesi için uygun özelliklere sahip değildir. Yaygın olarak kullanılmaktadır.
Öneriler	Zemini beton olan seralarda bu tip ısıtma sistemlerinin kullanılmasına karar verilirken çok dikkat edilmelidir. Bu tip ısıtma sistemlerini kullanan üreticilere danışılarak, olumlu ve olumsuz özellikleri öğrenilmelidir.

Çizelge 1.21. Serada çatı ısıtma sistemi (Öztürk, 2006)



Şekil 1.22a. Serada çatı ısıtma sistemi

Şekil 1.22b. çatı ısıtma sistemi düzenlenmesi

Teknik Tanımlama	Üzerinde eşit aralıklarla meme veya delikler bulunan boru hattı, seranın uzunluğu boyunca üst kısmına yerleştirilir (Şekil 1.22). Sıcaklığı 20–30 °C arasında değişen ılık su, çatı katmanları arasındaki boşluğa püskürtülür. Çatıdaki iki örtü katmanı arasına püskürtülen su, sera yüzeyi boyunca kenarlardan akarak, dipteki bir kanalda toplanır.
Tasarım Malzemesi	Üzerinde küçük delikler veya memeler bulunan borular PE veya PP malzemeden tasarımılanır. Sera örtü malzemesi olarak, ışık geçirgen özellikte bir malzeme kullanılabilir.
Kısıtlar	Isıtma akışkanının örtü yüzeylerinde herhangi bir şekilde mineral birikimine neden olmaması için çok temiz olması gerekir. Bazı kimyasal maddeler kullanılmasına karşın, çatı üzerinde mineral madde birikimi henüz önlenememiştir. Örtü üzerinde mineral madde birikimi oluştuğunda, sera içerisine ulaşan ışınım miktarı azalır. Serada çatı havalandırması olanaklı değildir.
Otomatik Kontrol	Dış ortam ikliminin hızlı bir şekilde değişmesi, iç ortam iklimini etkilemez. İç ortam ikliminin hızlı bir şekilde değişmesi mümkün değildir. Sadece ısıtma akışkanı sıcaklığı kontrol altına alarak, iç ortam sıcaklığını sabit tutmak olanaklıdır. Otomatik kontrol ancak belirli bir düzeyde olanaklı olabilir.
Sera İklimine Etkisi	Sera içerisindeki yatay ve düşey sıcaklık dağılımı düzgündür. Bitki örtüsündeki sıcaklık dağılımı oldukça düzgündür. Sera içerisine ışık geçirgenliği sorunları giderildiğinde, bütün yetiştirme sistemleri için olumlu etkilere sahiptir. Isıtma akışkanının rengi değiştirilerek, ışık spektrumu kontrol edilebilir.
Yetiştiricilik Açısından	Genellikle seralarda yapılan her türlü yetiştirme sistemi için olumlu etkilere sahiptir. Büyük dağıtma kanalları, yoğun ve alçak ürünler için uygun değildir.
Genel Yorum	Isıtma sisteminin çalışma ilkesi ve elde edilen sonuçlar çok uygun olmasına karşın, sistem ticari olarak kullanılmak üzere geliştirilmeye henüz çok uygun değildir.
Öneriler	Bu tip ısıtma sistemleri, sadece ısıtma dönemlerinin çok kısa ve serinletme çok önemli olduğu bölgelerde kullanılabilir. Sistem, çok ucuz olan örtü malzemeleriyle birlikte kullanıldığında ekonomiktir.

1.2.7. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Sera ısıtma uygulamalarında, günümüz enerji varlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek amacıyla fosil enerji kaynakları yerine alternatif enerji kaynaklarından yararlanılması öncelikli bir gereksinimdir. Sera ısıtmada kullanılan alternatif enerji kaynaklarından bazıları; güneş enerjisi, jeotermal enerji ve sanayi tesislerinden çıkan düşük sıcaklıklı atık ısı enerjisidir. Ülkemizde, sera ısıtmada jeotermal enerjiden daha etkin olarak yararlanılması büyük önem kazanmış olmakla birlikte, uygulamada teknik ve ekonomik açıdan bazı sorunlarla karşılaşmaktadır.

Bu çalışmada; Aydın ilindeki jeotermal enerji kaynaklarının sera ısıtma amacıyla kullanma olanakları araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, Aydın ilindeki jeotermal kaynakların, sera ısıtma için etkili fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Aydın ili iklimi koşullarında, 1000 m² taban alanında üç farklı düzenlemedeki polietilen (PE) plastik seralar için, jeotermal enerjiyle ısıtma sisteminin tasarım değişkenleri belirlenmiştir. Sera ısı gereksinimi, ısı değiştirici yüzey alanı, ısı değiştiriciden kazanılan ısı miktarı, jeotermal akışkandan kazanılan ısı miktarı, ısıtma borusundan ısı transferi, ısıtma borusu uzunluğu ve dolaşım pompası debisi gibi tasarım değişkenleri belirlenmiştir. Jeotermal enerjiyle sera ısıtma sistemlerinin tasarım ve seçimine ilişkin temel özellikler incelenmiştir. Bölgedeki jeotermal kaynakların kimyasal özelliklerine bağlı olarak karşılaşılabilecek olan sorunlar ve çözüm önerileri verilmiştir.

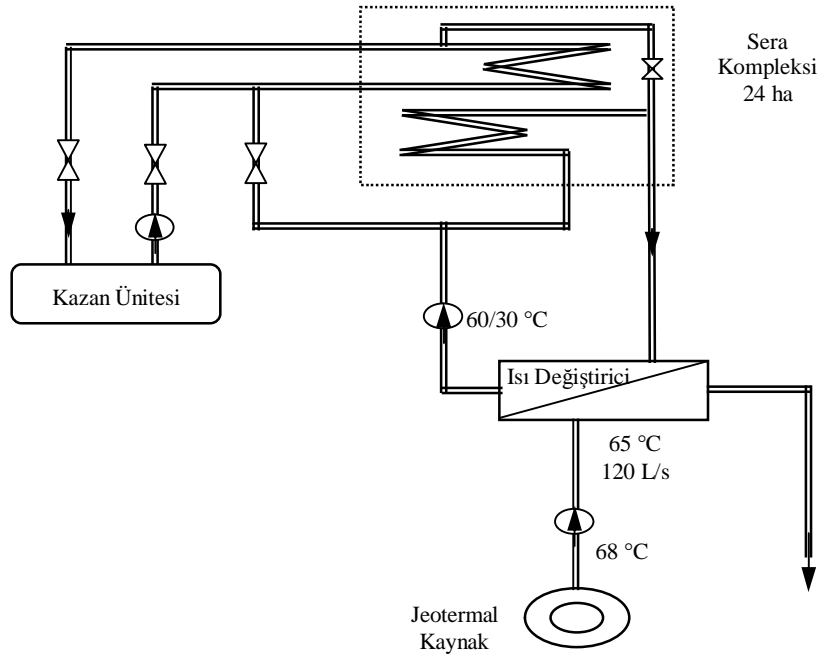
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Rafferty (1986), son yıllarda ABD’de jeotermal enerji ile sera ısıtma konusunun büyük önem kazandığını belirtmiş ve bu amaçla yapmış olduğu çalışmada jeotermal enerjili sera ısıtma sistemlerinin tasarım esaslarını incelemiştir. Yaygın olarak uygulanan tasarım yöntemlerinde, serada oluşabilecek olan en fazla ısı kaybı değeri dikkate alınmalıdır. Serada yıllık ısıtma enerjisi gereksiniminin belirlenmesi için kısa bir yöntem açıklanmıştır. Kanatlı boru, kanatlı ısıtma bobinleri, plastik ısıtma boruları, zemin ısıtma ve ısıtma ünitelerinden oluşan beş farklı tip ısıtma sisteminin tasarım esasları incelenmiştir.

Tal ve ark., (1987), İsrail’de (Arava bölgesinde), sıcaklığı 40°–60°C arasında değişen jeotermal akışkandan sera ısıtma amacıyla yararlanılmasını araştırmışlardır. Bu amaçla, toprak ısıtma sistemi tasarımı ve denenmiştir. Serada ısı değiştirici olarak polietilen sulama borularının kullanılabilmesi bildirilmiştir. Jeotermal akışkan ile sera ortamı ısıtma sisteminin tasarım esasları açıklanmıştır. Tasarım esasları, yaygın olarak bilinen ısı transferi eşitlikleri ve bilgisayarlı benzeşim ilkelerine bağlı olarak incelenmiştir.

Popovski (1988), tarafından yapılan bir çalışmada, seraların jeotermal enerji ile ısıtılmasında dikkate alınan etmenler incelenmiştir. Birçok Avrupa ülkesinde, jeotermal enerjinin aşağıda belirtilen nedenler ile enerji gereksinimine önemli düzeyde katkı yapabileceği belirtilmiştir. (1) Türkiye gibi bazı ülkelerde yüksek entalpili jeotermal kaynaklar bulunmaktadır, (2) birçok Avrupa ülkesinde sıcaklığı 30–80 °C arasında değişen çok sayıda düşük entalpili jeotermal kaynak bulunmaktadır, (3) Avrupa’da tarımsal üretim ve ürün işleme sektörlerinin toplam ısı gereksinimindeki payı % 40–60 düzeyindedir. Bu sektörlerde jeotermal enerjiden yararlanılarak önemli düzeyde tasarruf sağlanabilir, (4) jeotermal akışkanın; tarımsal üretim, hayvancılık, ürün işleme ve diğer uygulamalarda kullanımına ilişkin teknoloji ve teknoloji transferi hızlı bir şekilde gelişmektedir. Birçok Avrupa ülkesinde, jeotermal enerji ile ısıtılan sera işletmelerinden yetiştiricilik, teknik ve ekonomik açılardan olumlu sonuçlar alınmıştır. Serada düşük sıcaklıklı ısıtma sistemlerinin iklim ve ısı transferi açısından yerleşimini etkileyen etmenler tartışılmıştır.

Cerepnalkovski ve ark., (1991) tarafından yapılan bir araştırmada toplan 24 ha alanındaki sera kompleksinin ısıtılması için ısı pompası sisteminin optimizasyonu araştırılmıştır. Toplam 24 ha alanındaki sera ve 4 bloğa bölünmüştür. Her blok, her biri 1.5 ha alanında 4 adet sera bölmesinden oluşmaktadır. Sera tesisinin tamamı için ısı kayıpları (Q_p), 55.2 MW'dır. Her blokta yer alan 4 sera bölmesinin ısıtılması için, 90/70 °C sıcaklık rejiminde çalışan sıcak sulu ısıtma sisteminde kazan ünitesi bulunmaktadır. Kazan dairesi, 120 L/s akış ve sera kompleksinin çıkışında 65 °C sıcaklıktaki akışkan alt sistemi ile birleştirilmiştir (Şekil 2.1).



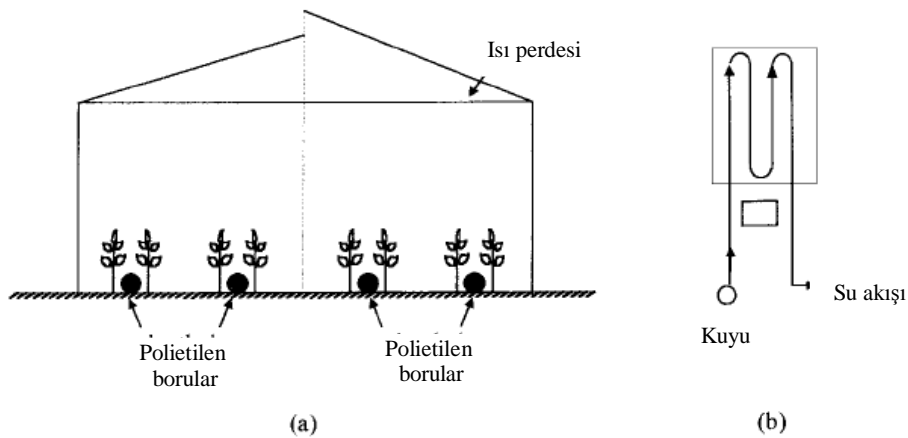
Şekil 2.1. Jeotermal enerjiyle sera ısıtma sistemi

Başçetinçelik ve ark. (1994), jeotermal enerji ile ısıtma uygulamalarında yatırım ve işletme giderlerinin belirlenmesi için izlenen yöntemler incelenmişlerdir. Jeotermal enerjiyle ısıtma uygulamalarının ekonomisinin, enerji kullanım yoğunluğu ve birim alandaki ısı gereksinimine bağlıdır. Bununla birlikte; akışkan sıcaklığı, kuyunun derinliği, debisi ve akışkanın iletildiği uzaklık gibi enerji üretimi ve dağıtımı ile ilgili giderler de ısıtma uygulamalarının ekonomisinde etkili etmenlerdir. Jeotermal ısıtma sistemlerinin yüksek olan ilk yatırım giderleri, jeotermal akışkanın geniş sera alanlarına iletimi ve dağıtımı ile en kısa sürede geri kazanılmaya çalışılır.

Başçetinçelik ve Öztürk (1997), tarafından yapılan bir çalışmada, jeotermal akışkanın kimyasal içeriğine bağlı olarak oluşan farklı kabuklaşma oluşumları ve korozyon türleri incelenmiş ve bu sorunların önlenmesinde uygulanacak yöntemler tartışılmıştır. Jeotermal uygulamalarda akışkanın kimyasal içeriğine bağlı olarak oluşan kabuklaşma ve korozyon, jeotermal sistemlerin işletilmesinde karşılaşılan en önemli sorunlardır. Kabuklaşma sorunlarının önlenmesi için uygulanacak yöntemler, jeotermal bölgenin kendine özgü özelliklerine bağlı olarak belirlenmelidir.

Savaş ve ark. (1997), Kırşehir ili Mahmutlu jeotermal alanında bulunan jeotermal kaynakların sera ısıtma amacıyla kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Değişik düzenlemelere sahip seraların ısı gereksinimlerinin karşılanması için, kaynaklardan kazanılabilecek ısı enerjisi miktarları ve seralarda kullanılması gereken ısı değiştirici uzunlukları hesaplanmıştır.

Adaro ve ark. (1999), Arjantin’de sera yetiştiriciliğinde en önemli sorunun, düşük sıcaklıklarda bitkilerin donması olduğunu bildirmişlerdir. Bu sorunun giderilmesi için jeotermal kaynaklardan ekonomik olarak yararlanılabilir. Bu amaçla, üretim yapılan bir serada jeotermal enerjiyle ısıtma sistemi tasarlanmıştır (Şekil 2.2). Denemeler 3 yıl süreyle sürdürülmüş ve belirlenen sonuçlar değerlendirilmiştir. Ekonomik değerlendirme ölçütleri dikkate alındığında, jeotermal enerjiyle sera ısıtma sisteminden olumlu sonuçlar alındığı bildirilmiştir.



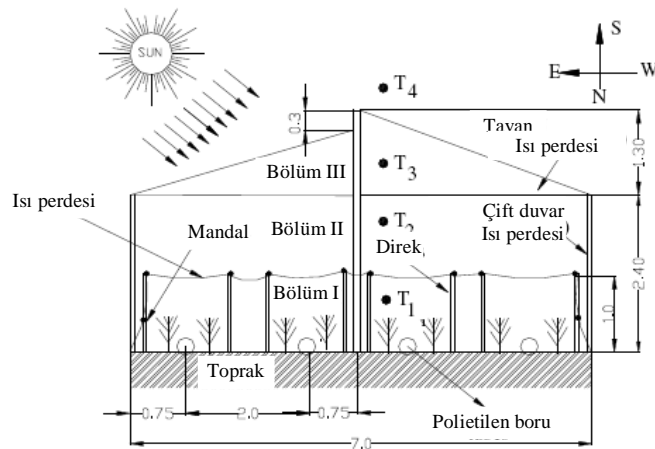
Şekil 2.2. (a) Isıtma borularının serada yerleşimi

(b) Isıtma sistemi

Bakos ve ark. (1999), Yunanistan'ın kuzey bölgelerinde özellikle gül gibi süs bitkileri yetiştiriciliği yapılan seralarda, düşük entalpili jeotermal kaynaklardan sera ısıtma amacıyla yararlanılması araştırılmıştır. Seradan oluşan ısı kayıplarının belirlenmesi ve ısıtma sisteminin tasarımı için uygulanan yöntemler açıklanmıştır. Jeotermal enerji ile ısıtma sistemlerinin seçiminde maliyet ve etkinli açısından dikkate alınması gerekli etmenler belirtilmiştir.

Karytsas ve ark. (2003), Yunanistan'ın Traianoupolis Evros bölgesinde, düşük entalpili jeotermal kaynaklardan sera ısıtma amacıyla yararlanılması durumunda, sağlanılacak olan sosyo-ekonomik etkiler tartışılmışlardır. Bölgenin ısı enerjisi potansiyeli, 25 °C çıkış sıcaklığına bağlı olarak 10.8 MW olarak belirlenmiştir. Derinliği 300 m olan kuyulardaki akışkan sıcaklığı 53–92 °C arasında değişmektedir. Bölgedeki jeotermal enerji potansiyelinin bölgesel ve sera ısıtma amacıyla yararlanılmasının ekonomik bir uygulama olacağı önerilmiştir.

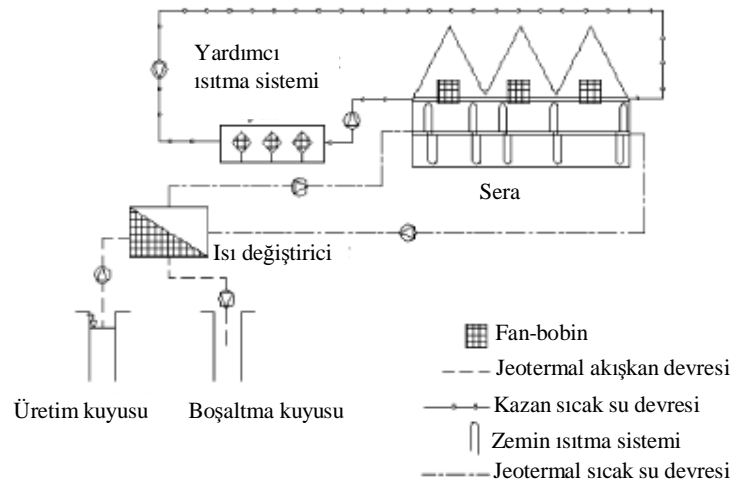
Ghosal ve Tiwari (2004), sera iç ortamında ısı perdesi kullanarak ve zemine serili polietilen (PE) borulardan oluşan jeotermal ısıtma sistemi ile sera ısıtma için ısı bir model geliştirmişlerdir. Hesaplamalar, Arjantin'de kış süresince üretim yapılan bir sera için yapılmıştır. Enerji korunumu açısından sera üç bölüme ayrılmıştır (Şekil 2.3): I. bölüm (ısı perdesi altındaki bitkiler), II. bölüm (tavanın altındaki ortam) ve III. Bölüm (çatı ve tavan arasındaki ortam). Geliştirilen model seranı I. ve II. bölümleri için test edilmiştir. I. bölümde, bitkilerin etrafındaki hava sıcaklığı, kışın geceleri ve sabah erken saatlerde 14–23 °C arasında değişmiştir.



Şekil 2.3. Deneme serasının iç tasarımı

Öztürk ve ark. (2004), jeotermal enerjiyle sera ısıtma sistemlerinin tasarım ve seçimine ilişkin temel özelliklerini incelemiştir. Jeotermal enerjiyle ısıtma sistemlerinin; teknik tasarım seradaki düzenleme, ısı transferi, sera iklimine etkileri ve ekonomik uygulanabilirlikleri tartışılmıştır.

Kondili ve Kaldellis (2006), Yunanistan'ın Ege Denizi'ndeki yüksek entalpili jeotermal kaynaklara sahip olduğunu, belirli bölgelerde bulunan yüksek entalpili kaynaklardan ise yeterince yararlanılmadığına dikkat çekmişlerdir. Sera ısıtma uygulamalarının jeotermal enerjiden etkin olarak yararlanılabilecek bir alan olduğu belirtilmiştir. Bu amaçla, jeotermal enerjiyle sera ısıtma sistemi analitik olarak modellenmiş ve sistemi oluşturan bütün bileşenlerin enerji dengesi eşitlikleri verilmiştir. Isı kayıplarının ve elektrik tüketiminin azaltılması için başlıca tasarım etmenleri belirlenmiştir. Sistemin teknik ve ekonomik uygulanabilirliği, bir durum çalışması ile açıklanmıştır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Jeotermal enerjiyle sera ısıtma sistemi

3. MATERYAL VE METOD

Bu bölümde; ilk olarak Aydın ilinin coğrafik ve iklim özellikleri verilmiş ve ildeki jeotermal kaynakların özellikleri incelenmiştir. Aydın ili iklimi koşullarında plastik seralar için jeotermal enerjiyle ısıtma sistemlerinin tasarım değişkenleri belirlenmiştir. Bu amaçla, öncelikle bölgede kurulması önerilen plastik sera tipi için ısı gereksinimi hesaplanmıştır. Sera zeminine yerleştirilen plastik ve çelik borulardan oluşan ısı değiştiricilerin kullanıldığı ısıtma sistemleri için; ısı değiştirici uzunluğu, ısıtma borusundan kazanılan ısı miktarı ve dolaşım pompası debisi gibi tasarım değişkenleri belirlenmiştir.

3. 1. Materyal

3.1.1. Aydın İli Coğrafik Özellikleri

Aydın ili, 37°-44' ve 38°-08' kuzey enlemleri ile 27°-23' ve 28°-52' doğu boylamları arasında kalır. Aydın, orta ve batı kesiminde verimli ovalar, kuzey ve güneyi dağlar ile çevreli Büyük Menderes Havzası üzerinde 8.007 km²'lik bir alan üzerine kuruludur. Doğusunda Denizli, batıda Ege Denizi, kuzeyde İzmir ve Manisa, güneyde ise Muğla illeriyle komşudur. İl Merkezi rakımı 65 metre, kıyı şeridi uzunluğu 150 km.yi bulan ilimiz topraklarının büyük bölümünü dağlık alanlar oluşturur. Batı kesimindeki Akdağ'ın 1891 m' ye erişen Aktaş Tepesi ilin en yüksek noktasıdır. Kuzey kesimde doğal sınır oluştururcasına Aydın Dağları uzanır. İlin güney kesimini ise Menteşe Dağları olarak tanınan dağlık alanlar engebelendirir. Bu alandaki başlıca yüksek kesimler Karıncalı ve Madranbaba Dağlarıdır. Aydın iline ait bazı coğrafik bilgiler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Alçak düzlükler İlin özellikle orta ve batı kesiminde geniş alanlar kaplar. Bu düzlükler, Büyük Menderes Irmağının taşıdığı alüvyonların yığılmasıyla oluşan Büyük Menderes Ovası adıyla anılır. Bu düzlüklerin bazı bölümleri Aydın Ovası, Koçarlı Ovası, Söke Ovası ve Balat Ovası gibi yerel adlarla anılır.

Çizelge 3.1. Aydın iline ait coğrafik bilgiler (www.aydin.gov.tr)

Yüzölçümü	8.007 km ²
Rakım	65 m
İl'in En Yüksek Noktası	1.891 m
Kıyı Şeridi Uzunluğu	150 km
Ortalama Sıcaklık	18 °C/yıl
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	81 gün/yıl
Ortalama Yağış Miktarı (m ²)	678 mm/yıl
Tarım Arazisi	395.494 ha
Orman Arazisi	298.000 ha
Göl Bataklık	14.271 ha
Çayır Mera	47.466 ha
Sulanabilir Arazi	252.486 ha
Yer Üstü Su Kaynağı	3 milyon 800 bin hm ³
Yer Altı Su Kaynağı	292 milyon hm ³
Yüzölçümü	8.007 km ²

Büyük Menderes Ovası kuzeyde ve güneyde kırık fay çizgileriyle sınırlanmış etkin bir deprem alanı üzerinde yer alır. Dağların genellikle kıyıya koşut oluşu, çok girintili çıkıntılı bir kıyı oluşmasına neden olmuştur. Söke Ovasının denize ulaştığı ve Büyük Menderes Deltasının bulunduğu kıyı şeridi oldukça uzun, düz ve sığdır. Dilek Yarımadası ve yarımadanın güneyinde yer alan Büyük Menderes Deltası, Kuşadası ve Söke ilçesi sınırları içinde yer almaktadır. Dilek Yarımadası, güneyinde yer alan Büyük Menderes Deltasının oluşum sürecinde bir çok lagün ve bataklığı bünyesinde barındıran sulak alanlar zengin bir flora ve faunaya sahiptir.

“Bafa Gölü” İl'in en büyük gölü olup, Büyük Menderes Deltasının güney doğusundadır. Toplam alanı 3.516 hektarı geçen gölün maksimum derinliği 25 m.ye ulaşmaktadır. Bu göl, ülkemizdeki sulak alanlardan biri olan Büyük Menderes Deltasının jeomorfolojik gelişimi sonucunda Ege Denizi'nin bir koyu iken göl halini almıştır. Göl çevresi bitki örtüsü, ılgınlardan, zeytinliklerden ve çam ormanlarından meydana gelir. Gölde irili ufaklı adalar mevcuttur. Tabiat Parkı ilan edilen Bafa Gölü, Büyük Menderes Deltasının sahip olduğu ekosistem özelliklerini bünyesinde barındırmakta ve nesli tehlike altında bulunan bir çok kuş türüne çoğalma ve kışlama ortamı yaratmaktadır.

Vadi tabanı yer yer genişleyip daralarak doğu-batı doğrultusunda uzanan 584 km uzunluğundaki Büyük Menderes Nehrinin Aydın sınırları içindeki uzunluğu 281 km.dir. Nehrin yüzyıllardır taşıdığı alüvyonlar Aydın ovasını zenginleştirerek Batı Anadolu'nun en geniş düzlüğü haline getirmiştir.

Güneyden Büyük Menderes'e karışan Dandalas Çayı, Akçay ve Çine Çayı'nın vadi tabanlarında da ikinci derecede büyük ova düzlükleri yer alır. Bunlar içinde; Bozdoğan-Nazilli karayolunun doğusunda Çerkez Ovası, Çine Çayı orta yatağında Çine Ovası, Çine Çayına dökülen Karpuzlu Çayı çevresinde Karpuzlu Ovası başlıcalarıdır. Akarsu vadileri dışında Samsun Dağlarının batısında bir ay şeklinde denize doğru açılan Davutlar platformu İl'in başlıca düzlükleridir.

3.1.2. Aydın İli İklim Özellikleri

Aydın ilinde Akdeniz iklimi hakimdir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Ortalama sıcaklık 17.6 °C, ortalama yağışlı gün sayısı 80.6, ortalama yağış miktarı 677,5 mm/yıl' dır. Aydın ilinin, 1971–2009 yılları arasındaki uzun yıllık iklim verileri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

3.1.3. Aydın İlindeki Jeotermal Kaynaklar

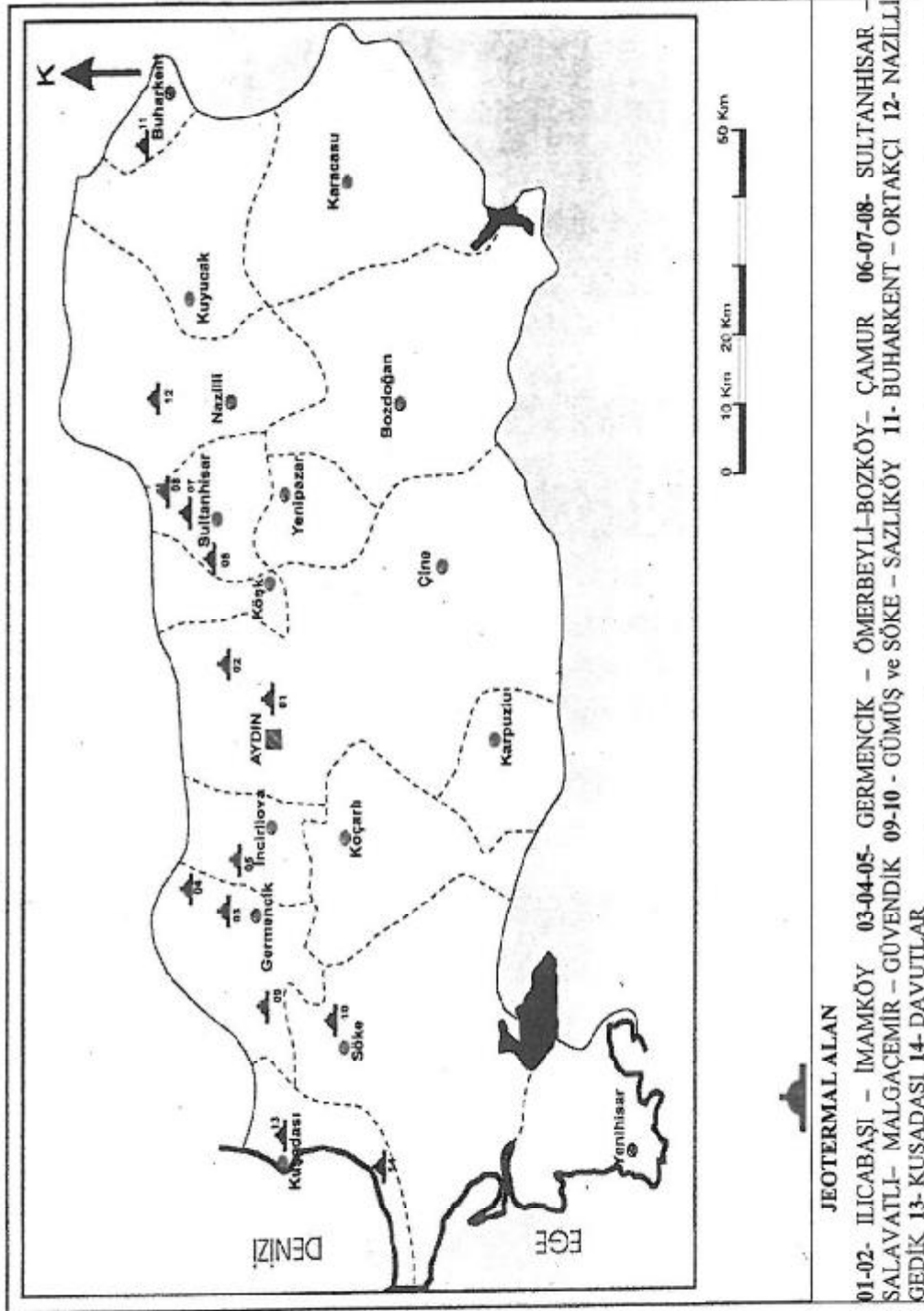
Aydın ili jeotermal sıcak su kaynakları yönünden oldukça zengindir (Şeki 3.1). Kaynaklar Büyükmenderes grabenini oluşturan faylar boyunca çıkmaktadır. Sahada açılan kuyuların bir kısmından elektrik üretimine uygun sıcak akışkan elde edilmiştir. Aydın ilindeki jeotermal kaynakların kimyasal özellikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

3.1.3.1. Ilıcabaşı-İmamköy Jeotermal Alanı

Jeolojik Özellikler: Bölgenin en yaşlı kayaları Paleozoyik yaşlı mikaşistlerdir. Mikaşistlerin bazı yerlerinde gnays blokları, yer yer kuvarsit ve mermer yüzlekleri vardır. Güneyde bulunan genç oluşumlarla mikaşistler arasındaki Aydın fayı sınır oluşturur. Tersiyer, çakıltası, kumtaşı, miltaşı, kilden oluşan Pliyosen yaşlı tortularla temsil edilir. Bunlar alttan üste doğru Pliyosen kil, mil, kum birimi ile başlar, eski taraçalar şeklinde devam eder. En üstte ise alüvyon toplulukları mevcuttur (Şeki 3.2). Aydın-Ilıcabaşı ile İmamköy arasında İmamköy'e doğru devam edilince birimler geniş yayılım gösterirler.

Çizelge 3.2. Aydın ili iklim koşulları

AYDIN METEOROLOJİ İSTASYONU													
1971-2009 YILLARI ARASI ORTALAMA DEĞERLER													
İKLİMSEL DEĞİŞKENLER	OCAK	SUBAT	MART	NISAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AGUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM ve ORTALAMA
Aylık yağış (mm)	98,7	88,6	71,7	55,5	33,8	15,2	7,6	4,5	14,5	43,8	87,5	110,2	631,4
Ortalama sıcaklık	8,1	9,0	11,8	15,7	21,0	26,0	28,4	27,3	23,0	18,4	13,0	9,4	17,6
En yüksek sıcaklık (°C) ve tarihi	03/01/71 23,2	18/02/79 25,2	27/03/01 32,4	30/04/98 33,4	26/05/90 39,3	13/06/01 42,6	27/07/87 44,6	12/08/02 43,8	22/09/00 39,4	06/10/84 37,8	04/11/03 29,3	01/12/80 23,0	
En düşük sıcaklık (°C) ve tarihi	1942/-11,0	1950/-5,4	1987/-5,0	1997/-0,8	1990/4,0	1990/8,4	1971/13,4	1965/11,8	1970/7,6	1947/1,6	1948/-4,7	1953/-5,3	
En düşük sıcaklık ortalaması (°C)	4,1	4,6	6,7	10,0	14,1	18,1	20,4	20,0	15,4	12,6	8,3	5,3	11,7
Ortalama bağıl nem (%)	71,2	68,6	65,8	63,2	57,0	49,1	49,4	54,3	56,8	63,4	69,2	73,3	61,8
Ortalama açık gün sayısı	10,2	8,2	10,2	8,4	14,4	22,2	27,8	28,4	24,4	16,7	11,9	9,6	16,0
Ortalama bulutluluk	4,5	4,6	4,2	4,1	2,9	1,4	0,8	0,6	1,0	2,5	3,6	4,6	2,9
Ortalama donlu gün	6,9	5,2	3,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,2	5,2	1,9
Ortalama rüzgar hızı (m/s)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,9	2,0	2,0	1,9	1,7	1,4	1,4	1,7	1,7
En yüksek rüzgar hızı (m/s)	E 22,5	WSW 26,9	SW 26,4	SSE 28,3	SSW 20,6	NNE 21,4	NE 20,8	SE 24,6	S 26,4	WNW 26,4	SW 25,5	W 24,9	
Ortalama güneşlenme süresi (h)	181,04	241,73	345,47	431,20	526,32	585,33	586,43	534,77	446,40	316,59	207,88	158,95	
Ortalama güneşlenme şiddeti (h)	4,4	4,9	6,3	7,3	9,1	10,8	11,2	10,8	9,4	7,1	4,9	4,2	7,5
Ort. ağız yüzey buharlaşma (mm)	12,8	14,8	34,3	100,3	162,8	226,0	254,6	228,3	161,2	98,0	37,0	14,8	



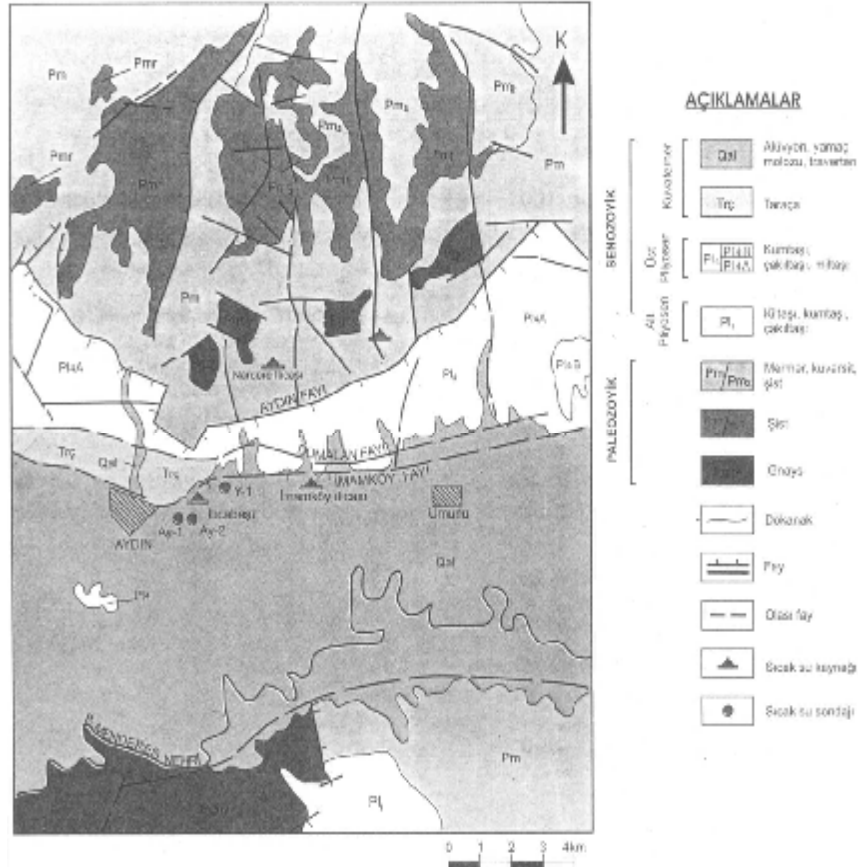
Şekil 3.1. Aydın ilindeki başlıca jeotermal alanlar

Çizelge 3.3. Aydın ilindeki jeotermal kaynakların kimyasal özellikleri

Kaynak veya Kayu Adı	Analiz Tarihi	Sıcaklık (°C)	pH	Spesifik Kuvvetlilik (msh/cm)	Buharlaşma Kalitesi (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Nr ⁺ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Ca ⁺⁺ (mg/L)	Mg ⁺⁺ (mg/L)	As (Toplam)	B (Toplam)	Li ⁺ (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	CO ₂ (Erlimiş) (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	CO ₃ (mg/L)	SO ₄ ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	P (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)
Ayşe-1 sondajı	1988	71,5	8,07	6000	4318	144	1560	23	60	34	0,6	45	3,5	64	4058	114	104	220	4	2,3			
Ayşe-2 sondajı	1980	80	8,2	3700	3156	128	1080	19	22	43	0,2	39	4,7	75	2952	<1	117	203				<0,08	1
Germeneik-ÖB-1 kayusu	1982	205			45	1355	3,81	50	16	0,4	45		140	140	1172	84	37	1586			2,44	0,26	0,8
Germeneik-ÖB-2 kayusu	1983	231	9	7200	5792	189	1830	8,74	1,6	0	0,6	71	160	160	1525	138	71	1359			8,25	0,0	0
Germeneik-ÖB-3 kayusu	1984	210	8,28	7100	5462	170	1775	4,8	1,6	0,5	0,9	68	55	55	1342	204	74	1818			8	<0,01	<0,1
Germeneik-ÖB-4 kayusu	1984	213	7,71	5400	4366	135	1420	32,1	12	1,7	0	55	53	53	1440	0	34	1300			7,25	<0,01	<0,1
Germeneik-ÖB-5 kayusu	1984	221	8,43	3000	3440	128	1387	9,6	8,4	6,8	0	56	209	209	1409	66	46	1454					<0,1
Germeneik-ÖB-6 kayusu	1985	221	8,7	6200	5624	180	1775	9,3	3,6	<0,1	0,8	74	41	41	1302	288	64	1882				<0,01	<0,1
Germeneik-ÖB-7 kayusu	1988	203	7,53	4300	4200	132	1100	1	19	6,1	0,1	56	214	214	1837	0	51	855				0,20	4,2
Germeneik-ÖB-8 kayusu	1986	215,5	8,87	6600	4460	15	1550		8	243			286	286	1317	111	45	1528					
Germeneik-ÖB-9 kayusu	1987	221,8	8,6	6500	5184	105	1750	11,3	4,8	1,2	0,1	68	286	286	1376	132	133	1819			7,3	0,01	1
Sakavalli kaplıca		40,5	6,1	1500	1183	3,6	45	<0,1	104	204	<0	<0,1	<0,1	43	1025	0	208	16			1,73	<0,08	0,2
Malıoç deresi kaynağı		30	7,3	510	410	2,4	12	0,93	76	35	<0	<0,1	<0,1	25	342	0	90	43			0,3	<0,08	<0,1
Sakavalli-AS-1 sondajı	1987	162	7,1	3400	3248	100	1100	22	20	3,6	0,4	54	3	100	2540	0	153	228			12,5	<0,08	60
Sakavalli-AS-2 sondajı	1988	171,4	7,67	4600	3984	90	1100	0,67	14	1,1	0,1	42	6	178	2831	0	170	233				0,01	<0,5

Çizelge 3.3. Aydın ilindeki jeotermal kaynakların kimyasal özellikleri (Devam)

Kaynak veya Kayu Adı	Analiz Tarihi	Sıcaklık (°C)	PH	Specific Konduktivite (µmhos/cm)	Başarısız Kalınlaşma (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Ca ⁺⁺ (mg/L)	Mg ⁺⁺ (mg/L)	As (Toplam) (Toplam)	B (Toplam)	Li ⁺ (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	CO ₂ (Eriyik) (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	CO ₃ ²⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)
İmanköy kaynağı		38,2	7,4			84	51	19	50	96	0	0	0	43	573	242	25	0	0,4			
Aydın kaynağı		34,8	7,4			88	82	0	134	57		0,3		48	738	116	24	0	0			
Başköy kaynağı		62	7,2			68	1375	20	42	38	0	44		134	2190	128	1189	33	30			
Alangülü-1 kaynağı		61,5	6,7	5750		84	1360	19	77	15	0	41		110	2170	34	1202	2	4,5			0
Çimköy şarur ilcaı		74	402 16	6400	101,36	75	1550	12	32	54	0	45		47	2210	52	1440					
Glamoğöy İmamı kaynağı	1979	35	6,5	3600	2186	44	640	2,31	113	28	0	7,1		100	197	1031	0	59	692	0,7	0	0
AY-1	2001	98	6,41	5480		103	1022		104	28		62		240	1879	3019	<1	117	290			<0,1
Alangülü-1 sondajı	1989	58	7,24	5600	3772	60	1120	1,2	158	73	<0,01	46	5	88	228	2507	<0,1	10	932			<0,1
Alangülü-2 sondajı	1999	68,5	7,71	4804		78	1085	16,9	21,4	56,5		48,4	4,6	71	59	1014	<10	148	954			<0,0 1
Sağışıl kaynağı	1947	33	6,2			32,5	349	1	362,5	59				517	1667	4,6	416					1,1
Karadere İfaiye sondajı	1998	50	7,3	1273	950	14,0	140		140	48				56	700	27	70					14
Davutlar ilca sondajı	1998	40	6,1	660	490	2	36		580	179				51	1850	806	2750					17
Gedik kaynağı	1977	31	7,8		854	6,9	196	0,6	55	31				5	405	5	28					1,2
Ortakçı	1993	51	7,75	1320	862	17	252	<0,1	38	13,6		0,3		40	13,7	412	<10	306	16			<0,0 1



Şekil 3.2. Ilıcabaşı - İmamköy alanının jeoloji haritası (Şimşek ve ark., 1979)

Ilıcabaşı-İmamköy jeotermal alanında, Menderes Masifi metamorfitleleri ile Tersiyer tortulları arasında normal fayların geliştiği, daha güneye doğru basamak faylar şeklinde seri fayların yer aldığı görülmektedir. Bunlar kuzeyden güneye doğru Aydın fayı, Domalan fayı, İmamköy fayı olarak adlanmıştır. Bu faylar genç tektonik etkilerin izleri olan D-B uzanımlı faylardır. Ayrıca bunları vevine kesen K-G uzanımlı faylar bulunmaktadır. K-G uzanımlı faylar bazen KD-GB, bazen de KB-GD uzanımlı olabilirler (Şimşek ve ark, 1979).

Ilıcabaşı-İmamköy'de açılan kuyuların derin olmaması ve düzenli bir üretimin tespit edilememesi nedeniyle sahadaki rezervuar kayaları hakkında kesin veri elde edilememiştir. Ancak ön bilgiler yüksek sıcaklıklı bir sistemin var olabileceği, bu sistemi besleyen rezervuar kayaların metamorfik temelin mermerleri olabileceğini göstermektedir.

Sıcak Su Kaynakları: Ilıcabaşı-İmamköy jeotermal alanındaki kaynaklar Büyük Menderes grabenini oluşturan faylar boyunca çıkmaktadır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Ilıcabaşı-İmamköy jeotermal alanındaki kaynakların özellikleri

Kaynak Adı	Sıcaklık (°C)	Debi (L/s)
İmamköy	37-38	1,1
Nardere	37	-
Ilıcabaşı	34	Kaynak kurumuştur.*

Açılan Sondajlar: Alanda DSİ ve MTA Genel Müdürlüğü tarafından açılan kuyulara ait veriler Çizelge 3.5’de verilmiştir.

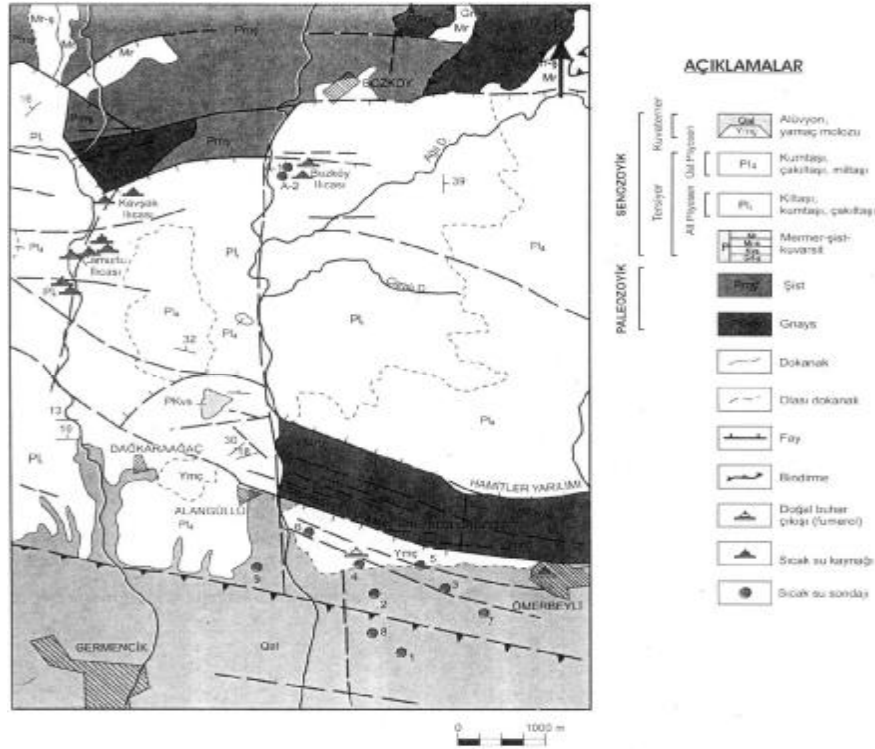
Çizelge 3.5. Ilıcabaşı-İmamköy jeotermal alanında açılan sondajlar

Kuyu No	Yıl	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (L/s)	Üretim Şekli
09/30434 (DSİ)	-	200	100	-	Gayzer türü tıkanmış
09/30434/B (DSİ)	-	200	100	-	Gayzer türü tıkanmış
Ayter-1	1989	471.25	84.5 (Kuyu dibi)	5-7	Gayzer türü tıkanmış
Ayter-2	1989	355	101,5 (Kuyu dibi)	2	Gayzer türü tıkanmış
Yılmazköy (Y-1)	2000	1501	142 (Kuyu dibi)	40	Artezien

3.1.3.2. Germencik-Ömerbeyli-Bozköy-Çamur Jeotermal Alanı

Jeolojik Özellikler: Bölgenin temelini Menderes masifi olarak adlandırılan olasılı Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler oluşturur. Bunlar alttan üste doğru, tabanı görülemeyen gnays, mikaşist, mermer, kalkşist ardalanması şeklindedir. Bu temel üzerinde büyük bir stratigrafik boşluk bulunmaktadır. Bu boşluk devresinde Menderes masifindeki yoğun tektonik etkinlikler gelişmiştir. Aşınma evresinden sonra ise Tersiyer sedimanları çökelmiştir. Tersiyer çökelleri Menderes masifi üzerinde uyumsuz olarak bulunur. Alan dışında görülen Üst Miyosen çökelleri

çakıltaşı, kumtaşı ile başlayıp kiltası, miltaşı ardalanması şeklinde devam eder. Kalınlığı 500–550 m arasında değişir. Dereboğazı çevresinde, bu birimin taban seviyelerinde ince kömür bantları yer alır. Üst Miyosen üzerinde toplam kalınlığı 500 m'yi bulan çakıltaşı, kumtaşı, miltaşı, kiltası ardalanmasından oluşan Pliyosen çökelleri ve en üstte de çok gevşek tutturulmuş Pliyo-Kuvaterner çökeltmeleri bulunur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Germencik-Omerbeyli-Bozköy-Çamur alanının jeoloji haritası (Şimşek, 1988)

Alanın batısında gözlenen ve Pliyosen çökellerini kesen genç volkanitlerden, Pliyosen yaşlı dasit (11 Milyon yıl), Pliyo-Kuvaterner yaşlı andezit ve bazaltlar jeotermal sistem oluşumunu sağlaması bakımından ve ısı kaynağı olarak önemlidirler.

Masifte, Miyosen öncesi sıkışma tektoniği vardır. Bozköy sürüklenimi ile gnayslar, metamorfiteğin üst seviyesini oluşturan mermer, mikaşist, fillit ardalanması üzerinde yer almıştır. Daha sonra Pliyosen çökelleri ile örtülmüştür. Bu evrede gelişen graben oluşumu ile kırılan bütün birimler 100 m yi bulan atımlı

fayların etkisi ile ikincil gözeneklilik ve geçirimsizlik kazanmışlardır (Şimşek, 1988). Bölgedeki çok kırıklı olan mermerler ile fay zonlarına yakın kumtaşları, gnayslar ve diğer birimler rezervuar kaya özelliğindedir.

Sıcak Su Kaynakları (Ömerbeyli Sahası): Alanda Bozköy, Kavşak ve Çamur sıcak su kaynakları yer almaktadır. ÖB 4 no'lu kuyunun bulunduğu bölgede ise 99–101 °C sıcaklıklı fümerol bulunmaktadır. (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Germencik jeotermal alanındaki kaynaklar

Kaynak Adı	Sıcaklık (°C)	Debi (L/s)
Bozköy	62	2
Kavşak Ilıcısı	62	0,5
Çamurlu	36 -92	1,5*

* Toplam debi

Açılan Sondajlar: Germencik jeotermal alanında dokuz adet sondaj açılmıştır.

Kuyulardan Buhar+su+gaz şeklinde üretim sağlanmıştır (Çizelge 3.7).

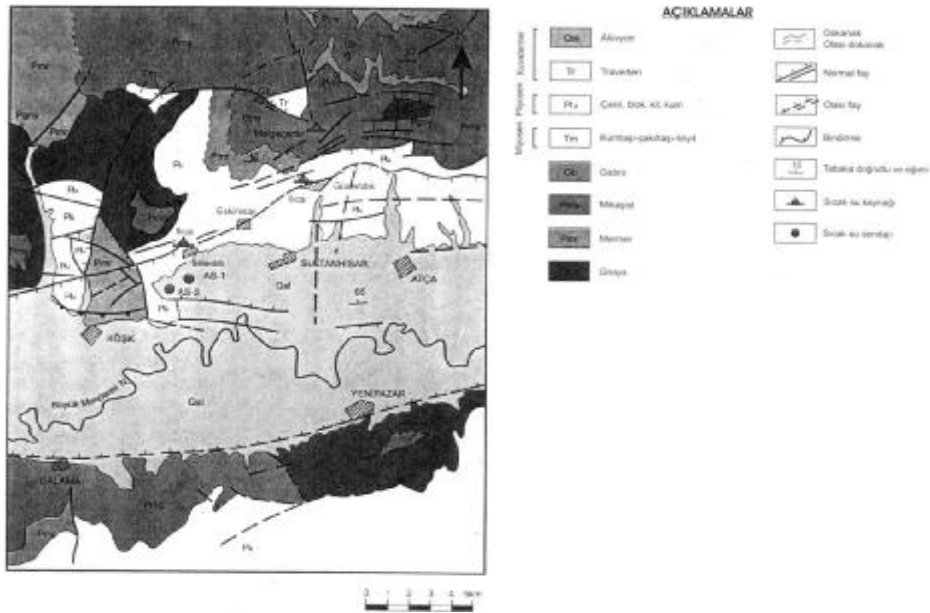
Çizelge 3.7. Germencik jeotermal alanında açılan sondajlar

Kuyu No	Yıl	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Üretim Şekli
ÖB-1	1982	1000	203 (KD)	-	Buhar+Su+Gaz
ÖB-2	1982	975.50	232 (KD)	-	Buhar+Su+Gaz
ÖB-3	1983	1196.7	232 (KD)	-	Buhar+Su+Gaz
ÖB-4	1984	285	217 (KD)	-	Buhar+Su+Gaz
ÖB-5	1984	1302	225 (KD)	-	Buhar+Su+Gaz
ÖB-6	1984	1100	224 (KD)	-	Buhar+Su+Gaz
ÖB-7	1985	2398	227 (KD)	-	Buhar+Su+Gaz
ÖB-8	1986	2000	219.87 (KD)	-	Buhar+Su+Gaz
ÖB-9	1986	1464.70	223.8 (KD)	-	Buhar+Su+Gaz
Alangüllü-1	1989	148.90	58	2	A
Alangüllü-2	1999	488	70 (KB)	3	A

KD: Kuyu dibi, A: Artezyen, KB: Kuyu başı

3.1.3.3. Sultanhisar-Salavatlı-Malgaçemir-Güvendik Jeotermal Alanı

Jeolojik Özellikler: Aydın-Sultanhisar-Salavatlı-Malgaçemir-Güvendik jeotermal sahası Batı Anadolu'da Büyük Menderes Grabeni'nin orta bölümünde yer alır. Salavatlı jeotermal sahasında jeolojik istif, Menderes masifi metamorfileri ile grabenleşme süreci içerisinde çökelen tortullardan oluşmuştur. Bunlar Paleozoyik yaşlı şistler ve Senozoyik (Orta Miyosen, Pliyosen, Kuvaterner) yaşlı çökellerdir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Sultanhisar-Salavatlı-Malgaçemir-Güvendik jeotermal alanının jeoloji haritası (Şimşek ve ark., 1979)

Büyük Menderes Grabeni'nin temelini oluşturan Paleozoyik yaşlı kristalen temelin en altında feldspat, kuvars ve mikadan oluşan gnayslar yer alır. Gnayslar tedrici olarak mikaşistlere geçerler ve yer yer mermer seviyelerinin üzerinde de bulunurlar. Mermerlerin üzerinde geçirimsiz oldukları için iyi bir örtü oluştururlar. Mermerler sahada oldukça yaygındırlar. İnce kalsit damarlı, erime boşluklu, yer yer dolomitik, bazen muskovit ve serizit ara katkılıdır. Metamorfizma ile gözeneklilik, erime boşlukları hariç, tamamen ortadan kalkmıştır. Buna karşılık tektonizma sonucu geçirimsizlik artmış ve rezervuar kaya özelliği kazanmıştır (Şimşek ve ark., 1979).

Senozoyik; Neojen ve Kuvaterner'de çökelen kayaç toplulukları ile temsil edilir. Neojen; Orta Miyosen ve Pliyosen yaşlı çökellerden oluşur. Orta Miyosen metamorfik temel üzerine aşıl uyumsuzlukla oturur, iri metamorfik çakıllarla başlayarak üste doğru kumtaşı, miltası, kiltası seviyelerine geçer ve yer yer kömür bantları içerir. Bölgede Orta Miyosen'den sonra, ikinci bir uyumsuzlukla Pliyosen göl çökelleri yer alır. Güneye doğru gittikçe kalınlashırlar. Üst seviyeleri kiltası, killi kireçtaşı, kireçtaşı, kumtaşı ardalanması şeklindedir. Kuvaternerde Pliyosen çökelleri üzerine uyumsuz olarak gelen az tutturulmuş kumtaşı, çakıltaşı ve çakıl, blok, kil, kum ve mil karmaşığından oluşan alüvyon, yamaç molozları ve traverten gelişmiştir.

Sıcak Su Kaynakları: Sultanhisar-Salavatlı jeotermal sistemi D-B uzanımlı fayların denetiminde beslenen ve gelişen bir sistemin K-G uzantılı faylarla sınırlandırıldığı bir alan içerisinde yer almaktadır. Kaynaklar üç ayrı noktadan yüzeeye çıkmaktadır (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. Salavatlı jeotermal alanındaki kaynakların özellikleri

Kaynak Adı	Sıcaklık (°C)	Debi (L/s)
Salavatlı	38	0,5
Güvendik	30-37	2*
Malgaçemir	30	0,2

*Toplam debi

Açılan Sondajlar: Alanda yapılan jeolojik ve jeofizik etüdler sonucu belirlenen lokasyonda sondajlı çalışmalar yapılmıştır (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9. Salavatlı jeotermal alanında açılan sondajlar

Kuyu No	Yıl	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (L/s)	Üretim Şekli
AS-1	1987	1510	167	93,8	Artezyen
AS-2	1988	962	172	-	-

3.1.3.4. Gümüş ve Söke-Sazlıköy Jeotermal Alanı

Jeolojik Özellikler: Germencik-Ömerbeyli jeotermal sahası için açıklanmış olan jeolojik yapı bu alan için de geçerlidir (Şekil 3.5).

Sıcak Su Kaynakları: Gümüş kaynağının debisi mevsimlere bağlı olarak değişmektedir. Bu kaynağın sıcaklığı 27–38,7 °C arasında değişmektedir. Sazlıköy kaynağı ise göl alanı oluşturmuştur.

Gümüş kaynağına sapılan yol kavşağında DSİ tarafından yapılan keşif sondajında 33 °C sıcaklığında sıcak su ve çok fazla CO₂ gaz gelişi olduğu bilinmektedir.



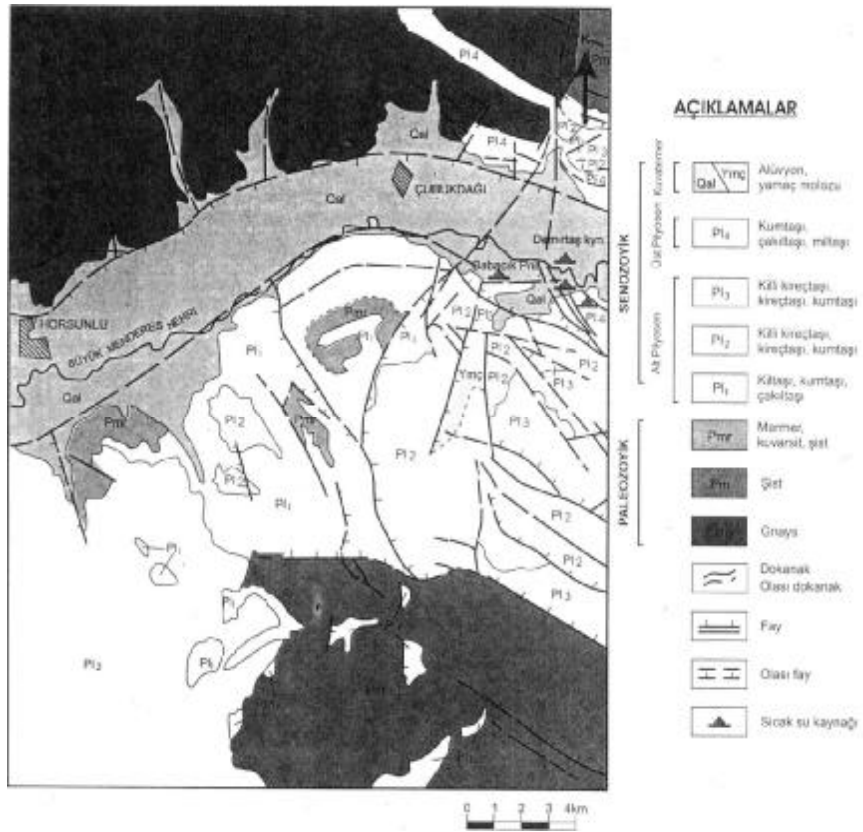
Şekil 3.5. Gümüş-Söke-Sazlıköy jeotermal alanının jeoloji haritası (Şimşek, 1988)

3.1.3.5. Buharkent-Ortakçı Jeotermal Alanı

Jeolojik Özellikler: Kaynağın yakın çevresinde Paleozoyik yaşlı gnayslar ve şistler yüzeylenir (Şekil 3.6). Senozoyik; Neojen ve Kuvaterner yaşlı çökeller ile temsil edilir. Alt Pliyosen çakıltaşı, kumtaşı, kireçtaşı, killi kireçtaşı, marndan oluşur. Bunların üzerinde Üst Pliyosen yaşlı bloklu çakıltaşı, kumtaşı ve mutasından oluşan birim bulunmaktadır. Kuvaterner alüvyon ve yamaç molozları ile temsil edilir.

Bölgedeki ana kırık hatları D-B yönlüdür. Büyük Menderes Grabeni'ni oluşturan D-B yönlü normal faylar kaynak ve çevresinde de gözlenmektedir (Şimşek, 1984).

Sıcak su kaynağı şistler içinde gelişmiş çatlak zonlarından yüzeye çıkmaktadır. Ortakçı jeotermal alanında akışkan sıcaklığı 51 °C ve debisi 0,3 L/s'dir.

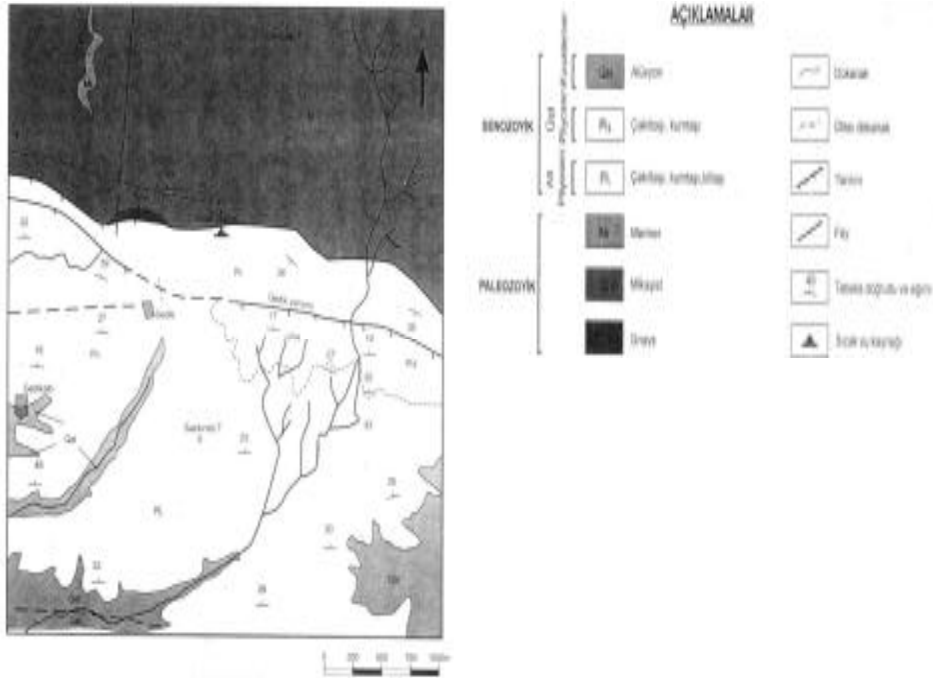


Şekil 3.6. Buharkent - Ortakçı alanının jeoloji haritası (Şimşek ve ark., 1979)

3.1.3.6. Nazilli-Gedik Jeotermal Alanı

Jeolojik Özellikler: Gedik jeotermal alanında en yaşlı birim Paleozoyik yaşlı Menderes masifine ait gnays, mikaşist, kuvarsit, mermerden oluşan metamorfittlerdir. (Şekil 3.7). Menderes masifi üzerinde Alt Pliyosen yaşlı karasal çökeller bulunur. Birim çakıltaşı, kumtaşı, kiltası ve mutasından oluşmuştur. Bu birimin üzerinde açılal uyumsuzlukla gevşek tutturulmuş çakıltaşı ve kumtaşları bulunur. Birim Üst Pliyosen yaşlıdır. Kuvaterner ise alüvyon ile temsil edilir (Şimşek ve Yılmaz, 1977). Büyük Menderes grabenini oluşturan yarılımların genel doğrultuları yaklaşık D-B'dir. Bayındır yarılımından sonra güneye doğru ikinci basamağı Gedik yanlımı oluşturur.

Sıcak Su Kaynakları: Gedik kaynağı Bayındır yanlımı boyunca çıkmaktadır. Sıcaklığı 32°C'dir.



Şekil 3.7. Nazilli - Gedik alanının jeoloji haritası (Şimşek ve Yılmaz, 1977)

3.1.3.7. Kuşadası Jeotermal Alanı

Jeolojik Özellikler: Kuşadası jeotermal alanının temelini menderes masifi metamorfiteeri oluşturur. Alanın dışında kalan birim çeşitli şistlerden oluşmuştur. Bu birim üzerinde allokton olarak Üst Triyas - Alt Jura yaşlı dolomitik kireçtaşları yer alır (Şekil 3.8). Senozoyik, Alt Pliyosen yaşlı killi, kumlu, siltli seviyelerle devam eden gölsel çökeller ve Kuvaterner yaşlı alüvyondan oluşur (Yılmaz ve ark., 1988).

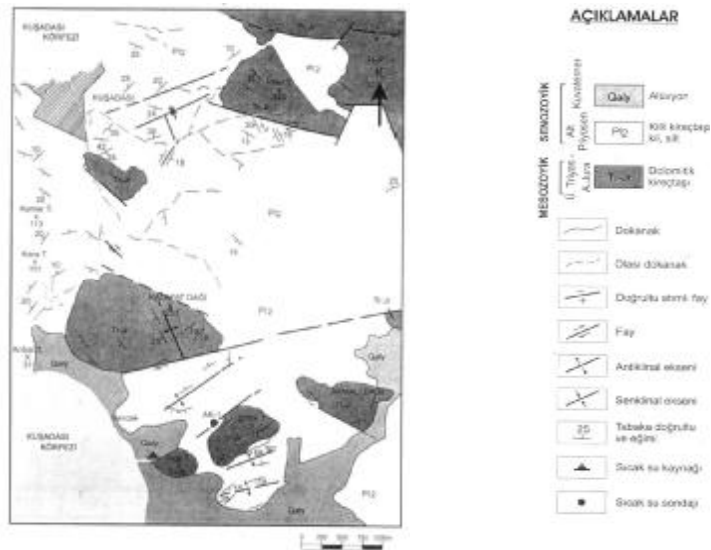
Jeotermal alanda D-B doğrultulu oblik faylar bölgenin genel kırık hatlarını oluşturur. Neojen çökellerinin yer aldığı kesimlerde KD-GB, KB-GD ve D-B uzanımlı faylar bulunur.

Sıcak Su Kaynakları: Kuşadası-Ilıca kaynağının sıcaklığı 26 °C'dir.

Açılan Sondajlar: Alanda açılan kuyuya ait veriler Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10. Kuşadası jeotermal alanında açılan sondajlar

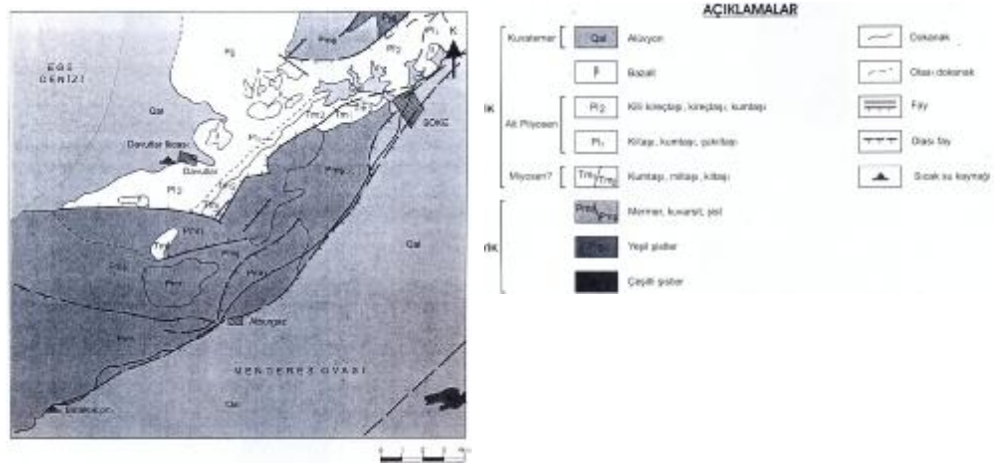
Kuyu No	Yıl	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (L/s)	Üretim Şekli
AK-1	2003	550	26	3	Artezyen



Şekil 3.8. Kuşadası jeotermal alanının jeoloji haritası (Yılmaz ve ark., 1988).

3.1.3.8. Davutlar Jeotermal Alanı

Temelde Menderes masifinin Paleozoyik yaşlı şistleri yer alır (Şekil 3.9). Senozoyik, Miyosen yaşında olduğu düşünülen kumtaşı, miltaşı ve kiltası ardalanmasından oluşan birimlerle başlar. Üzerinde Alt Pliyosen yaşlı kiltası, kumtaşı, çakıltası, killi kireçtaşlarından oluşan bir birim bulunmaktadır. Alanda yüzeyleyen bazaltlar Tersiyer yaşlıdır. Kuvaterner alüvyon ile temsil olunur (Şimşek ve ark., 1979). Menderes grabenini oluşturan tektonizmanın etkisine bağlı olarak çok sayıda fay gelişmiştir. Menderes masifinin mermerleri rezervuar kaya özelliğindedir. Davutlar Bataklık (Karina) kaynağında jeotermal akışkanın sıcaklığı 26–42 °C'dir.



Şekil 3.9. Altburgazi–Kuşadası–Davutlar alanının jeoloji haritası (Şimşek ve ark., 1979)

3.1.4. Plastik Sera

Aydın ili iklimi koşullarında 1000 m² taban alanında farklı düzenlemelerdeki polietilen (PE) plastik seralar için, jeotermal enerjiyle ısıtma sisteminin tasarım değişkenleri belirlenmiştir.

Jeotermal enerjiyle ısıtma sistemi, boyutları 52 m (uzunluk)×19.2 m (genişlik)×7 m (toplam yükseklik) olan ve UV+IR katkılı PE örtülü iki bölmeden oluşan plastik sera için tasarlanmıştır. Jeotermal enerjiyle ısıtma sisteminin tasarımı için dikkate alınan PE plastik seranın özellikleri Şekil 3.10 ve Çizelge 3.11'de verilmiştir. Jeotermal enerjiyle ısıtılması tasarlanan PE plastik seranın

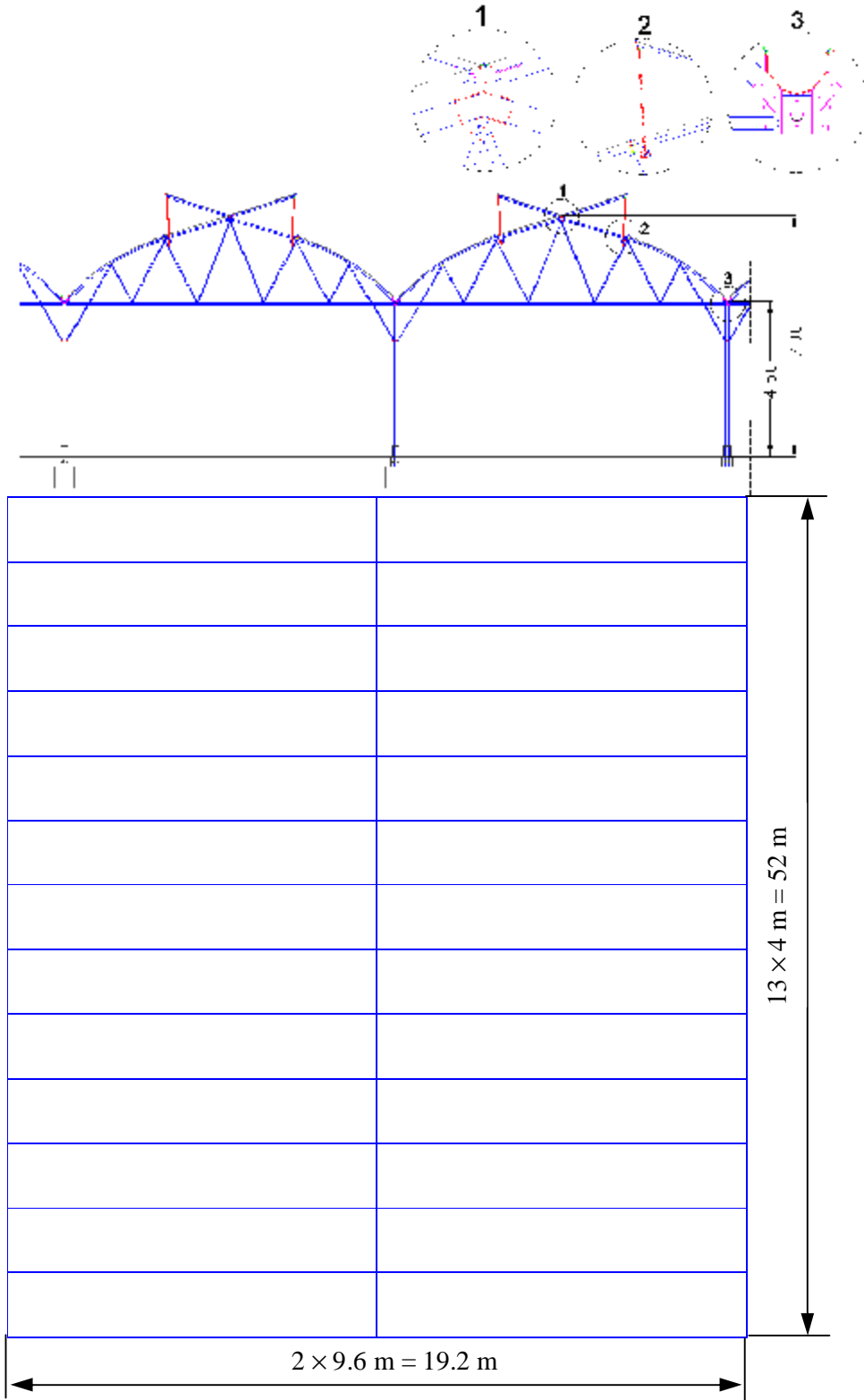
temel planı Şekil 3.11’de verilmiştir. Jeotermal enerjiyle ısıtma sisteminin tasarımında, sistem bileşenlerinin maliyetini azaltmak için, plastik serada ısı korunumu uygulanması da dikkate alınmıştır. Bu amaçla, plastik serada iki farklı tip ısı perdesi kullanılması durumunda, ısıtma sisteminin tasarım değişkenleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.11. Plastik seranın özellikleri

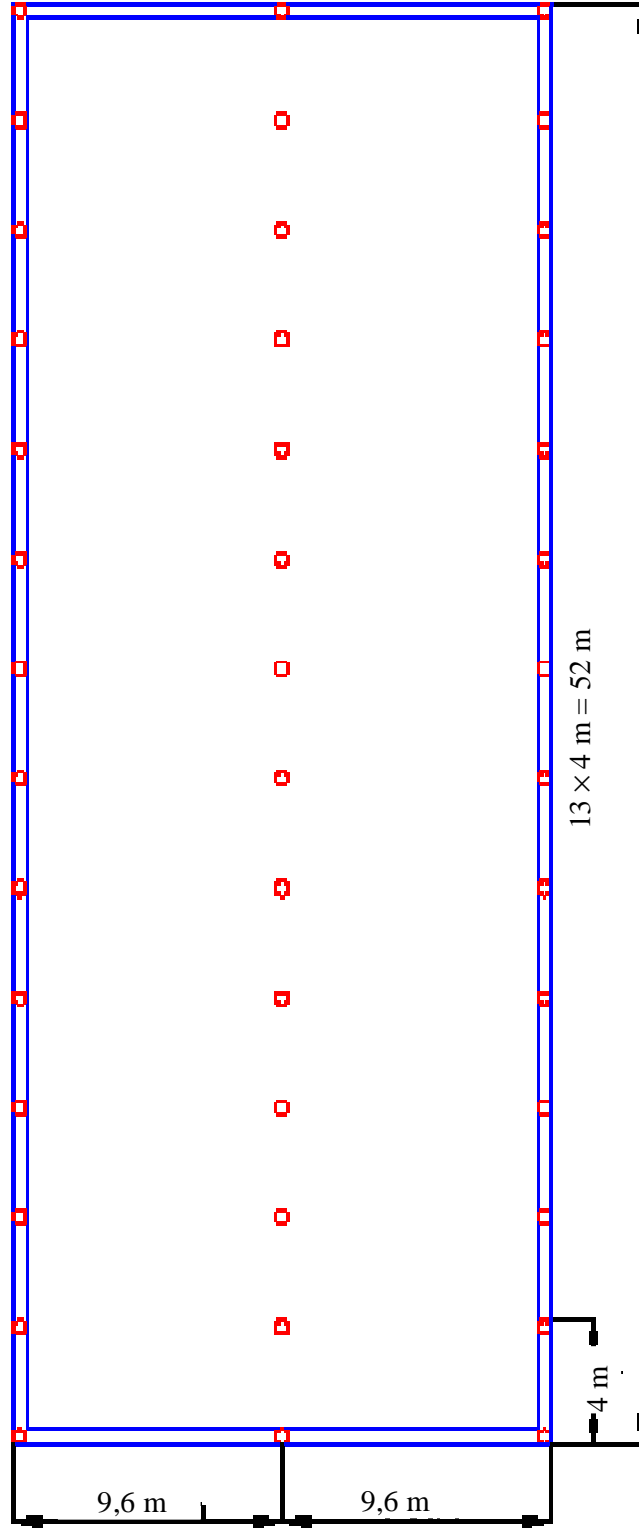
Özellikler	Değerler
Sera konstrüksiyonu	Çelik
Yönlendirme	Kuzey-Güney
Örtü kalınlığı (mm)	0,35 (Çift kat)
Toplam uzunluk (m)	52
Bölme genişliği (m)	9,6
Bölme sayısı (adet)	2
Toplam genişlik (m)	19,2
Toplam yükseklik (m)	7
Oluk yüksekliği (m)	4,5

Jeotermal enerjiyle ısıtma sisteminin tasarım değişkenleri, ısı perdesi bulunmayan PE plastik örtülü sera ve iki farklı tip ısı perdesi yerleşimine sahip PE plastik seralar olmak üzere, toplam üç tip PE plastik sera için belirlenmiştir:

- 1) Isı perdesiz PE plastik sera
- 2) PE ısı perdeli PE plastik sera
- 3) Alüminyumlu polyeester ısı perdeli PE plastik sera



Şekil 3.10. PE plastik seranın ön ve üst görünüşü ve boyutları



Şekil 3.11. PE plastik seranın temel planı

3.2. Metod

3.2.1. Sera Isı Gereksiniminin Belirlenmesi

Şekil 3.10 ve Çizelge 3.11’de özellikleri verilen PE plastik seranın ısıtılması için taban alanı başına gereksinim duyulan ısı miktarı aşağıdaki eşitlikten belirlenmiştir (Başçetinçelik ve Öztürk, 1996).

$$q_s = \frac{A_{\delta}}{A_t} \cdot u(T_i - T_d) - I\tau\gamma \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte;

- q_s = Taban alanı başına ısı gereksinimi (W/m^2),
- A_{δ} = Sera örtüsü yüzey alanı (m^2),
- A_t = Sera taban alanı (m^2),
- u = Toplam ısı kaybı katsayısı ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$),
- T_i = Sera iç ortam havasının sıcaklığı ($^\circ C$),
- T_d = Dış ortam havasının sıcaklığı ($^\circ C$),
- I = Toplam güneş ışınımı (W/m^2)
- τ = Seranın toplam ışınım geçirgenliği ve
- γ = Toplam ışınımın sera iç ortam sıcaklığının artmasında etkili olan ısı ışınımına dönüşme oranıdır.

Plastik seraların ısı gereksinimi, güneşten ısı kazancının olmadığı gece koşulları için hesaplanmıştır. Sera toplam ısı gereksinimi, birim taban alanı için gerekli ısı miktarına bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$Q_s = q_s \times A_s \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte;

- Q_s = Seranın toplam ısı gereksinimi (W),
- q_s = Taban alanı başına ısı gereksinimi (W/m^2) ve
- A_s = Sera taban alanıdır (m^2).

3.2.1.1. Toplam Isı Kaybı Katsayısı

Toplam ısı kaybı katsayısı, farklı teknik donanımlara sahip seraların ısı enerjisi tüketimlerini karşılaştırma değeri olarak kullanılır. *Toplam ısı kaybı katsayısı* (u , $W/m^2 \text{ } ^\circ C$); sera iç ortam sıcaklığı ve dış ortam sıcaklığı arasındaki $1 \text{ } ^\circ C$ (veya K) farklılık için, sera yüzey alanının her m^2 'sinden oluşan toplam ısı kaybını belirtir (Öztürk ve Başçetinçelik, 2002). Toplam ısı kaybı katsayısı, seradan iletim (kondüksiyon) ve taşınım (konveksiyon) oluşan ısı kayıplarıyla birlikte, ısı ışınım (radyasyon) değişimi nedeniyle oluşan ısı kayıplarını da kapsar. Sera ısı gereksinimi, toplam ısı kayıp katsayısına bağlı olarak yeterli doğrulukta belirlenebilmekle birlikte, seradan iletim, taşınım ve ısı ışınımıyla oluşan ısı kayıpları ayrı ayrı hesaplanarak daha doğru tahmin yapılabilir.

Seranın birden fazla örtü ile örtülmesi durumunda, toplam ısı kaybı katsayısı kullanılan örtü malzemelerinin ısı özelliklerine bağlıdır. Toplam ısı kaybı katsayısı genellikle rüzgar hızı ile ilişkili olarak incelenir. UV+IR katkılı PE ile örtülü ısı perdesiz (u), PE ısı perdeli (u_{PE}) ve polyester ısı perdeli (u_{Poly}) yüksek tip tünel seralarda toplam ısı kayıp katsayısı, rüzgar hızına (v_r , m/s) bağlı olarak aşağıdaki eşitliklerinden belirlenebilir (Öztürk ve Başçetinçelik, 2003a).

$$u = 3.55 + 0.11 v_r \dots \dots \dots (3.3)$$

$$u_{PE} = 2.83 + 0.10 v_r \dots \dots \dots (3.4)$$

$$u_{Poly} = 2.63 + 0.18 v_r \dots \dots \dots (3.5)$$

Sera ısı gereksiniminin hesaplanmasında, üç farklı tip PE plastik sera için Çizelge 3.12'de verilen toplam ısı kaybı katsayısı değerleri kullanılmıştır.

Çizelge 3.12. Toplam ısı kaybı katsayısı (u)

Sera Tipi	u ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)
PE plastik örtülü sera	6
PE plastik sera+PE perde	4.5
PE plastik sera+polyester perde	3.5

3.2.1.2. Sera İç Ortamında Hava Sıcaklığı

Serada ısıtma gereksiniminin belirlenmesi için öncelikle, iç ortam sıcaklığının sınır değeri tanımlanmalıdır. Serada bitki gelişmesi için en uygun sıcaklığın sağlanması gerekli olmasına karşın, bu durum ekonomik açıdan mümkün olmayabilir. Serada birçok bitki türü için istenilen sıcaklık değeri farklı olduğundan, ısıtma sistemlerinin kontrolü de buna bağlı olarak değişir. Seralarda değişik tür bitkilerin yetiştirilebilmesi için, iç ortam hava sıcaklığı 10–28 °C aralığında ayarlanabilmelidir. Değişik özelliklerdeki PE plastik seraların ısı gereksinimi, dört farklı iç ortam sıcaklığına (5 °C, 10 °C, 15 °C ve 18 °C) bağlı olarak hesaplanmıştır.

3.2.1.3. Dış Ortam Hava Sıcaklığı

Dış ortam sıcaklığının belirlenmesinde, seranın bulunduğu bölgenin iklim koşullarına bağlı olarak yılın en soğuk zamanında oluşan en düşük sıcaklıkların ortalaması dikkate alınır. Jeotermal ısıtma sistemi tasarımında, Aydın iline ilişkin uzun yıllık en düşük ve ortalama en düşük sıcaklık değerleri dikkate alınmıştır (Çizelge 3.13). Isıtma sistemlerinin tasarımı için, değişik özelliklerdeki plastik seraların ısı gereksinimi, 0 °C ve –5 °C dış ortam sıcaklığına bağlı olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.13. Aydın iline ilişkin aylık sıcaklık değerleri

Aylar	Sıcaklık (°C)		
	En Yüksek	En Düşük	Ortalama En düşük
Ocak	23,2	-11,0	4,1
Şubat	25,2	-5,4	4,6
Mart	32,4	-5,0	6,7
Nisan	33,4	-0,8	10,0
Mayıs	39,3	4,0	14,1
Haziran	42,6	8,4	18,1
Temmuz	44,6	13,4	20,4
Ağustos	43,8	11,8	20,0
Eylül	39,4	7,6	16,4
Ekim	37,8	1,6	12,6
Kasım	29,3	-4,7	8,3
Aralık	23,0	-5,3	5,3

3.2.2. Isı Değiştirici Tasarım Özellikleri

3.2.2.1. Isı Değiştirici Yüzey Alanı

Sera iç ortamında istenilen sıcaklığa bağlı olarak, gerekli ısı değiştirici yüzey alanı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilir.

$$A_d = \frac{Q_d}{k(T_{id} - T_i)} \quad (3.6)$$

Bu eşitlikte;

- A_d = Isı değiştirici yüzey alanı (m^2),
- Q_d = Isı değiştiriciden sera iç ortamına transfer edilen ısı miktarı (W),
- k = Isı değiştiriciden sera ortam havasına ısı transferi katsayısı ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$),
- T_{id} = Isı değiştirici sıcaklığı ($^\circ C$) ve
- T_i = İç ortamdaki hava sıcaklığıdır ($^\circ C$).

3.2.2.2. Isı Değiştiriciden Kazanılan Isı Miktarı

Isı değiştiriciden sera iç ortamına transfer edilen ısı miktarı, aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Q_s = Q_d. \quad (3.7)$$

$$Q_d = k.A_d(T_{id}-T_i) \quad (3.8)$$

3.2.2.3. Isı Değiştirici Sıcaklığı

Jeotermal enerjiyle ısıtma sistemlerinde kullanılan ısı değiştiricilerin ortalama sıcaklığı, ısıtma akışkanının ısı değiştiriciye giriş ve çıkış sıcaklıklarının aritmetik ortalamasıdır (Öztürk, 2006).

$$T_{id} = \frac{T_g + T_ç}{2} \quad (3.9)$$

Bu eşitlikte;

$$\begin{aligned} T_{id} &= \text{Isı değiştirici sıcaklığı (°C)}, \\ T_g &= \text{Akışkan giriş sıcaklığı (°C) ve} \\ T_ç &= \text{Akışkan çıkış sıcaklığıdır (°C)}. \end{aligned}$$

Isıtma sisteminin tasarım değişkenlerinin belirlenmesi için yapılan hesaplamalarda, akışkan giriş-çıkış sıcaklıklarını 60–40 °C olarak dikkate alınmıştır.

3.2.3. Jeotermal Akışkandan Kazanılan Isı Miktarı

Jeotermal enerjiyle ısıtma sistemlerinde, jeotermal akışkanından sera ortamına kazanılan ısı miktarını aşağıdaki eşitlikle belirlenebilir.

$$Q_a = m \cdot \rho \cdot c_p (T_g - T_ç) \quad (3.10)$$

Bu eşitlikte;

$$\begin{aligned} Q_a &= \text{Akışkanda kazanılan ısı miktarı (W)}, \\ m &= \text{Akışkanın debisi (m³/s)}, \\ \rho &= \text{Akışkanın yoğunluğu (kg/m³)}, \\ c_p &= \text{Akışkanın özgül ısısı (J/kg °C)}, \\ T_g &= \text{Akışkan giriş sıcaklığı (°C) ve} \\ T_ç &= \text{Akışkan çıkış sıcaklığıdır (°C)}. \end{aligned}$$

3.2.4. Serada Isıtma Borularının Tasarım Özellikleri

3.2.4.1. Isıtma Borusundan Isı Transferi

Jeotermal enerjiyle ısıtma sistemi için ısı değiştirici olarak, 57 mm ve 51 mm çaplarında çelik veya 40 mm ve 32 mm çaplarında plastik boru kullanılması öngörölmüştür. Seralarda ısı değiştirici olarak kullanılan ısıtma borularının birim uzunluğundan, sera iç ortamına kazanılan ısı miktarını aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Q_b = k \cdot \frac{A_b}{L_b} (T_b - T_i) \quad (3.11)$$

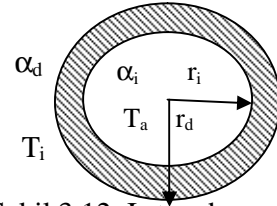
Bu eşitlikte;

- Q_b = Kazanılan ısı güç miktarı (W/m),
 k = Toplam ısı transferi katsayısı (W/m² °C),
 A_b = Isıtma borusu yüzey alanı (m²),
 L_b = Isıtma borusu uzunluğu (m),
 T_b = Isıtma borusu sıcaklığı (°C) ve
 T_i = Sera iç ortamındaki hava sıcaklığıdır (°C).

3.2.4.2. Toplam Isı Transferi Katsayısı

Eşitlik (3.11)'de ısıtma borusundan sera iç ortamına toplam ısı transferi katsayısı (k), Şekil 3.12'de verilen boru kesiti dikkate alınarak, aşağıdaki eşitlikten belirlenebilir.

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{(r_d - r_i)}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_d} \quad (3.12)$$



Şekil 3.12. Isıtma borusunun kesiti

Bu eşitlikte;

- α_i = İç yüzey ısı taşınım katsayısı (W/m² °C),
 r_i = Isıtma borusunun iç yarıçapı (m),
 r_d = Isıtma borusunun dış yarıçapı (m),
 λ = Isı iletim katsayısı (W/m°C) ve
 α_d = Dış yüzey ısı taşınım katsayısıdır (W/m² °C).

Isı değiştirici boru malzemelerine ilişkin ısı iletim katsayıları Çizelge 3.14'de ve zorlanmış ve serbest ısı taşınımı durumunda ısı taşınım katsayıları Çizelge 3.15'de verilmiştir.

Çizelge 3.14. Değişik malzemelerin ısı iletim katsayıları (Holman, 1992)

Malzeme	λ (W/m°C)
Karbon çeliği (% 1 C)	43
PVC	0.116
PE	0.582

Çizelge 3.15. Serbest ve zorlanmış taşınımda taşınım katsayıları (Özışık, 1989)

Isı Taşınımı	a (W/m ² °C)
<i>Serbest taşınım</i>	
Yatay silindir (5 cm çapında ve havada)	6.5
Yatay silindir (2 cm çapında ve havada)	8
<i>Zorlanmış taşınım</i>	
Boru (2.5 cm çapında ve su akış hızı 0.5 kg/s)	3500
Boru (2.5 cm çapında ve su akış hızı 1 kg/s)	10500

3.2.4.3. Isıtma Borusu Yüzey Alanı

Isıtma borusundan ısı transferi gerçekleşen yüzey alanının belirlenmesinde, borunun logaritmik ortalama yüzey alanı dikkate alınır (Özışık, 1989).

$$A_b = \frac{2\pi L_b (r_d - r_i)}{\ln \frac{r_d}{r_i}} \quad (3.13)$$

Bu eşitlikte;

- A_b = Isıtma borusu yüzey alanı (m²),
- L_b = Isıtma borusunun uzunluğu (m)
- r_i = Isıtma borusunun iç yarıçapı (m),
- r_d = Isıtma borusunun dış yarıçapıdır (m).

3.2.4.4. Isıtma Borusu Uzunluğu

Seralardaki jeotermal enerjiyle ısıtma sistemlerinde kullanılması gereken toplam ısıtma borusu uzunluğu, seranın toplam ısı gereksinimi ve kullanılması tasarımılanan ısıtma borusunun birim uzunluğundan kazanılan ısı miktarına bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$L_b = \frac{Q_s}{Q_b} \quad (3.14)$$

Bu eşitlikte;

- L_b = Isıtma borusunun uzunluğu (m),
- Q_s = Seranın toplam ısı gereksinimi (W) ve
- Q_b = Borudan kazanılan ısı miktarıdır (W/m).

3.2.4.5. Akışkan Sıcaklığı

Jeotermal enerjiyle ısıtma sistemlerinde, ısıtma borularında dolaşan akışkanın sıcaklığı aşağıdaki gibi hesaplanır (Öztürk, 2006).

$$T_a = T_g - \left(\frac{T_g - T_ç}{2} \right) \quad (3.15)$$

Bu eşitlikte;

- T_a = Akışkanın ortalama sıcaklığı (°C),
- T_g = Akışkan giriş sıcaklığı (°C) ve
- $T_ç$ = Akışkan çıkış sıcaklığıdır (°C).

3.2.5. Dolaşım Pompası Debisi

Isıtma sisteminde kullanılacak olan dolaşım pompası, sitemde meydana gelen sürtünme kayıplarını karşılayabilecek büyüklükte seçilmelidir. Dolaşım pompasının debisi, sera ısı gereksinimi ve akışkanın giriş-çıkış sıcaklık farkına bağlı olarak aşağıdaki gibi belirlenir.

$$V_p = \frac{Q_s}{c_p \cdot \rho \cdot (T_g - T_ç)} \quad (3.16)$$

Bu eşitlikte;

- V_p = Dolaşım pompasının debisi (m³/s),
- Q_s = Sera ısı gereksinimi (kW),
- ρ = Akışkanın yoğunluğu (kg/m³),
- c_p = Akışkanın özgül ısı (kJ/kg °C),
- T_g = Akışkan giriş sıcaklığı (°C) ve
- $T_ç$ = Akışkan çıkış sıcaklığıdır (°C).

Dolaşım pompası debisinin belirlenmesi için yapılan hesaplamalarda, akışkanının ortalama ($T_a = 50$ °C) sıcaklığındaki özgül ısı ve yoğunluk değerleri kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Aydın İlindeki Jeotermal Kaynakların Sera Isıtmada Değerlendirilmesi

Ülkemizde sera tarımının gelişiminde, Aydın ili önemli bir bölge durumundadır. Ülkemizde 2009 yılı TÜİK verilerine göre, cam ve plastik seralar ile yüksek ve alçak tünellerden oluşan toplam 567180 da alanda örtü altı tarımı yapılmaktadır. Örtü altı tarım alanlarını yaklaşık % 9.1'i (51578 da) Ege Bölgesi'nde bulunmaktadır. Ege Bölgesi'ndeki örtü altı alanlarının % 22'si (11249 da) Aydın ili sınırları içerisinde yer almaktadır. Aydın ilinde yapılan sera tarımından her yıl önemli miktarda sebze/meyve üretimi gerçekleştirilmektedir (Çizelge 1.2).

Bütün dünyada sera yetiştiriciliği, hızla gelişen ve rekabet edebilir özellikte olan bir tarım sektörüdür. Bununla birlikte, bölgesel iklim koşulları sera tasarımını etkiler. Bitkilerin genel istekleri ve bölgesel iklim koşulları, sera yapılarında belirli özelliklerin bulunmasını gerekli kılmaktadır. Bununla birlikte, yöresel gelenekler sera tasarımında önemli bir etkiye sahip olabilmektedir. Bir bölgede örtü altı tarımı yapılıp-yapılamayacağını belirlemek için en basit ve etkin yöntem, bölgenin iklim verilerini sera tarımı yapılan diğer bölgelerin iklim verileriyle karşılaştırmaktır. Sonuç olarak, sıcaklık seranın işlevi için en kritik iklim etmenidir. Örtü altı yetiştiriciliğinde başlıca amaç, iç ortam sıcaklığını en uygun düzeyde sürdürmektir.

Esas olarak sezon dışı üretim amacıyla kullanılan seralarda yetiştirilen ürünlerin kalite, miktar ve gelişme süresi bakımından en uygun ortam koşullarının sağlanması için, kışın soğuk dönemlerde ısıtma ve yazın sıcak dönemlerde ise havalandırma gereklidir. Bitki büyümesi ve gelişmesi ile verim ve kalitesi üzerinde esas etkiye sahip olan ortam sıcaklığının kontrol altında tutulması, sera tekniğinde önemli bir işlemdir. Seralarda yetiştirilen ürünlerden beklenen en yüksek verimin elde edilebilmesi için, sıcaklığın düşük olduğu dönemlerde seraların ısıtılması gereklidir. Kuzey Avrupa ülkelerinde sera ısıtma amacıyla kış ve yaz mevsimlerinde fazla miktarda enerjiye gereksinim duyulmasına karşın, Akdeniz ülkelerinin çoğunda ekolojik koşulların uygun olması nedeniyle, sadece soğuk kış gecelerinde gereksinim duyulan ısıtma uygulamaları yeterince yapılmamaktadır. Bu nedenle, yetiştirilen

ürünlerin kalite, miktar ve hasat zamanı açısından bazı olumsuzluklarla karşılaşmaktadır.

Başarılı ve etkin bir sera tasarımı için; bölgesel iklim koşullarının yeterince bilinmesi gerekir. İklim koşulları, seraların tasarım ve işlevsel özelliklerini etkileyen en önemli etmendir. Sera tasarımında, dış ortamdaki iklim koşullarına bağlı olarak iç ortamda uygun bir mikro-klima sağlanması amaçlanır. Bu nedenle, sera tasarımı bölge iklimi ve enlem derecesinden önemli düzeyde etkilenir. Sera tasarımında sıcaklık, güneş ışınımı ve rüzgar gibi iklim etmenleri önemlidir. Sera yapıları; ürünün hastalık ve ekstrem sıcaklıklardan korunması amacıyla kullanılmakla birlikte, ürünün rüzgar, yağmur, dolu ve kar yağışına karşı korunması amacıyla da kullanılır. İklim verileri, özel bölgelerde sera tasarımının yapısal ve işlevsel özelliklerinin belirlenmesi ve analizi için yararlıdır. Sonuç olarak büyük sera kompleksleri kurulmadan önce sera kurulacak bölgede başlıca iklim etmenlerinin ölçülmesi gerekebilir. Bölgesel iklim koşullarına uygun olarak, değişik örtü malzemeleri ile farklı özelliklerde seralar tasarlanırlar. Seranın yapısal tasarımı ve iç ortamdaki iklimin kalitesini etkileyen en önemli etmenler; *sıcaklık* , *toplam güneş ışınımı*, *rüzgar hızı* ve *yağış özellikleridir*.

Seralarda yetiştirilen bitkiler, esas olarak 17–27 °C aralığında değişen ortalama sıcaklıklara adapte olmuşlardır. Serada güneş ışınımının ısıtma etkisi de dikkate alındığında, ısıtma yapılmayan seralar için, dış ortamda istenilen günlük ortalama sıcaklık 12–22 °C aralığında olmalıdır. Günlük ortalama dış ortam sıcaklığı 12 °C'den daha düşük ise, seraların özellikle gece dönemlerinde ısıtılması gerekir. Sera ısıtma için eşik değeri olarak 12 °C dikkate alındığında, Aydın ilindeki seraların Aralık ayından Mart ayı sonuna kadar ısıtılması gerekir.

Sera ısıtma amacıyla, düşük sıcaklıktaki ısıtma akışkanlarından etkin ve ekonomik olarak yararlanılabilir. Jeotermal enerji kaynaklarının kullanıldığı, düşük-sıcaklıkta ısıtma uygulamalarında, sıcaklık düzeyi 20–60 °C aralığındadır. Aydın ili sınırları içerisinde yer alan jeotermal kaynakların sıcaklık değerleri, sera ısıtma için uygun sıcaklık aralığında yer almaktadır. Aydın ili jeotermal alanlarındaki başlıca kaynakların akışkan sıcaklık değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Son yıllarda seralarda jeotermal enerjiyle ısıtma sistemlerinin tasarımına ilişkin araştırma ve

geliştirme çalışmaları önem kazanmıştır. Bu durum, sera ve ısıtma sistemlerinin tasarımı konusundaki teknik yaklaşımın sürekli olarak değişmesine neden olmaktadır. Düşük sıcaklıktaki ısıtma akışkanlarının bazı üstünlükleri nedeniyle, sera ısıtma için birçok yeni ısı değiştirici geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır.

Çizelge 4.1. Aydın ili jeotermal alanlarındaki başlıca kaynakların akışkan sıcaklık değerleri (Şimşek, 1988)

Kaynak veya Kuyu Adı	Akışkan Sıcaklığı (°C)	Kaynak veya Kuyu Adı	Akışkan Sıcaklığı (°C)
Ayter- 1 sondajı	77.5	Salavatlı-AS-1 sondajı	162
Ayter -2 sondajı	80	Salavatlı-AS-2 sondajı	171,4
Germencik--ÖB-1 kuyusu	203	Imamköy kaynağı	38,2
Germencik-ÖB-2 kuyusu	231	Aydın kaynağı	34.8
Germencik-ÖB-3 kuyusu	230	Bozköy kaynağı	62
Germencik-ÖB-4 kuyusu	213	Alangüllü-1 kaynağı	61,5
Germencik-ÖB-5 kuyusu	221	Çamköy çamur ılıcası	74
Germencik-ÖB-6 kuyusu	221	Gümüşköy hamamı kaynağı	35
Germencik-ÖB-7 kuyusu	203	AY-1	98
Germencik-ÖB-8 kuyusu	219,87	Alangüllü-1 sondajı	58
Germencik-ÖB-9 kuyusu	223.8	Alangüllü-2 sondajı	69,5
Salavatlı kaplıcası	40.5	Sazlıgöl kaynağı	33
Malkoç deresi kaynağı	30	Kuşadası itfaiye sondajı	50
Salavatlı-AS-1 sondajı	162	Davutlar ılıca sondajı	43
Salavatlı-AS-2 sondajı	171.4	Gedik kaynağı	32

4.2. Jeotermal Kaynaklardan Yararlanma Sırasında Karşılaşılabilecek Sorunlar ve Çözüm Önerileri

4.2.1. Korozyon Sorunu ve Önlenmesi

Jeotermal uygulamalarda kullanılan malzemelerde, akışkanın kimyasal içeriğine bağlı olarak değişik korozyon türleriyle karşılaşılmaktadır. Jeotermal uygulamalarda korozyona neden olan etmenler aşağıdaki gibi özetlenebilir (Öztürk, 2005):

- | | |
|--|------------------------------|
| • Akışkan Özellikleri: | • Akış Özellikleri: |
| Ø Yüksek sıcaklık | Ø Durgun akış |
| Ø Düşük pH | Ø Düşük türbülanslı akış |
| Ø Çözünebilir tuzlar (Cl, SO ₄ , HCO ₃) | Ø Yüksek türbülanslı akış |
| Ø Çözünebilir gazlar (O ₂ , CO ₂ , H ₂ O) | Ø Çok fazla türbülanslı akış |

Karbon ve düşük alaşımlı çeliklerin korozyonu, genellikle pH (hidrojen *iyonu*) ile kontrol edilir. pH arttıkça, çeliğin korozyondan etkilenme derecesi azalır. Düşük pH'lı akışkanlar, aşınma ve gerilme çatlama gibi korozyon türlerine neden olabilir. Aydın ilindeki jeotermal kaynaklardaki akışkanın pH değeri 6–9 aralığında değişmektedir.

Sabit korozyon oranı, akışkanda klor iyonunun bulunmasıyla artar. Sıcaklığın 50 °C'nin üzerinde olduğu durumlarda 5–101 ppm'lik klor iyonu derişimi, paslanmaz çeliklerde (AISI 316) gerilme çatlama başlatmak için yeterlidir (Paksoy ve ark., 1994). Aydın ilindeki jeotermal kaynaklardaki akışkanların klor içeriği genellikle yüksek değerlerdedir. Bölgedeki jeotermal akışkanların klor içeriği 16–2750 mg/L gibi geniş bir aralıkta değişmektedir. Bu nedenle, klor içeriği yüksek akışkandan yararlanılması durumunda, oluşabilecek olan korozyon sorunlarının dikkate alınması gerekir.

Karbondioksit, çözünmüş durumda birçok jeotermal akışkanda doğal olarak bulunur. Karbon çeliği ve düşük alaşımlı çelikler üzerinde korozif etkilidir.

Gümüşköy hamamı kaynağı, AY-1, Alangüllü-1 sondajı, Alangüllü-2 sondajı ve Sazlıgöl kaynağındaki jeotermal akışkanların erimiş durumda karbondioksit içerikleri 59–1879 mg/L aralığında değişmektedir.

Jeotermal uygulamalarda karşılaşılan korozyon sorununun önlenmesi, projenin sürekliliği için çok önemlidir. Korozyon türlerinin önlenmesi için uygulanacak yöntemler, jeotermal bölgenin kendine özgü özelliklerine bağlı olarak belirlenmelidir. Jeotermal akışkanın kimyasal içeriğinin bilinmesi, bu ortamlarda kullanılacak malzemelerin nasıl davranış göstereceklerinin belirlenmesi bakımından çok önemlidir. Bu nedenle, jeotermal kaynaklar işletilmeye başlatılmadan önce kimyasal analizlerinin yapılması, kullanılacak malzemelerin seçimi ve uygulamanın uzun ömürlü olması bakımından önemlidir.

Jeotermal uygulamalarda karşılaşılan farklı korozyon türleri dikkate alındığında, sistemde kullanılacak uygun malzemelerin belirlenmesi çok zordur. Jeotermal akışkanların kimyasal içerikleri değiştiği için, malzeme seçimine ilişkin genelleme yapmak mümkün değildir. Kullanılacak malzemenin korozyon oranının ölçülmesi, dayanıklı malzeme seçiminde etkin bir yöntemdir. Jeotermal uygulamalarda karşılaşılan korozyon türlerinin önlenmesi bakımından aşağıdaki etmenlerin dikkate alınması gerekir (Öztürk, 2005):

- Ø Malzeme seçiminden önce akışkanın kimyasal analizini yapmak
- Ø Korozyona dayanıklı malzemeler belirlemek
- Ø Korozyona neden olan etmenleri ortamdan uzaklaştırmak
- Ø Sistemde en az oranda metalik malzeme kullanmak

Jeotermal akışkan iletim hatlarında görülen korozyon sorunu aşağıdaki yöntemlerden birisiyle önlenabilir (Öztürk, 2005):

- Ø Jeotermal akışkanın kimyasal analizini yaparak, korozyona dayanıklı alaşım malzemeler kullanmak
- Ø Korozyona sebep olan etmenleri ortamdan uzaklaştırmak
- Ø Jeotermal kuyuya yerleştirilen ve kaynaktaki sıcak akışkandan ikincil bir akışkana ısı geçişi sağlayan kuyu içi ısı değiştirici kullanmak
- Ø Katodik koruma uygulamak
- Ø Malzemeyi kaplama veya örtmek yoluyla korumak

- Ø Sistemde metal olmayan, plastik malzemeler kullanmak
- Ø Akışkanın geri dönüşü düşük sıcaklıklarda gerçekleşiyorsa, geri dönüş hatları için fiberglas malzeme kullanmak

4.2.2. Kabuklaşma Sorunu ve Önlenmesi

Jeotermal akışkanlar, kullanım sırasında termodinamik davranışlarıyla metal yüzeylere etki ederek, kabuklaşma ve korozyon sorunlarına neden olan çözünmüş gaz ve katkı maddeleri içerir. Kabuklaşma, jeotermal kaynaklardan yararlanma sırasında akışkanın kimyasal özelliklerine bağlı olarak oluşan en önemli sorunlardan birisidir. Jeotermal uygulamalarda yaygın olarak aşağıdaki kabuklaşma türleri karşılaşılr:

- Ø Silika ve silikat
- Ø Karbonat
- Ø Sülfat
- Ø Kükürt

Kuyu içinde CO₂ kısmi basıncının düşmesi sonucu CaCO₃ ve sıcaklığın düşmesi sonucunda da SiO₂ çökmesi oluşur. Kuyu başı basıncının düşürülmesine bağlı olarak artan bu çökelmeler kısa sürede sistemin tıkanmasına neden olmaktadır. Jeotermal sistemlerde; silika ve silikat, karbonat, sülfat ve kükürt genel olarak kabul edilen kabuklaşma türleridir. Aydın ilinde, Ca⁺⁺ içeriği 50 mg/L ve SiO₂ içeriği 100 mg/L sınırlarından fazla olan jeotermal kaynaklar Çizelge 4.2’de verilmiştir. Ilıcabaşı-İmamköy jeotermal alanındaki akışkan, çok fazla doygun CaCO₃ içerdiği için çok çabuk yüzey kabuklaşması gerçekleşmiştir.

CaCO₃ kabuklaşması orta sıcaklıktaki jeotermal kaynaklardaki, kuyularda ve yüksek basınç altında çalışan ekipmanlarda oluşmasına karşın, SiO₂ kabuklaşması yüksek sıcaklıktaki kaynaklarda, özellikle geri dönüş hatlarında, ayırıcılarda ve bazen de kuyularda oluşur.

Kalsiyum karbonat (CaCO₃) kabuklaşması, aşağıdaki yöntemlerle önlenebilir (Öztürk, 2005):

- Ø Karbondioksit kısmi basıncını kontrol etmek
- Ø Akışkan pH'nı düzenlenmek
- Ø Isı değiştirici kullanmak
- Ø Kabuklaşmayı önleyici kimyasal katkı maddeleri kullanmak

Çizelge 4.2. Aydın ili jeotermal alanlarındaki başlıca kaynakların bazı kimyasal özellikleri (Şimşek, 1988)

Kaynak veya Kuyu Adı	Ca⁺⁺ (mg/L)	Kaynak veya Kuyu Adı	SiO₂ (mg/L)
Ayter- 1 sondajı	60	Germencik-ÖB-1 kuyusu	140
Salavatlı kaplıcası	104	Germencik-ÖB-2 kuyusu	160
Malkoç deresi kaynağı	76	Germencik-ÖB-5 kuyusu	209
Aydın kaynağı	124	Germencik-ÖB-7 kuyusu	214
Alangüllü-1 kaynağı	77	Germencik-ÖB-8 kuyusu	286
Gümüşköy hamamı kaynağı	113	Germencik-ÖB-9 kuyusu	286
AY-1	104	Salavatlı-AS-1 sondajı	100
Alangüllü-1 sondajı	158	Salavatlı-AS-2 sondajı	178
Sazlıgöl kaynağı	362.5	Bozköy kaynağı	134
Kuşadası itfaiye sondajı	140	Alangüllü-1 kaynağı	110
Davutlar ılıca sondajı	580	Gümüşköy hamamı kaynağı	100
Gedik kaynağı	55	AY-1	240

Jeotermal akışkanın basınç ve sıcaklığı, akışkanın jeotermal kuyudan doğal akış yerine pompalanarak iletilmesiyle kolay bir şekilde düzenlenebilir. Kuyu içi pompası kullanılarak, kuyu içinde oluşan basınç ve sıcaklık düşmesi önlenir. Mekanik bir kuyu içi pompası yardımıyla, üretilen akışkan tek fazlı bir sistem olarak sürdürülebilir. Bu durumda, CaCO₃ gibi "basınca duyarlı kabuklaşma" oluşumu önlenir ve BaSO₄ gibi "sıcaklığa duyarlı kabuklaşma" oluşumu da

geciktirilebilir. Bu tip pompaların kullanılması akışkan sıcaklığı ile sınırlı olduğundan, yaklaşık 190 °C'nin üzerindeki kuyularda bu pompaların çalışabileceği garanti edilmemektedir (Paksoy ve ark., 1994).

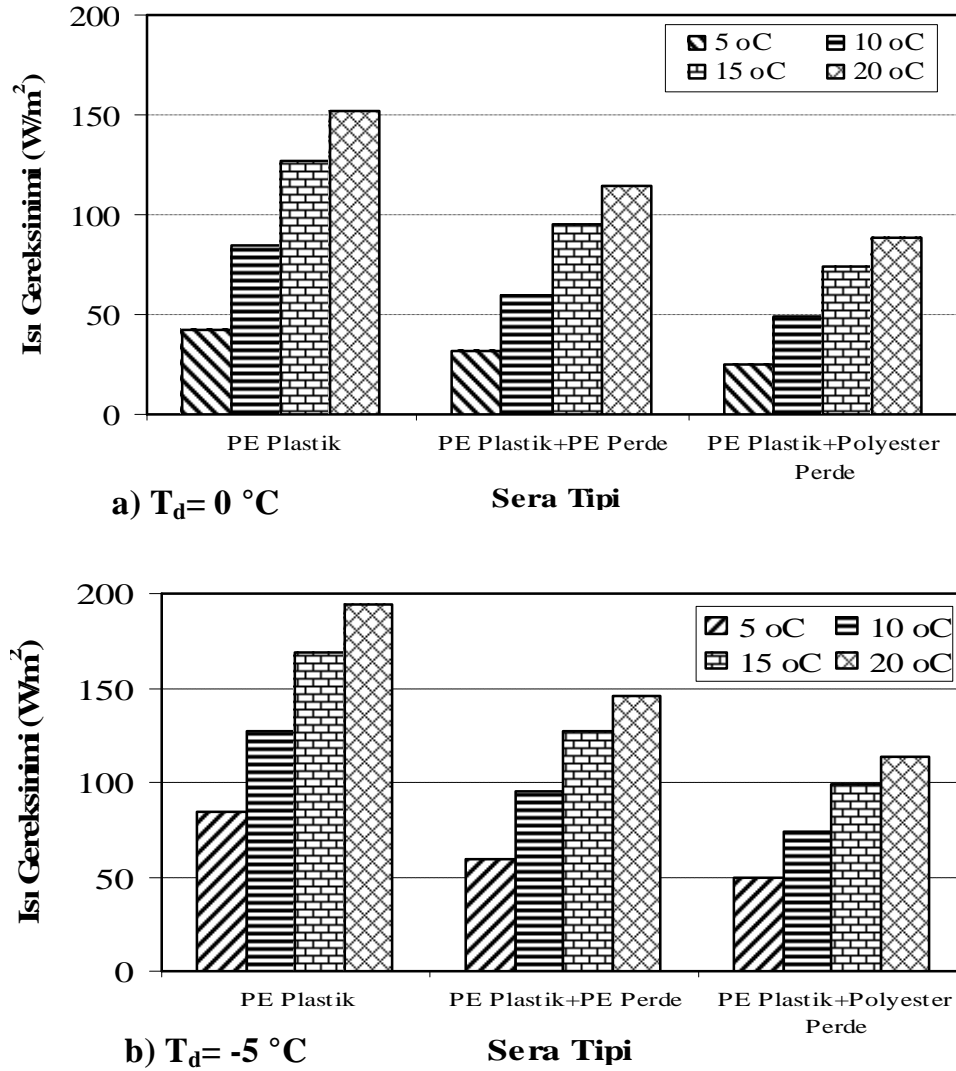
CaCO₃ kabuklaşmanın önlenmesi için diğer bir yöntem de, jeotermal akışkanın kimyasal bileşimini, özellikle pH'ını düzenlemektir. Akışkanın pH'ını CaCO₃ kabuklaşmasının oluşmayacağı bir değere düşürmek için, akışkana HCl eklenmesi teknik olarak mümkün olmakla birlikte, ekonomik bir uygulama değildir. pH değerinde çok az miktarda bir azalma sağlamak için, çok miktarda asit eklemek gerekmektedir.

Kuyu içi ve dışındaki akışkan iletim hatlarında jeotermal akışkanın kimyasına bağlı olarak gelişen kabuklaşma, kuyu içi ısı değiştiriciler kullanılarak önenebilir. SiO₂ kabuklaşmasının oluşumu dikkate alındığında, kabuklaşma oranını azaltmak veya önlemek için esas olarak akışkanın pH'ını değiştirmek yeterlidir. Bu amaçla kullanılan kimyasalların fiyatları yüksek olduğundan yeni yaklaşımların denenmesi gereklidir. Basınç, sıcaklık ve akış hızı düzenlenerek iletim hatlarında oluşan silika kabuklarını hareket ettirme olanağı vardır. Ancak bu tür uygulamalar, kabuklaşma sorununu tamamen ortadan kaldırmamaktadır.

4.3. Sera Isı Gereksinimi

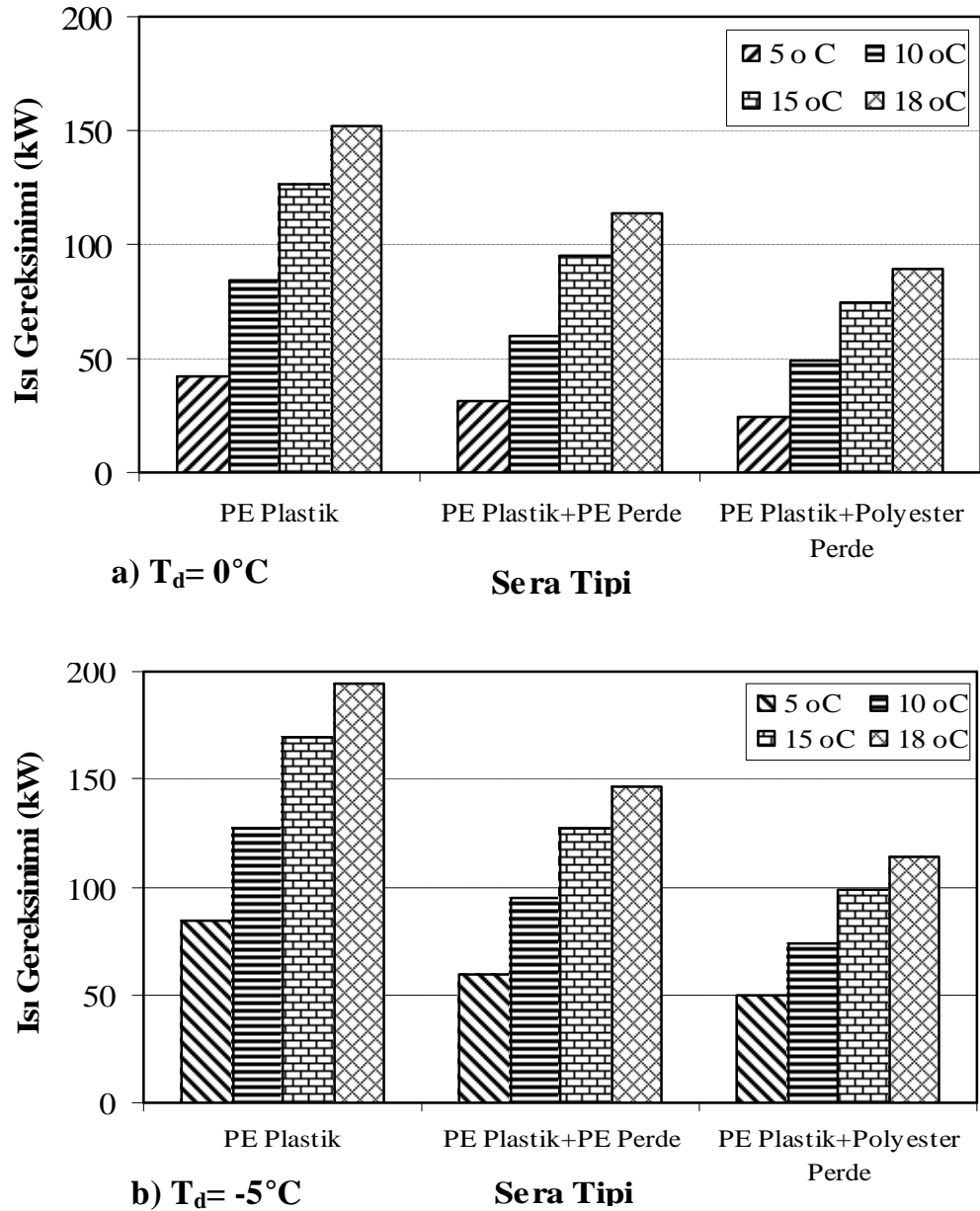
Aydın ili iklimi koşullarında, değişik özelliklerdeki PE plastik seraların 0 °C ve -5 °C dış ortam sıcaklığında, dört farklı iç ortam sıcaklığına bağlı olarak hesaplanan ısı gereksinimlerinin değişimi Şekil 4.1'de verilmiştir. Şekil 4.1'den de izlenebileceği gibi, ısı perdesi kullanılan plastik seralarda ısı gereksinimi, perde kullanılmayan plastik seraya kıyasla daha düşüktür. Beklenildiği gibi, dış ortam sıcaklığının azalmasına ve sera iç ortamında istenilen sıcaklık artışına bağlı olarak, sera taban alanı başına ısı gereksinimi de artmıştır. PE plastik örtülü sera iç ortamında 5 °C sıcaklık artışı sağlayabilmek için 0 °C dış ortam sıcaklığında, ısı gereksinimi 42.3 W/m² iken (Şekil 4.1a), dış ortamın -5 °C olması durumunda, ısı gereksinimi iki kat artarak 84.6 W/m² değerine yükselmiştir (Şekil 4.1b).

Dış ortam sıcaklığının $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ olması durumunda (Şekil 4.1b), bir çok bitki türü için yaklaşık olarak uygun bir sıcaklık değeri olan $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ iç ortam sıcaklığı için, sera taban alanı başına ısı gereksinimi, PE plastik serada 169.2 W/m^2 , PE sı perdeli serada 126.9 W/m^2 ve polyester ısı perdeli serada 98.7 W/m^2 olarak belirlenmiştir. PE plastik seranın ısı gereksinimi, PE perdeli sera ısı gereksiniminden % 25 ve polyester perdeli sera ısı gereksiniminden ise yaklaşık % 42 oranında daha yüksektir. Diğer taraftan, PE perdeli sera için ısı gereksinimi, polyester perdeli sera ısı gereksiniminden % 22 oranında daha yüksektir.



Şekil 4.1. Aydın iklimi koşullarında plastik seralar için ısı gereksinimi değişimi

Değişik özelliklerdeki plastik seraların 0 °C ve –5 °C dış ortam sıcaklığında, dört farklı iç ortam sıcaklığına bağlı olarak hesaplanan toplam ısı gereksinimlerinin değişimi Şekil 4.2’de verilmiştir. PE ısı perdeli seranın toplam ısı gereksinimi; 0 °C dış ve 15 °C iç ortam sıcaklığında (Şekil 4.2a) 95.2 kW iken, dış ortamın –5 °C olması durumunda (Şekil 4.2b), 127 kW değerine yükselmiştir.



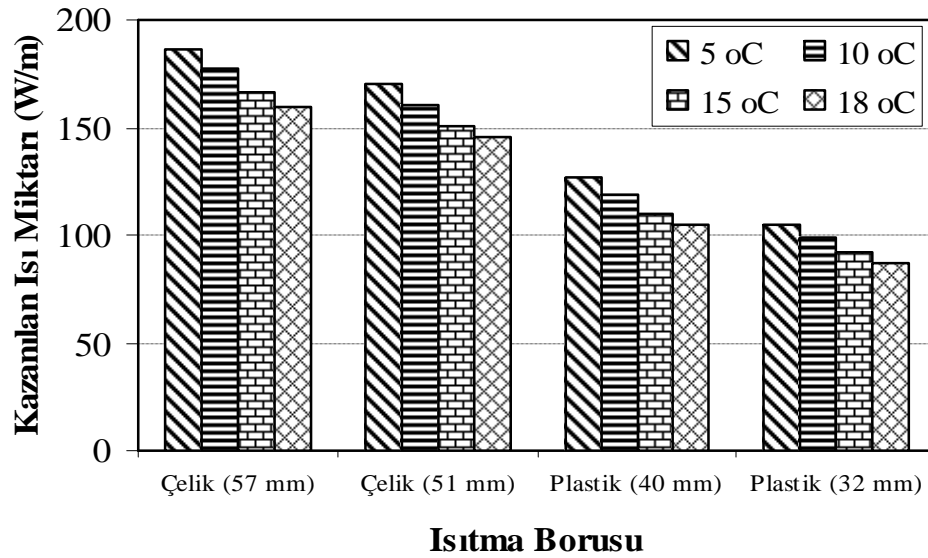
Şekil 4.2. Aydın iklimi koşullarında plastik seralar için ısı gereksinimi değişimi

Aydın iklimi koşullarında PE plastik seralarda ısı gereksiniminin değişimini belirten Şekil 4.1 ve 4.2'deki grafikler incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

- 1) Isı gereksinimi, dış ortam sıcaklığının azalmasına bağlı olarak artar.
- 2) Isı gereksinimi, serada istenilen sıcaklık artışına bağlı olarak artar.
- 3) Isı perdeli seralarda ısı gereksinimi, perde kullanılmayan seralara kıyasla daha azdır.
- 4) Isı perdeleri, perde malzemesinin ışınım özelliklerine bağlı olarak ısı korunumu sağlar.

4.4. Isıtma Borularından Isı Transferi

Isıtma borularından sera iç ortam havasına transfer edilen ısı miktarı; boru yüzey alanı, ısıtma borusundan sera iç ortamına toplam ısı transferi katsayısı, sera iç ortam sıcaklığı ve ısıtma borusu sıcaklığına bağlı olarak hesaplanmıştır. Sıcak sulu ısıtma sistemlerinde ısı değiştirici olarak kullanılan çelik ve plastik ısıtma borularının birim uzunluğundan sera iç ortam havasına transfer edilen ısı miktarının, boru çapı ve iç ortam sıcaklığına bağlı olarak değişimi Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Isıtma borularından ısı transferi

Şekil 4.3'den de izlenebileceği gibi, ısıtma borularından sera iç ortamına transfer edilen ısı miktarı, sera iç ortam sıcaklığının artışı ve boru çapının azalmasına bağlı olarak azalmıştır. Seralarda ısı değiştirici olarak yaygın bir şekilde kullanılan, 57 mm çapındaki çelik borunun birim uzunluğundan sera ortamına transfer edilen ısı miktarı, 5°C iç ortam sıcaklığında 186.3 W iken, iç ortam sıcaklığının 18 °C'ye yükselmesi durumunda, 159.8 W değerine azalmıştır. Plastik ısıtma borularında da benzer durum belirlenmiştir. Çapı 40 mm olan plastik borunun birim uzunluğundan sera ortamına transfer edilen ısı miktarı, 5°C iç ortam sıcaklığında 126.8 W iken, sıcaklığın 18 °C'ye yükselmesi durumunda, 105.1 W değerine azalmıştır.

4.5. Isıtma Borusu Uzunluğu

Plastik seralarda ısı gereksinimini karşılamak için, ısı değiştirici olarak kullanılması gereken çelik ve plastik ısıtma borusu uzunlukları Çizelge 4.3-4.8'de verilmiştir. Sera taban alanının 1000 m², dış ortam sıcaklığının 0 °C ve sera iç ortam sıcaklığının 15 °C olması koşulunda; ısı değiştirici olarak PE plastik sera için yaklaşık 764 m (Çizelge 4.3), PE ısı perdeli plastik serada 573 m (Çizelge 4.5), ve polyester ısı perdeli plastik serada 445.6 m (Çizelge 4.7), uzunluğunda 57 mm çapında çelik boru gerekli olduğu hesaplanmıştır.

Isı değiştirici olarak plastik boru kullanılması düşünüldüğünde, dış ortam sıcaklığının -5 °C ve iç ortam sıcaklığının 15 °C olması koşulunda; PE plastik sera için yaklaşık 1539.3 m (Çizelge 4.4), PE ısı perdeli plastik serada 1154.4 m (Çizelge 4.6), ve polyester ısı perdeli plastik serada 897.9 m (Çizelge 4.8) uzunluğunda 40 mm çapında plastik boru gereklidir.

Isıtma borusu uzunluklarına ilişkin Çizelge 4.8–4.13 incelendiğinde, aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilir.

- 1) Isıtma borusu uzunluğu, dış ortam sıcaklığının azalmasına bağlı olarak artar.

- 2) Isıtma borusu uzunluğu, iç ortamda istenilen sıcaklık artışına bağlı olarak artar.
- 3) Isıtma borusu uzunluğu, boru çapının azalmasına bağlı olarak artar.
- 4) Isıtma borusu uzunluğu, sera ısı gereksinimi artışına bağlı olarak artar.

Çizelge 4.3. PE plastik sera için ısıtma borusu uzunluğu

Isıtma Borusu	Dış Ortam Sıcaklığı = 0 °C			
	Isıtma Borusu Uzunluğu (m)			
	İç Ortam Sıcaklığı (°C)			
	5	10	15	18
Çelik (57 mm)	227.0	478.5	763.9	952.5
Çelik (51 mm)	249.0	527.3	840.7	1045
Plastik (40 mm)	333.5	711.3	1154.4	1449
Plastik (32 mm)	401.7	852.6	1382.6	1746

Çizelge 4.4. PE plastik sera için ısıtma borusu uzunluğu

Isıtma Borusu	Dış Ortam Sıcaklığı = - 5 °C			
	Isıtma Borusu Uzunluğu (m)			
	İç Ortam Sıcaklığı (°C)			
	5	10	15	18
Çelik (57 mm)	454.0	717.8	1018.5	1217
Çelik (51 mm)	498.0	791.0	1121.0	1336
Plastik (40 mm)	667.0	1067	1539.3	1851
Plastik (32 mm)	803.4	1278	1843.5	2231

Çizelge 4.5. PE perdeli serada ısıtma borusu uzunluğu

Isıtma Borusu	Dış Ortam Sıcaklığı = 0 °C			
	Isıtma Borusu Uzunluğu (m)			
	İç Ortam Sıcaklığı (°C)			
	5	10	15	18
Çelik (57 mm)	170.2	335.6	572.9	714.4
Çelik (51 mm)	186.7	369.9	630.5	784.1
Plastik (40 mm)	250.1	499.0	865.8	1086
Plastik (32 mm)	301.2	598.1	1036.9	1309

Çizelge 4.6. PE perdeli serada ısıtma borusu uzunluğu

Isıtma Borusu	Dış Ortam Sıcaklığı = -5 °C			
	Isıtma Borusu Uzunluğu (m)			
	İç Ortam Sıcaklığı (°C)			
	5	10	15	18
Çelik (57 mm)	318.5	538.3	763.9	912.8
Çelik (51 mm)	349.4	593.2	840.7	1002
Plastik (40 mm)	467.9	800.2	1154.4	1388
Plastik (32 mm)	563.6	959.2	1382.6	1673

Çizelge 4.7. Polyester perdeli serada ısıtma borusu uzunluğu

Isıtma Borusu	Dış Ortam Sıcaklığı = 0 °C			
	Isıtma Borusu Uzunluğu (m)			
	İç Ortam Sıcaklığı (°C)			
	5	10	15	18
Çelik (57 mm)	132.4	279.1	445.6	555.6
Çelik (51 mm)	145.2	307.6	490.4	609.9
Plastik (40 mm)	194.5	414.9	673.4	845.2
Plastik (32 mm)	234.3	497.3	806.5	1018

Çizelge 4.8. Polyester perdeli serada ısıtma borusu uzunluğu

Isıtma Borusu	Dış Ortam Sıcaklığı = - 5 °C			
	Isıtma Borusu Uzunluğu (m)			
	İç Ortam Sıcaklığı (°C)			
	5	10	15	18
Çelik (57 mm)	264.8	418.7	594.1	710.0
Çelik (51 mm)	290.5	461.4	653.9	779.3
Plastik (40 mm)	389.1	622.4	897.9	1080
Plastik (32 mm)	468.6	746.0	1075.3	1301

4.6. Dolaşım Pompası Debisi

Jeotermal enerji ile ısıtma sistemi için gerekli olan dolaşım pompası debisinin sera tipi ve ortam sıcaklığına bağlı olarak değişimi Çizelge 4.9 ve 4.10'da verilmiştir. Dış ortam sıcaklığının 0 °C ve sera ortamında istenilen sıcaklığın 15 °C olması koşulunda (Çizelge 4.9); dolaşım pompası debisi, PE plastik sera için 6.16 m³/h olmasına karşın, polyester ısı perdeli PE sera için 3.59 m³/h olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte, dış ortam sıcaklığının -5 °C ve sera ortamında istenilen sıcaklığın 15 °C olması koşulunda (Çizelge 4.10); dolaşım pompası debisi, PE plastik sera için 8.21 m³/h olmasına karşın, polyester ısı perdeli PE sera için 4.79 m³/h olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.9. Isıtma sistemi için dolaşım pompası debisi

Sera Tipi	Dış Ortam Sıcaklığı = 0 °C			
	Dolaşım Pompası Debisi (m ³ /h)			
	İç Ortam Sıcaklığı (°C)			
	5	10	15	18
PE Plastik	2.05	4.10	6.16	7.39
PE Plastik+PE Perde	1.54	2.88	4.62	5.54
PE Plastik+Polyester Perde	1.19	2.39	3.59	4.31

Çizelge 4.10. Isıtma sistemi için dolaşım pompası debisi

Sera Tipi	Dış Ortam Sıcaklığı = -5 °C			
	Dolaşım Pompası Debisi (m ³ /h)			
	İç Ortam Sıcaklığı (°C)			
	5	10	15	18
PE Plastik	4.10	6.16	8.21	9.44
PE Plastik+PE Perde	2.88	4.62	6.16	7.08
PE Plastik+Polyester Perde	2.39	3.59	4.79	5.51

Dolaşım pompasına ilişkin belirlenen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- 1) Kazan kapasitesi (kazan ısı yükü) artışına bağlı olarak artar.
- 2) Serada ısı gereksinimi artışına bağlı olarak artar.
- 3) Dış ortam sıcaklığının azalmasına bağlı olarak artar.
- 4) Serada iç ortam sıcaklığının artışına bağlı olarak artar.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Alışlagelen enerji kaynaklarından elde edilen enerji bedellerinin yüksek olması nedeniyle, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından sera ısıtılmasında yararlanılması büyük önem kazanmıştır. Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından olan jeotermal enerjinin sera ısıtılmasında kullanılması ile sera tarımının toplam üretim giderleri içerisinde büyük yer tutan ısıtma giderleri azalacak ve buna bağlı olarak üretim maliyeti azalacaktır. Sera ısıtma amacıyla, düşük sıcaklıktaki ısıtma akışkanlarından etkin ve ekonomik olarak yararlanılabilir. Sera ısıtma uygulamalarında, günümüz enerji varlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek amacıyla fosil enerji kaynakları yerine doğal enerji kaynaklarından yararlanılması öncelikli bir gereksinimdir. Bu nedenle, son yıllarda seralarda jeotermal enerjiyle ısıtma sistemlerinin tasarımına ilişkin araştırma ve geliştirme çalışmaları önem kazanmıştır.

Günlük ortalama dış ortam sıcaklığı 12 °C'den daha düşük ise, seraların özellikle gece dönemlerinde ısıtılması gerekir. Sera ısıtma için eşik değeri olarak 12 °C dikkate alındığında, Aydın ilindeki seraların Aralık ayından Mart ayı sonuna kadar ısıtılması gerekir. Jeotermal enerji kaynaklarının kullanıldığı, düşük-sıcaklıkta ısıtma uygulamalarında, sıcaklık düzeyi 20–60 °C aralığındadır. Aydın ili sınırları içerisinde yer alan jeotermal kaynakların sıcaklık değerleri, sera ısıtma için uygun sıcaklık aralığında yer almaktadır.

Aydın ili iklimi koşullarında dış ortam sıcaklığının –5 °C olması durumunda, seralarda yetiştirilen bir çok bitki türü için yaklaşık olarak uygun bir sıcaklık değeri olan 15 °C iç ortam sıcaklığı için, sera taban alanı başına ısı gereksinimi, PE plastik serada 169.2 W/m², PE sı perdeli PE plastik serada 126.9 W/m² ve 98.7 W/m² olarak belirlenmiştir. PE plastik seraların jeotermal enerjiyle ısıtılması için, ısı değiştirici olarak plastik boru kullanılması düşünüldüğünde, dış ortam sıcaklığının -5 °C ve iç ortam sıcaklığının 15 °C olması koşulunda; PE plastik sera için yaklaşık 1539.3 m,

PE ısı perdeli serada 1154.4 m ve polyester ısı perdeli serada 897.9 m uzunluğunda 40 mm çapında plastik boru gereklidir.

5.2. Öneriler

Sera ısıtma uygulamalarında düşük sıcaklıktaki ısıtma akışkanlarından yararlanabilmek için, ısıtma sistemlerinin geliştirilmesi devam etmektedir. Sera ikliminin tasarımıyla ilgili belirli özelliklerinde aşağıdaki etmenler etkilidir:

- Ø Dünya enerji pazarı
- Ø Yeni geliştirilen örtü malzemeleri
- Ø Sezon dışında üretilen sebze ve süs bitkilerinin fiyatı.

Sera ısıtma sistemlerinin tasarımında iki kural çok önemlidir:

(1) Isıtma sistemi, sera projesinin sadece belirli bir bölümü değildir. Isıtma sisteminin tasarımı, enerjetik özellikte olmayıp, aynı zamanda çok yönlü bir yaklaşımdır. Isıtma sistemi için son karar verilmeden önce; sulama, bitki koruma ve tasarım konularında deneyimli yetiştirici ve uzman kişilere danışılmalıdır. Birçok durumda, danışmayla kazanılan bilgiler doğrultusunda, tasarımcının başlangıçtaki yaklaşımı değişir.

(2) Isıtma sistemi, sadece tasarım ve düzenleme açısından enerji ağırlıklı bir sorun değildir. Isıtma sisteminin işletilmesi de enerji ağırlıklı bir özellik taşır. Üreticilerin yeni ve ileri teknoloji ile üretilen sistemleri kullanmaları ve bu sistemlerin yaygınlaşması kolay olamamaktadır. Genellikle sadece basit ve bilinen sistemler yaygın olarak tercih edilir. Isıtma sistemi seçimine ilişkin son karar verilmeden önce; bölgesel durumun ve ısıtma sistemini kullanacak olan kişilerin bilgi düzeylerinin araştırılması gerekir. Her sistemin iyileştirilmesi ve yeni çözümlerin geliştirilmesi gereklidir. Sonuç olarak, çok yönlü ve universal ısıtma sistemlerinin olmadığı bilinmelidir. Yetiştirilecek ürünün belirli iklimsel gereksinimlerine uygun sistemlerin seçilmesi gerekir. Pazar koşullarının zamanla değişimi de dikkate alınarak, tasarımı geliştirebilecek ve mevcut koşullara uygulayabilecek sistemlerin seçilmesi gerekir. Bu durum pazar koşullarının kararlı

olmadığı ve açıkta yetiştirilen ürünlerle rekabet koşullarının zor olduğu ülkeler için özellikle önemlidir.

Seralarda ısıtma sistemlerinin kombine halde kullanılması, ılımlı ve soğuk bölgelerde gündeme gelmektedir. Isıtma sistemlerinin kombine olarak kullanılmasında iki etmen etkilidir:

- (1) Seranın kısa süre oluşan aşırı ısı gereksinimlerini ucuz bir şekilde karşılayabilmek için gerekli yatırım giderlerini azaltmak ve
- (2) Dış ortam iklim koşullarının uygun olmadığı dönemlerde, soğuk havanın olumsuz etkilerini önlemek.

Belirtilen bu iki etmenin, özellikle pahalı ve iyi donanımlı seralarda özenle dikkate alınması gerekir. Isıtma sistemlerinin kombine durumda tasarlanmasında dikkate alınması gereken bazı etmenler vardır:

(1) Toprak ısıtma ve su ısıtma sistemleri sadece asıl ısıtma sistemi olarak dikkate alınmalıdır. Toprak ve su ısıtma sistemleri, dış ortam iklimindeki kısa süreli değişimlere karşı hızlı bir şekilde tepki veremez. Bu durum, belirli bir sıcaklık düzenlemesinin gerekli olduğu yerlerde, bu tip ısıtma sistemlerinin tek bir ısıtma tesisatı olarak çözüm sağlayamamasının başlıca nedenidir.

(2) Fan yardımıyla çalışan konvektörlü hava ısıtma sistemleri, aşırı ısı yüklerinin karşılanması için uygundur. Bu tip ısıtma sistemleri, kısa süreli sıcaklık değişimlerine karşı iyi ve hızlı tepki verirler. Isıtma sistemi çalışmadığında, sera içerisindeki sıcaklık hızlı bir şekilde azalmaya başlar. Bu tip ısıtma sistemleri, ılıman iklimlerde geçici olarak ısıtma gereken seralarda asıl ısıtma sistemi olarak kullanılabilir.

(3) Hava ısıtma sistemleri ilke olarak, serada asıl ısıtma sistemi olarak uygun bir çözüm değildir. Bu tip sistemler, bir önceki iki sistemle kombine halde kullanılmalıdır. Hava ısıtma sistemlerinin kombine olarak kullanımında, aşırı veya asıl ısı yüklerini karşılamak amacıyla tasarlanmasına özel önem verilmelidir.

Seralarda jeotermal enerjiyle ısıtma uygulamalarına ilişkin aşağıdaki öneriler geliştirilebilir:

- 1) Isıtma uygulamalarında sıcaklık derecesi, teknik donanım ve yetiştiricilik açısından önemlidir.

- 2) Isıtma sistemlerinde ucuz ve etkinliği yüksek ısı değiştirici kullanılmalıdır.
- 3) Isı değiştiriciler, serada yetiştirilen ürüne zarar vermeden, bitki sıralarına yakın olarak yerleştirilebilmelidir.
- 4) Bitki yaprak sıcaklığının artmasına olanak sağlamak için, geniş ısıtma yüzeyleri kullanılmalıdır. Bitki yaprak sıcaklığının yüksek olması durumunda, mantar ve bakterilerin ürüne zarar verme olasılığı azalır.
- 5) Yetiştirilen bitkilerin doğrudan kök bölgesini ısıtma olanağı araştırılmalıdır.
- 6) Isıtma akışkanı ile ısıtılan hava arasındaki sıcaklık farkının çok az olması durumunda, ısı geçişi katsayısı da çok düşük bir değerde gerçekleşir. Bu durumda, ısı değiştirici yüzey alanının artırılmasına gereksinim vardır.
- 7) Isı değiştirici yüzey alanının artması, aşağıdaki olumsuzluklara neden olur:
 - Ø Yatırım maliyeti yükselir ve toprakta yapılan üretim işlemleri engellenir.
 - Ø Büyük ısı değiştiricilerin ısı direnci de yüksek olduğundan, iç ortamda yeterince hızlı ve kararlı sıcaklık kontrolü sağlanamayabilir.
 - Ø Seranın aydınlanma koşulları kötüleşebilir.

Jeotermal uygulamalarda karşılaşılan korozyon ve kabuklaşma sorunlarının önlenmesi, projenin sürekliliği için çok önemlidir. Korozyon türlerinin önlenmesi için uygulanacak yöntemler, jeotermal bölgenin kendine özgü özelliklerine bağlı olarak belirlenmelidir. Jeotermal akışkanın kimyasal içeriğinin bilinmesi, bu ortamlarda kullanılacak malzemelerin nasıl davranış göstereceklerinin belirlenmesi bakımından çok önemlidir. Bu nedenle, jeotermal kaynaklar işletilmeye başlatılmadan önce kimyasal analizlerinin yapılması, kullanılacak malzemelerin seçimi ve uygulamanın uzun ömürlü olması bakımından önemlidir.

KAYNAKLAR

- ADARO, J.A., GALIMBERTI, P.D., LEMA, A.I., FASULO, A., BARRAL, J.R. 1999. Geothermal contribution to greenhouse heating. Applied Energy, Volume 64, Issues 1-4, 1 September 1999, Pages 241-249.
- ANONİM, 2005. <http://www.jeotermaldernegi.org.tr/>
- BAKOS, G.C., FIDANIDIS, D., TSAGAS, N.F. 1999. Greenhouse heating using geothermal energy. Geothermics, Volume 28, Issue 6, December 1999, Pages 759-765.
- BAŞÇETİNÇELİK, A., ÖZTÜRK, H.H., ÇAYLAKLI, R. 1994. Jeotermal enerji ile sera ısıtma ekonomisi. Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu 94 Bildiri Metinleri: 425-433, 27-30 Eylül 1994, DENİZLİ.
- _____, ÖZTÜRK, H.H. 1996. Seralarda Isıtma: Enerji Koruma ve Yenilenebilir Enerjiler. Temav Yayınları: 1, S (217), T.C. Ziraat Bankası Matbaası, ANAKARA, 1996, ISBN 975-94860-0-8.
- _____, ÖZTÜRK, H.H. 1997. Jeotermal enerjiyle sera ısıtmada karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri. 2. Seracılık Sempozyumu, 31 Mayıs-01 Haziran 1997, Simav-KÜTAHYA.
- CEREPNALKOVSKI, I., PETROVSKI, I., SAREVSKI, M. 1991. The geothermal sources in Sr Macedonia and systems for optimal heat usage from geothermal waters. Direct Application of Geothermal Energy: 28.3-28-16.
- ÇAĞLAR, İ., TÜRK, E., AKOĞLU, A.M. 2005. <http://www.geop.itu.edu.tr/~jeotermal/index1.html>
- ERDOGMUS, B., TOKSOY, M., OZERDEM, B., AKSOY, N. 2006. Economic assessment of geothermal district heating systems: a case study of Balcova-Narlıdere, Turkey. Energy and Buildings.
- HOLLMAN, J.P. 1992. Heat Transfer. McGraw-Hill Metric Editions, Mechanical Engineering Series.
- <http://www.aydin.gov.tr>. (Erişim tarihi: 3 Ağustos 2010)

- HURD, R.G. 1989. The CEC's support for research related activities on energy saving in greenhouses. *Acta Horticulturae* 245.
- GHOSAL, M.K., TIWARI, G.N. 2004. Mathematical modeling for greenhouse heating by using thermal curtain and geothermal energy. *Solar Energy*, Volume 76, Issue 5, 2004, Pages 603-613.
- KARYTSAS, C., MENDRİNOS, D., GOLDBRUNNER, J. 2003. Low enthalpy geothermal energy utilisation schemes for greenhouse and district heating at Traianoupolis Evros, Greece. *Geothermics*, Volume 32, Issue 1, February 2003, Pages 69-78.
- KILIÇ, N. 1998. Dünyada ve Türkiye'de Enerji Sektörüne Bakış ve Jeotermal Enerji Potansiyelinin İrdelenmesi. İzmir Ticaret Odası Yayın No: 56, İZMİR.
- KONDILI, E., KALDELLIS J.K. 2006. Optimal design of geothermal-solar greenhouses for the minimisation of fossil fuel consumption. *Applied Thermal Engineering*, Volume 26, Issues 8-9, June 2006, Pages 905-915.
- ÖZGENER, Ö., KOÇER, G. 2004. Geothermal heating applications. *Energy Sources* 26(4):353-360.
- ÖZİŞİK, M.N. 1989. Heat Transfer: A Basic Approach. McGRAW-HILL International Editions. Mechanical Engineering Series, P (780).
- ÖZTÜRK, H.H., BAŞÇETİNÇELİK, A. 2002. Seralarda Havalandırma. Türkiye Ziraat Odaları Birliği Yayınları, No: 227, ISBN: 975-8629-15-8, Ankara.
- _____. BAŞÇETİNÇELİK, A. 2003a. Effect of thermal screen on the overall heat loss coefficient in plastic tunnel greenhouses. *Turk. J. Agric. For.* 27: 123-134.
- _____. 2004. Jeotermal enerjiyle sera ısıtma sistemleri için tasarım değişkenlerinin belirlenmesi. V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı Cilt I: 397-407, 26-28 Mayıs 2004, İSTANBUL.
- _____. BAŞÇETİNÇELİK, A., KARACA, C. 2004. Jeotermal enerjiyle sera ısıtma sistemleri. V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı Cilt I: 419-428, 26-28 Mayıs 2004, İSTANBUL.
- _____. 2006. Seracılıkta Jeotermal Enerji Kullanımı. Türkiye Ziraat Odaları Birliği Yayın No: 259, S (394), ISBN: 975-8629-46-8.

- _____. 2008. Sera İklimlendirme Tekniği. Hasad Yayıncılık, Ümraniye/ANKARA, ISBN 978-975-8377-64-0.
- PAKSOY, H.Ö., DEMİREL, Y., BAŞÇETİNÇELİK, A., ÖZTÜRK, H.H. 1994. Jeotermal uygulamalarda kabuklaşma ve korozyon sorunları ve alınacak önlemler. Jeotermal Uygulamalar Simpozyumu Bildiri Kitabı: 86-94, DENİZLİ.
- POPOVSKI, C. 1987. Economy of geothermal energy use in agriculture. FAO/CNRE Workshop on Geothermal Energy Use in Agriculture, Skopje.
- POPOVSKI, K. 1990. Low temperature installations for greenhouse heating. Direct Application of Geothermal Energy: 18.1–18-28.
- RAFFERTY, K. 1986. Some consideration for the heating of greenhouses with geothermal energy. Geothermics 15(2): 227-244.
- SANTAMOURIS, M.I. 1993. Active solar agricultural greenhouses. the state of art. Solar Energy 14: 19-32.
- SAVAŞ, Y., BAŞÇETİNÇELİK, A., ÖZTÜRK, H.H. 1997. Kırşehir Yöresindeki Jeotermal Kaynaklardan Sera Isıtmada Yararlanma Olanakları. 2. Seracılık Sempozyumu, 31 Mayıs-01 Haziran 1997, Simav-KÜTAHYA.
- SERPEN, Ü. 2006. Jeotermal enerjinin dünyada, Türkiye’de durumu ve İstanbul Teknik Üniversite’sindeki Çalışmalar. İTÜ Enerji Çalıştay ve Sergisi 22-23 Haziran 2006.
- ŞİMŞEK, Ş., YILMAZER, S. 1977. Nazilli-Kuyucak-Yenice (Karasu) alanının jeolojisi ve jeotermal olanakları: MTA Der. Rap. No: 6390, 48 s., (yayımlanmamış), ANKARA.
- _____. KARAMANDERESİ, I. H., YILMAZER, S., EŞDER, T., ERIŞEN, B., KESKİN, B., ÖNGÜR, T., YÜKSEL, V., SULUDERE, Y., KASTELLI, M., ÖZBAYRAK, H., UĞURLU, A., ŞİMŞEK, Z., SARIIZ, K., UYSALLI, H., UYGUR, N. VE COŞKUN, B. 1979. Aydın-Denizli jeotermal alanları, MTA Arşiv No: 37077.

- _____. 1984, Denizli-Kızıldere-Tekkehamamı-Tosunlar-Buldan-Yenice alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları: MTA Der. Rap. No: 7846, 86 s., (yayımlanmamış), ANKARA.
- _____. 1988. Aydın-Germencik-Ömerbeyli jeotermal alanının ön fizibilite raporu. MTA Der. Rap. No: 8451, (yayımlanmamış), ANKARA.
- TAL, I. SEGAL, R. REGEV, A. STEINFELD, S. COHEN, I. ZER. 1987. Design procedure for a greenhouse space heating system utilizing geothermal warm water. Energy in Agriculture, Volume 6, Issue 1, May 1987, Pages 27-34.
- TOKA, B. 2005. [http://www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/raporlar/Jeotermal Enerji.pdf](http://www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/raporlar/JeotermalEnerji.pdf).
- TÜZEL, Y., GÜL, A., DAŞGAN, H.Y., ÖZGÜR, M., ÖZÇELİK, N., BOYACI, H.F., ERSOY, A. 2005. Örtü altı yetiştiriciliğinde gelişmeler. <http://www.zmo.org.tr/etkinlikler/6tk05/028ertyazgan.pdf>
- YILMAZER, S.; AÇIKGÖZ, S.; AYDOĞDU, Ö.; ÖZGÜR, R. VE YILDIRIM, N. 1988. Davutlar-Kuşadası (Aydın) yöresinin jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları.
- ZABELTITZ, C.V. 1988. Solar Energy. Energy Conservation and Renewable Energies for Greenhouse Heating (Edited by: C.V. ZABELTITZ), FAO-Reur Technical Series 3: 122-128.

ÖZGEÇMİŞ

01/06/1982 yılında Mardin’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Mardin’de tamamladı. 1999 yılında başladığı Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Teknolojisi Bölümü’nden 2003 yılında mezun oldu 2007 yılında Aydın Tarım İl Müdürlüğü, Koçarlı İlçe Tarım Müdürlüğünde işe başladı ve aynı yıl Çukurova Üniversitesi, Fenbilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı. 2009 yılında Mardin Tarım İl Müdürlüğü Kontrol Şubesinde teknik personel olarak göreve başladı. Halen aynı yerde Ziraat Mühendisi olarak çalışmakta.