



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GİZLİ ISI DEPOLAMALI GÜNEŞ ENERJİLİ ISITICI ANALİZİ

Bihter ARABACIGİL

Prof. Dr. Atakan AVCI

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2011
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Bihter ARABACIGİL tarafından hazırlanan “ Gizli ısı depolamalı güneş enerjili ısıtıcı analizi ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEKLİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Atakan AVCI

Başkan: Prof. Dr. Atakan AVCI

İmza

Üye : Prof. Dr. Muhiddin CAN

İmza

Üye : Doç. Dr. İhsan KARAMANGİL
(U.Ü. Otomotiv Mühendisliği)

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Kadri ARSLAN

Enstitü Müdürü

/ /2011

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara - - uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

27/07/2011

Bihter ARABACIGİL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GİZLİ ISI DEPOLAMALI GÜNEŞ ENERJİLİ ISITICI ANALİZİ

Bihter ARABACIGİL

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Atakan AVCI

Fosil yakıtların sınırlı olması ve enerji tüketiminde arz ve talep arasındaki dengesizliğin giderek artması nedeniyle alternatif enerji kaynaklarına yönelmek bir zorunluluk haline gelmiştir.

Bu tez çalışmasında iki farklı modelde güneş ocağı imal edilmiştir. Güneş ocaklarında Bursa iklim koşullarında deneyler yapılmış ve ocak içi sıcaklıkları, enerji depolamada kullanılan parafinin sıcaklığı ölçülmüş ve karşılaştırmaları yapılmıştır. Farklı yansıtıcı açılarındaki performansı denenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gizli ısı depolama, Güneş Ocağı, Faz Değişim Maddeleri

2011, xii+225 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

ANALYSIS OF LATENT HEAT STORAGE TO SOLAR HEATER

Bihter ARABACIGİL

Uludag University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Atakan AVCI

Fossil fuels are limited and gradual increase in energy consumption due to the imbalance between supply and demand, turn to alternative sources of energy has become a necessity.

In this study solar cooker is made of two different models. Solar cookers made of experiments in climatic conditions in Bursa temperatures, the temperature was measured and comparisons made of wax used for energy storage. Tested the performance of different reflective angles.

Key Words: Latent Energy Storage, Solar Cooker, Phase Change Materials
2011, xii+225 pages

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın belirlenmesi ve gerçekleştirilmesinde bana her türlü desteği veren, bilimsel yaklaşımıyla yol gösteren Sayın Prof. Dr. Atakan AVCI' ya minnet ve şükranlarımı sunarım. Ayrıca çalışmam sırasında bana teknik ekipman desteği sağlayan Sayın Prof. Dr. Muhsin KILIÇ' a teşekkür ederim.

Tüm bu çalışma sırasında bana yardımcı olan araştırma görevlisi arkadaşlarım Nurullah Arslanoğlu ve Mustafa Mutlu' ya, imal aşamasında büyük katkıları geçen Nuri Körüstan ve çalışma arkadaşlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, çalışmalarımın biteceği günü büyük bir özveri ile bekleyen, bu sürede benden manevi desteğini esirgemeyen aileme saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bihter Arabacıgil
27/07/2011

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER	3
2.1. Güneş Enerjisi	3
2.1.1. Güneş enerjisi dönüşümleri.....	3
2.1.2. Güneş enerjisinin kullanım alanları.....	5
2.1.3. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli	5
2.1.4. Kullanım alanları ve güneş teknolojisinin boyutları	7
2.1.5. Güneş Enerjisi'nin Diğer Enerji Türlerine Göre Avantaj ve Dezavantajları.....	8
2.2. Güneş Enerjisi Uygulamaları	9
2.2.1. Güneş enerjili pişirici tasarımı	12
2.3. Güneş Enerjisi Depolama	25
2.3.1. Güneş enerjisi depolama yöntemleri	25
2.3.2. Isı depolama yöntemlerinin karşılaştırılması	65
2.4. Enerji Depolamalı Güneş Ocakları	72
2.4.1. Duyulur ısı depolamalı güneş ocakları.....	73
2.4.2. Gizli enerji depolamalı güneş ocakları.....	75
2.5. Güneş Ocaklarının Matematik Modellenmesi	76
2.6. Deneysel Çalışmalarda Hata Analizi	83
2.7. Gizli Enerji Depolama Çalışmaları	85
3. MATERYEL VE YÖNTEM	87
3.1. Modelleri Oluşturan Parçalar	88
3.2. Üretim Aşamaları	91
4. BULGULAR	96
4.1. Üst Yüzeyin Yalıtımsız Olduğu Ölçümler	96
4.1.1. 17 haziran 2011 ölçümleri.....	96
4.1.2. 18 haziran 2011 ölçümleri.....	100
4.1.3. 19 haziran 2011 ölçümleri.....	104
4.1.4. 20 haziran 2011 ölçümleri.....	108
4.1.5. Genel değerlendirme	129

4.2. Üst Yüzeyin Yalıtımlı Olduğu Ölçümler.....	131
4.2.1. 22 haziran 2011 ölçümleri.....	131
4.2.2. 23 haziran 2011 ölçümleri.....	136
4.2.3. 24 haziran 2011 ölçümleri.....	140
4.2.4. 25 haziran 2011 ölçümleri.....	144
4.2.5. 26 haziran 2011 ölçümleri.....	148
4.2.6. Genel değerlendirme	152
4.3. Yansıtıcı Açısı 30 °C Olan Ölçümler	154
4.3.1. 29 haziran 2011 ölçümleri.....	154
4.3.2. 30 haziran 2011 ölçümleri.....	158
4.3.4. 1 temmuz 2011 ölçümleri.....	162
4.4. Yansıtıcı Açısı 60 °C Olan ölçümler	166
4.4.1. 3 temmuz 2011 ölçümleri.....	166
4.4.2. 4 temmuz 2011 ölçümleri.....	170
4.4.3. 5 temmuz 2011 ölçümleri.....	174
4.5. Yansıtıcı Açısı 45 °C Olan ölçümler	182
4.5.1. 8 temmuz 2011 ölçümleri.....	182
4.5.2. 9 temmuz 2011 ölçümleri.....	187
4.5.3. 10 temmuz 2011 ölçümleri.....	190
4.5.4. 11 temmuz 2011 ölçümleri.....	194
4.5.5. Genel değerlendirme	199
4.6. Yansıtıcı açısı 30° olan güneş ocaklarındaki uygulamalar	201
4.6.1. 14 Temmuz 2011 ölçümleri	201
4.6.2. 16 Temmuz 2011 ölçümleri	205
4.6.3. 17 Temmuz 2011 ölçümleri	209
4.6.4. 18 Temmuz 2011 ölçümleri	213
4.7. Maliyet Analizi.....	217
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	219
KAYNAKÇA	222
ÖZGEÇMİŞ	225

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklamalar
A	Alan
c_p	Özgül ısı
E	Enerji
f	Eriyik sıvı kesri
H	Hacimsel Entalpi
h	Duyulur hacimsel entalpi
I	Güneş ışınımı
k_k	FDM' de faz k' daki ısı iletkenlik
L	Uzunluk
m	Kütle
T	Sıcaklık
t	Zaman
Q	Isı
V	Hacim
x	Koordinat
y	Koordinat
η	Etkinlik
Ξ	Ekserji
Ψ	Ekserji Etkinliği
ρ	Yoğunluk
λ	Ergime gizli ısı
α	FDM' nin ısı yayılması
α_f	Kanat malzemesinin ısı yayılması

Kısaltmalar	Açıklamalar
C	Santigrat
cm	Santimetre
dm	Desimetre
FDM	Faz depolama malzemesi
g	Gram
h	Saat
J	Joule
K	Kelvin
kW	Kilowatt
kg	Kilogram
kJ	Kilojoule
lt	Litre
MJ	Megajoule
MW	Megawatt
m	Metre
mm	Milimetre
s	Saniye
SWG	Standard Wire Gauge
W	Watt

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1 Türkiye'nin Güneş Enerji Potansiyeli.....	6
Şekil 2 Kutu Tipi Güneş Enerjili Pişiricinin Bileşenleri	16
Şekil 3 Isı Depolama Yöntemleri	28
Şekil 4 Duyulur Isı Depolama Sistemlerinin Başlıca Elemanları	34
Şekil 5 Sıvı ve Katılarda Birlikte Duyulur Isı Depolama.....	38
Şekil 6 FDM Depolama Üniteleri	45
Şekil 7 Gizli Isı Depolama Sistemlerinin Tasarımı İçin Akış Diyagramı	46
Şekil 8 Faz Değiştiren Isı Depolama Maddelerinin Sınıflandırılması	48
Şekil 9 Termokimyasal Yöntemle Isı Depolama Sistemlerinin Tasarımı	62
Şekil 10 Kutu Tipi Güneş Ocaklarında Duyulur Isı Depolama	73
Şekil 11 Gizli Isı Depolamalı Kutu Tipi Güneş Ocakları	75
Şekil 12 İki Boyutlu Modelleme	78
Şekil 13 Farklı Konteynır Malzemelerinde 300 Dakika Süresince FDM'nin Ergime Yüzdesi ..	80
Şekil 14 Bakır Malzemede FDM'lerin Zamana Bağlı Erime Yüzdeleri.....	80
Şekil 15 Asetamid'in Farklı Konteynır Malzemelerinde 60 Dakikadaki Erime Yüzdesi	81
Şekil 16 Farklı Kalınlıklardaki Konteynır Malzemelerinde 300 Dakikada FDM'nin Erime Yüzdesi	81
Şekil 17 Farklı Kalınlıklardaki Bakır Malzemede Asetamid'in Erime Yüzdesi.....	82
Şekil 18 Farklı Sıcaklık Farklarındaki Konteynır Malzemelerinde 300 Dakikada FDM'lerin Erime Yüzdeleri.....	82
Şekil 19 Farklı Sıcaklık Farklarında Bakır Malzemede Asetamid'in Erime Yüzdesi.....	83
Şekil 20 Domanski ve arkadaşlarının çalışmalarından esinlenerek hazırlanmış olduğumuz model	87
Şekil 21 Maria Telkes' in çalışmasından esinlenerek hazırladığımız model	88
Şekil 22 İlk model alüminyum iç tabaka.....	88
Şekil 23 İkinci model alüminyum iç tabaka.....	89
Şekil 24 modellerde kullanılan saydam cam kapak	89
Şekil 25 Modellerde kullanılan ahşap dış yüzey	90
Şekil 26 Yansıtıcı kanatlar	90
Şekil 27 Parçaların büküm işleminin gerçekleştirilmesi	91
Şekil 28 Büküm işlemi tamamlandıktan sonraki görünüm	92
Şekil 29 Kaynak işlemi	92
Şekil 30 Nokta kaynak işleminin bitmiş hali	93
Şekil 31 Kaynak işleminin bitmiş hali	93
Şekil 32 Parafin ve talaş parçalarının doldurulması.....	94
Şekil 33 Ahşap dış tabakanın hazırlanmış şekli	94
Şekil 34 Cam yün ile yalıtım işleminin yapılması	95
Şekil 35 Modelin bitmiş hali.....	95
Şekil 36 17 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı	97
Şekil 37 17 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı.....	98
Şekil 38 17 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	99
Şekil 39 17 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	100
Şekil 40 18 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı	101
Şekil 41 18 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı	102
Şekil 42 18 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	103
Şekil 43 18 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	104
Şekil 44 19 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı	105
Şekil 45 19 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı.....	106
Şekil 46 19 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	107

Şekil 47	19 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	108
Şekil 48	20 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı	109
Şekil 49	20 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı	110
Şekil 50	20 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	111
Şekil 51	20 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	112
Şekil 52	17-18-19-20 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı	129
Şekil 53	17-18-19-20 Haziran 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı	130
Şekil 54	17-18-19-20 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	130
Şekil 55	17-18-19-20 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	131
Şekil 56	22 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı	133
Şekil 57	22 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı	134
Şekil 58	22 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	135
Şekil 59	22 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	136
Şekil 60	23 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı	137
Şekil 61	23 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı	138
Şekil 62	23 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	139
Şekil 63	23 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	140
Şekil 64	24 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı	141
Şekil 65	24 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı	142
Şekil 66	24 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	143
Şekil 67	24 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	144
Şekil 68	25 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı	145
Şekil 69	25 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı	146
Şekil 70	25 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	147
Şekil 71	25 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	148
Şekil 72	26 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı	149
Şekil 73	26 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı	150
Şekil 74	26 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	151
Şekil 75	26 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	151
Şekil 76	22-23-24-25-26 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı	152
Şekil 77	22-23-24-25-26 Haziran 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı	152
Şekil 78	22-23-24-25-26 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	153
Şekil 79	22-23-24-25-26 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	154
Şekil 80	29 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı	155
Şekil 81	29 Haziran 2011 Ölçümleri- Kare Profilli Güneş Ocağı	156
Şekil 82	29 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	157
Şekil 83	29 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	158
Şekil 84	30 Haziran 2011 Ölçümleri – Dairesel Profilli Güneş Ocağı	159
Şekil 85	30 Haziran 2011 Ölçümleri – Kare Profilli Güneş Ocağı	160
Şekil 86	30 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	161
Şekil 87	30 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	162
Şekil 88	1 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı	163
Şekil 89	1 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı	164
Şekil 90	1 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	165
Şekil 91	1 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	166
Şekil 92	3 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı	167
Şekil 93	3 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı	168
Şekil 94	3 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	169
Şekil 95	3 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	170
Şekil 96	4 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı	171
Şekil 97	4 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı	172
Şekil 98	4 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	173
Şekil 99	4 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması	174

Şekil 100	5 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı.....	175
Şekil 101	5 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı.....	176
Şekil 102	5 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	177
Şekil 103	5 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	178
Şekil 104	6 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı.....	179
Şekil 105	6 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı.....	180
Şekil 106	6 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	181
Şekil 107	6 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	182
Şekil 108	8 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı.....	183
Şekil 109	8 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı.....	184
Şekil 110	8 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	185
Şekil 111	8 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	186
Şekil 112	9 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı.....	188
Şekil 113	9 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı.....	188
Şekil 114	9 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	189
Şekil 115	9 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	190
Şekil 116	10 Temmuz 2011 Ölçümleri – Dairesel profilli güneş ocağı.....	191
Şekil 117	10 Temmuz 2011 Ölçümleri – Kare profilli güneş ocağı.....	192
Şekil 118	10 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	193
Şekil 119	10 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	194
Şekil 120	11 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı.....	195
Şekil 121	11 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı.....	196
Şekil 122	11 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	197
Şekil 123	11 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	198
Şekil 124	Yansıtıcı dairesel profilli güneş ocağı.....	199
Şekil 125	Yansıtıcı kare profilli güneş ocağı.....	199
Şekil 126	Yansıtıcı güneş ocaklarının alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	200
Şekil 127	Yansıtıcı güneş ocaklarının yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	201
Şekil 128	14 Temmuz 2011 Ölçümleri – Dairesel profilli güneş ocağı.....	202
Şekil 129	14 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı.....	203
Şekil 130	14 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	204
Şekil 131	14 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	205
Şekil 132	16 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı.....	206
Şekil 133	16 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı.....	207
Şekil 134	16 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	208
Şekil 135	16 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	209
Şekil 136	17 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı.....	210
Şekil 137	17 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı.....	211
Şekil 138	17 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	212
Şekil 139	17 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	213
Şekil 140	18 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı.....	214
Şekil 141	18 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı.....	215
Şekil 142	18 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	216
Şekil 143	18 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	217

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1	Güneş Enerjisi Dönüşümleri	3
Çizelge 2	Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelleri.....	7
Çizelge 3	Güneş Enerjili Pişiricinin Kutu Çerçevesi İçin Tasarım Malzemesinin Seçimi	17
Çizelge 4	Güneş Enerjili Pişiriciler İçin Uluslar arası Standart Test Yöntemi	24
Çizelge 5	Isı Depolama Sisteminin Özellikleri ve Tasarım Etmenleri	27
Çizelge 6	Duyulur Isı Depolama İçin Bazı Sıvı Materyallerin Termofiziksel Özellikleri.....	31
Çizelge 7	Duyulur Isı Depolama Maddelerinden Bazılarının Özellikleri.....	32
Çizelge 8	Katılarda Isı Depolamanın Üstünlükleri ve Olumsuzlukları.....	35
Çizelge 9	Duyulur Isı Depolamak İçin Kullanılan Bazı Katıların Termofiziksel Özellikleri.....	36
Çizelge 10	Isı Depolama Sistemlerinin Uygulanabilirliği ve Etkinliği.....	39
Çizelge 11	Dolgulu Yatakta Isı Depolamanın Üstünlükleri ve Olumsuzlukları.....	40
Çizelge 12	Güneşle Ortam Isıtma ve Sıcak Su Üretimi Uygulamaları İçin Farklı Depolama Tekniklerinin Karşılaştırılması	42
Çizelge 13	Farklı Tipteki Isıl Depolama Tekniklerinin Isı Transferi Özellikleri ve Ömürlerinin Karşılaştırılması	44
Çizelge 14	FDM Seçiminde Dikkate Alınan Değişik Ölçütler	49
Çizelge 15	Enerji Depolamada En Çok Kullanılan Tuz Hidratlar	50
Çizelge 16	İnorganik Tuz Hidratları ve Fiziksel Özellikleri	51
Çizelge 17	İnorganik Tuz Hidratlarda Kullanılan Bazı Koyulaştırıcı Maddeler	53
Çizelge 18	İnorganik Tuz Hidratların Kullanımındaki Çekirdeklenme Maddeleri	53
Çizelge 19	Teknik Saflıktaki Bazı Parafin Mumlarının Termofiziksel Özellikleri	55
Çizelge 20	Bazı Parafinlerin Termofiziksel Özellikleri.....	56
Çizelge 21	Bazı Yağ Asitleri ve Termofiziksel Özellikleri	57
Çizelge 22	Bazı Organik ve İnorganik Ötektik Karışımlar.....	58
Çizelge 23	Yapı Maddelerinin Faz Dönüşüm Malzemeleriyle Gösterdiği Uyum	59
Çizelge 24	Gizli Isı Depolama Sistemlerinin Etkinliği ve Tasarım Etmenleri	61
Çizelge 25	Su ve Taşın Yoğunluk ve Isı Kapasitesi	65
Çizelge 26	Su ve Glauber Tuzunun Isı Depolama Kapasitesi	66
Çizelge 27	Duyulur ve Gizli Isı Depolama Materyallerinin Karşılaştırılması	66
Çizelge 28	Isı Depolama Materyallerinin Karşılaştırılması.....	67
Çizelge 29	Duyulur ve Gizli Isı Depolama Yöntemlerinin Karşılaştırılması	69
Çizelge 30	Farklı Isı Depolama Yöntemleri Arasındaki Temel Farklar	71
Çizelge 31	Isı Depolama Yöntemlerinin Karşılaştırılması	72
Çizelge 32	Kutu Tipi Güneş Ocaklarında Kullanılan FDM'lerin Termofiziksel Özellikleri.....	77
Çizelge 33	Çeşitli Konteynır Malzemelerinin Termofiziksel Özellikleri	77
Çizelge 34	19 Haziran 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar	105
Çizelge 35	20 Haziran 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar	109
Çizelge 36	22 Haziran 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar	132
Çizelge 37	23 Haziran 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar	137
Çizelge 38	24 Haziran 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar	141
Çizelge 39	25 Haziran 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar	145
Çizelge 40	29 Haziran 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar	155
Çizelge 41	30 Haziran 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar	159
Çizelge 42	1 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar	163
Çizelge 43	3 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar	167
Çizelge 44	4 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar	171
Çizelge 45	5 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar	175
Çizelge 46	6 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar	179

Çizelge 47	8 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar	183
Çizelge 48	9 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar	187
Çizelge 49	10 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar	191
Çizelge 50	11 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar	195

1. GİRİŞ

Enerji kaynakları azalırken, bunun tersi yönünde dünya nüfusu hızla artmaktadır. Nüfusun ve teknoloji imkanlarının hızla artması sonucu, günlük hayatta kullanılan araçlarda enerji kullanımı yaygınlaşmakta ve sonuçta enerji tüketimi gittikçe artmaktadır. Enerji gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin temel ihtiyaçlarından biridir. Günümüzde enerji ihtiyacının büyük bir bölümü birincil enerji kaynağı ya da diğer bir deyişle fosil yakıt olarak adlandırılan petrol, doğalgaz, kömür ve odundan elde edilmektedir. Fosil yakıt kullanımı sonucu yanma ürünü olarak açığa çıkan CO_x, NO_x, SO_x gibi gazların atmosferde artması; asit yağmurlarına, ozon tabakasının zarar görmesine, sera etkisinin ve atmosferdeki uçucu organik bileşiklerin miktarının artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca enerji açığının hızla artması da insanlığı daha uzun ömürlü enerji kaynaklarına yönelmek zorunda bırakmıştır. Tartışılan en önemli iki enerji kaynağı güneş enerjisi ve nükleer enerjidir.

İleri teknoloji gerektiren nükleer enerjinin maliyeti hem yüksek hem de insan sağlığına oldukça zararlıdır. Güneş enerjisi ise son derece güvenilir bir kaynak olup hem ucuz hem de yüksek bir teknoloji gerektirmemektedir. Güneş enerjisinin kullanımı esasında çevreye yok denecek kadar az bir zararı vardır. Doğal enerji kaynaklarının pek çoğunun kökeni olan güneş enerjisinden, ısıtma ve elektrik elde etme gibi amaçlarla doğrudan yararlanılmaktadır. Güneş enerjisi çevre açısından temiz bir kaynak özelliği taşıdığından da fosil yakıtlara alternatif olmaktadır.

Enerji kaynakları açısından ülkemiz son yedi yıllık bir zaman periyodundaki enerji tüketimi yaklaşık %45 oranında artış göstermiştir (Sarı 2000). Diğer yandan, 1991 yılında ülkemizde %81 oranında fosil enerji kaynakları tüketilirken kendi öz enerji kaynaklarından enerjini karşılayamadığından dolayı arz ve talep arasındaki farklılık artmakta ve her geçen gün biraz daha dışa bağımlı hale gelmektedir.

Ülkemizin ortalama güneşlenme süresi 2640 saat/yıl ve 290 W/m² dir. Avrupa için bu değerler yaklaşık olarak 1500 saat/yıl ve 105 W/m² dir. Bu değerler göz önüne

alındığında yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olan ülkemizde ısıtma ve soğutmada güneş enerjisinin kullanılması enerji ihtiyacımızdaki dışa bağımlılığın azalmasına katkı sağlayacaktır.

Güneş enerjisi gün boyunca sürekli olarak farklılık göstermektedir. Gündüzleri güneş enerjisi havanın durumuna bağlı olarak farklılık gösterirken geceleri ışımdan söz etmek mümkün değildir. Enerji tüketimi süreklilik arz eder. Hatta güneş ışınımının olmadığı zamanlarda enerji tüketimi artmaktadır. Güneş enerjisinin kullanılabilirliğini arttırmak için depolama sistemleri geliştirilmiştir. Enerji depolanarak mevcut enerji ile talep edilen enerji arasındaki dengesizlik azaltılabilmektedir. Enerjinin ışımda olduğu zamanlarda depolanması ve gerek duyulduğu zaman kullanılması sistem verimini arttırıcı ve maliyetleri düşürücü bir etki yaratmıştır.

2. KURAMSAL BİLGİLER

2.1. Güneş Enerjisi

2.1.1. Güneş enerjisi dönüşümleri

Güneşten gelen enerjinin yaklaşık olarak %30'u, yansımaya ve saçılmalarla uzaya geri gider. Yaklaşık %20'si hava kürede soğurur. Gelen enerjinin geri kalan %50'si ise yeryüzünde soğurur. Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinden, doğal ve yapay dönüşümler ile yararlanır. Güneş enerjisi dönüşümleri Çizelge 1' de gösterilmiştir.

Çizelge 1 Güneş Enerjisi Dönüşümleri

Güneş Enerjisi Dönüşüm Yöntemleri	
Doğal Dönüşümler	Yapay Dönüşümler
Toprak ve suyun ısınması	Güneş ışınımı → ısı (toplaçlar)
Fotosentez	Güneş ışınımı → elektrik (güneş pilleri)
Su döngüsü	Su gücü → mekanik → elektrik (barajlar)
Rüzgar ve dalga oluşumu	Rüzgar → elektrik-mekanik (türbinler)
Doğal yangınlar	Biokütle → ısı-gaz ve sıvı yakıt (biyolojik, kimyasal ve ısıl-kimyasal dönüşüm) Fosil yakıt → ısı-elektrik (elektrik ve ısı üretim merkezleri) Güneş mimarlığı uygulamaları

Güneş enerjisinin yapay dönüşümleri, bu enerjiden değişik amaçlar için yararlanmak amacıyla insanlar tarafından geliştirilmiş olan dönüşümlerdir. Günümüzde güneş enerjisi sistemleri; teknoloji, maliyet ve çevresel etkiler bakımından yaygın bir şekilde kullanım olanağı bulmaktadır.

Güneş enerjisi aşağıdaki üstünlüklere sahiptir.

- 1) Güneş enerjisi tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.
- 2) Güneş enerjisi, temiz bir enerji türüdür. Gaz, duman, toz, karbon veya kükürt gibi zararlı maddeler içermez.
- 3) Güneş, tüm dünya ülkelerinin yararlanabileceği bir enerji kaynağıdır. Bu sayede, ülkelerin enerji açısından bağımlılıkları ortadan kalkacaktır.
- 4) Güneş enerjisi, taşıma ve ulaştırma giderleri olmaksızın her yerde sağlanabilir.
- 5) Güneşi az veya çok gören yerlerde, verim biraz farklı olmakla birlikte, dağların tepelerinde vadiler veya ovalarda bu enerjiden yararlanmak mümkündür.
- 6) Güneş enerjisi hiçbir karmaşık teknoloji gerektirmemektedir. Hemen hemen bütün ülkeler, yerel sanayi kuruluşları sayesinde bu enerjiden kolaylıkla yararlanabilirler.

Güneş enerjisine ilişkin sorunlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- 1) Güneş enerjisinin şiddeti azdır ve sürekli değildir. İstenilen anda istenilen miktarda bulunmayabilir.
- 2) Güneş enerjisinden yararlanılan düzeneklerin yatırım giderleri, bugünkü teknolojik aşamada yüksektir.
- 3) Güneşten gelen enerji miktarı, bizim isteğimize bağlı değildir ve kontrol edilemez.
- 4) Güneşten gelen enerji miktarı ve gereksinim duyulan enerji miktarı arasındaki uyumsuzluğun zaman ve oran olarak azaltılabilmesi için, güneş enerjisinin depolanması gereklidir. Depolanacak ısı enerjisi miktarı ve uygulanacak depolama yöntemi, mevcut ısı miktarı ve gereksinim duyulan miktar arasındaki uyumsuzluk derecesine bağlıdır (Ünalın 2006).

2.1.2. Güneş enerjisinin kullanım alanları

Güneş enerjisinden, ısı enerjisi ve elektrik üretimi amacıyla yararlanılabilir. Güneş enerjisi uygulamaları üç grupta incelenebilir (Özbalta 2004).

- 1) Düşük sıcaklıktaki (20-100 °C) uygulamalar
- 2) Orta sıcaklıktaki (100-300 °C) uygulamalar
- 3) Yüksek sıcaklıktaki (> 300 °C) uygulamalar

Güneş enerjisinin kullanım alanları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Ültanır 1998).

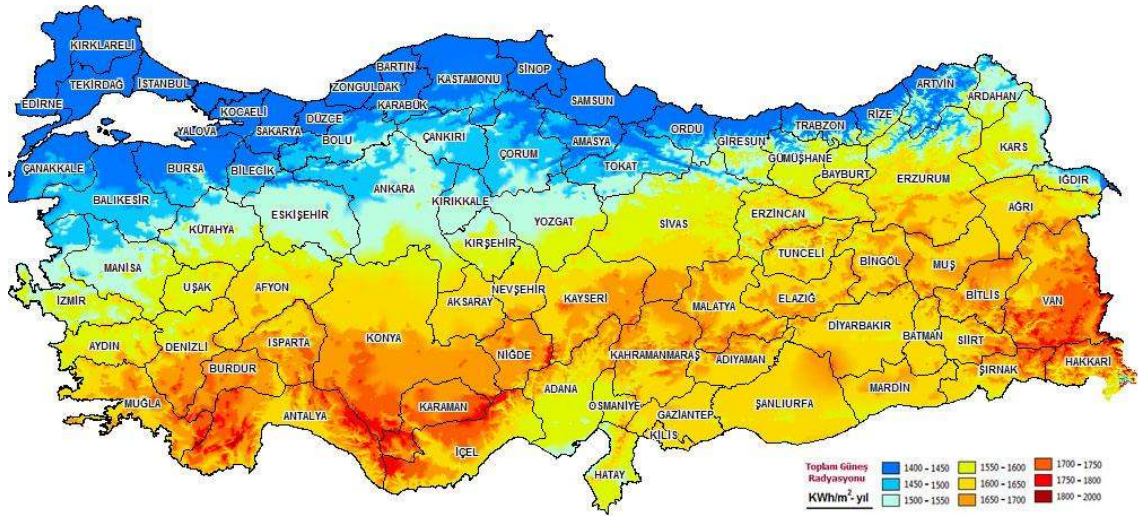
- Kullanım suyu ısıtma
- Yüzme havuzu ısıtma
- Kaynatma ve pişirme
- Bitkisel ürünleri kurutma
- Su damıtma
- Yapılarda aktif ve pasif ısıtma ve iklimlendirme
- Sanayi için işlem ısısı sağlamak
- Termodinamik veya elektriksel çevrimli sulama suyu pompajı
- Toplu yerleşim ünitelerinde, entegre sistemlerle birlikte ısı ve elektrik üretmek
- Otoprodüktör veya şebeke bağlantılı elektrik üretmek
- Fotokimyasal ve fotosentetik çevrimler gerçekleştirmek

2.1.3. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli

Coğrafya olarak 36° – 42° kuzey enlemleri arasında bulunan Türkiye, güneş kuşağı içerisindedir. Ancak, güneş kuşağının bu kesiminde iyi bir güneşlenme görülmekle birlikte, mevsim değişiklikleri alt sınırdan az, üst sınırdan çok etkili olmaktadır.

Uzun yıllar meteorolojik gözlemlerinin (heliograf ölçümlerinin) ortalaması ile Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi 2609 saat olup, en yüksek değer 362 saat ile Temmuz ayında ve en düşük değer 98 saat ile Aralık ayında gerçekleşmektedir.

Yine meteorolojik gözlemlere (aktinograf ölçümlerine) göre, Türkiye'de aylara göre günlük ortalama Güneş ışınım şiddetinin en yüksek değeri $21,1 \text{ MJ/m}^2.\text{gün}$ ile Temmuz ayında ve en düşük değeri $5,5 \text{ MJ/m}^2.\text{gün}$ ile Aralık ayında görülmektedir. Türkiye'nin günlük ortalama Güneş ışınım şiddeti yıllık ortalaması $13,2 \text{ MJ/m}^2.\text{gün}$ kadardır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi için yıllık ortalama Güneş ışınım şiddeti $14,3 \text{ MJ/m}^2.\text{gün}$ olup, bunu Akdeniz ($13,9 \text{ MJ/m}^2.\text{gün}$), İç Anadolu ($13,7 \text{ MJ/m}^2.\text{gün}$), Ege ($13,6 \text{ MJ/m}^2.\text{gün}$), Doğu Anadolu ($13,4 \text{ MJ/m}^2.\text{gün}$), Marmara ($10,9 \text{ MJ/m}^2.\text{gün}$) bölgeleri izlemektedir. Yıllık ortalama güneş ışınım şiddetinin en düşük değeri $10,3 \text{ MJ/m}^2.\text{gün}$ ile Karadeniz bölgesinde bulunmaktadır.



Şekil 1 Türkiye'nin Güneş Enerji Potansiyeli (EİE-2001)

Çizelge 2 Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelleri (TEAŞ-APK 2000)

KAYNAKLAR	Brüt	Teknik	Ekonomik (kullanılabilir)
Hidrolik Enerji (MW) (milyar kWh/yıl)	107.500 430	53.750 215	34.862 124,5
Jeotermal Enerji			
Isı (MW) (Mtep/yıl)	31.500 -	7.500 5,4	2.843 1,8
Elektrik (MW) (milyar kWh/yıl)	4.500 -	500 -	350 1,4
Güneş Enerjisi			
Isı + Elektrik (MW) (milyar kWh/yıl) (Mtep/yıl)	111.500.000 977.000 80.000	1.400.000 6.105 500	116.000 305 25
Rüzgâr Enerjisi			
Elektrik (MW) (milyar kWh/yıl)	220.000 400	55.000 110	20.000 50
Klasik Biomas Enerji			
Yakıt (Mtep/yıl)	30	10	7
Modern Biomas	-	-	-
Yakıt (Mtep/yıl)	90	40	25

2.1.4. Kullanım alanları ve güneş teknolojisinin boyutları

Güneş enerjisinin kullanım alanları özel amaçlara göre değişebilmektedir. Bu enerjinin kullanımındaki temel amaç, ekonomik rekabet koşullarında olabildiğince fosil yakıtların yerini almasıdır. Amaçlanan ve uygulanan kullanım alanları şöyle sıralanabilir:

- Konutlarda, işyerlerinde ve gündelik yaşam yapısının çeşitli kesimlerinde ısı ve elektriğe dayalı bir bölüm enerji isteminin karşılanması
- Endüstriyel enerji isteminin bir bölümünün, ısı ve elektriğin birlikte üretim teknolojisiyle karşılanması

- Kırsal yörelerde ve tarımsal teknolojide enerji isteminin olabildiğince karşılanması
- Kara, deniz ve hava taşıtlarının bir bölümünde devitici kaynak olarak kullanılması
- İletişim araçlarında (radyo, TV, telefon), sinyalizasyon ve otomasyonda bir bölüm enerji isteminin karşılanması
- Elektrik sektörünün birincil kaynakları arasına güneş enerjisinin de girmesi
- Askeri alanda özel amaçlarla güneş enerjisinin kullanılması

2.1.5. Güneş Enerjisi'nin Diğer Enerji Türlerine Göre Avantaj ve Dezavantajları

2.1.5.1. Güneş enerjisinin diğer enerji türlerine göre avantajları

- 1) Her şeyden önce, güneş bol ve tükenmeyen enerji kaynağıdır.
- 2) Temiz bir enerji türüdür, çevreyi kirletici, duman, gaz, karbon monoksit, kükürt ve radyasyon gibi atıkları yoktur.
- 3) Yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerjiye ihtiyaç duyulan, hemen hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Bir çakmağın, bir saatin, bir hesap makinesinin veya bir deniz fenerinin, bir orman gözetleme kulesinin enerji ihtiyacı yerinde karşılanabilir.
- 4) Dışa bağlı olmadığından, doğabilecek ekonomik bunalımdan bağımsızdır.
- 5) Birçok uygulaması için karmaşık teknolojiye gerek duyulmamaktadır.
- 6) İşletme masrafları çok azdır.

2.1.5.2. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Dezavantajları

- 1) Birim yüzeye gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç vardır.
- 2) Güneş ışınımı sürekli olmadığından depolama gerekmektedir. Depolama imkânları ise sınırlıdır.
- 3) Enerji ihtiyacının çok olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri de hiç yoktur.
- 4) Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevrenin açık olması, gölgelenmemesi gerekir.
- 5) Güneş ışınımından yararlanan birçok tesisatın ilk yatırım maliyeti fazladır ve henüz bazıları ekonomik değildir.

2.2. Güneş Enerjisi Uygulamaları

Günümüzde güneş-ısı uygulamalarında kullanılan düzenekler,

- Güneş toplaçları (düzlem ve yoğun toplaçlar),
- Güneşli pişiriciler
- Güneş fırınları,
- Güneş santralleri,
- Güneşle damıtma (su arıtma) düzenekleri,
- Güneşle kurutma düzenekleri,
- Güneş evleri ve seraları,
- Güneş havuzları,
- Isı depolama düzenek ve sistemleri

olarak sıralanabilir. Biz bu uygulamalardan güneşli pişiricileri ilerleyen sayfalarda ayrıntılı olarak inceleyeceğiz.

Bu düzenekler aracılığı ile güneş-ısı uygulamaları yapılır. Bu uygulamalar özetle Őyle sıralanabilir:

- Su ısıtma (sanayi ve evler için sıcak su),
- Hacim ısıtma (ev gibi, barınma hacimlerinin ısıtılması),
- Soğutma (iklimleme, serinletme ve buzdolabı gibi),
- Isıl-kimyasal işlemler,
- Kurutma (tarım ürünleri, et gibi),
- Arıtma (deniz suyundan ve kirli sulardan tatlı su elde etme, sanayi atık sularını temizleme gibi),
- Elektrik enerjisi elde etme,
- Yemek pişirme,
- Su pompalama,
- Yüzme havuzu ısıtma,
- Hidrojen gazı elde etme,
- Güneş seraları.

görüldüğü gibi, güneş-ısı uygulamaları birçok alanı kapsamaktadır.

Güneş Enerjili Pişirici

Güneş enerjili pişiriciler, güneş enerjisinden etkin olarak yararlanabilmek için, özellikle kırsal bölgelerde yaygın uygulama alanı bulabilecek, ısı güneş teknolojileri arasında yer alan düşük sıcaklıktaki uygulamalardan birisidir. İlk güneş enerjili pişirici, 1767 yılında İsviçre’de Horece de Saussure tarafından, basit kutu tipi Şeklinde tasarlanmıştır. 1894 yılında in’de bir restoran, güneş enerjili pişiricide pişirilen yemekleri müşterilerine ikram etmiştir. Bu dönemde bazı gemi kaptanları, uzun yolculuklarda güneş enerjili pişirici kullanmışlardır. Güneş enerjili pişiriciler ile aşağıdaki işlemler yapılabilir.

- Yemek pişirmek
- Çay demlemek
- Su dezenfekte etmek
- Şoklanmış yiyecekleri çözmek
- Sütü pastörize etmek
- Meyve ve sebze kurutmak
- Salça yapmak
- Sıcak su hazırlamak

Güneş enerjili pişirici kullanımının, özellikle az gelişmiş bölgelerde yaygınlaşmasının birçok faydası vardır. Güneş enerjili pişirici kullanımının kırsal bölgelerde yaygınlaşması aşağıdaki yararlar sağlar.

- Yemek pişirme uygulamalarında petrol, odun, elektrik gibi yakıtlara olan gereksinim azalır.
- Yemek pişirme sürecinde hava kirliliğine ve dumana neden olmaz. Duman ve zararlı gazların çevreye ve insan sağlığına verdiği zarar önemli düzeyde azalacaktır.
- Yemek pişirme işlemleri sırasında olası yangın olayları önlenir. Kırsal bölgelerde yemek pişirmek için yakılan ateş nedeniyle çıkan orman yangınları önlenecektir.
- Yemek pişirmek amacıyla orman ürünleri kullanımı azalacaktır.
- Kullanılan içme sularının güneşli pişiricilerde pastörize edilmesi ile bu yörelerde yaygın olan birçok bulaşıcı hastalıklar önlenecektir.
- Güneşli pişiricilerde pişirme işlemi daha sağlıklıdır.

2.2.1. Güneş enerjili pişirici tasarımı

Güneş enerjili pişirici, güneş ışınım enerjisini ısı enerjisine dönüştüren ısı değiştirici işlevine sahip bir aygıttır. Güneş enerjili pişiricilerde ışınım enerjisinin ısı enerjisine dönüşmesi, iki ilkeye bağlı olarak gerçekleşir;

- 1) Soğurma
- 2) Yoğunlaştırma

Güneş enerjili pişiricilerin tasarımı, güneş ışınım enerjisini ısı enerjisine dönüştürmek için uygulanacak yönteme bağlı olarak değişir. Güneş ışınımının soğurulduğu ya da yoğunlaştırıldığı materyal veya yüzeyin sıcaklığı yükselir. Güneş enerjili pişiricideki pişirme işleminde, güneş ışınımından kazanılan enerji ile ısınarak sıcaklığı yükselen materyal veya ortamın ısı enerjisinden yararlanır. Güneş enerjili pişirici tasarımı, güneş ışınım enerjisini ısı enerjisine dönüştürmek için uygulanacak yönteme bağlı olarak değişir. Güneş enerjili pişiriciden, güneşin olmadığı akşam sürelerinde de etkin olarak yararlanabilmek için, güneşin bulunduğu sürelerde ısı depolayabilen pişirici tasarımlarının geliştirilmesine yönelik araştırmalar sürdürülmektedir.

Güneş enerjili pişirici tasarımları, bölgenin iklimsel, sosyal ve ekonomik özellikleri dikkate alınarak gerçekleştirilir. Etkinliği yüksek bir güneş enerjili pişirici tasarımı için teknik, ekonomik ve sosyal etkenler dikkate alınması gerekir.

- **Teknik Etmenler**

- ✓ Güneş enerjisi teknolojileri konusunda deneyimli teknik elemanlar tarafından tasarlanmalıdır.
- ✓ Güneş enerjili pişirici, gelen güneş ışınım enerjisinin önemli bir bölümünü soğurabilmeli ve yoğunlaştırabilmelidir.
- ✓ Soğurulan veya yoğunlaştırılan ısı enerjisinden, pişirme işleminde etkin olarak yararlanılmalıdır.
- ✓ Isı kayıpları en az düzeyde olmalıdır.

- ✓ Güneş ışınım enerjisini, ısı enerjisine dönüştürme etkinliği yüksek olmalıdır.
- ✓ Tasarım malzemeleri, güneş ışınım spektrumundaki ışıklardan çok kısa sürede zarar görmemelidir.
- ✓ Tasarım elemanlarının boyutlandırılması sırasında, ısı genleşme katsayıları dikkate alınmalıdır.

- **Ekonomik etkenler**

- ✓ İklim koşulları ve sıcaklık değişimlerinden en az düzeyde zarar görecektir malzemelerden tasarımılandırılmalıdır.
- ✓ Yerli malzeme ve teknoloji ile ekonomik olarak tasarlanabilmelidir.
- ✓ Bakım ve onarımı kolay olmalıdır.
- ✓ Kullanım süresi uzun olmalıdır.

- **Sosyal etkenler**

- ✓ Toplumun geleneksel yaşamı ve alışkanlıklarına uygun olmalıdır.
- ✓ Kullanımı ve taşınımı kolay olmalıdır.
- ✓ Boyutları küçük ve kütlesi hafif olmalıdır.
- ✓ Satın alma bedeli düşük olmalıdır.
- ✓ Yaygın olarak kullanılan pişirme sistemlerine kıyasla bir takım üstünlüklere sahip olmalıdır.
- ✓ Bütün koşullarda güvenli olarak kullanılabilirdir.

Günümüzde, araştırma ve kullanım amacıyla çok farklı tasarım özelliklerine sahip güneş enerjili pişirici tasarımları geliştirmiştir. Günümüze kadar geliştirilmiş olan güneş enerjili pişiriciler üç grup altında toplanabilir;

- 1) Kutu tipi güneş enerjili pişirici
- 2) Parabolik tip güneş enerjili pişirici
- 3) Yoğunlaştırıcı tip güneş enerjili pişirici

2.2.1.1. Kutu tipi güneş enerjili pişirici

Kutu tipi güneş enerjili pişirici, aşağıda belirtilen üstünlükleri nedeniyle, dünyada en yaygın kullanılan güneş enerjili pişirici tipidir.

- Kutu tipindeki pişiriciyi güneş yönünde döndürmeye gerek yoktur.
- Bu tip pişiricilerde meyve konservesi de yapılabilir.
- Tasarımı basit ve ucuzdur.
- Bölgesel olarak mevcut materyallerle kolay bir şekilde tasarlanabilir.
- Ortam sıcaklığının düşük olduğu ve sadece yaygın ışınım olan koşullarda bile, etkin olarak çalışabilir.
- Etkinliği yüksektir.
- Çalışma kolaylığı sağlar.
- Maliyeti yüksektir.

Kutu tipi pişiricilerde, güneş ışınımı ısı enerjisine dönüşmesi sonucunda sıcaklık artışı gerçekleşmesi aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Kutu tipi pişiricilerde kapak olarak yararlanılan cam veya plastik özellikteki örtü malzemeleri, güneşten gelen kısa dalga boylu ısı ışınimleri için geçirgen özelliktedir.
- Güneşten gelen kısa dalga boylu ısı ışınimleri, dış örtü olarak yararlanılan kapaktan geçer ve kapalı bir ortam olan pişirici içerisine ulaşır. Kapak, cam, plastik malzemedir tasarlanır.
- Kısa boylu ısı ışınimlarının büyük bir bölümü, pişirici ortamında bulunan yüzeyler tarafından soğurur. Kısa dalga ışınları soğuran yüzeyler ısınır ve sıcaklığı yükseltir.

Pişirici içerisinde ısınarak sıcaklığı yükselen yüzeyler tarafından, uzun dalga ışınlar yayılır. Kutu tipi pişiricilerde kapak olarak yararlanılan cam veya plastik özellikteki örtü malzemeleri, pişirici ortamında ısınan özellikte değildir. Bu nedenle, örtü malzemesine

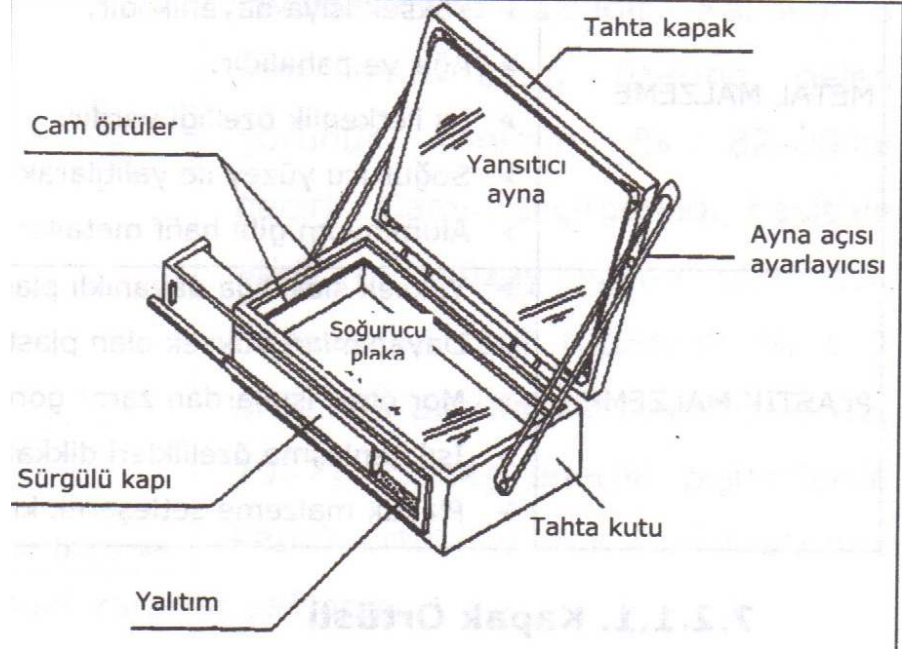
gelen uzun dalga ışınlar, pişirici ortamına geri yansır ve ortamda fazla miktarda ısı kazancı oluşur.

Güneş ışınımı, cam veya plastik kapaktan doğrudan ve yansıtıcılardan yansyarak pişirici içerisine girer. Güneş ışınımından kazanılan ısı enerjisi kutu içinde tutulur. Bununla birlikte, pişirici içerisinde yemek pişirilen kap ve siyah emici yüzey tarafından tutulan ısı enerjisi de, iç ortamda sıcaklık artışına neden olur. Güneş ışınımından kazanılan ısı miktarı, pişiricinin ısı kaybına eşit oluncaya kadar, pişirici içinde sıcaklık artışı devam eder. Böylece, yemek pişirmek ve su ısıtmak gibi işlemler için yeterli ısıya kolaylıkla ulaşılabilir.

Kutu Tipi Güneş Enerjili Pişiricinin Bileşenleri

Kutu tipi güneş enerjili pişirici, üst tarafında penceresi bulunan kapalı bir kutu şeklinde tasarlanabilir. Basit bir şekilde tasarlanabilen kutu tipindeki bir pişirici aşağıdaki bölümlerden oluşur;

- 1) Kutu çerçevesi
- 2) Kapak örtüsü
- 3) Soğurucu yüzey
- 4) Yalıtım elemanı
- 5) Bağlantı elemanı



Şekil 2 Kutu Tipi Güneş Enerjili Pişiricinin Bileşenleri (Öztürk 2008)

1) Kutu Çerçevesi

Kutu çerçevesi, güneş enerjili pişiricinin dış iskelet kısmını oluşturur ve diğer elemanlara destek sağlar. Güneş enerjili pişiriciler için kutu çerçevesi; ahşap, metal ve plastik esaslı malzemelerden tasalanabilir. Kutu malzemesi seçiminde Çizelge 3' de belirtilen etmenler dikkate alınır.

Çizelge 3 Güneş Enerjili Pişiricinin Kutu Çerçevesi İçin Tasarım Malzemesinin Seçimi

Malzeme	Özellikleri
Ahşap Malzeme	<ul style="list-style-type: none">• Tasarım ve malzeme maliyeti azalır.• İyi işlenmiş ve kurutulmuş ahşap malzeme kullanılmalıdır.• Tasarım işlemleri kolaydır.• Aşırı sıcaklıklardan zarar görebilir.• Malzemenin soğurucu yüzey ile doğrudan teması önlenmelidir.
Metal Malzeme	<ul style="list-style-type: none">• Dayanımı yüksektir.• Yüksek ısıya dayanıklıdır.• Ağır ve pahalıdır.• Isı iletkenlik özelliği vardır.• Soğurucu yüzey ile yalıtarak ısı kayıpları önlenmelidir.• Alüminyum gibi hafif metaller kullanılabilir.
Plastik Malzeme	<ul style="list-style-type: none">• Yüksek sıcaklığa dayanıklı plastik malzemeler kullanılmalıdır.• Dayanımları yüksek olan plastik malzeme kullanılmalıdır.• Mor ötesi ışıklardan zarar görmemesi için boyanmalıdır.• Isıl genleşme özellikleri dikkate alınmaktadır.• Plastik malzeme sertleşerek kırılmamalıdır.

Kutu tipi pişiriciler için kutu çerçevesi tasarımında aşağıdaki etmenler dikkate alınmalıdır.

- Kutu çerçevesi, pişiriciyi emniyetli bir şekilde taşıyabilmelidir.
- Kutu çerçevesinin alt ve yan yüzeyleri ile soğurucu yüzey arasında ısıl yalıtım uygulanmalıdır.
- Kutu dış çerçevesi, hava ve su sızdırmaz bir şekilde tasarımlandırılmalıdır. Birleşme ve bağlantı yerleri etkin bir şekilde yalıtılmalıdır. Isıl genleşme olasılığı olan birleşme yerlerinde, su ve hava sızıntısı olmamalıdır.
- Kapak bölümü, kutu çerçevesine uygun olarak bağlanmalı ve kolay bir şekilde açılıp kapatılabilmelidir.
- Kutu çerçevesi, temizlik ve bakım işlemleri etkin olarak gerçekleştirebilecek şekilde tasarlanmalıdır.

2) Kapak Örtüsü

Güneş enerjili pişiricilerin en önemli bölümü, güneş ışınımına karşı geçirgen özellikte olan kapak malzemesidir. Cam ve plastik esaslı malzemeler, kapak örtüsü olarak kullanılabilir. Plastik malzemeli, dış hava koşulları ve güneş ışınımdaki mor ötesi ışınlardan etkilenecek dayanımları azalır. Kutu tipi pişiricilerde, güneş enerjisi girişi sadece üst kapaktan olmakla birlikte, ısı enerjisi kayıpları, pişiricinin tüm yüzeylerinden gerçekleşir. Kapak örtüsü, kutu çerçevesine hava ve su sızdırmaz şekilde monte edilmelidir. Kapak örtüsü malzemelerinin sayısı birden fazla olması durumunda, aralarındaki uzaklık 1-2,5 cm arasında olmalıdır. Kapak örtüleri arasındaki uzaklığın çok az olması halinde, iletimle, çok fazla olmasının halindeyse, taşınılma ısı kayıpları gerçekleşir. Güneş ışınımını geçirgen özellikteki malzemelerden tasarlanan kapak örtüsünün, ısı kayıplarını azaltma işlevi iki şekilde gerçekleşir.

- 1) Kapak örtüsü, üzerine gelen güneş ışınım spektrumunun görünür bölgesindeki ışınları geçirerek, soğurucu yüzeylere ulaşmasının sağlar. Pişirici içerisindeki soğurucu yüzeylere yayılan uzun dalga ışınımı dış ortama bağlayarak, bir kısmını tekrar soğurucu yüzeylere yansıtır.
- 2) Soğurucu yüzeylerin doğal ve zorlanmış ısı taşınımı etkisiyle soğumasını önler.

Güneş enerjili pişiricilerde, kapak örtüsü olarak, genellikle cam malzeme kullanılır. Temperlenmiş camın dayanımı, normal cama kıyasla daha fazladır. Kalınlığı 3 mm olan cam, üzerine gelen görünür ışınımının % 82- 90' ını geçirir. Camın geçirgenliği, basit ve etkili bir yüzey işlemi olan asit banyosuna tabi tutularak % 6- 7 oranında artırılabilir (Uyarel ve Öz 1987). Güneş enerjili pişiricilerde kapak örtüsü olarak cam malzeme kullanılması durumunda aşağıdaki yararlar sağlanır.

- Kapak çerçevesine montajı kolaydır.
- Güneş ışınım spektrumlarındaki görünür ışınları geçirir.
- Soğurucu yüzeylerden yayılan uzun dalga boylu ışınları, pişirici içerisine geri yansıtır.

- Dış hava koşulları ve güneş ışınımından düşük düzeyde etkilenir.
- Kolay bir şekilde bulunabilir.

3) Soğurucu Yüzey

Kutu tipi güneş enerjili pişiricilerin en önemli bölümü soğurucu yüzeydir. Soğurucu yüzeyin işlevi, güneş ışının enerjisini ısı enerjisine dönüştürmektir. Güneş enerjili pişiricinin etkinliği; soğurucu yüzeyin kaplanmasına, geometrisine ve yüzey için seçilen malzemenin özelliğine bağlı olarak değişir. Soğurucu yüzey olarak; alüminyum, galvanizli sac, paslanmaz çelik, plastik gibi ısı iletkenliği uygun malzemeler kullanılabilir. Etkin bir soğurucu yüzeyin aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekir.

- Üzerine gelen görünür ışınımın tamamına yakın bir bölümünü soğurabilmelidir. Güneş ışınımını soğurma özelliği %95' den fazla, ışınım yama özelliği ise düşük olmalıdır.
- Soğurucu yüzeyin güneş ışınımı alan yüzeyleri düzgün olmalıdır.
- Pişirici içerisinde yüksek sıcaklıktan zarar görmemelidir.
- Bakım ve temizlik işlemleriyle etkin olarak temizlenebilmelidir.
- Kullanım süresi uzun ve maliyeti düşük olmalıdır.

Soğurucu yüzeyin etkinliği ve kullanım süresini arttırmak için, soğurucu yüzey kaplamaları uygulanır. Soğurucu yüzey kaplamalarının iki önemli işlevi vardır.

- 1) Kısa dalga ışınımın tamamına yakını soğurmak
- 2) Uzun dalga ışınım yayılmasını en aza indirmek

Soğurucu yüzey aşağıdaki işlemlerle oluşturulabilir.

- Siyah mat boya ile boyamak
- Seçici yüzey kaplamaları uygulamak

Seçici yüzeyler soğurucu yüzeylere seçici boya kaplamaları uygulanarak oluşturulur. Güneş enerjisi uygulamalarında seçici yüzey kaplamalarının etkinliği yüksek maliyeti düşüktür. Seçici yüzey sıcaklıklarının yükselmesi durumunda daha az ışıma yayar. Seçicilik özelliği malzemenin yansıtma özelliğine bağlı olduğundan, boyanın yansıtma özelliği yüksek olan malzeme üzerine uygulanması gerekir. Güneş enerjisi uygulamalarında soğurucu yüzeylere, seçici yüzey işlevi kazandırmak için değişik yöntemler uygulanır. Bunlar;

- Kimyasal buhar depozisyonu
- Metal spreyi
- Kimyasal oksidasyon
- Elektroliz

Elektroliz yöntemi, basit ve ekonomik olması nedeniyle, yaygın olarak uygulanır. Sprey ile uygulamada, istenilen optik özelliklerin sağlanması için, film kalınlığının tek düze olması gerekir (Tırıs ve Söhmen 1999).

4) Yalıtım Elemanı

Güneş enerjili pişiricinin en sıcak yüzeyi olan soğurucu yüzeyin, daha soğuk olan dış ortam havası ile teması kesilmelidir. Kutu tipi pişiricilerde soğurucu yüzeyler ile kutu çerçevesi arasında etkin bir şekilde ısı yalıtımı sağlanmalıdır. Yalıtım malzemesi olarak, poliüretan köpük, cam yünü vb. ısı iletim değerleri düşük olan yalıtkan malzemeler kullanılabilir.

2.2.1.2. Güneş Enerjili Pişirici Etkinliğinin Belirlenmesi

Güneş Enerjili Pişirici İçin Enerji Analizi

Potansiyel ve kinetik enerjiler ihmal edildiğinde, kararlı durumdaki akış işlemi için, sonlu bir zaman aralığında, güneş enerjili pişiricinin enerji dengesi aşağıdaki gibi yazılabilir;

Giren Enerji = Çıkan enerji + Enerji kaybı

Güneş enerjili pişirici için giren enerji, pişirici yüzey alanı başına güneş ışınımından kazanılan enerjidir ve aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\dot{E}_i(t) = \dot{I}_t(t) \times A_f \times \Delta t$$

Bu eşitlikte;

E_i = Güneş ışınımından enerji girdisi (J)

I_t = Birim alana gelen güneş ışınımı (W/m^2)

A_f = Pişirici yüzey alanı (m^2)

t = Zaman (s)

Pişiricinin enerji çıktısı, pişirici tarafından ısı depolama materyali olarak kullanılan suya aktarılabacak olan enerji miktarı olarak dikkate alınır.

$$\dot{E}_o(t) = m_w \times c_{pw} \times [T_{wf}(t) - T_{wi}(t)]$$

Bu eşitlikte;

E_o = Güneş enerjili pişiricinin enerji çıktısı (J)

m_w = Su kütlesi (kg)

c_{pw} = Suyun sabit basınçtaki özgül ısısı ($J/kg \text{ } ^\circ K$)

T_{wf} = Suyun son sıcaklığı ($^\circ K$)

T_{wi} = Suyun ilk sıcaklığı ($^\circ K$)

Güneş enerjili pişiricinin enerji etkinliği (η ; %) pişiriciden kazanılan enerji miktarının, pişiriciye güneşten gelen enerji miktarına oranı olarak tanımlanır

$$\eta(t) = \frac{\dot{E}_o(t)}{\dot{E}_i(t)} = \frac{m_w \times c_{pw} \times [T_{wf}(t) - T_{wi}(t)]}{\dot{I}_t(t) \times A_f \times \Delta t}$$

Güneş Enerjili Pişirici İçin Ekserji Analizi

Kararlı durumdaki bir akış sistemi için, sonlu bir zaman aralığında, güneş enerjili pişiricinin ekserji dengesi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\text{Giren Ekserji} = \text{Çıkan Ekserji} + \text{Tersinmezlik}$$

Güneş enerjili pişirici içerisindeki suyun ekserji içeriği, suyun toplam ısı enerjisine bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$\dot{\Xi}_o(t) = \dot{E}_o(t) - T_o(S_f - S_i)$$

Bu eşitlikte;

$T_o(S_f - S_i)$ = Sudaki toplam ısı enerjisinin yararlanılamayan bölümüdür.

Sabit özgül ısıya sahip sıkıştırılamayan bir akışkan için özgül entropi değişimi;

$$S_f - S_i = \int_i^f dS = \int_i^f m \times c_p \times \ln \frac{dT}{T} = m \times c_p \times \ln \frac{T_f(t)}{T_i(t)}$$

şeklinde belirlenir. Bu durumda, pişirici içerisinde ısınan suyun taşıdığı ekserji miktarı (Θ_o, kJ), aşağıdaki eşitlikten hesaplanır;

$$\dot{\Xi}_o(t) = \dot{E}_o(t) - m_w \times c_{pw} \times T_o \ln \frac{T_{fw}(t)}{T_{iw}(t)}$$

Güneş ışınımından kazanılan ekserji akışı; toplam güneş ışınımı, dış ortam sıcaklığı ve etkin güneş sıcaklığına bağlı olarak Petela eşitliğinden hesaplanır;

$$\dot{\Xi}_i(t) = \dot{I}_b(t) \times \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{T_o}{T_s} \right)^4 - \frac{4}{3} \left(\frac{T_o}{T_s} \right) \right] \times A_f \times \Delta t$$

Bu eşitlikte;

Ξ_i = Güneş ışınlamından kazanılan ekserji (J)

T_o = Dış ortam hava sıcaklığı (°K)

T_s = Güneşin etkin sıcaklığıdır (°K)

Ekserji etkinliği, sistemden çıkan toplam enerjinin sisteme verilen gerekli toplam ekserjiye oranıdır. Ekserji etkinliğinin tanımlanmasında, enerji değeri ile ilgili olan tersinmezlik artışları ve ekserji kayıpları dikkate alınır. Bu şekildeki bir tanımlama, enerji kullanım etkinliği için daha uygundur. Güneş enerjili pişiricinin ekserji etkinliği için daha uygundur. Güneş enerjili pişiricinin ekserji etkinliği aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$\Psi(t) = \frac{\dot{\Xi}_o(t)}{\dot{\Xi}(t)} = \frac{\dot{E}_o(t) - m_w \times c_{pw} \times T_o \ln \frac{T_{fw}(t)}{T_{iw}(t)}}{\dot{I}_b(t) \times \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{T_o}{T_s} \right)^4 - \frac{4}{3} \left(\frac{T_o}{T_s} \right) \right] \times A_f \times \Delta t}$$

2.2.1.3. Güneş enerjili pişiriciler için test yöntemi

Funk (2000), tarafından yapılan bir çalışmada, güneş enerjili pişiricilerin test edilmesi sırasındaki çevre koşulları, test yöntemleri ve belirlenen sonuçların sunumu için standart yöntemler tartışılmıştır. Dr. Paul Funk (2000) tarafından geliştirilen güneş enerjili pişiriciler için uluslararası standart test yöntemleri Çizelge 4' de açıklanmıştır.

Çizelge 4 Güneş Enerjili Pişiriciler İçin Uluslar arası Standart Test Yöntemi

Kontrol Edilemeyen İklim Değişiklikleri	
Rüzgar hızı	Deneme sırasında rüzgar hızı 1 m/s'den az olmalıdır.
Hava sıcaklığı	Denemeler 20-30 °C sıcaklıklar arasında yapılır.
Su sıcaklığı	Su sıcaklığı 40- 90 °C arasında olmalıdır.
Güneş ışınımı	Güneş ışınım şiddeti 450-1100 W/m ² arasında olmalıdır.
Güneş zamanı	Denemeler güneş zamanı olarak 10:00-14:00 saatleri arasında yapılmalıdır.
Kontrol Edilebilen Değişiklikler	
Su miktarı	Piştirici toplayıcı yüzeyin her m ² 'si için 7 kg su kullanılmalıdır.
Yönlendirme	Güneş enerjili piştirici 15 dakika aralıklarla güneşe doğru yönlendirilmelidir
Sıcaklık ölçümü	Su sıcaklığı, sıcaklık algılayıcısı suyun bulunduğu kabın ortasına dipten 10mm yüksekliğe dayandırılarak ölçülmelidir.
Kullanılan kap	Mat siyah boya ile boyanmış alüminyum kap kullanılmalıdır.
Test Yöntemi	
Ölçüm aralığı	Su, ortam havası ve güneş ışınımı değerleri 10-15 dakikalık aralıklar ile ölçülmelidir.
Kazanılan enerji	Ölçüm yapılan zaman aralığında, suda oluşan sıcaklık farkı ve suyun özgül ısısı dikkate alınarak hesaplanmalıdır.
Standart enerji	Güneş enerjili piştiricinin enerji çıkışı 700 W/m ² değerindeki standart güneş ışınımı değerine bağlı olarak düzeltilmelidir.
Grafiksel gösterim	Standart enerji çıkışının zamanla değişimi sıcaklık farkına bağlı olarak grafiksel olarak gösterilmelidir.
Regresyon analizi	Enerji çıkışı ile sıcaklık farkı arasındaki istatistiksel ilişkiler regresyon analizi ile belirlenmelidir.
Etkinlik ölçümü	Enerji çıkışı ile sıcaklık farkı arasındaki ilişkiyi belirten eşitlik kullanılarak sıcaklık farkının 50 °C olması durumunda enerji çıkışı hesaplanmalıdır.

2.3. Güneş Enerjisi Depolama

2.3.1. Güneş enerjisi depolama yöntemleri

Güneş enerjisi depolama uygulamalarındaki temel amaç, enerjinin fazla olduğu dönemlerdeki fazla enerjiyi, enerji gereksinimi olan dönemlerde kullanmak üzere depolanmaktadır. Enerji depolama uygulanan süreye bağlı olarak iki şekilde gerçekleştirilebilir:

- 1) Kısa süreli (gündüzden geceye) depolama
- 2) Uzun süreli (yazdan kışa) depolama

Isı depolama sisteminin boyutları, uygulanan depo yöntemi ve ısı depolama materyallerine bağlıdır. Herhangi bir uygulama için düşük sıcaklıkta kısa veya uzun süre için ısı depolanabilir. Güneş enerjisi yoğunluğu ve gereksinim duyulan enerji miktarı arasındaki farkın az olması durumunda, kısa süreli depolama uygulanır. Mevsimlik olarak gereksinim duyulan enerji miktarının güneş enerjisiyle karşılanması için, uzun süreli ısı depolama uygulanarak, toplam enerji gereksiniminin karşılanmasında güneş enerjisinin katkısı artırılır. Isı depolama amacıyla kullanılan ısı toplama ünitesinin boyutları ve tüketilen enerji miktarı dikkate alınarak, enerjinin en düşük maliyetle sağlandığı süre belirlenir. Enerjinin en düşük maliyetle sağlandığı süreye bağlı olarak, kısa veya uzun süreli ısı depolamaya karar verilir.

Isı enerjisi, ısı depolayan materyalin iç enerjisindeki değişim sonucunda aşağıdaki şekillerde depolanabilir;

- Duyulur ısı depolama
- Gizli ısı depolama
- Bunların birleşimleri

Gizli ısı depolama, sabit sıcaklıkta faz değiştiren maddelerin iç enerjisindeki artış ile enerji depolama olayı nispeten küçük miktarda ısı depolanabildiğinden diğer enerji

depolama metotlarından daha üstündür (Takgil 1999). Gizli ısı enerjisi depolama sistemlerine olan ilgi, özellikle güneş enerjisi destekli evrensel ısınma ve soğutma uygulamalarının gündeme gelmesinden sonra artış göstermiştir. Bunun da en önemli nedenleri; duyulur ısı depolama sistemlerine kıyasla, enerji depolamanın sabit bir sıcaklıkta gerçekleşmesi, güneş enerjisi uygulamalarında gerekli kolektör sıcaklığının düşük ve depolanacak birim enerji başına gerekli hacmin nispeten küçük olmasıdır. Ancak burada, katı-sıvı faz değişiminin kastedildiğini vurgulanmakta yarar vardır. Çünkü buharlaşma-yoğuşma faz değişiminde oluşan buhar fazı, çok geniş hacim kaplaması nedeniyle, enerji depolama geri kazanım çevrimini, pratik olmaktan çıkarmaktadır (Esen 1994).

Düşük sıcaklıkta ısı enerjisi depolama sistemlerinde depo malzemesi ve ısı depolamanın gerçekleştiği faz değişim malzemesi olarak kullanabilmeleri için termodinamik, kinetik ve kimyasal özellikleri göstermesi gerekir. Ayrıca bu maddelerin maliyeti ve geniş miktarda bulunabilirlikleri dikkate alınmalıdır (Yüksel 2003).

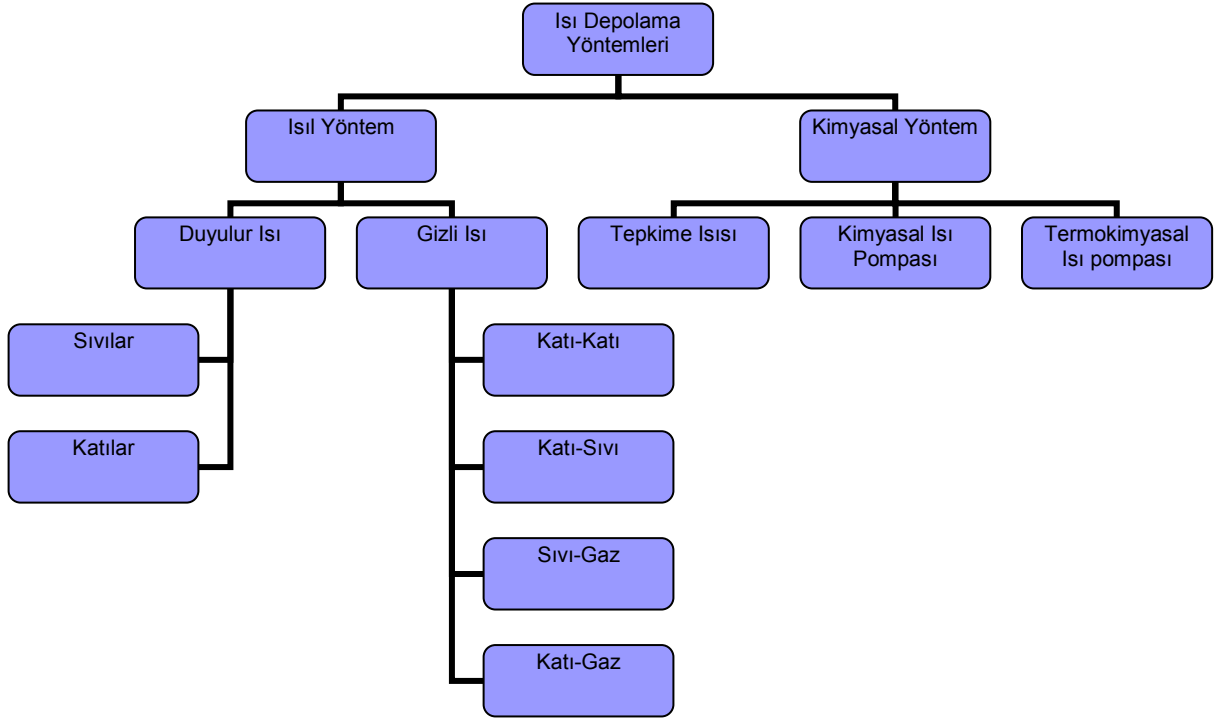
Bir ısı depolama sisteminde bulunması gereken özellikler ve ısı depolama sisteminin tasarımında dikkate alınması gereken etmenler Çizelge 5’ de verilmiştir. (Yüksel 2003).

Çizelge 5 Isı Depolama Sisteminin Özellikleri ve Tasarım Etmenleri

Sistemde bulunması gereken özellikler	Tasarımda dikkate alınması gereken etmenler
<ul style="list-style-type: none"> • Birim hacim ve kütle başına ısı depolama kapasitesi büyük olmalı • Depolama verimi yüksek olmalı • Çalışma sıcaklık aralığında uygun özelliklere sahip olmalı • Üniform sıcaklığa sahip olmalı • Sıcaklık farkı olmadan fazla miktarda ısıyı yükleyip boşaltabilmeli • Yükleme-boşaltma için tam bir tersinirlik göstermeli • Performans ve depolama kapasitesinde azalma olmaksızın pek çok sayıda yükleme-boşaltma yapabilmeli • Yükleme-boşaltma esnasında çevreye olan ısı kaybı az olmalı • Isı yükleme ve boşaltma hızı yüksek olmalı • Isı depolama ömrü uzun olmalı • Ucuz olmalı • Korozif, yanıcı ve zehirleyici olmamalı • Kendi kendine boşaltma miktarı küçük olmalıdır. 	<ul style="list-style-type: none"> • Materyalin birim kütle veya hacminin ısı depolama kapasitesi • Isı depolama sıcaklığı ve yöntemi • Isı geri kazanma sıcaklığı ve yöntemi • Isı depolama ve geri kazanma işlemleri için enerji gereksinimi • Sıcaklık gradyenti • Yapısal elemanların boyutlandırılması • Isı depolama ünitesinin tasarımı (malzemeleri, şekil ve boyutları) • Depolama ünitesinin yalıtımı ve ısı kayıplarının kontrolü • Depolanacak ısıyla ısıtılacak ortamın özellikleri • Sistemin toplam maliyeti

Güneş enerjisinin 0-90 °C sıcaklık aralığında düşük sıcaklıkta ısı enerjisi olarak depolanmasında uygulanan yöntemler Şekil 3’ de verilmiştir. Isı depolama yönteminin seçimi esas olarak aşağıdaki etmenlere bağlıdır.

- Isı depolama süresi (günlük-mevsimlik)
- Ekonomik uygulanabilirlik
- İşletme koşulları



Şekil 3 Isı Depolama Yöntemleri

Güneş enerjisi depolama sistemleri genel olarak aşağıdaki yapısal bileşenlerden oluşur;

- 1) Isı toplama ünitesi (güneş toplacı)
- 2) Isı depolama ünitesi (ısı deposu)
- 3) Isı değiştirici
- 4) Depolanan ısının yararlanılacağı ortam
- 5) Yardımcı enerji kaynağı
- 6) Kontrol sistemi

Ekonomik olarak kabul edilen bir sistemde, ısı depolama maliyeti düşük olmalıdır. Bu durum, ısı depolama materyali maliyetinin düşük olmasının yanı sıra, depo ve ısı

değiştirici maliyetlerinin de kabul edilebilir değerde olmasıyla sağlanır. Depolama sistemi kapasitesinin aşağıdaki etmenler dikkate alınmalıdır;

- Güneş ışıma enerjisi
- Gerekli ısı miktarı
- Depolama için tüketilen enerji miktarı

Isı depolama materyalinin seçimi ısıtma uygulamasına bağlıdır;

- Su ısıtma için, ısı depolama materyali olarak su kullanılır.
- Isı depolama ünitesi olarak havalı toplaç kullanılması durumunda, duyulur ve gizli ısı depolama materyali kullanılabilir.
- Fotovoltaik ve fotokimyasal işlemlerden yararlanan uygulamalar için, en uygun ısı depolama yöntemi termokimyasal ısı depolama yöntemidir.

2.3.1.1. Duyulur Isı Depolama

Duyulur ısı depolama, faz değişimsiz, sıcaklığın arttırılmasıyla veya azaltılmasıyla malzemede toplanan enerji vasıtasıyla sağlanır. Bu tip depolamada depoya ısı yükleme veya depodan ısı çekme esnasında ortamın sıcaklığı değişir. Depolanan ısının en basit değeri aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$Q = m.c_p.\Delta T$$

$$Q = \rho.c_p.V.\Delta T$$

Burada c_p malzemenin özgül ısısı, ΔT sıcaklık farkı, V tankın hacmi, ρ malzemenin yoğunluğudur. . Depolama ve boşaltmada sıcaklık değişiminin ve depo boyutunun büyük olması duyulur ısı depolama sistemlerinin iki temel dezavantajıdır. Yüksek sıcaklık değişimine izin veriyorsa aynı oranda depo boyutu küçültülmelidir. Bununla birlikte diğer depolama sistemleri ile karşılaştırılınca depo boyutu büyüktür. Hem yüksek ısı kapasiteye hem de yüksek ısı yayılımına sahip depolama malzemesinin kullanılması ile boyutu azaltılabilir (Fath 1998).

Isı depolama materyali olarak, sıcaklığı arttırıldığında duyulur ısı şeklinde ısı depolayabilen katı ve sıvı materyaller kullanılır. Duyulur ısı depolama materyallerin birçoğu bol miktarda ve ucuzdur. Ayrıca, bu materyallerden ısı depolamak için yararlanılmak üzere geliştirilmiş olan mevcut teknoloji, etkin sistemlerin tasarlanması için uygundur. Bu nedenle, günümüzdeki birçok ısı depolama uygulanmasında, duyulur ısı depolama yönteminden yararlanır. Bu yöntemle ısı depolamada, ısının depolanması ve geri kazanılması sürecinde depolama materyallerinin sıcaklığı değişir. Çok sayıda ısı depolama ve geri kazanma çevriminin gerçekleştirilebilmesi, duyulur ısı depolama yönteminin en çekici özelliklerinde birisidir.

Duyulur ısı depolama sistemlerinde ısı depolama materyali olarak kullanılan değişik termo-fiziksel özellikler Çizelge 6' de verilmiştir. Birçok sıvı materyal bol miktarda bulunduğundan, ısı depolama için ekonomik olarak kullanılabilir. Ayrıca, bu materyaller ile ısı depolamak için kullanılan teknolojide basittir.

Çizelge 6 Duyulur Isı Depolama İçin Bazı Sıvı Materyallerin Termofiziksel Özellikleri (Lorsch 1975)

Sıvı materyal	Sıcaklık aralığı (°C)	Yoğunluk (kg/m ³)	Isı kapasitesi(J/kg°C)	Isıl iletkenlik (W/m°C)
Su	0-100	1000	4190	0,63 (38 °C)
Su-Etilen Glikol 50/50	-	1050	3479	-
Caloria HT43*	(-10)-315	-	2300	-
Downterms A*	12-260	867	2200	0,112 (260 °C)
Therminol 55*	(-18)-315	-	2400	-
Therminol 66*	(-9)-343	750	2100	-
Etilen Glikol	-	1116	2382	0,106 (343 °C)
Hitec**	141-540	1680	1560	-
Draw**	220-540	1733	1550	0,249 (20 °C)
Lityum***	180-1300	510	4190	0,61
Sodyum***	100-760	960	1300	-
Etanol	78	790	2400	0,57
Propil Asit	97	800	2500	38,1
Bütanol	118	809	2400	67,5
İzobütanol	100	808	3000	-
İzopentonol	148	831	2200	-
Oktan	126	704	2400	-
				-
				-

* Madeni yağ **Erimiş tuz ***Sıvı metal

Depolama sisteminin performansını; çalışma sıcaklığı, depolama maddesinin ısıl iletkenliği, en yüksek çalışma sıcaklığında maddenin kararlılığı ve şüphesiz sistemin maliyeti gibi faktörler etki eder (Esen 1994).

Çizelge 7 Duyulur Isı Depolama Maddelerinden Bazılarının Özellikleri (Sarı 2000)

Madde	Yoğunluk(kg/m³)	Özgül ısı (kJ/kg.K)
Su	1000	4,19
Kaya	2245	0,810
Demir	7860	0,50
Beton	2250	0,65
Taş parçası	2500-3500	0,88

Duyulur ısı depolama sistemlerinin en cazip özelliklerinden birisi de sistemin ekonomik ömrü boyunca bu maddelerin ısıyı depolama ve boşaltma özelliklerinin süreklilik göstermesidir. Bunun yanında genel problemleri şunlardır;

- a) Isı depolama esnasında sıcaklığı sürekli olarak arttığından sistemden olan ısı kayıpları fazladır.
- b) Depolama sıcaklığı sürekli düştüğünden sistemden ısı boşatılırken, ısı akış dağılımı oldukça küçüktür.
- c) Isı depolama işlemi, çevre sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda olmalıdır. Çevre ile sistem arasında ısı alışverişi söz konusudur ve iyi bir yalıtım gerektirmektedir. Buda maliyeti arttırmaktadır.
- d) Isı pompalarında ısı kaynağı olarak kullanımı sıcaklığın devamlı değişmesi nedeniyle sağlıklı olmaz (Sarı 2000).

Duyulur ısı depolama, depolama ortamına göre;

- Sıvı ortamda depolama
- Katı ortamdanda depolama
- Karışık ortamda depolama

şeklinde sınıflanır.

Sıvı Ortamda Duyulur Isı Depolama

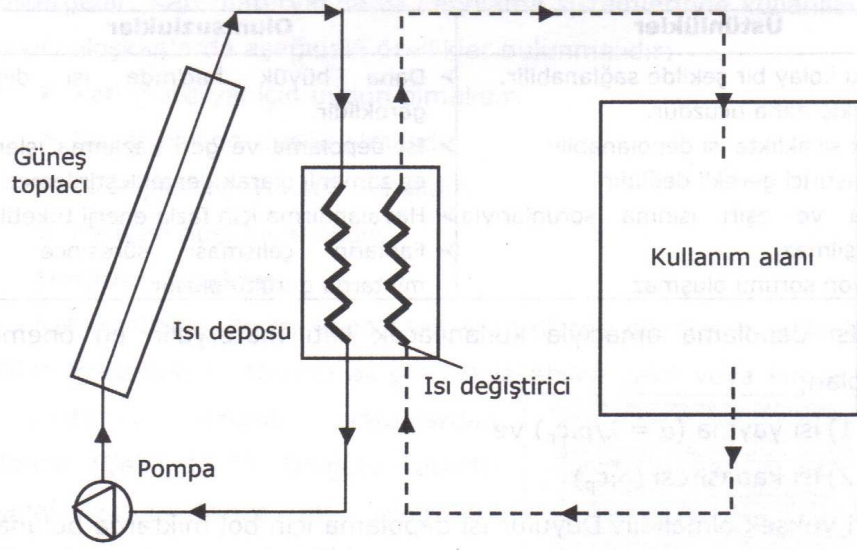
Sıvı ortam depolama maddesi olarak kullanılan en yaygın madde sudur. Ucuz ve yaygın olarak bulunan su, kaya ve toprağın yaklaşık iki katı ısıl kapasiteye sahiptir. Suyun dışında depolama ortamları olarak lityum, etilen glikol, etilen glikol karışımı su tercih edilmektedir (Yüksel 2003). Depolama ortamı olarak su kullanımının bazı avantajları aşağıda özetlenmiştir.

- a) Mükemmel bir ısı transferi ve akış dinamik karakteristiklerine sahiptir.
- b) Ucuzdur, kolay taşınır, zehirleyici ve yanıcı değildir ve yeryüzünde bolca bulunmaktadır.
- c) Isı kapasitesi diğer sıvılardan büyüktür.
- d) Şayet kolektörde ısı taşıyıcı akışkan olarak su kullanılırsa, ısı değiştiricilere gerek kalmayabilir.
- e) Pompa enerjisine gerek olmadığı zaman sistem zorlanmış konveksiyon yerine doğal konveksiyonla çalışabilir.
- f) Depolama tankı aynı zamanda depolanabilir ve boşaltılabilir.
- g) Kolay ayarlanabilir, kontrol edilebilir.
- h) Teknik, fiziksel, kimyasal ve ekonomik özellikleri olan bir maddedir (Takgil 1999).

Isı depolayıcı madde olarak su kullanmanın dezavantajları;

- a) Su donabilir ya da kaynayabilir. Pek çok bölgelerde donmayı önleyici tedbir gereklidir. Bundan dolayı genelde kolektör döngüsünde bir ısı değiştirici ile birlikte antifriz maddesine ihtiyaç vardır.
- b) Oldukça fazla korozif özelliğe sahip olduğundan korozyonu önlemek için sisteme kimyasal katkı maddeleri koymak gerekmektedir.
- c) Suda ısıyı tabaka halinde depolamak zor olduğundan bu tür sistemlerde depoda tabakalaşma pek olmaz.

Isı depolama materyali olarak su kullanılarak duyulur ısı şeklinde güneş enerjisi depolayan bir sistemin başlıca elemanları Şekil 4' de gösterilmiştir.



Şekil 4 Duyulur Isı Depolama Sistemlerinin Başlıca Elemanları

Pratikte karşılaşılan dikey boyuttaki depolama tankında su sıcaklığı üniform olmayacaktır. Soğuk su, deponun alt tarafında sıcak su ise deponun üst tarafında olacağından bir ısıl tabakalaşma olacaktır. Depolama tanklarında meydana gelen ısıl tabakalaşmanın avantajları;

- 1) Depolama tankının üst tarafından ortalama depo sıcaklığından daha yüksek sıcaklıkta su alınabileceğinden ısıtma verimi artacaktır.
- 2) Kolektör giriş suyunun sıcaklığı ortalama depo sıcaklığından daha düşük olduğundan kolektör verimi daha iyidir.
- 3) Tabakalaşmalı depolama tankının sıcaklığı ısı yükünün sıcaklığına göre daha düşük bir ortalama sıcaklık değerinde olacağından depolanan çevreye ısı kayıpları azalacaktır (Yüksel 2003).

Depolama tankı için çelik, alüminyum, beton, fiberglas ile kaplanmış plastikler gibi pek çok malzeme kullanılabilir. Bu malzemelerin hepsinin avantajları ve dezavantajları vardır. Depolama tankında korozyonu önlemek için çelik tanklar galvanize edilir ya da plastik boyalarla veya neopren gibi kauçuk maddelerle kaplanırlar. Fiberglassdan yapılan veya fiberglas kaplanan tanklar korozyona karşı dayanıklı olduklarından oldukça avantajlıdırlar. Yine depolamada beton tanklar kullanılabilir, özellikle su

depolama için yüksek sıcaklıklardaki genleşmeleri dikkate alarak iyi bir tasarımla bu tür tanklar kullanılabilir (Esen 1994).

Katılarda Duyulur Isı Depolama

Isı depolama materyali olarak su veya diğer sıvıların kullanılması durumunda, suyun buhar basıncı ve diğer sıvılardan etkin yararlanılmasına ilişkin bazı güçlüklerle karşılaşılır. Isı depolama için katı materyallerin kullanılması durumunda, bu tür sorunlarla karşılaşılmaz. Bununla birlikte, katı materyallerin ısı depolama kapasitesi genellikle daha düşük olduğundan, sıvı materyale oranla daha fazla katı materyal kullanılması gerekir. Katı materyalde donma ve kaynama durumlarıyla karşılaşmadığından, bu materyalde yüksek sıcaklıklarda da ısı depolanabilir. Isı depolama amacıyla katı materyal kullanılması durumunda, sağlanan üstünlük ve karşılaşılan olumsuzluklar Çizelge 8’ de verilmiştir.

Çizelge 8 Katılarda Isı Depolamanın Üstünlükleri ve Olumsuzlukları (Öztürk 2008)

Üstünlükler	Olumsuzluklar
<ul style="list-style-type: none">• Birçoğu kolay bir şekilde sağlanabilir.• Genellikle daha ucuzdur.• Yüksek sıcaklıkta ısı depolanabilir.• Isı değiştirici gerekli değildir.• Donma ve aşırı ısınma sorunlarıyla karşılaşılmaz.• Korozyon sorunu oluşmaz.	<ul style="list-style-type: none">• Daha büyük hacimde ısı deposu gereklidir.• Isı depolama ve geri kazanma işlemleri eş zamanlı olarak gerçekleştirilmez.• Havalandırma için fazla enerji tüketilir.• Fanların çalışması süresince fazla miktarda gürültü oluşur.

Isı depolama amacıyla kullanılacak katı materyalin en önemli iki özelliği olan;

- 1) Isı yayma ($\alpha=\lambda/\rho.c_p$)
- 2) Isı kapasitesi ($\rho.c_p$)

Değerleri yüksek olmalıdır. Duyulur ısı depolama için bol miktarda bulunan ve ekonomik olarak rekabet edilebilir durumda olan, bazı katıların termo-fiziksel özellikleri Çizelge 9' da verilmiştir.

Çizelge 9 Duyulur Isı Depolamak İçin Kullanılan Bazı Katıların Termofiziksel Özellikleri (Kakaç ve Ark., 1989)

Katı materyal	Yoğunluk ρ (kg/m ³)	Özgül ısı c_p (J/kg °C)	Isı kapasitesi $\rho \cdot c_p \cdot 10^{-6}$ (J/m ³ °C)	Isıl iletkenlik (W/m °C)	Isıl yayılım $\alpha = k / \rho \cdot c_p \cdot 10^{-6}$ (m ² /s)
Alüminyum	2707	896	2,4255	204 (20 °C)	84,100
Alüminyum oksit	3900	840	3,2760	-	-
Alüminyum sülfat	2710	750	2,0325	-	-
Tuğla	1698	840	1,4263	0,69 (29 °C)	0,484
Magnezyum	3000	1130	3,3900	5,07	1,496
tuğlası	2240	1130	2,5310	0,9-1,3	0,396
Beton	7900	837	6,6123	29,3	0,514
Dökme demir	7897	452	3,5694	73,0 (20 °C)	4,431
Saf demir	2510	670	1,6817	-	20,450
Kalsiyum florür	8957	383	3,4294	385 (20 °C)	112,300
Bakır					
Toprak	1700	2093	3,5581	2,51	0,705
Islak	1260	795	1,0017	0,25	0,250
Kuru	3570	960	3,4272	-	-
Magnezyum oksit	1980	670	1,3266	-	-
Potasyum klorür	2660	920	2,4472	-	-
Potasyum sülfat	2510	1090	2,7359	-	-
Sodyum karbonat	2170	920	1,9967	-	-
Sodyum klorür	2700	920	2,4840	-	-
Sodyum sülfat					
Taş	2640	820	2,1648	1,73-3,98	0,799-1,840
Granit	2500	900	2,2500	1,26-1,33	0,560-0,591
Kireç taşı	2600	800	2,0800	2,07-2,94	0,995-1,413
Mermer					

Katı materyalin özgül ısı ve ısı iletkenlik değerlerinin çok düşük olmasına karşın, yüksek sıcaklıklarda buhar basıncı düşüktür. Ayrıca kimyasal olarak etkili olmadıklarından depolama sorunu yoktur. Isı kapasitesi, materyalden ısı depolama amacıyla yararlanılabilmesi için önemli bir göstergedir. Katı materyal ile ısı depolama sistemlerinde kullanılacak olan ısı taşıyıcı akışkanlarda aşağıdaki özellikler bulunmalıdır;

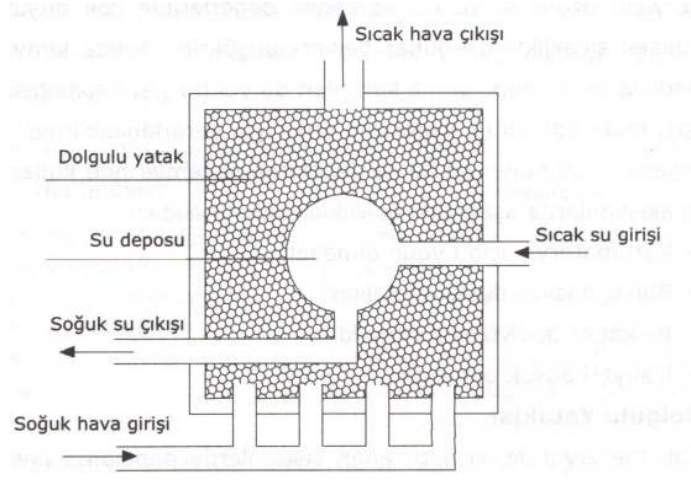
- Katı materyal için uygun olmalıdır.
- Buhar basıncı düşük olmalıdır.
- Isı kapasitesi yüksek olmalıdır.
- Maliyeti düşük olmalıdır.

Çizelge bilmem kaçtaki maddelerden ısı kapasitesi (20 °C' de) en büyük olan pik dökme demirdir, fakat pahalı olduğundan depolayıcı madde olarak pek kullanılmaz. Bunun yerine genelde çakıl taşları (2-5 cm boyutlarında) veya kaya parçaları hem ucuz hem kolayca temin edilebilir olmasından dolayı tercih edilirler (Yüksel 2003). Düşük sıcaklıklarda ısı taşıyıcı akışkan olarak genelde hava kullanılmaktadır. Kayalar geniş yüzeyli olmaları ve dolgulu yatak boyunca kıvrıntılı hava akış yolu sağladıklarından direkt temasla havaya veya havadan ısıtma ortamına iyi bir ısı transferi sağlarlar. Buna ilaveten çakıl taşlarından meydana gelen dolgulu yataktaki ısı kayıpları hava akımı olmadığı zaman çok düşüktür ve hava zayıf bir ısı ileticisidir. Bunun için deponun etrafını çok fazla yalıtım gerekmez. Büyük kapasiteli depolar toprak altına uygun bir şekilde yerleştirilebilir. Dolgu yataklı bir depolama sisteminde depolanan enerji, maddenin termo-fiziksel özelliklerinden başka çakıl taşının boyutu ve şekli, yoğunluğu, ısı transfer akışkanı vb. bazı parametrelere bağlıdır (Esen 1994).

Sıvı ve Katılarda Birlikte Duyulur Isı Depolama

Isı depolama amacıyla katı ve sıvı materyaller birlikte kullanılarak ısı depolama etkinliği artırılabilir. Güneş enerjisi depolama uygulamalarında, etrafı taş parçalarından oluşan dolguyla çevrelenmiş su tankından oluşan ve Harry Thomason tarafından geliştirilmiş olan bu tip ısı depolama ünitesi Şekil 5' de verilmiştir. Bu sistemde güneş

toplayıcıdan gelen sıcak su, üst kısımdan tank içerisine girer. Sıcak su, alt kısımdan ayrılarak tekrar güneş toplaçlarına geri döner. Sıcak su depolama tankının etrafı, depolanan ısının kullanılacağı ortama iletilmesi için, içerisinde hava dolaşımı olan ve çakıl taşlarından oluşan dolguyla çevrelenmiştir. Bu tip ısı depolama sistemlerinin üstünlüğü, suyun depolama kapasitesinin yüksek olması ve iç kısımda bulunan su tankı yüzey alanının geniş olmasıdır. Bu nedenle, ısı taşıyıcı akışkana olan ısı geçiş hızı yüksektir (Dinçer ve ark. 1996).



Şekil 5 Sıvı ve Katılarda Birlikte Duyulur Isı Depolama

Duyulur Isı Depolamanın Etkinlik ve Uygulanabilirliği

Herhangi bir ısı depolama sisteminin uygulanabilirliği ve duyulur ısı depolama sistemlerinin etkinliğine etki eden etmenler Çizelge 10' da verilmiştir.

Çizelge 10 Isı Depolama Sistemlerinin Uygulanabilirliği ve Etkinliği

Sistemin uygulanabilirliği	Sistemlerin etkinliği
<ul style="list-style-type: none">• Gereksinim duyulan ısı miktarı• Depolanabilecek ısı miktarı• Isı depolama yöntemi• Elektrik enerjisi bedeli• Isıtılacak yapının tipi• Isı depolama için gerekli alan• İşletme maliyeti	<ul style="list-style-type: none">• Isı depolama materyalinin özgül ısı• Isı depolama materyalinin yoğunluğu• Isı depolama materyalinin ısı iletkenliği• Isı depolama sıcaklığı• Materyal ve depo arasında buhar basıncı• Yüksek sıcaklıklarda materyalin kararlılığı• Sistemin maliyeti

Duyulur ısı depolama yöntemiyle ısı depolamada yaygın olarak karşılaşılan genel sorunlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Isı depolama süresince, depolama sıcaklığı sürekli olarak yükseldiğinden, çok fazla ısı kaybı oluşur.
- Isı geri kazanma sırasında, depolama sıcaklığı sürekli olarak azaldığından, sistemin ısı etkinliği azalır.
- Isı depolama ortam sıcaklığından daha yüksek sıcaklıkta gerçekleştiğinden, ısı deposunun yalıtım gereksinimi nedeniyle sistem maliyeti artar.

Duyulur ısı depolamak için dolgulu yatak şeklindeki ısı depolama ünitelerinin sıvı metal olarak su kullanılan sistemlerin sağladığı üstünlükler ve olumsuzluklar Çizelge 11 ‘ de verilmiştir.

Çizelge 11 Dolgulu Yatakta Isı Depolamanın Üstünlükleri ve Olumsuzlukları

Üstünlükleri	Olumsuzluklar
<ul style="list-style-type: none">• Maliyeti düşük, kullanımı kolay, toksik etkili ve yanıcı değildir.• Diğer sıvı materyallerle karşılaştırıldığında, ısı depolama kapasitesi yüksektir.• Isı iletimi ve akışkan dinamiği uygundur.• Isı taşıyıcı akışkan olarak kullanıldığında, ısı değiştiricisi kullanılması gerekmez.• Enerjinin kısıtlı olduğu durumlarda, sistemden dolaşım sağlamak için doğal akıştan yararlanılabilir.• Eş zamanlı olarak ısı depolama ve geri kazanmak mümkündür.• Isı depolama sisteminin tasarımı, düzenlenmesi ve kontrolü kolaydır.• Su kullanılan depolama sistemlerine ilişkin çok fazla teknik, fiziksel, kimyasal ve ekonomi veri bulunmaktadır.	<ul style="list-style-type: none">• Çalışma koşullarında suyun donma veya kaynayabilmesi nedeniyle, sistemin dona karşı korunması ve toplaç devresinde antifriz ve ısı değiştiricisi kullanılması gereklidir.• Yüksek oranda korozif etkili olduğundan, sistemde genellikle kimyasal katkı maddeleri kullanılmaktadır.• Depolama tankında ısı tabakalaşma sağlamak zordur.• Su sıcaklığının 100 °C' den yüksek olduğu uygulamalarda, suyun buhar basıncına uygun tankların kullanılması gereklidir.

2.3.1.2. Gizli ısı depolama

Maddelerin faz değişimi esnasında, iç enerjilerindeki artış ile sabit sıcaklıkta faz değiştirerek ısı depolama olayıdır. Faz değiştiren maddeler (FDM), duyulur ısı depolayan maddeler ile karşılaştırıldığında daha yüksek depolama yoğunluğuna sahip olduğu ve sabit sıcaklıkta faz değişiminden yararlanılarak büyük oranda enerji alışverişinin mümkün olduğu görülür. Bu yöntemin bir diğer avantajı da, gizli ısı depolama maddesinin faz değiştirmesi(donma- erime), sınırlı sıcaklık aralığında veya hemen hemen sabit basınçta meydana gelmesidir. Ayrıca, faz değiştiren maddelerin

küçük sıcaklık değişimleri nedeniyle bir miktar duyulur ısının da depolanması mümkündür. Fakat depolanan bu enerji faz değişim gizli ısısı yanında küçük kalır. Çakıl taşı ve suya göre daha pahalı sistemlerdir.

Gizli ısı depolamanın diğer tekniklere göre bazı üstünlükleri şunlardır:

- Duyulur ısı depolamaya göre ısı depolama kapasitesi yüksektir ve ısı deposu hacmi daha küçüktür.
- FDM birim kütlesinin ısı depolama kapasitesi yüksektir.
- FDM'lerin faz değiştirme sıcaklıkları, sabit sıcaklıkta depolama ve geri kazanma için uygundur.
- Sabit sıcaklıkta ısı gerektiren uygulamalar için uygundur.
- Büyük ısı depolama sistemlerinde ekonomik olarak uygulanabilir.

Bu avantajlarına karşılık özellikle ticari değeri olan inorganik maddeler açısından bazı sıkıntılar bulunmaktadır. Bunlar:

- Uygulama alanlarında gereksinim duyulan sıcaklık aralığında kullanılabilen inorganik FDM sayısı azdır.
- Uzun kullanımlarda kararlılık göstermemektedirler. Sistemde en yüksek faydayı sağlamak için kullanım sayısını azaltmak gerekebilmektedir.
- Kapsüllendiklerinde kapsülden çok yavaşta olsa salınmaktadır. Bu da termal özelliklerinin değişmesine sebep olmaktadır.

Çizelge 12 Güneşle Ortam Isıtma ve Sıcak Su Üretimi Uygulamaları İçin Farklı Depolama Tekniklerinin Karşılaştırılması

Farklı ısı depolama ortamları	Duyulur ısı depolama		Gizli ısı depolama
	Su	Kaya	FDM(Katı-Sıvı)
İşlemin sıcaklık aralığı	Sınırlı	Geniş	Geniş (maddeye göre)
Küçük sıcaklık farkları için birim kütle ve birim hacim başına	Düşük	Düşük	Yüksek
Bulunabilme	Genel	Genel	Seçilen maddeye bağlı
Maliyet	Ucuz	Ucuz	Pahalı
Isıl çevrim kararlılığı	İyi	İyi	Veriler yetersiz
Özgül ısı	Yüksek	Düşük	Normal
Isıl iletkenlik	Normal	Düşük	Çok düşük

Bu sistemlerinde problemleri vardır. Bunlar;

- Büyük ısı transfer alanı gereklidir.
- Faz ayrımı
- Aşırı soğuma
- Ayrışma
- Hacim değişimi
- Yüksek maliyet
- Konu dışı erime (Fath 1998)

Faz değişim ısısına göre gizli ısı depolama, katı-gaz, sıvı-gaz, katı-katı faz dönüşümleri şeklinde gerçekleşmektedir. Katı-gaz ve sıvı-gaz dönüşümlerinin gizli ısıları yüksek olmasına rağmen, gazların sabit hacimde basınçlarının yüksek sabit basınçta ise hacimlerinin büyük olmasından dolayı enerji depolama için genellikle kullanılmazlar.

Katı-sıvı dönüşümleri; katı-gaz ve sıvı-gaz dönüşümleriyle karşılaştırıldığında, daha küçük gizli ısıya sahiptirler. Buna rağmen, katı-sıvı dönüşümleri küçük bir değişimle(%10 veya daha az) gerçekleşir (Sarı 2000). Bu nedenle, faz değişimiyle enerji depolama sistemlerinden daha çok katı-sıvı dönüşümleri tercih edilir.

Erime sıcaklığı T_e , katılma sıcaklığı T_k olan bir maddenin, katı halden sıvı hale geçerken depoladığı ısı miktarı;

$$Q = m.c_{pk} \cdot (T_e - T_k) + m.L_{ks} + m.c_{ps} \cdot (T_k - T_e)$$

Burada m maddenin kütlesi, L_{ks} erime gizli ısısı, c_{pk} maddenin katı haldeki özgül ısısı, c_{ps} ise maddenin sıvı haldeki özgül ısısıdır. Katı-sıvı değişimlerdeki bir maddenin erime gizli ısısı, o maddenin birim kütlesini katı halden sıvı hale dönüştürmek için gerekli olan enerjidir.

Bu tür depolamada, katı taneciklerin eriyerek ısıyı absorblaması veya eriyik kristallendiği ve katılaştığı zaman ısıyı ortama vermesi prensibi vardır. Herhangi bir kaynaktan katı ortama transfer edilen ısı, o maddenin erimesini ve bunun sonucunda da ısı enerjisinin depolanmasını sağlar. Isıya ihtiyaç duyulduğu zaman ortamda depolanan ısı enerjisi ortamdaki ısı yüklemeye tankı ya da uygun bir sisteme aktarılır. Gizli ısı depolamanın tercih edildiği alanlar şunlardır (Sarı 2000);

- a) Yüksek enerji yoğunluğu veya yüksek enerji kapasitesi gerektiğinde
- b) Sabit veya küçük bir sıcaklık aralığında enerji depolamaya ihtiyaç duyulduğu zaman
- c) Depo hacminin küçük olması gereken yerlerde

Çizelge 13 Farklı Tipteki Isıl Depolama Tekniklerinin Isı Transferi Özellikleri ve Ömürlerinin Karşılaştırılması (Takil 1999)

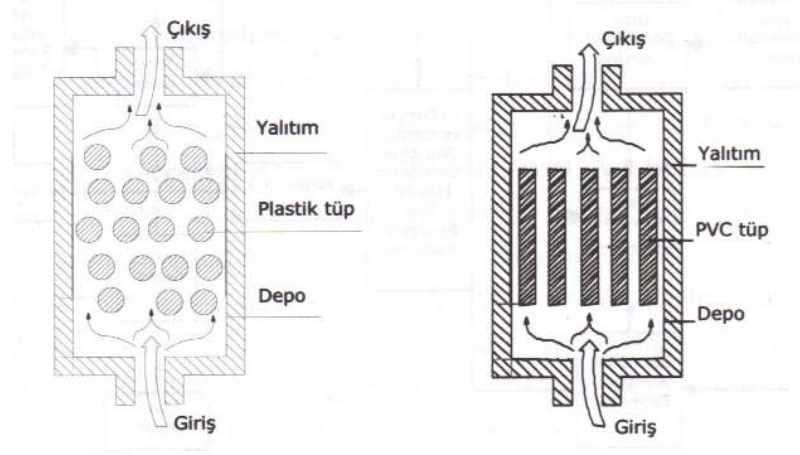
Farklı ısı depolama ortamları	Su	Kaya	FDM
Gerekli ısı değiştirici geometrisi	Basit	Basit	Karışık
Depolama ve boşaltma sıcaklık farkları	Büyük	Büyük	Küçük
Isıl tabakalaşma etkisi	Pozitif yönde	Pozitif yönde	Genel olarak mevcut değildir
Eş zamanlı depolama ve boşaltma	Mümkün	Mümkün	Özel bir ısı değiştiricisiyle
Güneş ısıtma ve soğutma sistemleriyle birleşmesi	Su sistemleriyle direkt birleşir	Hava sistemleri ile direkt birleşir	İndirekt olarak birleşir
Pompalar ve fanlar için maliyetler	Düşük	Yüksek	Düşük
Bilinen yapı malzemeleriyle gösterdiği korozyon	Korozyon giderilebilir	Korozif değildir	Elde edilen bilgiler sınırlı
Ömür	Uzun	Uzun	Kısa

Gizli ısı depolama sistemi, pasif bir sistemde en az iki, aktif sistemde ise en az üç bileşenden oluşmaktadır. Bunlar;

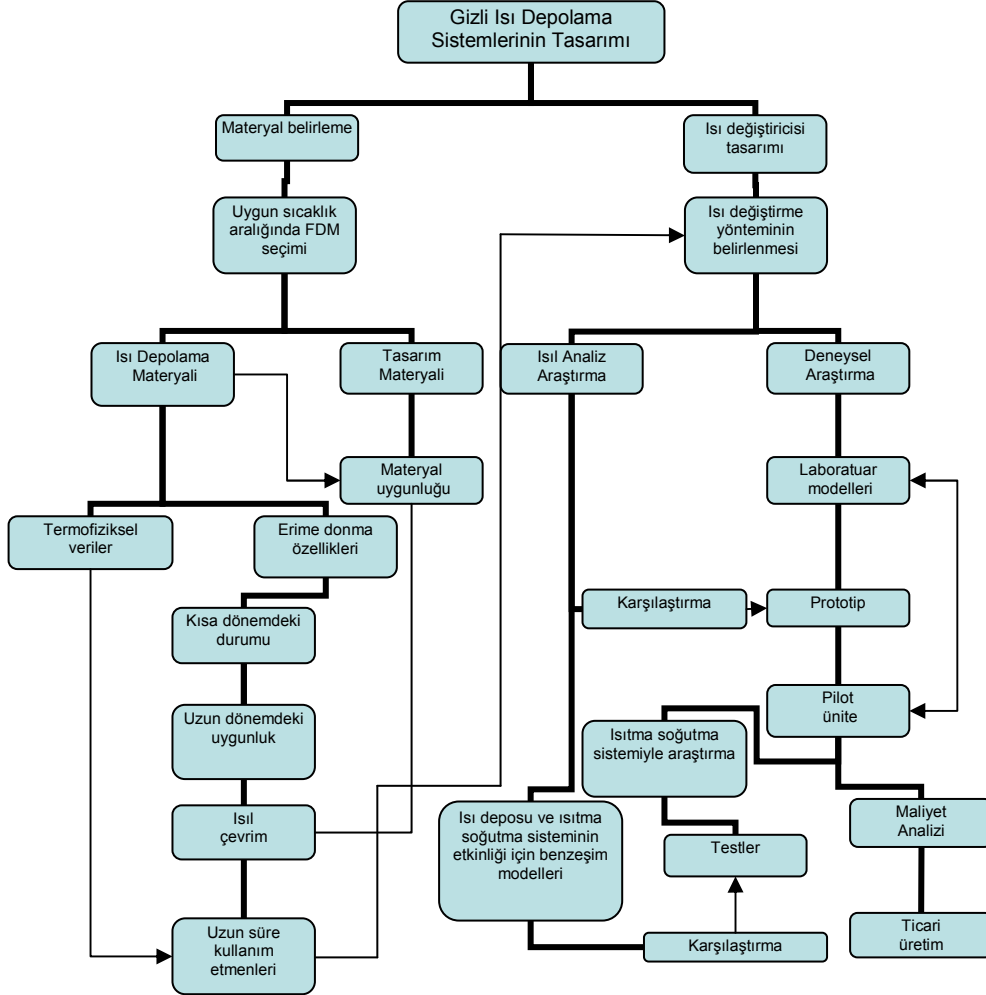
- 1) İstenilen sıcaklık aralığında, faz değişimine uğrayan ve ergime gizli ısı olarak ısı depolayabilen bir ısı depolama materyali (FDM)
- 2) FDM' nin yerleştirildiği bir depolama ünitesi
- 3) Isı kaynağından FDM' ye ve daha sonra FDM' de depolanan ısıdan yararlanılacak ortama ısı geçişi için bir ısı değiştiricisi

FDM genellikle, cidar kalınlığı ince olan küre, silindir veya küp şeklindeki kaplara doldurulması durumunda, faz ayrışması sorunu önemli oranda azalır. Ayrıca, çok sayıda ısı depolama ve geri kazanma işlemi gerçekleştirilebilir. Dolgulu yataklarda olduğu

gibi, bu tip bir düzenleme ile hacimsel ısı geçiş katsayısı da arttırılabilir. İlerine FDM doldurulmuş PVC tüpler, dikdörtgen şeklindeki depo içerisine yatay veya dűşey olarak yerleştirilebilir. Őekil 6' da bu tarz depolama ünitelerinin basit bir görünűşü verilmiştir. Őekil 7' de ise gizli ısı depolama sistemlerinin tasarımına ait bir akış Őeması verilmiştir.



Şekil 6 FDM Depolama Üniteleri



Şekil 7 Gizli Isı Depolama Sistemlerinin Tasarımı İçin Akış Diyagramı (Öztürk 2008)

Gizli ısı depolama sistemlerinde ısı değişimi için uygulanan yöntemler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

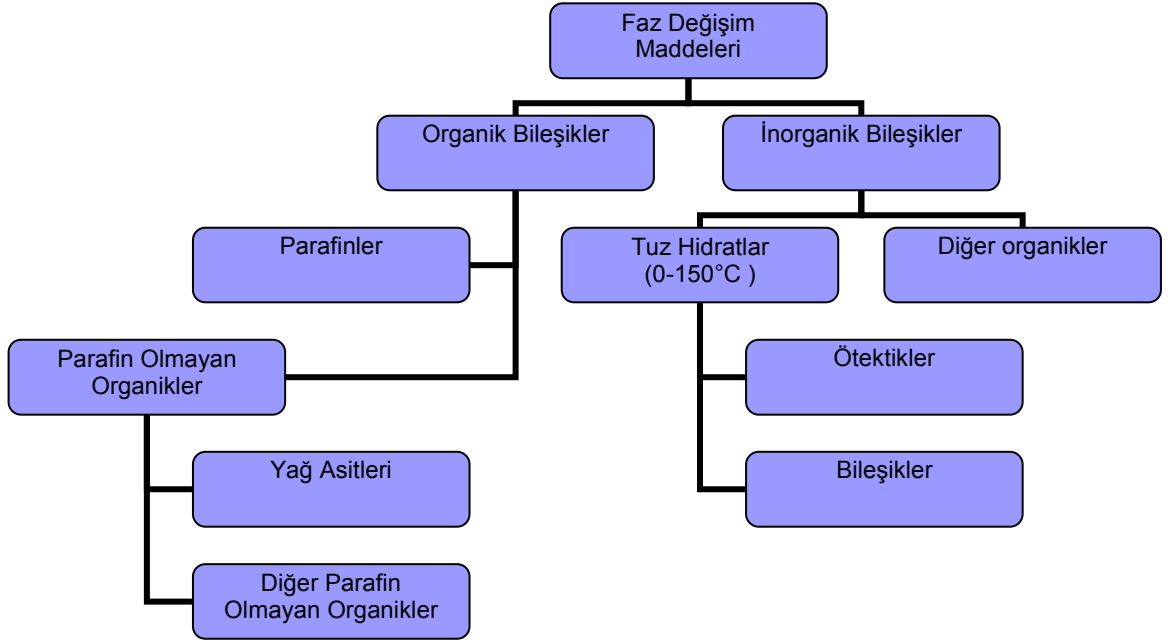
- 1) Derişik sulu çözelti içinde dıştan bir ısı değiştirici kullanmak
- 2) Derişik çözelti ile karışmayan bir ısı taşıyıcı akışkandan yararlanarak, doğrudan temas şeklinde ısı değişimi sağlamak
- 3) Derişik çözelti içerisine bir ısı değiştirici daldırmak

- 4) İçerisine FDM doldurulmuş tüp, şişe vb. şekillerdeki büyük veya küçük kapları bir depoya yerleştirmek ve depo boyunca ısı taşıyıcı akışkan dolaşımıyla doğrudan temasla ısı değişimini sağlamak
- 5) Kararlı özellikte ve büyük hacimdeki FDM içerisine ısı değiştirici daldırmak
- 6) Kararlı özelliklerdeki ve büyük hacimdeki FDM' de doğrudan temas şeklinde ısı değişimi sağlamak

Gizli Isı Depolama İçin Faz Değiştiren Materyaller

Isı enerjisini depolamak için ısıyı gizli ısı şeklinde tutabilen uygun bir sıcaklık aralığında faz değişimine uğrayan maddelerdir. FDM, ısıtma sistemi için ısı depolamak amacıyla, depolama sistemlerinde yaygın olarak kullanılır. (-20)-(+150) °C sıcaklık aralığında ergiyebilen FDM; güneş enerjisi, ısı pompaları vb. yardımıyla ısıtma ve soğutma sistemlerinde kullanılabilir. Yüksek ergime ısı ile 0-120 °C sıcaklık sınırlarında ergiyebilen çok sayıda organik ve inorganik yapıları materyal bulunmaktadır. Bir materyalin gizli ısı depolama sistemlerinde ısı depolama materyali olarak kullanılabilmesi için; termodinamik, kinetik ve kimyasal yönlerden belirli özellikler göstermeleri gerekir. Ayrıca materyalin maliyeti ve çok miktarda bulunabilir olması da dikkate alınmalıdır. FDM seçiminde dikkate alınan değişik ölçütler çizelge 14'te verilmiştir.

Güneş enerjisi ile ısıtma uygulamaları ve sıcak su üretimi için en uygun çalışma sıcaklığı sınırları 40-60 °C' dir. Özel uygulamalar için bu sınır değerler, 20-80 °C' ye kadar değişebilir. Güneş enerjisiyle soğutma uygulamaları için, 100 °C' ye kadar değişen sıcaklık değerleri gerekli olduğu halde, ısı pompası uygulamalarında 0 °C' nin altına inebilen daha düşük depolama sıcaklıkları istenir. Bu sıcaklık sınırlarında, faz değiştiren materyalleri Şekil 8' de görüldüğü gibi, organik ve inorganik bileşikler olmak üzere iki grup altında sınıflandırmak mümkündür (Kakaç ve ark. 1989).



Şekil 8 Faz Değiştiren Isı Depolama Maddelerinin Sınıflandırılması

İnorganik bileşiklerin ergime ısıları yüksektir. Organik bileşiklerin ergime sıcaklığı geniş aralıkta yer alır. Bununla birlikte, ısı depolama kapasiteleri daha düşüktür. Organik bileşiklerin birim hacimlerinin ısı depolama kapasitesi, inorganik tuzların yarısı kadar olup, $150-200 \text{ MJ/m}^3$ arasında değişir. Tuz hidratların ısı depolama kapasiteleri $250-400 \text{ MJ/m}^3$ arasındadır. Organik bileşikler, gerekli depo hacminin fazla olması gibi olumsuz özelliklere sahip olmakla birlikte, inorganik bileşiklerle karşılaştırıldığında, depolama materyali olarak bazı önemli özelliklere sahiptir.

- Uygun olarak ergime gösterirler.
- Kendi kendilerine kristalleşebilirler.
- Geleneksel tasarım malzemeleriyle uygun olarak kullanılabilirler (Öztürk 2008)

Çizelge 14 FDM Seçiminde Dikkate Alınan Değişik Ölçütler (Abhat 1983)

Termodinamik ölçütler	Kimyasal Ölçütler
Ergime noktası, istenilen çalışma sıcaklığı sınırlarında olmalıdır.	Kimyasal özellikleri değişmemelidir.
Birim kütesinin ergime ısısı yüksek olmalıdır.	Kimyasal ayrışmaya uğramamalıdır.
Küçük hacimli depolara yerleştirebilmek için yoğunluğu yüksek olmalıdır.	Depo malzemesi için korozif etkili olmamalıdır.
Fazla miktarda duyulur ısı depolamak için özgül ısısı yüksek olmalıdır.	Yanıcı, zehirli ve patlayıcı özelliklerde olmamalıdır.
Isı yükleme ve boşaltma esnasında sıcaklık farklarının düşük olması için ısı iletkenliği yüksek olmalıdır.	Ekonomik Ölçütler
Faz değişiminde ısı genleşme katsayısı düşük olmalıdır.	Bol miktarda ve kolay bulunmalıdır.
Materyal, tamamıyla eriyerek tekdüze ergime göstermelidir. Sıvı ve katı fazlar arasında yoğunluk farkı olursa, faz ayrışması gerçekleşir ve materyalin özelliği değişir.	Pahalı olmamalıdır.
Faz değiştirme sonucunda hacim değişimi az olmalıdır.	Kinetik Ölçütler
	Donma esnasında aşırı soğuma göstermemeli veya çok az göstermelidir. Erimiş madde kendi termodinamik donma noktasında kristalleşmelidir. Bunu sağlamak için çekirdekleşme ve kristalleşmenin büyüme hızları yüksek olmalıdır. Aşırı soğumayı önlemek için ortama çekirdekleştirici veya soğuk bir cisim ilave edilmelidir.

Faz değişim malzemesi seçiminde;

- Yüksek enerji depolama yoğunluğu
- Entalpi
- Uygun faz değişim sıcaklığı
- Aşırı soğuma / ısınma göstermeme
- Faz ayrımına uğramama

gibi bazı özellikler önemli kriterlerdir. Uzun süreli depolamalarda buna malzemenin ısı kararlılığı da eklenir (Mazman 2000)

Tuz Hidratlar

Tuz hidratların gizli ısılarından yararlanılarak yapılan enerji depolama işlemi; katı-sıvı faz değişim yöntemine uygun olarak gerçekleşir. Burada belirli inorganik tuzlar suda çözüneürler ve hidratları kristal şeklini alırlar. Isınma esnasında katı hidrat kristalleri kristalizasyon suyuna geçer. Susuz tuz, suda serbest kalarak çözüneür ve böylece sıvı çözeltili oluşur. Erime gizli ısısının ortamdandan transferiyle tuzun tekrar hidrat kristalleri halinde katılaşması sağlanır. Katılaşma süresince faz değişim sıcaklığındaki fark çok küçüktür (Sarı 2000). En sık kullanılan tuz hidratların bazı termo-fiziksel özellikleri Çizelge 15 ve Çizelge 16' da verilmiştir.

Çizelge 15 Enerji Depolamada En Çok Kullanılan Tuz Hidratlar (Sarı 2000)

Tuz hidratlar	Erime noktası	Yoğunluk (kg/m³)	Erime ısısı (kJ/kg)
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	31,6 °C	1460	252,16
Na ₂ CO ₃ .10H ₂ O	32-36 °C	1440	248,48
CaCl ₂ .6H ₂ O	27-32 °C	1710	187,49
Na ₂ HPO ₄ .12H ₂ O	36 °C	1520	274,22

Çizelge 16 İnorganik Tuz Hidratları ve Fiziksel Özellikleri (Takgil 1999)

Malzeme	Erime noktası	Erime ısısı (kJ/kg)	Yoğunluk (kg/l)	Isıl iletkenlik (W/mK)	Özgül ısı (kJ/kgK)
H ₂ O	0	333	0,998 (20 °C)	2,2 (katı) 0,6 (20 °C)	2,09(katı) 4,18(sıvı)
KF.4H ₂ O	18,5	231	1,447 (20 °C)	Veri yok	1,84(katı) 2,39(sıvı)
CaCl ₂ .6H ₂ O	29,7	171	1,710 (25°C) 1,496 (sıvı)	-	1,45(katı)
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	32,4	254	1,485 (katı)	0,544	1,93(katı)
Na ₂ HPO ₄ .12H ₂ O	35	281	1,520 (katı) 1,442 (sıvı)	0,514 (32 °C) 0,476 (49 °C)	1,70(katı) 1,95(sıvı)
Zn(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	36,4	147	2,065 (14 °C)	-	1,34(katı) 2,26(sıvı)
Na ₂ S ₂ O ₄ .5H ₂ O	48	201	1,73 (katı) 1,67 (sıvı)	-	1,46(katı) 2,39(sıvı)
Ba(OH) ₂ .8H ₂ O	78	267	2,180 (katı)	-	1,17(katı)
MgCl ₂ .6H ₂ O	116	165	1,57 (20 °C) 1,442 (78 °C)	-	1,72(katı) 2,82(sıvı)

Tuz hidratların ısı depolama açısından en önemli özellikleri şunlardır;

- Ergime gizli ısıları yüksektir.
- Ergime- Katılaşma sonucunda hacim değişimi azdır.

- Organik FDM' ler ile karşılaştırıldığında, ısıl iletkenlikleri yüksektir.
- Yoğunlukları kısmen yüksek olduğundan, basit depolama üniteleri geliştirilebilir.
- Korozif etkileri yoktur.
- Ucuz ve bol bulunurlar.

Tuz hidratlar, metalik kapları korozyona uğratabileceğinden, bu maddeler için plastik kapların kullanılmaması korozyon yönünden avantajlıdır. Ancak bu kez de ısı iletim problemi olacaktır (Esen 1994).

Tuz hidratların çoğunda karşılaşılan en önemli problem erime-katılaşma esnasındaki faz ayrımıdır. Erime esnasında açığa çıkan kristalizasyon suyu ortamdaki katı fazı çözmek için yeterli değildir. Katı faz sıvı faza göre daha yoğun olduğundan bulunduğu kabın alt kısmına çöker. Faz ayrılması; tersinir işlem esnasında çöken tuzun önemli bir kısmı ile kristalleşmesi gereken suyun bir faz yardımıyla birbirinden ayrılması şeklinde tanımlanır. Su-Kristal faz ayrımı problemini gidermek için aşağıdaki işlemlerden birine başvurulabilir

- a) Susuz tuzun çökmesini önlemek veya süspansiyonda daha az hidrat tutmak için koyulaştırıcı bir madde kullanmak. Tablo 17' de tavsiye edilen bazı süspansiyon maddeleri verilmiştir.
- b) Karıştırma, titreştirme gibi mekanik yöntemler kullanmak.
- c) Fazla su ilave ederek bu aşırı doygun hali ortadan kaldırmaktır. Dezavantajı ise saf tuz hidrata göre volimetrik ısı depolama kapasitesindeki kayıptır. Bundan dolayı daha geniş sıcaklık periyotlarıyla çalışan depolama sistemlerine ihtiyaç gösterecektir. Soğuma boyunca erime noktasının altındaki sıcaklıklar için sudaki tuzun çözünürlüğü, tuz hidratın kristalizasyonu sonucu sıcaklıkların azalmasıyla birlikte azalır. Böylece erime noktasının altındaki sıcaklıklarda depolama ortamı, katı bir tuz hidrat fazı ve çözeltisi içerir. Isıtma ve soğutma tekrarlanırken, tuz hidratın katı fazı tamamen çözeltiye girer ve çözeltisiz bir kristalizasyon oluşur.
- d) Faz ayrımını azaltmak için FDM' yi kapsül içerisine koymak.

Tuz hidratların birçoğunda karşılaşılan ikinci problem ise, katılaşma esnasında tuz hidratın aşırı soğumasıdır. Yani kristal oluşum hızı çok düşük olduğu için katılaşma işlemi erime sıcaklığında gerçekleşmez. Aşırı soğumadan dolayı FDM depoladığı enerji erime noktasında değil, ancak birkaç derece düşük sıcaklıkta geri verebilir. Bu aşırı soğuma problemi aşağıda verilen yöntemlerin biri ile azaltılabilir.

- Maddenin kristal yapısına benzeyen küçük bir kristal parçanın ilavesiyle faz değiştiren madde kristallerinin büyümesi sağlanabilir. Tablo 18’ de tuz hidratlarla yaygın olarak kullanılan bazı çekirdeklenme vasıtalarının listesi gösterilmiştir.
- Heterojen çekirdeklenmeyi ilerletmek için pürüzlü ısı değiştirici yüzeyi ve pürüzlü kapsül duvarları gibi mekanik vasıtalar kullanmak.

Çizelge 17 İnorganik Tuz Hidratlarda Kullanılan Bazı Koyulaştırıcı Maddeler (Takgil 1999)

FDM	Süspansiyon ortamlar
CaCl ₂ .6H ₂ O	Silika jel, Hidroksi etil selüloz
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	Poliakrilik asit
Na ₂ HPO ₄ .12H ₂ O	Nişasta
Na ₂ S ₂ O ₄ .5H ₂ O	Kağıt hamuru
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	Kil (Bentonit, attapulgit), thixotropik
Na ₂ CO ₃ .10H ₂ O	Polietilen oksit

Çizelge 18 İnorganik Tuz Hidratların Kullanımındaki Çekirdeklenme Maddeleri (Takgil 1999)

FDM	Çekirdeklenme Vasıtası	Aşırı Soğutma Derecesi	
		Çekirdeksiz	Çekirdekli
CaCl ₂ .6H ₂ O	BaCO ₃ , SrCO ₃ , BaF ₂ , SrF ₂	10-14	3-5
Zn(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	ZnO, Zn(OH) ₂	2-7	1-6
LiClO ₃ .3H ₂ O	KClO ₄ , Na ₂ SiF ₆ , K ₂ SiF ₆ , BaSiF ₆	2-8	0,5
KF.4H ₂ O	Süngertaşı	15-24	9,5
KF.2H ₂ O	Al ₂ O ₃	25-35	5-8
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	Boraks	14	2-5

Parafinler

Parafinler, oda sıcaklığında bal mumu kıvamına sahip mineral yağ ürünleridir. Parafinler alkali olarak isimlendirilen C_nH_{2n+2} ile karakterize edilen bileşiklerdir. Metandan pentana kadar oda sıcaklığında ve atmosfer basıncında gazlardır, fakat moleküllerin ağırlıklarının artmasıyla uçuculukları azalır. C_5H_{12} ile $C_{15}H_{32}$ arasındaki bileşikler sıvıdır ve onbeşden fazla karbon içeren bileşikler ise oda sıcaklığında mumsu katılardır (Takgil 1999). Bu maddelerin erime noktaları ve erime ısıları molekül ağırlığı ile birlikte artar. Böylece, karbon sayısı 14-40 ve erime noktası 6-80 °C arasında olan parafin hidrokarbonların ısı depolama için FDM olarak kullanmak mümkündür. Ayrıca, FDM olarak kullanılan bazı parafinlerin avantajları şunlardır:

- a) Bol ve ucuz olarak bulunabilirler.
- b) Korozif, zehirleyici ve oksitleyici değildirler.
- c) Geniş bir erime aralığına sahiptirler.
- d) Yüksek erime gizli ısısına sahip olabilirler.
- e) Faz geçişleri hızlıdır.
- f) Kimyasal olarak kararlıdır.
- g) Yoğunlukları düşüktür.
- h) Önemsiz miktarda aşırı soğuma gösterirler.
- i) Kendi kendilerine çekirdekleşebilirler.
- j) Erime noktasındaki hacim değişiklikleri düşüktür.
- k) Kapsüllenme tekniğiyle uyum gösterirler.
- l) Aşırı doygunlukları düşüktür.
- m) Yüksek nem kabiliyetine sahiptirler (Sarı 2000)

Ekonomik nedenlerden dolayı, gizli ısı depolamada FDM olarak sadece teknik esaslı parafinler kullanılabilir. Teknik yönden kaliteli parafinler, alkan serisindeki birçok bileşiklerin karışımından oluştuğundan, belli bir ergime noktasına sahip değildirler. Parafinde ısı depolayan sistemlerde, aşağıdaki nedenlerden dolayı çok sayıda ısı depolama çevrimi gerçekleştirilebilir;

- Faz değişimi uygundur.
- Aşırı soğuma oluşmaz.
- Kimyasal kararlılıklarını sürdürebilirler (ztrk 2008)

Parafinlerin FDM olarak en önemli iki olumsuz özelliği şunlardır;

- 1) Katı durumdaki ısıl genleşme katsayıları düşüktür.
- 2) Isıl iletkenlikleri düşüktür.

Parafinlerin ısıl genleşme katsayısının neden olduğu olumsuzluklar aşağıdaki yöntemler ile nlenebilir;

- Isı depolama ünitelerini elastik malzemeden tasarlamak
- Depolama nitelerinde emniyet için gerekli hacim belirlemek (ztrk 2008)

Ticari saflıktaki bazı parafinlerin termofiziksel özellikleri izelge 19’ da verilmiştir.

Çizelge 19 Teknik Saflıktaki Bazı Parafin Mumlarının Termofiziksel zellikleri (Sarı 2000)

Ticari saflıktaki parafin mumu	İlk sıcaklığı (°C)	İlk pik sıcaklığı (°C)		Entalpi (J/g)		Katı-sıvı faz dönüşüm entalpi	
		Erime	Katılaşma	Sıcaklık aralığı(°C)	Entalpi (J/g)	Sıcaklık aralığı(°C)	Entalpi (J/g)
PG	43,95	51,25	49,95	15,85-43,95	55,7	49,95-52,10	135,3
PSS	44,25	51,4	50,4	15,85-44,25	61,7	44,25-52,08	132,1
PSSH	43,85	51,5	50,15	15,85-13,85	60	43,85-52,05	136,9

Çizelge 20 Bazı Parafinlerin Termofiziksel Özellikleri (Buchlin 1988)

Parafin	C atom sayısı	Yağ hacmi	Donma noktası aralığı (°C)	Erime ile çıkan ısı kJ/kg	Yoğunluk kg/dm ³		Özgül ısı kJ/kg ^o K	Isıl iletim katsayısı W/m ^o K
					20 (°C)	70 (°C)		
– ¹⁾	C14	-	4,5	165	-	-	-	-
– ¹⁾	C15- C16	-	8	153	-	-	-	-
5913	C13- C24	20	22-24	189	0,900	0,760	2,1	0,21
Octodeca ne	C18	0	28	244	0,814	0,774	2,16	0,15
6106	C16- C28	5	42-44	189	0,910	0,765	2,1	0,21
P116	-	-	45-48	210	0,817	0,786	2,5	-
5835	C20- C33	< 0,5	48-50	189	0,912	0,769	2,1	0,21
6035	C22- C45	4	58-60	189	0,920	0,795	2,1	0,21
6408	C23- C45	< 0,5	62-64	189	0,915	0,790	2,1	0,21
6499	C21- C50	3	66-68	189	0,930	0,830	2,1	0,21

1) _ gereksiz detayı gösteriyor.

Parafin Olmayan Organikler

Parafin olmayan organik maddeler yağ asitleri, esterler, alkoller ve glikoller gibi geniş aralığı içerir. Literatürde erime aralığı 7-187 °C ve erime entalpisi, 42-250 kJ/kg olan yaklaşık yetmiş tane parafin olmayan maddenin ısı depolama amaçlı kullanılabilirler. Yağ asitleri birçok parafin ve tuz hidrata göre daha uygun erime noktasına sahip olduğundan dolayı bina ısıtma uygulamaları için tercih edilirler. Yağ asitleri mükemmel bir erime-katılma özelliğine sahiptirler yani aşırı soğuma davranışı göstermezler. En

büyük dezavantajları parafinlere göre maliyetleri daha yüksektir. Çizelge 21’ de bazı yağ asitlerinin özellikleri verilmiştir. Bu maddelerin temel özellikleri şunlardır;

- a) Yüksek erime ısısı
- b) Kolayca tutuşabilme
- c) Düşük ısı iletkenlik
- d) Düşük alevlenme noktası
- e) Çeşitli düzeylerde zehirlilik
- f) Yüksek sıcaklıklarda kararsızlık

Çizelge 21 Bazı Yağ Asitleri ve Termofiziksel Özellikleri (Takgil 1999)

Yağ asitleri (FDM)	Erime noktası (°C)	Erime ısısı kJ/kg kJ/dm ³		Yoğunluk kg/dm ³	Özgül ısı kJ/kgK	Isıl iletkenlik W/mK
Kaprilik asit	16,5	149	128	1,033(10°C) 0,862(80°C)	Veri yok	0,148(20°C)
Kaprilik asit	31,5	153	136	0,886(40°C)	-	0,149(40°C)
Laurik asit	42-44	178	155	0,870(50°C)	1,6	0,147(50°C)
Miristik asit	50,4- 53,6	187	158	0,844(80°C)	1,6(katı) 2,7(sıvı)	-
Palmitik asit	57,8- 61,8	187	159	0,847(80°C)	-	0,165(70°C)
Stearik asit	65,2- 68,5	203	191	0,941(40°C)	2,35(125°C)	0,715(70°C)

Ötektik Karışımlar

Saf bileşenlerden ayrı olarak organik veya inorganik bileşiklerin karışımları ile uygun erime sıcaklığına ve faz dönüşüm entalpisine sahip faz değişim maddeleri elde edilebilir. Ötektik bileşimdeki bir karışım, saf bir FDM’ nin sahip olduğu ısı iletkenliklere oldukça benzer bir davranış gösterirler. Bu özelliğinden dolayı ötektik karışımlar ısı enerji depolama uygulamaları için büyük bir potansiyele sahiptirler. Bu ötektikler erime

noktalarına göre soğutma orta veya düşük sıcaklıkta enerji depolama amacıyla kullanılabilirler. Bazı ötektiklerin fiziksel özellikleri Çizelge 22’ de verilmiştir.

Çizelge 22 Bazı Organik ve İnorganik Ötektik Karışımlar (Takgil 1999)

İnorganik Ötektikler (FDM)	Erime noktası (°C)	Erime gizli ısı (kJ/kg)
MgCl ₂ .6H ₂ O(%49,3)+Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O(%50,7)	58	132,3
Na ₂ SO ₄ (%32,5)+H ₂ O(%41,4)+NaCl(%6,66)+NH ₄ Cl(%6,16)	13	146
Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O(%61,5)+NH ₄ NO ₃ (%38,5)	51	131,5
Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O(%58,3)+ MgCl ₂ .6H ₂ O(%41,7)	58	106
CaCl ₂ .6H ₂ O+CaBr ₂ .6H ₂ O	14	140
LiNO ₃ (%27)+NH ₄ NO ₃ (%68)+NH ₄ Cl ₄ (%5)	81,6	111
Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O(%53)+Al(NO ₃) ₂ .9H ₂ O(%47)	61	148
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O(%67)+ Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O(%33)	30	136
Na ₂ SO ₄ (%31)+NaCl(%13)+KCl(%16)+ H ₂ O(%40)	4	234
Organik Ötektikler (FDM)		
Laurik- Kaprik asit	18	120
Laurik- Palmitik asit	33	145
Laurik- Stearik asit	34	150
Palmitik- Stearik asit	51	160
Propronamite(%25,1)+Palmitik asit(%79,9)	50	192

Faz Değişim Maddelerinin Yapı Malzemeleriyle Uyuşması

Düşük sıcaklıkta ısıl enerji depolama sistemlerinin ömrünün güvence altına alınabilmesi için yapı maddeleri ile faz değiştiren ısı materyallerinin uyuşması önemlidir. Faz değişim maddeleri ile yapı malzemelerin uyuşumu Tablo 23’ de verilmiştir.

Çizelge 23 Yapı Maddelerinin Faz Dönüşüm Malzemeleriyle Gösterdiği Uyum (Takgil 1999)

Isı Depolama Malzemeleri		FDM erime sıcaklığı (°C)	Testlerdeki erime sıcaklık düzeyi (°C)	A	B	C	D	E	F
i	1-laurik asit	44	65	+	+	0	+	+	+
	2- mum ester Loxiol 632	58	80	+	0	0	+	0	+
ii	3-LiClO ₃ .3H ₂ O	8,1	20	0	0	+	0	0	0
	4- CaCl ₂ .6H ₂ O	29,7	50	+	+	0	+	-	-
	5- Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	32,4	50	+	0	0	+	0	0
	6- Na ₂ HPO ₄ .12H ₂ O	35	55	+	+	0	+	-	-
	7- Zn(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	36,4	55	+	-	0	+	.	-
	8- Na ₂ S ₂ O ₃ .5H ₂ O	48	70	+	+	0	.	+	+
	9- CH ₃ COONa.3H ₂ O	58	60	0	0	+	0	0	0
	10- Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	116	140	0	0	+	0	0	0
iii	11- Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O(%64wt)+ Mg(NO ₃) ₂ .6 H ₂ O(%33wt)	59,1	60	0	0	+	0	0	0
	12- Mg(NO ₃) ₂ .6 H ₂ O (%52wt)+ MgCl ₂ .6H ₂ O(%47wt)	59,1	70	+	-	0	-	0	0

i) Organikler ii) İnorganik Tuz Hidratlar iii) İnorganik Ötektik bileşikler

+) Korozyon Dirençli -) Uygun Değil 0) Meta-FDM Çifti Araştırılmamış

A) Paslanmaz Çelik B) Yumuşak Çelik C) Kalay Kaplı Yumuşak Çelik

D) Bakır E) Al 99,5 F) AlMg₃

Faz değişim malzemesine depoluk eden kap malzemesinin korozyon direnci sistemin verimli ve uzun süreli kullanımı için önemlidir. Tuz hidratlar plastiklerle, organik maddeler metallerle (özellikle paslanmaz çelik) uyumludur. Seksen derecenin altında plastik ve alüminyum inorganik maddelerin depolanmasında, yüksek yoğunluklu polietilen şişeler ise organik-inorganik FDM' ler için rahatlıkla kullanılabilir. Yağ asitleri ise karbon çeliği ve bakırla uyumludur. Dengedeki bir kimyasal reaksiyonun

konsantrasyon-sıcaklık-basınç ilişkilerini incelemek için faz diyagramlarını kullanmak gerekebilir (Kıncay ve Örenel 2002).

Gizli Isı Depolama Sistemlerinin Etkinliği

Gizli ısı depolama sistemlerinin en önemli üstünlüğü, depolama ünitesinin küçük hacimli olmasıdır. Bu nedenle, ısı depolama ünitesinden daha az ısı kaybı oluşur. Gizli ısı depolama sistemlerinden aşağıdaki uygulamalarda daha etkin olarak yararlanılabilir

- Hacimsel enerji gereksinimlerinin yüksek olduğu, sera veya hayvan barınakları gibi bitkisel veya hayvansal üretim yapılan tarımsal yapıların iklimlendirilmesi
- Sabit veya düşük sıcaklık aralığında enerji gerektiren uygulamalar
- Isı deposu boyutlarının önemli olduğu durumlar (Öztürk 2008)

Gizli ısı depolama sistemlerinin etkinliği üzerinde etkili genel etmenler ve sistem tasarımında dikkate alınan etmenler Çizelge 24' de verilmiştir (Öztürk 2008).

Çizelge 24 Gizli Isı Depolama Sistemlerinin Etkinliği ve Tasarım Etmenleri

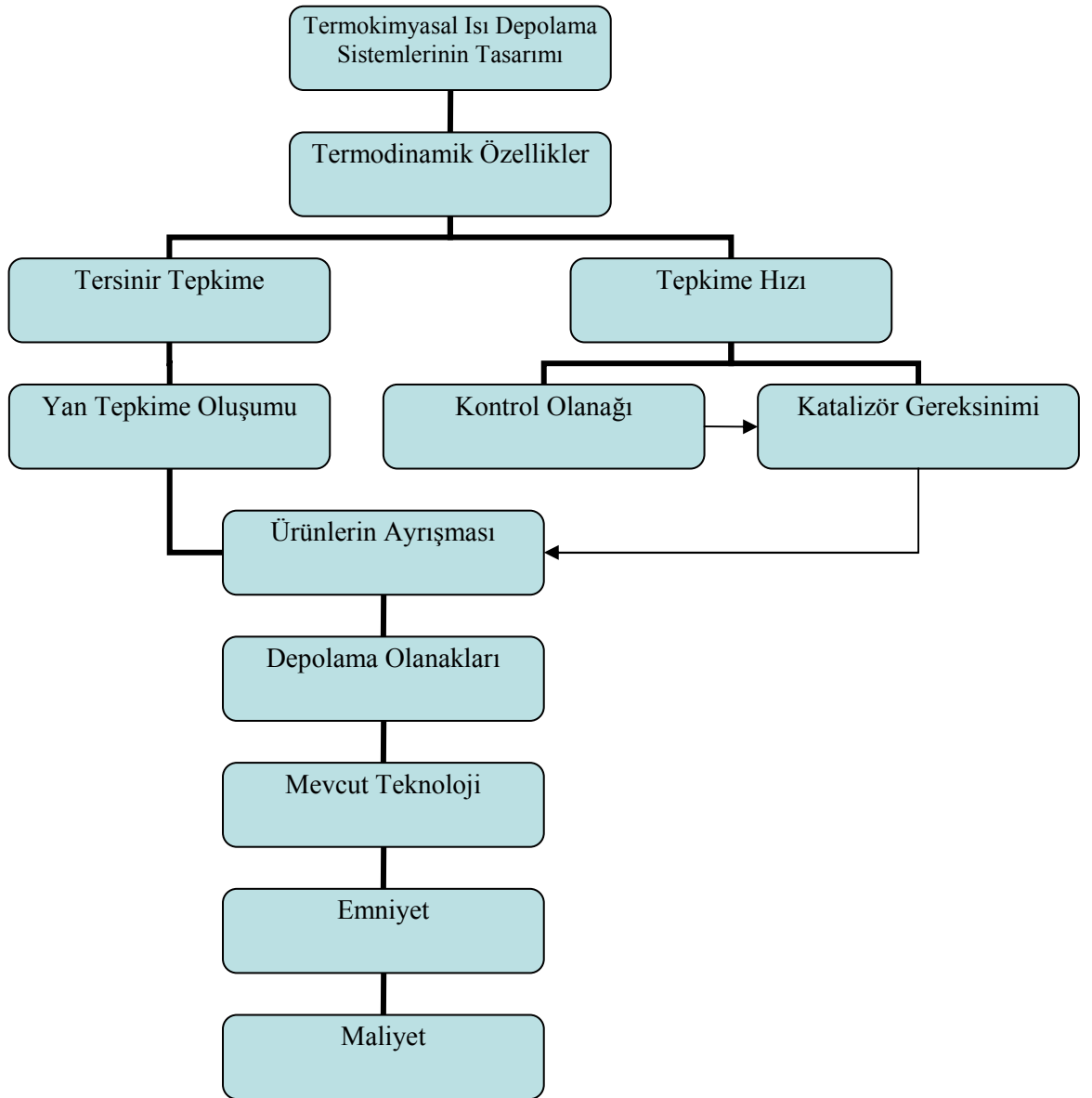
Sistem etkinliğinde etkili etmenler	Tasarımda dikkate alınan etmenler
FDM' nin termofiziksel özellikleri	Isı depolama için sıcaklık aralığı tanımlanmalıdır.
Ergime katılma süresince ısı geçişi	Belirli sıcaklık aralığında ısı iletkenliği uygun FDM seçilmelidir.
Isı değiştirici malzemesi	Katı fazdaki ısı genleşme katsayısı uygun olan FDM seçilmelidir.
Isı değiştirici tasarımı	Depolama ve geri kazanma işlemlerinin aynı ısı değiştirici kullanılarak gerçekleştirilmesi durumunda, ısı değiştirici tasarımına gereken önem verilmelidir.
Isı taşıyıcı akışkan hızı	Isı geçişi gerçekleşen yüzey alanını arttırmak için, FDM ile ısı taşıyıcı akışkanın doğrudan teması gibi etkin yöntemler uygulanmalıdır.
Isı taşıyıcı akışkanın termofiziksel özellikleri	Isı geçiş hızının azalmaması için, ısı değiştirici kullanılmalıdır.
Sıcaklık, ısı geçişi ve depolanan ısının zamanla değişimi	Sistemde korozyonu önleyici kimyasal maddeler kullanılmalıdır.
FDM ve ısı taşıyıcı akışkan arasındaki düşük sıcaklık farkıyla, depolanan ısının uygun olarak taşınması	Geri kazanılacak ısı miktarının belirlenmesinde, çalışma ve bekleme sürelerindeki ısı kayıpları dikkate alınmalıdır.
Isı deposunun ortalama sıcaklığı	Isı deposundaki basınç azalması, sistemde kullanılan fanlarla karşılanabilecek bir değerde tutulmalıdır.
Isı depolama ünitesi	FDM' nin ısı deposu malzemesiyle uygunluğu araştırılmalıdır.
Isı geri kazanma süresi	FDM için laboratuvar testleri yapılmalıdır.
Isı deposunun yalıtımı	Depolanan ve geri kazanılan ısı miktarı ile bu işlemler için tüketilen enerji miktarı dikkate alınarak, ekonomik uygulanabilirlik saptanmalıdır.
Isı deposunda oluşan ısı kayıpları	

2.3.1.3. Termokimyasal yöntemle ısı depolama

Isı enerjisi kimyasal enerjiye dönüştürülerek uzun süre depolanabilmelidir. Termokimyasal ısı depolama yönteminde, ekzotermik olarak tepkimeye girebilen iki veya daha fazla kimyasal bileşikte, tersinir tepkimeler süresince, kimyasal bağlarda ısı

depolanır. Depolama sisteminin ömrü ilke olarak sınırsızdır. Kimyasal bağların tersinir olarak ayrışma ve birleşmesi sırasında, ısı değeri yüksek olan kimyasal tepkimeler gerçekleştiğinden, ısı depolama kapasitesi genellikle yüksektir.

Termokimyasal yöntemle ısı depolama sistemlerinin tasarım aşamalarını belirten akış diyagramı Şekil 15’ de verilmiştir.



Şekil 9 Termokimyasal Yöntemle Isı Depolama Sistemlerinin Tasarımı (Öztürk 2008)

Isı depolama amacıyla yararlanılacak tepkimesinin aşağıdaki iki özelliği çok önemlidir;

- 1) Tepkime tersinir olmalıdır.
- 2) Yan tepkime oluşmamalıdır.

Termokimyasal yöntemle ısı depolama sistemlerinin tasarımında önemli olan termodinamik özellikler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Tepkimenin gerçekleşme hızı ve kontrolü
- Tepkime için katalizör gereksinimi

Termokimyasal yöntemle ısı depolama sistemlerinin toplam maliyetinde aşağıdaki etmenler etkilidir;

- Tepkime sonucunda ayrışan ürünlerin depolanması
- Uygulanacak mevcut teknoloji

Güneş enerjisi depolamak amacıyla kullanılacak olan reaksiyon aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır.

- a) Reaksiyon tersinir olmalıdır.
- b) Fotosentezleştirici ortama ilave edilsin veya edilmesin, reaktant atmosferdeki güneş ışınımının mümkün olduğu kadar fazla kullanılmalıdır.
- c) Reaksiyon sonunda depolanan enerji en az 200 kJ/kg değerinde olmalıdır.
- d) Reaksiyon için seçilen maddeler ucuz olmalıdır.

Bu tip enerji depolama sistemlerinin istenmeyen bazı özellikleri;

- a) Reaksiyon ürünlerinin depolanmasında kullanılacak depoların maliyeti büyüktür.
- b) Zehirlenme, yanma ve benzeri tehlikelere karşı alınan emniyet tedbirleri teknik ve ekonomik güçlükler doğurabilir.

Termokimyasal Isı Depolamanın Uygulanabilirliği

Ortam iklimlendirme gibi düşük sıcaklıktaki uygulamalar için ısı depolamada, termokimyasal ısı depolama sistemlerinin duyulur ve gizli ısı depolayan sistemlerden önemli üstünlükleri vardır;

- Isı ortam sıcaklığında depolanabilir. Bu nedenle, ısı deposunun yalıtımı önemlidir.
- Isı depolama ünitesi olarak özel topaclar olmaksızın ortamdan ısı kazanılabildiğinden, sistemin maliyeti önemli oranda azaltılabilir.
- Isı depolama ve geri kazanma işlemleri sabit sıcaklıkta sürdürülebilir.
- Belirli bir hacim için ısı depolama kapasitesi yüksektir.
- Uzun süre için ısı depolanabilir.
- Depolanan ısı kolay bir şekilde taşınabilir.
- Tepkime sonunda oluşan kimyasal ürün, genellikle kayıp oluşturmaksızın soğuk olarak depolanabilir.

Güneş enerjisinin tersinir kimyasal tepkimelerle depolanması, gelişme aşamasında olan yeni bir yöntemdir. Düşük sıcaklıklardaki uygulamalar için, kimyasal tepkimelerle ısı depolanmasına ilişkin önemli gelişmeler sağlanmıştır. Bununla birlikte; aşağıda belirtilen olumsuzluklar termokimyasal ısı depolama yönteminin yaygın olarak uygulanmasını engellemektedir.

- Tepkimededen çıkan ürünlerin depolanması için pahalı depolama üniteleri gereklidir.
- Az sayıda laboratuvar ön çalışmaları dışında, sistem tasarımında bazı güçlüklerle karşılaşılabilir.
- Duyulur ve gizli ısı depolama sistemleriyle karşılaştırıldığında, kimyasal yöntemle ısı depolama sistemleri daha karmaşıktır.
- Sistem maliyetlerine ilişkin yeterli bilgi bulunmamakla birlikte, maliyet genellikle yüksektir.

- Toksik etki, yangın tehlikesi ve emniyetle ilgili olarak önemli sorunlarla karşılaşmaktadır (Öztürk 2008)

2.3.2. Isı depolama yöntemlerinin karşılaştırılması

Isı Depolama Materyallerinin Karşılaştırılma

Duyulur Isı depolama Materyallerinin Karşılaştırılma

Duyulur ısı depolamak için yaygın olarak kullanılan bir katı materyal olan taşın, ısı depolama kapasitesi sudan daha düşüktür. Bu nedenle aynı miktarda ısı depolamak için, sudan daha fazla hacimde taş kullanılması gerekir. Su ve taşın yoğunluk ve hacimsel ısı kapasitesi değerleri Çizelge 25’ de karşılaştırılmıştır. Belirli bir hacimdeki suyla, aynı hacimdeki taşın depolayacağı ısı miktarından 2,6 kat daha fazla ısı depolanabilir.

Çizelge 25 Su ve Taşın Yoğunluk ve Isı Kapasitesi (Perry ve Chilton 1972)

Isı depolama materyali	Yoğunluk (kg/m ³)	Isı kapasitesi (kJ/m ² °C)
Su	1000	4186
Taş	2240	1626,3
Su/taş		2,6

Duyulur ve Gizli Isı Depolama Materyallerini Karşılaştırma

İşletme sıcaklık aralığı 32-50 °C olan ve ısı depolama materyali olarak su ve Glauber tuzunun kullanıldığı iki farklı yöntemle ısı depolama sistemi Çizelge 26’ da karşılaştırılmıştır. Belirli bir hacimdeki Glauber tuzu, aynı hacimdeki suyun depolayacağı ısı miktarından 5,6 kat daha fazla miktarda ısı depolayabilir.

Çizelge 26 Su ve Glauber Tuzunun Isı Depolama Kapasitesi (Paksoy 1986)

Isı depolama materyali	Yoğunluk (kg/m ³)	Isı kapasitesi (kJ/m ³ °C)	İşletme sıcaklığı (°C)	Depolanan ısı miktarı
Su	1000	4186	32-50	4186.(50-32)=75384
Glauber Tuzu	1460	251,2-2093	32-50	[251,2x1460+2093x1460]x (50-32)=421756
Glauber tuzu/Su	-	-	-	421756/75384=5,6

Duyulur ve gizli ısı depolamak amacıyla kullanılan materyallerin bazı özellikleri, 10 °K sıcaklık farkında 10⁶ kJ ısı depolama kapasitesi için Çizelge 27’ de karşılaştırılmıştır. Duyulur ısı depolamak için kullanılan katı materyaller ve su, gizli ısı depolamak amacıyla kullanılan FDM’ ye oranla daha ucuzdur. Bununla birlikte, FDM’ nin daha düşük hacimlerde ve yüksek sıcaklıklarda ısı depolama üstünlükleri vardır.

Çizelge 27 Duyulur ve Gizli Isı Depolama Materyallerinin Karşılaştırılması (Hahne 1996)

Özellikler	Isı depolama materyalleri		
	Katı materyal	Su	FDM
Özgül ısı kapasitesi (kJ/kg K)	0,8	4,2	2
Faz değiştirme sayısı (kJ/kg)	-	-	234
Yoğunluk (m ³)	2240	1000	1600
Depolama kütlesi (kg)	125000	23800	4300
Depolama hacmi (m ³)	70	30	3,5
FDM’ ye oranla kütle artışı	29	6	1
FDM’ ye oranla hacim artışı	21	9	1

FDM ile karşılaştırıldığında aynı miktarda ısı depolama kapasitesi için, kütsel olarak 6 ve hacimsel olarak da 9 kat daha fazla su gereklidir. Benzer karşılaştırma katı materyaller için yapıldığında, 29 kat daha fazla depolama kütlesi ve 21 kat daha fazla depolama hacmi gereklidir. Sıcaklık farkı 20 °K olduğunda, aynı miktar ısı depolamak için belirtilen rakamlar 2 kat azalır.

Isı Depolama Materyallerini Karşılaştırma

Duyulur, gizli ve termokimyasal ısı depolama materyallerinin bazıları Çizelge 28' de karşılaştırılmıştır. Isı depolama materyalleri arasında, termokimyasal ısı depolama materyallerinin ısı depolama kapasitesi diğerlerine kıyasla en yüksek düzeydedir. Bununla birlikte, termokimyasal yöntemle ısı depolama için gerekli kütle ve hacim miktarı da düşüktür.

Çizelge 28 Isı Depolama Materyallerinin Karşılaştırılması (Shigeishi 1987)

Özellikler	Duyulur ısı depolama materyali		Gizli ısı depolama materyali	Kim. Isı depolama materyali
	Su	Çakıl	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	$\text{NH}_4\text{Br}_{(s)} \leftrightarrow \text{NH}_3_{(g)} + \text{HBr}_{(g)}$
Özgül ısı (kJ/kg °C)	4,18	0,84	2,09	-
Ergime ve tepkime ısı (kJ/kg)	-	-	251	1910
Yoğunluk (kg/m ³)	10 ³	2,56x10 ³	1,55x10 ³	2,43x10 ³
Enerji yoğunluğu (kJ/kg)	209	42	355	1910
Enerji yoğunluğu (kJ/kg)	209x10 ³	107x10 ³	552x10 ³	5540x10 ³
Gerekli kütle (kg)	2x10 ⁴	10x10 ⁴	1,18x10 ⁴	0,22x10 ⁴
Gerekli hacim (m ³)	20	39	7,6	0,9

2.3.2.2. Isı depolama yöntemlerini karşılaştırma

Duyulur ve Gizli Isı Depolama Yöntemlerini Karşılaştırma

Güneş enerjisiyle ısıtma ve sıcak su elde edilmesi için, duyulur ve gizli ısı depolama yöntemleri Çizelge 29 'da karşılaştırılmıştır. Çizelgede verilen karşılaştırma, 40 °K sıcaklık farkında ve 10^6 kJ ısı depolama kapasitesi için yapılmıştır. Gizli ısı depolama sistemlerinde kullanılan ısı depolama ünitelerinin, plastik malzemedan tasarlandığı ve malzemenin 5 yıl sonra bozulmaya başladığı kabul edilmiştir.

Çizelge 29 Duyulur ve Gizli Isı Depolama Yöntemlerinin Karşılaştırılması (Kakaç ve ark. 1989)

Isı depolama materyalleri açısından karşılaştırma			
Özellikler	Duyulur ısı depolama		Gizli ısı depolama
	Su	Taş	FDM (Katı-Sıvı)
Sıcaklık aralığı	Sınırlı (0-100 °C)	Geniş	Materyale bağlı
Özgül ısı	Yüksek	Düşük	Orta
Isıl iletkenlik	Arttırılabilir	Düşük	Çok düşük
Düşük sıcaklık farkında birim kütle ve hacim için ısı depolama kapasitesi	Düşük	Düşük	Yüksek
Isıl çevrimde kararlılık	İyi	İyi	Veriler yetersiz
Bulunma durumu	Bol	Yaklaşık bol	Materyale bağlı
Maliyet	Ucuz	Ucuz	Pahalı
Isı geçişi özellikleri ve yararlanma süreleri açısından karşılaştırma			
Isı değiştirici tasarımı	Basit	Basit	Karmaşık
Isı depolama ve geri kazanma süresince sıcaklık farkı	Yüksek	Yüksek	Düşük
Isıl katmanlaşma etkisi	Olumlu	Olumlu	Genellikle yok
Eş zamanlı ısı depolama ve geri kazanma	Mümkün	Mümkün	Uygun ısı değiştiricisi ile mümkün
Güneş enerjisiyle ısıtma/soğutma sistemleriyle birlikte tasarım	Sulu sistem	Havalı sistem	Dolaylı tasarım
Pompa, fan vb. için giderler	Düşük	Yüksek	Düşük
Korozyon oluşumu	Önlenbilir	Yok	Veriler yetersiz
Kullanım süresi	Uzun	Uzun	Kısa

Su kullanılarak ısı depolama uygulamalarında karşılaşılan en önemli sorun, uzun dönemde korozyon oluşmasıdır. Fazla miktarda ısı gereksiniminin karşılanabilmesi için, ısı depolama materyali olarak su kullanılması durumunda, geniş hacimli depolara

gereksinim duyulabilir. Duyulur ısı depolama materyali olarak su kullanılan, büyük ısı depolama ünitelerinde yaygın olarak iki sorunla karşılaşılır;

- 1) Isıl tabakalaşma
- 2) Kabuklaşma

Katı materyal kullanılan dolgulu yatak şeklindeki ısı depolama ünitelerinde, korozyon ve kabuklaşma sorunlarıyla karşılaşılmaz. Bununla birlikte, ısı depolama ünitelerinin boyutları büyük olduğundan, sistemin toplam maliyeti artabilir. Kaya parçalarının kullanıldığı duyulur ısı depolama ünitelerinin kullanım süreleri uzundur.

Gizli ısı depolama sistemleri, bazı FDM'lerin

- Kimyasal özelliklerinin değişmesi
- Miktarının azalması

nedeniyle, en pahalı ve kullanım süresi en kısa olan karmaşık sistemlerdir. FDM ve depo malzemesi arasındaki kimyasal etkileşim nedeniyle, FDM' nin belirli bir süre sonra ısı depolama özelliği azalır. İlk yatırım maliyetlerinin düşük olduğu bu sistemlerde, faz değişimine ilişkin karşılaşılan sorunlar giderildiğinde etkin olarak ısı depolama uygulanabilir.

Duyulur, gizli ve termokimyasal ısı depolama yöntemleri arasındaki temel farklar Çizelge 30'da verilmiştir.

Çizelge 30 Farklı Isı Depolama Yöntemleri Arasındaki Temel Farklar (Öztürk 2008)

Özellikler	Isı depolama yöntemleri		
	Duyulur ısı depolama	Gizli ısı depolama	Termokimyasal ısı depolama
Depolama kapasitesi	Düşük	Düşük	Yüksek
Geri kazanma sıcaklığı	Değişebilir	Sabit	Sabit veya değişebilir
Yalıtım	Gerekli	Gerekli	Gerekli değil
Isı kayıpları	Fazla	Fazla	Az
Tasarım	Kolay	Oldukça güç	?

Bu yöntemlerin uygulanabilirlik açısından bazı önemli özellikleri Çizelge 31’ de karşılaştırılmıştır. Duyulur ve gizli ısı depolama yöntemleriyle karşılaştırıldığında, termokimyasal yöntemle ısı depolamanın bazı üstünlükleri aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Isı depolama kapasitesi yüksektir.
- Ek ısı kaybı oluşturmadan, uzun süre ısı depolamak mümkündür.
- Tepkime sonucunda oluşan ürünler, yalıtım gereksinimi olmadan ortam sıcaklığında depolanabilir.
- Depolanan ısı uzun mesafelere taşınabilir.

Çizelge 31 Isı Depolama Yöntemlerinin Karşılaştırılması (Wettemark 1989)

Özellikler	Isı depolama yöntemleri		
	Duyulur ısı depolama	Gizli ısı depolama	Termokimyasal ısı depolama
Depolama kapasitesi	Geniş sıcaklık aralığı olmadıkça düşüktür.	Orta düzeydedir. Yüksek sıcaklıklarda artar.	Genellikle yüksektir.
Yalıtım gereksinimi	Var	Var	Yok
Çalışma sıcaklığı	Değişebilir	Sabit	Değişebilir
Teknoloji	Mevcut	Bazı sıcaklıklar için mevcut	Genellikle mevcut değil
Kullanım süresi	Belirsiz olarak uzun	Çevrime bağlı olarak genellikle sınırlı	Yan tepkimeler sık sık sorun oluşturur
Taşınabilirlik	Normal olarak uzun	Kısa mesafeler için mümkün	Uzun mesafeler için mümkün
Isı kayıplar	Yalıtım durumunda bağlıdır. Sadece geniş hacimli ısı depolarında uzun süre depolamada oluşabilir.	Yalıtım durumuna bağlıdır. Sadece büyük hacimli ısı depolarında, uzun süreli depolamada oluşabilir.	Isı kaybı ürünün soğutulması için gereklidir. Ek ısı kaybı oluşmadan uzun süre depolama mümkündür.

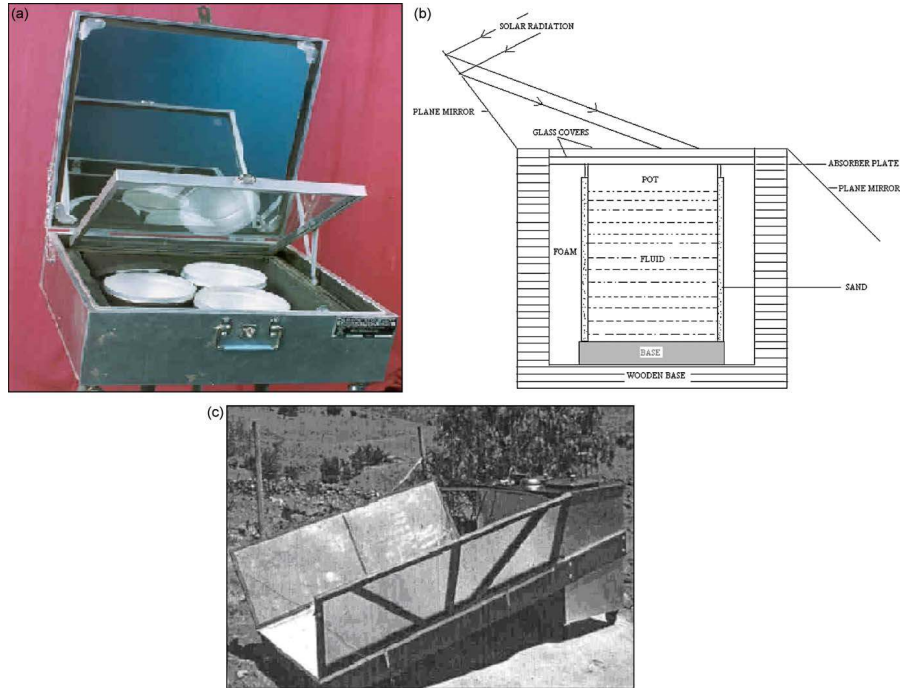
2.4.Enerji Depolamalı Güneş Ocakları

Termal enerji depolama enerji ihtiyacı ve tüketimi arasındaki dengesizlik nedeniyle önem kazanmıştır. Güneş ocakları termal ısı enerjisi depolayabilmek için enerji depolama malzemesi içermelidirler. Bu yöntem yoğun bulutlu günlerde ve akşam saatlerinde pişirme sürecinin devam edebilmesi için bir gerekliliktir. Termal enerji maddenin iç enerjisindeki değişim olarak depolanabilir. Dört farklı metot uygulanabilir.

- Duyulur ısı depolamalı güneş ocakları
- Gizli ısı depolamalı güneş ocakları
- Termokimyasal ısı depolamalı güneş ocakları
- Bu üçünün kombinesi depolamalı güneş ocakları (Muthusivagami ve ark. 2008).
-

2.4.1. Duyulur ısı depolamalı güneş ocakları

Duyulur ısı depolama, katı ya da sıvı maddelerin sıcaklığını yükselterek termal enerji depolanmasıdır. Şekil 16'da duyulur ısı depolamalı güneş ocaklarının çeşitleri gösterilmiştir.



Şekil 10 Kutu Tipi Güneş Ocaklarında Duyulur Isı Depolama a) Makine Yağı b) Kum c) Bitkisel Yağ

Şekil 10 a'da Nahar tarafından geliştirilmiş, enerji depolama maddesi olarak makine yağı kullanılmış duyulur ısı depolamalı güneş ocağı gösterilmiştir (Nahar 2003). Dış kutu 22 SWG galvanizli metal sacdan imal edilmiştir. İç kutusu ise 22 SWG alüminyum sacdan imal edilmiştir. Dış kutunun boyutları 610 mm x 610 mm x 200 mm' dir, iç kutunun boyutları ise; üst kısımda 450mm x 450mm x 80mm, alt kısımda 415 mm x 415 mm x 80 mm'dir. Dış ve iç kutu arasında kalan boşluk 5 kg makine yağı ile

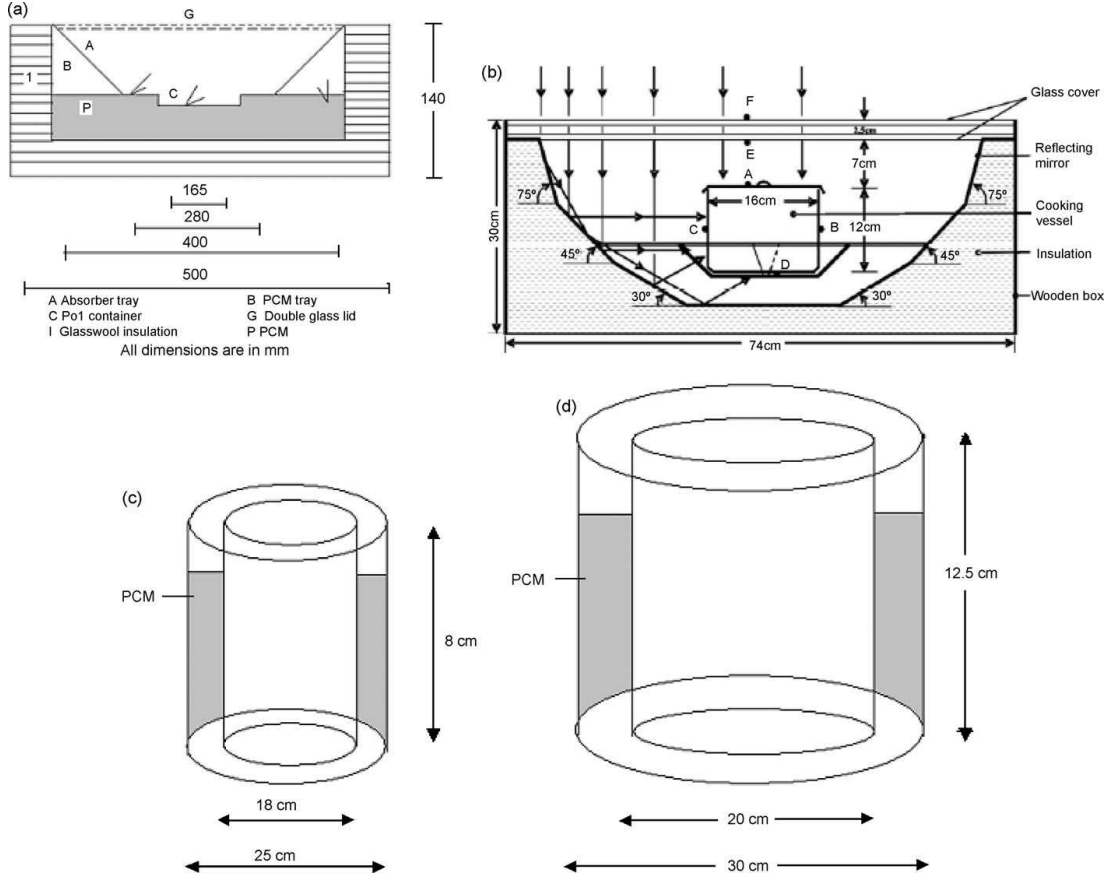
doldurulmuştur. Dış kutunun etrafı cam yünü ile doldurularak ahşap çerçeve yapılmıştır. Alüminyum sacın yüzeyi siyah boyayla boyanmıştır. 4mm kalınlığında açılabilir cam kutunun üstüne monte edilmiştir. Çerçeve sızdırmazlığı sağlamak için kauçuk conta kullanılmıştır. 4mm kalınlığında düzlem ayna yansıtıcı kutunun üstüne sabitlenmiştir. Bu yansıtıcı ocakta kapak olarak kullanılabilir şekilde monte edilebilir. Yansıtıcı açısı mevsime bağlı olarak 0° - 120° arasında değişebilir. Modelin bitmiş ölçüleri 610 mm x 610 mm x 275 mm'dir. 200 mm çapındaki 4 tencereyi aynı anda kullanmak mümkündür (Muthusivagami ve ark., 2008).

Şekil 10 b'de Ramadan ve arkadaşlarının modellediği, enerji depolama malzemesi olarak kum kullanılan duyulur ısı depolamalı güneş ocağı gösterilmiştir (Ramadan ve ark.1998) Bu model sadece açılan bir ahşap kutudan ibarettir. İç kutunun ölçüleri 250 mm x 250 mm x 300 mm'dir. Absorber tabaka olarak bakır kullanılmıştır ve bu tabaka mat siyah boya ile boyanmıştır. Kutunun üstü 3 mm kalınlığına sahip cam tabaka ile kapatılmıştır. 300 mm x 300 mm boyutlarında 4 yansıtıcı levha kullanılmıştır. Bu yansıtıcılar güneş ışınlarının geliş açısına göre ayarlanabilecek şekilde monte edilmiştir. NiCr- Ni termokuplları pişiricinin farklı yerlerine yerleştirilerek günde 6 saat güneşlenme ile 3 saat boyunca yemek pişirme yapılabildiği gözlemlenmiştir (Muthusivagami ve ark., 2008).

Şekil 10 c'de Schwarzer ve Silva'nın geliştirdiği, depolama malzemesi olarak bitkisel yağ kullanılan duyulur ısı depolamalı güneş ocağı gösterilmiştir (Schwarzer ve Silva 2003)

2.4.2. Gizli enerji depolamalı güneş ocakları

Bu bölümde farklı tipteki gizli enerji depolamalı güneş ocaklarından bahsedilecektir.



Şekil 11 Gizli Isı Depolamalı Kutu Tipi Güneş Ocakları a) Buddhi Modeli b) Domanski Modeli c) Sharma Modeli d) Buddhi- Sharma Modeli

Şekil 11 a'da Buddhi ve Sahoo'nun tasarladıkları gizli enerji depolamalı güneş ocağı gösterilmiştir (Buddhi ve Sahoo 1997) Bu modelde enerji depolama malzemesi olarak stearik asit (ergime sıcaklığı 55 °C, ergime gizli ısı 161 kJ/kg) kullanılmıştır. Bu modelde FDM'nin katılması sırasında FDM'den pişirme kabına geçen ısı oranının az ve geceleri yemek pişirmek için gereken zamanın çok olduğu görülmüştür (Muthusivagami ve ark. 2008).

Şekil 11 b'de ise Domanski ve arkadaşlarının geliştirdiği gizli ısı depolamalı güneş ocakları görülmektedir (Domanski ve ark. 1995). 1,5 mm kalınlığındaki alüminyumdan yapılmış dış çapı 180 mm iç çapı 140 mm olan silindirik kabın arasındaki boşluğa FDM

doldurup bu kapları pişirme tabanına değecek şekilde modele yerleştirmiştir. Kullanılan FDM 1,1 kg stearik asit (erime sıcaklığı 69 °C) ya da 2 kg magnezyum nitrat hegzahidrat (erime sıcaklığı 89 °C). Farklı koşullar altında FDM'nin ergime ve katılaşması esnasında güneş ocağının performansı değerlendirildi. Ocağın performansının güneş ışınımına, FDM'nin termo-fiziksel özelliklerine ve pişirilen gıdanın ortalama kütlesine bağlı olduğunu gözlemladiler (Muthusivagami ve ark. 2008).

Sharma ve arkadaşları Şekil 11 c' de gösterilen silindirik FDM depolama ünitesini geliştirdiler. 2 mm kalınlığındaki alüminyumdan yapılmış dış çapı 250 mm, iç çapı 180 mm, yüksekliği 80 mm olan silindirik kabın arasındaki boşluğa asetamid (erime sıcaklığı 82 °C, ergime gizli ısısı 263 kJ/kg) olan FDM doldurdular. FDM kabı ile iç duvarlar arasındaki ısı transferini arttırmak için silindik kabın etrafına boyutları 10 mm x 30 mm olan 8 kanatçık yerleştirdiler. Kış Őartlarında 15.30 dan önce tam bir depolama yapılırsa bu sistem ile gece bir kez daha pişirme yapılabileceğini gözlemladiler. Akşamları yemek pişirebilmek için kullanılan FDM'nin ergime sıcaklığının 105 °C -110 °C arasında olması gerektiğini vurguladılar. (Sharma ve ark. 200)

2.5. Güneş Ocaklarının Matematik Modellenmesi

Gizli enerji depolamalı güneş ocaklarının en temel sorunu FDM'nin düşük iletkenliğidir. Faz değişimi sırasında katı-sıvı ara yüzeyi ısı transferi gerçekteşen yüzeyden ayrılır. Isı transfer yüzeyindeki etkiyi arttırmanın bir yolu FDM'nin bulunduğu konteynırın yan duvarlarının iletkenliği yüksek bir malzeme ile doldurmaktır. Faz değişimi sırasındaki ısı ve kütle dengesi sağlandığında hareketli sınır ve/veya bölgenin oluşmasını ortadan kaldırmak zordur. Faz değişim problemlerinin sayısal çözümlerinde genel olarak kullanılan iki yaklaşım vardır. Bunlar sonlu farklar metodu ve sonlu elemanlar metodudur. Hareketli sınır problemlerinin çözümlerinden biri entalpi formülizasyonudur (Comini ve ark. 1974). Entalpi metodu tek bilinmeyen değerin FDM sıcaklığı olduğu ve erime-katılaşmanın üniform bir sıcaklıkta gerçekteşiği durumlarda kullanılır. Entalpi metodunda entalpinin sıcaklığa bağlı bir değişken olduğu kabul edilir (Swaminathan ve Voller 1993). Bu tarz depolama

ünitelerinde ergime veya katılaşma oranının ve sıcaklık dağılımının tahmin edilmesi önemlidir.

Çizelge 32 Kutu Tipi Güneş Ocaklarında Kullanılan FDM'lerin Termofiziksel Özellikleri (Chen ve ark. 2007)

Özellikleri	Mg(NO ₃).6H ₂ O	Stearik Asit	Asetamid	Asetanilit	Eritretol
Ergime sıcaklığı (C ⁰)	89	55.1	82	118.9	118
Ergime gizli ısı (kJ/kg)	162.8	160	263	222	339.8
Yoğunluk (kg/m ³)					
Sıvı	1636	965	1159	1210	1480
Katı	1550	848	998	1020	1300
Özgül ısı (kJ/kg C ⁰)					
Sıvı	1.84	1.6	1.94	2.0	1.38
Katı	2.51	2.2	1.94	2.0	2.76
Isıl iletkenlik (W/m C ⁰)					
Sıvı	0.49	0.172	0.5	0.5	0.326

Çizelge 33 Çeşitli Konteynır Malzemelerinin Termofiziksel Özellikleri (Chen ve ark. 2007)

Malzeme adı	Isıl iletkenlik (W/m °C)	Yoğunluk (kg/m ³)	Özgül ısı (kJ/kg °C)
Cam	0.78	2700	0.840
Paslanmaz Çelik	7.7	8010	0.500
Kalay	64	7304	0.226
Alüminyum Alaşım	137	2659	0.867
Alüminyum	204	2707	0.896
Bakır	386	8954	0.383

Chen ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada gizli ısı depolama sistemlerinin sayısal çözümlemesinde aşağıdaki kabulleri yapmışlardır.

- FDM'nin termo-fiziksel özellikleri ve kanat malzemesinin özellikleri sıcaklıkla değişmemektedir.
- FDM'nin tamamı başlangıçta katı fazdadır.
- FDM homojen ve izotropiktir.

d) Yalnızca iletimle ısı transferi olmaktadır.

Faz değişimine uğrayan malzemede sabit termo-fiziksel özellikler için enerji dönüşümleri sıcaklık ve toplam hacimsel entalpi aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \Delta(k_k(\Delta T))$$

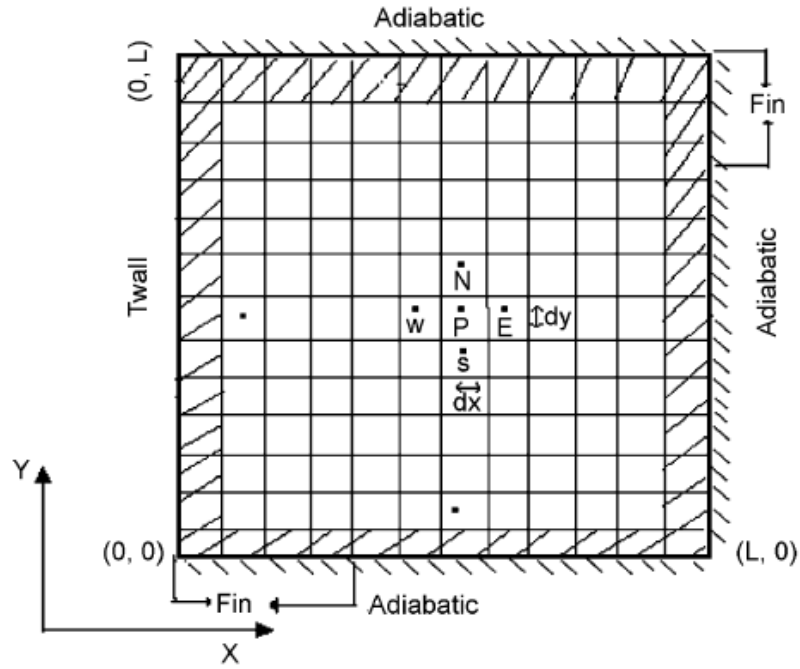
Burada H toplam hacimsel entalpi olup şu şekilde hesaplanabilir.

$$H = h + \rho_1 f \lambda$$

$$h = \int \rho_k c_k dT$$

İzotermal faz değişiminde, sıvı kısmın erimesi şu şekilde ifade edilir;

$$f = \begin{cases} 0 \rightarrow T < T_m (\text{katı}) \\ 0-1 \rightarrow T = T_m (\text{katı - sıvı}) \\ 1 \rightarrow T > T_m (\text{sıvı}) \end{cases}$$



Şekil 12 İki Boyutlu Modelleme

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial X} \left(\alpha \frac{\partial h}{\partial X} \right) + \frac{\partial}{\partial Y} \left(\alpha \frac{\partial h}{\partial y} \right) - \rho_1 \lambda \frac{\partial f_1}{\partial t} \quad (1)$$

Kanatlar içinse aşağıdaki eşitlik kullanılabilir;

$$\frac{\partial h_f}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial X} \left(\alpha \frac{\partial h_f}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial Y} \left(\alpha \frac{\partial h_f}{\partial y} \right) \quad (2)$$

1 numaralı eşitlik tamamen kapalı sonlu farklar metodunun çözümü için kullanılır. FDM'nin her kontrol hacmi için bu eşitlik kullanılabilir (Voller 1990)

Bu eşitlik $\Delta x = \Delta y$ için;

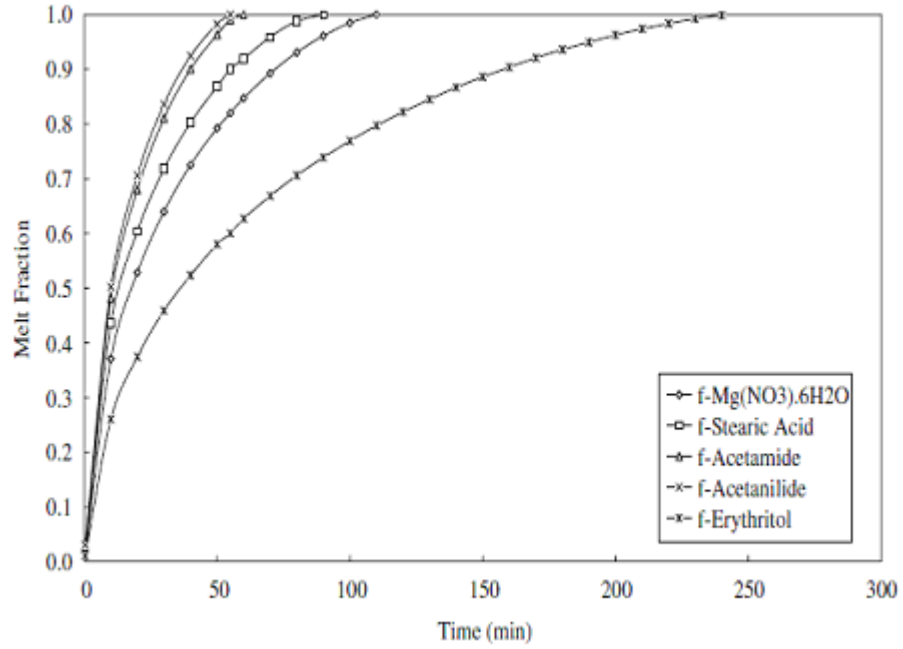
$$\begin{aligned} h_p &= h_p^0 + \alpha R [h_E - 4h_p + h_w + h_N + h_s] + \rho_1 \lambda [f_p^0 - f_p^k] \\ a_E h_E + a_W h_W + a_P h_P + a_N h_N + a_S h_S &= Q \\ a_E = a_W = a_N = a_S &= -\alpha R \\ a_P &= 1 - a_E - a_W - a_P - a_N - a_S \\ Q &= h_p^0 + \rho_1 \lambda (f_p^0 - f_p^k) \\ R &= \frac{dt}{(dx)^2} \end{aligned}$$

Burada, h_p^0 ve f_p^0 entalpi ve sıvı kısmın sırasıyla bir önceki zaman aralığındaki değerleridir. Üst indis k ise p noktasındaki k. iterasyonu simgelemektedir.

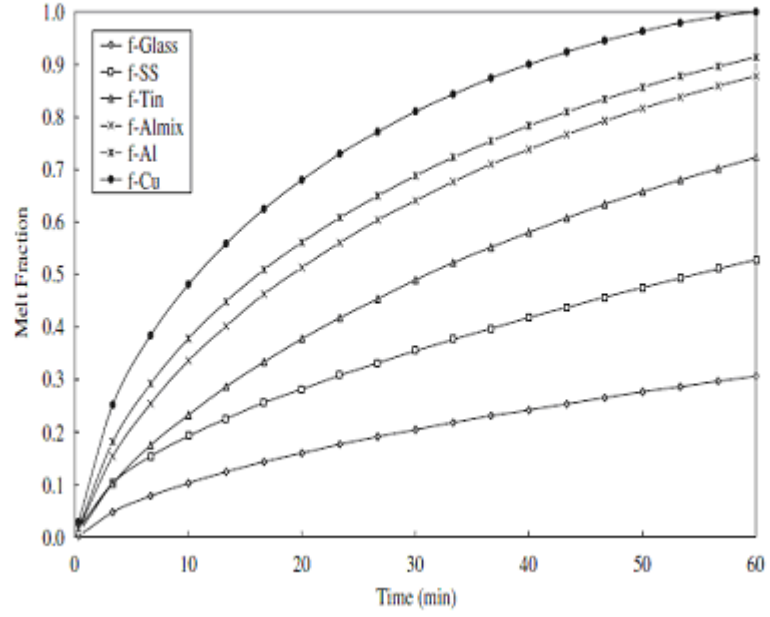
Chen ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 27 x 27' lik bir gride 25 x 25'lik alanı FDM olduğunu kabul ederek zaman adımlarını 20 saniye olarak bir model oluşturmuşlardır. FDM'nin ilk sıcaklığı ergime sıcaklığından 5 °C daha düşük ve ısıtma duvarı da ergime sıcaklığından 15 °C daha yüksek bir sıcaklıkta sabit olarak ayarlanmıştır. Çalışmalarında farklı özelliklerdeki konteynır malzemelerinin seçilen FDMlerin termofiziksel etkisini hesaplamışlardır. Bu çalışmanın sonuçlarında şu sonuçlar elde edilmiştir.

PCMs	Glass		Stainless steel		Tin		Aluminum mixed		Aluminum		Copper	
	i'	f	i'	f	i'	f	i'	f	i'	f	i'	f
Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	300	0.57	300	1.00	235	1.00	165	1.00	153	1.00	110	1.00
Stearic acid	300	0.68	208	1.00	176	1.00	126	1.00	118	1.00	87	1.00
Acetamide	300	0.77	202	1.00	139	1.00	93	1.00	85	1.00	60	1.00
Acetanilide	300	0.80	184	1.00	127	1.00	86	1.00	78	1.00	55	1.00
Erythritol	300	0.39	300	0.73	300	0.85	300	0.96	300	0.98	243	1.00

Şekil 13 Farklı Konteynır Malzemelerinde 300 Dakika Süresince FDM'nin Ergime Yüzdesi



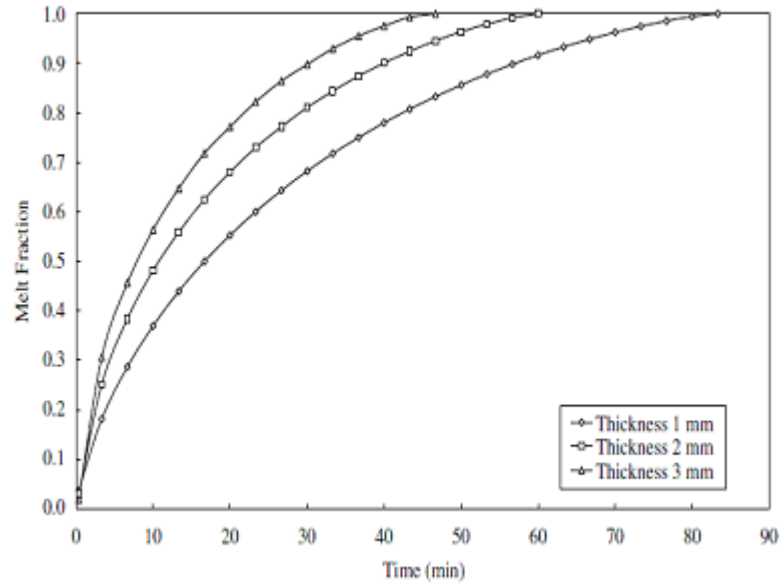
Şekil 14 Bakır Malzemede FDM'lerin Zamana Bağlı Erime Yüzdeleri



Şekil 15 Asetamid'in Farklı Konteynır Malzemelerinde 60 Dakikadaki Erime Yüzdesi

PCMs	Thickness (mm)	Glass		Stainless steel		Tin		Aluminum mixed		Aluminum		Copper	
		t^*	f	t^*	f	t^*	f	t^*	f	t^*	f	t^*	f
Mg(NO ₃) ₂ · 6H ₂ O	1	300	0.49	300	0.79	300	0.98	226	1.00	206	1.00	148	1.00
	2	300	0.57	300	1.00	235	1.00	165	1.00	153	1.00	110	1.00
	3	300	0.67	193	1.00	175	1.00	125	1.00	117	1.00	85	1.00
Stearic acid	1	300	0.58	300	0.95	244	1.00	172	1.00	159	1.00	116	1.00
	2	300	0.68	208	1.00	176	1.00	126	1.00	118	1.00	87	1.00
	3	300	0.82	135	1.00	133	1.00	97	1.00	91	1.00	68	1.00
Acetamide	1	300	0.68	300	1.00	211	1.00	136	1.00	122	1.00	83	1.00
	2	300	0.77	202	1.00	139	1.00	93	1.00	85	1.00	60	1.00
	3	300	0.88	136	1.00	101	1.00	69	1.00	64	1.00	46	1.00
Acetanilide	1	300	0.71	277	1.00	191	1.00	124	1.00	110	1.00	77	1.00
	2	300	0.80	184	1.00	127	1.00	86	1.00	78	1.00	55	1.00
	3	300	0.92	124	1.00	92	1.00	64	1.00	59	1.00	43	1.00
Erythritol	1	300	0.33	300	0.54	300	0.73	300	0.88	300	0.90	300	0.99
	2	300	0.39	300	0.73	300	0.85	300	0.96	300	0.98	243	1.00
	3	300	0.46	300	0.93	300	0.94	277	1.00	260	1.00	186	1.00

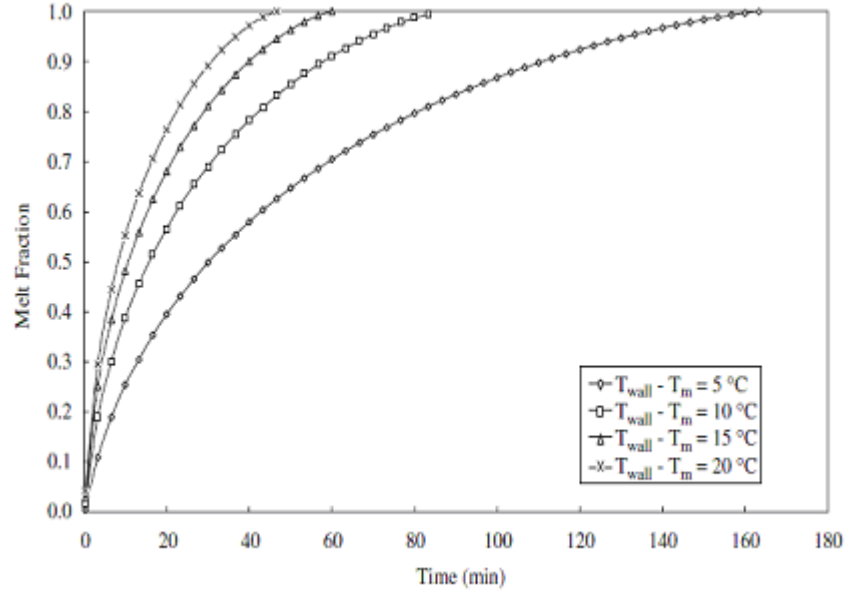
Şekil 16 Farklı Kalınlıklardaki Konteynır Malzemelerinde 300 Dakikada FDM'nin Erime Yüzdesi



Şekil 17 Farklı Kalınlıklardaki Bakır Malzemede Asetamid'in Erime Yüzdesi

PCMs	$T_{wall}-T_m$	Glass		Stainless steel		Tin		Aluminum mixed		Aluminum		Copper	
		i^*	f	i^*	f	i^*	f	i^*	f	i^*	f	i^*	f
Mg(NO ₃) ₂ · 6H ₂ O	5	300	0.32	300	0.58	300	0.76	300	0.89	300	0.92	299	1.00
	10	300	0.46	300	0.84	300	0.97	239	1.00	221	1.00	158	1.00
	15	300	0.57	300	1.00	235	1.00	165	1.00	153	1.00	110	1.00
	20	300	0.66	232	1.00	180	1.00	127	1.00	118	1.00	86	1.00
Stearic acid	5	300	0.38	300	0.74	300	0.88	300	0.98	300	0.99	227	1.00
	10	300	0.56	295	1.00	254	1.00	180	1.00	169	1.00	123	1.00
	15	300	0.68	208	1.00	176	1.00	126	1.00	118	1.00	87	1.00
	20	300	0.79	164	1.00	137	1.00	99	1.00	93	1.00	69	1.00
Acetamide	5	300	0.43	300	0.73	300	0.92	260	1.00	236	1.00	164	1.00
	10	300	0.62	293	1.00	203	1.00	136	1.00	123	1.00	86	1.00
	15	300	0.77	202	1.00	139	1.00	93	1.00	85	1.00	60	1.00
	20	234	0.83	156	1.00	106	1.00	72	1.00	65	1.00	47	1.00
Acetanilide	5	300	0.45	300	0.77	300	0.96	236	1.00	215	1.00	150	1.00
	10	300	0.65	266	1.00	185	1.00	124	1.00	113	1.00	80	1.00
	15	300	0.80	184	1.00	127	1.00	86	1.00	78	1.00	55	1.00
	20	280	1.00	143	1.00	97	1.00	66	1.00	60	1.00	43	1.00
Erythritol	5	300	0.21	300	0.40	300	0.54	300	0.65	300	0.68	300	0.79
	10	300	0.31	300	0.58	300	0.73	300	0.85	300	0.87	300	0.97
	15	300	0.39	300	0.73	300	0.85	300	0.96	300	0.98	243	1.00
	20	300	0.45	300	0.84	300	0.85	279	1.00	260	1.00	186	1.00

Şekil 18 Farklı Sıcaklık Farklarındaki Konteynır Malzemelerinde 300 Dakikada FDM'lerin Erime Yüzdeleri



Şekil 19 Farklı Sıcaklık Farklarında Bakır Malzemedeki Asetamid'in Erime Yüzdesi

Araştırma sonucunda şu sonuçlara ulaşılmıştır.

- 1) Seçilen FDM konteynırının ısı iletkenliği önemlidir.
- 2) Konteynırın ısı iletkenliği arttıka, FDM'nin tamamen ergime süresi azalmaktadır.
- 3) Konteynırın kalınlığı ergime üzerinde önemsizdir.
- 4) FDM'nin başlangıç sıcaklığının ergimeye etkisi çok azdır.
- 5) Sınır duvarlarının sıcaklıkları ergime süresince çok önemli bir role sahiptir ve ergime kesrine etkisi çok fazladır.

Bu teorik sonuçlardan yola çıkarak stearik asit ve asetamid'in kutu tipi güneş ocaklarında enerji depolama malzemesi olarak hem pişirme hem de geceleri yiyecekleri ısıtmak için farklı konteynır malzemeleri ile kullanılabileceği görülmüştür.

2.6. Deneysel Çalışmalarda Hata Analizi

Deneysel çalışmalar, incelenen sistemler hakkında daha doğru ve kesin bilgileri vermeleri bakımından her zaman sayısal ve analitik çalışmaların önünde yer almıştır.

Son yıllarda daha ucuz ve kolay olması nedeniyle sayısal çalışmalar ağırlık kazanmasına rağmen, bu çalışmalardan elde edilen sonuçların deneysel olarak desteklenmesi, deneysel çalışmaların önemini ayrıca artırmaktadır. Bununla birlikte deneysel çalışmalarda, elde edilen sonuçlar kadar önemli bir başka nokta; ölçülen değerlerin doğruluğudur. Doğruluğu etkileyen en önemli etken ise, deneyler sırasında farklı nedenlerden ortaya çıkabilecek hatalardır. Literatürde belirtilen standartlara uygun olarak kurulan bir deney düzeneğinde yapılan deneyler sonucunda elde edilen verilerde, hata iki farklı şekilde ortaya çıkabilir. Bunlardan biri, deney setinin ve ölçü araçlarının yapısından kaynaklanan hatalar, diğeri ise, deneyi yapan kişiden kaynaklanan hatalardır. Bahsedilen ikinci tür hataların, yetenekli bir deneycinin deneyleri yapması ile giderilmesi mümkündür. Fakat birinci tür hataların giderilmesi ve belirlenmesi her zaman mümkün olmayabilir. Bunun nedeni, hataların doğrudan deneyde kullanılan araç ve gereçlerin yapısından kaynaklanmasıdır. Bu hatalı genliklerin genellikle belli olmaması nedeniyle literatürde hata diye adlandırılmaktadır (Midilli 2001; Akpınar 2002).

Yukarıda genel olarak birinci tür hatalar diye ifade edilen, deneysel çalışma sonuçlarının belirsizliğini etkileyen hata tiplerinin üç ana grupta toplamak mümkündür (Holman 1971). Birinci olarak; deneyde kullanılan araç ve gereçlerin imalatından kaynaklanan hatalar, ikinci olarak; sebebi genellikle kesin olarak bilinmeyen, aynı büyüklüğün tekrar okunması sırasında ortaya çıkan sabit hatalar, üçüncü olarak; deney ve gereçlerinde rastgele elektronik salınımlardan, sürtünme etkilerinden vs. kaynaklanan rastgele hatalardır. Çoğu zaman sabit hatalar ile rastgele hataları birbirinden ayırt etmek zordur (Holman 1971). Sabit hatalar, deney sırasında okunan her değer için aynıdır ve uygun bir kalibrasyon ve düzeltme ile ortadan kaldırılabilir. Ölçü aletinin imalatının da doğru yapıldığı kabul edilirse, hata analizi; sabit ve rastgele hataları belirleyerek bunların deneysel sonuçlar üzerindeki etkilerinin ortaya konulmasıdır (Midilli 2001; Akpınar 2002).

Hata analizi sadece deneysel çalışmadan elde edilen sonuçların yorumlanmasında değil, aynı zamanda uygun ölçüm metodunun ve ölçü aracının seçiminde önemli rol oynamaktadır. Ölçülecek büyüklük ve ölçü araçlarının seçiminden önce hata analizinin

yapılması ve buna uygun büyüklük ve ölçüm aracının seçilmesi, sonuçların içinde yer alabilecek belirsizliğin minimuma indirilmesine yardımcı olacaktır (Midilli 2001; Akpınar 2002). Diğer taraftan, ölçülen büyüklüklerden hangisinin toplam hata üzerinde en etkin rol oynadığının tespit edilmesi, bu ölçümlerin daha hassas yapılması için önlem almayı gerektireceğinden sonuçların belirsizliğinin azaltılmasına ayrıca katkıda bulunacaktır. Deneysel çalışmalar literatürde bir hayli fazla olmasına, bu çalışmalarda, planlama aşamasından itibaren önemli bir yere sahip olan hata analiziyle ilgili sınırlı sayıda çalışmaya rastlanılmıştır (Moffat 1982). Ancak son yıllarda deneysel çalışmalardaki hata analizine verilen önem giderek artmakta, deneysel çalışmaların önemli ve vazgeçilmez bir bölümünü teşkil etmektedir (Midilli, 2001; Akpınar, 2002).

2.7. Gizli Enerji Depolama Çalışmaları

Enerji depolamalı güneş ocakları üzerine yapılan araştırmaların bir kısmı nümeriksel bir kısmı deneysel çalışmalardan oluşmaktadır. Bu çalışmalarda farklı sistem modellemeleri, farklı faz değişim malzemeleri, farklı yansıtıcı sayısı ve farklı yansıtıcı açılarıyla oluşturulan modellerin etkinlikleri incelenmiştir.

Ramadan ve arkadaşlarının (1988) modellediği, enerji depolama malzemesi olarak kum kullanılan duyulur ısı depolamalı güneş ocağı tasarlamışlardır. Bu model sadece açılan bir ahşap kutudan ibarettir. Bu araştırma sonucunda literatürdeki diğer güneş ocakları arasında enerji dönüşüm veriminin %28,4 oranında arttığı görülmüştür. Depolama malzemesi olarak FDM kullanılmasının uzun pişirme süreleri elde etmek için gerekli olduğu vurgulanmıştır. Pişirme kabının etrafına ince bir tabaka tuz hidrat ($Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$) kaplanması önerilmiştir.

Busnell (1988), güneş enerjisi depolamalı ısı eşanjörü modelledi ve bu model üzerinde değerlendirmeler yapmıştır. Bu çalışma güneş enerjisi ile pişirme kavramına doğru atılan önemli bir adım olarak kabul edilmektedir. Enerji depolamak için pentaeritrol'ün katı-katı geçişi esas alınmıştır.

Busnell ve Sohi (1992)' de FDM olarak pentaeritrol kullanılmış bir ısı eşanjörü tasarlamışlardır. Isı depolama süreleri ve yemek pişme sürelerini hesaplayarak, daha önce yapılan çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırıp, ocakların verimliliklerini kıyaslamışlardır.

Domanski ve arkadaşları (1995), güneşsiz saatlerde FDM kullanarak yemek pişirme olasılığını araştırmışlardır. Bu çalışmada ocak performansının güneşin parlaklığına, pişirilecek olan yiyeceklerin boyutuna, FDM' nin termo-fiziksel özelliklerine bağlı olduğunu saptamışlardır.

Buddhi ve Sahoo (1997), Hindista'nın iklim koşullarına uygun enerji depolamalı kutu tipi güneş ocağı tasarlamışlardır. Yemeklerin 95-97 °C' de piştiklerini gözlemlemişlerdir. Ayrıca literatürde erime sıcaklığı 95-105 °C arasında olan FDM'nin bulunmadığından bahsetmişlerdir.

Sharma ve arkadaşları (2000), literatürde bahsi geçen ergime sıcaklıklarına en yakın özelliklere sahip asetamid'i FDM olarak kullanmışlardır. Bu çalışmanın deneysel sonuçlarına göre, ocakların gece kullanımında güneş enerjisi depolamanın bir etkisinin olmadığı, 105- 110 °C arasında bir ergime sıcaklığı bulunan FDM kullanılırsa gece boyunca rahatlıkla pişirme yapılabileceği gözlemlenmiştir.

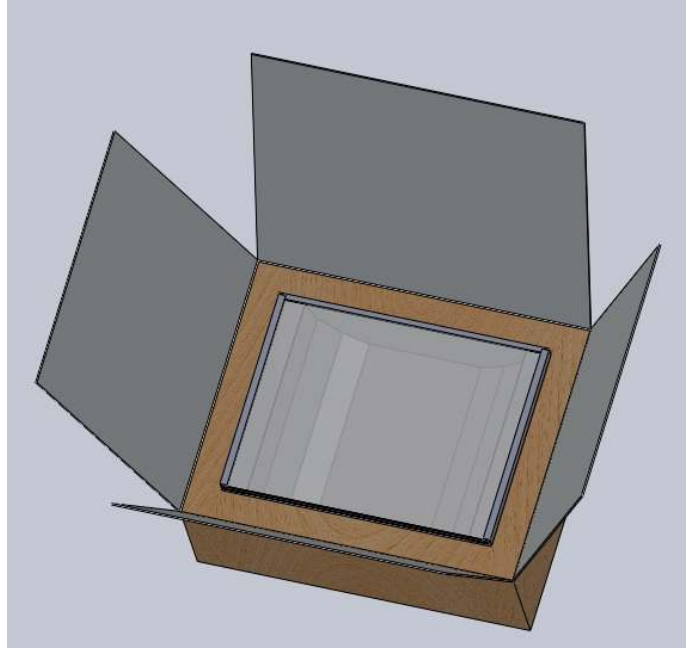
Buddhi ve arkadaşları (2003), gece pişirmeleri için FDM olarak asetanilit kullanmışlardır. Bu modelde ayarlanabilen üç yansıtıcı levha kullanmışlardır. Bu yansıtıcıların ocağın performansını arttırdığını gözlemlemişlerdir.

Kurt ve arkadaşları (2006) çalışmalarında yansıtıcılı ve yansıtıcısız kutu tipi güneş ocaklarındaki absorber tabaka, ocak içindeki hava ve pişirme kabının içindeki suyun sıcaklığını ölçmek için ANN modelini uygulamışlardır.

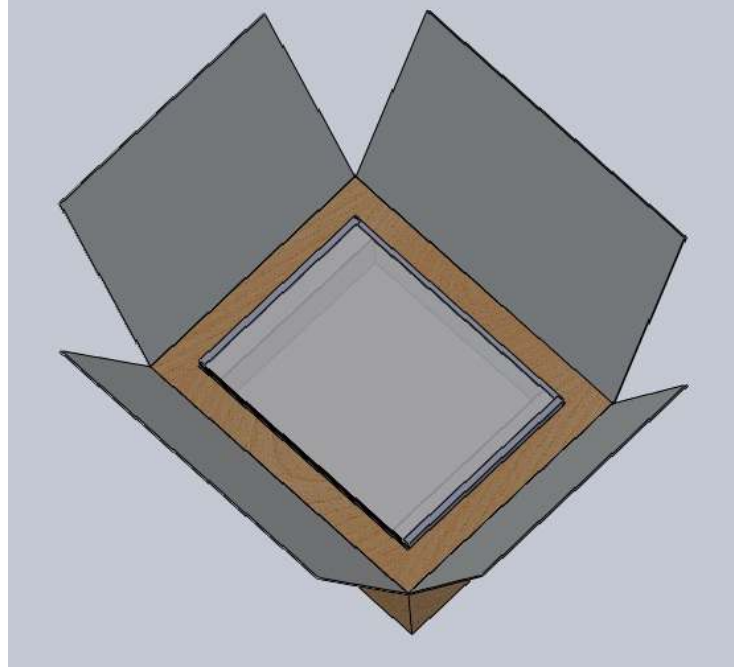
3. MATERYEL VE YÖNTEM

Çalışmada iki farklı model enerji depolamalı kutu tipi yansıtıcı güneş ocağı hazırlanmıştır. Bu iki farklı modelin üzerinde performans kıyaslaması yapılmıştır.

Bu modellerden biri Domanski ve arkadaşlarının (1995) hazırlamış olduğu eğimli yüzeyli kutu tipi güneş ocağı, diğeri ise Maria Telkes (1959) tarafından hazırlanmış olan basit tip güneş ocağıdır. Domanski ve arkadaşlarının hazırlamış olduğu modelin seçmiş olmamızın nedeni kullanımda olan modellerden farklı olmasıdır. Maria Telkes'in hazırlamış olduğu modeli seçmemizin nedeni ise bu alandaki araştırmaların temelini oluşturan bir çalışma olmasıdır. Fakat Maria Telkes'in hazırlamış olduğu model enerji depolamasız güneş ocağıdır. Çalışmamızda bu modelin enerji depolamalı şekli kullanılmıştır.



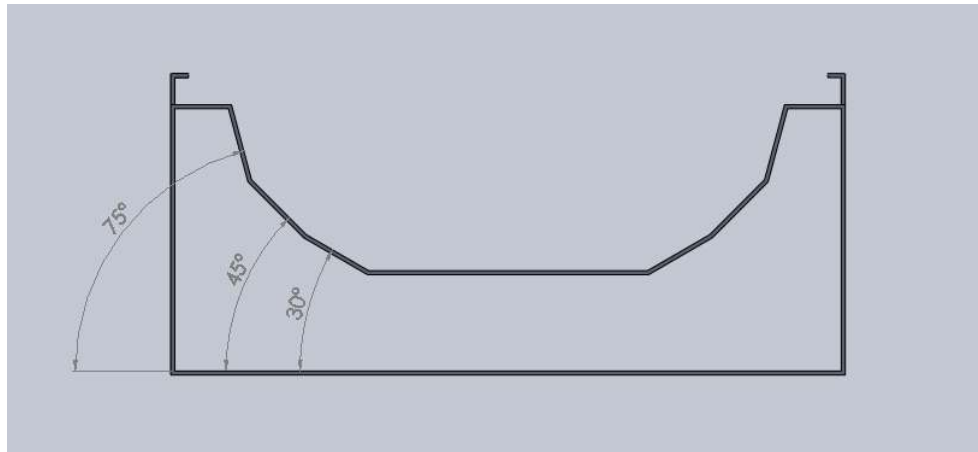
Şekil 20 Domanski ve arkadaşlarının çalışmalarından esinlenerek hazırlamış olduğumuz model



Şekil 21 Maria Telkes' in çalışmasından esinlenerek hazırladığımız model

Hazırlanan iki modelinde montajının bitmiş haldeki boyutları aynı olup 640 mm x 510 mm x 240 mm 'dir. Bu boyutlar ocakların günlük hayatta kolayca kullanılabilmesi ve istendiği zaman taşınabilmesi, yer değiştirebilmesi göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Amacımız her iki modele de aynı FDM' yi ekleyerek aynı koşullar altındaki çalışma performanslarını karşılaştırmaktır.

3.1. Modelleri Oluşturan Parçalar

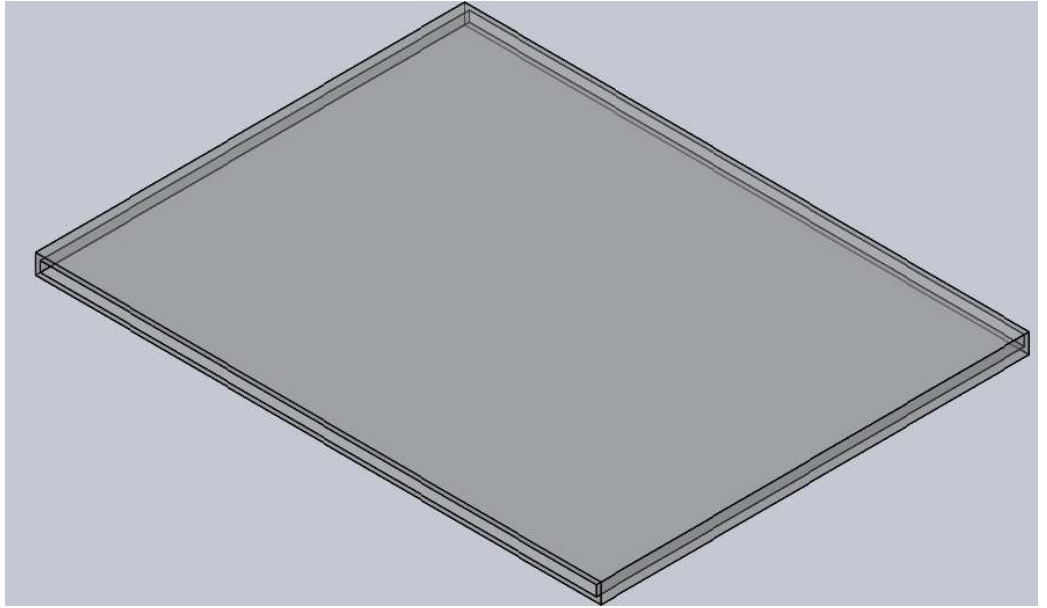


Şekil 22 İlk model alüminyum iç tabaka



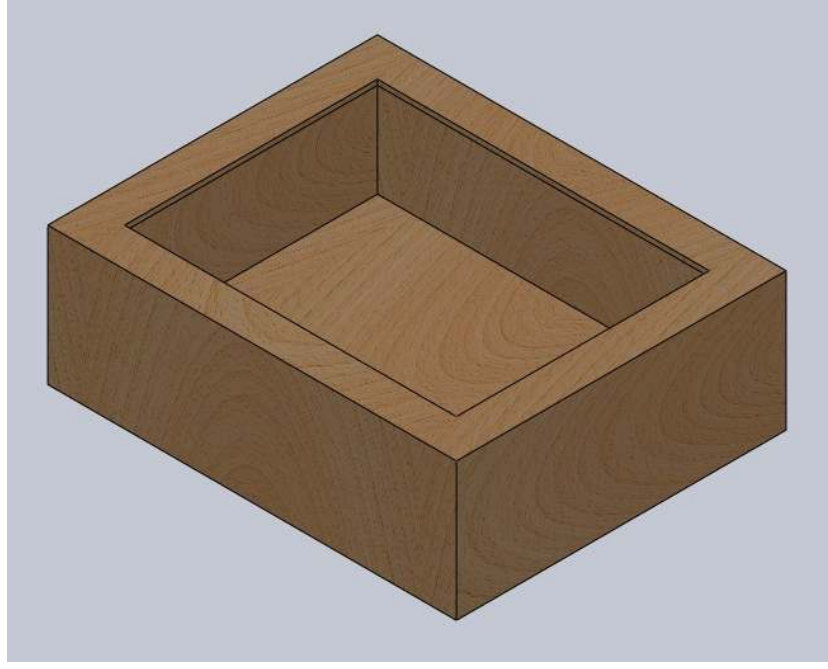
Şekil 23 İkinci model alüminyum iç tabaka

Modellerin iç tabakalarında termal iletkenliğinin yüksek, maliyetinin düşük, kaynak işleminin kolay uygulanabilirliği, kolay bulunması ve hafif olması nedeniyle 3 mm kalınlığında alüminyum malzeme kullanılmıştır.



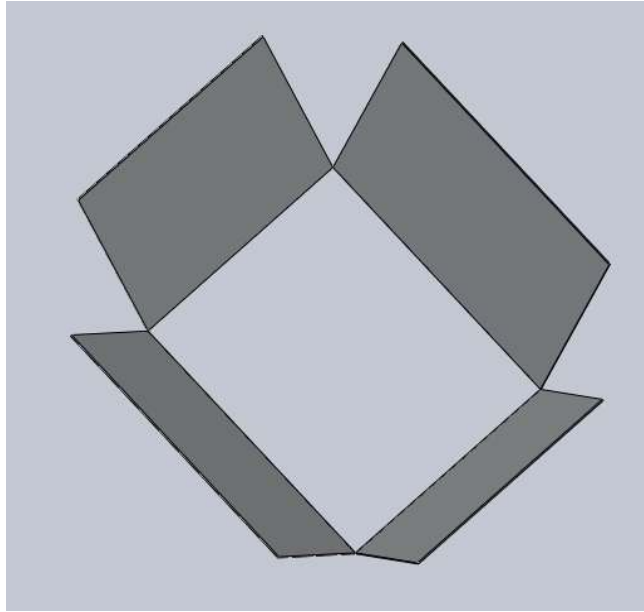
Şekil 24 modellerde kullanılan saydam cam kapak

Her iki modelde de 14 mm yüksekliğinde çift cam kullanılmıştır. Çift cam kullanılmasındaki maksat ocak içindeki ısı kayıplarını en aza indirmektir.



Şekil 25 Modellerde kullanılan ahşap dış yüzey

Modellerde maliyeti düşük, estetik görünümüne sahip, işlenebilirliği kolay 10 mm kalınlığında ahşap malzeme kullanılmıştır.



Şekil 26 Yansıtıcı kanatlar

Modelde yansıtıcılığı sağlamak için üzerine alüminyum folyo kaplanmış sert mukavva kullanılmıştır.

Modellerde FDM olarak aşağıdaki özelliklere sahip saf parafin kullanılmıştır.

Isıl iletkenlik : 0.25 W/ mK⁰

Yoğunluk : 100 C → 758 kg/m³

70 C → 778 kg/m³

20 C → 900 kg/m³

Ergime noktası: 56-58 C

Duşuk ergime noktasına sahip, maliyeti ucuz ve kolay bulunabilen, insan sağlığına zararı en az olan, korozif ve toksik etkisi bulunmayan, kendi kendine kristalleşebilen, kimyasal olarak kararlı olan, yoğunluğu duşuk parafin tercih edilmiştir.

Ocaktaki ısı kayıplarını önleyebilmek amacıyla alt ve yan yuzyeyle 8 cm kalınlığında cam yuynu ile kaplanmıştır.

3.2. Uretim Aşamaları

Tasarımı tamamlanmış modellerin için malzeme seçimi yapıldıktan sonra 1000 mm x 2000 mm boyutlarında aluminyumu plaka alınmıştır. Daha sonra bu plakadan lazer kesim işlemiyle parçalara ayrıldıktan sonra bükumu işlemleri yapılmıştır.



şekil 27 Parçaların bükumu işleminin gerçekleştirilmesi

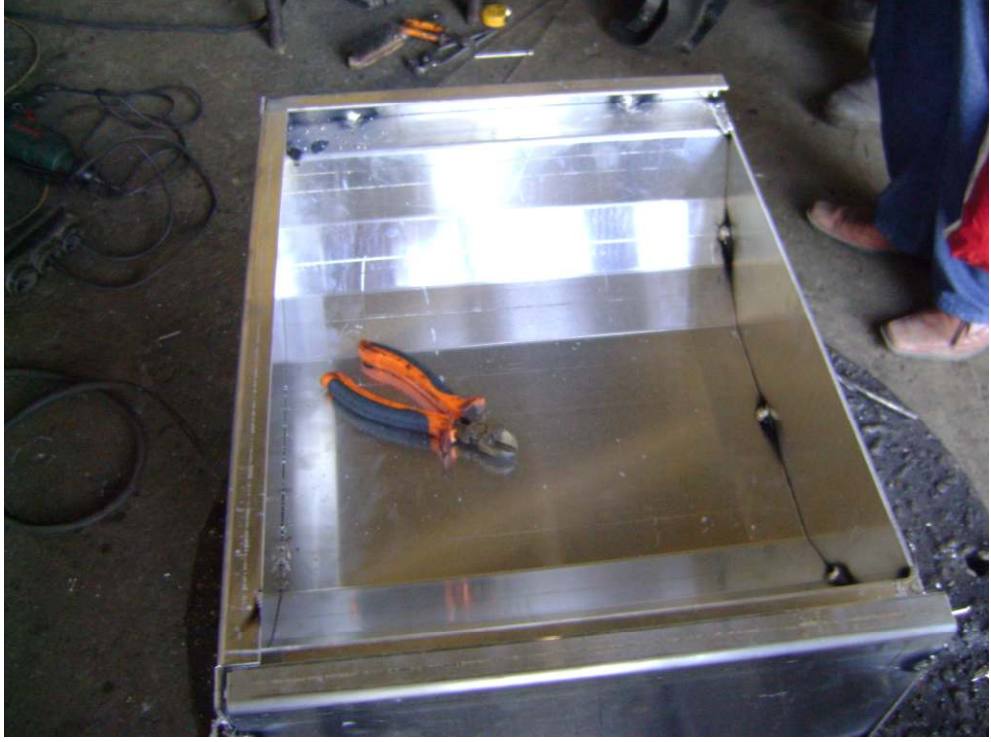


Şekil 28 Büküm işlemi tamamlandıktan sonraki görünüm

Kesim ve büküm işlemleri tamamlanan modellerin iç tabakaları bir sonraki aşama olan alüminyum kaynak için gerekli teçhizata, bilgi ve donanıma sahip olan bir atölyede kaynatıldı.



Şekil 29 Kaynak işlemi



Şekil 30 Nokta kaynak işleminin bitmiş hali



Şekil 31 Kaynak işleminin bitmiş hali



Şekil 32 Parafin ve talaş parçalarının doldurulması



Şekil 33 Ahşap dış tabakanın hazırlanmış şekli



Şekil 34 Cam yün ile yalıtım işleminin yapılması



Şekil 35 Modelin bitmiş hali

4. BULGULAR

Her iki ocağın alt, yan ve üst yüzeylerine termokupl bağlantıları yapılmıştır ve buralardan alınan sıcaklık ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Ölçümlere haziran ayında başlanmış olup ocaklar güneşe bakacak şekilde konumlandırılmış ve güneşe göre ayarlama yapılmamıştır. Dört gün boyunca hiçbir müdahale söz konusu olmadan ölçüm alınmıştır. Sonraki beş gün ise ocaklar sıcaklıkları düşmeye başladığı zaman ocakların üzerinde 5 cm kalınlığında poliüretan köpük konulmuştur. Diğer beş günde ocaklara yansıtıcılar eklenmiş ve yansıtıcı açılar 30 °C olarak ayarlanmıştır.

Zaman- Sıcaklık grafiklerinde kullanılan;

- CH1- Açılı profilli güneş ocağının üst yüzey sıcaklığını
- CH2- Açılı profilli modeli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığını
- CH3- Açılı profilli modeli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığını
- CH4- Kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığını
- CH5- Kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığını

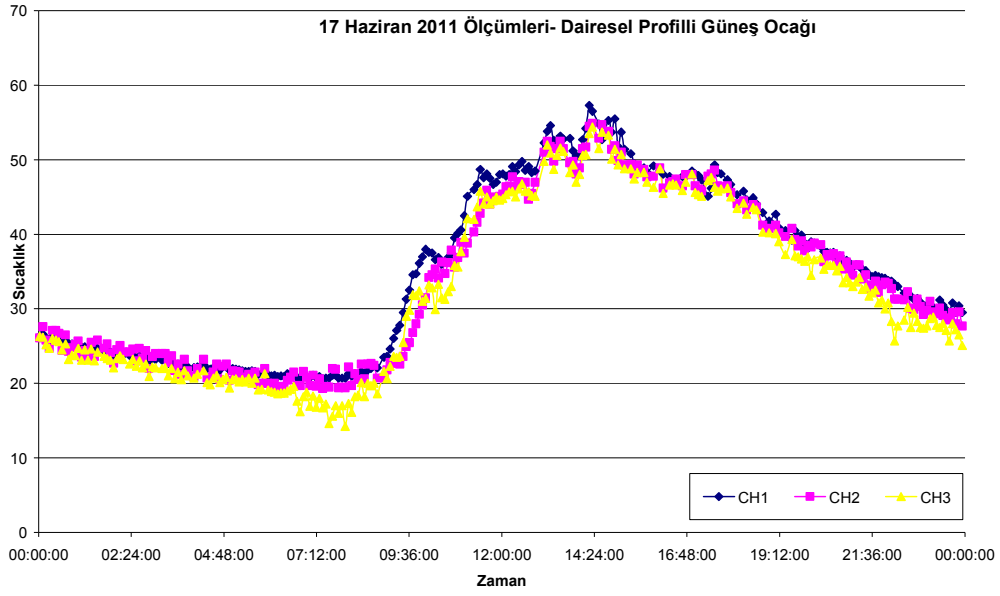
göstermektedir.

4.1. Üst Yüzeyin Yalıtımsız Olduğu Ölçümler

4.1.1. 17 haziran 2011 ölçümleri

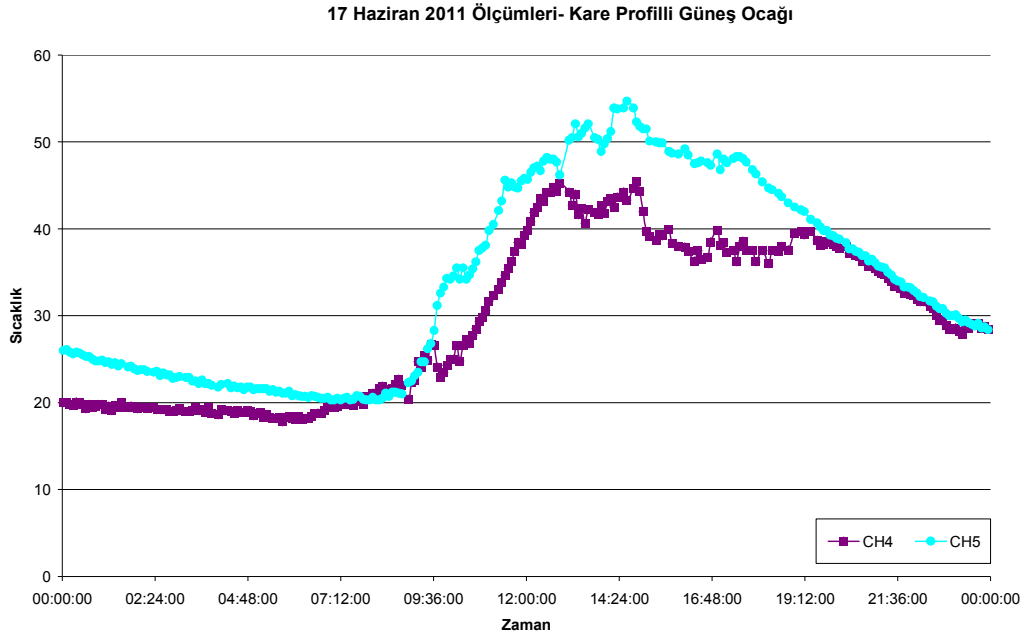
Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 21.1 °C, maksimum hava sıcaklığı 27.2 °C, minimum hava sıcaklığı ise 16.4 °C' dir. Hava durumu çok bulutlu zaman zaman yağışlıdır.

Alınan ölçüm sonuçları şöyledir;



Şekil 36 17 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı

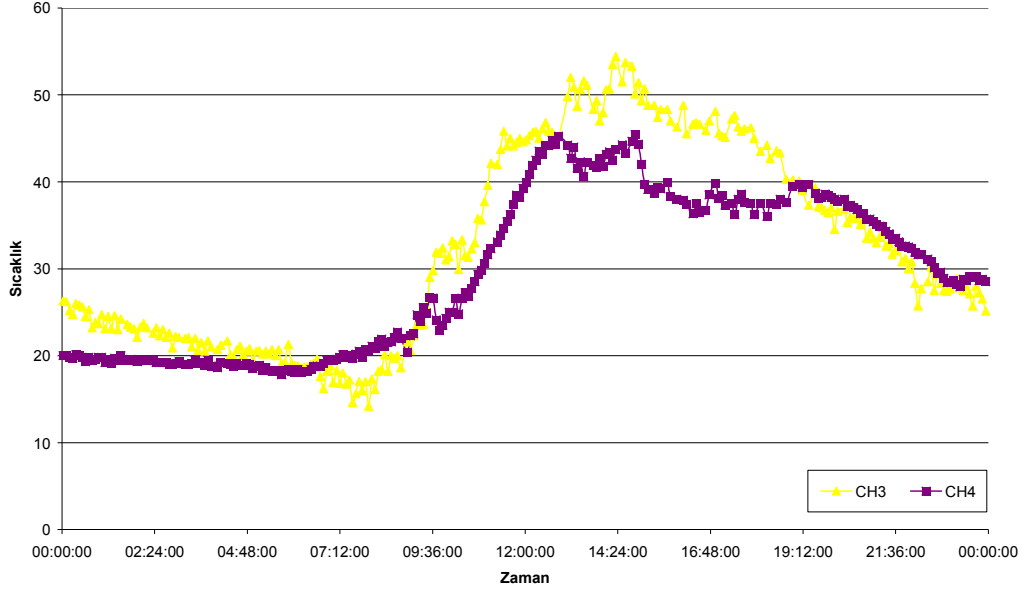
Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 26.6 °C, yan yüzey sıcaklığı 27.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 26.2 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.00'a kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 20.6 °C, yan yüzey sıcaklığı 19.4 °C, alt yüzey sıcaklığı 14.6 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. 07.00'dan sonra sıcaklıklar küçük bir ivme ile artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 14.15'de 57.3 °C, yan yüzey sıcaklığı 14.20'de 54.9 °C, alt yüzey sıcaklığı 14.20'de 54.4 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda düşüşler gözlemlenmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 29.5 °C, yan yüzey sıcaklığı 27.7 °C, alt yüzey sıcaklığı 25.1 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 37 17 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı

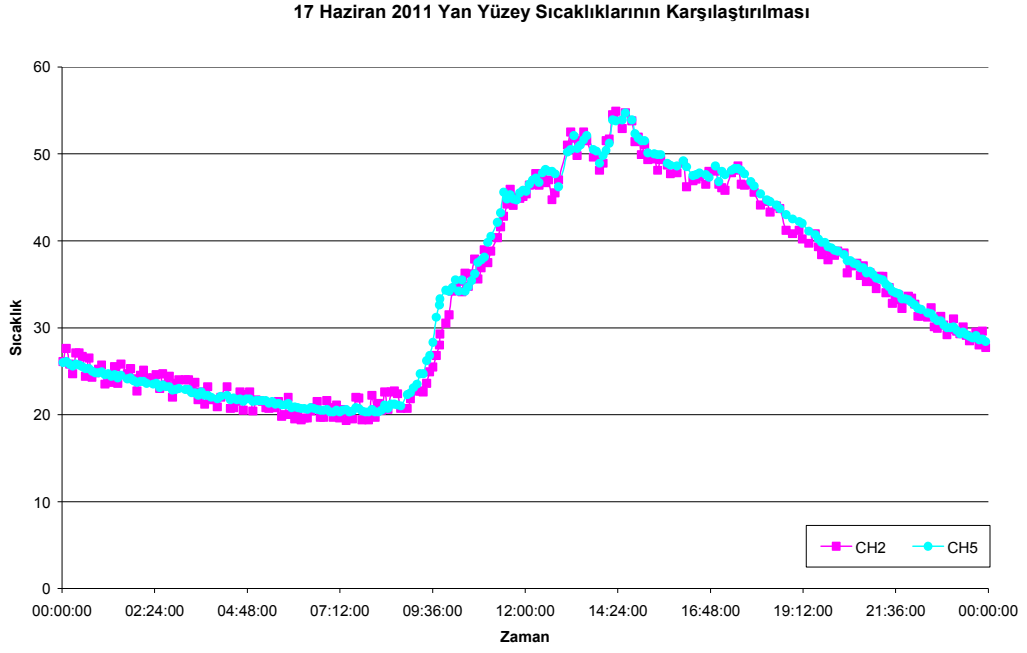
Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 26.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 20 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.00'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 07.31'de yan yüzey sıcaklığı 20.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 19.7 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Yan yüzey sıcaklığı 14.50'de 45.4 °C, alt yüzey sıcaklığı 14.35'de 54.7 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar düşmeye başlamıştır. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 28.4 °C, alt yüzey sıcaklığı 28.4 °C olarak ölçülmüştür.

17 Haziran 2011 Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 38 17 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 6.3 °C daha yüksek sıcaklıkta güne başlamıştır. 06.30'dan sonra kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı artmaya başlamış, dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ise 08.00'a kadar düşmüştür. Fakat gün içinde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklıkları kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklara çıkmıştır. Saat 19.00'da ise her iki güneş ocağının alt yüzey sıcaklıkları 39.5 °C' de eşitlenmiştir. Gün bitiminde kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 3.4 °C daha yüksektir.



Şekil 39 17 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

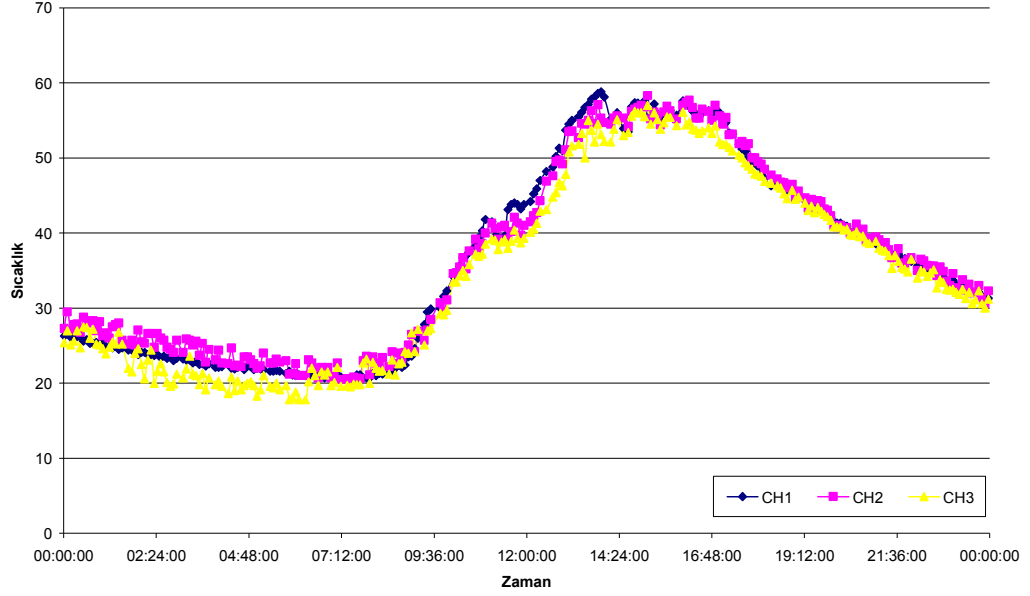
Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da her iki güneş ocağının yan yüzey sıcaklıkları eşit olup 26.1 °C' dir. Gün içinde yan yüzey sıcaklıkları eşit olarak ilerlemiştir. Ani sıcaklık artış ve düşüşlerinin sebebi ise yağın yağmurdur. Gün bitiminde her iki ocağın yan yüzey sıcaklıkları eşit ve 28.4 °C' dir.

4.1.2. 18 haziran 2011 ölçümleri

Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 22.4 °C, maksimum hava sıcaklığı 27.8 °C, minimum hava sıcaklığı ise 15.8 °C' dir. Hava durumu parçalı bulutludur.

Alınan ölçümler şöyledir;

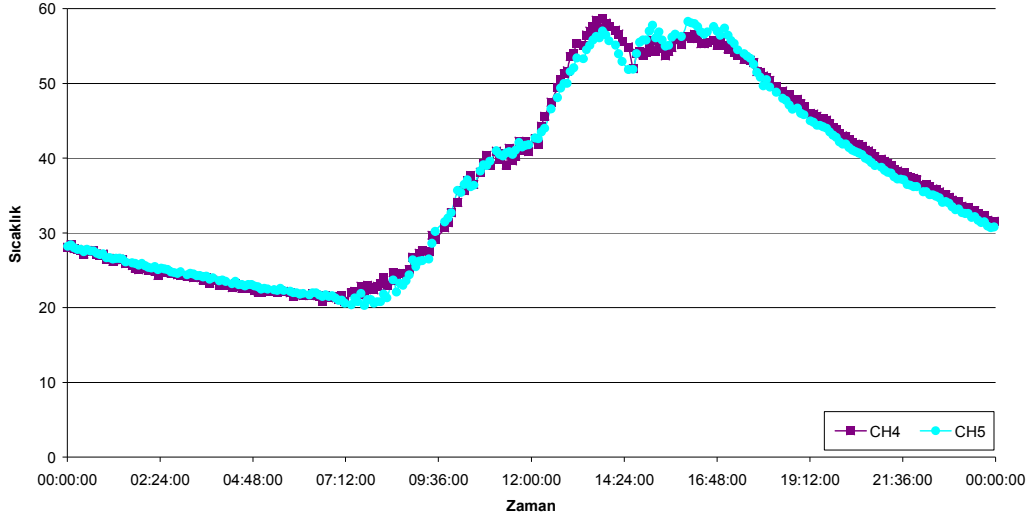
18 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 40 18 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 26.3 °C, yan yüzey sıcaklığı 27.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 25.4 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.00'a kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 20.8 °C, yan yüzey sıcaklığı 20.5 °C, alt yüzey sıcaklığı 19.6 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. 07.00'dan sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 13.45'de 59.9 °C, yan yüzey sıcaklığı 13.50'de 57.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 14.53'de 56 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda düşüşler gözlemlenmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 31.2 °C, yan yüzey sıcaklığı 32.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 31.2 °C olarak ölçülmüştür.

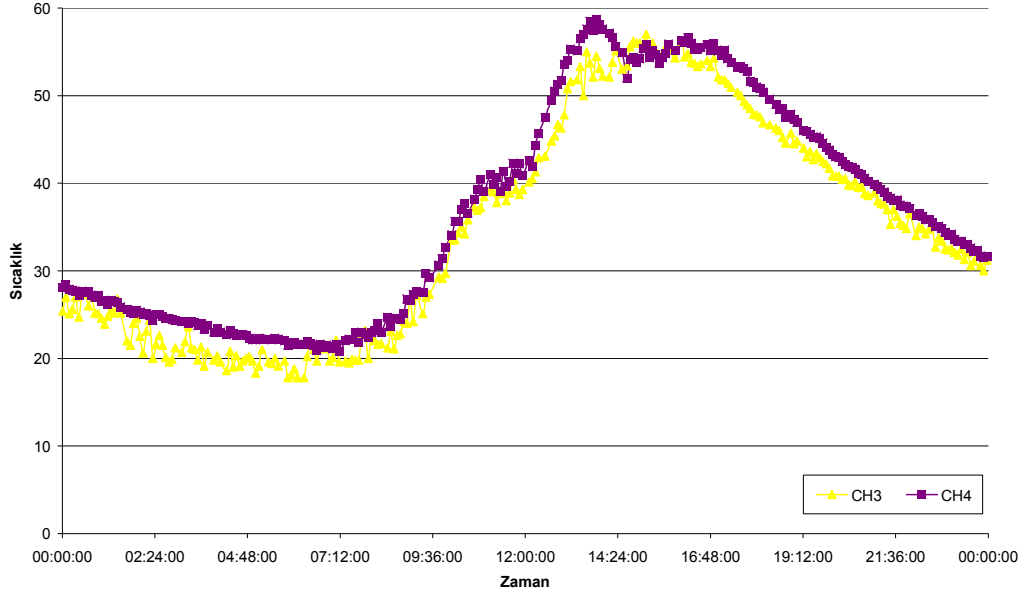
18 Haziran 2011 Ölçümleri- Kare Profilli Güneş Ocağı



Şekil 41 18 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı

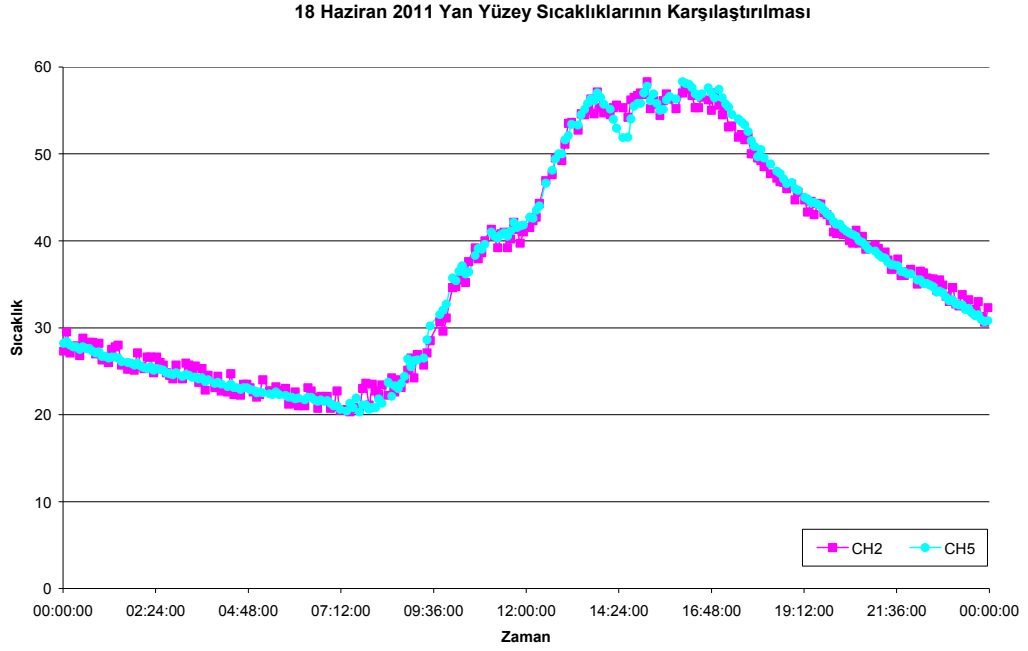
Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 28.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 26,2 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.00'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 07.20'de yan yüzey sıcaklığı 20.4 °C, alt yüzey sıcaklığı 20.8 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Yan yüzey sıcaklığı 13.50'de 57 °C, alt yüzey sıcaklığı 14.50'de 58.7 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar düşmeye başlamıştır. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 30.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 31.6 °C olarak ölçülmüştür.

18 Haziran 2011 Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 42 18 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 2.7 °C daha yüksek sıcaklıkta güne başlamıştır. Gün içinde aradaki bu fark korunmuştur. Gün bitiminde kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 0.4 °C daha yüksektir.



Şekil 43 18 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da her iki güneş ocağının yan yüzey sıcaklıkları eşit olup 28 °C' dir. Gün içinde yan yüzey sıcaklıkları eşit olarak ilerlemiştir. Gün bitiminde her iki ocağın yan yüzey sıcaklıkları eşit ve 30 °C' dir.

4.1.3. 19 haziran 2011 ölçümleri

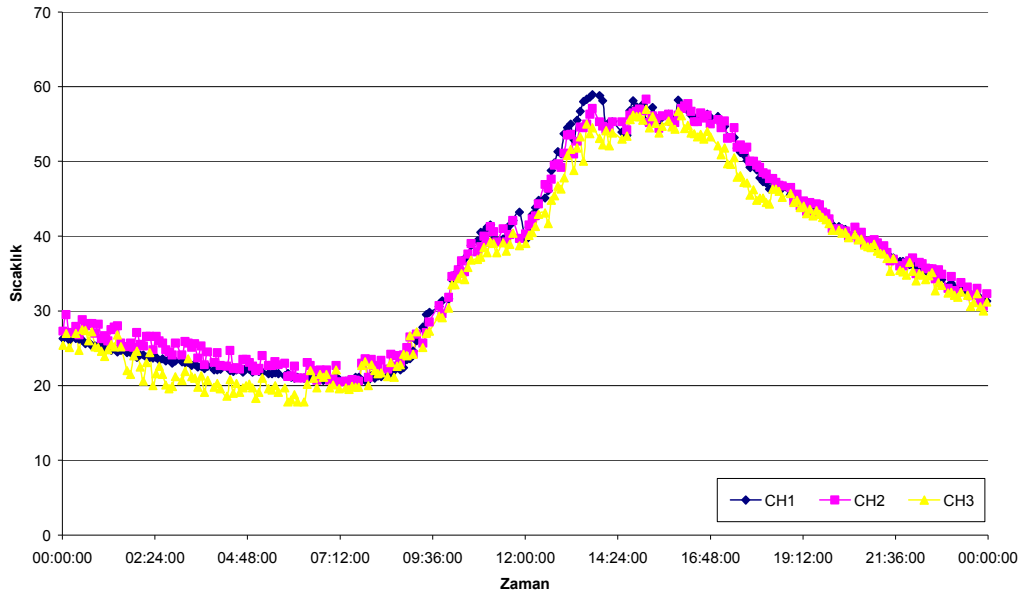
Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 22.9 °C, maksimum hava sıcaklığı 29.7 °C, minimum hava sıcaklığı ise 16 °C' dir. Hava durumu açık ve rüzgarlıdır.

Bugün ocaklar içine termometre yerleştirilmiş ve ocak içi sıcaklıklar her saat başı gözlemlenmiştir. Alınan değerler şöyledir.

Çizelge 34 19 Haziran 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar

Zaman	Dairesel Profilli Ocak	Kare Profilli Ocak
09:00 (hava açık)	55 °C	60 °C
10:00 (hava açık, rüzgarlı)	60 °C	65 °C
11:00 (hava parçalı bulutlu)	75 °C	80 °C
12:00 (hava parçalı bulutlu)	85 °C	90 °C
13:00 (hava parçalı bulutlu)	90 °C	95 °C
14:00 (hava parçalı bulutlu)	95 °C	100 °C
15:00 (hava açık)	95 °C	100 °C
16:00 (hava açık, rüzgarlı)	95 °C	100 °C
17:00 (hava açık, rüzgarlı)	85 °C	90 °C
18:00 (hava açık, rüzgarlı)	60 °C	75 °C
19:00 (hava açık, rüzgarlı)	50 °C	65 °C

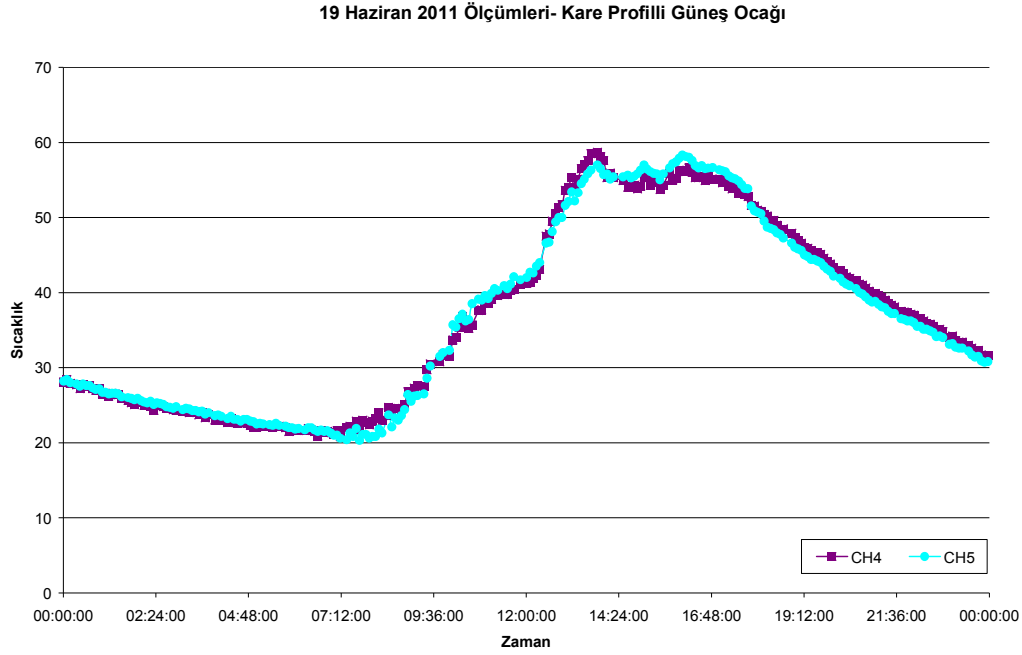
19 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 44 19 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 26.3 °C, yan yüzey sıcaklığı 27.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 25.4 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.00'a kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 20.8 °C, yan yüzey sıcaklığı 20.5 °C, alt yüzey sıcaklığı 19.6 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. 07.00'dan sonra sıcaklıklar

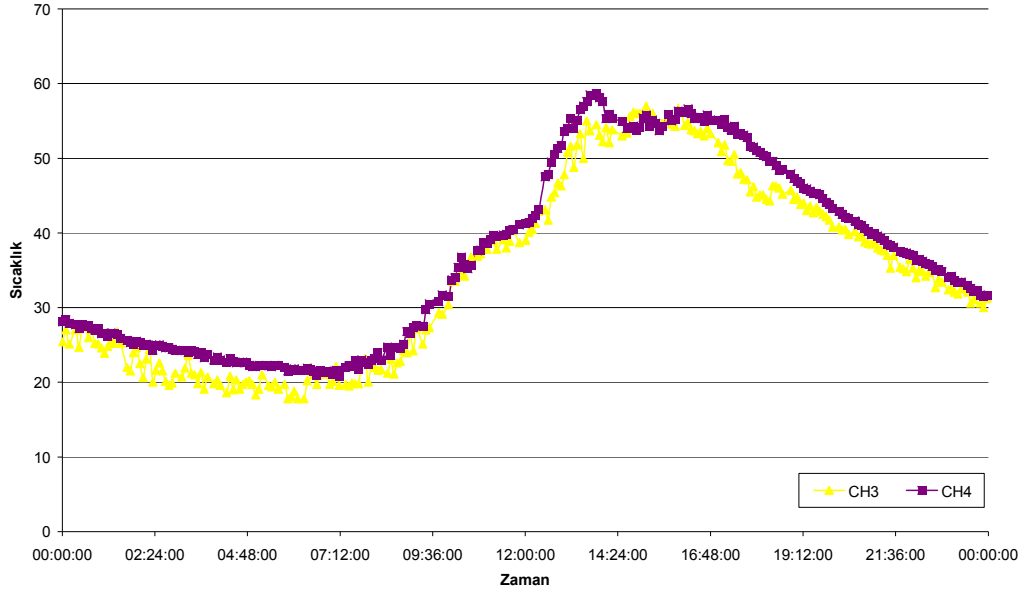
artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 13.50'de 61 °C, yan yüzey sıcaklığı 13.50'de 57.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.08'de 57 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır.15.00-16.00 saatleri arasında başlayan rüzgar sonucunda sıcaklıklarda düşmeler ve artmalar mevcuttur. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 31.2 °C, yan yüzey sıcaklığı 32.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 31.2 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 45 19 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 28.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 28.1 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.00'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 07.20'de yan yüzey sıcaklığı 20.4 °C, alt yüzey sıcaklığı 20.8 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Yan yüzey sıcaklığı 13.50'de 56.5 °C, alt yüzey sıcaklığı 14.50'de 58.7 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar düşmeye başlamıştır. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 30.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 31.6 °C olarak ölçülmüştür.

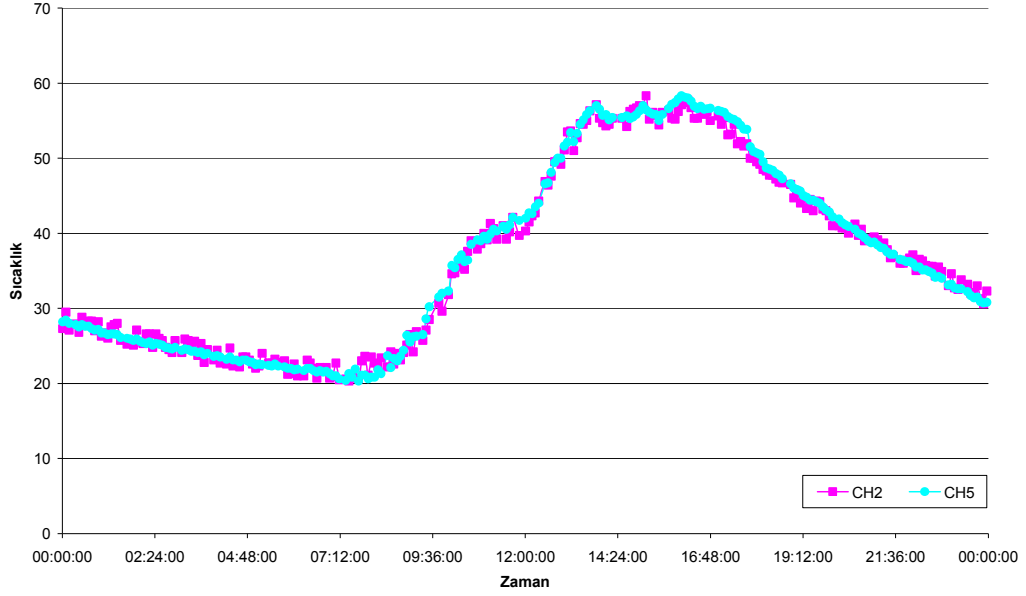
19 Haziran 2011 Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 46 19 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 2.7 °C daha yüksek sıcaklıkta güne başlamıştır. Gün içinde aradaki bu fark korunmuştur. Gün bitiminde kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 0.4 °C daha yüksektir.

19 Haziran 2011 Yan Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 47 19 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da her iki güneş ocağının yan yüzey sıcaklıkları eşit olup 28 °C' dir. Gün içinde yan yüzey sıcaklıkları eşit olarak ilerlemiştir. Gün bitiminde her iki ocağın yan yüzey sıcaklıkları eşit ve 30 °C' dir.

4.1.4. 20 haziran 2011 ölçümleri

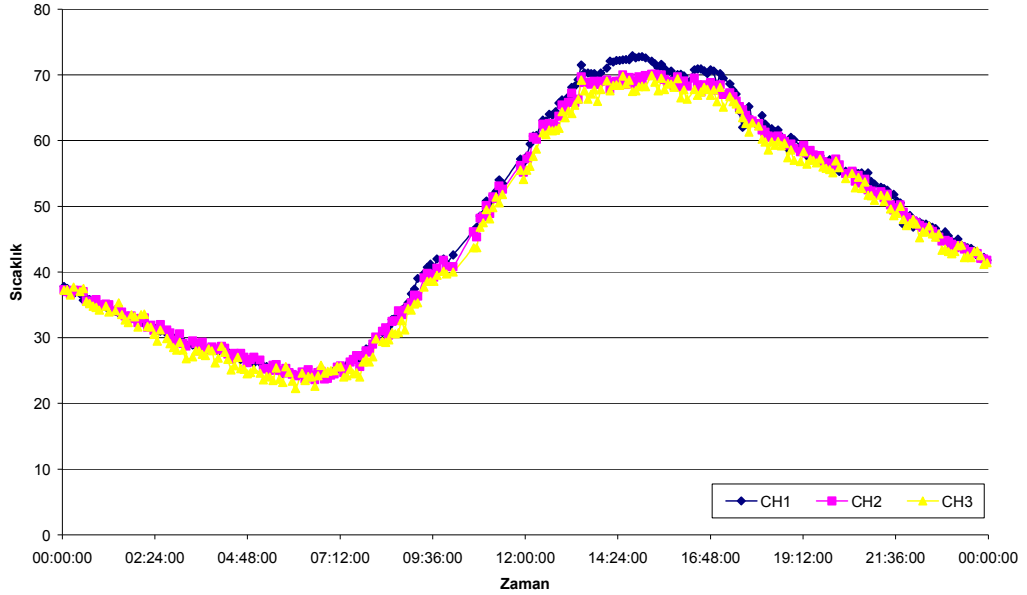
Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 23.8 °C, maksimum hava sıcaklığı 31.2 °C, minimum hava sıcaklığı ise 15.2 °C' dir. Hava durumu parçalı bulutlu ve rüzgarlıdır.

Bugün ocaklar içine termometre yerleştirilmiş ve ocak içi sıcaklıklar her saat başı gözlemlenmiştir. Alınan değerler şöyledir.

Çizelge 35 20 Haziran 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar

Zaman	Dairesel Profilli Ocak	Kare Profilli Ocak
09:00 (hava açık)	50 °C	60 °C
10:00 (hava parçalı bulutlu)	55 °C	65 °C
11:00 (hava açık)	70 °C	85 °C
12:00 (hava açık)	85 °C	90 °C
13:00 (hava açık)	100 °C	110 °C
14:00 (hava açık)	100 °C	105 °C
15:00 (hava açık)	100 °C	105 °C
16:00 (hava açık)	85 °C	90 °C
17:00 (hava açık)	80 °C	90 °C
18:00 (hava parçalı bulutlu, rüzgarlı)	60 °C	75 °C
19:00 (hava parçalı bulutlu, rüzgarlı)	55 °C	70 °C

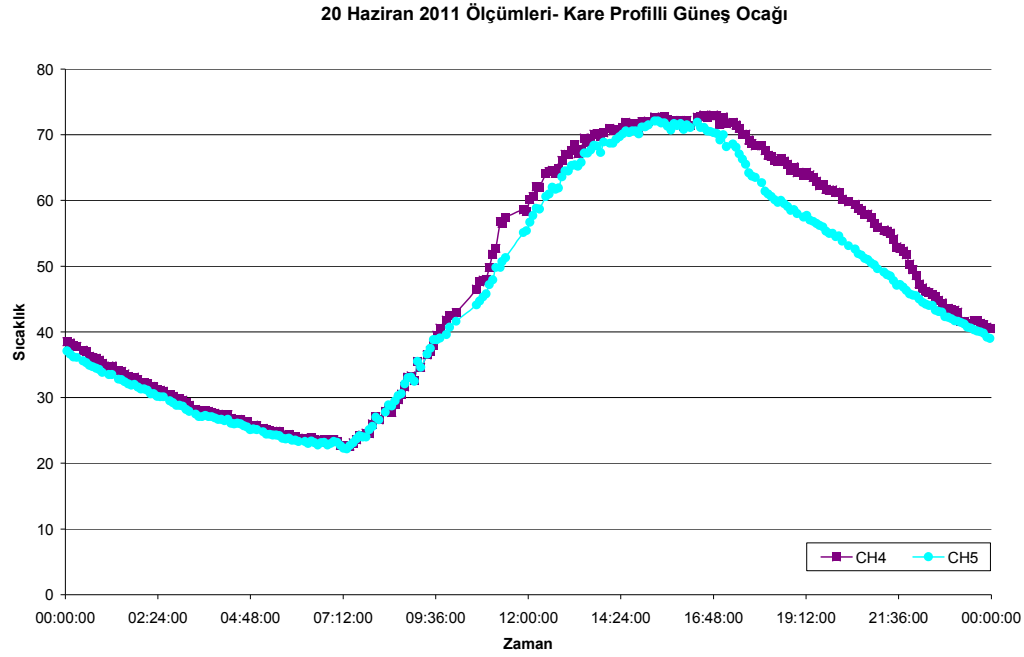
20 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 48 20 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 37.2 °C. yan yüzey sıcaklığı 37.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 37.2°C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.00'a kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 23.8 °C, yan yüzey sıcaklığı 23.5 °C, alt

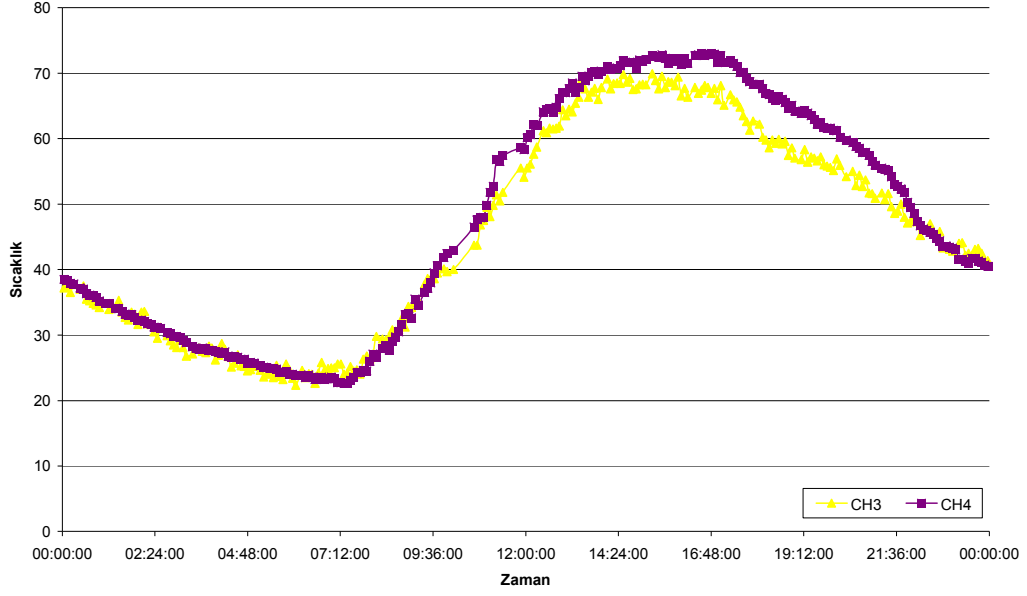
yüzey sıcaklığı 22.4 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. 07.00'dan sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 13.27'de 71.5 °C, yan yüzey sıcaklığı 13.50'de 69.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 14.31'de 69.8 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır.17.28 den itibaren sıcaklıkların düştüğü gözlenmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 43.2 °C, yan yüzey sıcaklığı 43.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 41.2 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 49 20 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 37.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 38.5 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.00'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 07.20'de yan yüzey sıcaklığı 23.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 22.7 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Yan yüzey sıcaklığı 16.23'de 71.9 °C, alt yüzey sıcaklığı 16.23'de 73.7 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar düşmeye başlamıştır. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 39.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 40.7 °C olarak ölçülmüştür.

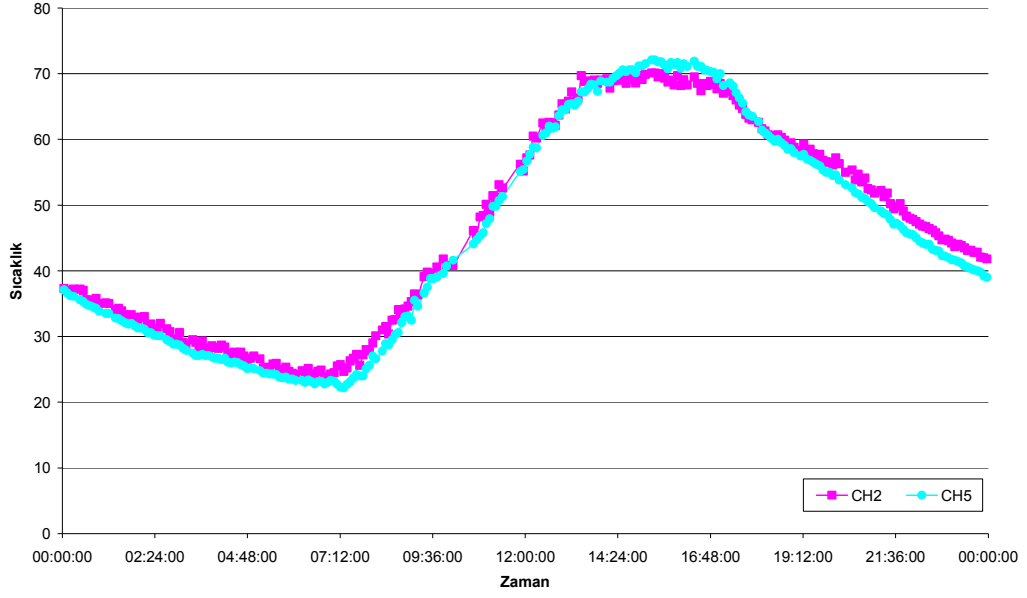
20 Haziran 2011 Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 50 20 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da her iki güneş ocağında alt yüzey sıcaklıkları eşit ve 38.5 °C' dir. Gün içinde hemen hemen aynı sıcaklıklar ölçülmüştür fakat 13.30'dan sonra kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından daha fazla yükselmiştir. Gün bitiminde her iki güneş ocağının alt yüzey sıcaklıkları eşit ve 40.5 °C' dir.

20 Haziran 2011 Yan Yüze Sıcaklıklarının Karşılaştırması



Şekil 51 20 Haziran 2011 Yan yüze sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüze sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da her iki güneş ocağının yan yüze sıcaklıkları eşit olup 36.6 °C' dir. Gün içinde yan yüze sıcaklıkları eşit olarak ilerlemiştir. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının yan yüze sıcaklığı kare profilli güneş ocağının yan yüze sıcaklığından 2.9 °C daha fazladır.

4.1.4.1. 20 haziran 2011 günü için ısı hesaplamalar

Parafinin katı hali için ısı transfer katsayısının belirlenmesi;

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_d} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_i}$$
$$\frac{1}{k} = \frac{1}{0,05} + \frac{0,08}{0,040} + \frac{1}{0,02}$$
$$k = 0,013W / m^2 K$$

Parafinin katı hal için rüzgarlı yada bulutlu zamanlarındaki ısı transferi katsayısının belirlenmesi;

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_d} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_i}$$
$$\frac{1}{k} = \frac{1}{0,2} + \frac{0,08}{0,040} + \frac{1}{0,02}$$
$$k = 0,017W / m^2 K$$

Parafinin sıvı hali için ısı transfer katsayısının belirlenmesi;

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_d} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_i}$$
$$\frac{1}{k} = \frac{1}{0,2} + \frac{0,08}{0,040} + \frac{1}{0,21}$$
$$k = 0,085W / m^2 K$$

Parafinin katı hal için rüzgarlı yada bulutlu zamanlarındaki ısı transferi katsayısının belirlenmesi;

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_d} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_i}$$
$$\frac{1}{k} = \frac{1}{0,05} + \frac{0,08}{0,040} + \frac{1}{0,21}$$
$$k = 0,037W / m^2 K$$

Bu hesaplamalarda yapılan kabuller şöyledir.

- 1) Parafinin sıcaklık değişimiyle ısı iletim katsayısı değiştiğinden $h_{iç}$ değeri sıvı hal için 0,21, katı hal için 0,02 olarak kabul edilmiştir.
- 2) Rüzgarın ve bulutluğun dış ısı transfer katsayısına etkisi olacağından rüzgarlı ve bulutlu saatlerde $h_{dış}$ değeri 0,2, normal saatlerde ise 0,05 kabul edilmiştir.

Isı kayıplarının normlaştırılmış hesaplamaları şöyledir;

Katı hal için yan yüzeyden meydana gelen ısı kaybı;

$$Q_k = k.A.\Delta t$$

$$Q_k = 0,013.0,07275.\Delta t.3600$$

$$Q_k = 3,4047.\Delta t(j)$$

Rüzgarlı ve bulutlu saatlerde katı hal için yan yüzeyden meydana gelen ısı kaybı;

$$Q_k = k.A.\Delta t$$

$$Q_k = 0,017.0,07275.\Delta t.3600$$

$$Q_k = 4,4523.\Delta t(j)$$

Sıvı hal için yan yüzeyden meydana gelen ısı kaybı;

$$Q_k = k.A.\Delta t$$

$$Q_k = 0,037.0,07275.\Delta t.3600$$

$$Q_k = 9,6903.\Delta t(j)$$

Rüzgarlı ve bulutlu saatlerde sıvı hal için yan yüzeyden meydana gelen ısı kaybı;

$$Q_k = k.A.\Delta t$$

$$Q_k = 0,085.0,07275.\Delta t.3600$$

$$Q_k = 22,26.\Delta t(j)$$

Parafinin katı hali için duyulur ısı kazancı;

$$Q_d = m.c_{pk}.\Delta T$$

$$Q_d = 5.1,93.\Delta T$$

$$Q_d = 9,65.\Delta TkJ$$

Parafinin sıvı hali için duyulur ısı kazancı;

$$Q_d = m.c_{ps}.\Delta T$$

$$Q_d = 5.2,38.\Delta T$$

$$Q_d = 11,95.\Delta TkJ$$

00.00-01.00 arası

$$Q_k = 3,4047.(37,3 - 15,2).2$$

$$Q_k = 0,150kJ$$

$$Q_d = 9,65.(37,3 - 35,1)$$

$$Q_d = 21,23kJ$$

$$Q_{net} = 21,08kJ$$

01.00-02.00 arası

$$Q_k = 3,4047.(35,1 - 15,2).2$$

$$Q_k = 0,134kJ$$

$$Q_d = 9,65.(35,1 - 32,9)$$

$$Q_d = 21,23kJ$$

$$Q_{net} = 21,096kJ$$

02.00-03.00 arası

$$Q_k = 4,4523 \cdot (32,9 - 15,2) \cdot 2$$

$$Q_k = 0,156kJ$$

$$Q_d = 9,65 \cdot (32,9 - 30,6)$$

$$Q_d = 22,195kJ$$

$$Q_{net} = 22,039kJ$$

03.00-04.00 arası

$$Q_k = 4,4523 \cdot (30,6 - 15,2) \cdot 2$$

$$Q_k = 0,136kJ$$

$$Q_d = 9,65 \cdot (30,6 - 28,2)$$

$$Q_d = 23,16kJ$$

$$Q_{net} = 23,024kJ$$

04.00-05.00 arası

$$Q_k = 4,4523 \cdot (28,2 - 15,2) \cdot 2$$

$$Q_k = 0,114kJ$$

$$Q_d = 9,65 \cdot (28,2 - 26,6)$$

$$Q_d = 15,44kJ$$

$$Q_{net} = 15,326kJ$$

05.00-06.00 arası

$$Q_k = 4,4523 \cdot (26,6 - 15,2) \cdot 2$$

$$Q_k = 0,1kJ$$

$$Q_d = 9,65 \cdot (26,6 - 24,2)$$

$$Q_d = 23,16kJ$$

$$Q_{net} = 23,06kJ$$

06.00-07.00 arası

$$Q_k = 4,4523 \cdot (24,2 - 15,2) \cdot 2$$

$$Q_k = 0,080kJ$$

$$Q_d = 9,65 \cdot (24,5 - 24,2)$$

$$Q_d = 2,895kJ$$

$$Q_{net} = 2,815kJ$$

07.00-08.00 arası

$$Q_k = 4,4523 \cdot (24,5 - 15,2) \cdot 2$$

$$Q_k = 0,082kJ$$

$$Q_d = 9,65 \cdot (29 - 24,5)$$

$$Q_d = 43,425kJ$$

$$Q_{net} = 43,343kJ$$

08.00-09.00 arası

$$Q_k = 3,4047 \cdot (29 - 23,8) \cdot 2$$

$$Q_k = 0,034kJ$$

$$Q_d = 9,65 \cdot (35,3 - 29)$$

$$Q_d = 60,795kJ$$

$$Q_{net} = 60,761kJ$$

09.00-10.00 arası

$$Q_k = 3,4047 \cdot (35,3 - 23,8) \cdot 2$$

$$Q_k = 0,078kJ$$

$$Q_d = 9,65 \cdot (40,8 - 35,3)$$

$$Q_d = 53,075kJ$$

$$Q_{net} = 52,997kJ$$

10.00-11.00 arası

$$Q_k = 4,4523 \cdot (40,8 - 23,8) \cdot 2$$

$$Q_k = 0,151kJ$$

$$Q_d = 9,65 \cdot (48,9 - 40,8)$$

$$Q_d = 78,165kJ$$

$$Q_{net} = 78,014kJ$$

11.00-12.00 arası

$$Q_k = 4,4523 \cdot (48,9 - 23,8) \cdot 2$$

$$Q_k = 0,223kJ$$

$$Q_d = 9,65 \cdot (57,2 - 48,9)$$

$$Q_d = 80,095kJ$$

$$Q_{net} = 79,872kJ$$

12.00-13.00 arası

$$Q_k = 22,26 \cdot (57,2 - 31,2) \cdot 2$$

$$Q_k = 1,157kJ$$

$$Q_d = 11,95 \cdot (64,6 - 57,2)$$

$$Q_d = 88,43kJ$$

$$Q_{net} = 87,273kJ$$

13.00-14.00 arası

$$Q_k = 22,26 \cdot (64,6 - 31,2) \cdot 2$$

$$Q_k = 1,486kJ$$

$$Q_d = 11,95 \cdot (69,2 - 64,6)$$

$$Q_d = 54,97kJ$$

$$Q_{net} = 53,484kJ$$

14.00-15.00 arası

$$Q_k = 9,6903 \cdot (69,2 - 31,2) \cdot 2$$

$$Q_k = 0,736kJ$$

$$Q_d = 11,95 \cdot (69,2 - 69,1)$$

$$Q_d = 1,195kJ$$

$$Q_{net} = 0,459kJ$$

15.00-16.00 arası

$$Q_k = 9,6903 \cdot (69,1 - 31,2) \cdot 2$$

$$Q_k = 0,734kJ$$

$$Q_d = 11,95 \cdot (69,1 - 68,2)$$

$$Q_d = 10,755kJ$$

$$Q_{net} = 10,021kJ$$

16.00-17.00 arası

$$Q_k = 9,6903 \cdot (68,2 - 23,8) \cdot 2$$

$$Q_k = 0,860kJ$$

$$Q_d = 11,95 \cdot (68,5 - 68,2)$$

$$Q_d = 3,585kJ$$

$$Q_{net} = 2,725kJ$$

17.00-18.00 arası

$$Q_k = 22,26 \cdot (68,5 - 23,8) \cdot 2$$

$$Q_k = 1,990kJ$$

$$Q_d = 11,95 \cdot (68,5 - 62,6)$$

$$Q_d = 70,505kJ$$

$$Q_{net} = 68,515kJ$$

18.00-19.00 arası

$$Q_k = 22,26.(62,6 - 23,8).2$$

$$Q_k = 1,727kJ$$

$$Q_d = 11,95.(62,6 - 58,3)$$

$$Q_d = 51,385kJ$$

$$Q_{net} = 49,658kJ$$

19.00-20.00 arası

$$Q_k = 22,26.(58,3 - 23,8).2$$

$$Q_k = 1,535kJ$$

$$Q_d = 11,95.(58,3 - 57,2)$$

$$Q_d = 13,145kJ$$

$$Q_{net} = 11,61kJ$$

20.00-21.00 arası

$$Q_k = 22,26.(57,2 - 23,8).2$$

$$Q_k = 1,486kJ$$

$$Q_d = 11,95.(57,2 - 51,8)$$

$$Q_d = 64,53kJ$$

$$Q_{net} = 63,044kJ$$

21.00-22.00 arası

$$Q_k = 4,4523.(51,8 - 23,8).2$$

$$Q_k = 0,249kJ$$

$$Q_d = 9,65.(51,8 - 47,8)$$

$$Q_d = 38,6kJ$$

$$Q_{net} = 38,351kJ$$

22.00-23.00 arası

$$Q_k = 4,4523 \cdot (47,8 - 23,8) \cdot 2$$

$$Q_k = 0,213 \text{ kJ}$$

$$Q_d = 9,65 \cdot (47,8 - 44,2)$$

$$Q_d = 34,74 \text{ kJ}$$

$$Q_{net} = 34,527 \text{ kJ}$$

23.00-24.00 arası

$$Q_k = 4,4523 \cdot (44,2 - 23,8) \cdot 2$$

$$Q_k = 0,181 \text{ kJ}$$

$$Q_d = 9,65 \cdot (44,2 - 41,8)$$

$$Q_d = 23,16 \text{ kJ}$$

$$Q_{net} = 22,979 \text{ kJ}$$

Gün içinde kazanılan net ısı $Q_{net}=886,073 \text{ kJ}$

Alt yüzeyden olan ısı kaybı;

Katı hal için yan yüzeyden meydana gelen ısı kaybı;

$$Q_k = k \cdot A \cdot \Delta t$$

$$Q_k = 0,013 \cdot 0,1875 \cdot \Delta t \cdot 3600$$

$$Q_k = 8,775 \cdot \Delta t (j)$$

Rüzgarlı ve bulutlu saatlerde katı hal için yan yüzeyden meydana gelen ısı kaybı;

$$Q_k = k \cdot A \cdot \Delta t$$

$$Q_k = 0,017 \cdot 0,1875 \cdot \Delta t \cdot 3600$$

$$Q_k = 11,475 \cdot \Delta t (j)$$

Sıvı hal için yan yüzeyden meydana gelen ısı kaybı;

$$Q_k = k.A.\Delta t$$

$$Q_k = 0,037.0,1875.\Delta t.3600$$

$$Q_k = 24,975.\Delta t(j)$$

Rüzgarlı ve bulutlu saatlerde sıvı hal için yan yüzeyden meydana gelen ısı kaybı;

$$Q_k = k.A.\Delta t$$

$$Q_k = 0,085.0,1875.\Delta t.3600$$

$$Q_k = 57,375.\Delta t(j)$$

00.00-01.00 arası

$$Q_k = 8,775.(37,3 - 15,2)$$

$$Q_k = 0,193kJ$$

01.00-02.00 arası

$$Q_k = 8,775.(35,1 - 15,2)$$

$$Q_k = 0,174kJ$$

02.00-03.00 arası

$$Q_k = 8,775.(32,9 - 15,2)$$

$$Q_k = 0,155kJ$$

03.00-04.00 arası

$$Q_k = 11,475.(30,6 - 15,2)$$

$$Q_k = 0,176kJ$$

04.00-05.00 arası

$$Q_k = 11,475 \cdot (28,2 - 15,2)$$

$$Q_k = 0,149kJ$$

05.00-06.00 arası

$$Q_k = 11,475 \cdot (26,6 - 15,2)$$

$$Q_k = 0,130kJ$$

06.00-07.00 arası

$$Q_k = 11,475 \cdot (24,2 - 15,2)$$

$$Q_k = 0,103kJ$$

07.00-08.00 arası

$$Q_k = 11,475 \cdot (24,5 - 15,2)$$

$$Q_k = 0,106kJ$$

08.00-09.00 arası

$$Q_k = 8,775 \cdot (29 - 23,8)$$

$$Q_k = 0,045kJ$$

09.00-10.00 arası

$$Q_k = 8,775 \cdot (35,3 - 23,8)$$

$$Q_k = 0,100kJ$$

10.00-11.00 arası

$$Q_k = 11,475 \cdot (40,8 - 23,8)$$

$$Q_k = 0,195kJ$$

11.00-12.00 arası

$$Q_k = 11,475 \cdot (48,9 - 23,8)$$

$$Q_k = 0,281kJ$$

12.00-13.00 arası

$$Q_k = 57,375 \cdot (57,2 - 31,2)$$

$$Q_k = 1,491kJ$$

13.00-14.00 arası

$$Q_k = 57,375 \cdot (64,6 - 31,2)$$

$$Q_k = 1,916kJ$$

14.00-15.00 arası

$$Q_k = 24,975 \cdot (69,2 - 31,2)$$

$$Q_k = 0,949kJ$$

15.00-16.00 arası

$$Q_k = 24,975 \cdot (69,1 - 31,2)$$

$$Q_k = 0,946kJ$$

16.00-17.00 arası

$$Q_k = 24,975 \cdot (68,2 - 23,8)$$

$$Q_k = 1,108kJ$$

17.00-18.00 arası

$$Q_k = 57,375 \cdot (68,5 - 23,8)$$

$$Q_k = 2,564kJ$$

18.00-19.00 arası

$$Q_k = 57,375 \cdot (62,6 - 23,8)$$

$$Q_k = 2,226 \text{ kJ}$$

19.00-20.00 arası

$$Q_k = 57,375 \cdot (58,3 - 23,8)$$

$$Q_k = 1,979 \text{ kJ}$$

20.00-21.00 arası

$$Q_k = 57,375 \cdot (57,2 - 23,8)$$

$$Q_k = 1,916 \text{ kJ}$$

21.00-22.00 arası

$$Q_k = 11,475 \cdot (51,8 - 23,8)$$

$$Q_k = 0,321 \text{ kJ}$$

22.00-23.00 arası

$$Q_k = 11,475 \cdot (47,8 - 23,8)$$

$$Q_k = 0,275 \text{ kJ}$$

23.00-24.00 arası

$$Q_k = 11,475 \cdot (44,2 - 23,8)$$

$$Q_k = 0,234 \text{ kJ}$$

Gün içinde alt yüzeyden kaybedilen ısı $Q_k=17,732 \text{ kJ}$

Alüminyum tabaka ve demir talaşı için duyulur ısı;

$$Q_d = m_a \cdot c_{pa} \cdot \Delta T + m_d \cdot c_{pd} \cdot \Delta T$$

$$Q_d = 0,530 \cdot \Delta T + 1,35 \cdot \Delta T$$

$$Q_d = 1,88 \cdot \Delta T$$

00.00-01.00 arası

$$Q_d = 1,88 \cdot (37,3 - 35,1)$$

$$Q_d = 4,136 kJ$$

01.00-02.00 arası

$$Q_d = 1,88 \cdot (35,1 - 32,9)$$

$$Q_d = 4,136 kJ$$

02.00-03.00 arası

$$Q_d = 1,88 \cdot (32,9 - 30,6)$$

$$Q_d = 4,324 kJ$$

03.00-04.00 arası

$$Q_d = 1,88 \cdot (30,6 - 28,2)$$

$$Q_d = 4,512 kJ$$

04.00-05.00 arası

$$Q_d = 1,88 \cdot (28,2 - 26,6)$$

$$Q_d = 3,008 kJ$$

05.00-06.00 arası

$$Q_d = 1,88 \cdot (26,6 - 24,2)$$

$$Q_d = 4,512 kJ$$

06.00-07.00 arası

$$Q_d = 1,88 \cdot (24,5 - 24,2)$$

$$Q_d = 0,564 kJ$$

07.00-08.00 arası

$$Q_d = 1,88.(29 - 24,5)$$

$$Q_d = 8,46kJ$$

08.00-09.00 arası

$$Q_d = 1,88.(35,3 - 29)$$

$$Q_d = 11,844kJ$$

09.00-10.00 arası

$$Q_d = 1,88.(40,8 - 35,3)$$

$$Q_d = 10,34kJ$$

10.00-11.00 arası

$$Q_d = 1,88.(48,9 - 40,8)$$

$$Q_d = 8,1kJ$$

11.00-12.00 arası

$$Q_d = 1,88.(57,2 - 48,9)$$

$$Q_d = 15,604kJ$$

12.00-13.00 arası

$$Q_d = 1,88.(64,6 - 57,2)$$

$$Q_d = 13,912kJ$$

13.00-14.00 arası

$$Q_d = 1,88.(69,2 - 64,6)$$

$$Q_d = 8,648kJ$$

14.00-15.00 arası

$$Q_d = 1,88.(69,2 - 69,1)$$

$$Q_d = 0,188kJ$$

15.00-16.00 arası

$$Q_d = 1,88.(69,1 - 68,2)$$

$$Q_d = 1,692kJ$$

16.00-17.00 arası

$$Q_d = 1,88.(68,5 - 68,2)$$

$$Q_d = 0,564kJ$$

17.00-18.00 arası

$$Q_d = 1,88.(68,5 - 62,6)$$

$$Q_d = 11,092kJ$$

18.00-19.00 arası

$$Q_d = 1,88.(62,6 - 58,3)$$

$$Q_d = 8,084kJ$$

19.00-20.00 arası

$$Q_d = 1,88.(58,3 - 57,2)$$

$$Q_d = 2,068kJ$$

20.00-21.00 arası

$$Q_d = 1,88.(57,2 - 51,8)$$

$$Q_d = 10,152kJ$$

21.00-22.00 arası

$$Q_d = 1,88.(51,8 - 47,8)$$

$$Q_d = 7,52kJ$$

22.00-23.00 arası

$$Q_d = 1,88.(47,8 - 44,2)$$

$$Q_d = 6,768kJ$$

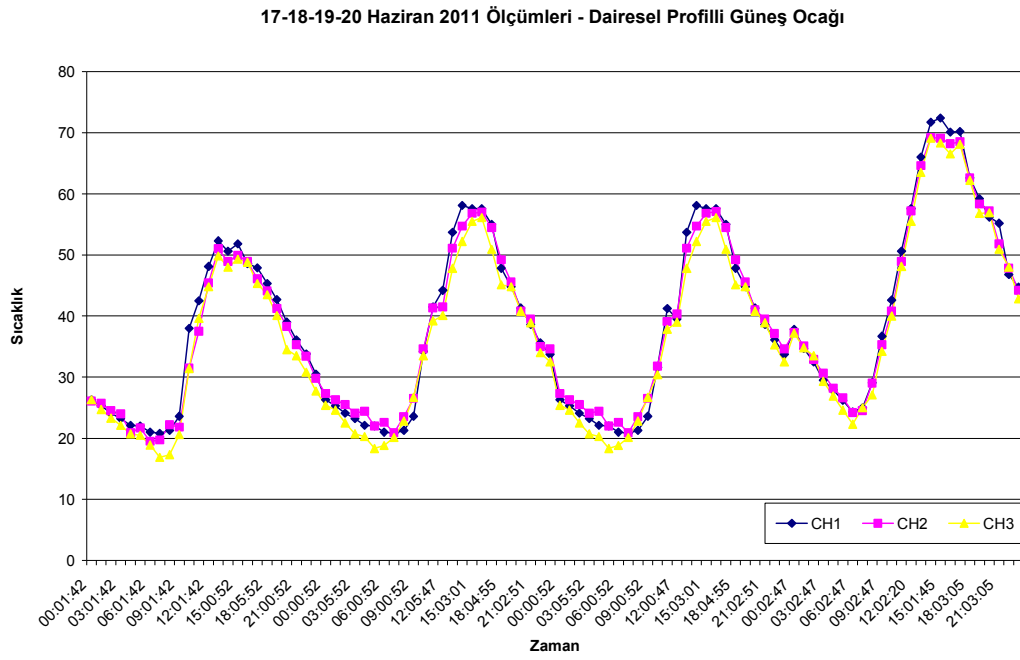
23.00-24.00 arası

$$Q_d = 1,88.(44,2 - 41,8)$$

$$Q_d = 4,512kJ$$

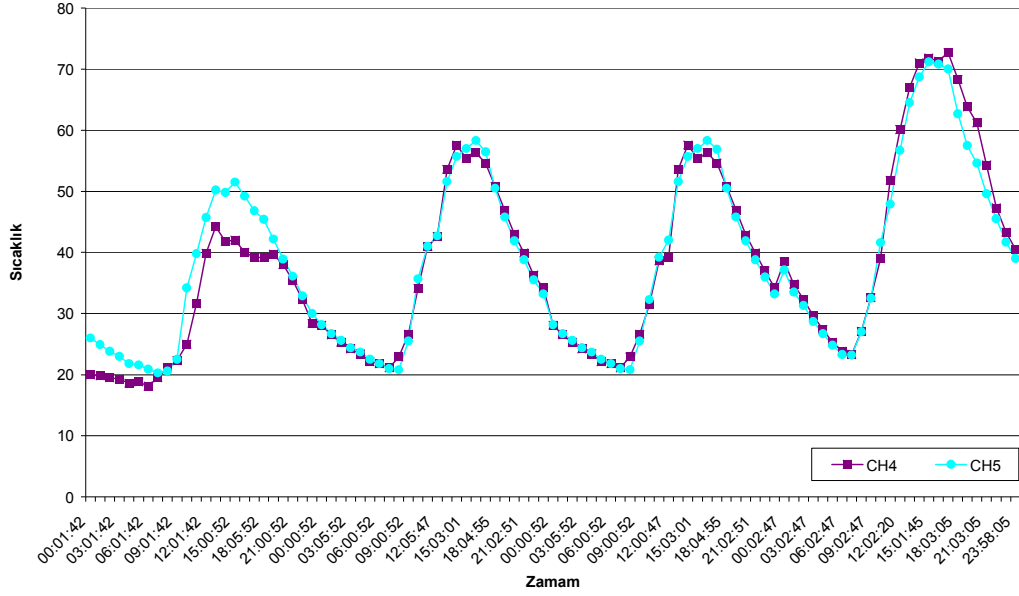
Gün içinde kazanılan net ısı $Q_{net}=154,74$ kJ

4.1.5. Genel değerlendirme



Şekil 52 17-18-19-20 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı

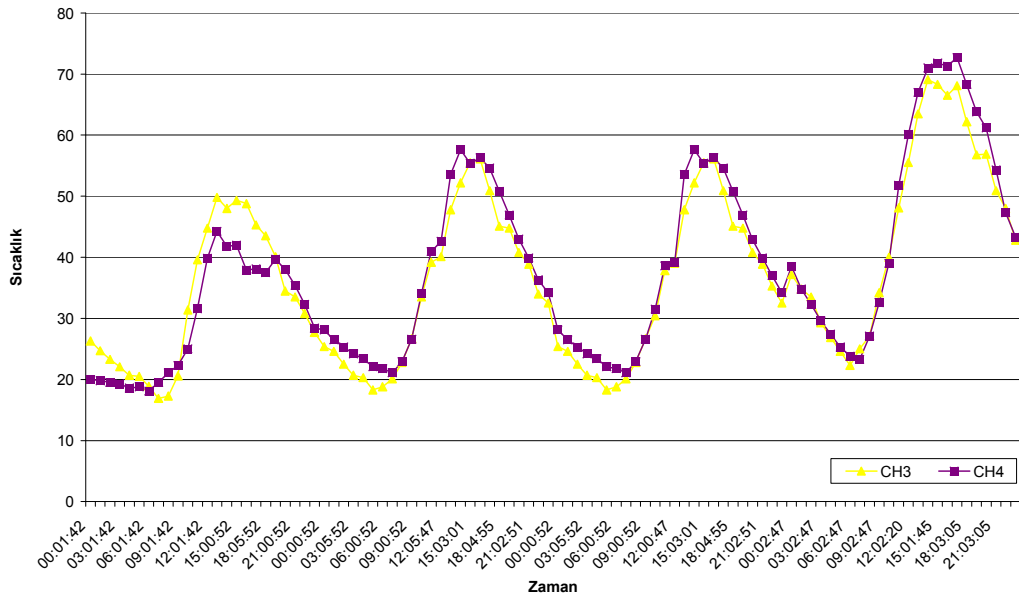
17-18-19-20 Haziran 2011 ölçümleri - Kare Profilli Güneş Ocağı



Şekil 53 17-18-19-20 Haziran 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı

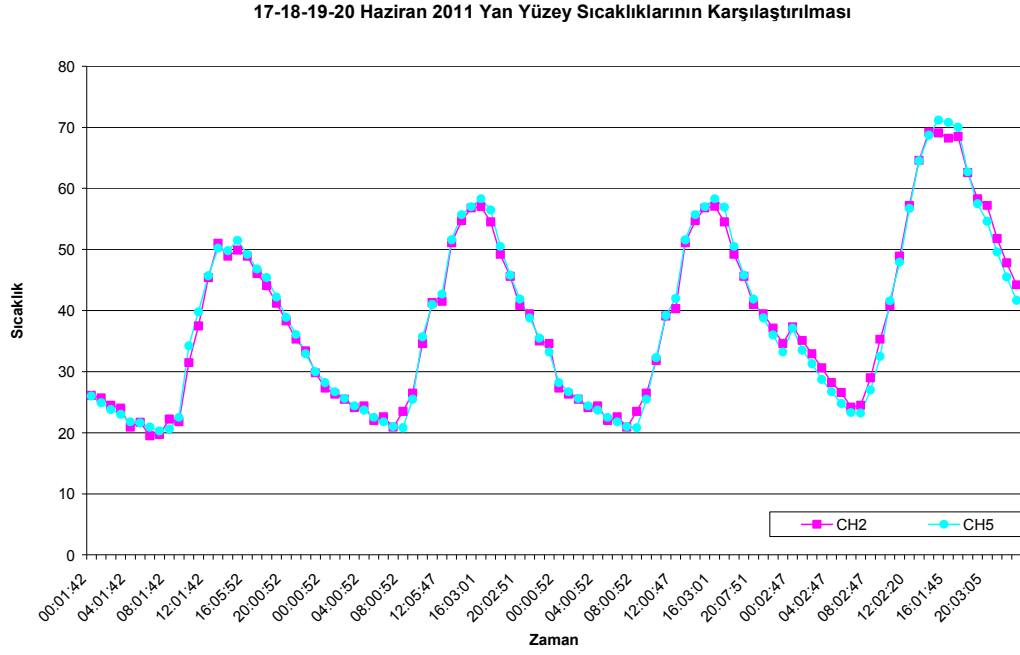
Üst yüzeyin yalıtımsız olduğu bu ölçümlerde görülmüştür ki, gün içinde sıcaklıklar diğer güne nazaran daha da yükselse de gece oluşan ısı kayıpları aynıdır. Hava durumu ve güneş ışınım şiddeti ile ocakların sıcaklıklarındaki değişimler birbirine aşırı derecede bağlıdır.

17-18-19-20 Haziran 2011 Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 54 17-18-19-20 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yağmurlu günlerde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda seyretmiştir. Havanın bulutlu olduğu günlerde ise her iki güneş ocağının performansı birbirine yakındır.



Şekil 55 17-18-19-20 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırması

Hava durumuna bağlı olmaksızın her iki güneş ocağının yan yüzey sıcaklıkları birbirine yakın bir performans sergilemiştir.

4.2. Üst Yüzeyin Yalıtımlı Olduğu Ölçümler

4.2.1. 22 Haziran 2011 Ölçümleri

Bu tarihten itibaren ocakların üzerine sıcaklıklar düşmeye başladıktan sonra 5 cm kalınlığında poliüretan köpük konulmuş, ocakların üzerinden olan ısı kayıpları azaltılmaya çalışılmıştır.

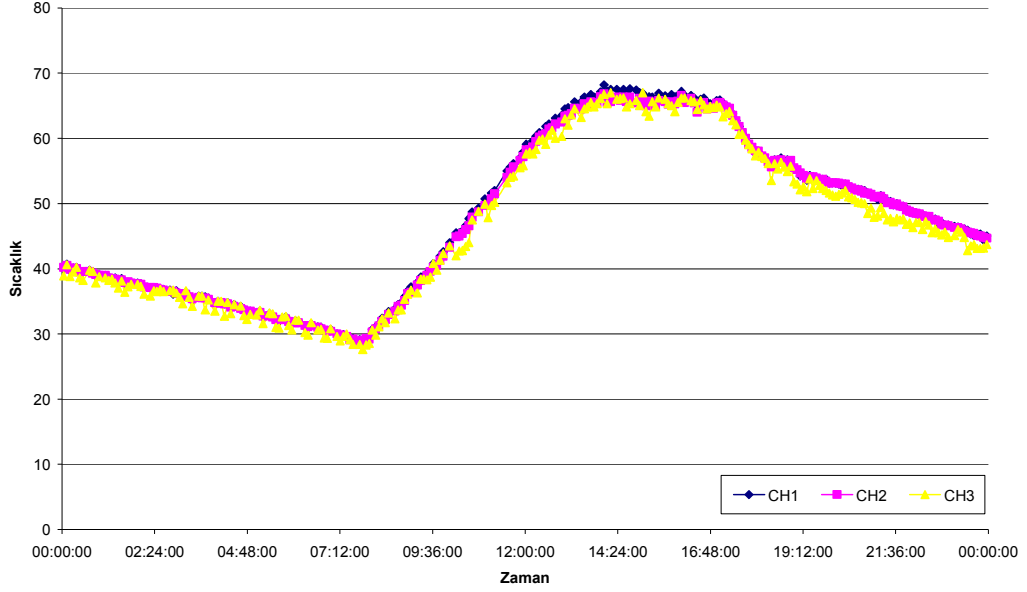
İlk gün olduğundan dolayı akşam 21 Haziran 2011 günü 20:00' de ocakların üzeri kapatılmıştır. Gün içinde ocak içi sıcaklık değişimi şu şekilde gözlemlenmiştir. 18:00'dan itibaren ocaklar poliüretan köpük ile kapatılmıştır.

Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 23.3 °C, maksimum hava sıcaklığı 29.4 °C, minimum hava sıcaklığı ise 17 °C' dir. Hava durumu açık ve rüzgarlıdır.

Çizelge 36 22 Haziran 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar

Zaman	Dairesel Profilli Ocak	Kare Profilli Ocak
08:00 (hava açık, rüzgarlı)	<50 °C	55 °C
09:00 (hava açık, rüzgarlı)	55 °C	65 °C
10:00 (hava açık, rüzgarlı)	60 °C	75 °C
11:00 (hava açık, rüzgarlı)	80 °C	85 °C
12:00 (hava açık, rüzgarlı)	90 °C	95 °C
13:00 (hava açık, rüzgarlı)	95 °C	100 °C
14:00 (hava açık, rüzgarlı)	95 °C	100 °C
15:00 (hava açık, rüzgarlı)	95 °C	100 °C
16:00 (hava açık, rüzgarlı)	85 °C	100 °C
17:00 (hava açık, rüzgarlı)	75 °C	85 °C
18:00 (hava açık, rüzgarlı)	55 °C	60 °C

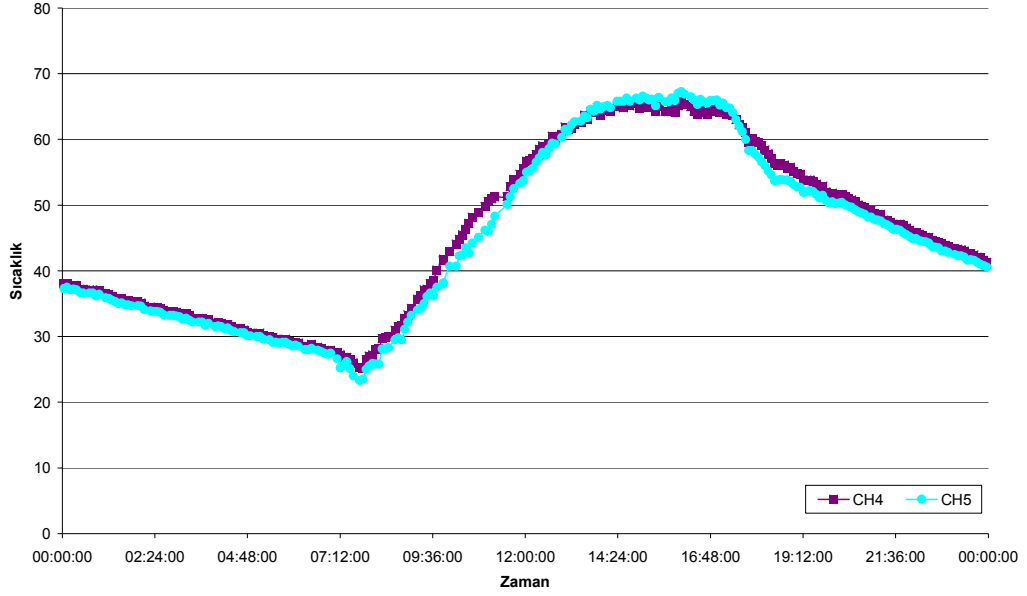
22 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 56 22 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 40.2 °C, yan yüzey sıcaklığı 40.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 38.9 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.30'a kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 28.9 °C, yan yüzey sıcaklığı 28.9 °C, alt yüzey sıcaklığı 28.4 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. 07.30'dan sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 14.02'de 68.2 °C, yan yüzey sıcaklığı 14.02'de 66.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 14.02'de 66.7 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Sıcaklık değerlerinde 17.00'a kadar önemli bir değişim gözlemlenmezken bu saatten sonra sıcaklık düşüşleri artmıştır. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 45 °C, yan yüzey sıcaklığı 44.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 43.7 °C olarak ölçülmüştür.

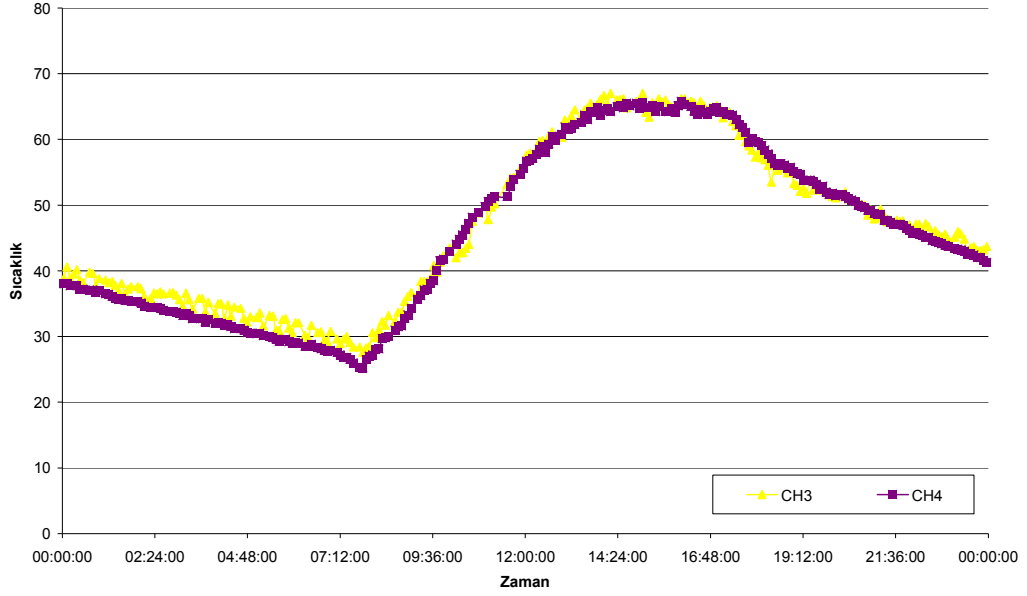
22 Haziran 2011 Ölçümleri- Kare Profilli Güneş Ocağı



Şekil 57 22 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 37.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 38 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.30'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 07.42'de yan yüzey sıcaklığı 23.5 °C, alt yüzey sıcaklığı 25.3 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Yan yüzey sıcaklığı 14.37'de 66.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 14.37'de 66.5 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten 17.00'a kadar sıcaklıklarda önemli bir değişim olmazken 17.00'dan sonra sıcaklıklar düşmeye başlamıştır. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 40.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 41.3 °C olarak ölçülmüştür.

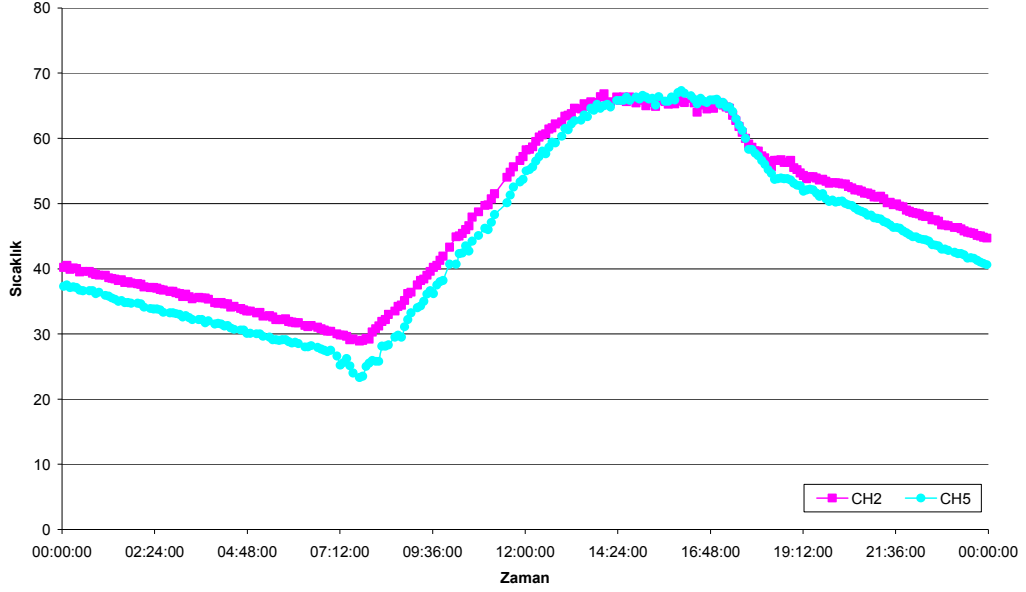
22 Haziran 2011 Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 58 22 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 0.9 °C daha fazladır. Gün içinde hemen hemen aynı sıcaklıklar ölçülmüştür. Kare profilli güneş ocağındaki ani yükselmenin sebebi ise termokupl bağlantılarından kaynaklanmıştır. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 2.4 °C daha fazladır.

22 Haziran 2011 Yan Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 59 22 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığından 2.9 °C daha fazladır. Gün içinde yan yüzey sıcaklıkları arasındaki fark eşit olarak ilerlemiştir, 10.00'dan sonra azalmaya başlamış, 14.00'dan 18.00'a kadar aynı sıcaklıklar görülmüş ve bu saatten sonra sıcaklık farkları artmaya başlamıştır. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığından 4.1 °C daha fazladır.

4.2.2. 23 haziran 2011 ölçümleri

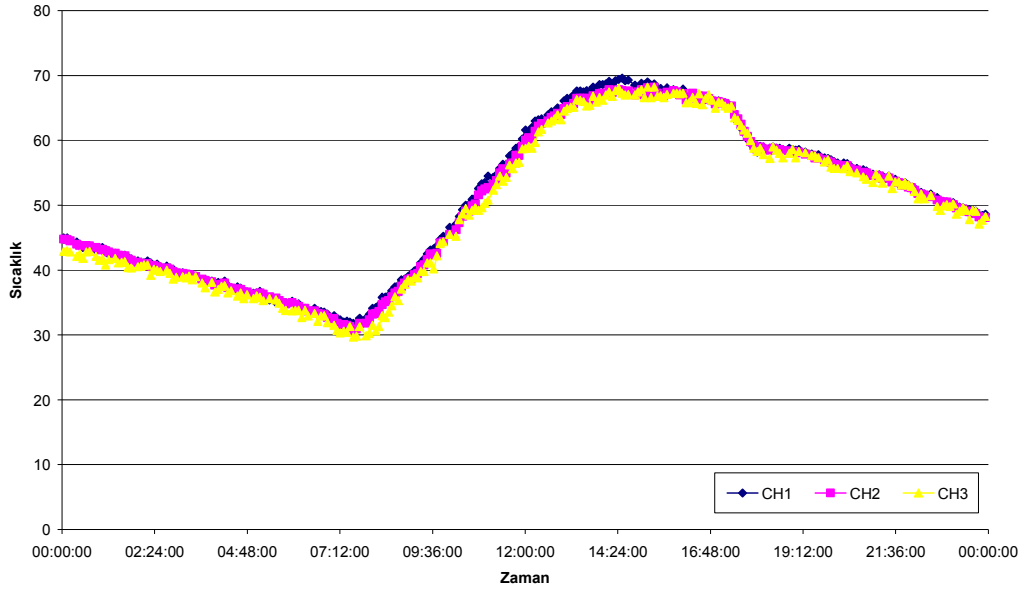
Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 23.9 °C, maksimum hava sıcaklığı 30.3 °C, minimum hava sıcaklığı ise 16.3 °C' dir. Hava durumu açık ve rüzgarlıdır.

Gün içinde ocak içi sıcaklık değişimi şu şekilde gözlemlenmiştir. 18:00'dan itibaren ocaklar poliüretan köpük ile kapatılmıştır.

Çizelge 37 23 Haziran 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar

Zaman	Dairesel Profilli Ocak	Kare Profilli Ocak
08:00 (hava açık, rüzgarlı)	<50 °C	50 °C
09:00 (hava açık, rüzgarlı)	55 °C	65 °C
10:00 (hava açık, rüzgarlı)	65 °C	75 °C
11:00 (hava açık, rüzgarlı)	80 °C	85 °C
12:00 (hava açık, rüzgarlı)	90 °C	95 °C
13:00 (hava açık, rüzgarlı)	100 °C	100 °C
14:00 (hava açık, rüzgarlı)	100 °C	100 °C
15:00 (hava açık, rüzgarlı)	95 °C	105 °C
16:00 (hava açık, rüzgarlı)	85 °C	100 °C
17:00 (hava açık, rüzgarlı)	75 °C	90 °C
18:00 (hava açık, rüzgarlı)	60 °C	70 °C

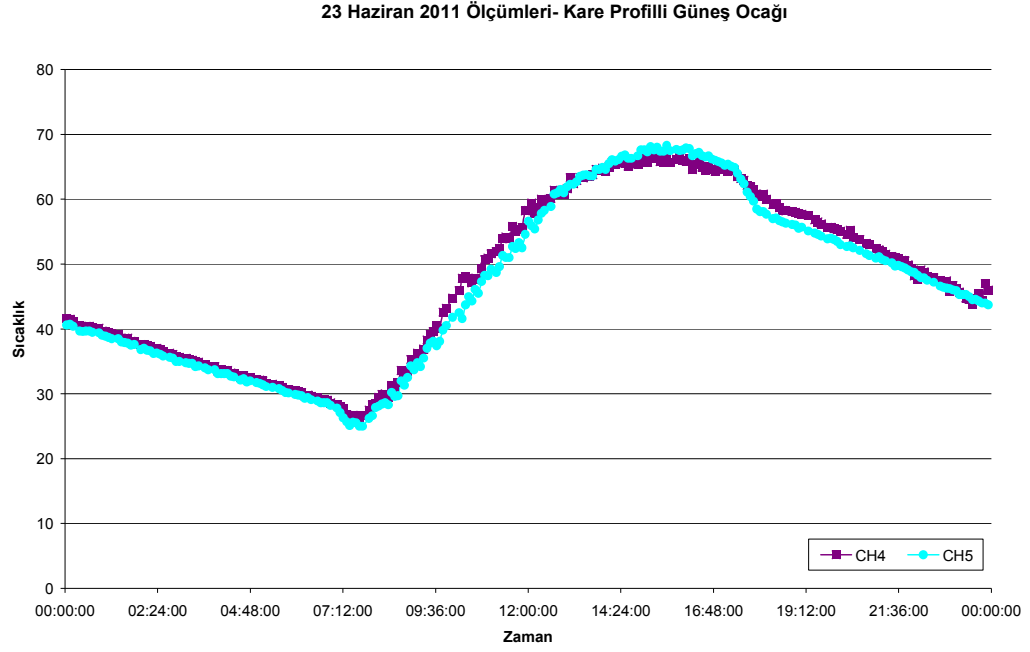
23 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 60 23 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 44.2 °C, yan yüzey sıcaklığı 44.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 42.9°C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.30'a kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 32.1 °C, yan yüzey sıcaklığı 30.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 30.4 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. 07.30'dan sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 14.25'de 69.2 °C, yan yüzey sıcaklığı 15.00'de

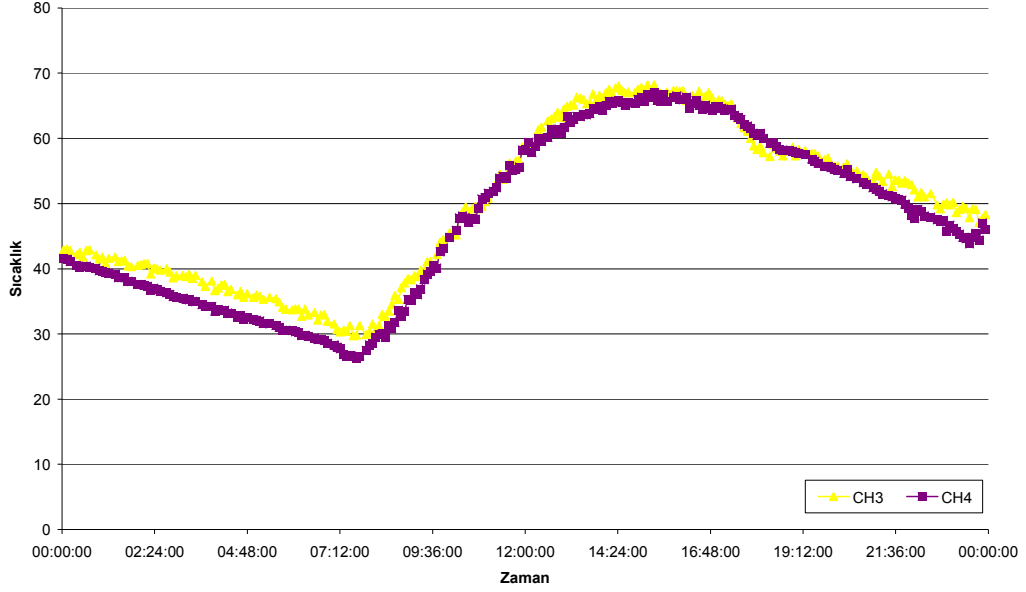
67.7 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.10'de 68.2 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. 17.05 e kadar sıcaklıklarda önemli bir değişim olmazken bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir.23.59'da üst yüzey sıcaklığı 48.4 °C, yan yüzey sıcaklığı 48.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 47.7 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 61 23 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 40.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 41.6 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.30'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 07.20'de yan yüzey sıcaklığı 26.5 °C, alt yüzey sıcaklığı 20.6 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Yan yüzey sıcaklığı 15.35'de 68.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.10'da 66.7 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar düşmeye başlamıştır. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 44 °C, alt yüzey sıcaklığı 44.7 °C olarak ölçülmüştür.

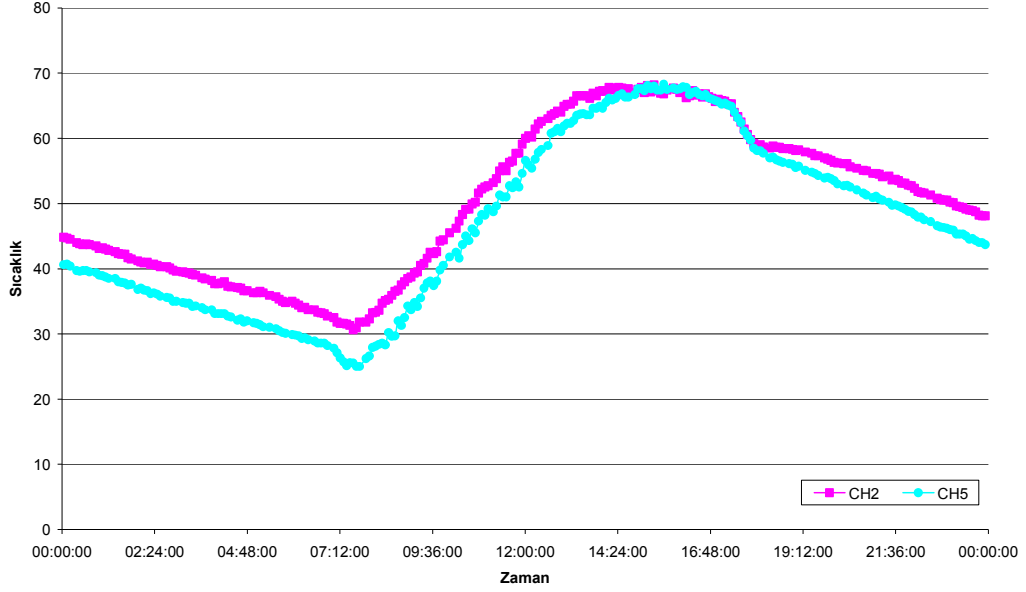
23 Haziran 2011 Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 62 23 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 1.3 °C daha fazladır. 07.30'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 3.2 °C' ye kadar yükselmiştir. Bu saatten sonra sıcaklık farkları azalmaya başlamıştır. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 2.3 °C daha fazladır.

23 Haziran 2011 Yan Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 63 23 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığından 4.2 °C daha fazladır. 07.30'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 5.9 °C' ye kadar yükselmiştir. Bu saatten sonra sıcaklık farkları azalmaya başlamıştır. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığından 4.4 °C daha fazladır.

4.2.3. 24 Haziran 2011 ölçümleri

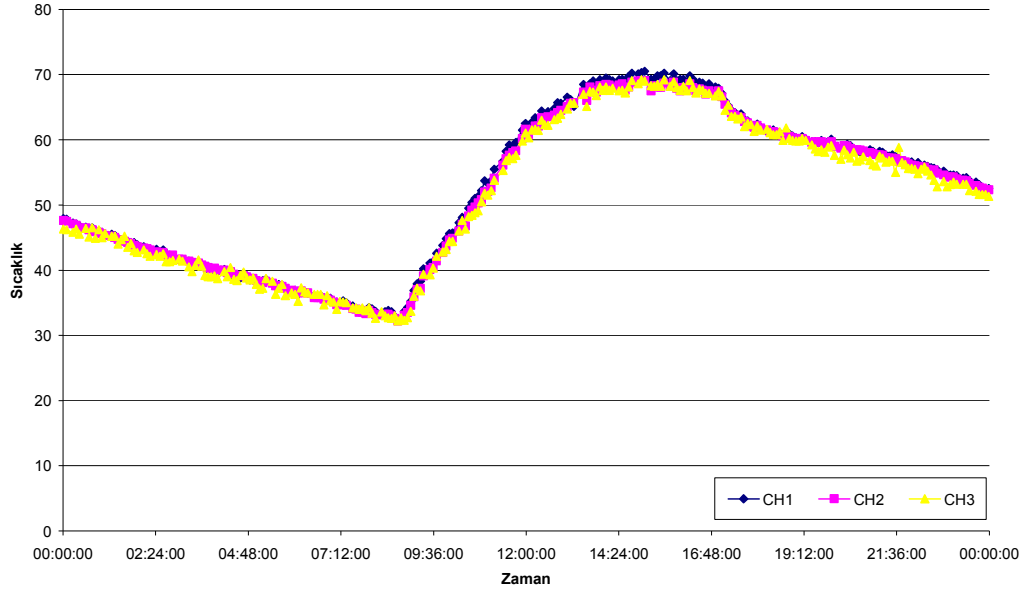
Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 24.4 °C, maksimum hava sıcaklığı 31.3 °C, minimum hava sıcaklığı ise 16.5 °C' dir. Hava durumu açık ve rüzgarlıdır.

Gün içinde ocak içi sıcaklık değişimi şu şekilde gözlemlenmiştir. 18:00'dan itibaren ocaklar poliüretan köpük ile kapatılmıştır.

Çizelge 38 24 Haziran 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar

Zaman	Dairesel Profilli Ocak	Kare Profilli Ocak
08:00 (hava açık, rüzgarlı)	<50 °C	55 °C
09:00 (hava açık, rüzgarlı)	50 °C	60 °C
10:00 (hava açık, rüzgarlı)	70 °C	75 °C
11:00 (hava açık, rüzgarlı)	80 °C	90 °C
12:00 (hava açık, rüzgarlı)	90 °C	100 °C
13:00 (hava açık, rüzgarlı)	100 °C	105 °C
14:00 (hava açık, rüzgarlı)	100 °C	105 °C
15:00 (hava açık, rüzgarlı)	95 °C	105 °C
16:00 (hava açık, rüzgarlı)	90 °C	100 °C
17:00 (hava açık, rüzgarlı)	70 °C	90 °C
18:00 (hava açık, rüzgarlı)	60 °C	70 °C

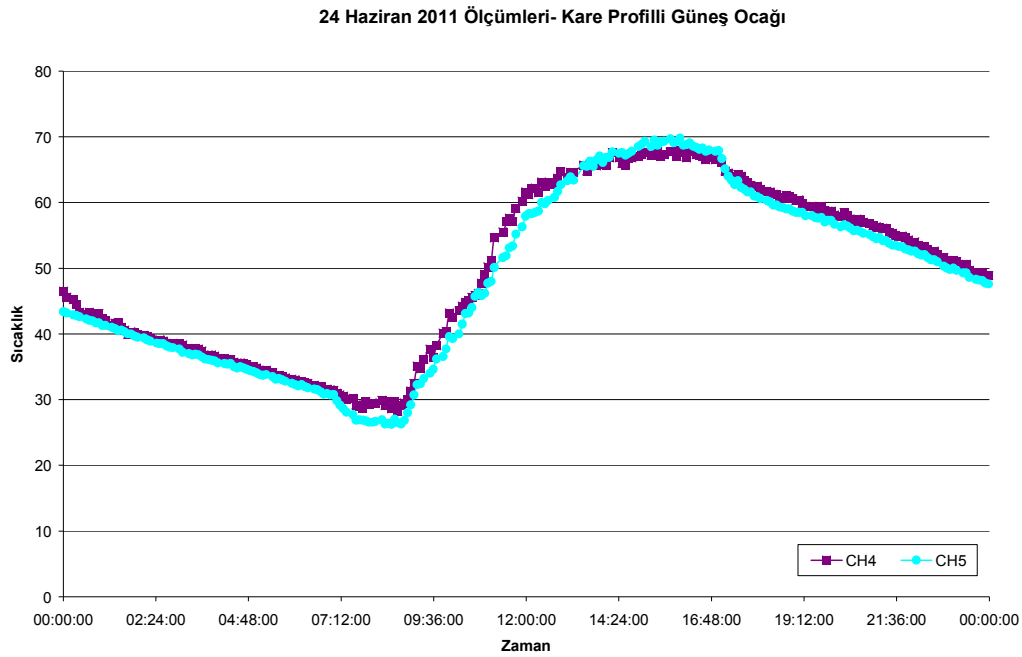
24 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 64 24 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 47.9 °C, yan yüzey sıcaklığı 47.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 46.3°C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.40'a kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 32.5 °C, yan yüzey sıcaklığı 32.2 °C, alt

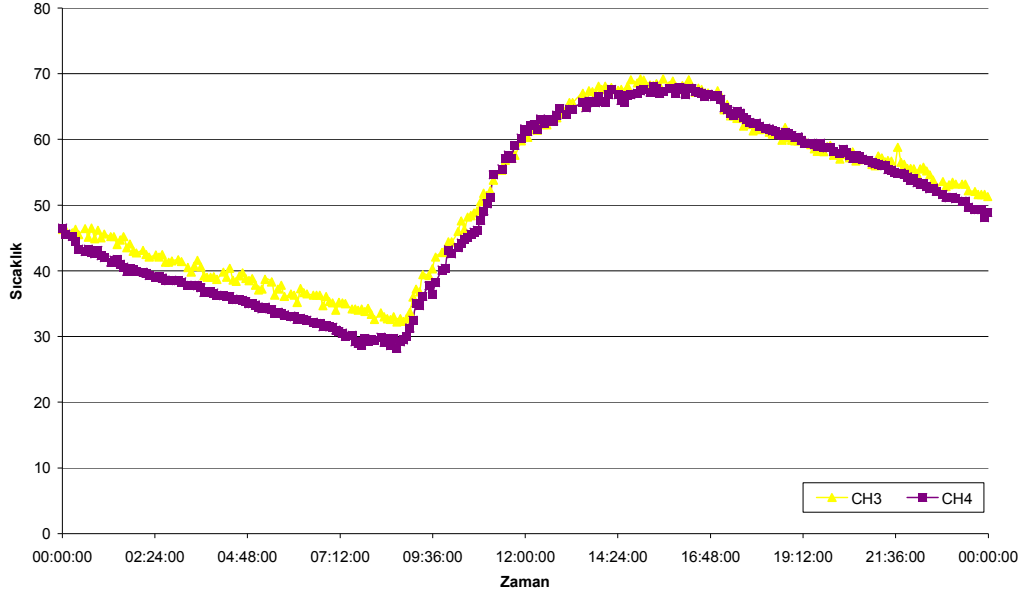
yüzey sıcaklığı 32.2 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. 08.40'dan sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 15.00'da 70.3 °C, yan yüzey sıcaklığı 15.00'da 69.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 16.00'da 69.1 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. 17.05'e kadar sıcaklıklarda önemli bir değişim olmazken bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 52.5 °C, yan yüzey sıcaklığı 52.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 51.6 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 65 24 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00'da yan yüzey sıcaklığı 43.4 °C, alt yüzey sıcaklığı 46.6 °C'dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.30'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 08.30'de yan yüzey sıcaklığı 27 °C, alt yüzey sıcaklığı 28.6 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Yan yüzey sıcaklığı 16.00'de 69.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.20'de 68.1 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar düşmeye başlamıştır. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 47.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 48.1 °C olarak ölçülmüştür.

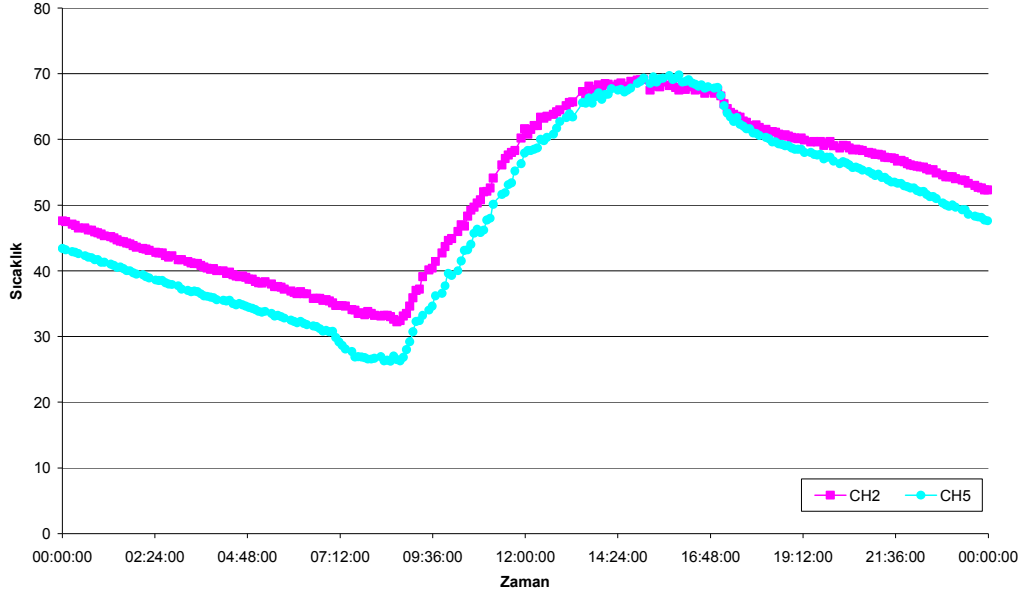
24 Haziran 2011 Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 66 24 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da her iki güneş ocağının alt yüzey sıcaklıkları eşit ve 46.5 °C' dir. 07.30'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 4.5 °C' ye kadar yükselmiştir. Bu saatten sonra sıcaklık farkları azalmaya başlamıştır. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 3.2 °C daha fazladır.

24 Haziran 2011 Yan Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 67 24 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığından 4.2 °C daha fazladır. 07.30'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 6.1 °C' ye kadar yükselmiştir. Sabah saatlerinde kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığındaki dalgalanmalar termokupl bağlantılarından kaynaklanmaktadır. Bu saatten sonra sıcaklık farkları azalmaya başlamıştır. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığından 4.7 °C daha fazladır.

4.2.4. 25 Haziran 2011 ölçümleri

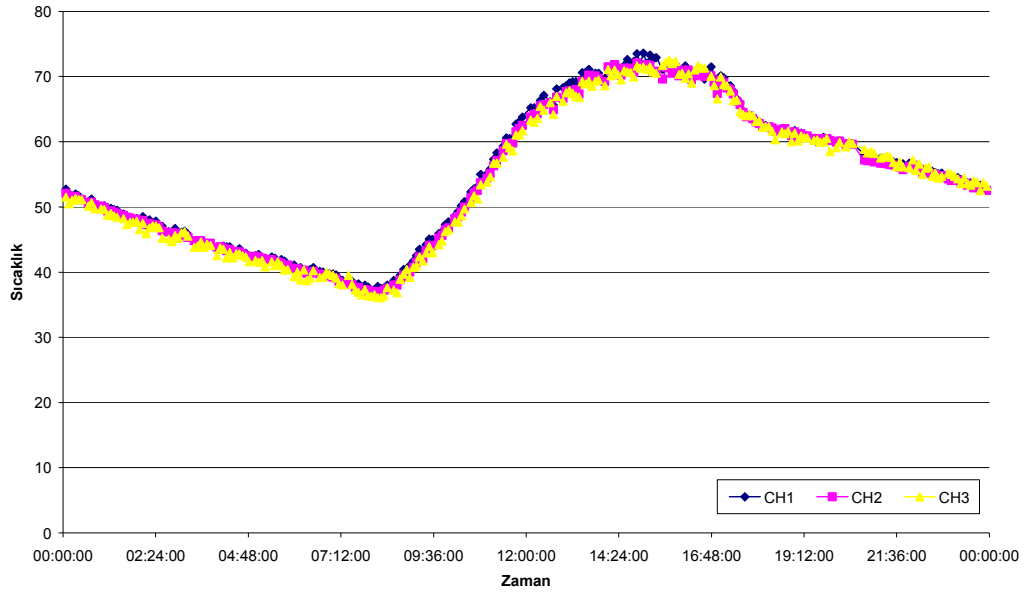
Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 23.4 °C, maksimum hava sıcaklığı 29.6 °C, minimum hava sıcaklığı ise 16.6 °C' dir. Hava durumu açık ve rüzgarlıdır.

Gün içinde ocak içi sıcaklık değişimi şu şekilde gözlemlenmiştir. 18:00'dan itibaren ocaklar poliüretan köpük ile kapatılmıştır.

Çizelge 39 25 Haziran 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar

Zaman	Dairesel Profilli Ocak	Kare Profilli Ocak
08:00 (hava açık, rüzgarlı)	<50 °C	<50 °C
09:00 (hava açık, rüzgarlı)	60 °C	70 °C
10:00 (hava açık, rüzgarlı)	75 °C	80 °C
11:00 (hava açık, rüzgarlı)	85 °C	90 °C
12:00 (hava açık, rüzgarlı)	95 °C	100 °C
13:00 (hava açık, rüzgarlı)	105 °C	105 °C
14:00 (hava açık, rüzgarlı)	100 °C	105 °C
15:00 (hava açık, rüzgarlı)	90 °C	105 °C
16:00 (hava açık, rüzgarlı)	90 °C	100 °C
17:00 (hava açık, rüzgarlı)	80 °C	90 °C
18:00 (hava açık, rüzgarlı)	70 °C	75 °C

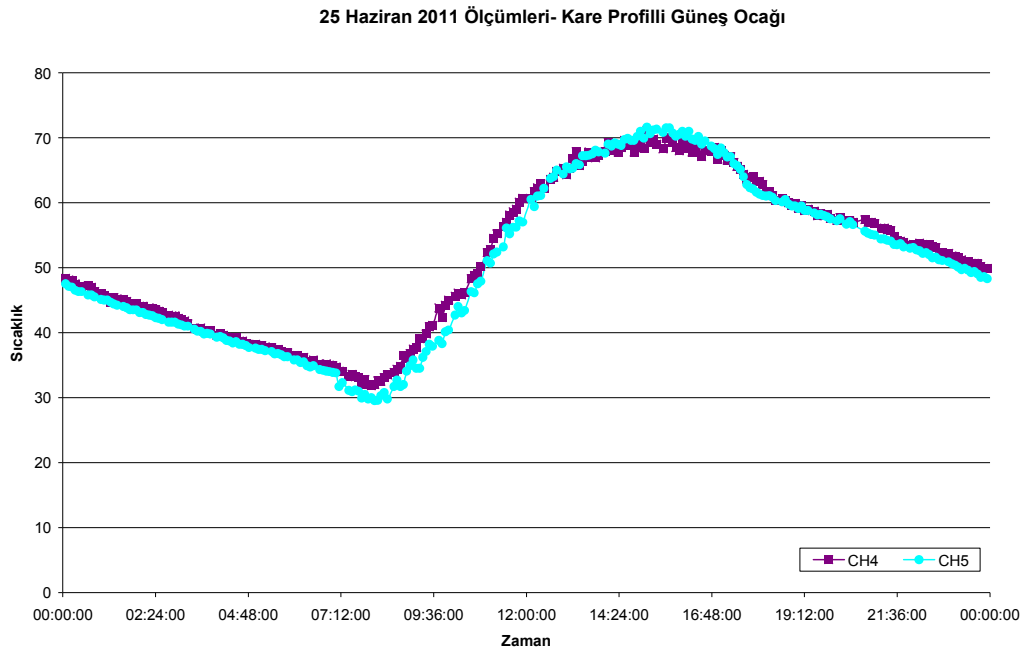
25 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 68 25 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı

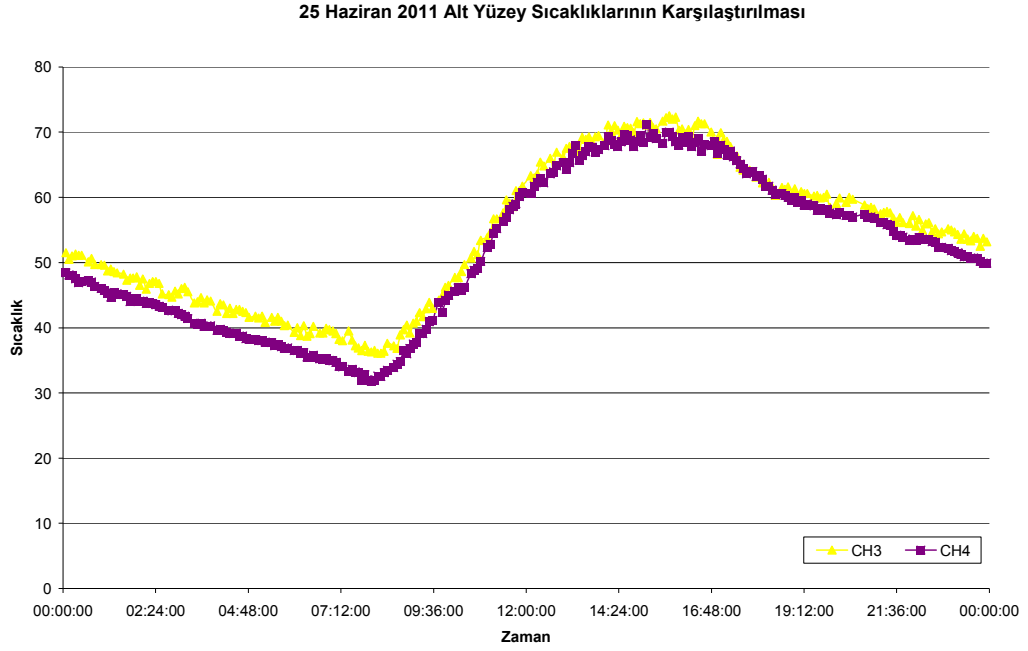
Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 52.7 °C, yan yüzey sıcaklığı 52.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 51.5°C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.10'a kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 36.9 °C, yan yüzey sıcaklığı 37 °C, alt

yüzey sıcaklığı 36.1 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. 08.10'dan sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 14.52'de 73.6 °C, yan yüzey sıcaklığı 14.52'de 72.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.37'de 72.2 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır.17.00 e kadar sıcaklıklarda önemli bir değişim olmazken bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir.23.59'da üst yüzey sıcaklığı 53.2 °C, yan yüzey sıcaklığı 52,5 °C, alt yüzey sıcaklığı 53.7°C olarak ölçülmüştür.



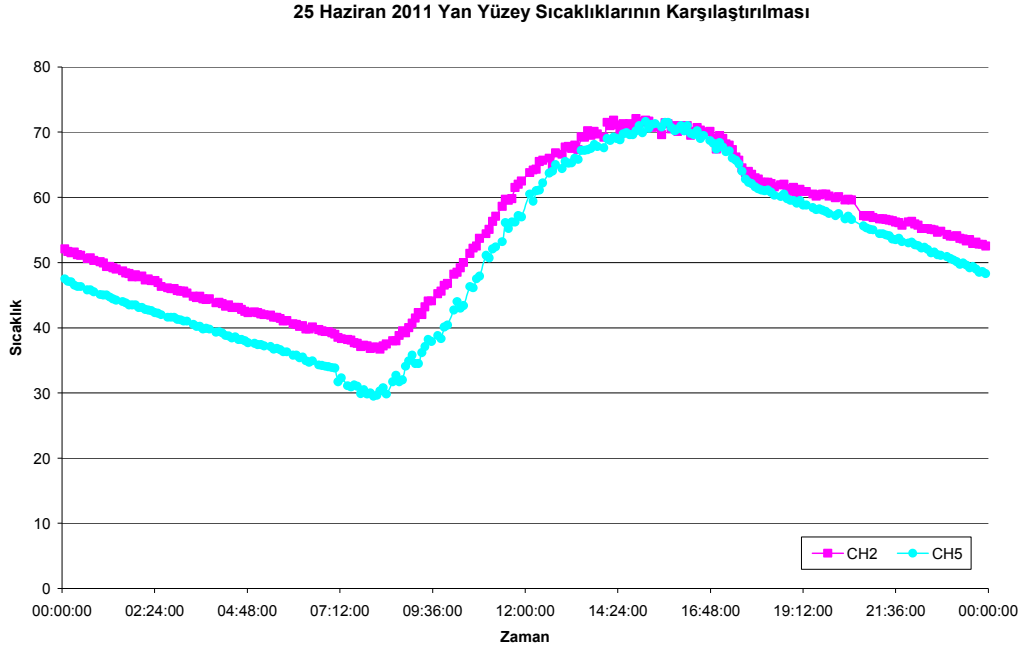
Şekil 69 25 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 47.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 48.4 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.00'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 07.54'de yan yüzey sıcaklığı 32 °C, alt yüzey sıcaklığı 30 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Yan yüzey sıcaklığı 15.07'de 71.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.07'de 71.7 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar düşmeye başlamıştır. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 48.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 49.9 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 70 25 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 3.1 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 4.1 °C'ye kadar yükselmiştir. Bu saatten sonra sıcaklık farkları azalmaya başlamıştır. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 3.3 °C daha fazladır.



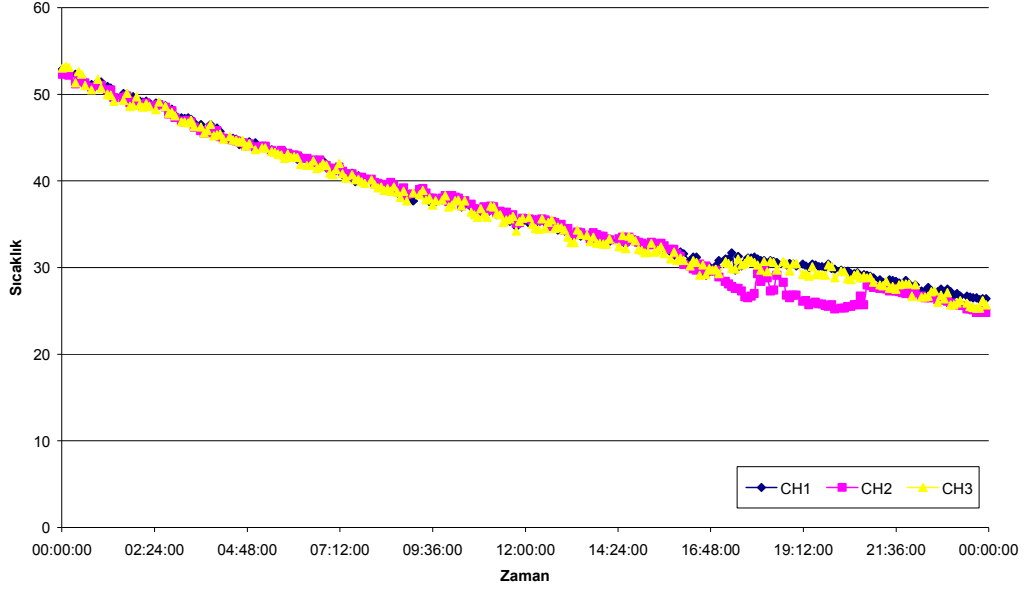
Şekil 71 25 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00’da dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığından 4.6 °C daha fazladır. 08.00’a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 7.4 °C’ ye kadar yükselmiştir. Bu saatten sonra sıcaklık farkları azalmaya başlamıştır. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığından 4.2 °C daha fazladır.

4.2.5. 26 haziran 2011 ölçümleri

Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 19.4 °C, maksimum hava sıcaklığı 23.3 °C, minimum hava sıcaklığı ise 12.6 °C’ dir. Hava durumu gök gürültülü sağanak yağışlıydı.

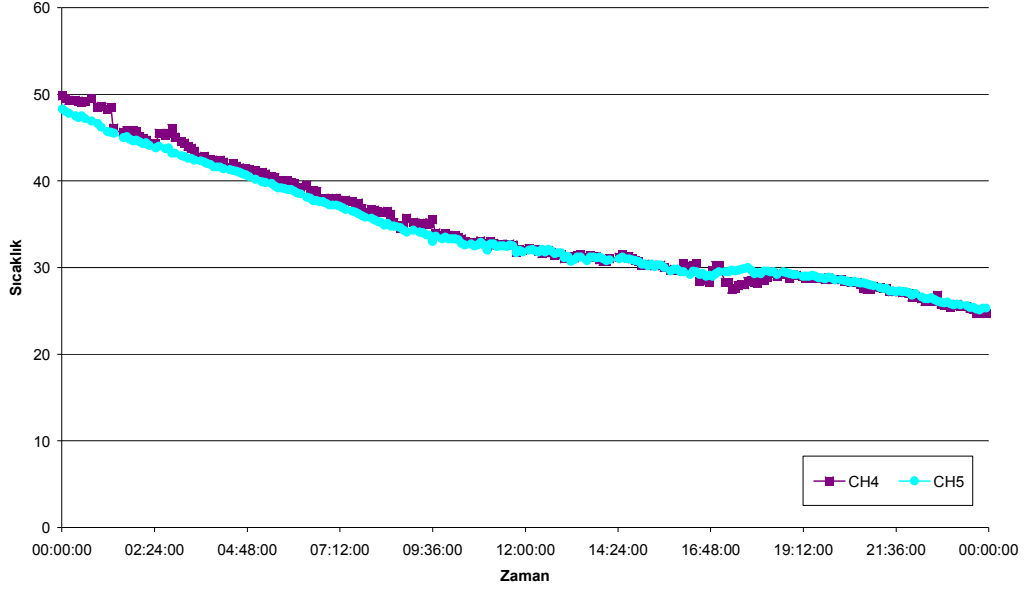
26 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 72 26 Haziran 2011 Ölçümleri Dairesel Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 52.9 °C, yan yüzey sıcaklığı 52.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 53 dir. (Bu değerler gün içi maksimum değerlerdir.). Havanın kapalı, rüzgarlı ve yağmurlu olmasının etkisiyle sıcaklıkların gün içinde düzenli bir şekilde düştüğü gözlemlenmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 26.3 °C, yan yüzey sıcaklığı 24.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 25.3 olarak ölçülmüştür. (Bu değerler gün için minimum değerleridir.)

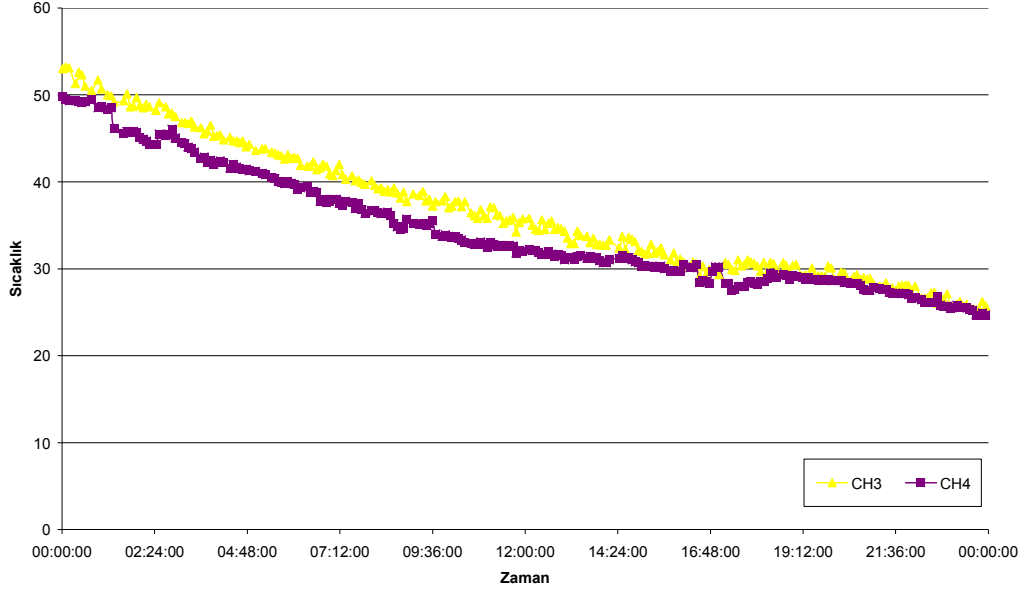
26 Haziran 2011 Ölçümleri- Kare Profilli Güneş Ocağı



Şekil 73 26 Haziran 2011 Ölçümleri Kare Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00' yan yüzey sıcaklığı 48.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 49.8 dir. (Bu değerler gün içi maksimum değerlerdir.). Havanın kapalı, rüzgarlı ve yağmurlu olmasının etkisiyle sıcaklıkların gün içinde düzenli bir şekilde düştüğü gözlemlenmiştir. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 25.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 24.9 olarak ölçülmüştür. (Bu değerler gün için minimum değerleridir.)

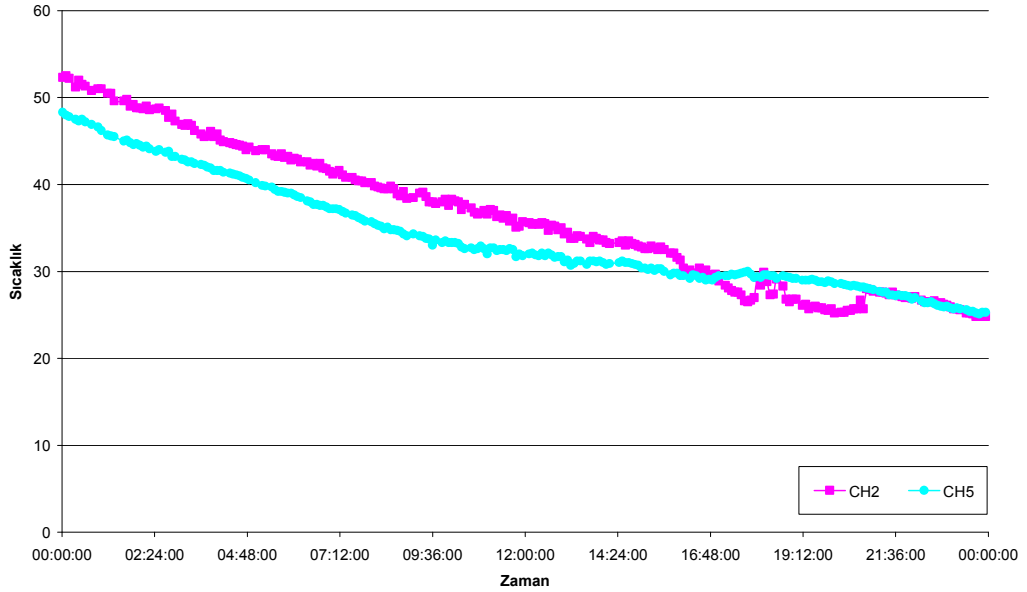
26 Haziran 2011 Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 74 26 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 3.4 °C daha fazladır. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 1 °C daha fazladır.

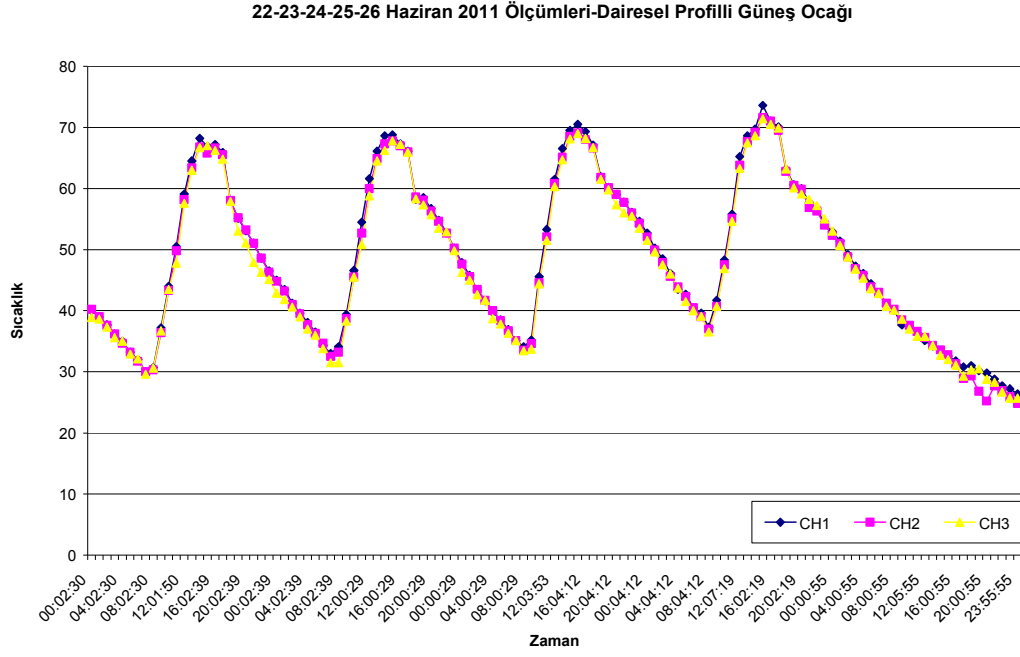
26 Haziran 2011 Yan Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



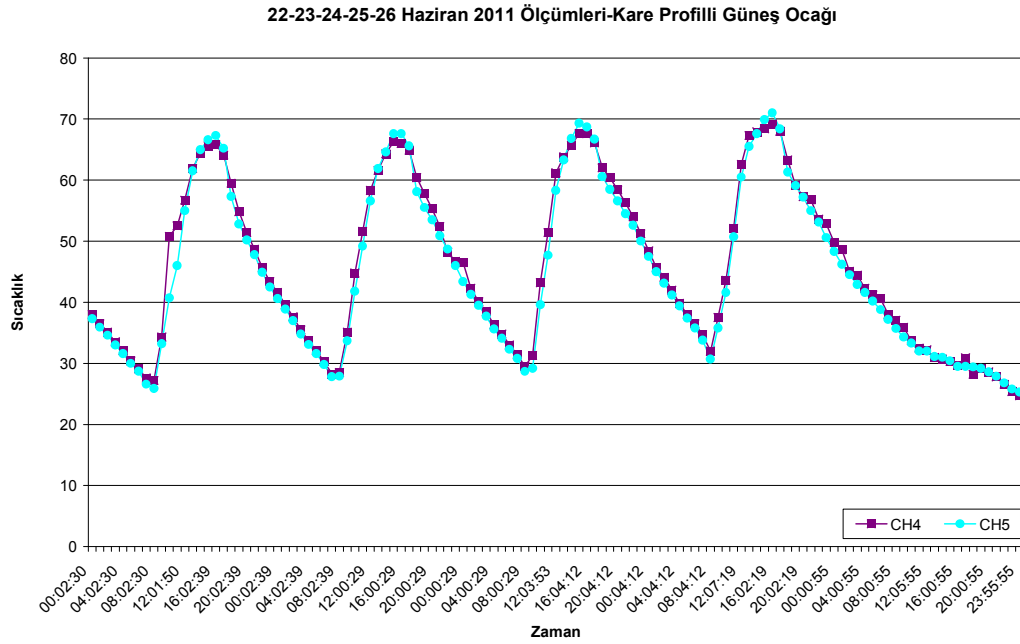
Şekil 75 26 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00’da dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığından 4 °C daha fazladır. Gün bitiminde her iki güneş ocağının yan yüzey sıcaklıkları eşit olup 25 °C’ dir.

4.2.6. Genel değerlendirme

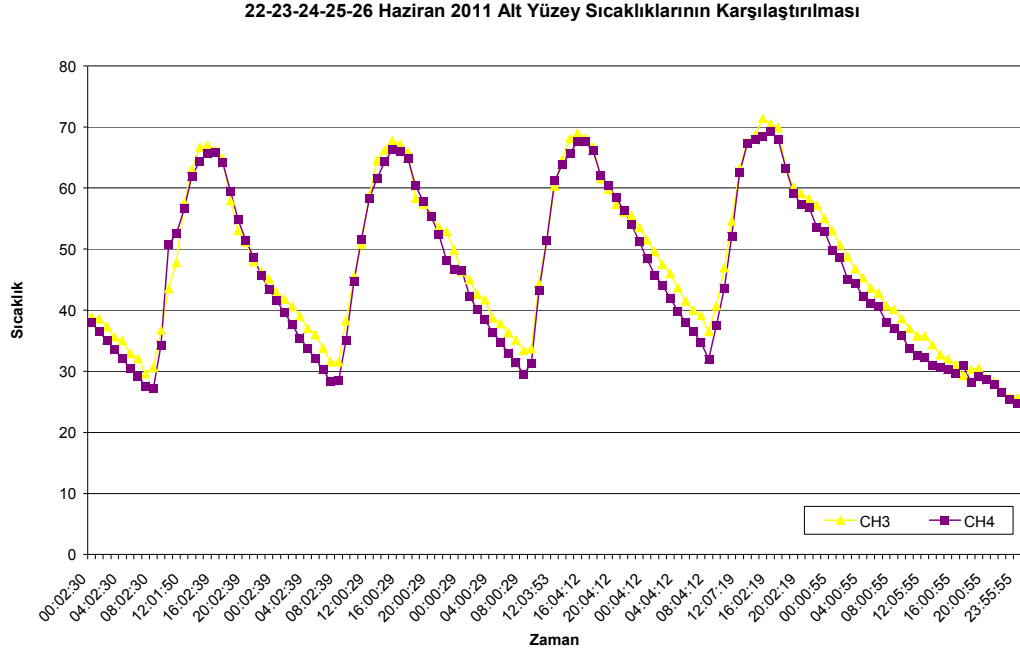


Şekil 76 22-23-24-25-26 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı



Şekil 77 22-23-24-25-26 Haziran 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı

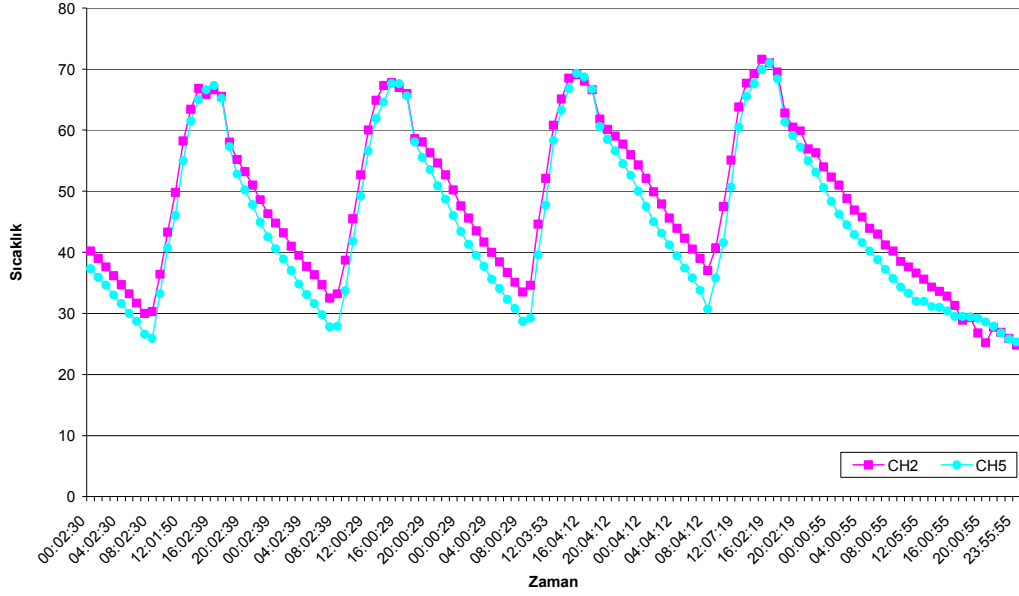
Yapılan bu ölçümlerde üst yüzeye yalıtım yapılmasının ısı kayıplarını önemli derecede azalttığı gözlemlenmiştir. Her gece diğer geceye nazaran daha az soğuma gerçekleştiğinden gün içi maksimum sıcaklıklarda artma gözlemlenmiştir. 26 Haziran 2011 günü havanın kapalı ve yağışlı olması nedeniyle sıcaklıklarda sürekli bir düşüş görülmüştür.



Şekil 78 22-23-24-25-26 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Gece saatlerinde kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığının dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığına oranla ısı kayıplarının daha fazla olması nedeniyle gün içi maksimum sıcaklığı daha azdır.

22-23-24-25-26 Haziran 2011 Yan Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 79 22-23-24-25-26 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Gece saatlerinde kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığının dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığına oranla ısı kayıplarının daha fazla olmasına rağmen gün içi maksimum sıcaklıkları eşitlenmiştir.

4.3. Yansıtıcı Açısı 30 °C Olan Ölçümler

4.3.1. 29 Haziran 2011 ölçümleri

Bu tarihten itibaren ocaklara yansıtıcı eklenmiştir. İlk olarak yansıtıcılar 30° olarak ayarlanmış ve ölçüm alınmıştır.

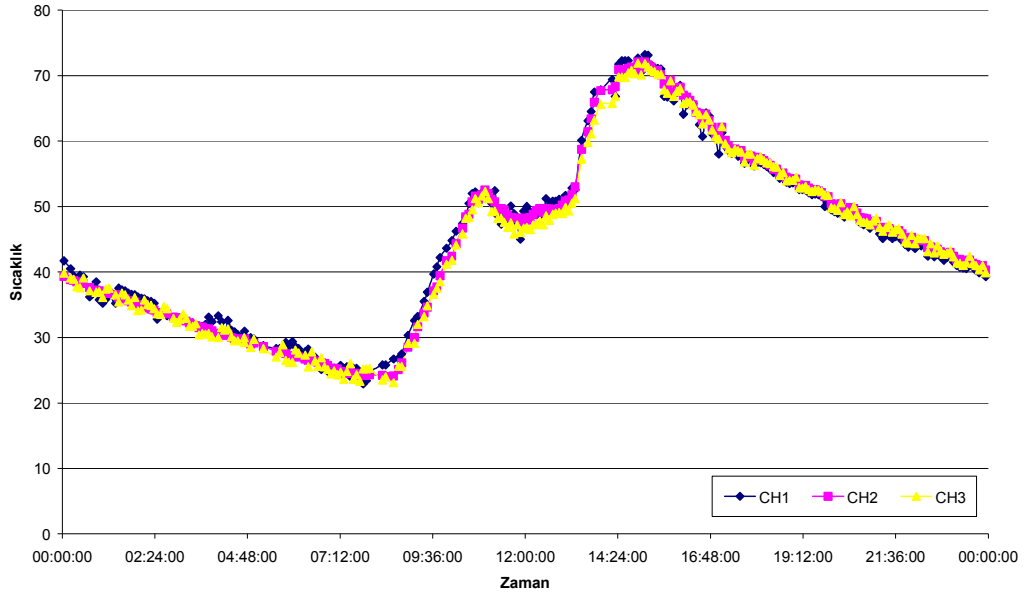
Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 19 °C, maksimum hava sıcaklığı 25.2 °C, minimum hava sıcaklığı ise 12.2 °C' dir. Hava durumu çok bulutlu ve rüzgarlıydı.

Ocakların içindeki sıcaklıkların aşağıdaki gibi gözlemlendiği tespit edilmiştir. Ocaklar havanın bulutlu olması nedeniyle 17.00'da kapatılmıştır.

Çizelge 40 29 Haziran 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar

Zaman	Dairesel Profilli Ocak	Kare Profilli Ocak
08:00 (hava parçalı bulutlu, rüzgarlı)	<50 °C	<50 °C
09:00 (hava parçalı bulutlu)	<50 °C	<50 °C
10:00 (hava açık, rüzgarlı)	65 °C	50 °C
11:00 (hava çok bulutlu, rüzgarlı)	70 °C	65 °C
12:00 (hava çok bulutlu, rüzgarlı)	55 °C	55 °C
13:00 (hava çok bulutlu)	60 °C	65 °C
14:00 (hava parçalı bulutlu, rüzgarlı)	100 °C	110 °C
15:00 (hava parçalı bulutlu, rüzgarlı)	90 °C	115 °C
16:00 (hava parçalı bulutlu, rüzgarlı)	75 °C	105 °C
17:00 (hava çok bulutlu, rüzgarlı)	70 °C	85 °C

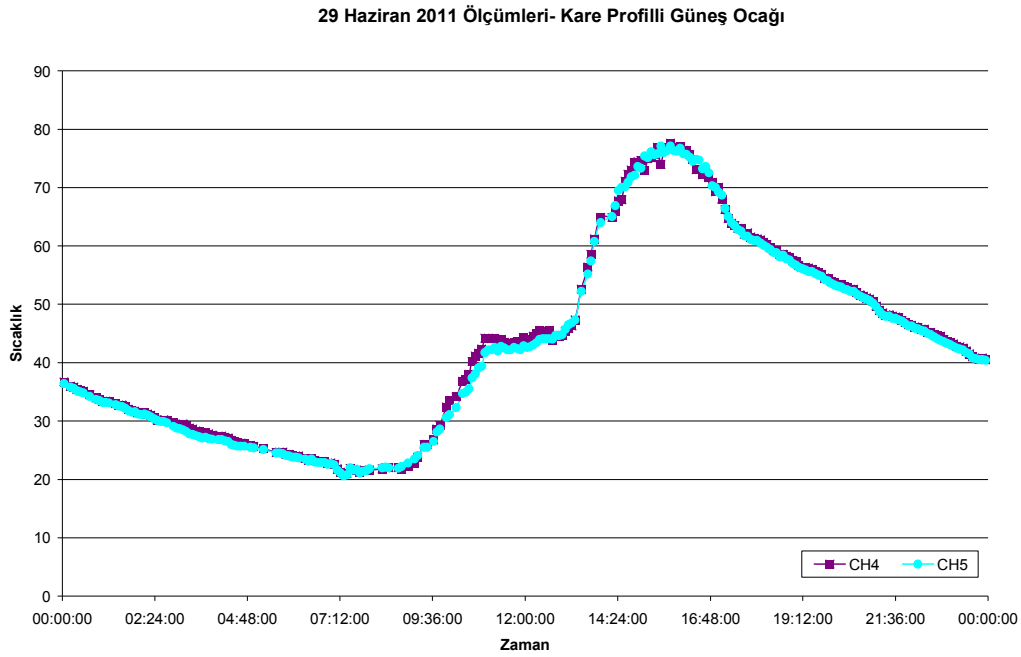
29 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 80 29 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 41.7 °C, yan yüzey sıcaklığı 39.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 39.8 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.30'a kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 23.6 °C, yan yüzey sıcaklığı 24.2 °C, alt

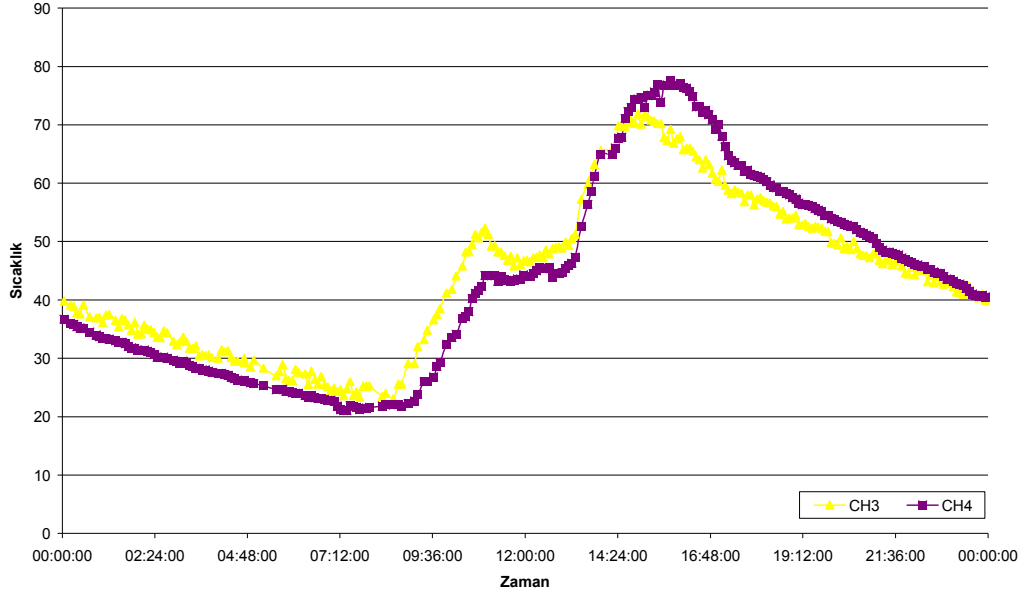
yüzey sıcaklığı 23.3 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. 07.30'dan sonra sıcaklıklar 10.57' ye kadar artmış bu saatten sonra havadaki bulutlanma nedeniyle sıcaklıklar azalmış 11.52'den sonra artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 14.40'de 72.3 °C, yan yüzey sıcaklığı 14.55'de 72.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 14.55'de 71.9 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 39.3 °C, yan yüzey sıcaklığı 40.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 39.9 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 81 29 Haziran 2011 Ölçümleri- Kare Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 36.4 °C, alt yüzey sıcaklığı 36.7 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.30'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 07.30'de yan yüzey sıcaklığı 20.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 21 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. 07.30'dan sonra sıcaklıklar 10.57' ye kadar artmış bu saatten sonra havadaki bulutlanma nedeniyle sıcaklıklar azalmış 11.52'den sonra artmaya başlamıştır. Yan yüzey sıcaklığı 15.30'da 77.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.45'de 77.6 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar düşmeye başlamıştır. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 40.4 °C, alt yüzey sıcaklığı 40.5 °C olarak ölçülmüştür.

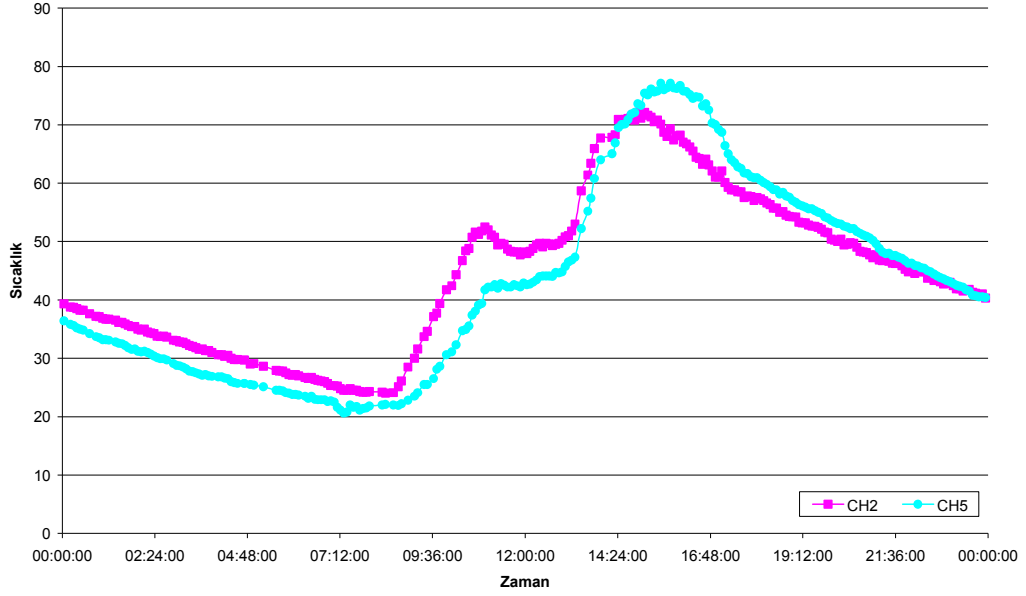
29 Haziran 2011- Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 82 29 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 3.1 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 1.1 °C' ye kadar düşmüştür. Rüzgar hızındaki artış nedeniyle 11.00-13.00 arası sıcaklık düşüş ve artışları oluşmuştur. 14.30'a kadar her iki güneş ocağının sıcaklıkları eşit gitmesine rağmen bu saatten sonra kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı daha iyi bir performans sergilemiştir. Gün bitiminde her iki güneş ocağının alt yüzey sıcaklıkları eşit olup 40 °C' dir.

29 Haziran 2011- Yan Yüze Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 83 29 Haziran 2011 Yan yüze sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüze sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının yan yüze sıcaklığı kare profilli güneş ocağının yan yüze sıcaklığından 2.9 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının yan yüze sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının yan yüze sıcaklığı arasındaki fark 2.2 °C' ye kadar düşmüştür. Rüzgar hızındaki artış nedeniyle 11.00-13.00 arası sıcaklık düşüş ve artışları oluşmuştur. 14.30'a kadar her iki güneş ocağının sıcaklıkları eşit gitmesine rağmen bu saatten sonra kare profilli güneş ocağının yan yüze sıcaklığı daha iyi bir performans sergilemiştir. Gün bitiminde her iki güneş ocağının alt yüze sıcaklıkları eşit olup 40.4 °C' dir.

4.3.2. 30 haziran 2011 ölçümleri

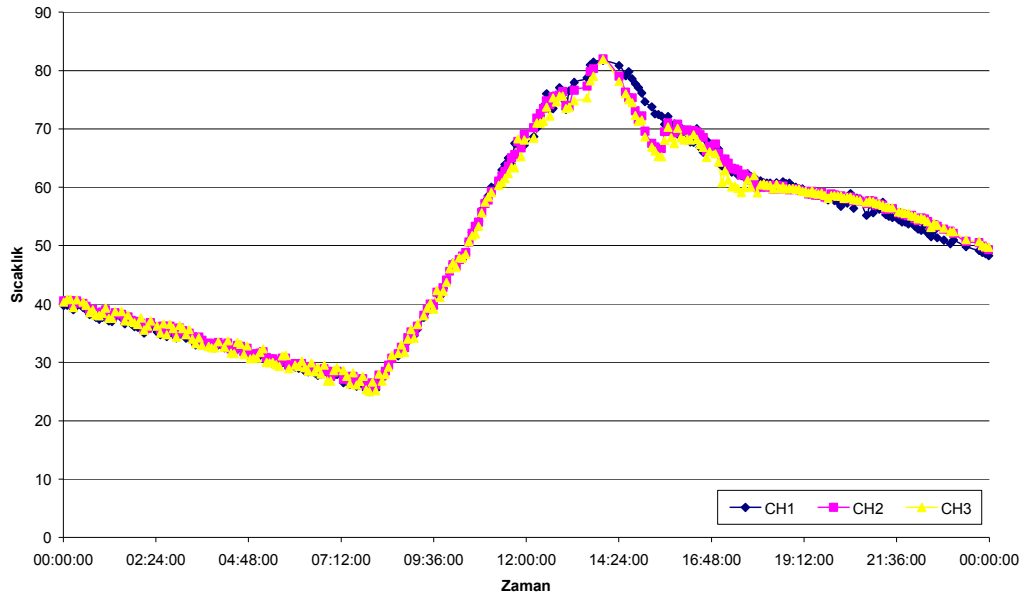
Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 22.2 °C, maksimum hava sıcaklığı 29.4 °C, minimum hava sıcaklığı ise 12.6 °C' dir. Hava durumu açık ve rüzgarlıydı.

Gün içinde ocak içi sıcaklıkların değişimi şu şekildedir.

Çizelge 41 30 Haziran 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar

Zaman	Dairesel Profilli Ocak	Kare Profilli Ocak
08:00 (hava açık)	<50 °C	<50 °C
09:00 (hava açık)	50 °C	<50 °C
10:00 (hava açık, rüzgarlı)	70 °C	55 °C
11:00 (hava açık)	90 °C	80 °C
12:00 (hava açık, rüzgarlı)	105 °C	100 °C
13:00 (hava açık, rüzgarlı)	110 °C	110 °C
14:00 (hava açık)	120 °C	130 °C
15:00 (hava çok bulutlu, rüzgarlı)	80 °C	90 °C
16:00 (hava çok bulutlu, rüzgarlı)	75 °C	100 °C
17:00 (hava açık, rüzgarlı)	75 °C	95 °C

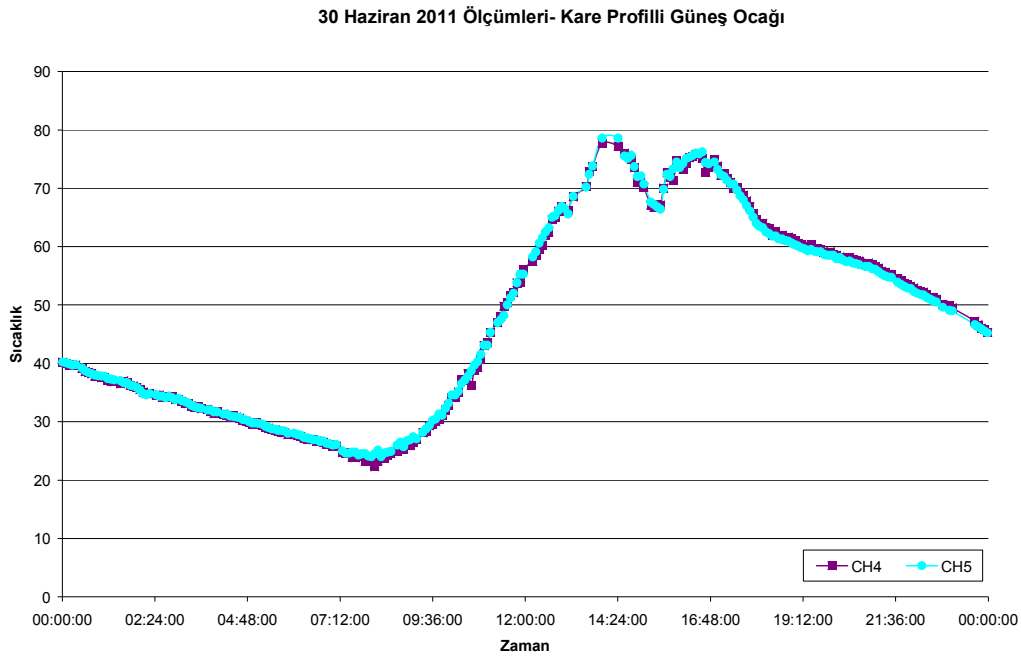
30 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 84 30 Haziran 2011 Ölçümleri – Dairesel Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 39.7 °C, yan yüzey sıcaklığı 40.5 °C, alt yüzey sıcaklığı 40.3 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.00'a kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 25 °C, yan yüzey sıcaklığı 25.7 °C, alt yüzey sıcaklığı 26.6 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten itibaren

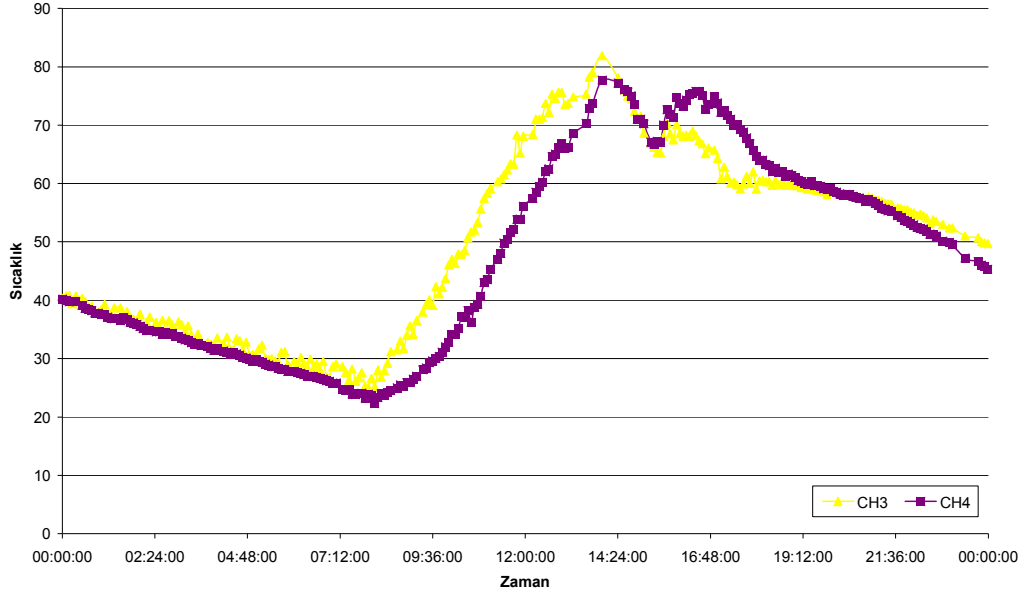
sıcaklıklar yükselmeye başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 13.59'da 81.7 °C, yan yüzey sıcaklığı 13.59'da 82 °C, alt yüzey sıcaklığı 13.59'da 81.9 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 14.00-15.00 arasında havanın bulutlanması ve rüzgar esmesi nedeniyle sıcaklıklarda düşme ve ardından yükselme meydana gelmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 48.3 °C, yan yüzey sıcaklığı 49.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 49.7 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 85 30 Haziran 2011 Ölçümleri – Kare Profilli Güneş Ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 40.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 40.2 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.00'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 08.00'da yan yüzey sıcaklığı 22.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 24.5 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar yükselmeye başlamıştır. Yan yüzey sıcaklığı 13.59'da 81.7 °C, alt yüzey sıcaklığı 13.59'de 81.9 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 14.00-15.00 arasında havanın bulutlanması ve rüzgar esmesi nedeniyle sıcaklıklarda düşme ve ardından yükselme meydana gelmiştir. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 48.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 49.7 °C olarak ölçülmüştür.

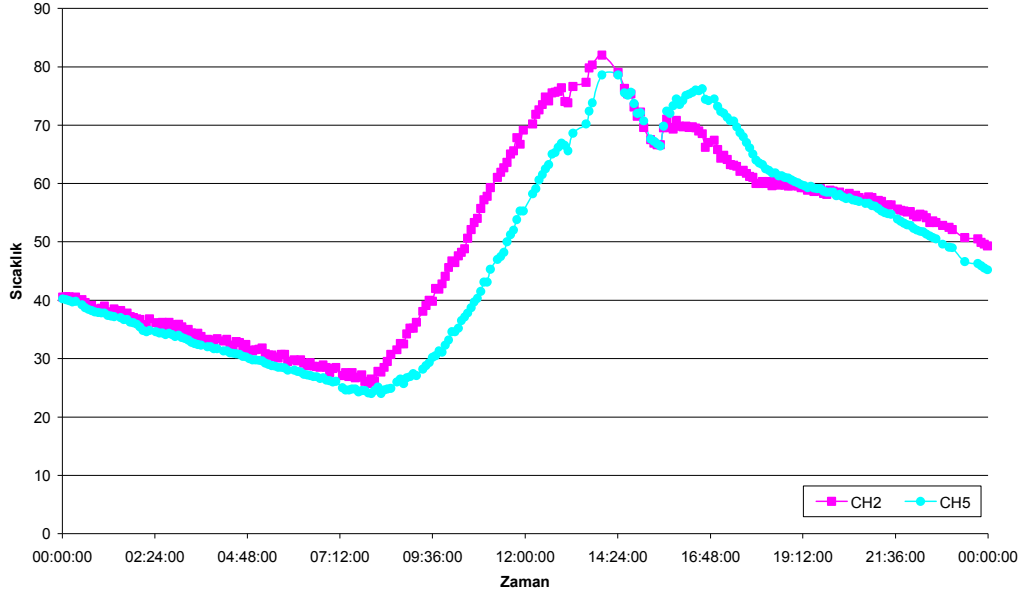
30 Haziran 2011 Alt Yüze Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 86 30 Haziran 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da her iki güneş ocağının da alt yüzey sıcaklıkları eşit olup 40.2 °C' dir. 08.00'a kadar her iki güneş ocağının alt yüzey sıcaklık farkları arasında önemli bir değişim görülmezken, bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından daha fazla yükselmiştir. Rüzgar hızındaki artış nedeniyle 14.00-16.00 saatleri arasında sıcaklık düşüş ve artışları oluşmuştur. 15.40'da her iki güneş ocağının sıcaklıkları eşitlenmesine rağmen bu saatten sonra kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı daha iyi bir performans sergilemiştir. Gün bitiminde ise dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 4.4 °C daha fazladır.

30 Haziran 2011 Yan Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 87 30 Haziran 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da her iki ocağın yan yüzey sıcaklıkları eşit olup 40.2 °C' dir. 08.00'a kadar her iki güneş ocağının yan yüzey sıcaklık farkları arasında önemli bir değişim görülmezken, bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığından daha fazla yükselmiştir. Rüzgar hızındaki artış nedeniyle 14.00-16.00 saatleri arasında sıcaklık düşüş ve artışları oluşmuştur. 15.40'da her iki güneş ocağının sıcaklıkları eşitlenmesine rağmen bu saatten sonra kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı daha iyi bir performans sergilemiştir. Gün bitiminde ise dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 4.1 °C daha fazladır.

4.3.4. 1 temmuz 2011 ölçümleri

Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 23.3 °C, maksimum hava sıcaklığı 30.7 °C, minimum hava sıcaklığı ise 15.7 °C' dir. Hava durumu açık ve rüzgarlıydı.

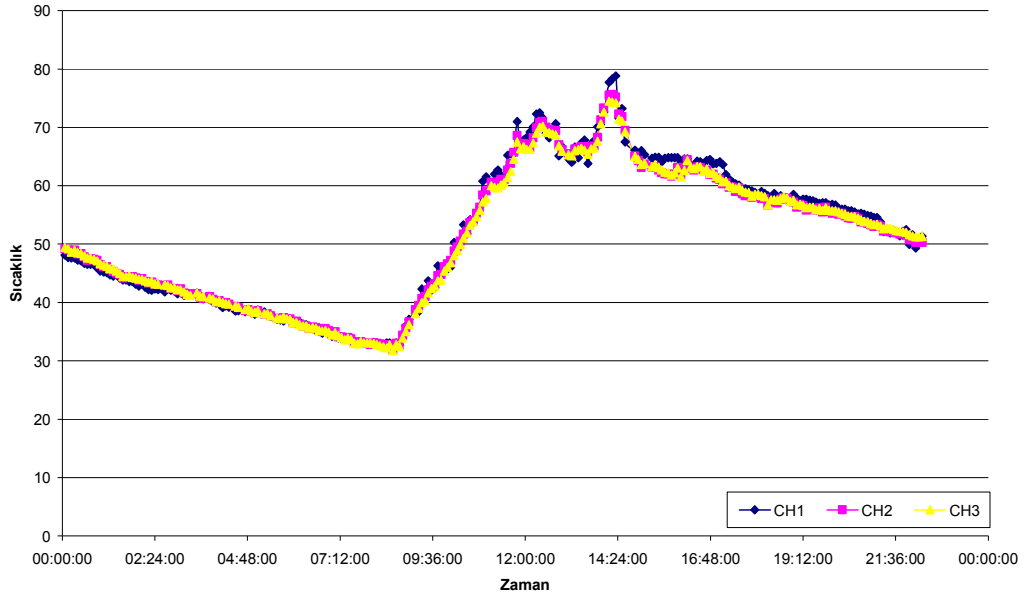
Akşam 22.15'den sonra ise yağmur yağmaya başladı. Bu nedenle ölçümler bu saate kadar alınmıştır.

Gün içinde ocakların içindeki sıcaklık değişimi şu şekilde gözlemlenmiştir.

Çizelge 42 1 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar

Zaman	Dairesel Profilli Ocak	Kare Profilli Ocak
08:00 (hava açık)	<50 °C	<50 °C
09:00 (hava açık, rüzgarlı)	50 °C	<50 °C
10:00 (hava açık)	75 °C	60 °C
11:00 (hava açık)	95 °C	80 °C
12:00 (hava açık, rüzgarlı)	100 °C	100 °C
13:00 (hava çok bulutlu, rüzgarlı)	85 °C	85 °C
14:00 (hava parçalı bulutlu, rüzgarlı)	110 °C	125 °C
15:00 (hava çok bulutlu, rüzgarlı)	70 °C	75 °C
16:00 (hava çok bulutlu, rüzgarlı)	70 °C	80 °C
17:00 (hava açık, rüzgarlı)	70 °C	80 °C

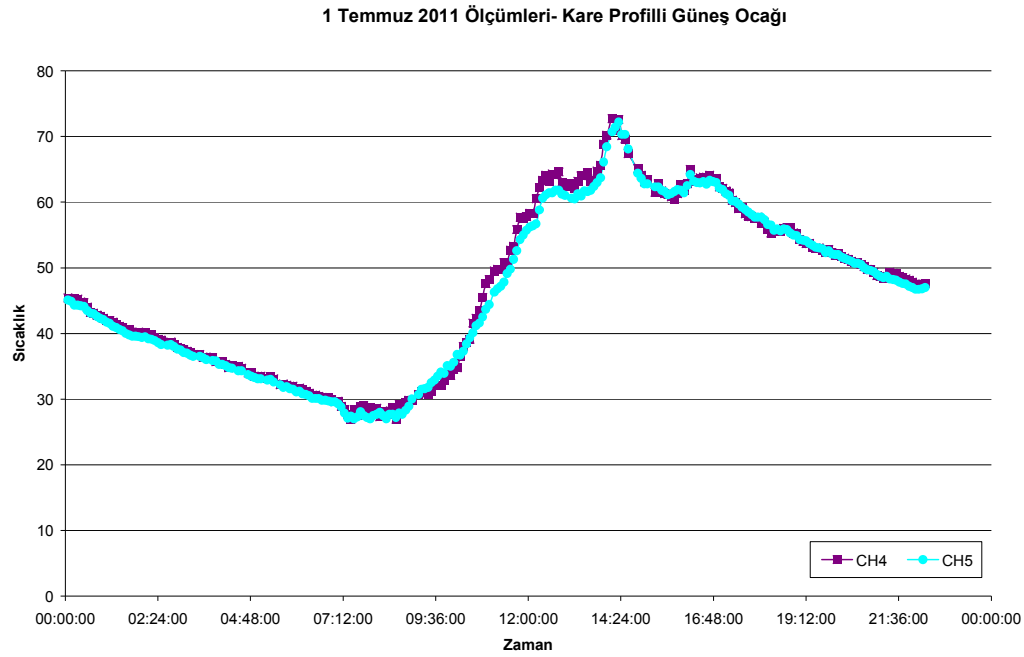
1 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 88 1 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 48.1 °C, yan yüzey sıcaklığı 49.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 49.4 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.30'a kadar düştüğü

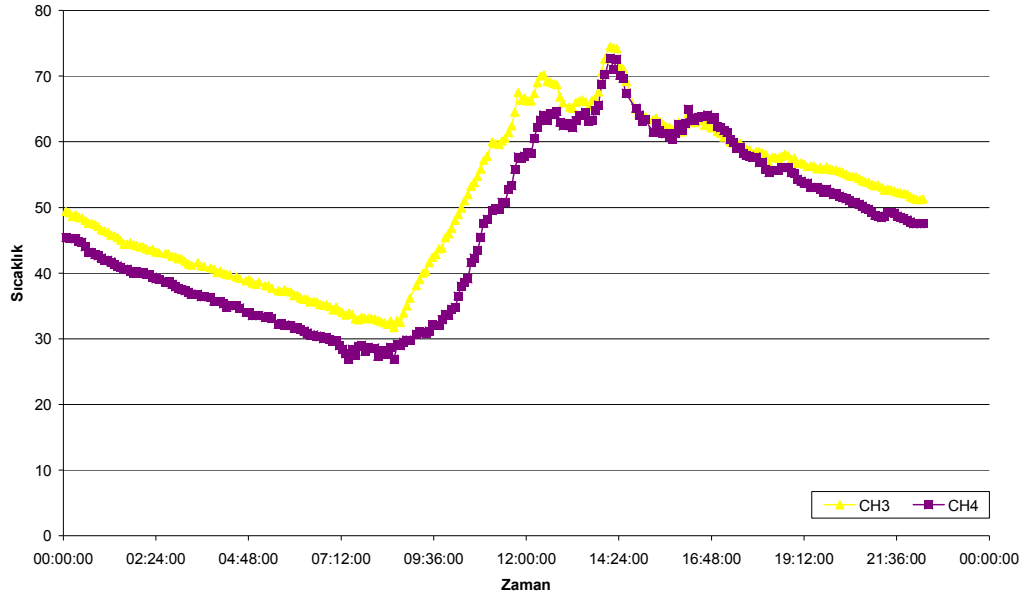
gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 33.1 °C, yan yüzey sıcaklığı 31.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 32.2 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. 11.00-12.00 saatleri arasında sıcaklıklar rüzgarın etkisi ile düşmüştür. 12.30'dan sonra ise havanın bulutlanmasından dolayı sıcaklık düşüşleri mevcuttur. Üst yüzey sıcaklığı 14.20'de 78.8 °C, yan yüzey sıcaklığı 14.15'de 75.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 14.10'da 74.5 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 53.1 °C, yan yüzey sıcaklığı 51.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 51.4 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 89 1 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 41.5 °C, alt yüzey sıcaklığı 45.4°C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.30'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 07.30'da yan yüzey sıcaklığı 27 °C, alt yüzey sıcaklığı 29.1 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. 11.00-12.00 saatleri arasında sıcaklıklar rüzgarın etkisi ile düşmüştür. 12.30'dan sonra ise havanın bulutlanmasından dolayı sıcaklık düşüşleri mevcuttur. Yan yüzey sıcaklığı 14.20'de 72.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 14.20'de 72.6 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. Yağmur nedeniyle 22.15'de alınan son ölçümlerdeki sıcaklık değerleri şöyledir; yan yüzey sıcaklığı 47 °C, alt yüzey sıcaklığı 47.6 °C' dir.

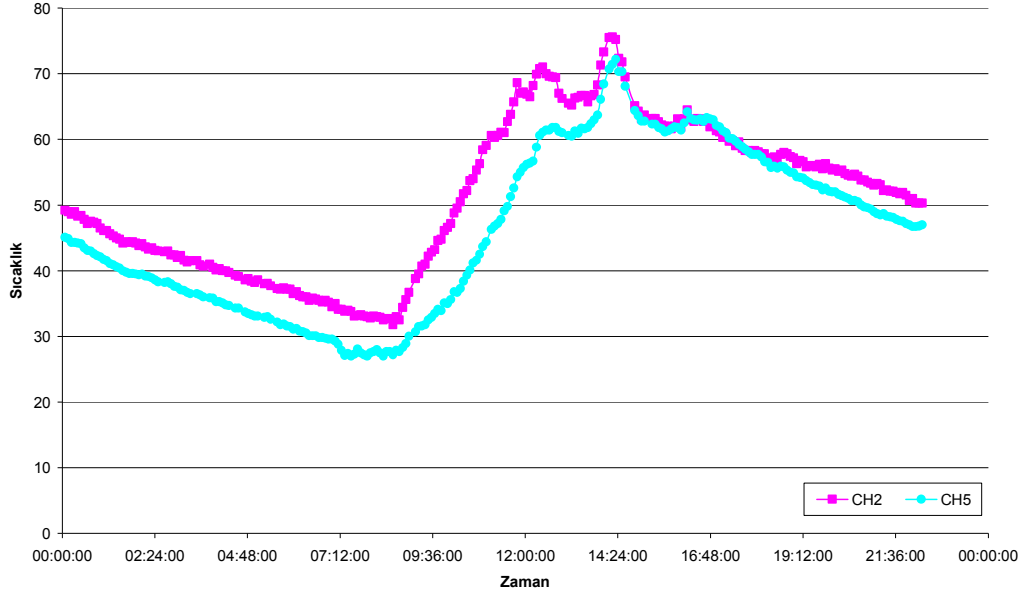
1 Temmuz 2011 Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 90 1 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 4 °C daha fazladır. 08.00'a kadar her iki güneş ocağının alt yüzey sıcaklık farkları arasında önemli bir değişim görülmezken, bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından daha fazla yükselmiştir. Rüzgar hızındaki artış nedeniyle 12.30-16.30 saatleri arasında sıcaklık düşüş ve artışları oluşmuştur. 18.00'da her iki güneş ocağının sıcaklıkları eşitlenmesine rağmen bu saatten sonra kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı daha iyi bir performans sergilemiştir. Gün bitiminde ise dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 3.7 °C daha fazladır.

1 Temmuz 2011 Yan Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 91 1 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 4.1 °C daha fazladır. 08.00'a kadar her iki güneş ocağının yan yüzey sıcaklık farkları arasında önemli bir değişim görülmezken, bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığından daha fazla yükselmiştir. Rüzgar hızındaki artış nedeniyle 12.30-16.30 saatleri arasında sıcaklık düşüş ve artışları oluşmuştur. 18.00'da her iki güneş ocağının sıcaklıkları eşitlenmesine rağmen bu saatten sonra kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı daha iyi bir performans sergilemiştir. Gün bitiminde ise dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 3.3 °C daha fazladır.

4.4. Yansıtıcı Açısı 60 °C Olan ölçümler

4.4.1. 3 temmuz 2011 ölçümleri

2 temmuzdan itibaren yansıtıcılar 60° ye ayarlanmış ve ölçüme devam edilmiştir. 2 temmuz sabahı hava yağışlı olduğu için ölçüm sonuçları değerlendirmeye alınmamıştır.

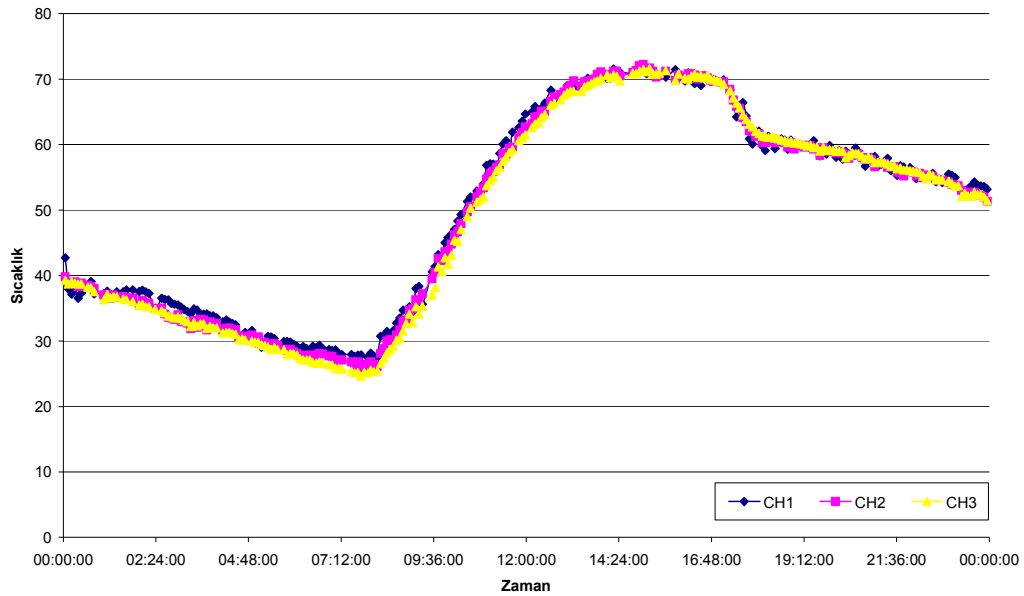
Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 25.1 °C, maksimum hava sıcaklığı 32.4 °C, minimum hava sıcaklığı ise 16 °C' dir. Hava durumu açık ve rüzgarlıydı.

Gün içinde ocak içi sıcaklıkların değişimi aşağıdaki gibi gözlemlenmiştir.

Çizelge 43 3 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar

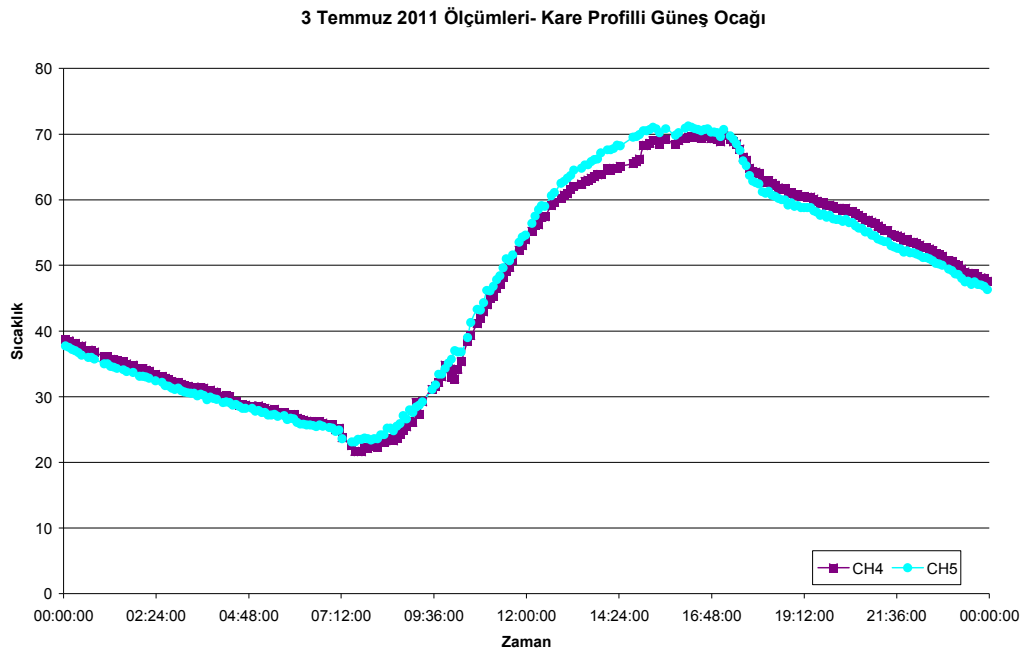
Zaman	Dairesel Profilli Ocak	Kare Profilli Ocak
08:00 (hava açık)	<50 °C	<50 °C
09:00 (hava açık)	50 °C	<50 °C
10:00 (hava açık)	70 °C	65 °C
11:00 (hava açık, rüzgarlı)	80 °C	80 °C
12:00 (hava açık, rüzgarlı)	90 °C	85 °C
13:00 (hava açık, rüzgarlı)	105 °C	100 °C
14:00 (hava açık, rüzgarlı)	100 °C	100 °C
15:00 (hava açık, rüzgarlı)	100 °C	105 °C
16:00 (hava açık, rüzgarlı)	85 °C	100 °C
17:00 (hava parçalı bulutlu)	70 °C	75 °C

3 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



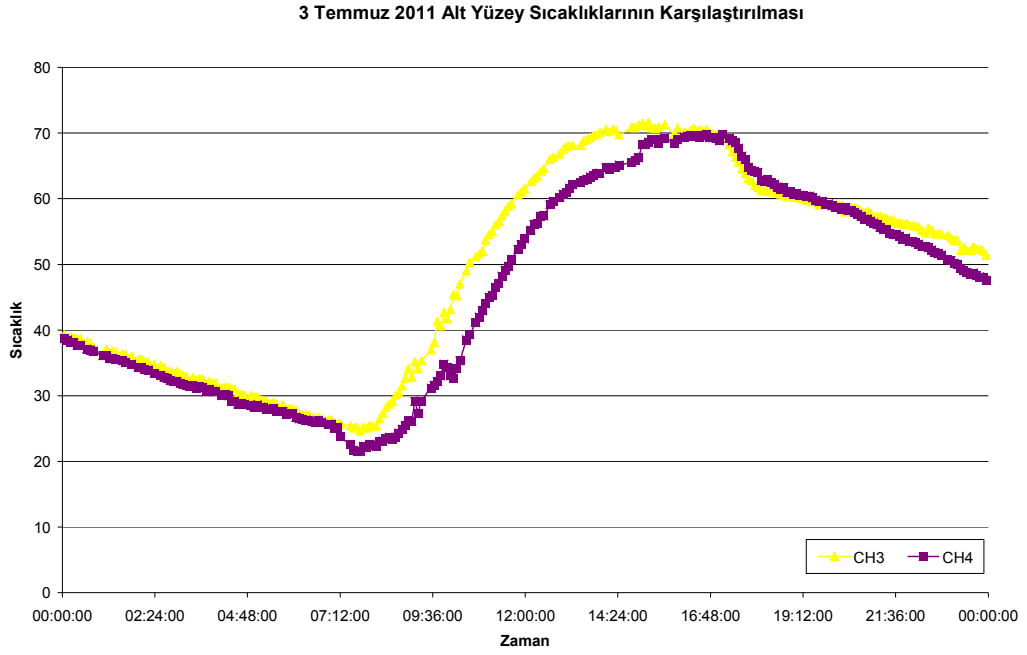
Şekil 92 3 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 42.7 °C, yan yüzey sıcaklığı 39.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 38.7 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.00'a kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 28.1 °C, yan yüzey sıcaklığı 26.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 25.5 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar yükselmeye başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 15.01'de 71.9 °C, yan yüzey sıcaklığı 15.01'de 72.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.01'de 71.5 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 53.1 °C, yan yüzey sıcaklığı 51.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 51.4 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 93 3 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı

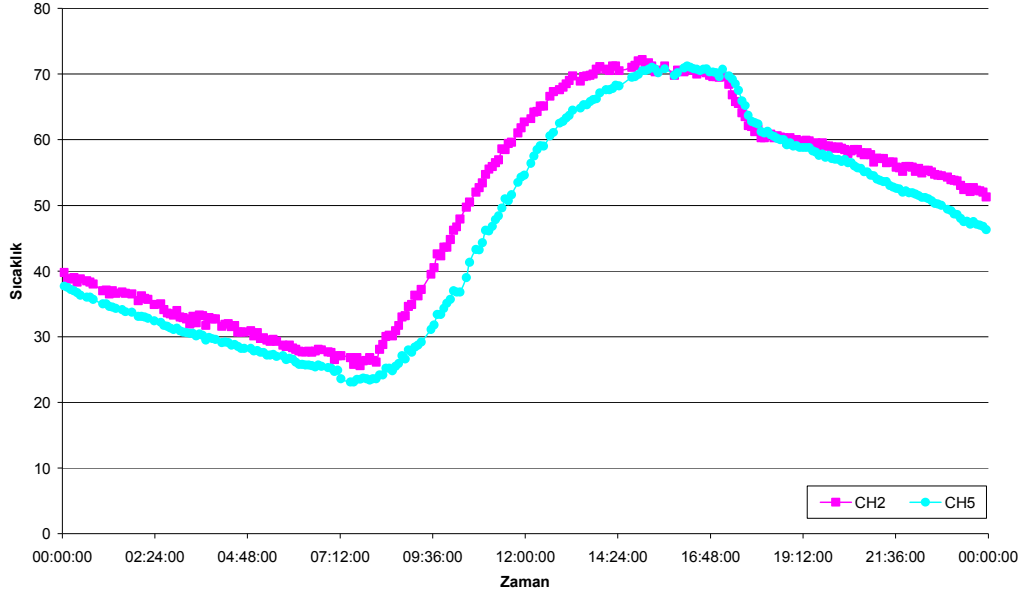
Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 37.7 °C, alt yüzey sıcaklığı 38.5 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.00'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 08.00'da yan yüzey sıcaklığı 21.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 23.5 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar yükselmeye başlamıştır. Yan yüzey sıcaklığı 15.16'da 71 °C, alt yüzey sıcaklığı 16.11'de 69.5 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 46.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 47.6 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 94 3 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da her iki ocağında alt yüzey sıcaklıkları eşit olup 38.7' dir. 07.00' a kadar her iki güneş ocağının alt yüzey sıcaklık farkları arasında önemli bir değişim görülmezken, bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından daha fazla yükselmiştir. Gün bitiminde ise dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 3.8 °C daha fazladır.

3 Temmuz 2011 Yan Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 95 3 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güne ocağının alt yüzey sıcaklığından 2.3°C daha fazladır. 08.00'a kadar her iki güneş ocağının yan yüzey sıcaklık farkları arasında önemli bir değişim görülmezken, bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığından daha fazla yükselmiştir. Gün bitiminde ise dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 5 °C daha fazladır.

4.4.2. 4 temmuz 2011 ölçümleri

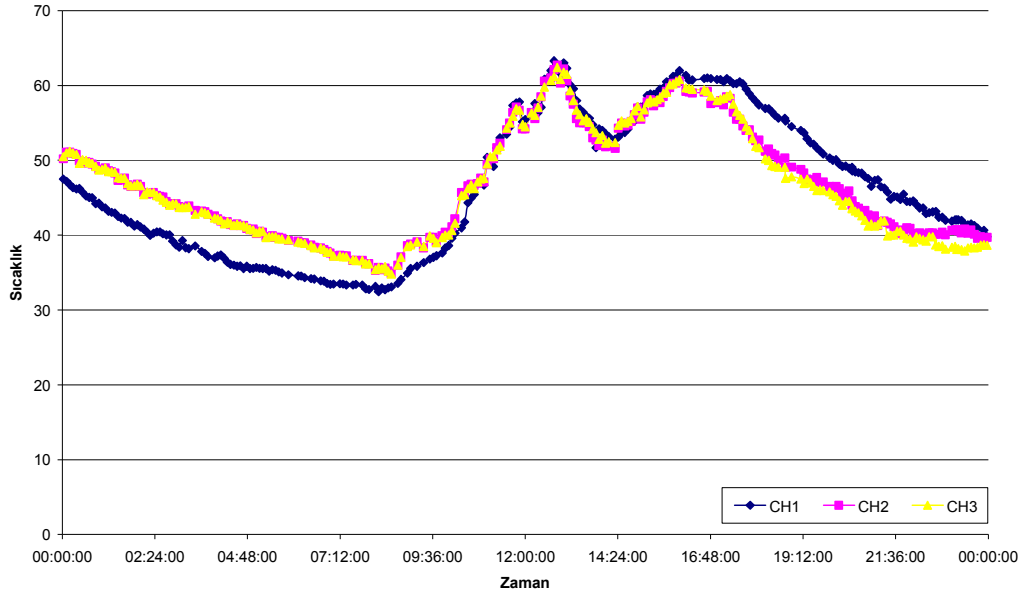
Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 22.9 °C, maksimum hava sıcaklığı 26.9 °C, minimum hava sıcaklığı ise 17.3 °C' dir. Hava durumu çok bulutlu ve rüzgarlıydı.

Gün içinde ocak içindeki sıcaklıkların değişimi aşağıdaki gibi gözlemlenmiştir.

Çizelge 44 4 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar

Zaman	Dairesel Profilli Ocak	Kare Profilli Ocak
08:00 (hava parçalı bulutlu,rüzgarlı)	<50 °C	<50 °C
09:00 (hava parçalı bulutlu,rüzgarlı)	50 °C	<50 °C
10:00 (hava çok bulutlu,rüzgarlı)	50 °C	50 °C
11:00 (hava çok bulutlu,rüzgarlı)	60 °C	55 °C
12:00 (hava çok bulutlu,rüzgarlı)	80 °C	85 °C
13:00 (hava çok bulutlu,rüzgarlı)	85 °C	90 °C
14:00 (hava çok bulutlu,rüzgarlı)	70 °C	75 °C
15:00 (hava çok bulutlu,rüzgarlı)	75 °C	70 °C
16:00 (hava parçalı bulutlu,rüzgarlı)	65 °C	75 °C
17:00 (hava parçalı bulutlu,rüzgarlı)	60 °C	75 °C

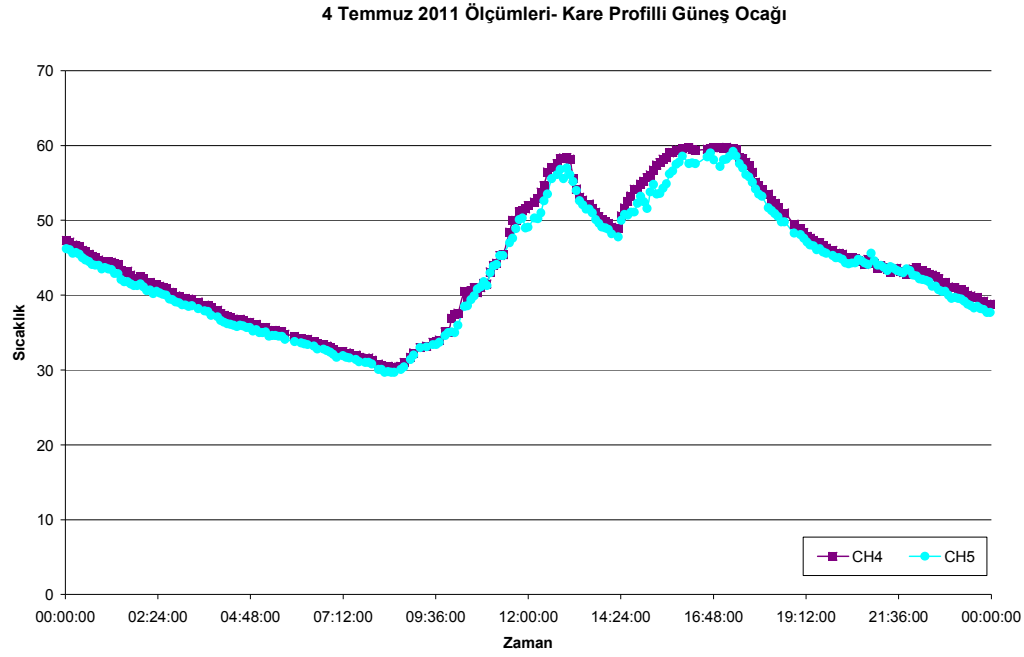
4 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 96 4 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 47.5 °C, yan yüzey sıcaklığı 50.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 50.5 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.30'a kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 33.1 °C, yan yüzey sıcaklığı 34,9 °C, alt yüzey sıcaklığı 34.8 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar

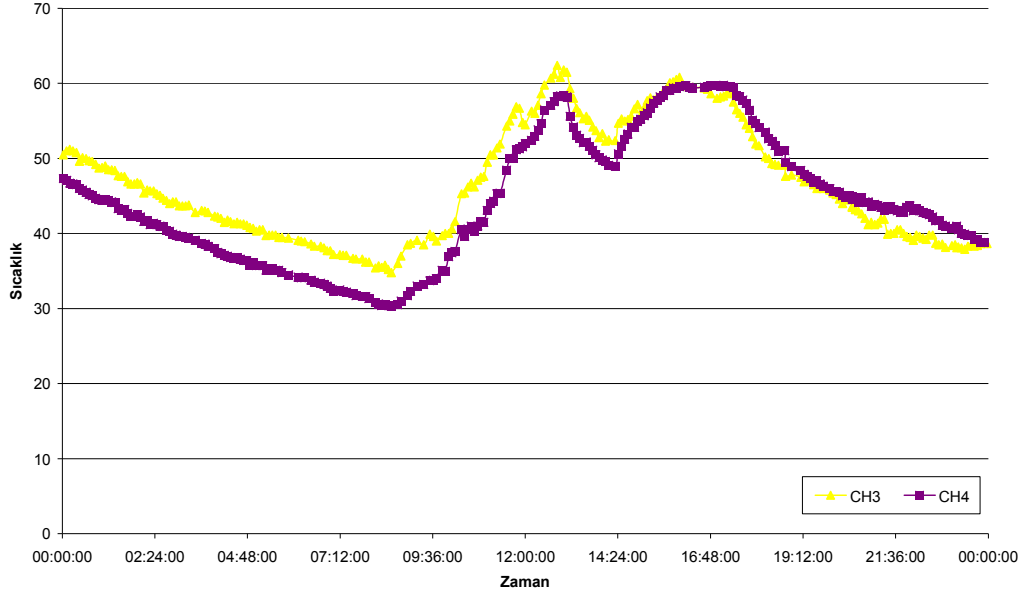
rüzgarın etkisiyle artmaya ve azalmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 13.00'de 63.3 °C, yan yüzey sıcaklığı 12.50'de 62.7 °C, alt yüzey sıcaklığı 12.50'de 62.4 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 39.8 °C, yan yüzey sıcaklığı 39.7 °C, alt yüzey sıcaklığı 38.6 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 97 4 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 46.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 47.3 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.30'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 08.30'da yan yüzey sıcaklığı 29.7 °C, alt yüzey sıcaklığı 30.3 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar rüzgarın etkisiyle artmaya ve azalmaya başlamıştır. Yan yüzey sıcaklığı 16.43'de 59 °C, alt yüzey sıcaklığı 16.43'de 59.7 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 37.7 °C, alt yüzey sıcaklığı 38.8 °C olarak ölçülmüştür.

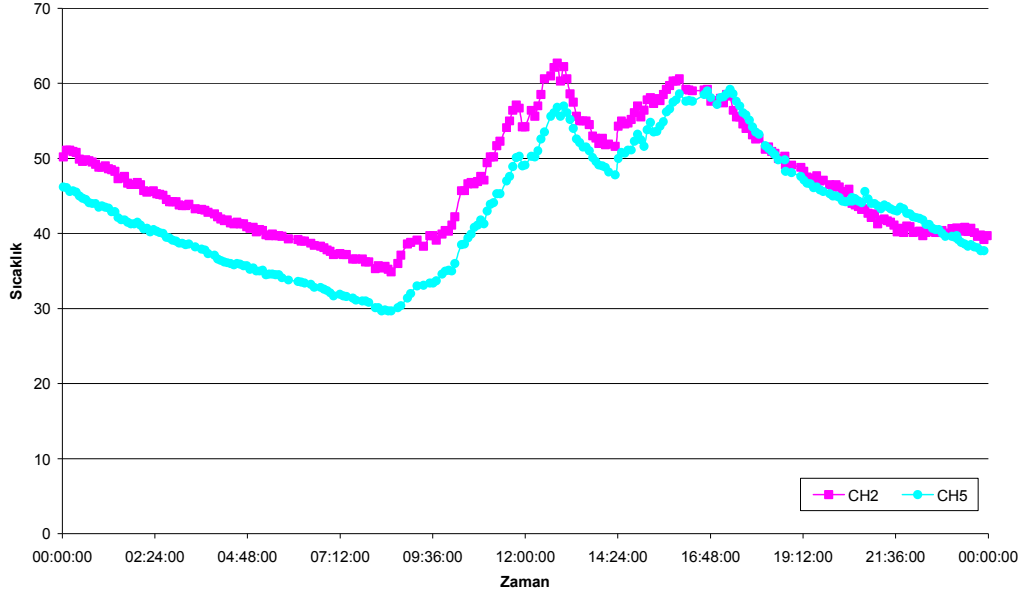
4 Temmuz 2011 Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 98 4 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 3.2 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 4.5 °C'ye kadar artmıştır. Rüzgar hızındaki artış nedeniyle 13.00-15.00 saatleri arasında sıcaklık düşüş ve artışları oluşmuştur. 16.00'a kadar her iki güneş ocağının sıcaklıkları eşit gitmesine rağmen bu saatten sonra kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı daha iyi bir performans sergilemiştir. Gün bitiminde ise her iki güneş ocağının alt yüzey sıcaklıkları eşit olup 38.8 °C'dir.

4 Temmuz 2011 Yan Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 99 4 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 4.1 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı arasındaki fark 5.2 °C' ye kadar artmıştır. Rüzgar hızındaki artış nedeniyle 13.00-15.00 saatleri arasında sıcaklık düşüş ve artışları oluşmuştur. Gün bitiminde ise dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 2 °C daha fazladır.

4.4.3. 5 temmuz 2011 ölçümleri

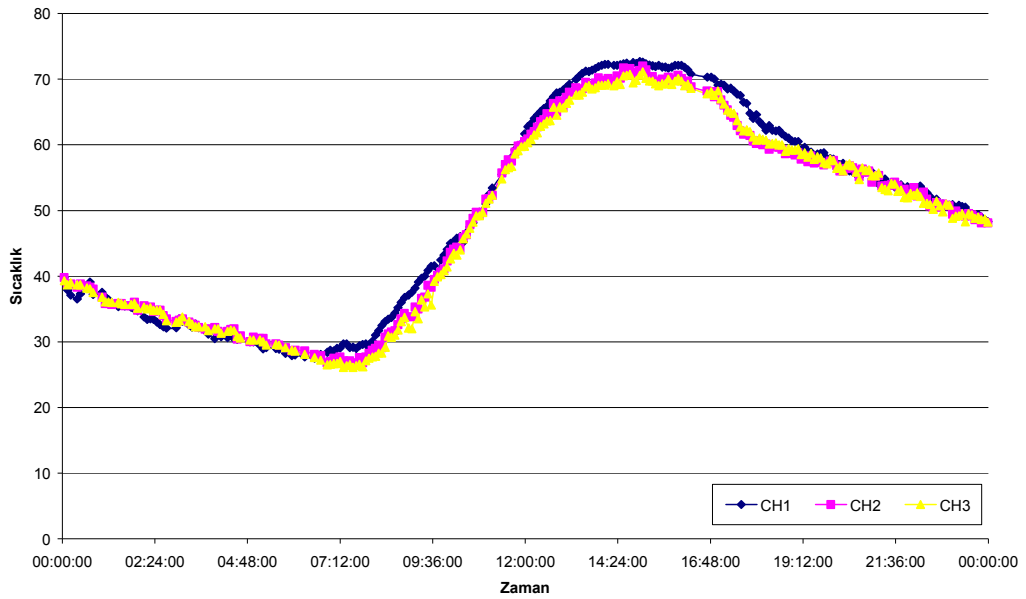
Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 23.3 °C, maksimum hava sıcaklığı 30 °C, minimum hava sıcaklığı ise 14.9 °C' dir. Hava durumu açık ve rüzgarlıydı.

Gün içinde ocak içi sıcaklıklarının değişimi şu şekilde gözlemlenmiştir.

Çizelge 45 5 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar

Zaman	Dairesel Profilli Ocak	Kare Profilli Ocak
08:00 (hava açık,rüzgarlı)	<50 °C	<50 °C
09:00 (hava açık,rüzgarlı)	55 °C	50 °C
10:00 (hava açık,rüzgarlı)	60 °C	60 °C
11:00 (hava açık,rüzgarlı)	75 °C	80 °C
12:00 (hava açık,rüzgarlı)	90 °C	100 °C
13:00 (hava açık,rüzgarlı)	95 °C	100 °C
14:00 (hava açık,rüzgarlı)	100 °C	105 °C
15:00 (hava açık,rüzgarlı)	95 °C	105 °C
16:00 (hava açık,rüzgarlı)	90 °C	100 °C
17:00 (hava açık,rüzgarlı)	70 °C	80 °C

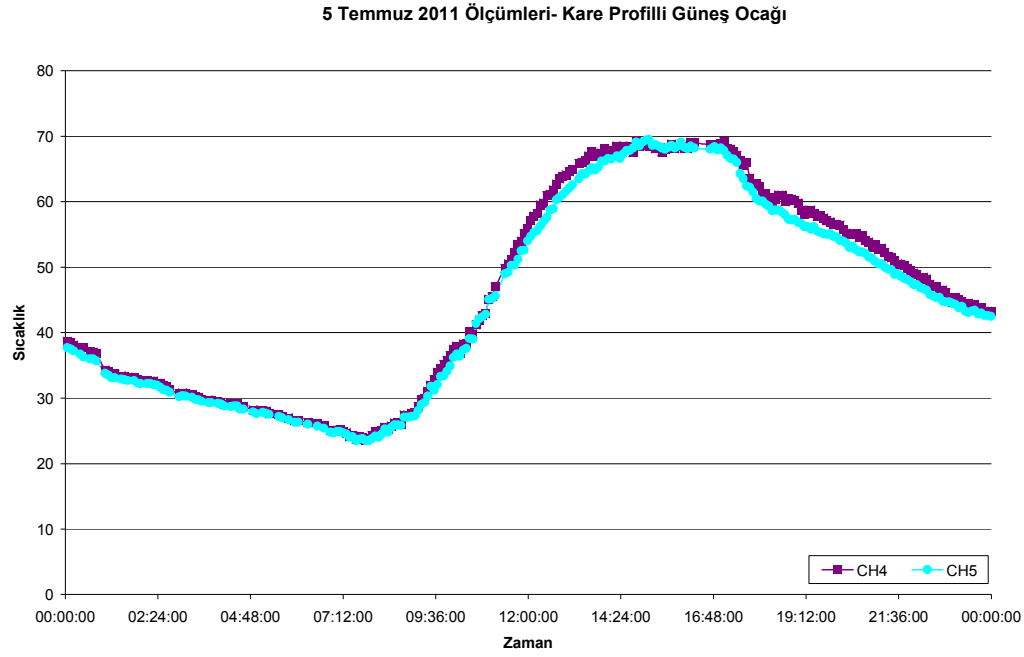
5 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 100 5 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 39.8 °C, yan yüzey sıcaklığı 39.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 38.7 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.00'a kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 28.6 °C, yan yüzey sıcaklığı 27.5 °C, alt

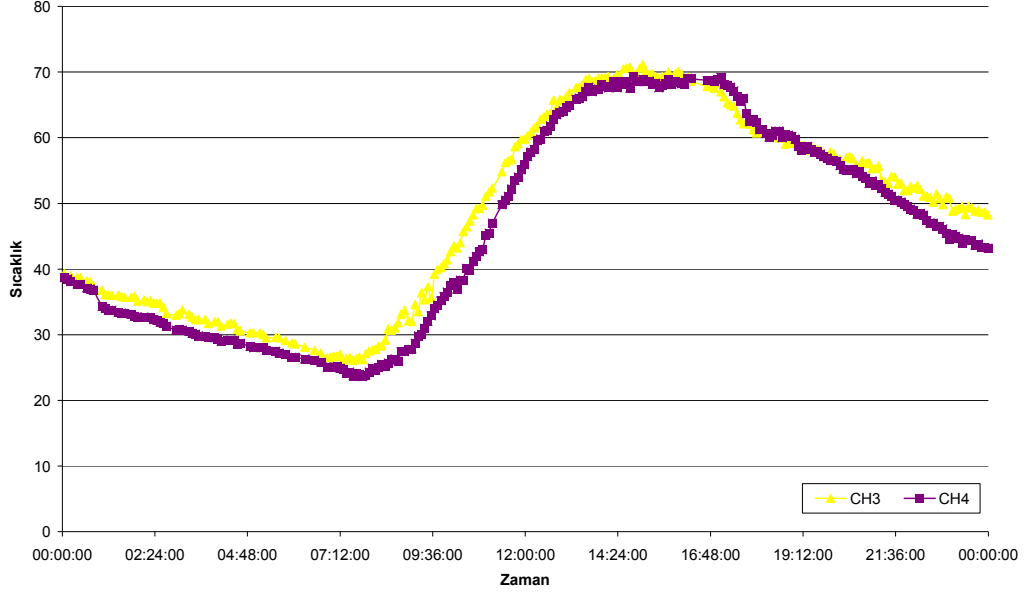
yüzey sıcaklığı 26.7 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 14.57'de 72.6 °C, yan yüzey sıcaklığı 15.00'de 72 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.00'de 71.1 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 48.3 °C, yan yüzey sıcaklığı 48.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 48.2 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 101 5 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 37.7 °C, alt yüzey sıcaklığı 38.5 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.30'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 07.30'da yan yüzey sıcaklığı 23.7 °C, alt yüzey sıcaklığı 23.7 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Yan yüzey sıcaklığı 15.07'de 69.5 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.42'de 68.8 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 42.5 °C, alt yüzey sıcaklığı 43.2 °C olarak ölçülmüştür.

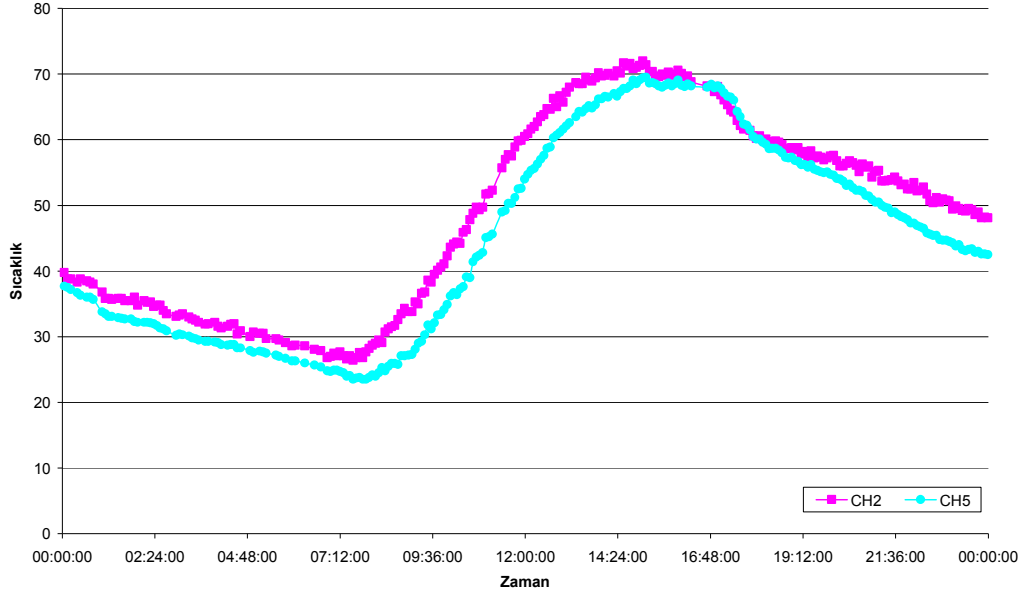
5 Temmuz 2011 Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 102 5 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark $2.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' ye kadar artmıştır. Bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının sıcaklığından daha fazla artmıştır. 18.00'da her iki güneş ocağının sıcaklıkları eşit olmasına rağmen bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı daha iyi bir performans sergilemiştir. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' dir.

5 Temmuz 2011 Yan Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 103 5 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 2.1 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı arasındaki fark 2.9 °C' ye artmıştır. Bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının sıcaklığından daha fazla artmıştır. 18.00'da her iki güneş ocağının sıcaklıkları eşit olmasına rağmen bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı daha iyi bir performans sergilemiştir. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 5.6 °C' dir.

4.4.4. 6 temmuz 2011 ölçümleri

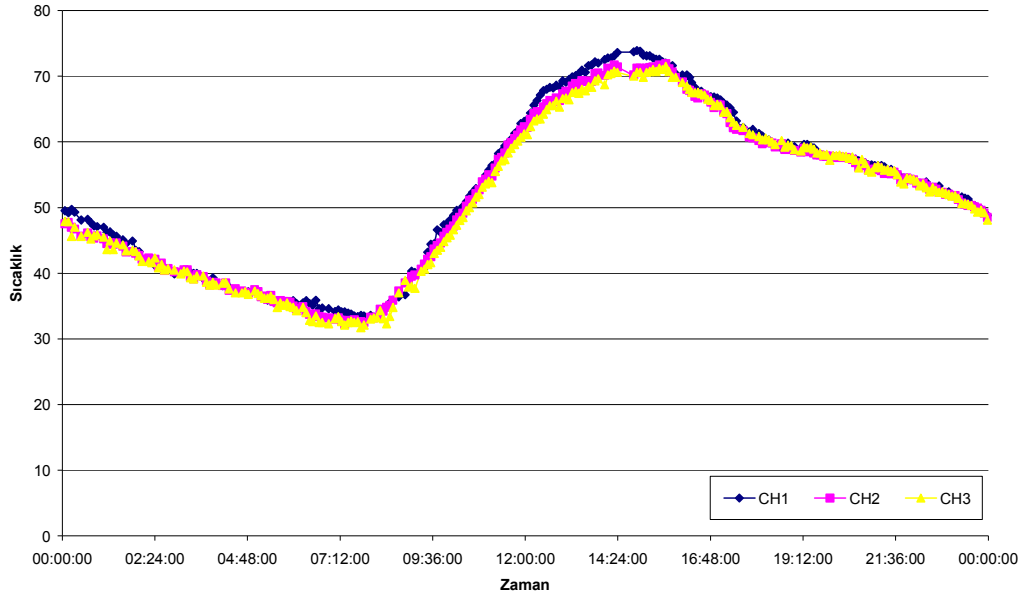
Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 27.5 °C, maksimum hava sıcaklığı 31.4 °C, minimum hava sıcaklığı ise 21.1 °C' dir. Hava durumu açık ve rüzgarlıydı.

Gün içinde ocak içi sıcaklık değişimi şu şekilde gözlemlenmiştir.

Çizelge 46 6 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar

Zaman	Dairesel Profilli Ocak	Kare Profilli Ocak
08:00 (hava açık,rüzgarlı)	<50 °C	<50 °C
09:00 (hava açık,rüzgarlı)	55 °C	50 °C
10:00 (hava açık,rüzgarlı)	65 °C	70 °C
11:00 (hava açık,rüzgarlı)	85 °C	85 °C
12:00 (hava açık,rüzgarlı)	90 °C	100 °C
13:00 (hava açık,rüzgarlı)	100 °C	100 °C
14:00 (hava açık,rüzgarlı)	100 °C	100 °C
15:00 (hava açık,rüzgarlı)	95 °C	100 °C
16:00 (hava açık,rüzgarlı)	80 °C	85 °C
17:00 (hava açık,rüzgarlı)	75 °C	80 °C

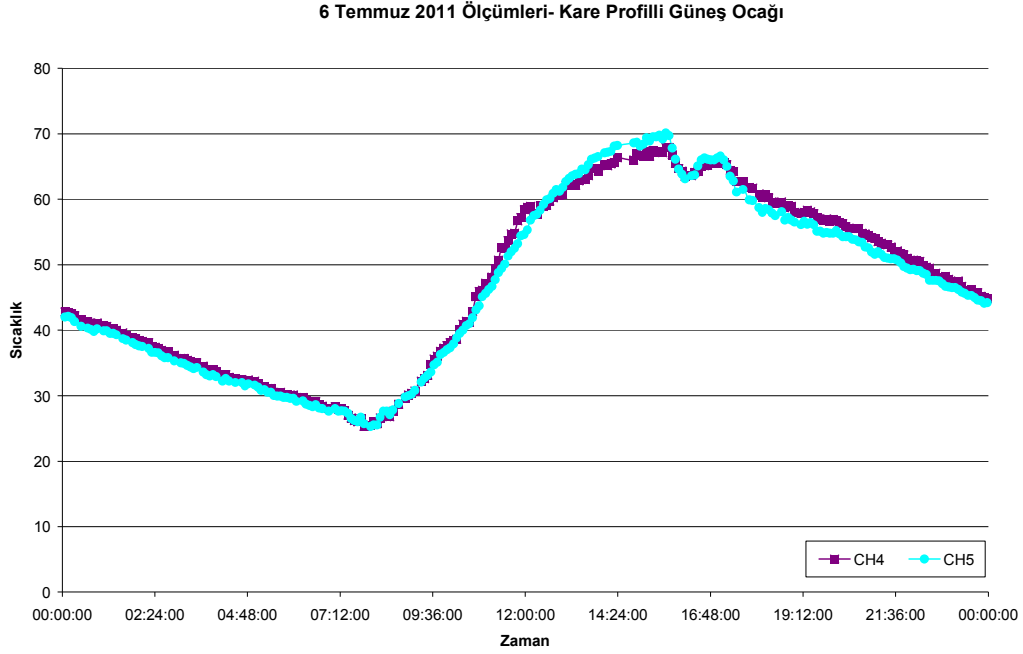
6 Temmuz 2011 ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 104 6 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 49.5 °C, yan yüzey sıcaklığı 47.5 °C, alt yüzey sıcaklığı 47.8 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.30'a kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 33.8 °C, yan yüzey sıcaklığı 32.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 32.7 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 14.53'de 73.9 °C, yan yüzey sıcaklığı 15.38'de

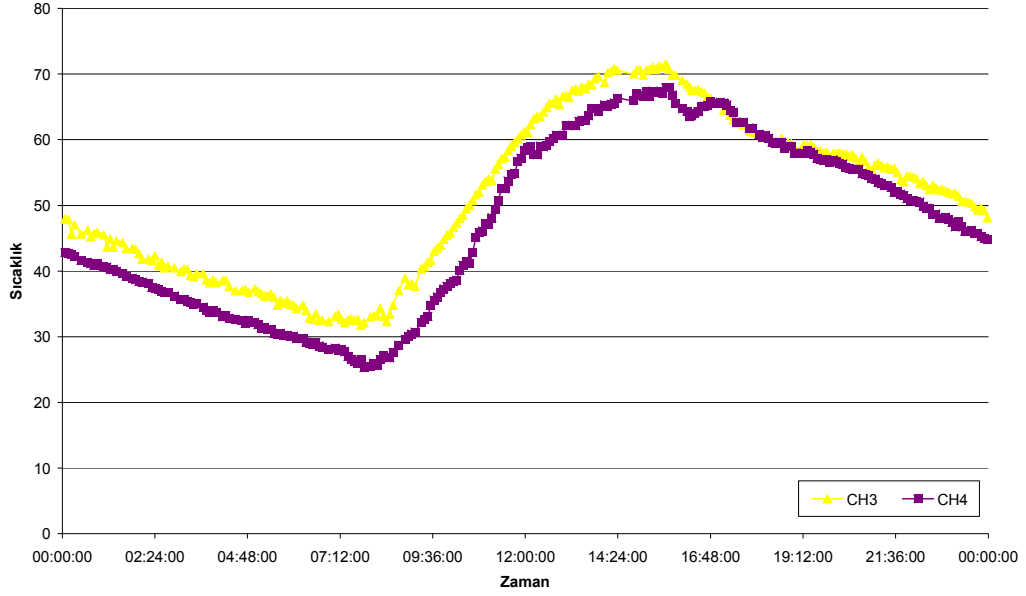
71.9 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.38'de 71.5 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 48.8 °C, yan yüzey sıcaklığı 48.5 °C, alt yüzey sıcaklığı 48.1 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 105 6 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 42.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 42 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.00'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 08.30'da yan yüzey sıcaklığı 25.5 °C, alt yüzey sıcaklığı 25.3 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Yan yüzey sıcaklığı 15.38'de 70.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.38'de 69.7 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 42.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 44.8 °C olarak ölçülmüştür.

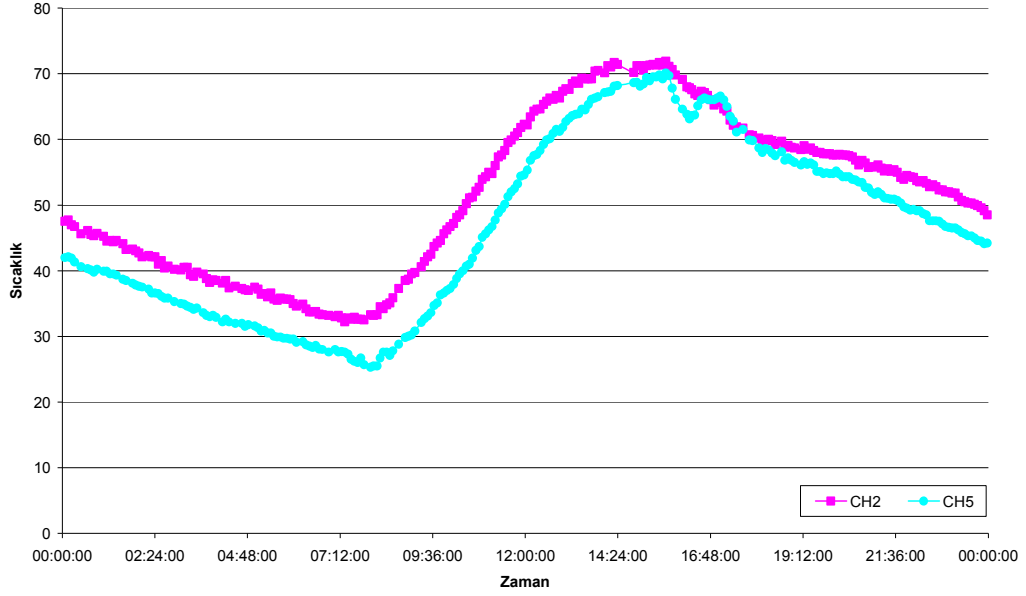
6 Temmuz 2011 Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 106 6 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 5 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 5.2 °C'ye yükselmiştir. Bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının sıcaklığından daha fazla artmıştır. 17.00'da her iki güneş ocağının sıcaklıkları eşit olmasına rağmen bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı daha iyi bir performans sergilemiştir. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 3.3 °C'dir.

6 Temmuz 2011 Yan Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 107 6 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 5.5 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı arasındaki fark 6.8 °C' ye artmıştır. Bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının sıcaklığından daha fazla artmıştır. 17.00'da her iki güneş ocağının sıcaklıkları eşit olmasına rağmen bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı daha iyi bir performans sergilemiştir. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 4.3 °C' dir.

4.5. Yansıtıcı Açısı 45 °C Olan ölçümler

4.5.1. 8 temmuz 2011 ölçümleri

Bu tarihten itibaren yansıtıcı açıları 45° olarak ayarlanmış ve ölçümleri alınmıştır.

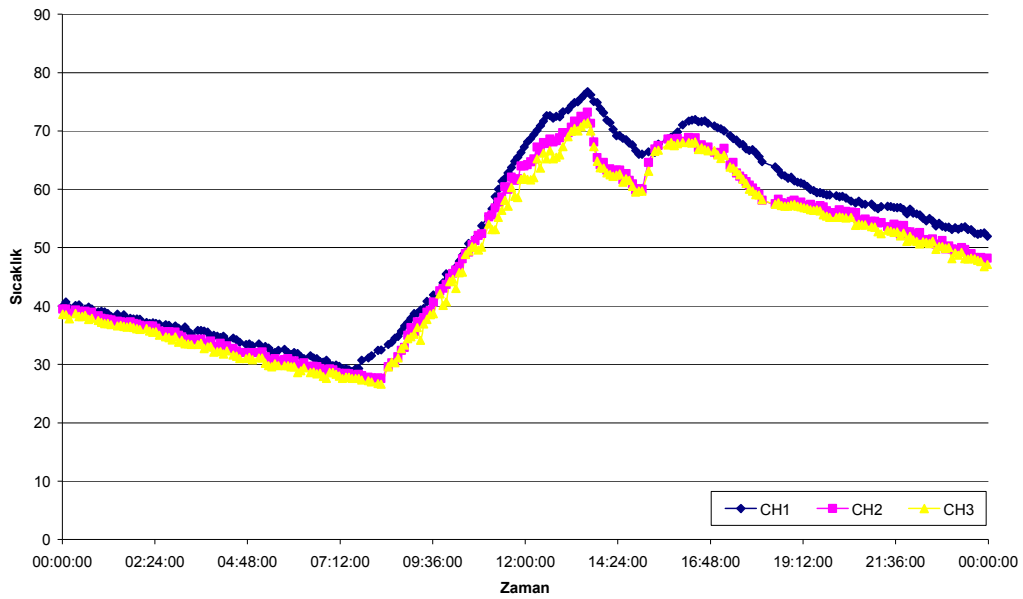
Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 24.9 °C, maksimum hava sıcaklığı 32.5 °C, minimum hava sıcaklığı ise 16.4 °C' dir. Hava durumu açık ve rüzgarlıydı.

Gün içinde ocak içindeki sıcaklık değişimleri şu şekilde gözlemlenmiştir.

Çizelge 47 8 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar

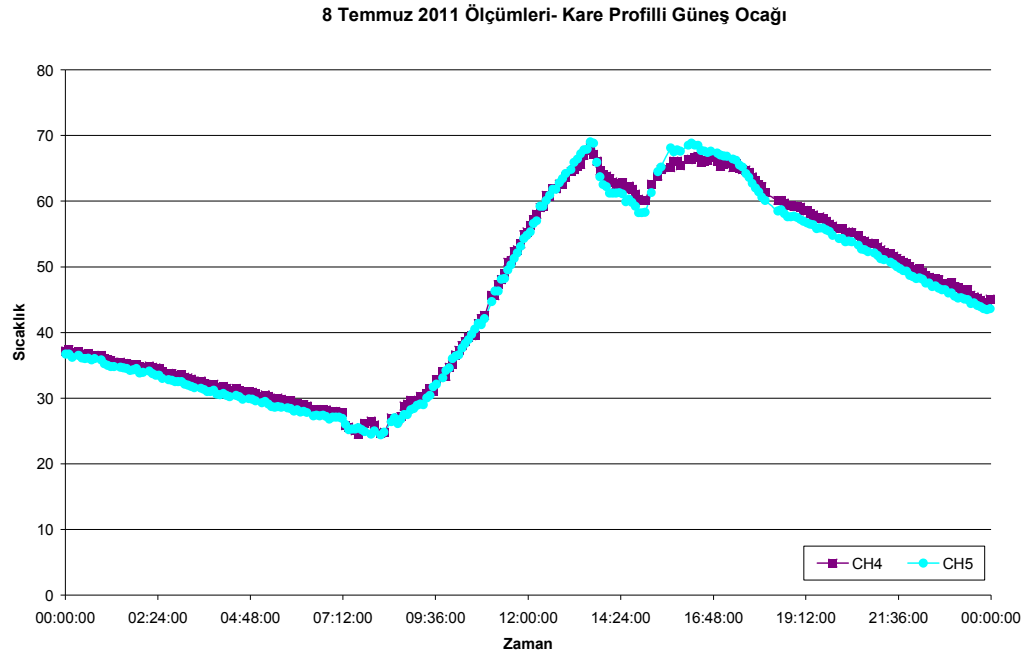
Zaman	Dairesel Profilli Ocak	Kare Profilli Ocak
08:00 (hava açık,rüzgarlı)	<50 °C	<50 °C
09:00 (hava açık)	50 °C	50 °C
10:00 (hava açık,rüzgarlı)	70 °C	65 °C
11:00 (hava açık,rüzgarlı)	80 °C	80 °C
12:00 (hava açık,rüzgarlı)	100 °C	105 °C
13:00 (hava açık,rüzgarlı)	105 °C	110 °C
14:00 (hava parçalı bulutlu,rüzgarlı)	105 °C	110 °C
15:00 (hava açık,rüzgarlı)	100 °C	105 °C
16:00 (hava açık,rüzgarlı)	90 °C	100 °C
17:00 (hava açık,rüzgarlı)	75 °C	85 °C

8 Temmuz 2011 Ölçümleri-Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 108 8 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı

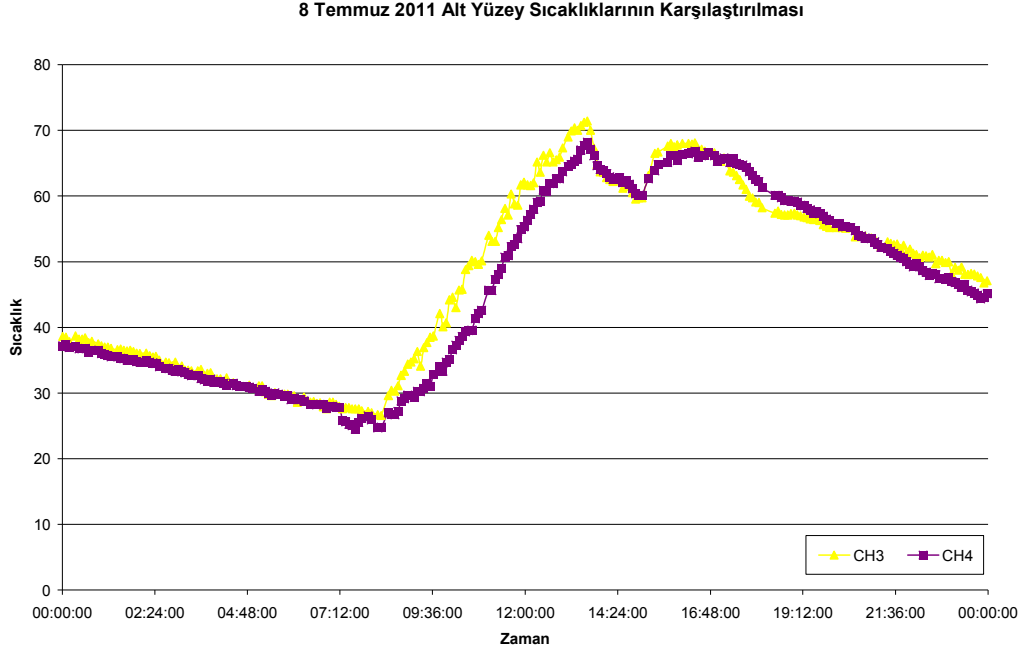
Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 40 °C, yan yüzey sıcaklığı 39.5 °C, alt yüzey sıcaklığı 38.6 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.00'e kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 29.3 °C, yan yüzey sıcaklığı 27.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 26.6 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 13.41'de 76.7 °C, yan yüzey sıcaklığı 13.36'de 73.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 13.36'de 71.4 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 14.00-15.00 saatleri arasında havanın bulutlanmasından dolayı sert bir düşüş ver ardından sıcaklıklarda artış gözlemlenmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 51.9 °C, yan yüzey sıcaklığı 48.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 47.1 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 109 8 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 36.7 °C, alt yüzey sıcaklığı 37.2 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.00'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 08.00'da yan yüzey sıcaklığı 24.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 24.8 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Yan yüzey sıcaklığı 13.36'de 69 °C, alt yüzey sıcaklığı 13.36'de 68.2 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra

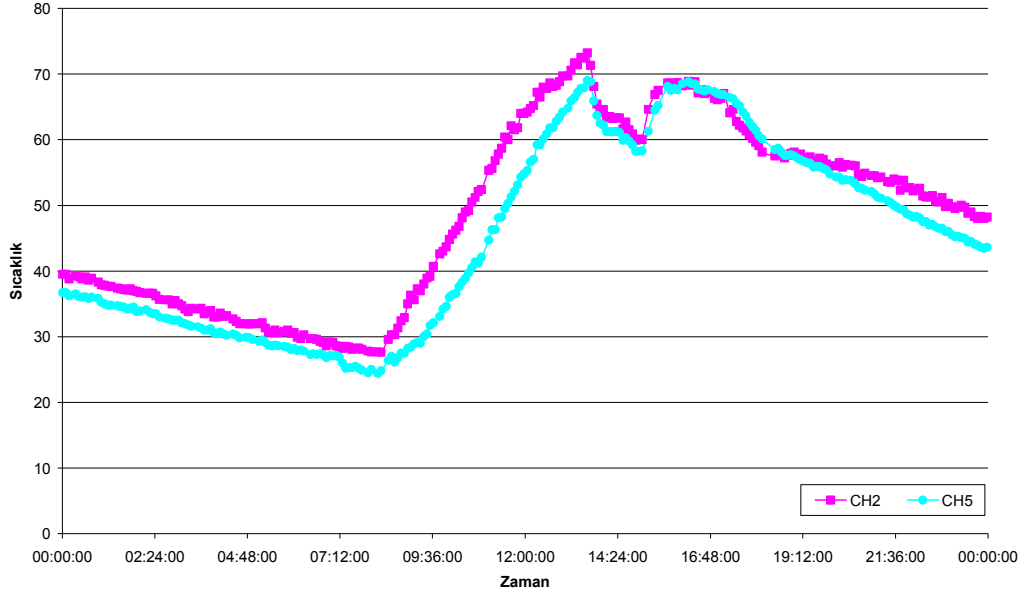
sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 14.00-15.00 saatleri arasında havanın bulutlanmasından dolayı sert bir düşüş ver ardından sıcaklıklarda artış gözlemlenmiştir. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 43.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 45.1 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 110 8 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 1.4 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki farkta önemli bir değişim görülmezken bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı daha iyi bir performans göstermiştir. 13.30-15.30 saatleri arasında görülen bulutlanma nedeniyledir. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 2 °C' dir.

8 Temmuz 2011 Yan Yüze Sıcaklıklarının Karşılaştırması



Şekil 111 8 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güne ocağının alt yüzey sıcaklığından 2.8 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki farkta önemli bir değişim görülmezken bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı daha iyi bir performans göstermiştir. 13.30-15.30 saatleri arasında görülen bulutlanma nedeniyledir. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 4.6 °C' dir.

4.5.2. 9 Temmuz 2011 ölçümleri

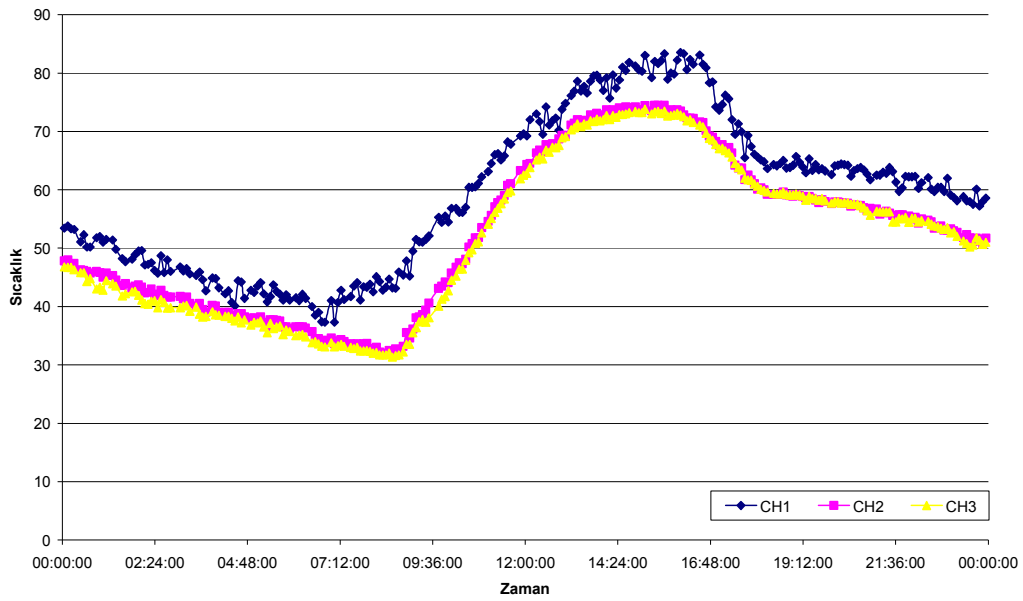
Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 25.3 °C, maksimum hava sıcaklığı 33.1 °C, minimum hava sıcaklığı ise 16.7 °C' dir. Hava durumu açık ve rüzgarlıydı.

Gün içinde ocak içindeki sıcaklık değişimleri şu şekilde gözlemlenmiştir.

Çizelge 48 9 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar

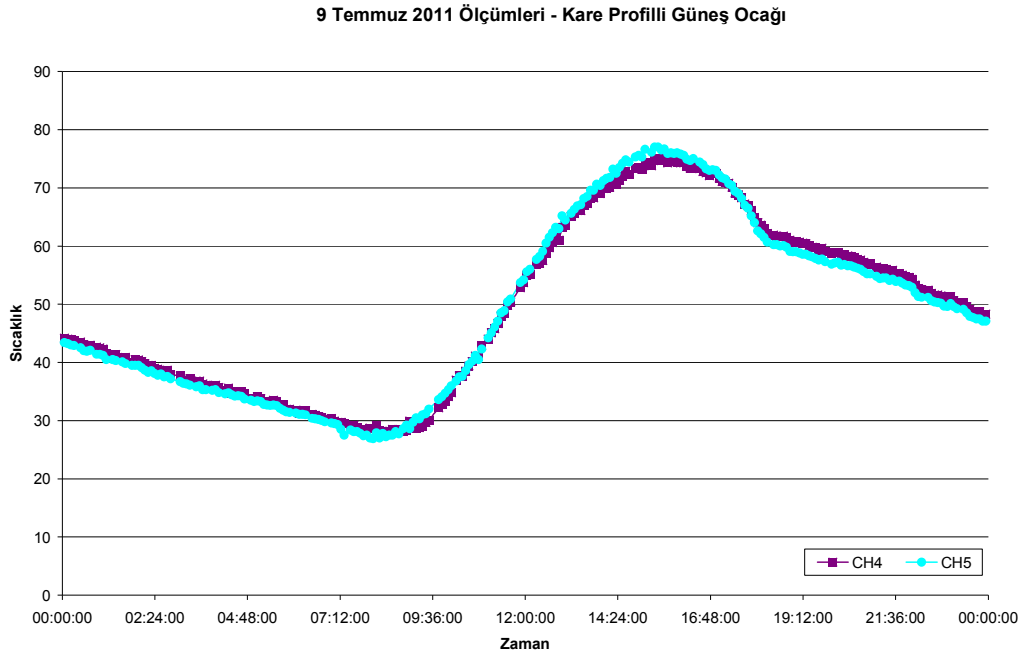
Zaman	Dairesel Profilli Ocak	Kare Profilli Ocak
08:00 (hava açık,rüzgarlı)	<50 °C	<50 °C
09:00 (hava açık)	<50 °C	50 °C
10:00 (hava açık,rüzgarlı)	70 °C	65 °C
11:00 (hava açık,rüzgarlı)	80 °C	75 °C
12:00 (hava açık,rüzgarlı)	100 °C	100 °C
13:00 (hava açık,rüzgarlı)	100 °C	110 °C
14:00 (hava açık,rüzgarlı)	100 °C	115 °C
15:00 (hava açık,rüzgarlı)	100 °C	115 °C
16:00 (hava açık,rüzgarlı)	80 °C	100 °C
17:00 (hava açık,rüzgarlı)	75 °C	95 °C

9 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 112 9 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı

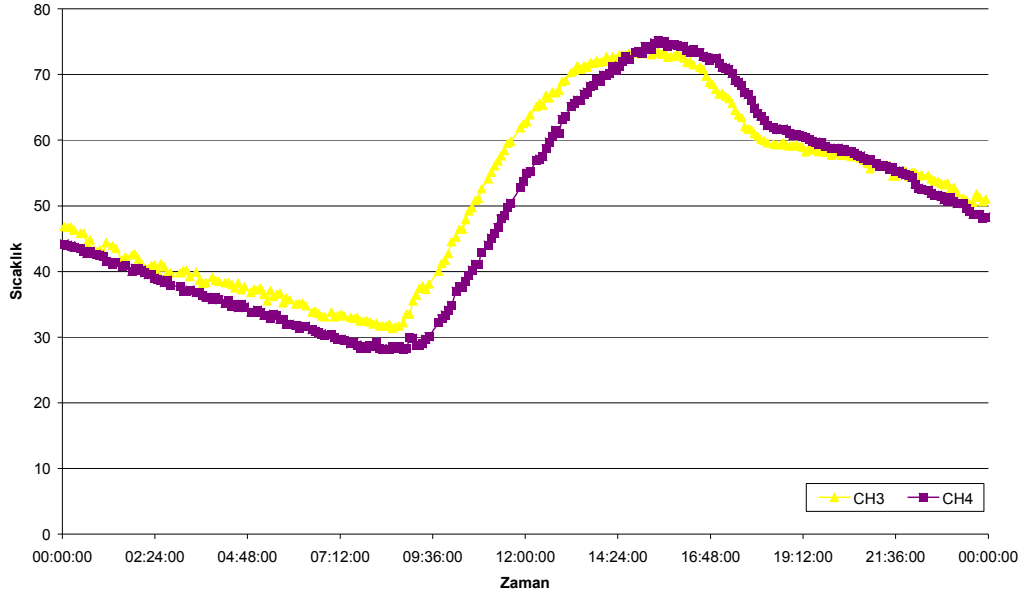
Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 53.4 °C, yan yüzey sıcaklığı 47.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 46.8 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.00'e kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 37.3 °C, yan yüzey sıcaklığı 31.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 31.3 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 15.06'da 83 °C, yan yüzey sıcaklığı 15.21'de 74.5 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.06'de 73.8 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 58.6 °C, yan yüzey sıcaklığı 51.7 °C, alt yüzey sıcaklığı 51 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 113 9 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 43.4 °C, alt yüzey sıcaklığı 44.2 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.00'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 08.00'da yan yüzey sıcaklığı 26.9 °C, alt yüzey sıcaklığı 28.2 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Yan yüzey sıcaklığı 15.21'de 77 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.26'da 75.1 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 47.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 48.3 °C olarak ölçülmüştür.

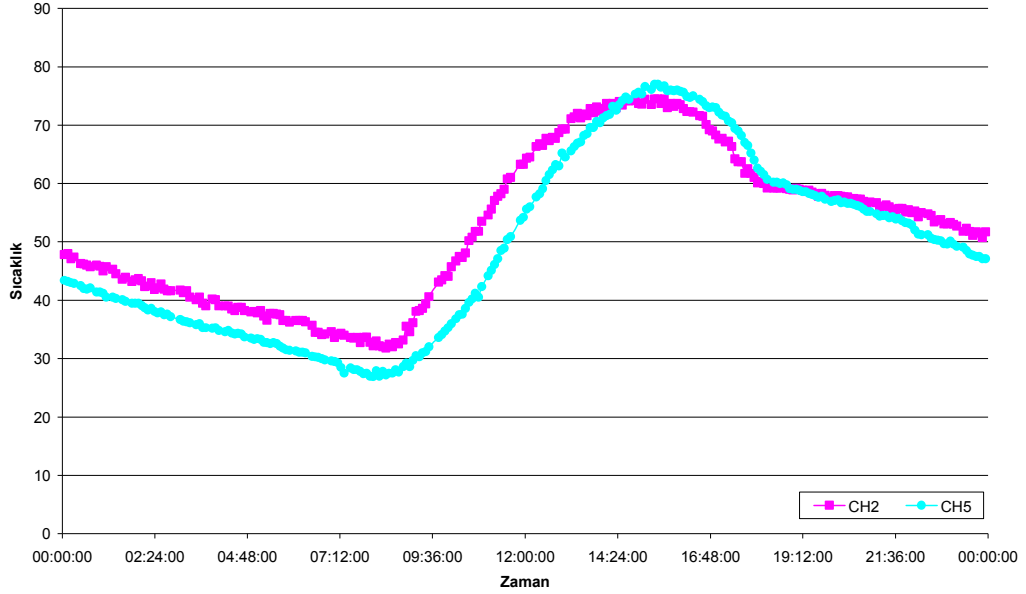
9 Temmuz 2011 Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 114 9 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 2.6 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 3.5 °C'ye yükselmiştir. Bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının sıcaklığından daha fazla artmıştır. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 2.7 °C'dir.

9 Temmuz 2011 Yan Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 115 9 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güne ocağının alt yüzey sıcaklığından 4.4 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 4.6 °C' ye yükselmiştir. Bu saatten sonra dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının sıcaklığından daha fazla artmıştır. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 4.6 °C' dir.

4.5.3. 10 temmuz 2011 ölçümleri

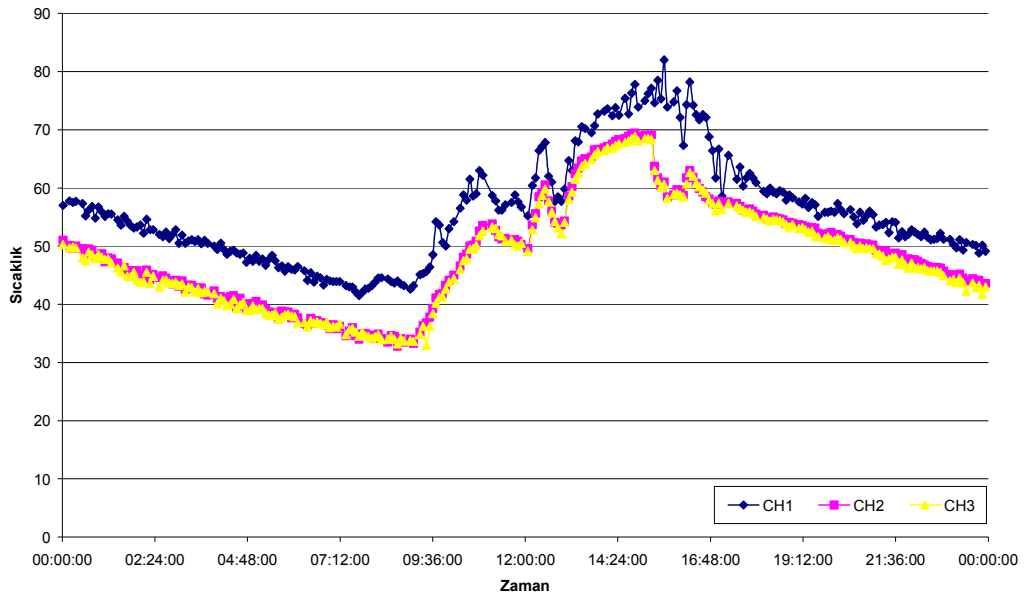
Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 26 °C, maksimum hava sıcaklığı 33.5 °C, minimum hava sıcaklığı ise 16.4 °C' dir. Hava durumu açık ve rüzgarlıydı.

Gün içinde ocak içindeki sıcaklık değişimleri şu şekilde gözlemlenmiştir.

Çizelge 49 10 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar

Zaman	Dairesel Profilli Ocak	Kare Profilli Ocak
08:00 (hava açık,rüzgarlı)	<50 °C	<50 °C
09:00 (hava açık)	<50 °C	50 °C
10:00 (hava açık,rüzgarlı)	70 °C	65 °C
11:00 (hava açık,rüzgarlı)	80 °C	85 °C
12:00 (hava açık,rüzgarlı)	85 °C	90 °C
13:00 (hava açık,rüzgarlı)	100 °C	105 °C
14:00 (hava açık,rüzgarlı)	100 °C	105 °C
15:00 (hava açık,rüzgarlı)	100 °C	110 °C
16:00 (hava açık,rüzgarlı)	90 °C	100 °C
17:00 (hava açık,rüzgarlı)	80 °C	90 °C

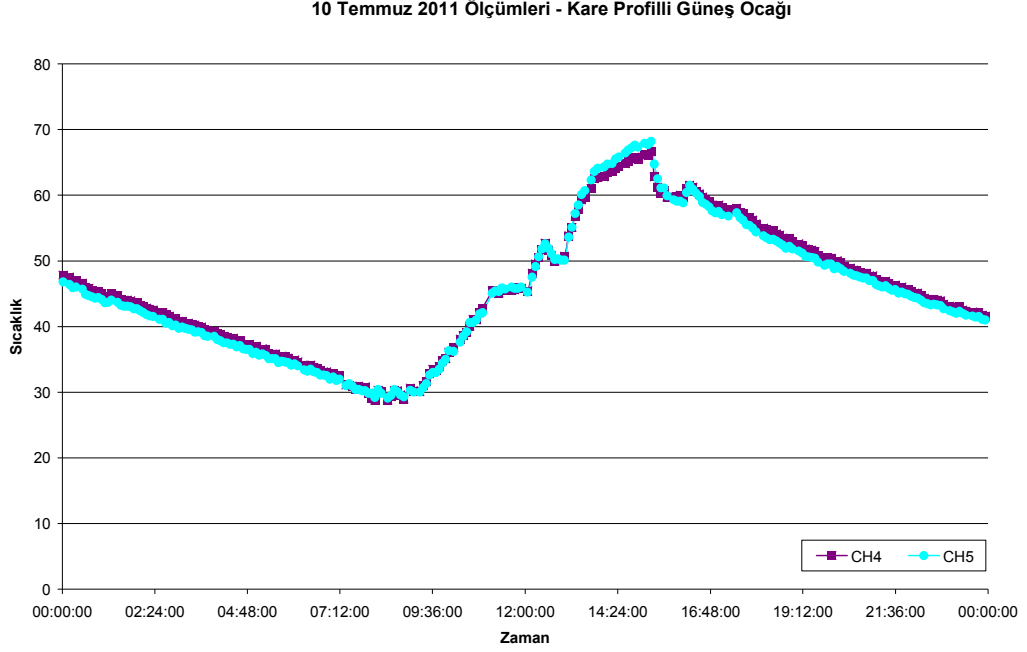
10 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 116 10 Temmuz 2011 Ölçümleri – Dairesel profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 57 °C, yan yüzey sıcaklığı 51 °C, alt yüzey sıcaklığı 50.3 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.00'e kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 41.5 °C, yan yüzey sıcaklığı 32.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 33.2 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 15.15'de 77.1 °C, yan yüzey sıcaklığı 15.15'de 69.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.15'de 68.3 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra

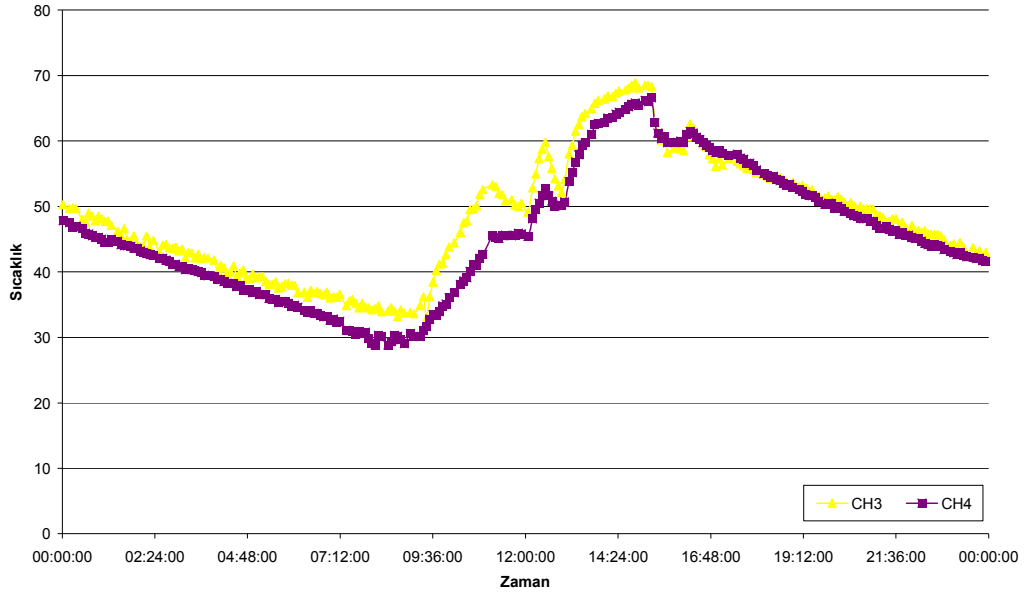
sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 49.1 °C, yan yüzey sıcaklığı 43.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 43 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 117 10 Temmuz 2011 Ölçümleri – Kare profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 46.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 47.8 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.00'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 08.00'da yan yüzey sıcaklığı 29.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 28.8 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Yan yüzey sıcaklığı 15.15'de 68.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.15'de 66.6 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 41 °C, alt yüzey sıcaklığı 41.6 °C olarak ölçülmüştür.

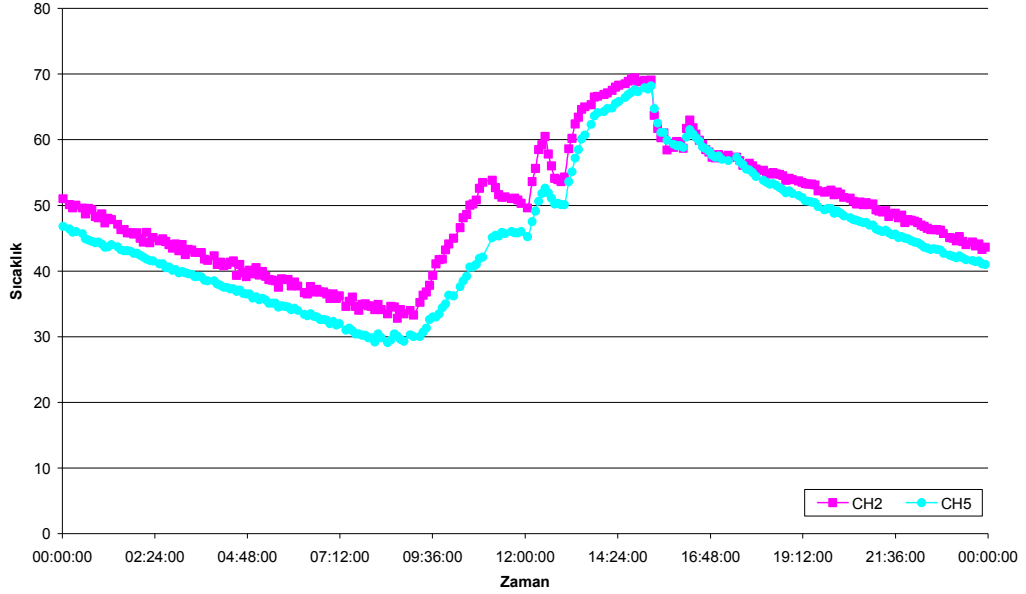
10 Temmuz 2011 Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 118 10 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 2.5 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 3.6 °C' ye yükselmiştir. Gün içinde hissedilir derecede değişen rüzgar hızları dolayısıyla sıcaklıklarda ani düşüşler ve ani artışlar mevcuttur. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 1.4 °C' dir.

10 Temmuz 2011 Yan Yüze Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 119 10 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 4.2 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 4.9 °C' ye yükselmiştir. Gün içinde hissedilir derecede değişen rüzgar hızları dolayısıyla sıcaklıklarda ani düşüşler ve ani artışlar mevcuttur. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 2.6 °C' dir.

4.5.4. 11 Temmuz 2011 ölçümleri

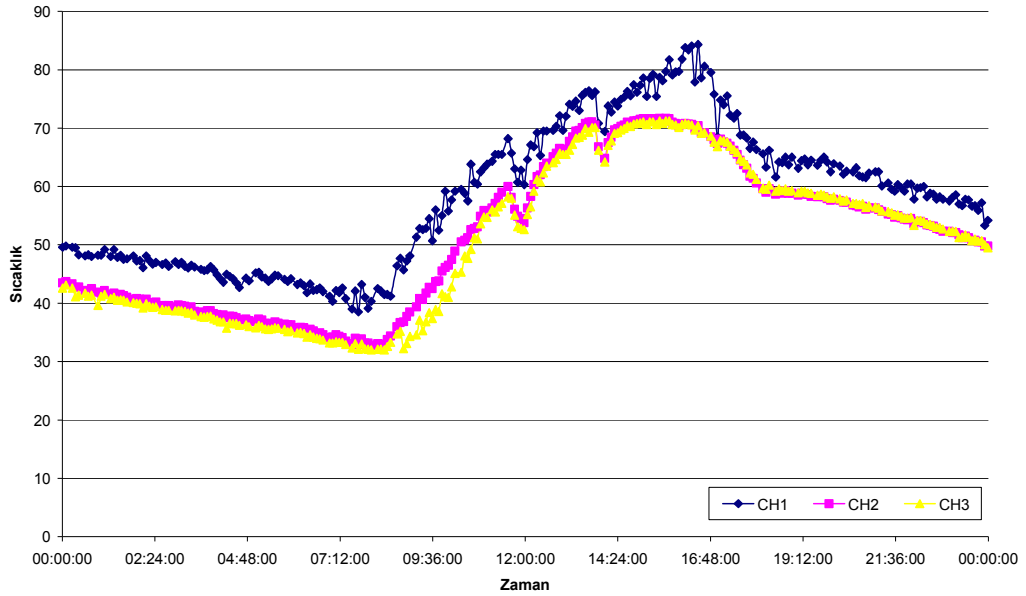
Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 26.5 °C, maksimum hava sıcaklığı 32.3 °C, minimum hava sıcaklığı ise 20 °C' dir. Hava durumu açık ve rüzgarlıydı.

Gün içinde ocak içindeki sıcaklık değişimleri şu şekilde gözlemlenmiştir.

Çizelge 50 11 Temmuz 2011 Ocak İçi Sıcaklıklar

Zaman	Dairesel Profilli Ocak	Kare Profilli Ocak
08:00 (hava açık,rüzgarlı)	<50 °C	<50 °C
09:00 (hava açık)	55 °C	50 °C
10:00 (hava açık,rüzgarlı)	75 °C	70 °C
11:00 (hava açık,rüzgarlı)	80 °C	75 °C
12:00 (hava açık,rüzgarlı)	85 °C	80 °C
13:00 (hava açık,rüzgarlı)	100 °C	105 °C
14:00 (hava açık,rüzgarlı)	105 °C	110 °C
15:00 (hava açık,rüzgarlı)	100 °C	110 °C
16:00 (hava açık,rüzgarlı)	95 °C	105 °C
17:00 (hava açık,rüzgarlı)	75 °C	75 °C

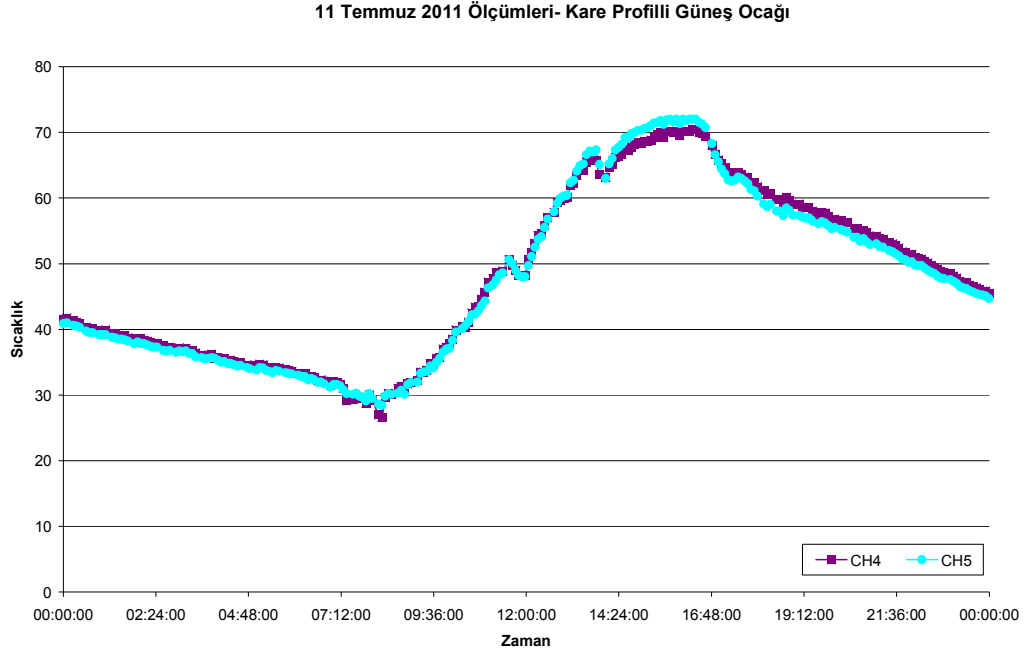
11 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



Şekil 120 11 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 49.6 °C, yan yüzey sıcaklığı 43.5 °C, alt yüzey sıcaklığı 42.6 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.00'e kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 40.3 °C, yan yüzey sıcaklığı 32.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 32 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 15.28'de 78.2 °C, yan yüzey sıcaklığı 15.28'de

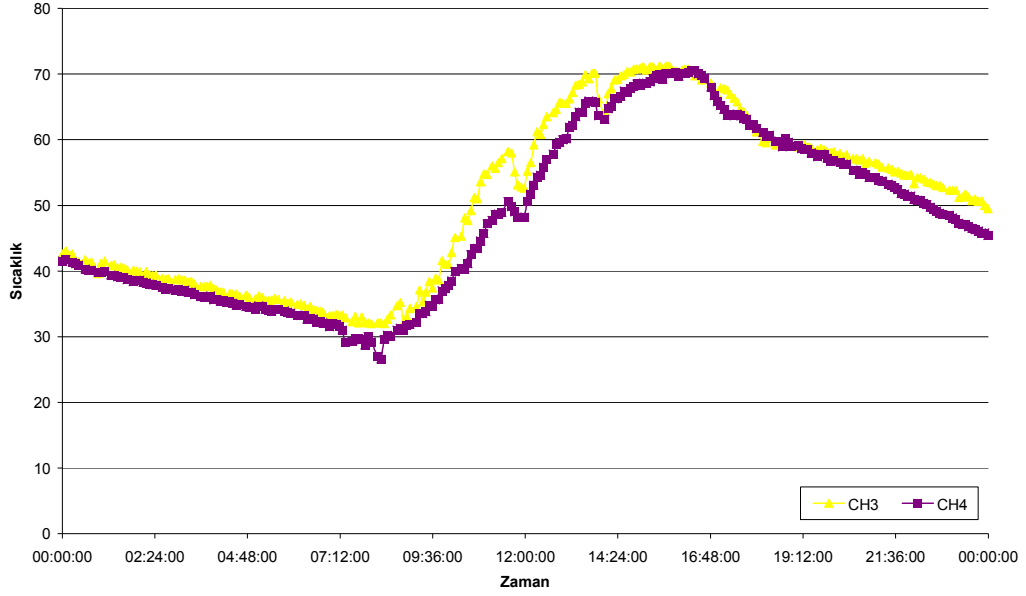
71.7 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.28'de 71.2 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 54.2 °C, yan yüzey sıcaklığı 49.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 49.5 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 121 11 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 40.9 °C, alt yüzey sıcaklığı 41.5 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.00'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 08.00'da yan yüzey sıcaklığı 29.5 °C, alt yüzey sıcaklığı 29.2 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Yan yüzey sıcaklığı 15.43'de 72 °C, alt yüzey sıcaklığı 16.23'de 70.5 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 44.7 °C, alt yüzey sıcaklığı 45.4 °C olarak ölçülmüştür.

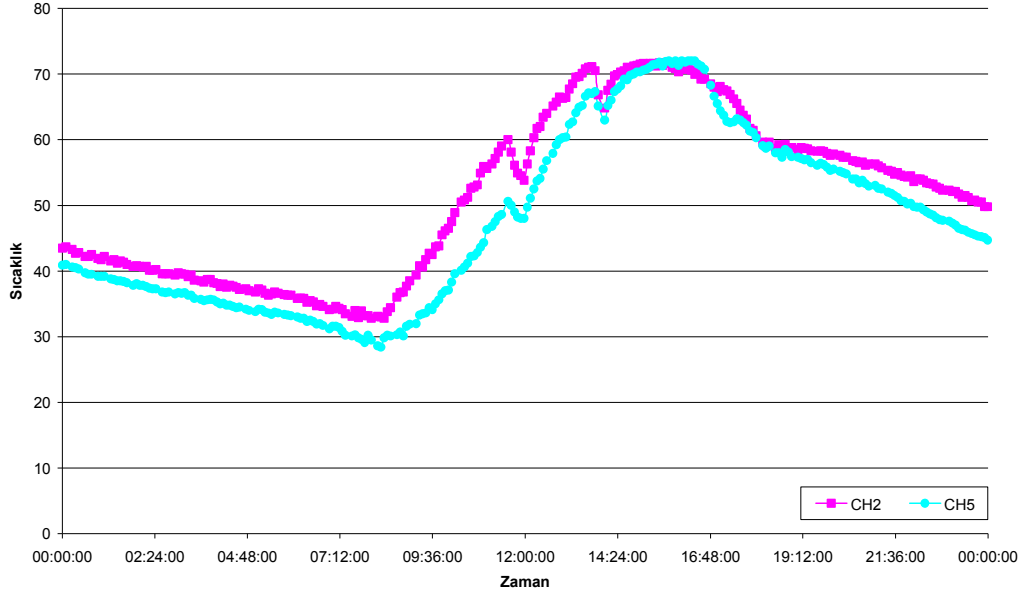
11 Temmuz 2011 Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 122 11 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 1.6 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 2.5 °C' ye yükselmiştir. Gün içinde hissedilir derecede değişen rüzgar hızları dolayısıyla sıcaklıklarda ani düşüşler ve ani artışlar mevcuttur. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 4.1 °C' dir.

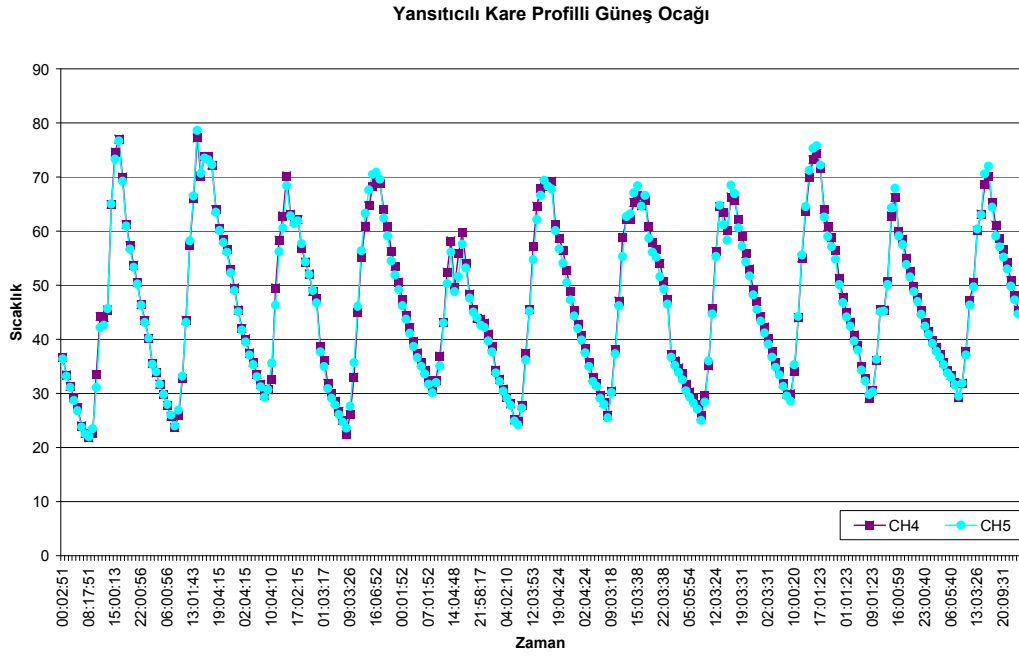
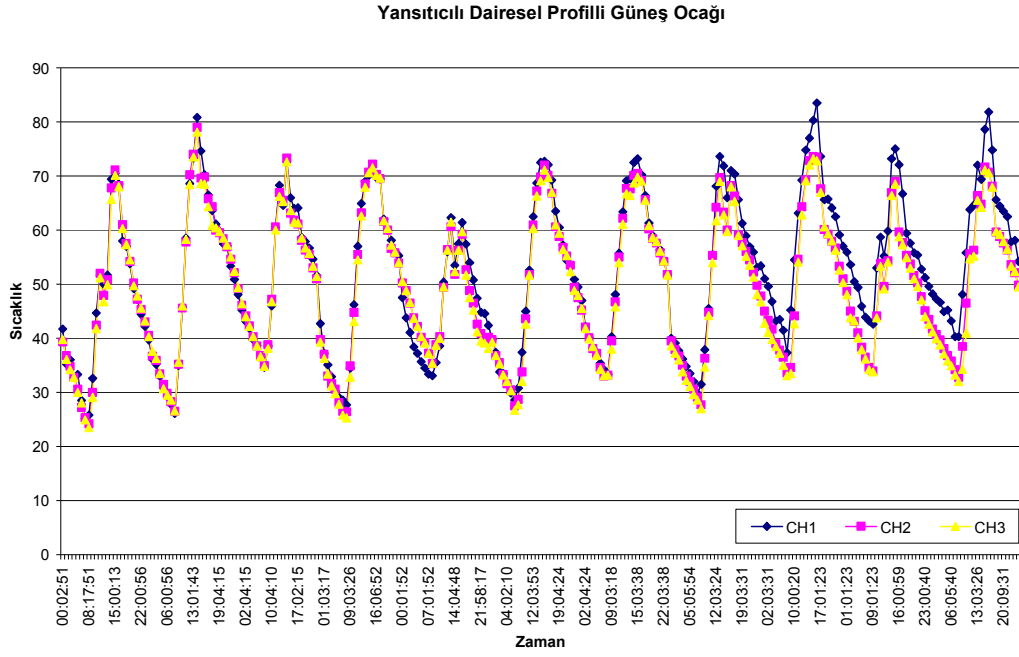
11 Temmuz 2011 Yan Yüze Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



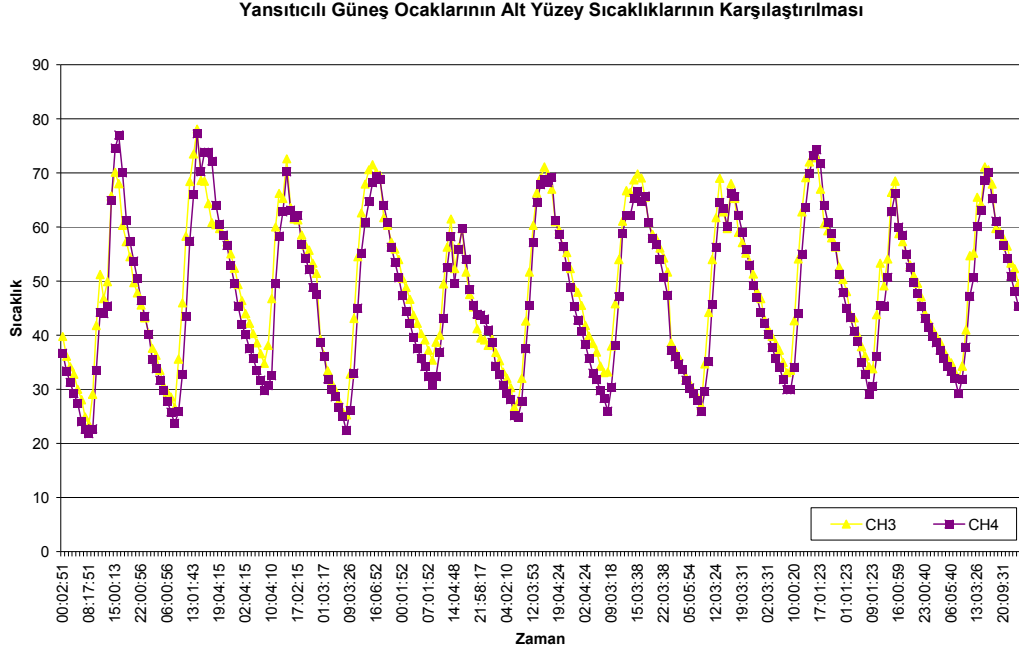
Şekil 123 11 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 2.7 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 3 °C' ye yükselmiştir. Gün içinde hissedilir derecede değişen rüzgar hızları dolayısıyla sıcaklıklarda ani düşüşler ve ani artışlar mevcuttur. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 5.1 °C' dir.

4.5.5. Genel değerlendirme



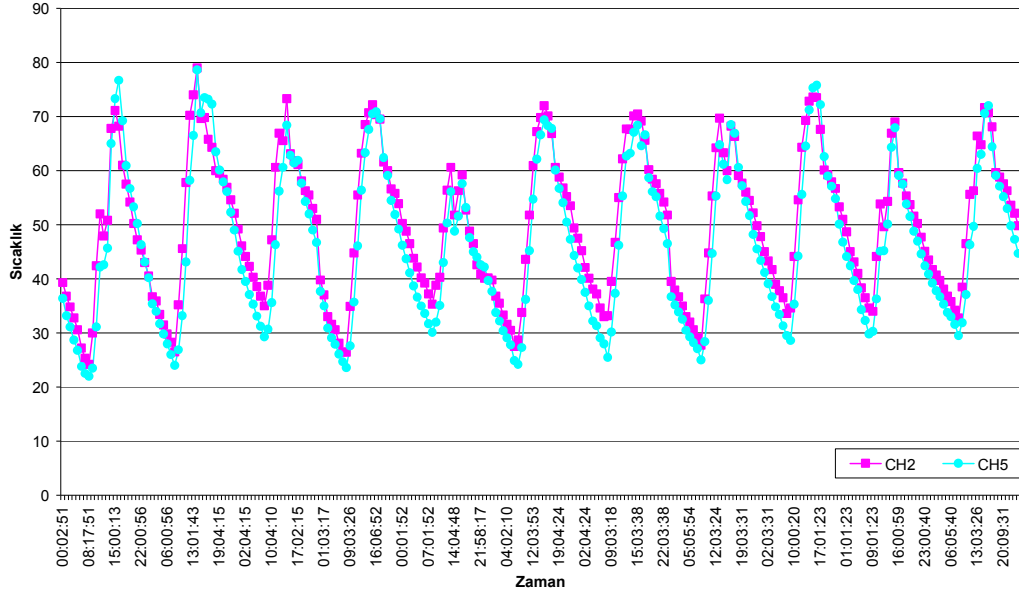
Yansıtıcının ocağın üst yüzeyi ile yaptığı açı küçüldükçe ocak performansının arttığı görülmüştür. Bu nedenle alınan ölçümlerde 30° yansıtıcı açısının 45° ve 60° lere göre daha verimli olduğu görülmüştür. 8-9-10-11 Temmuz 2011’de güneş ışınım şiddetinin daha yüksek olması nedeniyle dairesel profilli güneş ocağının üst yüzey sıcaklığının diğer yüzeylerine göre daha fazla arttığı görülmüştür.



Şekil 126 Yansıtıcılı güneş ocaklarının alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Her iki ocağın alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında önemli bir fark görülmemiştir.

Yansıtıcı Güneş Ocaklarının Yan Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 127 Yansıtıcı güneş ocaklarının yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığından daha fazla düştüğü görülmüştür.

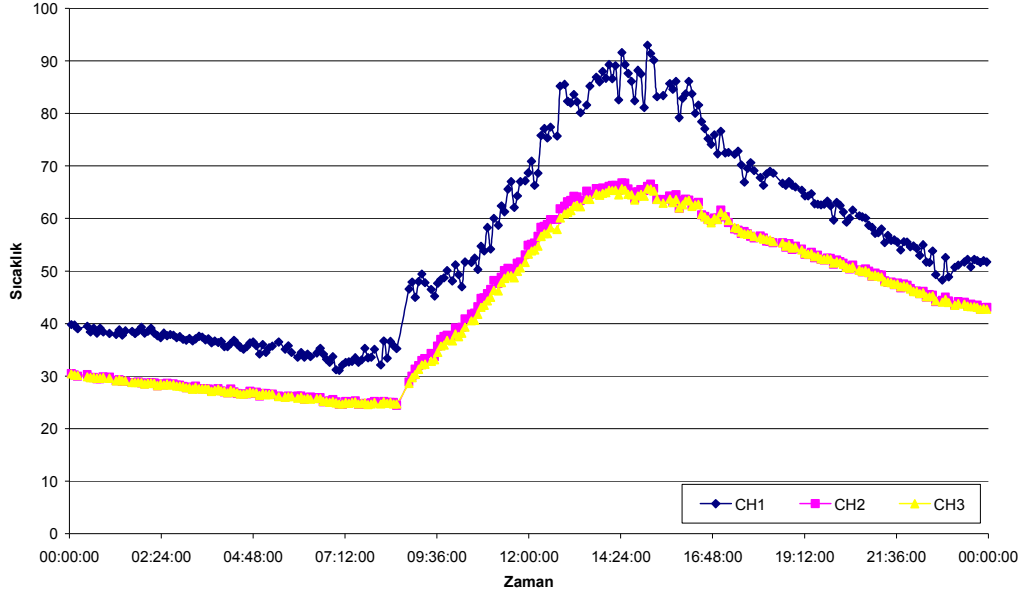
4.6. Yansıtıcı açısı 30° olan güneş ocaklarındaki uygulamalar

4.6.1. 14 Temmuz 2011 ölçümleri

13 temmuzda ocaklardaki yalıtımı arttırmak için 10 cm kalınlığında poliüretan köpük ilave edildi. Cam kavanozların içinde 0,5 litre su koyularak ocakların içerisine yerleştirildi. Yansıtıcı etkisi olmadan sulardaki değişim gözlemlendi.

Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 26 °C, maksimum hava sıcaklığı 33.3 °C, minimum hava sıcaklığı ise 19 °C' dir. Hava durumu parçalı bulutlu ve rüzgarlıydı.

14 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı

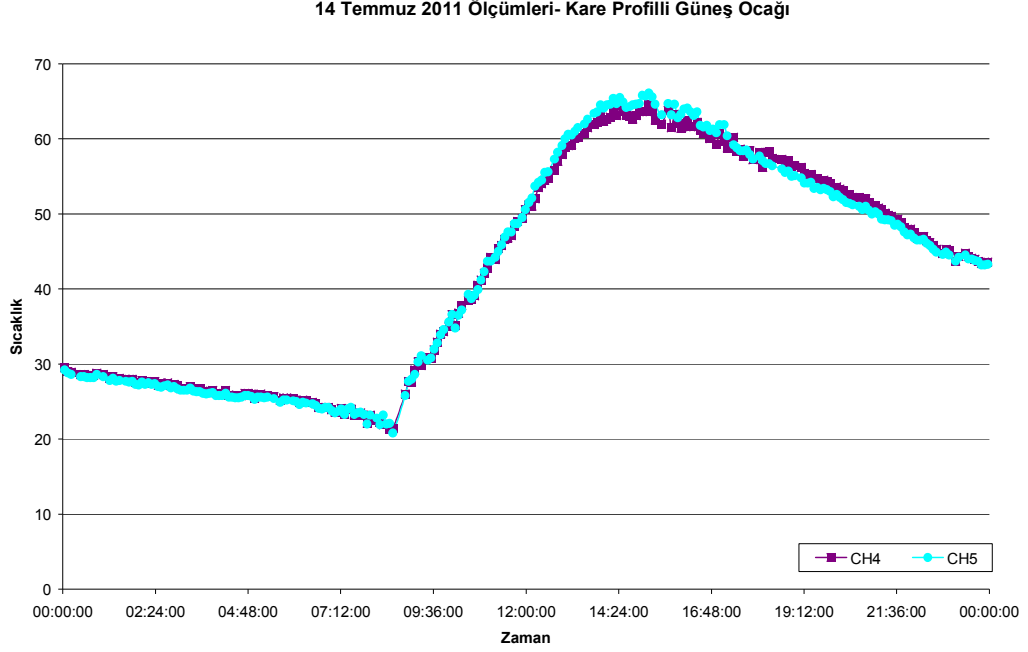


Şekil 128 14 Temmuz 2011 Ölçümleri – Dairesel profilli güneş ocağı

Gece 00.00’ da üst yüzey sıcaklığı 39.8 °C, yan yüzey sıcaklığı 30.5 °C, alt yüzey sıcaklığı 30.4 °C’ dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.00’e kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 35.1°C, yan yüzey sıcaklığı 25.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 25.1 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 14.30’da 89.3 °C, yan yüzey sıcaklığı 14.30’da 66.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 14.30’da 66.7 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59’da üst yüzey sıcaklığı 51.7 °C, yan yüzey sıcaklığı 43.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 42.7 °C olarak ölçülmüştür.



Ocağın içinde su buharı oluşmazken kavanozların içinde kabarcık oluşu gün içinde gözlemlenmemiştir. Su sıcaklığı 14.00'da 75 °C olan maksimum değere ulaşmıştır.

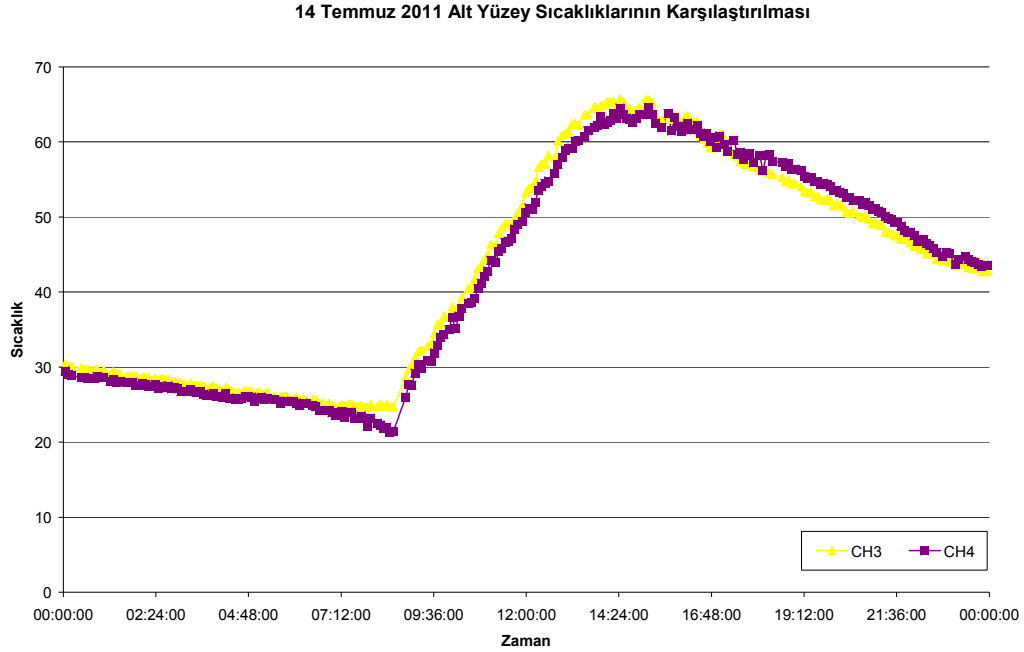


Şekil 129 14 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 29.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 29.5 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 08.00'a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 08.00'da yan yüzey sıcaklığı 20.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 21.4 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Yan yüzey sıcaklığı 15.15'de 66.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.15'de 64.6 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı 43.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 43.3 °C olarak ölçülmüştür.



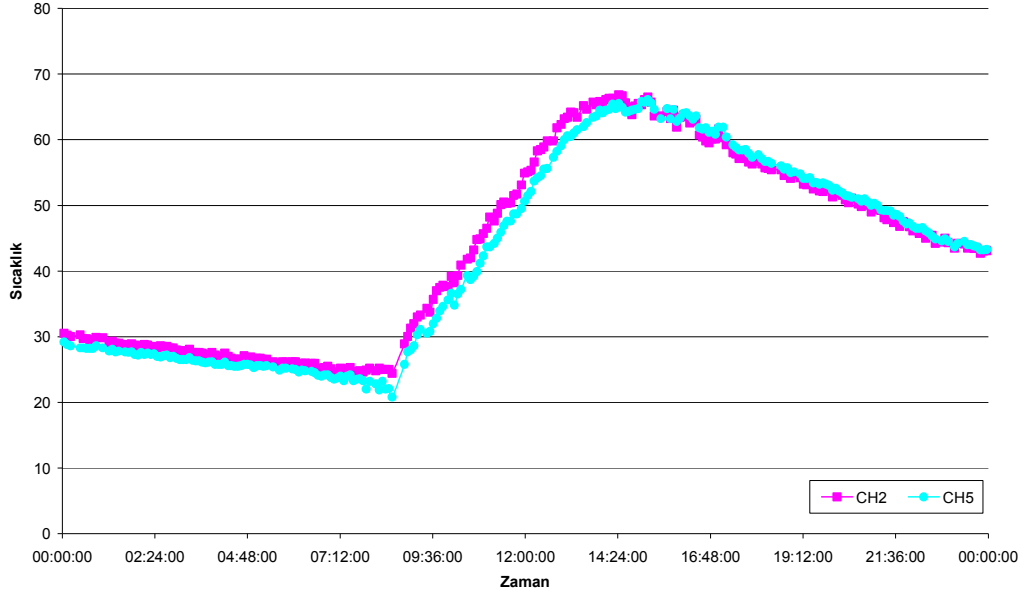
Ocağın içinde su buharı oluşumu görülürken kavanozların içinde kabarcık oluşu gün içinde gözlemlenmemiştir. Su sıcaklığı 14.00'da 80 °C olan maksimum değere ulaşmıştır.



Şekil 130 14 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 0.9 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 3.3 °C' ye yükselmiştir. Gün bitiminde kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 0.9 °C' dir.

14 Temmuz 2011 Yan Yüze Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 131 14 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

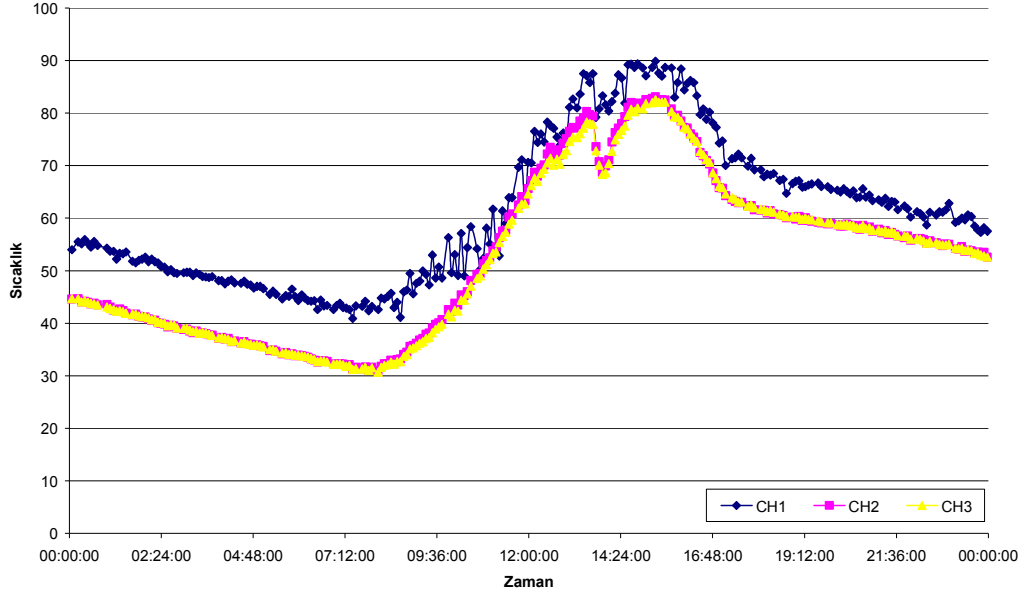
Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00’da dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 1.7 °C daha fazladır. 08.00’a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 2.3 °C’ ye yükselmiştir. Gün bitiminde kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 0.2 °C’ dir.

4.6.2. 16 Temmuz 2011 ölçümleri

Yansıtıcılar 30° ye ayarlandı ve bu kez daha ince olan cam bardakların içinde 250 ml su ocakların içine yerleştirildi.

Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 25.7 °C, maksimum hava sıcaklığı 31.9 °C, minimum hava sıcaklığı ise 17.8 °C’ dir. Hava durumu açık ve rüzgarlıydı.

16 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı

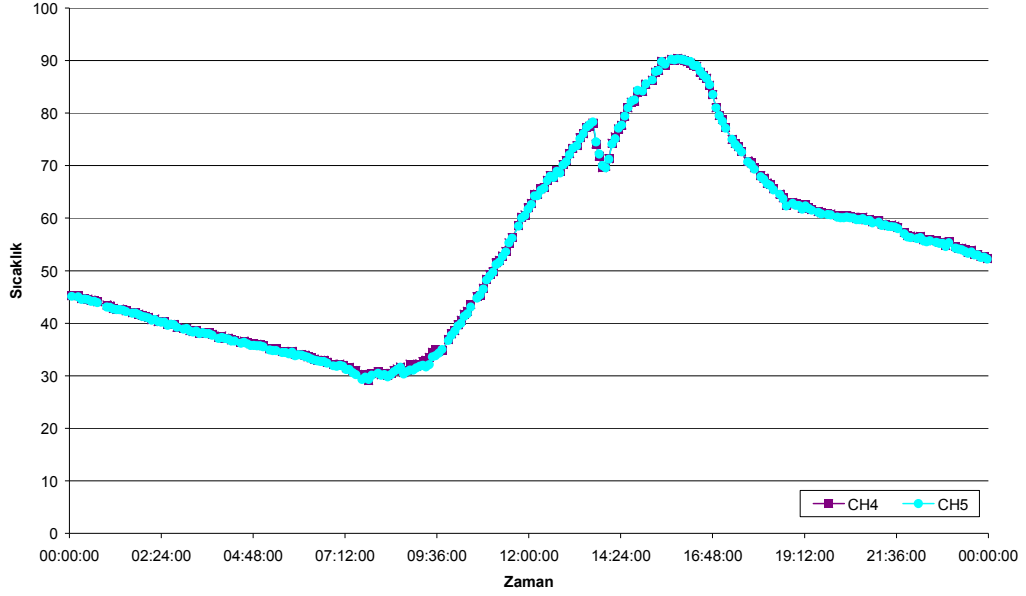


Şekil 132 16 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 54 °C, yan yüzey sıcaklığı 44.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 44.7 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.30'a kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 43.3 °C, yan yüzey sıcaklığı 31.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 31.4 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. 13.30-14.00 saatleri arasında olan sıcaklık düşmesi ve ardından artmasının nedeni o saatler arasında meydana gelen bulutlanmadır. Üst yüzey sıcaklığı 15.20'de 87.6 °C, yan yüzey sıcaklığı 15.20'de 83.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.20'de 82.1 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 57.5 °C, yan yüzey sıcaklığı 52.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 52.6 °C olarak ölçülmüştür.

Ocağın içinde su buharı oluşmazken kavanozların içinde kabarcık oluşu gün içinde gözlemlenmemiştir. Su sıcaklığı 14.00'da 95 °C olan maksimum değere ulaşmıştır.

16 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare Profilli Güneş Ocağı

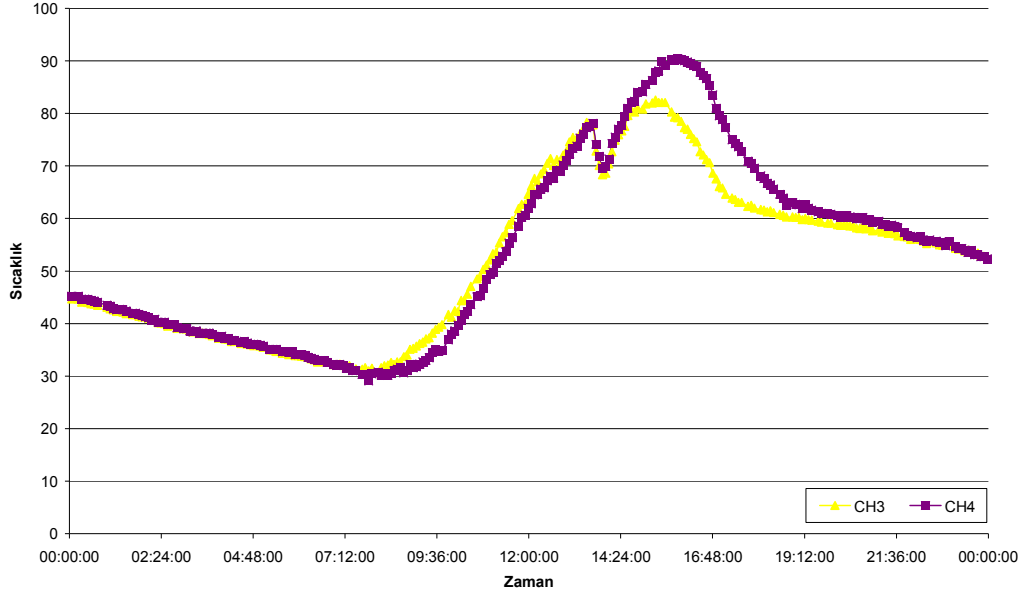


Şekil 133 16 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı 45.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 45.1 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.30' a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 07.30' da yan yüzey sıcaklığı 30.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 30.3 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. 13.30-14.00 saatleri arasında olan sıcaklık düşmesi ve ardından artmasının nedeni o saatler arasında meydana gelen bulutlanmadır. Yan yüzey sıcaklığı 16.00' da 90.2 °C, alt yüzey sıcaklığı 16.00' da 90.2 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı ve alt yüzey sıcaklığı eşit olup 52.2 °C olarak ölçülmüştür.

Ocağın içinde su buharı oluşumu görülürken kavanozların içinde kabarcık oluşu gün içinde gözlemlenmemiştir. Su sıcaklığı 14.00'da 95 °C olan maksimum değere ulaşmıştır.

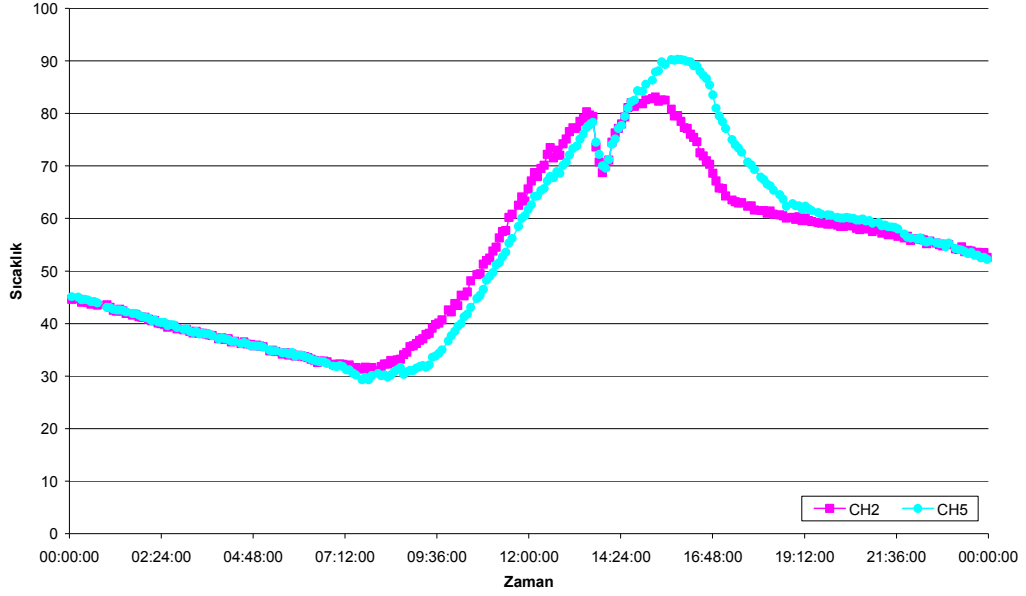
16 Temmuz 2011 Alt Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 134 16 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 0.5 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 1.1 °C' ye yükselmiştir. Gün bitiminde kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı eşit olup 52.3 °C' dir.

16 Temmuz 2011 Yan Yüze Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 135 16 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

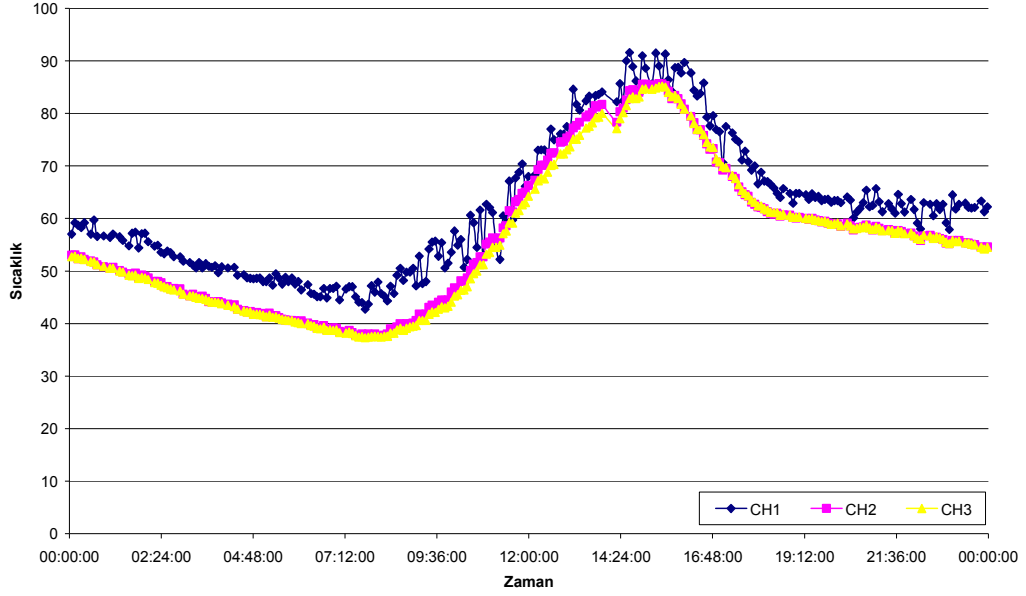
Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 0.5 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 1.3 °C' ye yükselmiştir. Gün bitiminde kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 0.4 °C' dir.

4.6.3. 17 Temmuz 2011 ölçümleri

Her iki ocağın içine saat 11.00' da 100 ml su içine yaklaşık 40 gr ağırlığındaki yumurtalar koyularak haşlandı. 14.00' da yumurtalar alınarak yerlerinde yağ biberi koyup közlendi.

Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 27.6 °C, maksimum hava sıcaklığı 34.9 °C, minimum hava sıcaklığı ise 19.2 °C' dir. Hava durumu açık ve rüzgarlıydı.

17 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel Profilli Güneş Ocağı



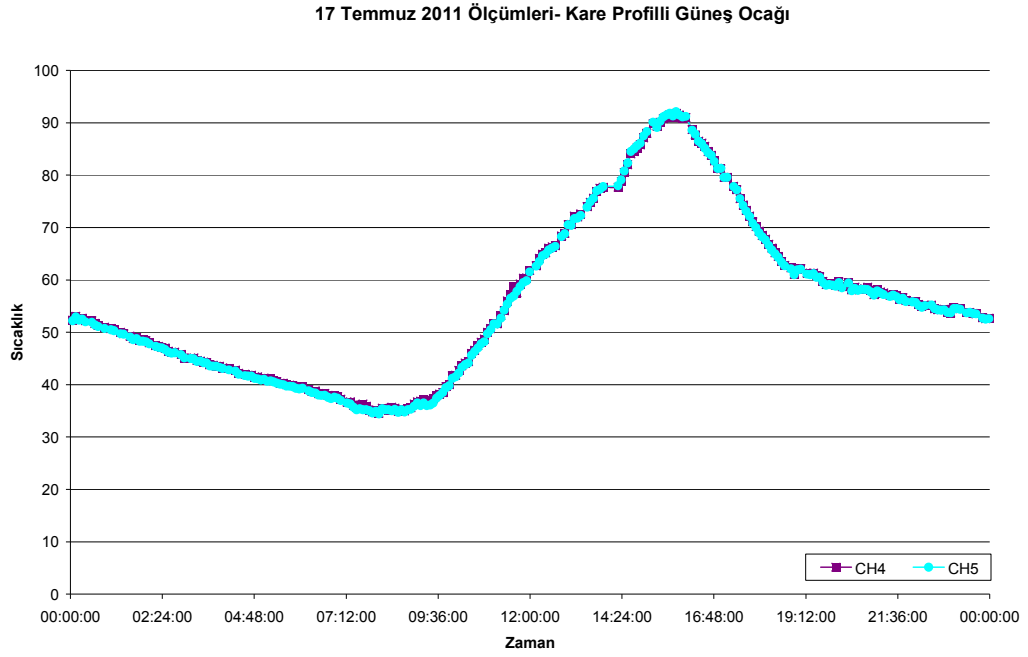
Şekil 136 17 Haziran 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 57 °C, yan yüzey sıcaklığı 53 °C, alt yüzey sıcaklığı 52.7 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.30'a kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 45.1 °C, yan yüzey sıcaklığı 38 °C, alt yüzey sıcaklığı 37.5 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 15.10'de 85.6 °C, yan yüzey sıcaklığı 15.10'de 85.4 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.10'de 84.6 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 62.2 °C, yan yüzey sıcaklığı 54.6 °C, alt yüzey sıcaklığı 54.5 °C olarak ölçülmüştür.



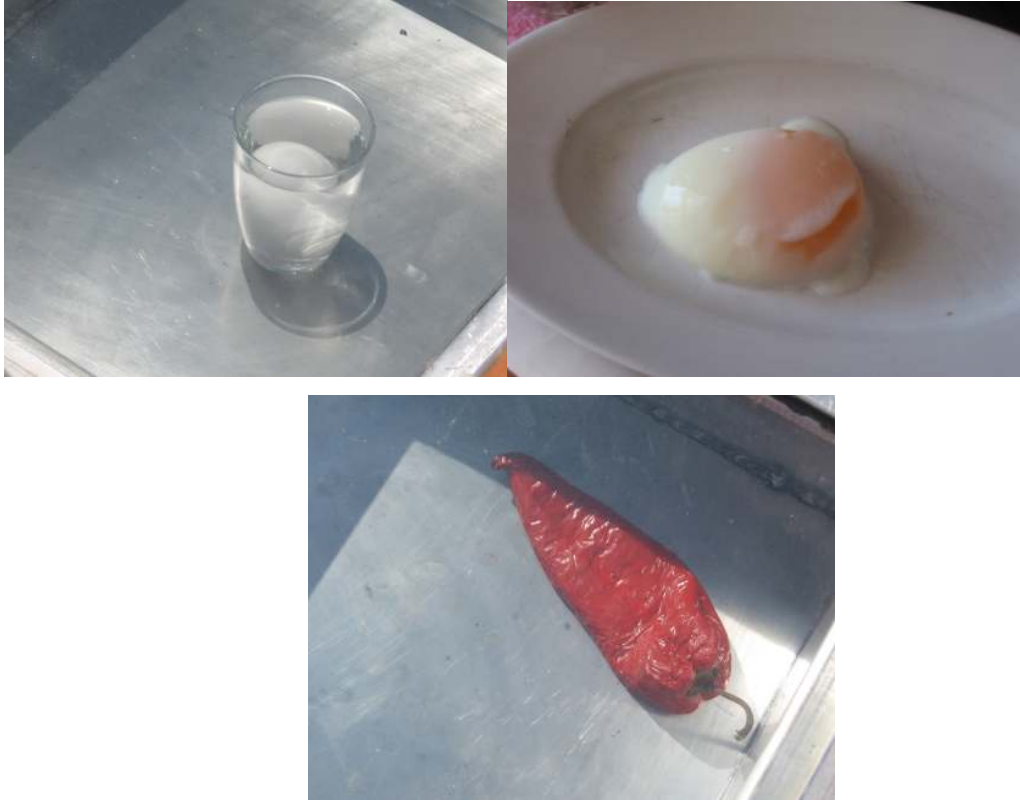


Ocağın içinde su buharı oluşmazken 14.00' da ocak içindeki yumurta alındı ve yerine yağ biberi koyuldu.

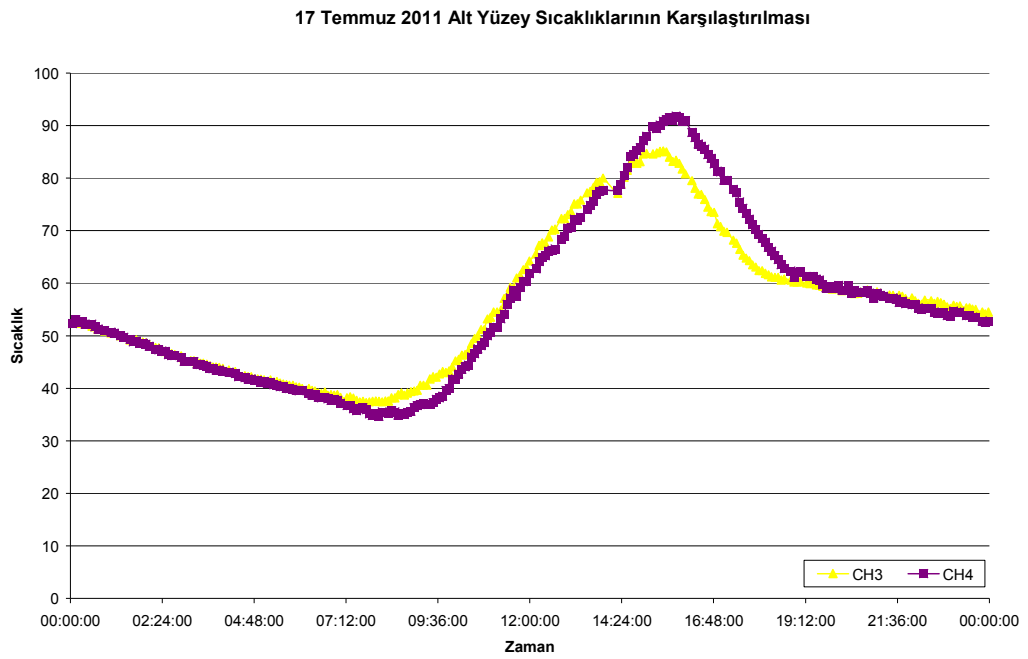


Şekil 137 17 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı ile alt yüzey sıcaklığı eşit olup 52.2 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.30' a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 07.30' da yan yüzey sıcaklığı ile alt yüzey sıcaklığı yine eşit olmakla beraber 35.2 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır Yan yüzey sıcaklığı 15.48' de 92.1 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.48' de 92.1 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59' da yan yüzey sıcaklığı ve alt yüzey sıcaklığı eşit olup 52.6 °C olarak ölçülmüştür.

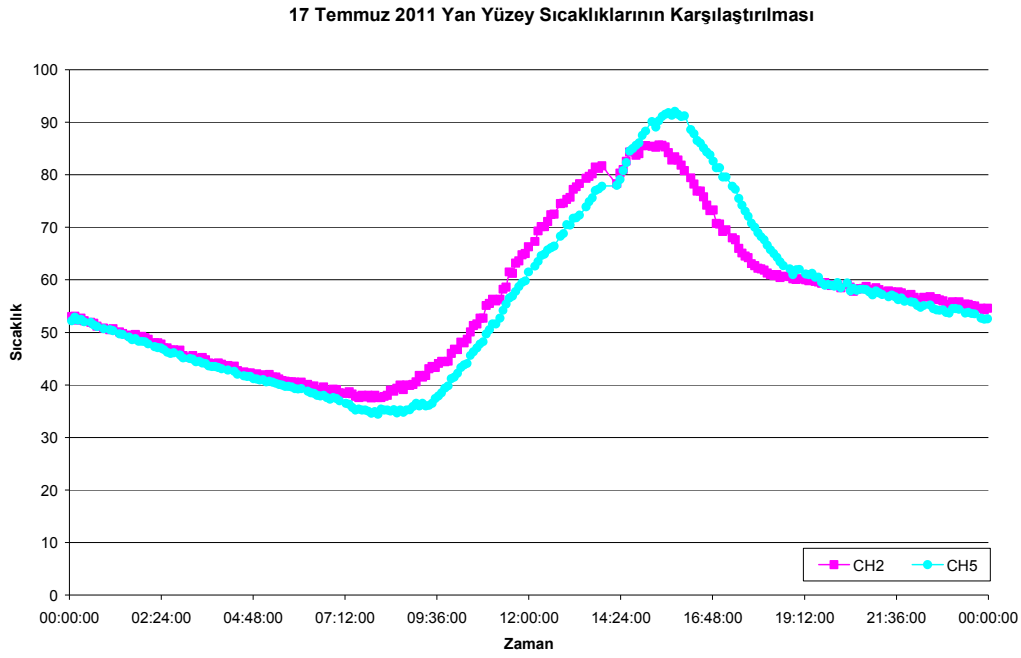


Ocağın içinde su buharı oluşmazken 13.00' da ocak içindeki yumurta alındı ve yerine yağ biberi koyuldu.



Şekil 138 17 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 0.4 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 2.2 °C' ye yükselmiştir. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 1.8 °C daha fazladır.



Şekil 139 17 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

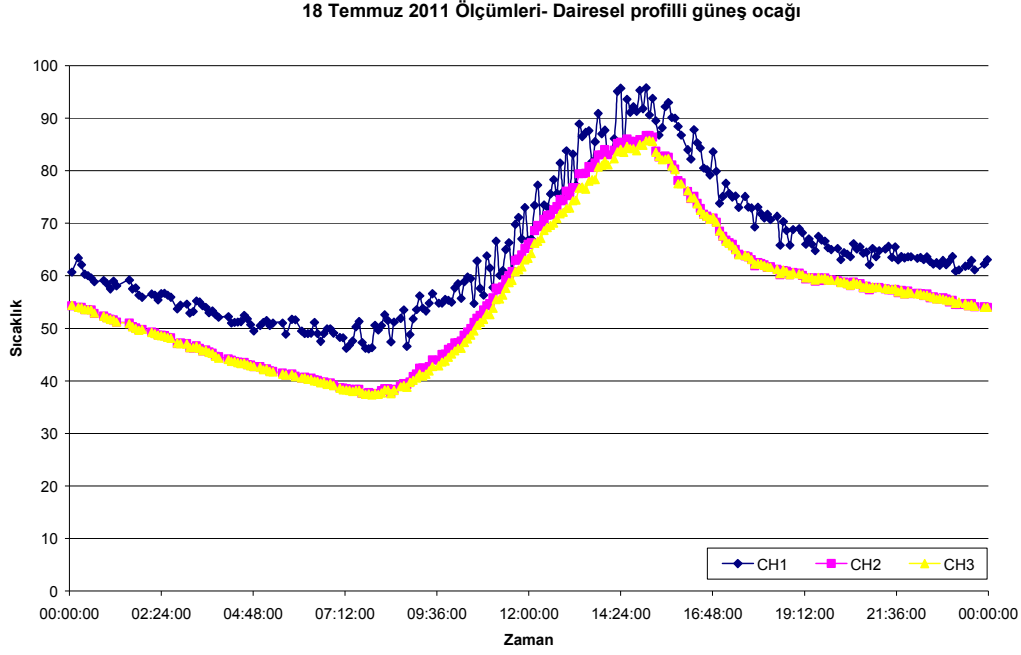
Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığından 0.8 °C daha fazladır. 07.30'a kadar dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı arasındaki fark 2.2 °C' ye yükselmiştir. Gün bitiminde kare profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı dairesel profilli güneş ocağının yan yüzey sıcaklığı arasındaki fark 2 °C' dir.

4.6.4. 18 Temmuz 2011 ölçümleri

Sabah 08.00' da ocakların içlerine yüksek sıcaklığa dayanıklı ve alüminyum malzemeden yapılmış olan kek kalıplarında kek hamuru koyuldu. Her ocağa iki adet

alüminyum kap iki adette yüksek sıcaklığa dayanıklı kap olmak üzere dört adet kap yerleştirildi. Bu kaplar arasındaki tek fark içlerindeki hamur miktarıdır.

Gün içinde ortalama hava sıcaklığı 27 °C, maksimum hava sıcaklığı 33.3 °C, minimum hava sıcaklığı ise 19 °C' dir. Hava durumu açık ve rüzgarlıydı.



Şekil 140 18 Temmuz 2011 Ölçümleri- Dairesel profilli güneş ocağı

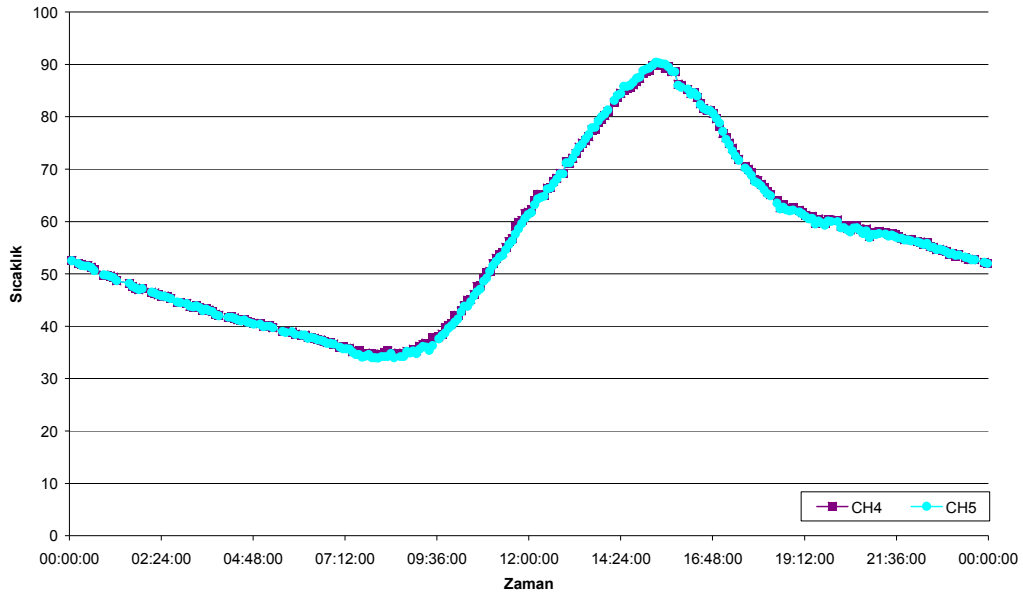
Gece 00.00' da üst yüzey sıcaklığı 60.7 °C, yan yüzey sıcaklığı 54.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 54.4 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.50'ye kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bu saatte üst yüzey sıcaklığı 46.3 °C, yan yüzey sıcaklığı 37.3 °C, alt yüzey sıcaklığı 37.4 °C ile minimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır. Üst yüzey sıcaklığı 15.00'da 91.7 °C, yan yüzey sıcaklığı 15.10'da 86.7 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.10'da 85.6 °C ile maksimum değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da üst yüzey sıcaklığı 62.2 °C, yan yüzey sıcaklığı 54°C, alt yüzey sıcaklığı 54°C olarak ölçülmüştür.

Sabah ocak içerisine yerleştirilen keklerin 14.00' da piştikleri gözlemlenmiştir.



Alüminyum kap yada yüksek sıcaklığa dayanıklı kaplarda pişme sürelerinde bir fark görülmezken, az miktarda hamur bulunan kaplarda pişmenin daha kısa zamanda gerçekleştiği görülmüştür.

18 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare Profilli Güneş Ocağı



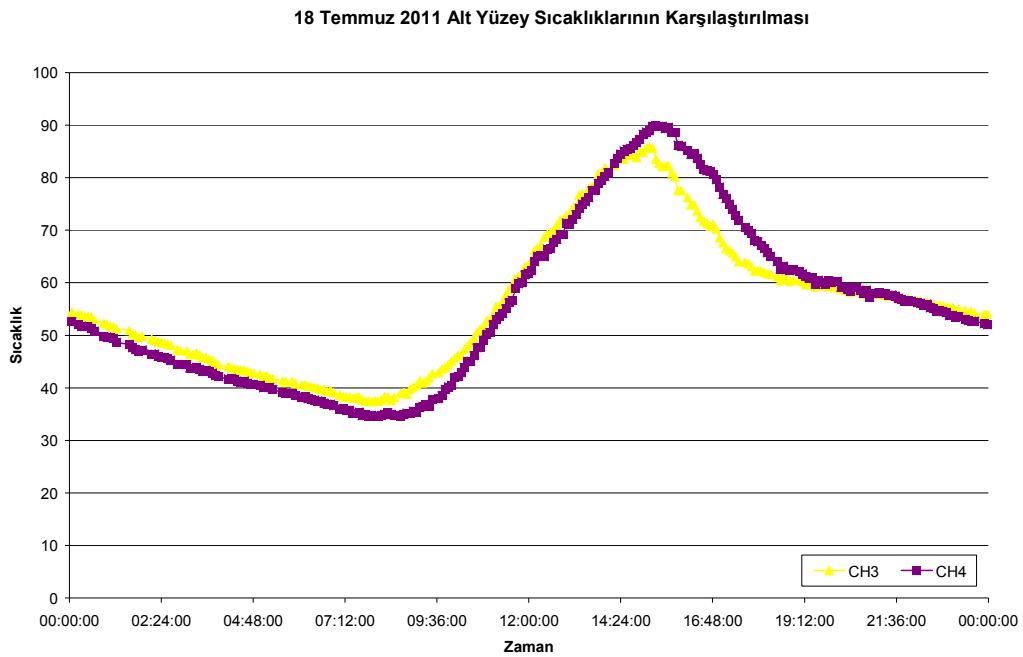
Şekil 141 18 Temmuz 2011 Ölçümleri- Kare profilli güneş ocağı

Gece 00.00' da yan yüzey sıcaklığı ile alt yüzey sıcaklığı eşit olup 52.6 °C' dir. Bu saatten sonra sıcaklıklarının 07.30' a kadar düştüğü gözlemlenmekle beraber 07.30' da yan yüzey sıcaklığı ile alt yüzey sıcaklığı yine eşit olmakla beraber 34.2 °C ile minimum değerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklar artmaya başlamıştır Yan yüzey sıcaklığı 15.48' de 89.8 °C, alt yüzey sıcaklığı 15.48' de 90.3 °C ile maksimum

değerlerine ulaşmıştır. Bu saatten sonra sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. 23.59'da yan yüzey sıcaklığı ve alt yüzey sıcaklığı eşit olup 52°C olarak ölçülmüştür.



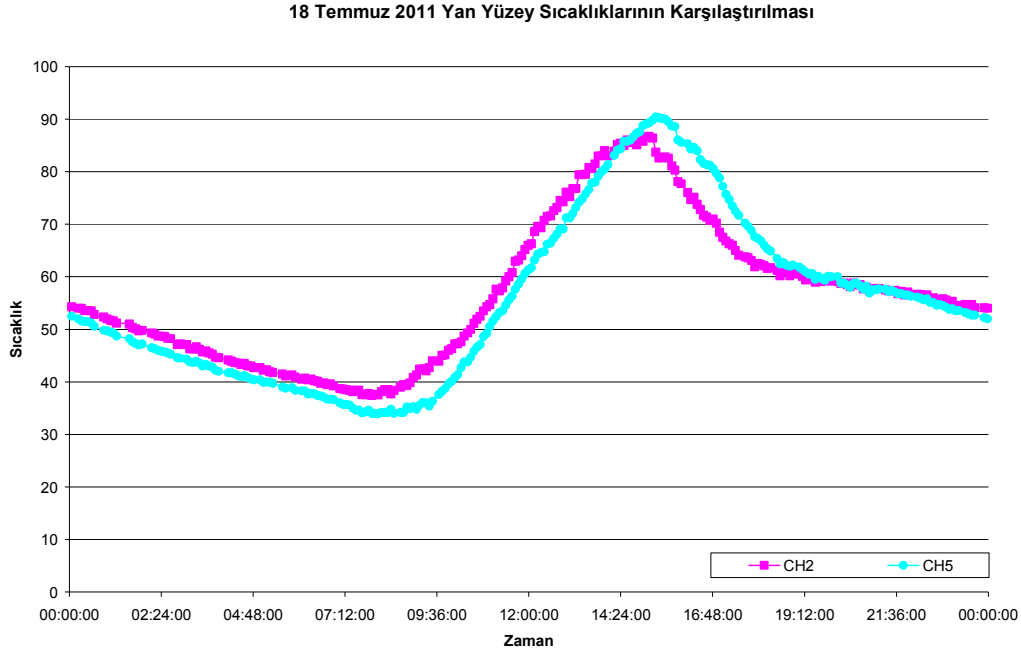
Alüminyum kap yada yüksek sıcaklığa dayanıklı kaplarda pişme sürelerinde bir fark görülmezken, az miktarda hamur bulunan kaplarda pişmenin daha kısa zamanda gerçekleştiği görülmüştür.



Şekil 142 18 Temmuz 2011 Alt yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Alt yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 1.8 °C daha fazladır. 08.00'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş

ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 5.4 °C' ye yükselmiştir. Gün bitiminde dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 2 °C daha fazladır.



Şekil 143 18 Temmuz 2011 Yan yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Yan yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 00.00'da kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığından 1.2 °C daha fazladır. 09.30'a kadar dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı ile kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 6.1 °C' ye yükselmiştir. Gün bitiminde kare profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı dairesel profilli güneş ocağının alt yüzey sıcaklığı arasındaki fark 0.4 °C' dir.

4.7. Maliyet Analizi

Ocakların ilk yatırım maliyetleri şu şekildedir;

- 1200x2400 3mm'lik Alüminyum plaka= 125TL
- Kesim, büküm işlemleri= 70TL
- Parafin (10kg)= 65TL
- Kırmızı silikon=10TL

- Kaynak işlemleri=150TL
- Cam yünü(2 adet 60x120)=10TL
- Cam=60TL
- Dış kasa malzeme ve işçilik ücreti=50
- Alüminyum folyo=5TL

+ _____

Projenin üretim masrafı yaklaşık olarak 545TL'dir. Bu fiyatın 2 ocak için olduğu göz ardı edilmemelidir.

Bursagazın yayınlamış olduğu ağustos ayı fiyat tarifesine göre Bursa'da KDV dahil doğalgazın birim fiyatı 0,672067 TL'dir. Bu fiyat göz önünde bulundurularak tek ocağın amortisman süresi yaklaşık olarak 406 saattir. Günde 3 çeşit yemeğin ortalama birer saatten piştiğini kabul edersek ocaklar kendilerini 135 günden sonra amorti ederler.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada farklı geometrilere sahip güneş ocaklarının farklı günlerde, farklı yansıtıcı açılarıyla ve farklı izolasyon koşullarındaki performansları değerlendirilmiş ve karşılaştırmaları yapılmıştır. Literatürde bahsi geçen FDM'lerden parafin gizli ısı depolama malzemesi olarak kullanılmış ve parafinin gün içindeki sıcaklık değişimi ölçülmüştür. Elde edilen veriler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- 1) Bulutlu ve yağmurlu günlerde ocak sıcaklıkları istenilen düzeyde olmamakla beraber parafinin sıcaklığı yağmurlu günlerde ergime noktasına dahi ulaşmamıştır. Günün güneşli saatlerinde parafinin sıcaklığı yükselse de, havanın bulutlanmasıyla parafinin sıcaklığının düştüğü ve havanın tekrar güneşli olmasıyla tekrar yükseldiği görülmüştür. Buda havanın bulutluluk oranının ocak sıcaklığına etkisinin büyük olduğunun bir kanıtıdır. Rüzgarlı saatlerinde ise sıcaklık düşüşlerinin görüldüğü ve rüzgarsız saatlere nazaran daha fazla ısı kaybının olduğu gözlemlenmiştir.
- 2) Üst yüzeyin ocaklar kullanılmazken yalıtımlı hale getirilmesinden sonra ısı kayıplarında önemli bir azalma meydana geldiği görülmüştür. Gün içi maksimum ve minimum sıcaklıklarda artışların etkenlerinden biride üst yüzey yalıtımıdır.
- 3) Güneş ışınım şiddetinin azalmasıyla parafinin soğumaya yan yüzeylerden başladığı görülmüştür.
- 4) Yansıtıcı açıları farklı günlerde 30°, 60°, 45° olmak üzere 3 farklı açıyla deneyler yapılmıştır. Bu deneylerin sonucunda en iyi performansın dikeyle 30° deyken alındığı görülmüştür ve ocak içi sıcaklığının 135 °C'ye kadar çıktığı gözlemlenmiştir. Yansıtıcılı olarak alınan günlerdeki sonuçlar yansıtıcısız olarak alınan günlerdeki sonuçlardan daha iyidir. Dolayısıyla ocak sıcaklıklarında yansıtıcının etkisi yadsınamayacak kadar fazladır.

- 5) Yansıtıcının olmadığı ölçümlerde dairesel profilli güneş ocağının kare profilli güneş ocağına oranla sıcaklıklarının daha yüksek olduğu görülmüştür. Yansıtıcının olduğu günlerde ise gün içinde kare profilli güneş ocağının daha yüksek sıcaklığa ulaştığı fakat güneş ışınımının azalmasıyla sıcaklıkların önemli derecede düştüğü ve dairesel profilli güneş ocağının daha yavaş bir soğuma gerçekleştirdiği görülmüştür.
- 6) Her iki ocakta da alt ve yan yüzey sıcaklıkları arasında önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Buda depolama ünitesi içerisinde üniform bir sıcaklık dağılımının gerçekleştiğinin göstergesidir.
- 7) Üst yüzeyin yalıtımsız olduğu günlerde soğuma 06.00' a kadar gerçekleşmiş güneşin doğmasıyla ısınmaya başlamıştır. Yüzeyin yalıtımlı olduğu günlerde ocaklar 08.00' da açılmış ve ısınma bu saatten sonra başlamıştır. Gece hava koşullarına bağlı olarak ısı kayıplarının fazla olduğu görülmüştür.
- 8) Küçük boyutlu gıdaların pişirme sürelerinin daha kısa zamanda gerçekleştiği görülmüştür.
- 9) Pişirilen kabın cinsinin pişirme süresine etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir.
- 10) İlk yatırım maliyetinden başka bir maliyet olmadığından ekonomik açıdan uygundur.

Güneş ocağının çevreye hiçbir zararlı madde vermemesi, yerli kaynaklarla üretilmesi, kullanımının basit olması, ilk maliyetinin yanında hiçbir gider maliyetinin olmayışı tercih edilmesi için en önemli sebeplerden birkaçıdır. Yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip ülkemizde, güneş ocaklarının kullanımına uygun yörelerde halkın bilinçlendirilmesi ve devletin teşviki ile yaygınlaştırılması en önemli konulardan biridir. Girişimci şirketlerin desteğiyle daha ucuz, daha pratik güneş

ocaklarının üretimi yeni bir piyasa oluşturabilecek ve böylece yeni iş olanakları sağlama potansiyeli harekete geçirilebilecektir.

Gizli ısı depolamada FDM' nin kütlesi önemli bir unsurdur. Bu bağlamda ocak ölçüleri yeniden boyutlandırılarak gizli ısı depolama ünitesinin hacmini genişleterek parafinin kütlesi arttırılabilir ve bu sayede daha fazla ısı depolanabilir.

Yüzey parlaklığı ile ocak içi sıcaklıkları arasında nasıl bir etkinin olduğu irdelenmeli ve uygun parlaklık belirlenmelidir. Ocak içinin parlak mı yoksa siyah boya ile boyandığında mı daha iyi sonuçlar vereceği araştırılmalıdır.

Yalıtım malzemesi olarak cam yünü yerine yüksek sıcaklığa dayanıklı ısı iletim katsayısı daha düşük olan malzemeler kullanılarak ısı kayıplarının azaltılması sağlanabilir.

Parafin yerine düşük erime sıcaklığına ve yüksek gizli ısı depolama enerjisine sahip FDM' ler kullanılarak daha fazla enerji depolanarak ocaklar gece kullanımına da uygun hale getirilebilir.

Yansıtıcı olarak alüminyum folyo yerine parlaklığı yüksek alüminyum plakalar kullanılabilir. Bu sayede gün içi maksimum değerlerde artışlar sağlanabilir.

Depo içindeki parafinin ergime ve katılaşma davranışları sayısal olarak çalışılmalıdır. Bu çalışmalarda Fluent gibi CFD yazılımlarından yararlanılabilir.

KAYNAKÇA

- Buchlin, J.M. 1988.** Experimental And Numerical Modeling Of Solar Energy Storage In Rockbeds And Encapsulated Phase Change Metarial Packings. Energy Storage Systems: Fundamentals And Applications. İzmir S. 485-535
- Buddhi, D., Sahoo, L.K. 1997** Solar cooker with latent heat storage: design and experimental testing. Energy Conversion and Management 1997;38:493–8
- Chen, C.R., Sharma, A., Tyagi, S.K., Buddhi, D. 2007.** Numerical heat transfer studies of PCMs used in a box-type solar cooker Renewable Energy 33 (2008) 1121–1129
- Comini, G., Giudice, S.D., Lewis, R.W., Zienkiewicz, O.C. 1974.** Finite element of non-linear heat conduction problems with special reference to phase change. Int J Numer Methods Eng 1974;8:613–24.
- Dinçer, İ., Dost, S., Li, X. 1996.** Thermal Energy Storage Systems And Energy Saving. Proceedings Of The First Trabzon International Energy And Environment Symposium: 373-379, Trabzon
- Domanski, R., El-Sebaili, A.A., Jaworski, M. 1995.** Cooking during off-sunshine hours using PCMs as storage media. Energy 1995;20:607–16
- Esen, M. 1994.** Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompasındaki Faz Değiştiren Madde İçeren Silindirik Enerji Deposunun Bilgisayarda Simülasyonu Ve Deneysel Sonuçlarla Karşılaştırılması. Doktora Tezi, Trabzon S.6-74
- Fath, H. E. S. 1998.** Technical Assessment Of Solar Thermal Energy Storage Technologies. Renewable Energy, 14(1-4):35-40
- Hahne, E. 1996.** Thermal Conservation Technologies. Proceeding Of The First Trabzon International Energy And Enviroment Symposium S. 293-314, Trabzon
- Kakaç, S., Paykoç, E., Yener, Y. 1989.** Storage Of Solar Thermal Energy. Energy Storage Systems. Energy Storage Systems NATO ASI Series; Series E: Applied Sciences, 167:121-161, Kluwer Academic Publishers.
- Kıncay, O. ve Örenel, M. B. 2002.** Isıl Enerji Depolama Yöntemleri Ve Malzemeleri. Termodinamik Dergisi Sayı 117, S. 92-98
- Lorsch, H. G. 1975.** Thermal Energy Storage For Solar Heating. ASHRAE Journal, 47s
- Mazman, M. 2000,** Güneş Enerjisinin Faz Değiştiren Organik Kimyasallarda Gizli Isı Şeklinde Depolanması. Yüksek Lisans Tezi, Adana S. 3-15

- Midilli, A. 2001** Doğal Vakum Tekniği ile Atıksuların Damıtılması, Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon S.10-25
- Moffat, R.J. 1982** Contributions to the Theory of Single Sample Uncertainty Analysis. J. Fluids Engineering S. 104, 250-260
- Muthusivagami, R.M., Velraj, R., Sethumadhavan, R., 2008.** Solar cookers with and without thermal storage—A review (2010) 691–701
- Nahar, N.M. 2003.** Performance and testing of a hot box storage solar cooker. Energy Conversion and Management 2003;44:1323–31
- Özbalta, N. 2004.** Güneş Enerjisi Potansiyeli Ve Uygulamaları www.egetek.org
- Öztürk, H.H., 2008.** Güneş Enerjisi Ve Uygulamaları, Birsen Yayınevi, İstanbul. ISBN: 978-975-511-502-3 s.244-267
- Paksoy, H. Ö. 1986.** Dolgulu Yatakta Isı Depolaması. Yüksek Lisans Tezi, Adana
- Perry, R. H. ve Chilton, C. H. 1972.** Chemical Engineers' Handbook, Fifth Edt., McGraw Hill
- Ramadan, M.R.I., Aboul-Enein, S., El-Sebaei, A.A.1998.** A model of an improved low cost indoor solar cooker in Tanta. Solar and Wind Technology 1998;5:387–93
- Sarı, A. 2000.** Bazı Yağ Asitleri Ve Ötektik Karışımların Enerji Depolayıcı Madde Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Tokat S.1-44
- Schwartzter, K., Silva, M.E.V. 2003.** Solar cooking system with or without heat storage for families and institutions. Solar Energy 2003;75:35–41
- Shigeishi, R. A., Langford, C.H., Hollebhone, B.R. 1979.** Solar Energy Storage Using Chemical Potential Changes Associated With Drying Of Zeolites. Solar Energy, 23: 489-495
- Sharma, S.D., Buddhi, D, Sawhney, RL, Sharma, A.,2000.** Design, development and performance evaluation of a latent heat storage unit for evening cooking in a solar cooker. Energy Conversion and Management 2000;41:1497–508
- Swaminathan, C.R., Voller, V.R. 1993.** On the enthalpy method. Int J Numer Methods Heat Fluid Flow 1993;3:233–44.
- Takgil, F. 1999.** Düşük Sıcaklıklardaki Enerjinin Faz Değişim Malzemesi Kullanarak Depolanmasında Erime Ve Katılaşma Süresine Etki Eden Parametrelerin Deneysel Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Tırıs, Ç. ve Söhmen, H.M.1999.** Siyah Krom Seçici Yüzey Kaplamaları. Güneş Günü Sempozyumu”99 Bildiriler Kitabı. S. 171-176, Kayseri

Uyarel, Y. ve Öz, E.S. 1987. Güneş Enerjisi Ve Uygulamaları, Birsen Yayınevi, İstanbul, ISBN: 975-511-033-X

Ültanır, M.Ö. 1998. 21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi. Yayın No: TÜSİAD-T/98-12/239, ISBN:975-7249-59-9, Lebib Yalkım Yayınları Ve Basım İşleri A.Ş., İstanbul

Ünalın, S. 2006. Alternatif Enerji Kaynakları <http://me.erciyes.edu.tr/sunalan/alt-ener-kay.pdf>

Voller, V.R. 1990. Fast implicit finite-difference method for the analysis of phase change problems. Numer Heat Transfer, Part B 1990;17:155–69.

Wettemark, G. 1989, Thermochemical Energy Storage. Energy Storage Systems, NATO ASI Series; Series E: Applied Sciences, 167:673-681, Kluwer Academic Publishers

Yüksel, N. 2003. Enerji Depolama Sistemlerinin Modellenmesi Ve Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, S.5-14

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Bihter ARABACIGİL

Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa 1984

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Bursa Kız Lisesi

Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi Makine Mühendisliği
Bölümü