

DAĞINIK YÜZEY KARAKTERLİ ÇEŞİTLİ ATIK MADDELERİN
GÜNEŞ TOPLAYICISININ AKTİF YÜZEYİ OLARAK
KULLANILABİLME OLANAKLARI

Handan Baycık

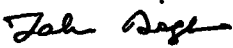
Hacettepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetmeliğinin
Zonguldak Makina Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK MÜHENDİSLİK TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

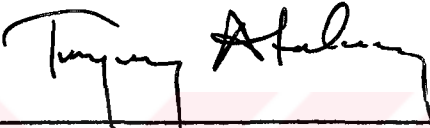
Eylül-1987

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

İşbu çalışma, jürimiz tarafından, ZONGULDAK MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalında YÜKSEK MÜHENDİSLİK TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan : 
Prof.Dr. Fahri Dağlı

Üye : 
Doç.Dr. Turgay Atalay

Üye : 
Yrd.Doç.Dr. Kamil Alibaş

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

/ /1987



Prof.Dr. Acar Işın
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinden, hava ısıtmalı toplayıcılar yardımı ile yararlanabilme olanakları üzerinde durulmuştur.

Güneş enerjisinin kullanılmasında, en büyük masraf payını, bu enerjilerin toplanmasında kullanılan toplayıcılar oluşturmaktadır. Araştırmada, bu faktör de göz önüne alınarak, toplayıcı aktif yüzeyi olarak atık maddelerden yararlanılmıştır. Beş değişik atık madde, toplam güneşlenme alanı 0.5 m^2 olan, aynı tipteki beş adet toplayıcıda, 20 gün süre ile denenmiştir.

Deneme süresince, güneş ışınlam şiddetleri, yazıcı bir aktinograf ile tesbit edilmiştir. Çevre ve toplayıcı giriş-çıkış sıcaklığının ölçülmesinde, civalı cam termometrelerden yararlanılmıştır. Rüzgar hızı ve toplayıcıdan çıkan hava hızının ölçülmesinde, mekanik ve kızgın telli anemometreler kullanılmıştır.

Toplayıcı verimi, ölçüm değerleri kullanılarak TS 4801'e göre hesaplanmıştır. Araştırmada kullanılan beş değişik aktif yüzey materyali için, gelen güneş ışınlamı ile hem toplayıcı verimi, hem de toplayıcı çıkış sıcaklıkları arasında, ölçüm değerleri bilgisayarda hesaplanarak regresyon analizi yapılmıştır. Bu değişkenler arasında, düzgün doğrusal bir ilişkinin olduğu saptanmıştır.

Sonuçlar, verim yönünden incelendiği zaman, en yüksek verim değerine, soğurucusu cam kırıkları olan toplayıcıda ulaşıldığı tesbit edilmiştir. Diğerleri sırasıyla, fındık kabukları, demir talaşı, curuf ve kömürleşmemiş taşlardır.

Ayrıca, ışınlam şiddeti değerleri, günlük çıkış sıcaklığı değerleri ve saatlik verim değerleri, grafikler haline dönüştürülerek, tez sonunda, ek açıklamalar başlığı altında verilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde çok değerli katkıları bulunan, tez yönetmenim Yrd.Doç.Dr. Kamil Alibaş'a sonsuz teşekkür borçluyum.

Tez düzeneğinin yapılması ve materyallerin sağlanmasında yardımcı olan, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölüm Başkanlığı'na, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne, Türkiye Taş Kömürleri Kurumu Genel Müdürlüğü'ne ve Hacettepe Üniversitesi Zonguldak Mühendislik Fakültesi personelinde Marangoz Celal Aydın ve Teknisyen Muhterem Yılmaz'a teşekkürü borç bilirim.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	1
1.1. Giriş	1
1.1.1. Güneş enerjisi	2
1.1.1.a. Dünya güneş enerjisi potansiyeli	2
1.1.1.b. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli	6
1.1.2. Güneş enerjisinden yararlanma olanakları .	8
1.1.2.a. Fotovoltaik toplama yöntemleri	8
1.1.2.b. Isıl toplama yöntemleri	9
1.1.3. Düz yüzeyli toplayıcılar	10
1.1.4. Düz yüzeyli toplayıcı tipleri	10
1.1.5. Güneş açıları	12
1.1.6. Düz yüzeyli toplayıcının eğim açısı	20
1.1.7. Güneş enerjisi verilerinin hesaplanması ..	21
1.2. Önceki Çalışmalar	27
2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	35
2.1. Denemelerde Kullanılan Materyaller	35
2.1.1. Denemelerde kullanılan toplayıcılar	35
2.1.2. Denemelerde kullanılan ölçü aletleri	42
2.2. Deneme Metodu	43
2.2.1. Toplayıcı veriminin hesaplanması	46
3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI	47
3.1. Deneme Süresine Bağlı Toplayıcı Verimi	47
3.2. Işınım İle Toplayıcı Çıkış Sıcaklığı Arasındaki İlişki	48
3.3. Işınım İle Verim Arasındaki İlişki	55
4. GENEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA	63

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devam ediyor)

Sayfa

EK AÇIKLAMALAR

A. Işınım Şiddeti Değerlerinin Hesaplanması	64
B. Sıcaklık-Zaman Grafiklerinin Çizimleri	75
C. Saatlik Verim Grafiklerinin Çizimleri	94
DEĞİNİLEN BELGELER DİZİNİ	104



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Güneş ışınlımı (Başakar vd., 1982)	3
1.2. Dünyanın güneş enerjisinden yararlanma oran - ları (Evranuz'dan, 1983)	5
1.3. Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi (Meteo - roloji Bülteni, 1984)	7
1.4. Basit bir düz yüzeyli toplayıcının kısımları (Kılıç ve Öztürk'den, 1980)	11
1.5. Düz yüzeyli toplayıcıya ışınlımların gelişi (Fabrimetal, 1986)	11
1.6. Düz yüzeyli toplayıcılar (Yavuzcan'dan, 1983)	12
1.7. Güneş açıları (Başakar vd., 1982)	13
1.8. Hava kütlesi ile zenit açısı ilişkisi (Türk Standardları, 1986)	15
1.9. Declination açısının yıl boyunca değişimi (Kılıç ve Öztürk'den, 1980)	17
1.10. Gün uzunluğu ve güneşin batış saati (Deriş' - den, 1979)	17
1.11. L , ϕ , s , θ açılarının ilişkisi (Deriş'den, 1979)	19
1.12. Rabitz telli hava ısıtıcısının sıcaklık ar - tışları (Ültanır'dan, 1970)	28
1.13. Zamana göre değişkenler (Kadayıfçılar ve Ül - tanır'dan, 1971)	29
1.14. Toplayıcı verimleri (Macedo and Alteman, 1978)	30
1.15. Üst üste gelmiş cam levhali toplayıcılarda çeşitli hava hızları için ölçülmüş ve hesap - lanmış hava çıkış sıcaklıkları ve verimleri - nin karşılaştırılması (Löf, 1981)	31
1.16. Toplayıcı verimi (Tanes'den, 1982)	32
1.17. Kanalda radyal yönde sıcaklık dağılımı (Demi - rel vd., 1984)	34

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Toplayıcı kasası boyutları	36
2.2. Delikli saçıtan yapılmış kafes	37
2.3. Delikli saçıtan yapılmış kafesin kasaya monte edilmesi	38
2.4. Davlumbaz boyutları	39
2.5. Toplayıcı eğimini ayarlayan ayak düzeneği ...	40
2.6. İçine dağınık materyal konulmuş toplayıcı kasası ve havanın akış yönü	41
2.7. Denemelerde kullanılan toplayıcıların ve ölçü aletlerinin toplu halde gösterilmesi	44
2.8. Denemelerde kullanılan aktinografin önden görünüşü	45
3.1. Deneme süresince her toplayıcının günlük ve -rim değerleri	47
3.2. Soğurucusu curuf olan toplayıcının yüzeyine gelen ışınlm ile toplayıcı çıkış sıcaklığı arasındaki ilişki	49
3.3. Soğurucusu fındık kabuğu olan toplayıcının yüzeyine gelen ışınlm ile toplayıcı çıkış sıcaklığı arasındaki ilişki	51
3.4. Soğurucusu kömürleşmemiş taşlar olan toplayıcının yüzeyine gelen ışınlm ile toplayıcı çıkış sıcaklığı arasındaki ilişki	53
3.5. Soğurucusu cam kırıkları olan toplayıcının yüzeyine gelen ışınlm ile toplayıcı çıkış sıcaklığı arasındaki ilişki	54
3.6. Soğurucusu demir talaşı olan toplayıcının yüzeyine gelen ışınlm ile toplayıcı çıkış sıcaklığı arasındaki ilişki	56
3.7. Soğurucusu curuf olan toplayıcının yüzeyine gelen ışınlm ile toplayıcı verimi arasındaki ilişki	57
3.8. Soğurucusu fındık kabuğu olan toplayıcının yüzeyine gelen ışınlm ile toplayıcı verimi arasındaki ilişki	59

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.9. Soğurucusu kömürleşmemiş taşlar olan toplayıcının yüzeyine gelen ışınlam ile toplayıcı verimi arasındaki ilişki	60
3.10. Soğurucusu cam kırıkları olan toplayıcının yüzeyine gelen ışınlam ile toplayıcı verimi arasındaki ilişki	61
3.11. Soğurucusu demir talaşı olan toplayıcının yüzeyine gelen ışınlam ile toplayıcı verimi arasındaki ilişki	62
A.1. Günlük ışınlam şiddeti değerleri	65
B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri	75
C.1. Günlük verim-zaman grafikleri	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli (Enerji İstatistikleri, 1986)	6
1.2. Declination açısının kritik değerleri (Kü - lünk'den, 1981)	16
1.3. Aylık ortalama declination açısını veren gün- ler (Kılıç ve Öztürk'den, 1980)	18
1.4. Declination açısının aylık ortalama değerleri (Başakar vd., 1982)	18
1.5. Zaman denkleminin yılın günlerine göre değer- leri (Türk Standardları, 1986)	22
1.6. K_I değerlerine bağlı olarak K_D değerleri (Ba- şakar vd., 1982)	23
1.7. Aylara göre F (cal/cm-saat) değerleri (Başa - kar vd., 1982)	25
1.8. Aylık ortalama sönümleme katsayısı değerleri (Başakar vd., 1982)	25
1.9. Çevre yansıma katsayıları (Başakar vd., 1982)	26

1. GİRİŞ VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

1.1. Giriş

Çağımızda enerjinin sağlanması insanlığın temel sorunlarından biri olmuştur. Günümüzde enerji, gelişmişliğin bir ölçütü olarak alınmaktadır. Gelişen teknoloji, enerji kullanımı gerektirdiğinden beraberinde bir enerji sorununu da getirmektedir. Dünyada halen kullanılan alışlagelmiş enerji kaynakları tükenir türden kaynaklardır. Bu nedenle, bu kaynakların optimum şekilde kullanılması gerekmektedir. Bunun yanında, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandırdığımız nükleer enerji, rüzgar, güneş, biomas enerjisi, denizlerin gel-git ve dalga enerjisi gibi enerji kaynaklarından da maksimum oranda yararlanılmalıdır.

1973 yılında belirginleşen enerji bunalımından sonra enerji konusu dünyada ve ülkemizde büyük önem kazanmıştır. Enerji bunalımı Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeleri çok fazla etkilemektedir. Çünkü, gelişmekte olan ülkeler gittikçe artan büyüklükte enerjiye gereksinim duymaktadırlar.

Yapılan araştırmalara göre, 1990 yıllarında bilinen tüm linyit, kömür ve hidrolik enerji gibi alışılmış enerji kaynaklarımızı kullansak bile %40'a yakın bir enerji açığı ortaya çıkacaktır (Kılış, 1979). Dünyanın içinde bulunduğu olgu da göz önüne alınıp tükenmez türdeki enerji kaynaklarından yararlanılması gerektiği bilinmektedir. Özellikle kırsal kesimin ticari olmayan enerji kaynakları kullanımından (odun ve tezeğin yakılması gibi) kurtarılması ve böylece ekonomiye katkı sağlanması, bu kesime bir enerji kaynağının verilebilmesi ile mümkündür. Bu enerji kaynaklarından biri de güneş enerjisidir.

Ülkemizin coğrafi bölgelerine bağlı olarak güneş enerjisinden doğrudan ya da ikame enerji olarak yararlanmak mümkündür. Özellikle ürün kurutması ve ısıtma amacıyla

düz yüzeyli hava ısıtmalı toplayıcıların yaygınlaştırılması son derece önemlidir.

Bu araştırmanın amacı, ürün kurutma veya ısıtma uygulamalarında güneş enerjisinden en verimli bir şekilde yararlanabilmek ve toplayıcı aktif yüzeyi olarak atık maddelerden yararlanabilme olanaklarının da araştırılarak toplayıcı yapım maliyetinin düşürülmesidir.

1.1.1. Güneş enerjisi

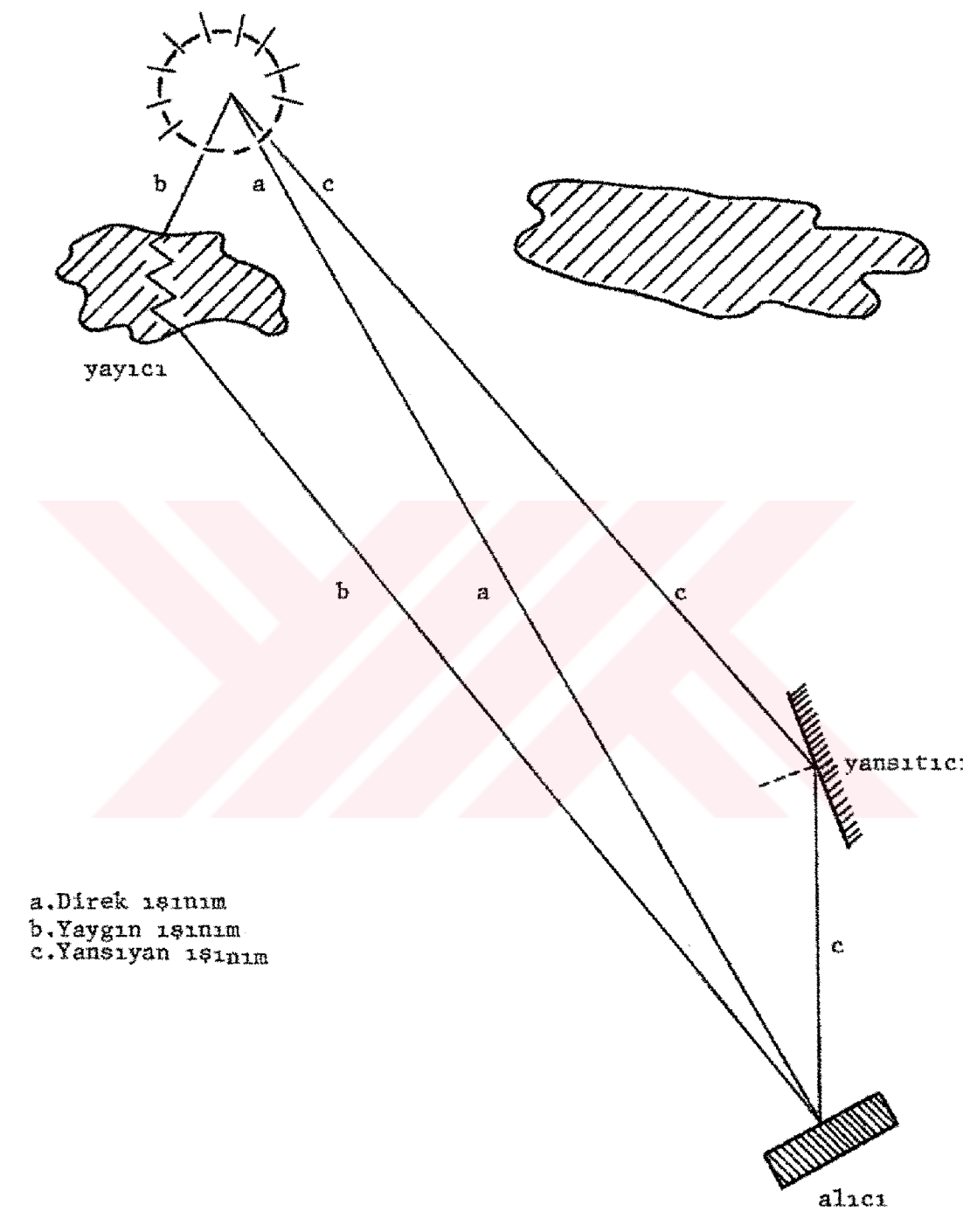
Güneş enerjisi, güneşten gelen elektromanyetik ışınım olarak tanımlanır. Teorik olarak güneş enerjisi, uygun yüzeyler tarafından emilerek ısı enerjisine dönüştürülebilir. Elde edilen sıcaklık 20-3800 °C arasında değişmektedir (Evranuz, 1983).

Güneş ışınımı, enfraruj ışınım, görünür ışık ve ultraviyole ışınım olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Güneş enerjisinin %55-60'ı enfraruj bölgededir ve ısıtıcı etkisi enfraruj ışınımından ileri gelmektedir (Yavuzcan, 1983).

Güneş ışınımı genel olarak, üç ayrı grupta incelenir. Foton demetinin hiç bir engelle karşılaşmadan, dolayıyla enerjisi azalmadan doğrudan geldiği 'direk ışınım', bulut ve bunun gibi bir ortamdan geçtiğinde demetin yön değiştirmesi ve bir kısım enerjinin soğurulmasından sonraki 'yaygın ışınım' ve demetin bir engelden yansıyarak geldiği 'yansıyan ışınım' dır. Bu ışınımaların hepsini içeren ve üçünün toplamına eşit olan ışınım 'toplam ışınım' adı verilir. Işınımlar Şekil 1.1'de şematik olarak gösterilmiştir.

1.1.1.a. Dünya güneş enerjisi potansiyeli

Yeryüzüne ulaşabilen güneş enerjisi, toplam güneş enerjisinin %50'si kadar olup dünyaya 745×10^{15} kws'lik bir enerji sağlamaktadır. Bu kadar güçlü bir enerji kaynağından yeryüzündeki canlıların kullanabildiği enerji



Şekil 1.1. Güneş ışıınımı (Bağakar vd., 1982).

miktarı ise yılda 4.2×10^{14} kws olarak hesaplanmıştır. Bu enerji, fotosentez yolu ile %90'ı ağaçlarda olmak üzere, bitkilerde depolanmış enerjidir. İnsanlar tarafından, dünyada tüketilen enerji miktarının 6×10^{13} kws olduğu göz önüne alındığında, yeryüzünde dünya enerji gereksiniminin on katı daha fazla enerji deposu olduğu söylenebilir (Evranoz, 1983). Burada sorun, bu enerjiyi kullanılabılır enerji halinde sunabilmektir. Şekil 1.2'de güneş enerjisinden yararlanma oranları gösterilmektedir.

Güneşin ışınları ile dünyaya gönderdiği enerji, atmosferin üst sınırına kadar hemen hemen zayıflamadan gelmekte ve buradaki değeri 'güneş sabiti (I_{sc})' adını almaktadır. Yapılan ölçmelere göre, bunun atmosfer sınırındaki ortalama değeri, gelen ışınlara dik bir yüzeyin santimetre karesine dakikada 1.94 kaloridir (Yavuzcan, 1983).

Güneş ile dünya arasındaki uzaklık $L=1.497 \times 10^{13}$ cm olduğuna göre, güneşin bir dakikada çevresine yaydığı enerjinin toplam değeri,

$$Q=4\pi L^2 I_{sc} \dots\dots\dots(1.1)$$

$$Q=5.5 \times 10^{27} \text{ cal/dak}$$

olur. Dünyanın yarıçapı $r=6.37 \times 10^8$ cm olduğuna göre, güneş enerjisinden dünyanın payına bir dakikada düşen miktar,

$$Q=\pi r^2 I_{sc} \dots\dots\dots(1.2)$$

$$Q=2.47 \times 10^{18} \text{ cal/dak,}$$

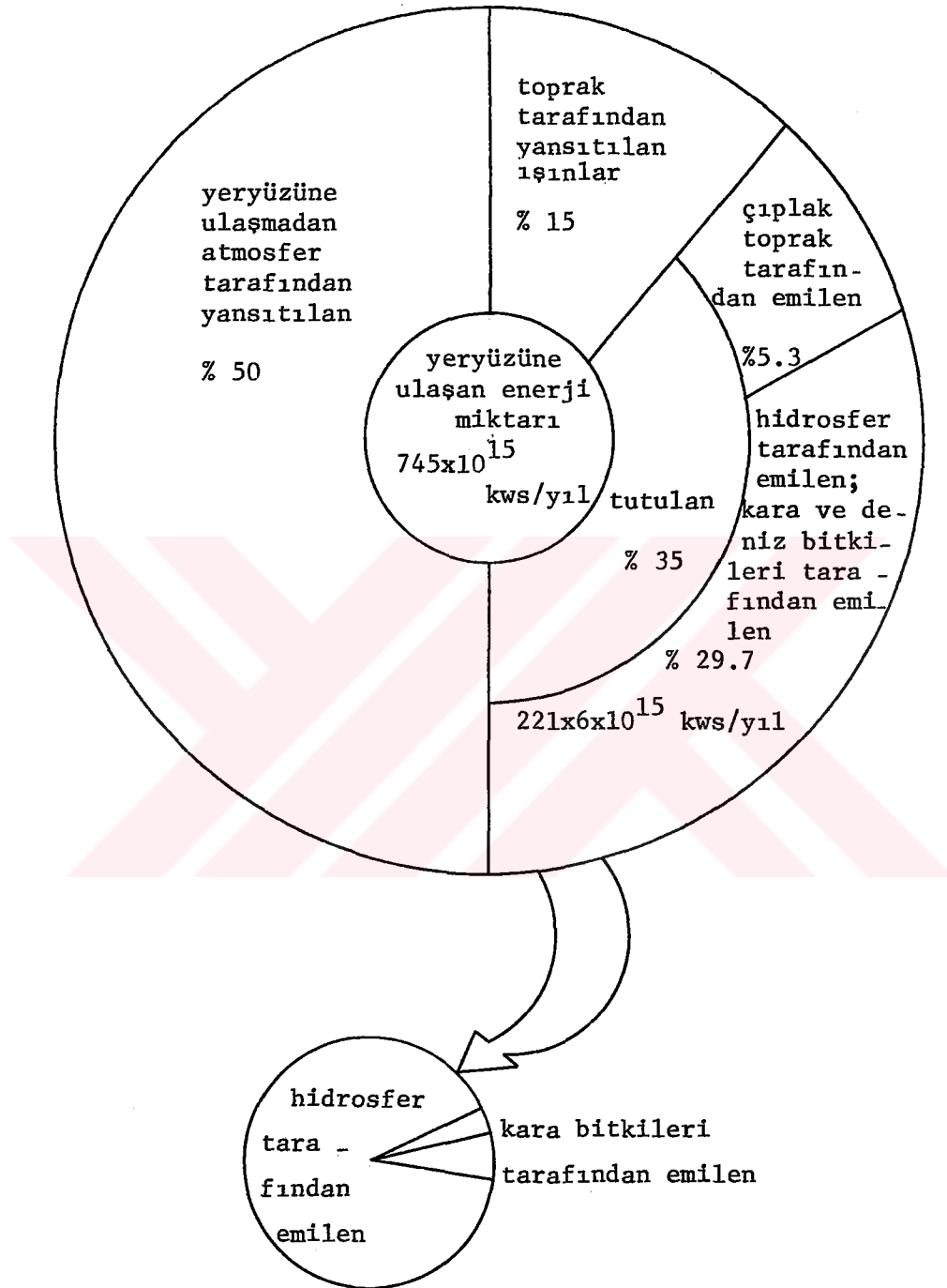
yıllık değeri ise,

$$Q=1.30 \times 10^{24} \text{ cal}$$

$$Q=1.30 \times 10^{21} \text{ kcal}$$

olur.

Güneş enerjisi, tüm enerjiler için dönüşüm katsayısı olarak kabul edilen 'petrol eşdeğeri' cinsinden incele -



Şekil 1.2. Dünyanın güneş enerjisinden yararlanma oranları (Evranuz'dan, 1983).

nebilir. Petrolün ısı değeri 10000 kcal/kg alındığında dünya atmosferine bir yılda güneşten 1.30×10^{14} ton petrole eşdeğer (TEP) enerji gelmektedir.

1.1.1.b. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli

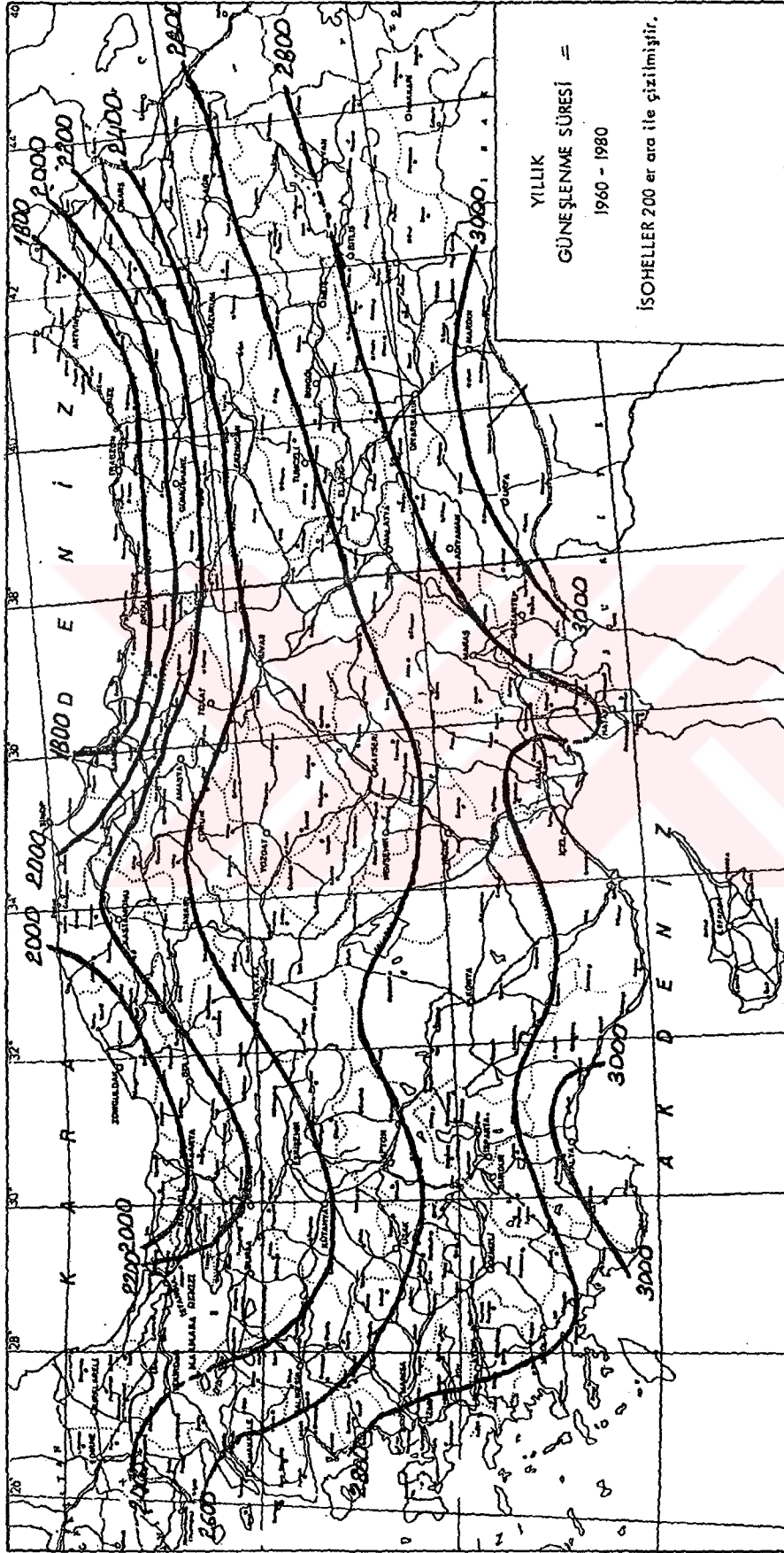
45° kuzey ve 45° güney enlemleri arasında kalan kuşak, güneş enerjisinden yararlanma açısından faydalı kuşak olarak kabul edilmektedir (Külünk, 1981). Türkiye, 36° güney ve 42° kuzey enlemleri arasında yer alan bir ülke olduğuna göre, güneş enerjisinden yararlanabilmesi mümkündür.

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli, mümkün potansiyel olarak yılda 630 milyon TEP'tir. Toplam potansiyel ise, brüt olarak 88 milyar TEP, teknik olarak, ısı kullanımlarda sistem verimi %30 alındığında 26.4 milyar TEP, elektrik üretiminde sistem verimi %10 alındığında 8.8 milyar TEP olarak hesaplanmaktadır (Enerji İstatistikleri, 1986). Bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli Çizelge 1.1'de verilmektedir.

Çizelge 1.1. Bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli (Enerji İstatistikleri, 1986).

Bölgeler	Yıllık Ort. Enerji (kwh/m ² /ay)	Ort. Güneşlenme Süresi (saat/gün)
Güney Doğu Anadolu	1460	8.2
Akdeniz	1389	8.1
Ege	1304	7.5
İç Anadolu	1313	7.2
Doğu Anadolu	1364	7.3
Marmara	1167	6.6
Karadeniz	1120	5.4

Türkiye'nin yıllık ortalama güneşlenme süresi, yaklaşık olarak 2420 saattir. Türkiye'nin yıllık güneşlenme süreleri Şekil 1.3'de toplu olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi (Meteoroloji Bülteni, 1984).

Türkiye'nin yıllık güneş ışınlamı $308 \text{ cal/cm}^2 \text{ gün}$, bütün yüzeyine düşen toplam güneş enerjisi 8.75×10^{10} TEP ve yıllık toplam kullanılabilir güneş enerjisi de 26.25×10^6 TEP'tir (Ültanır, 1984).

1.1.2. Güneş enerjisinden yararlanma olanakları

Güneş enerjisinden yararlanmak için, önce bu enerjinin toplanması gerekir. Güneş enerjisi, teknolojik olarak iki yöntem ile toplanmaktadır. Bunlar, fotovolttaik ve ısı toplama yöntemleridir.

1.1.2.a. Fotovolttaik toplama yöntemleri

Fotovolttaik toplama yöntemi ile doğrudan elektrik enerjisi üretilebilir. Burada toplayıcı, güneş pilidir. Güneş pilleri tamamen yarı iletken teknolojisine dayalı, üzerilerine düşen güneş enerjisini %3-30 oranında faydalı DC elektrik akımına dönüştüren ince film tabakalarıdır.

Fotovolttaik cihazlarda en fazla kullanılan madde, kumun ana maddesi olan silikondur. Silikon, fosfor ve boron gibi maddelerin eklenmesi ile 'n tipi' ve 'p tipi' diye adlandırılan yarı iletken maddeler haline dönüştürülmektedir. 'n tipi' bir yarı iletken (fosfor eklenmiş) elektron fazlalığı, 'p tipi' bir yarı iletken ise (boron eklenmiş) elektron azalması oluşmaktadır. Bunların yanyana gelmesinden oluşan kristalin üzerine güneş enerjisi düştüğü zaman akım oluşmaktadır.

Silikon pillerinden başka, CdS piller ABD ve Fransa'da, GaAs piller ise Sovyetler Birliği'ndeki uzay çalışmalarında oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar (M.T.A.Enstitüsü, 1981).

Güneş pillerinin verimleri güneş enerjisi miktarına, bu enerjinin spektral dağılımına, yapım teknolojisi ve maddesine, ayrıca sıcaklığa bağlıdır. Güneş pillerine, güneş enerjisi ile sürekli şarj olan düşük voltajlı

(0.5 Volt) bataryalar, denilmektedir.

1.1.2.b. Isıl toplama yöntemleri

Isıl toplama yöntemleri ile güneş enerjisinden yarar - lanma, dünyada çok fazla uygulama alanı bulmuştur. Gü - neş ışınlamının, faydalı ısı enerjisine dönüştürülmesin - de çeşitli sistemler mevcuttur. Genel olarak, istenen sıcaklıklar yönünden bu sistemler, yüksek sıcaklık uy - gulamaları (300°C 'den büyük), orta sıcaklık uygulamala - rı ($100-300^{\circ}\text{C}$) ve düşük sıcaklık uygulamaları ($20-100^{\circ}\text{C}$) olarak gruplandırılmaktadırlar.

Güneş ışınlamından yararlanılarak 300°C 'nin üzerindeki yüksek sıcaklıkların elde edildiği sistemlerde, güneşi izleyerek geniş bir alana gelen güneş ışınlamını bir noktaya odaklıyan 'heliostat' adı verilen sistemlerden yararlanılır. Güneş fırınları ve güneşsel güç sistem - lerinde yansıtıcı olarak aynalardan yararlanılmakta ve 3500°C sıcaklığa kadar çıkılabilmektedir.

Orta sıcaklık uygulamalarında, güneş ışınlamının yansı - tılarak veya kırılarak bir noktaya veya eksene yoğun - laştırıldığı odaklı toplayıcılar kullanılır. Sanayi i - çin gerekli sıcak su veya buhar sağlanması, büyük so - ğutma veya ısıtma sistemleri, odaklı toplayıcıların uy - gulama alanlarından bazılarıdır. Bu tip toplayıcılarda genellikle güneşi izleyen mekanizmalara gereksinim du - yulmaktadır.

Düşük sıcaklıkta enerji tüketen bir çok sistemde güneş enerjisinden yararlanılmaktadır. Konutlardaki enerji tüketiminin hemen hemen tümü ve endüstrideki enerji tü - ketiminin büyük bir bölümü düşük sıcaklıklarda olmakta - dır.

Düşük sıcaklıkta güneş enerjisi toplayan aygıtların ba - şında düz yüzeyli toplayıcılar gelmektedir.

1.1.3. Düz yüzeyli toplayıcılar

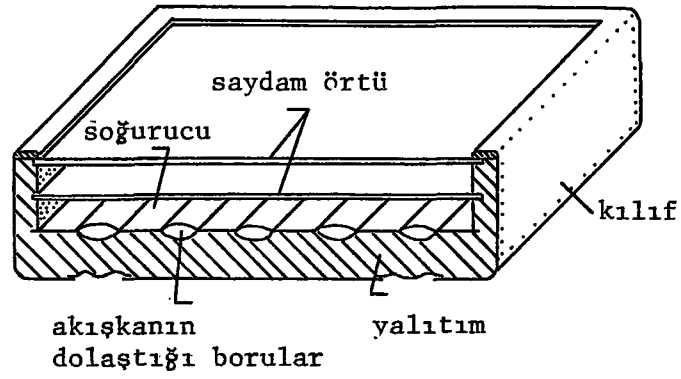
Güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren ve giriş alanı soğurucu alanına eşit olan düzenlere 'düz yüzeyli toplayıcılar' adı verilmektedir (Türk Standardları, 1985).

0.3-3 μm arasındaki dalga boylarında yayılan güneş enerjisi, saydam bir örtüden geçmekte ve toplayıcı levha tarafından soğurulmaktadır. Toplayıcı levha tarafından kırmızı altı dalga boylarında ışıyan ısı enerjisi, bu dalga boylarında enerji geçişine uğrayan örtü tabakasıyla levha üzerine geri gönderilmektedir. Bir enerji bilançosu yapıldığında toplayıcı levhaya net bir enerji aktarımı olduğu görülmektedir (Özil ve Armağan, 1982). Şekil 1.4'de pratikte çok kullanılan basit bir düz yüzeyli toplayıcı, Şekil 1.5'de toplayıcıya ışınlamaların gelişi gösterilmektedir.

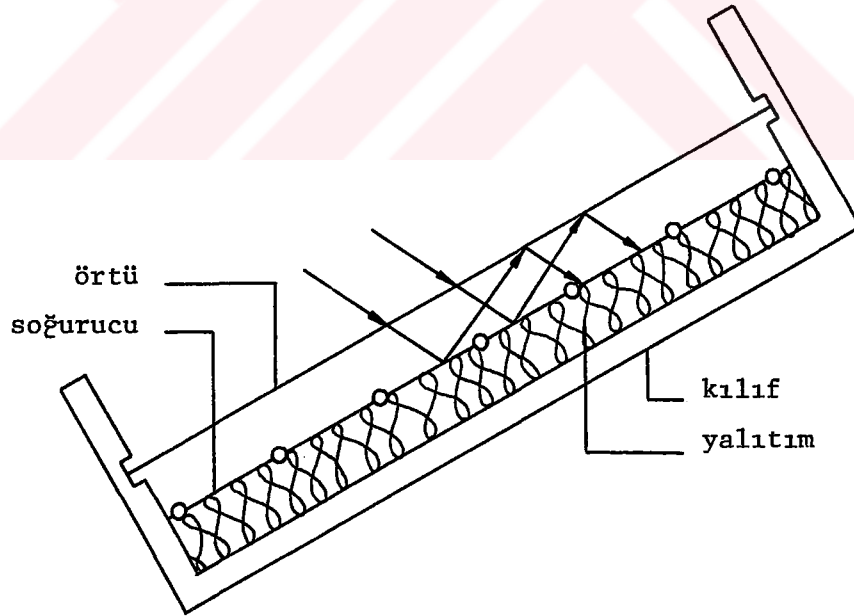
1.1.4. Düz yüzeyli toplayıcı tipleri

Düz yüzeyli toplayıcılar, dolaştırılan akışkan cinsine göre sıvılı ve gazlı toplayıcılar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

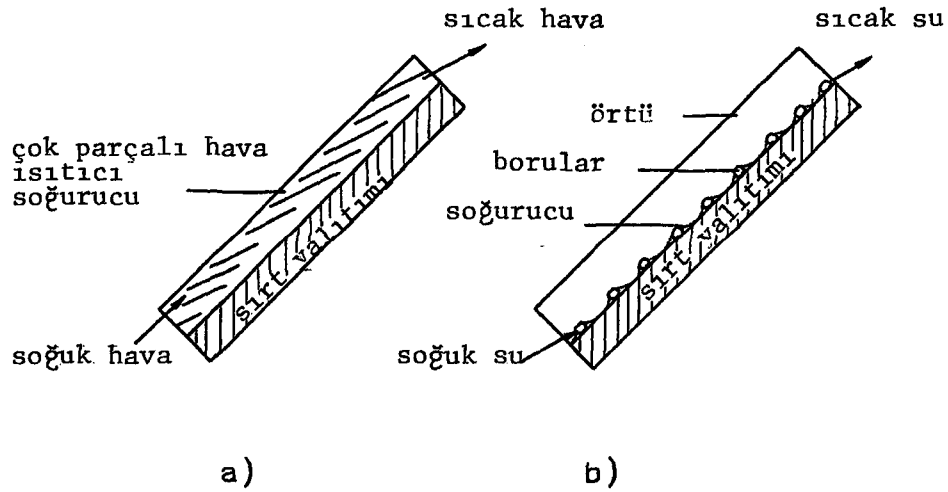
Sıvılı toplayıcılarda daha çok su (veya antifirizli su) gazlı toplayıcılarda hava dolaştırılır. Sıvılı toplayıcıların verimi havalı toplayıcılardan daha yüksek, yapımı kolay ve ucuzdur. Toplanan enerjinin depolanması için daha küçük depo yetmektedir. Ancak bu tip toplayıcıların, sıvının donma tehlikesi, korrozyon ve sızdırma gibi problemleri vardır ve bunlar, hacim ısıtması için de uygun değildir. Havalı toplayıcılar, daha uzun ömürlü, ağırlıkça daha hafif, verimleri üniform ve hacim ısıtması için de uygundur. Donma ve korrozyon gibi problemleri yoktur. Buna karşılık, yapımı daha zordur, tozlanma ve sızdırma problemleri sıvılı sistemlerden daha fazladır. Şekil 1.6'da hava ve su ısıtmalı toplayıcılar gösterilmektedir.



Şekil 1.4. Basit bir düz yüzeyli toplayıcının kısımları (Kılıç ve Öztürk'den, 1980).



Şekil 1.5. Düz yüzeyli toplayıcıya ısınlımların gelişi (Fabrimetal, 1986).



Şekil 1.6. Düz yüzeyli toplayıcılar: a) hava ısıtmalı, b) su ısıtmalı (Yavuzcan'dan, 1983).

Hava ısıtmalı güneş toplayıcılarında aktif yüzey (soğurucu levha) olarak, yüzeyi düz ya da pürüzlü olan çeşitli malzemelerden yararlanılmaktadır. Hava, toplayıcı yüzeyi boyunca aktif yüzey olarak kullanılan malzemenin arasından geçirilerek ısıtılmaktadır. Hava akışı soğurucu levhanın içinden helozoni olarak, üstten, alttan veya her iki kenarından veya gözenekli soğurucu malzeme boyunca olabilir.

1.1.5. Güneş açıları

Güneş enerjisinden iyi bir şekilde faydalanmak için, güneş ışınımının özelliklerinin ve belirli bir yerde ve zamandaki miktarının bilinmesi gerekmektedir.

Dünya üzerindeki bir noktaya göre, güneşin gökyüzündeki konumu gün ve yıl boyunca değişir. Gökküre üzerinde, güneşin yeri ve yeryüzündeki noktaya göre hareketi 'güneş açıları' ile belirlenmektedir (Şekil 1.7).

Bu açıların tanımlamalarını şu şekilde yapabiliriz:

Enlem açısı (L): OL doğrultusunun ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır.

Saat açısı (w): Dünya merkezinden geçen güneş ışınları-

nın ve OL'nin ekvator üzerindeki izdüşümlerinin yaptığı açıdır. Gerçek öğle zamanı saat açısı 0° olup, bir saat 15° 'dir. Saat açısının öğleden önce artı, öğleden sonra eksi değerler aldığı kabul edilmektedir.

Güneş zenit açısı (θ_y): Güneş ışınları ile P düzleminin yaptığı açıdır. Zenit noktası, güneşin tam tepede olduğu noktadır. Güneşin doğuşunda ve batışında $\theta_y:90^{\circ}$ olmaktadır. Güneş ışınları dünyaya geldiğinde, bu ışınların atmosfer içinde aldığı yola 'hava kütlesi' denir ve (m) ile gösterilir.

Güneş zenit noktasında iken ışınlar dünyaya dik gelir ($\theta_y:0$) ve atmosfer içinde aldıkları yol en kısadır. Buna bir hava kütlesi denir, m:1 ile gösterilir. Hava kütlesi ile zenit açısı arasındaki ilişki Şekil 1.8'de gösterilmektedir.

Azimut açısı (AZM): Güneş ışınlarının P düzlemi üzerindeki izdüşümünün güneyden başlayarak yaptığı açıdır (Batı+).

Güneş geliş açısı (θ_g): Eğik düzlem dikeyi ile güneş ışınlarının yaptığı açıdır.

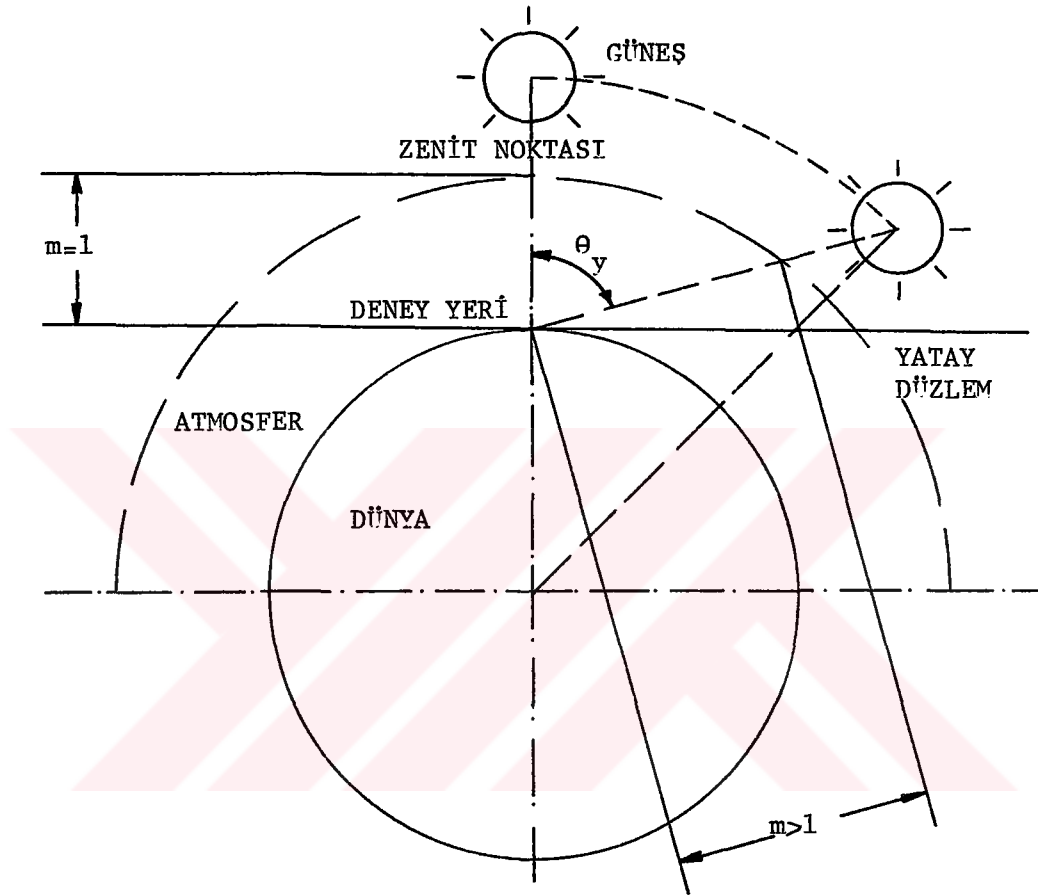
Eğim açısı (θ): Eğik düzlemin yataydan sapma açısıdır.

Düşey duvar geliş açısı (θ_v): Güneş ışınları ile düşey duvar dikeyi arasındaki açıdır.

Düşey duvar azimut açısı (DAZ): Düşey duvar dikeyinin güneyden gelen sapma açısıdır.

Duvar-güneş azimut açısı (SAZM): Düşey duvar dikeyi ile aynı düzlemdeki güneş ışınları izdüşümünün yaptığı açıdır.

Declination (sapma) açısı (s): Doğrudan ışımanın gerçek öğle zamanı ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Gerçek öğle zamanı, toplayıcının yerleştirildiği yerde güneşin tepe noktasından geçtiği andır. Declination açısı, dünyanın dönme ekseninin yörünge düzlemine dikeyi ile



$$m = \frac{1}{\cos \theta_y} \dots \dots \dots (1.3)$$

Şekil 1.8. Hava kütlesi ile zenit açısı ilişkisi (Türk Standardları, 1986).

yaptığı $23^{\circ}27'$ 'lık açıdan ileri gelir. Ekinoks noktalarında (21 Mart ilkbahar ekinoksu, 22 Eylül sonbahar ekinoksu) declination açısı sıfır olur ve gündönümü noktalarında (21 Haziran yaz gündönümünde $+23^{\circ}27'$ ve 22 Aralık kış gündönümünde $-23^{\circ}27'$) mutlak değerce maksimum olur (Çizelge 1.2). Şekil 1.9'da declination açısının yıl boyunca değişimi, Şekil 1.10'da declination açısına bağlı olarak güneşin doğuş ve batış saatlerini ve gün uzunluğunun bulunuşu gösterilmektedir.

Çizelge 1.2. Declination açısının kritik değerleri (Külünk'den, 1981).

Kritik günler	s(derece)
21 Mart	0°
21 Haziran	$+23^{\circ}27'$
21 Eylül	0°
21 Aralık	$-23^{\circ}27'$

Declination açısının bulunmasında çeşitli amprik formüller geliştirilmiştir. Bunlardan biri, Cooper (1965) tarafından geliştirilen denklemdir.

$$s = 23.45^{\circ} \sin\left(360 \frac{n+284}{365}\right) \text{ (Kılıç ve Öztürk, 1980) } \dots (1.4)$$

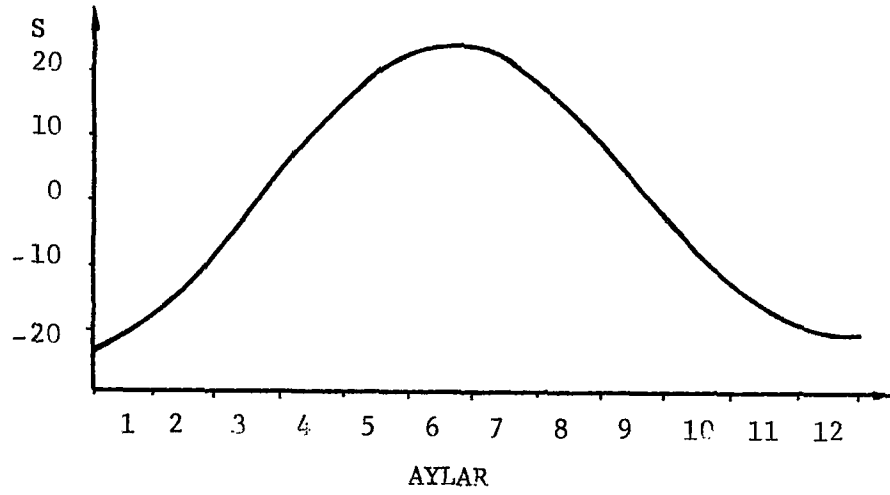
Burada n, 1 Ocaktan itibaren gün sayısıdır.

Bir diğer amprik formül, Lunde (1980) tarafından geliştirilmiştir.

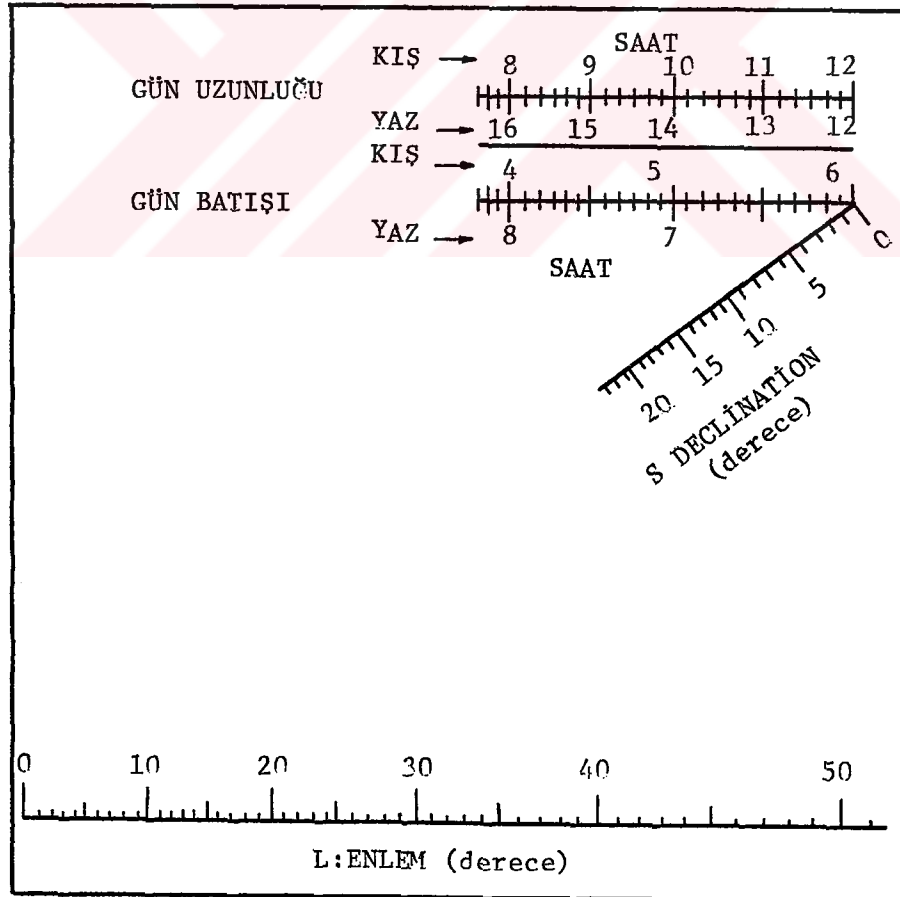
$$s = 23.45^{\circ} \sin\left(360 \frac{n-80}{370}\right) \dots (1.5)$$

Burada n, aynı değeri ifade etmektedir.

Genellikle aylık ortalama declination açısına gereksinim duyulmaktadır. Her ayın belirli bir gününde aynı denklemlerle hesaplanan declination açısı iyi bir yaklaşımla aylık ortalama değerleri vermektedir. Güneş ışınımı hesapları, bir ayın bütün günleri yerine aylık ortalama değeri için, ortalama declination açısına karşılık gelen günde yapılmaktadır (Çizelge 1.3).



Şekil 1.9. Declination açısının yıl boyunca değişimi (Kılıç ve Öztürk'den, 1980).



Şekil 1.10. Gün uzunluğu ve güneşin batış saati (Deriş'den, 1979).

Çizelge 1.3. Aylık ortalama declination açısını veren günler (Kılıç ve Öztürk'den, 1980).

Aylar	Denklemler (1.4) için			Denklemler (1.5) için		
	gün	n	s	gün	n	s
Ocak	17	17	-20.92	17	17	-20.57
Şubat	16	47	-13.29	15	46	-12.80
Mart	16	75	-02.42	17	76	-01.59
Nisan	15	105	09.41	15	105	09.66
Mayıs	15	135	18.79	15	135	18.85
Haziran	11	162	23.09	11	162	23.08
Temmuz	17	198	21.18	18	199	21.12
Ağustos	16	228	13.45	17	229	13.46
Eylül	15	258	02.22	15	258	02.78
Ekim	15	288	-09.60	15	288	-08.93
Kasım	14	318	-18.91	14	318	-18.37
Aralık	10	344	-23.05	12	346	-23.00

Çizelge 1.4'de declination açısının aylık ortalama değerleri verilmektedir.

Çizelge 1.4. Declination açısının aylık ortalama değerleri (Başakar vd., 1982).

Aylar	s(derece)
Ocak	-19.51
Şubat	-10.28
Mart	0.20
Nisan	11.56
Mayıs	20.14
Haziran	23.27
Temmuz	20.26
Ağustos	12.03
Eylül	0.37
Ekim	-10.47
Kasım	-19.58
Aralık	-23.27

eşitliğinden yararlanılmaktadır. Eğik düzlem dikeyinin güneş ışınları ile yaptığı açı (θ_{ϕ}) ise,

$$\cos \theta_{\phi} = \cos(ALT) \cos(SAZM) \cos(\phi) + \sin(ALT) \sin(\phi) \quad ..(1.8)$$

eşitliğinden bulunmaktadır (Başakar vd., 1982).

1.1.6. Düz yüzeyli toplayıcının eğim açısı

Güneş enerjisinden optimum oranda yararlanabilmek için, düz yüzeyli toplayıcıların belirli bir eğim açısı ile yerleştirilmeleri gerekmektedir. Değişik enlemlerde ve aynı zamanda değişik uygulamalara göre, eğim açısı değişmektedir.

Toplayıcılar, deneylerden önce güneşe yönelik olarak ve mevsimine göre, yatayla en çok ($L+10^{\circ}$), en az ($L-10^{\circ}$)'lik bir açı yapacak şekilde yerleştirilmelidir. Burada L, deney yerinin enlem derecesidir.

Eğim açısının hesaplanmasını örnekle açıklamak mümkündür. Örneğin, 11 Haziran günü Zonguldak'ta, sabah saat 10.00'da (gerçek güneş zamanı) eğim açısı şu şekilde hesaplanabilmektedir.

Gelme açısının sıfır derece olması için,

$$AZM = w,$$

$$\phi = 90^{\circ} - ALT \quad \dots\dots\dots(1.9)$$

olmalıdır (Türk Standardları, 1986).

$$\sin(ALT) = \cos(L) \cos(s) \cos(w) + \sin(L) \sin(s)$$

$$L = 41^{\circ}27' = 41.45^{\circ} \text{ (Külünk, 1981),}$$

$$s = 23.08 \text{ (Bkz. Çizelge 1.3),}$$

$$w = 30^{\circ}$$

olduğundan, $ALT = 59^{\circ}$ olmaktadır. Denklem (1.9)'da bu değer yerine konulduğunda,

$$\phi = 31^{\circ}$$

olmaktadır. Buna göre, toplayıcı azimut açısı 30° olacak şekilde güney batıya yönlendirilmeli ve eğim açısının 31° yapılması gerekmektedir.

Gerçek güneş zamanı saat 10.00 iken, yasal saatin kaç olduğunu bulmak için şu denklemden yararlanılır (Türk Standardları, 1986).

$$Y.S. = G.G.Z. - E \pm 4(L_s - L_m) \dots\dots\dots(1.10)$$

Y.S. : Yasal saat

G.G.Z. : Gerçek güneş zamanı

E : Zaman denklemi (Çizelge 1.5)

L_s : Türkiye için standard boylam (Kars'ın doğusundan geçen 45° boylamı)

L_m : Deney yapılan yerin boylam derecesi

$4(L_s - L_m)$ ifadesi, deney yapılan yer 45° boylamının sürekli batısında kalacağından her zaman (+) işareti ile alınır. Yaz saati uygulaması yapılan dönemlerde, denklemden bulunan değere 1 saat eklenir.

$$G.G.Z. = 10.00$$

$$E = 1 \text{ min} + 06 \text{ s (Bkz. Çizelge 1.5) (9 Haziran için)}$$

$$L_m = 32 \text{ (Meteoroloji Bülteni, 1984)}$$

$$Y.S. = 11 \text{ h} + 51 \text{ min} + 06 \text{ s (Yaz saati uygulaması var.)}$$

Hesaplama görüldüğü gibi, kolumuzdaki saat 11.00'i 51 dakika 06 saniye geçtiğinde, Zonguldak'ta 9 Haziran günü gerçek güneş zamanı cinsinden saat 10.00 olacaktır.

1.1.7. Güneş enerjisi verilerinin hesaplanması

Matematiksel bağıntılar kullanılarak güneş ışıınının direk bileşeni bulunabilmektedir.

Belirli bir enlem ve declination açısı ile konumu sap - tanmış atmosfer dışındaki yatay düzlem üzerine gelen günlük toplam güneş ışıınını, aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır (Başakar vd., 1982).

$$H_0 = \frac{24}{\pi} I_{sc} \left((1 - 0.033 \cos(\frac{360n}{365})) (\cos(L) \cos(s) \sin(\psi_s) \right.$$

$$\left. + \frac{2\pi\psi_s}{360} \sin(L) \sin(s) \right) \dots\dots\dots(1.11)$$

Çizelge 1.5. Zaman denklemının yılın günlerine göre değerleri (Türk Standardları, 1986).

AYLAR AYIN GÜNLERİ	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	min	s	min	s	min	s	min	s	min	s	min	s	min	s	min	s	min	s	min	s	min	s	min	s
1	-3	14	-13	34	-12	38	-4	12	+2	50	+2	27	-3	31	-6	17	-0	15	+10	01	+16	21	+11	16
5	-5	06	-13	02	-11	48	-3	01	+3	17	+1	49	-4	16	-5	59	+1	02	+11	17	+16	23	+9	43
9	-6	30	-14	17	-10	51	-1	52	+3	35	+1	06	-4	56	-5	33	+2	22	+12	27	+16	12	+8	01
13	-8	27	-14	20	-9	49	-0	47	+3	44	+0	18	-5	30	-4	57	+3	45	+13	30	+15	47	+6	12
17	-9	54	-14	10	-8	42	+0	13	+3	44	-0	33	-5	57	-4	12	+5	10	+14	25	+15	10	+4	17
21	-11	10	-13	50	-7	32	+1	06	+3	34	-1	25	-6	15	-3	19	+6	35	+15	10	+14	18	+2	19
25	-12	14	-13	19	-6	20	+1	53	+3	16	-2	17	-6	24	-2	18	+8	00	+15	46	+13	15	+0	20
29	-13	05			-5	07	+2	33	+2	51	-3	07	-6	23	-1	10	+9	22	+16	10	+11	59	-1	39

Burada,

I_{sc} : Güneş sabiti ($I_{sc}=1353 \text{ W/m}^2=1.94 \text{ cal/cm}^2\text{dak}$)

n : Yılı n.ci günü

ω_s : Güneş doğuşu saat açısı (radyan)

s : Declination açısı (radyan) (Bkz. Çizelge 1.4)

L : Enlem derecesi (radyan)

Atmosfer içinde yatay düzleme gelen ortalama günlük toplam ışıınım (H) şu bağıntı ile bulunur.

$$H = K_T \times H_0 \dots\dots\dots(1.12)$$

$$K_T = 0.378 \cos(L) + 0.464 \left(\frac{SH}{Z} \right) \exp\left(-\frac{R \times ALS}{4.5} \right) \dots\dots\dots(1.13)$$

Burada,

SH : Günlük güneşlenme müddetinin aylık ortalaması

Z : Gün uzunluğu

R : Bağıl nem

ALS : Deniz seviyesinden yükseklik düzeltme faktörü

$$ALS = \frac{12000 - \text{düzlemin yüksekliği}}{12000}$$

Yatay düzleme gelen günlük yayılmış ışıının aylık ortalaması (H_D),

$$H_D = K_D \times H_0 \dots\dots\dots(1.14)$$

bağıntısı ile bulunmaktadır. K_D değerleri, K_T değerlerine bağlı olarak Çizelge 1.6'da gösterilmektedir.

Çizelge 1.6. K_T değerlerine bağlı olarak K_D değerleri (Başakar vd., 1982).

K_T	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.75
K_D	0.179	0.183	0.188	0.174	0.149	0.125

Yatay düzleme gelen ortalama saatlik yayılmış ışıınım değeri (I_{dh}),

$$I_{dh} = r_d \times H_D \dots\dots\dots(1.15)$$

eşitliği ile bulunur.

$$r_d = \frac{\pi}{24} \times \frac{\cos(\omega) - \cos(\omega_s)}{\sin(\omega_m) - \omega_s \cos(\omega_s)} \dots\dots\dots(1.16)$$

Burada,

W : Hesap yapılan saatteki (güneş zamanına göre) saat açısıdır.

Dünyaya gelen ışınımın direk bileşeni (I_{DN}),

$$I_{DN} = A \exp \left[- \left(\frac{B}{\cos(\theta_H)} \right) \right] \dots \dots \dots (1.17)$$

eşitliği ile bulunur.

Burada,

$$A = (K_T - K_D) \times F \dots \dots \dots (1.18)$$

eşitliği ile bulunur. F değeri, enlem derecesi ve hesap yapılan aya göre Çizelge 1.7'den bulunmaktadır. B değeri sönmüleme katsayısıdır (Çizelge 1.8). θ_H , yatay yüzeyin dikeyi ile güneş ışınları arasındaki açıdır ve,

$$\cos(\theta_H) = \cos(L) \cos(s) \cos(W) + \sin(L) \sin(s) \dots \dots (1.19)$$

eşitliği ile bulunmaktadır.

Düşey yüzeyin dikeyi ile güneş ışınları arasındaki açı (θ_V),

$$\cos(\theta_V) = \cos(ALT) \cos(SAZM) \dots \dots \dots (1.20)$$

eşitliği ile bulunur. Burada,

ALT : Güneş yükseklik açısı

SAZM: Duvar-güneş azimut (semt) açısıdır.

Yatay yüzeye gelen ortalama saatlik direk ışınım (I_{Dh}),

$$I_{Dh} = I_{DN} \cos(\theta_H) \dots \dots \dots (1.21)$$

Yatay düzleme gelen ortalama saatlik toplam ışınım (I_{Th}),

$$I_{Th} = I_{Dh} + I_{dh} \dots \dots \dots (1.22)$$

Düşey düzleme gelen ortalama saatlik direk ışınım

(I_{Dv}),

$$I_{Dv} = I_{DN} \cos(\theta_V) \dots \dots \dots (1.23)$$

Düşey düzleme gelen ortalama saatlik yayılmış ışınım

(I_{dv}),

Çizelge 1.7. Aylara göre F (cal/cm-saat) değerleri (Başakar vd., 1982).

AYLAR	ENLEM DEĞERLERİ						
	36	37	38	39	40	41	42
1	177	178	180	182	183	185	188
2	165	166	167	167	169	170	171
3	159	160	160	161	162	162	163
4	158	158	159	159	159	160	160
5	157	157	158	158	158	159	159
6	158	158	158	158	159	159	159
7	159	159	159	160	161	161	161
8	162	162	162	163	163	163	164
9	163	164	164	165	165	166	167
10	170	171	172	173	174	175	177
11	179	181	183	185	187	189	191
12	183	185	188	190	193	196	199

Çizelge 1.8. Aylık ortalama sönümlenme katsayısı değerleri (Başakar vd., 1982).

AYLAR	SÖNÜMLEME KATSAYISI
1	0.142
2	0.144
3	0.156
4	0.180
5	0.196
6	0.205
7	0.207
8	0.201
9	0.177
10	0.160
11	0.149
12	0.142

$$I_{dv} = \frac{I_{dh}}{2} \dots\dots\dots(1.24)$$

Düşey düzleme çevreden yansiyarak gelen ortalama saatlik yansıyan ışınlım (I_{gv}),

$$I_{gv} = \frac{\rho_g \times I_{Th}}{2} \dots\dots\dots(1.25)$$

eşitlikleri ile bulunmaktadır. Burada ρ_g , çevre yansırma katsayısıdır (Çizelge 1.9).

Çizelge 1.9. Çevre yansırma katsayıları (Başakar vd., 1982).

Deniz, göl vs.	0.05
Asfalt, beton	0.07
Toprak	0.08
Yeşillik, çayır vs.	0.12-0.25
Buğday tarlası	0.07
İrili ufaklı taş yüzey	0.20
Kuru ot	0.20
Betonarme	0.24
Açık renkli betonarme	0.30

Düşey düzleme gelen ortalama saatlik toplam ışınlım (I_{TV}),

$$I_{TV} = I_{DV} + I_{dv} + I_{gv} \dots\dots\dots(1.26)$$

eşitliğinden bulunmaktadır.

Düşey ve yatay yüzeylere gelen ortalama saatlik ışınlımın yansıyan, yayılmış, direk ve toplam bileşenleri bulunduğundan sonra, yataydan θ derece güneşe doğru eğimli yüzeylere gelen ışınlım bileşenlerini bulmak için aşağıdaki yöntem uygulanmaktadır.

Yataydan θ derece güneye doğru eğimli yüzeye gelen ışınlımın,

Direk bileşeni için,

$$I_{Dh\theta} = I_{DN} \times \cos(\theta_{H\theta}) \dots\dots\dots(1.27)$$

$$\cos(\theta_{H\theta}) = \cos(ALT)\cos(SAZM)\sin(\theta) + \sin(\theta_H)\cos(\theta) \quad ..(1.28)$$

Yayılmış bileşeni için,

$$I_{dh\theta} = \frac{1 - \cos(\theta)}{2} \times I_{dh} \quad(1.29)$$

Yansıyan bileşeni için,

$$I_{gv\theta} = \frac{1 - \cos(\theta)}{2} \times \rho_g \times I_{Th} \quad(1.30)$$

Toplam ışınlım değeri ise,

$$I_{Th\theta} = I_{Dh\theta} + I_{dh\theta} + I_{gv\theta} \quad(1.31)$$

eşitliği ile bulunmaktadır.

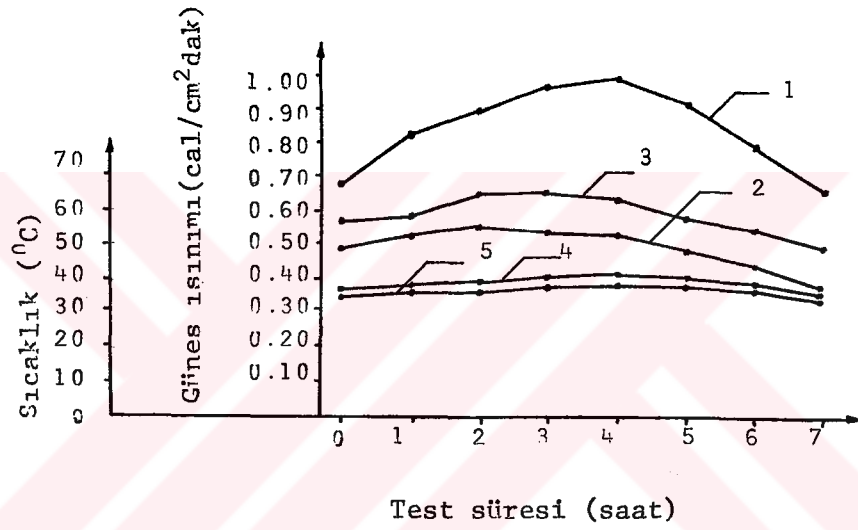
1.2. Önceki Çalışmalar

Ültanır (1975), havalı güneş ısıtıcısında soğurucu olarak rabbitz sıva tellerinden yararlanmıştır. Yirmi rabbitz tel, birbirlerine göre biraz kaydırılıp üst üste konularak soğurucu rabbitz yatak ortaya çıkarılmıştır.

Hava girişinde bir aspiratör kullanılmıştır ve emmenin kolay olması için, saçtan bir silindirik kanala aspiratör monte edilmiştir. Hava giriş ve çıkış kanalları, normal çalışma anında batı yönünde olup, aynı kenardadırlar. Fanın sürekli çalıştırılıp, klappenin de sürekli açık tutularak yapılan deneyler sonundaki sıcaklık artışları, Şekil 1.12'deki gibi verilmiştir.

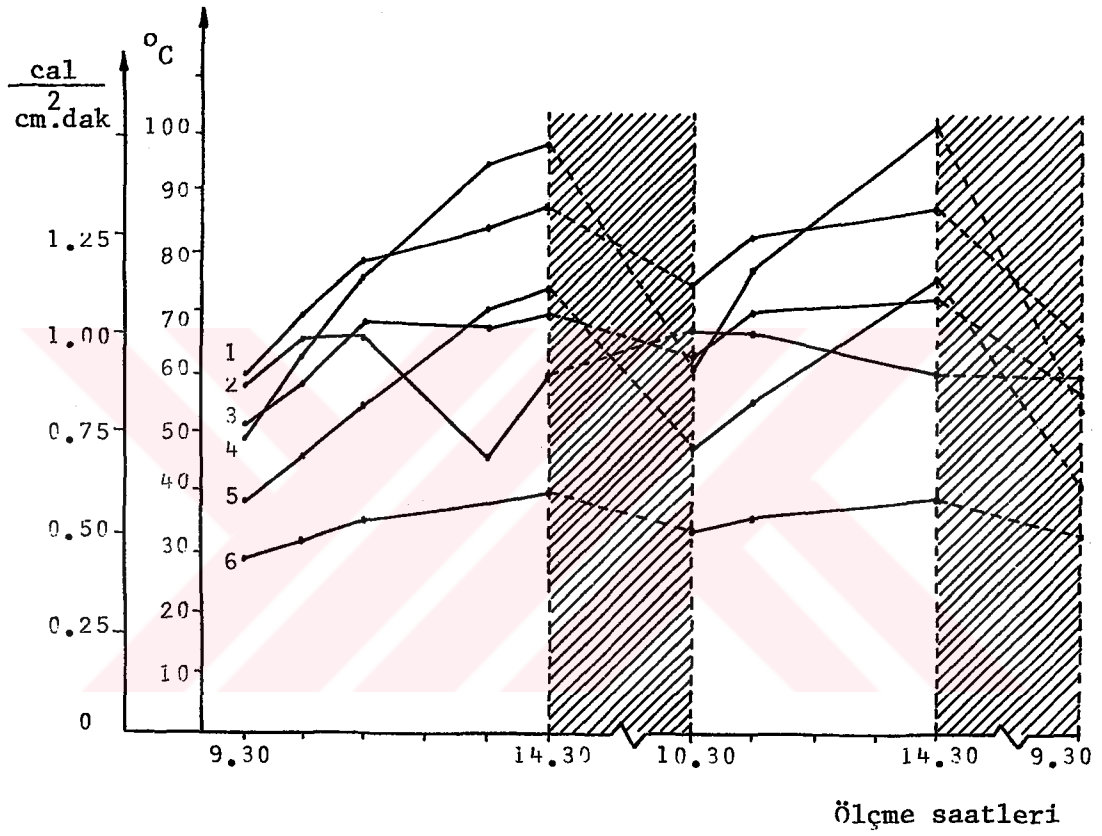
Kadayıfçılar ve Ültanır (1971), soğurucu olarak koyu renkli cam kırıkları ve çakıl taşlarından oluşan dağınık materyal kullanmışlardır. Denemelerde, toplayıcı kasaları yatay olarak yerleştirilmiş ve üzeri cam örtü ile kapatılmıştır. Deneme sonunda, cam kırıklarının yerleştirildiği toplayıcı içindeki sıcaklık artışının, çakıl taşlı toplayıcıya göre daha yüksek olduğu vurgulanmıştır. Araştırmacılar, deneme sonuçlarını Şekil 1.13'de grafik halinde vermişlerdir.

Macedo and Alteman (1978), doğal konveksiyonlu havalı



1. Radyasyon
2. Soğurucu yüzey sıcaklığı
3. Çıkış havası sıcaklığı
4. Giriş havası sıcaklığı
5. Dış sıcaklık

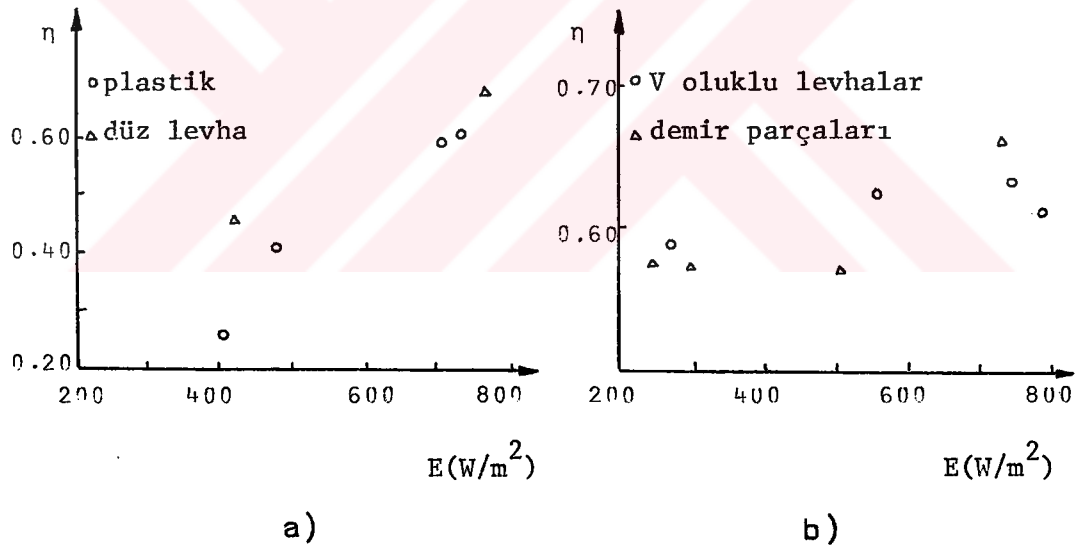
Şekil 1.12. Rabbitz telli hava ısıtıcısının sıcaklık artışları (Ültanır'dan, 1970).



1. Cam kırıklarının yüzeyindeki sıcaklık
2. Güneş radyasyonu
3. Çakıl taşlarının yüzeyindeki sıcaklık
4. Cam kırıklarının altındaki sıcaklık
5. Çakıl taşlarının altındaki sıcaklık
6. Dış sıcaklık

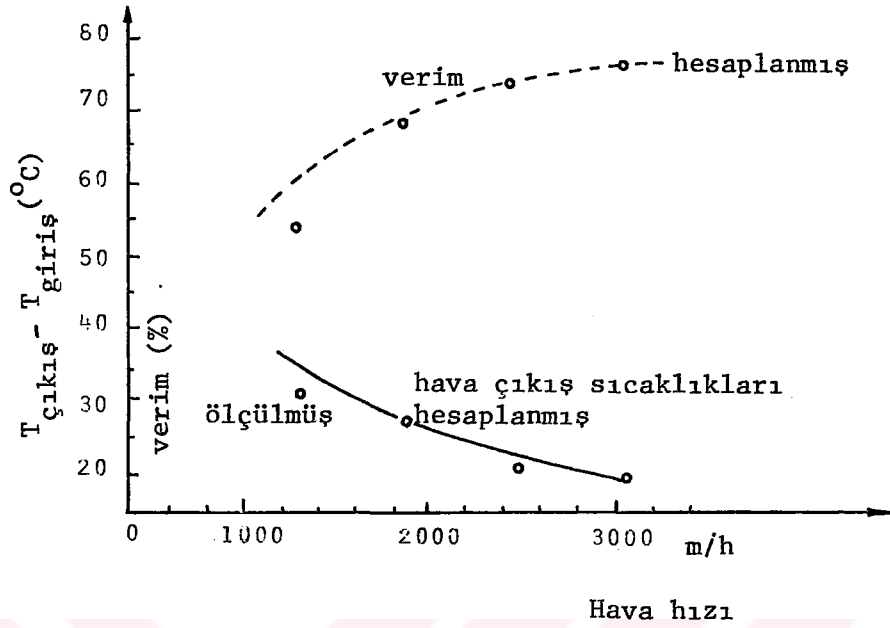
Şekil 1.13. Zamana göre değişkenler (Kadayıfçılar ve Ültanır'dan, 1971).

güneş ısıtıcılarında dört değişik tipteki soğurucu maddeden yararlanmışlardır. Bunlar, siyaha boyanmış düz galvanizli sac, dört köşe gözenekli demir parçaları, siyaha boyalı, V oluklu alüminyum levhalar ve siyah polietilen tabakadır. Bu dört soğurucu materyal, uzun süre denenmiştir. Deneme sonunda, gözenekli demir parçalı toplayıcının verimi 0.6, V oluklu alüminyum levhalı toplayıcının verimi 0.65, soğurucusu düz galvanizli sac olan toplayıcının verimi de, 0.6-0.7 arasında verilmiştir. Polietilen yüzeyli toplayıcının düşük enerji değerlerinde, veriminin de düşük olduğu vurgulanmıştır. Şekil 1.14'de, toplayıcı verimleri gösterilmektedir.



Şekil 1.14. Toplayıcı verimleri: a) plastik ve düz levhalı toplayıcı verimleri, b) V oluklu ve demir parçalı soğurucusu olan toplayıcı verimleri (Macedo and Altaman, 1978).

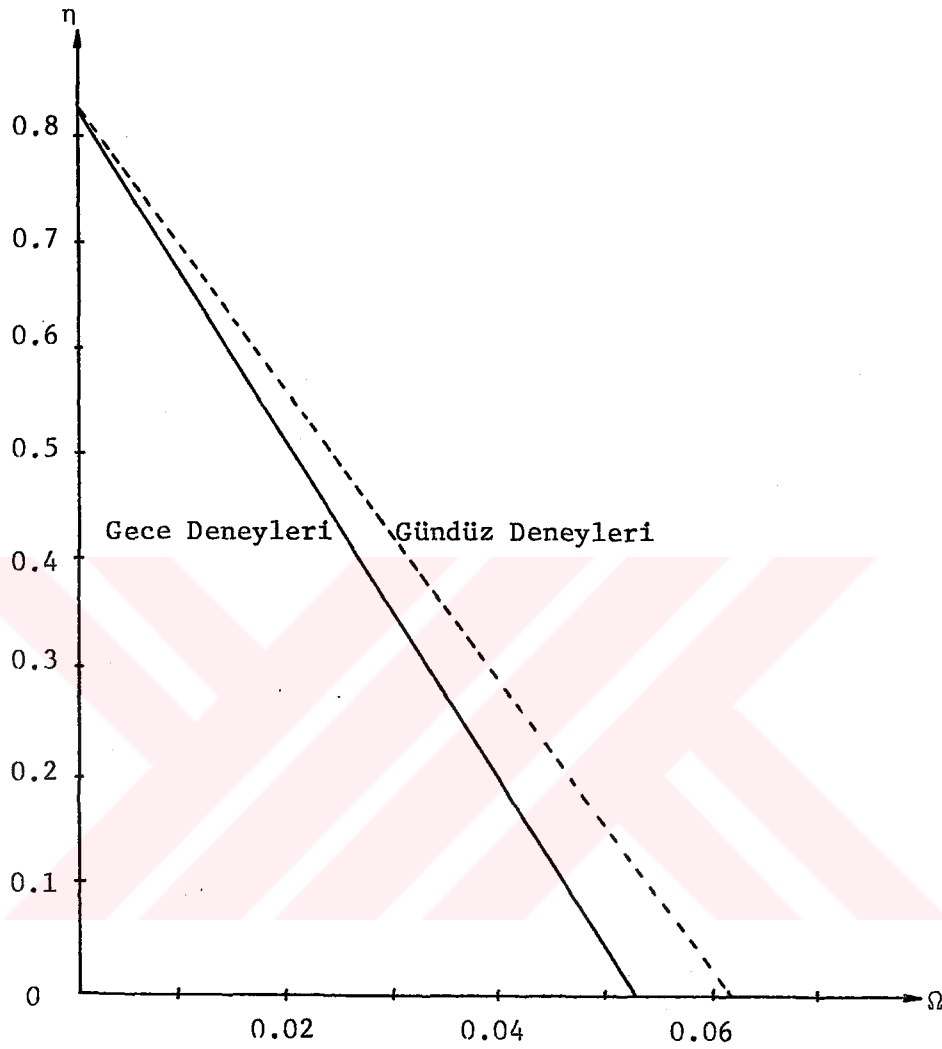
Löf (1981), ev ısıtmada kullanmak için, soğurucu olarak, üst üste düzgün bir seri halinde yerleştirilen düz cam levhalardan oluşan bir toplayıcıdan yararlanmıştır. Üst üste gelen her cam levha, bir alttakinin bir miktar üzerini örtmekte ve bu örtülen kısım siyaha boyanmaktadır. Toplayıcının verimi ve basınç düşüşü ölçülmüş ve sonuçlar, Şekil 1.15'de toplu olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.15. Üst üste gelmiş cam levhali toplayıcılarda çeşitli hava hızları için ölçülmüş ve hesaplanmış hava çıkış sıcaklıkları ve verimlerinin karşılaştırılması (Löf, 1981).

Tanes (1982), tek camlı, dört kenarı ve altı saçıtan yapılmış çok sayıda odacıktan oluşan bir havali toplayıcıyı denemiştir. Hava, bölmeler arasındaki deliklerden geçerek bir odacıktan diğerine ilerlemektedir. Odacıklara siyaha boyanmış ince alüminyum şeritler doldurularak hem soğurucu yüzey, hem de soğurucu yüzey ile hava arasındaki ısı transfer yüzeyi arttırılmıştır. Alüminyum şerit miktarının, yapımcının koyduğu miktarın üstüne çıkartılması bir yarar sağlamamıştır. Fazla miktarda şeritin, toplayıcıdaki basınç kaybını önemli ölçüde arttırmasına karşılık, verimde dikkate değer bir artış ölçülmemiştir. Şekil 1.16'da (η) işletme parametresine bağlı olarak toplayıcı veriminin grafiği verilmiştir.

Araştırmacı, güneş enerjisinden tarım alanında, endüstriyel ölçülerde yararlanılabileceğini vurgulamıştır ve Federal Almanya'nın Röckersbühl köyü civarında



$$\Omega = (T_{FM} - T_0) / E_s \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

T_{FM} : Ortalama akışkan sıcaklığı

T_0 : Çevre sıcaklığı

E_s : Toplam ısıtım şiddeti

Şekil 1.16. Toplayıcı verimi (Tanes'den, 1982).

Fuel-oil ile çalışan bir tesise yardımcı olmak amacı ile kurulmuş olan sistemi örnek olarak vermiştir. Bu sistem, boyutları ve kullanma alanı açısından güneş enerjisi ile kurutma konusunda en iyi tesislerden biri sayılmaktadır.

Kurutma tesisinin hemen yanındaki 4800 m^2 'lik bir araziye 1456 m^2 toplam toplayıcı alanı olan, havalı güneş enerjisi toplayıcıları yerleştirilmiştir. Burada toplayıcı olarak, daha önce açıklanan toplayıcının büyük alanlar için geliştirilmiş bir şekli kullanılmıştır ve ölçümler 1980 yılında yapılmıştır.

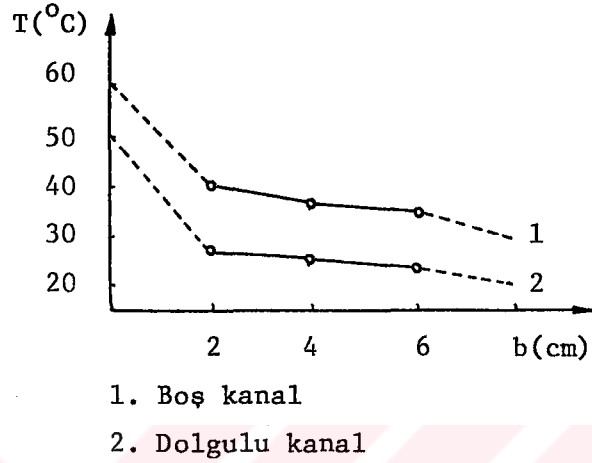
Tesisin verimi $25 \text{ kg/m}^2\text{h}$ hava debisinde %30, $50 \text{ kg/m}^2\text{h}$ hava debisinde %40 olmaktadır. Verimin debi yükseldikçe arttığı, ancak $50 \text{ kg/m}^2\text{h}$ debiden sonra, bu artışın çok yavaş olduğu görülmüştür (Tanes'den, 1982).

Demirel vd. (1984), havalı düz yüzeyli güneş toplayıcılarında soğurucu yüzeyden havaya ısı transferinin artırılması için bir model geliştirmişlerdir. Bu modelde hava, soğurucu yüzeyin altında oluşturulan ve içinde 19 mm çaplı alüminyum halkalardan oluşan bir dolgu maddesi bulunan dörtgen kesitli kanal boyunca ısıtılmaktadır. Dolgu maddesinin önüne, dolguya destek olacak şekilde delikli bir plaka yerleştirilmiştir.

Bu pilot modelde, soğurucu yüzeye ayarlanabilir elektrik potansiyeli ve rezistans yardımıyla düzgün bir ısı akısı sağlanır. Uygulanan 65, 75, 85 Volt ile sırası ile 529.06, 684.60 ve 864.82 W/m^2 'lik güneş enerjisi limitlerinde enerji akıları kullanılmıştır. Soğurucu yüzeyin altında etrafı yalıtılmış 8 cm eninde bir hava akış kanalı bulunmaktadır. Soğurucu yüzey ile hava arasındaki ısı transfer katsayısı boş ve dolgulu kanal da, çeşitli tipler için ölçülmüş ve dolgunun ısı transfer katsayısını %75 kadar arttırdığı gözlemlenmiştir.

Radyal yönde sıcaklık dağılımı, hava girişinden 29.3 cm yüksekliğinde, üç ayrı noktada boş ve dolgulu kanal i -

çin ölçülmüştür. Sonuçlar, Şekil 1.17'deki gibi verilmiştir.



Şekil 1.17. Kanalda radyal yönde sıcaklık dağılımı (Demirel vd., 1984)

Yıldız (1984), dünyada ve Türkiye'de yapılmış güneş evlerini araştırmıştır. Bunlardan, 'Davis güneş evi' olarak adlandırılan 1.5 katlı ve 93 m^2 alana sahip olan güneş evi, 1971 yılında inşa edilmiştir. Termosifon tekniği ile ısıtılan binada 40 m^2 'lik tek camla kaplı havalı toplayıcı kullanılmıştır. Toplayıcılar siyah oluklu alüminyum levhalardan oluşmuştur. 32 m^3 'lük taştan ısı depolama sistemi kullanılmıştır. Toplayıcılar da ısıtılan hava depodan geçirilerek ısı burada toplanmakta ve tabanda bulunan havalandırma ızgaraları ile sıcak hava ısıtılacak ortamlara iletilmektedir. Güney taraftaki yüzeyde bulunan camlardan direk kazanç tekniği ile ısı sağlanmaktadır. Sıcak su için, 7 m^2 'lik düz yüzeyli toplayıcı kullanılmıştır. Binada ek ısıtma olarak şömine ve elektrikli ısıtıcıdan yararlanılmıştır. Araştırmanın sonunda, güneş ile ısıtma oranı %75 olarak bulunmuştur.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Denemelerde Kullanılan Materyaller

2.1.1. Denemelerde kullanılan toplayıcılar

Denemelerde beş adet, aynı tipte toplayıcıdan yararlanılmıştır. Toplayıcılar, H.Ü.Z.M.Fakültesi marangozhanesinde imal ettirilmiştir.

Toplayıcılar, yapı olarak başlıca şu kısımlardan oluşmaktadır.

i) Toplayıcı kasası

Toplayıcı kasaları, 2 cm'lik çam kerestesinden yapılmıştır. Toplayıcıların her biri, dıştan dışa 64 cm genişliğinde, 114 cm uzunluğunda ve 32 cm derinliğindedir (Şekil 2.1).

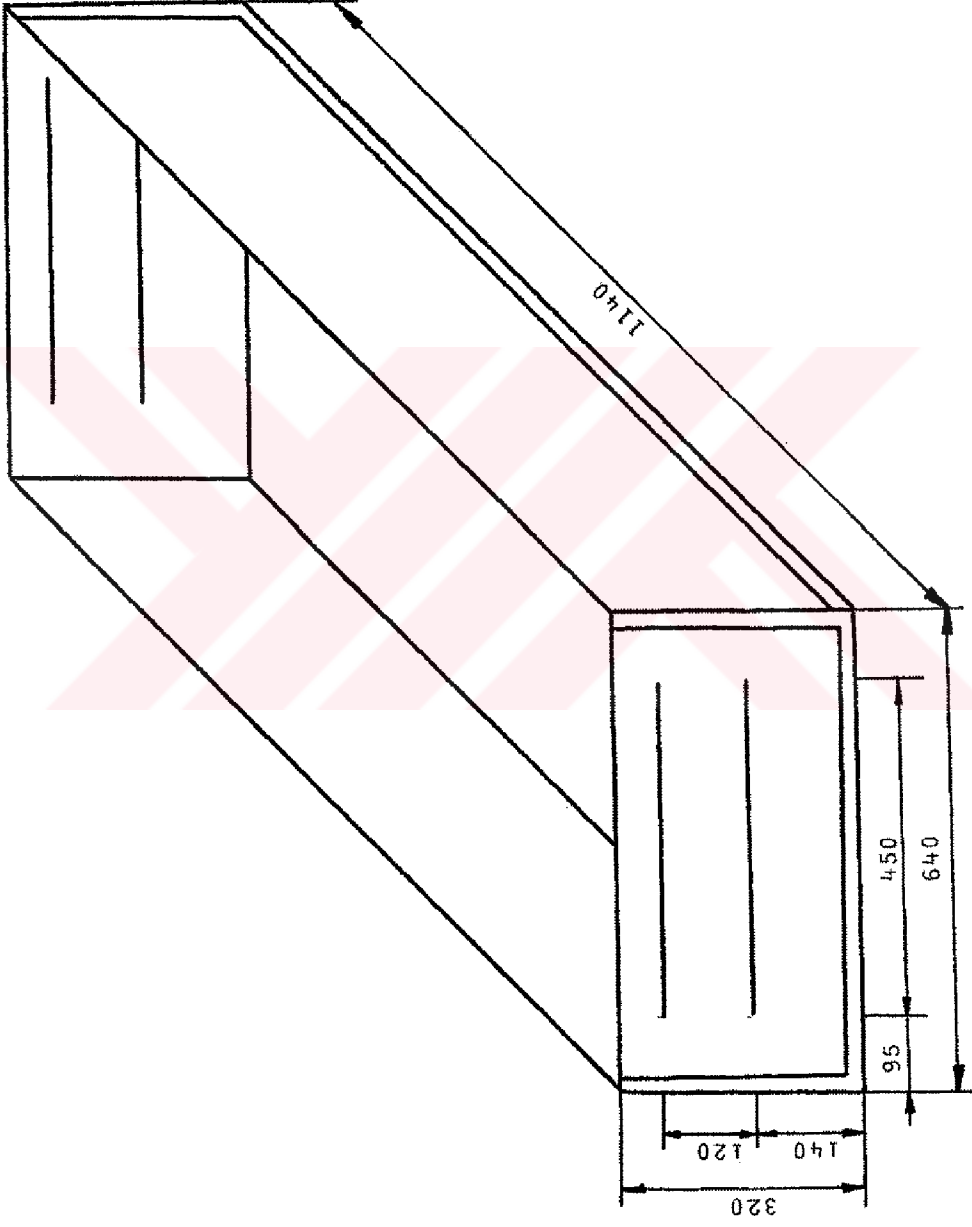
ii) Yalıtım maddesi ve muhafazası

Toplayıcıların taban ve yanal yalıtımları, 5 cm kalınlığındaki izocamdan yapılmıştır ve muhafaza olarak üzerileri kontraplak ile kapatılmıştır.

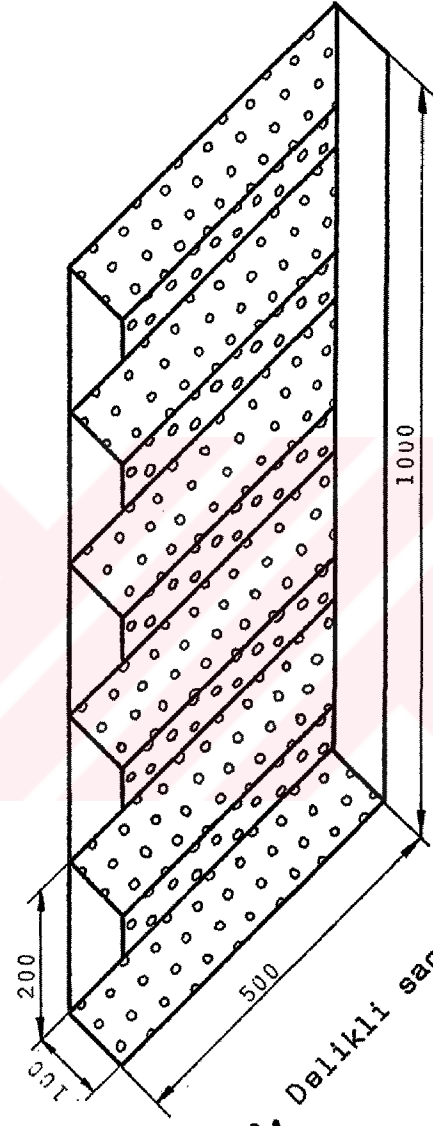
iii) Delikli saçtan kafes

Dağınık materyalin üzerine yerleştirildiği delikli saçtan yapılmış kafes, bir delikli saç levhaya 20 cm aralıklarla kaynatılmış, 10 cm yüksekliğindeki delikli saç levhalardan oluşmaktadır (Şekil 2.2). 2 mm kalınlığındaki saç levhaya, zımba ile 6 mm'lik delikler açılmıştır. Delik merkezleri arasındaki uzaklık ise 35 mm'dir.

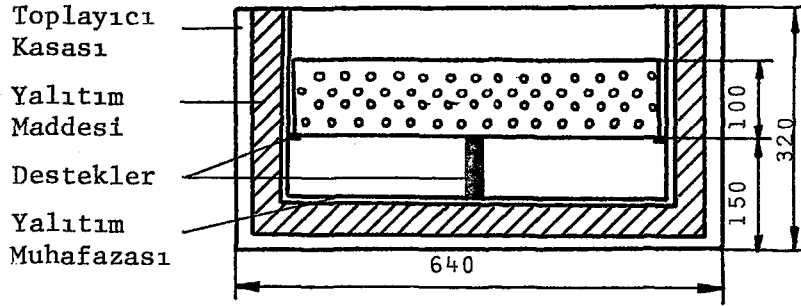
Delikli saçtan yapılmış kafes, toplayıcı kasasına, kasanın alt tabanından 15 cm yükseklikte, altta üçer tane, karşılıklı uzun kenarlarda beşer tane ve kısa kenarlarda birer tane olmak üzere onbeş tane destek ile bağlanmıştır. Kafesin kasaya montesi, Şekil 2.3'de kesit olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Toplayıcı kasası boyutları.



Şekil 2.2. Delikli sacdan yapılmış kafes.



Şekil 2.3. Delikli saçıtan yapılmış kafesin kasaya monte edilmesi.

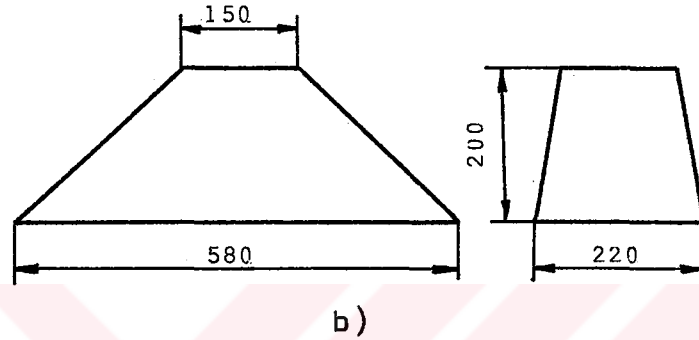
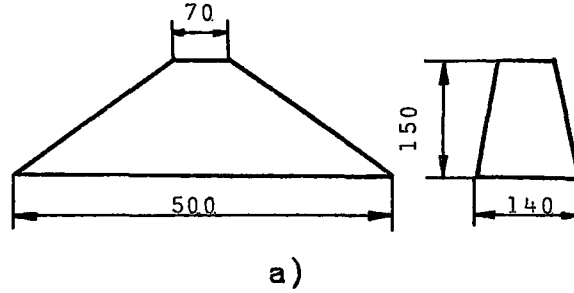
iv) Cam örtü

Her bir toplayıcı kasasının üstüne menteşeli bir kapak yapılmış ve kapaklara 3 mm'lik pencere camı takılmış - tır. Kapak içlerine yalıtım için sünger konularak kapaklar kapatılmış ve üzerileri, hava yalıtımı için cam macunu ile macunlanmıştır. Denemelerin sonuna kadar kapaklar açılmamıştır. Camın ışık geçiren yüzeyi ise 0.5x1 m'dir.

v) Hava giriş ve çıkış ağızları

Hava akımının sağlanması için, toplayıcı kasasının alt ve üst kısmında, 4 mm genişliğinde, her kısımda ikişer tane olmak üzere kanallar açılmıştır. Şekil 2.4'de gösterilen kontraplaktan yapılmış davlumbazlar, toplayıcının alt ve üst kısmına, kanalları içine alacak şekilde monte edilmiştir. İyi bir hava akımı için, davlumbazlar venturi şeklinde yapılmıştır ve hava sızdırmazlığı için de, tüm birleşim hatları cam macunu ile kapatılmıştır. Üst kısma monte edilen davlumbazlar izocam ile yalıtıldıktan sonra, ikinci bir davlumbaz ile kapatılmışlardır.

İç davlumbaza, hava hızı ve sıcaklığının ölçülebilmesi için 50 mm'lik bir PVC dirsek ile aynı çapta, 500 mm uzunluğunda dikey olarak PVC boru yerleştirilmiştir - tir. Bu borular izocam ile yalıtılıp, siyah naylonla kaplanmıştır.



Şekil 2.4. Davlumbaz boyutları: a) kanalları içine a - lan davlumbaz, b) yalıtım davlumbazı.

Alt kısma monte edilen davlumbaz ağızlarına motorların konulabilmesi için, 90x90 mm boyutunda, merkezi orta noktasında olmak üzere, 65 mm çaplı deliği olan kontra-plaklar bağlanmıştır.

vi) Toplayıcı eğimini ayarlayan ayak düzeneği

Toplayıcıların eğiminin ayarlanabilmesi için, köşebent demirden ayaklar yapılmıştır. Ayaklara, istenen eğimi verecek 30x10 mm ebadında çelik parçalar kaynatılmış - tır (Şekil 2.5).

Bu ayak düzeneği ile toplayıcıya 38, 34 ve 32⁰'lik e - ğimler verilebilmektedir. Ayak düzeneğine, parça kay - natmak sureti ile değişik açılarının verilmesi mümkün ol - maktadır.

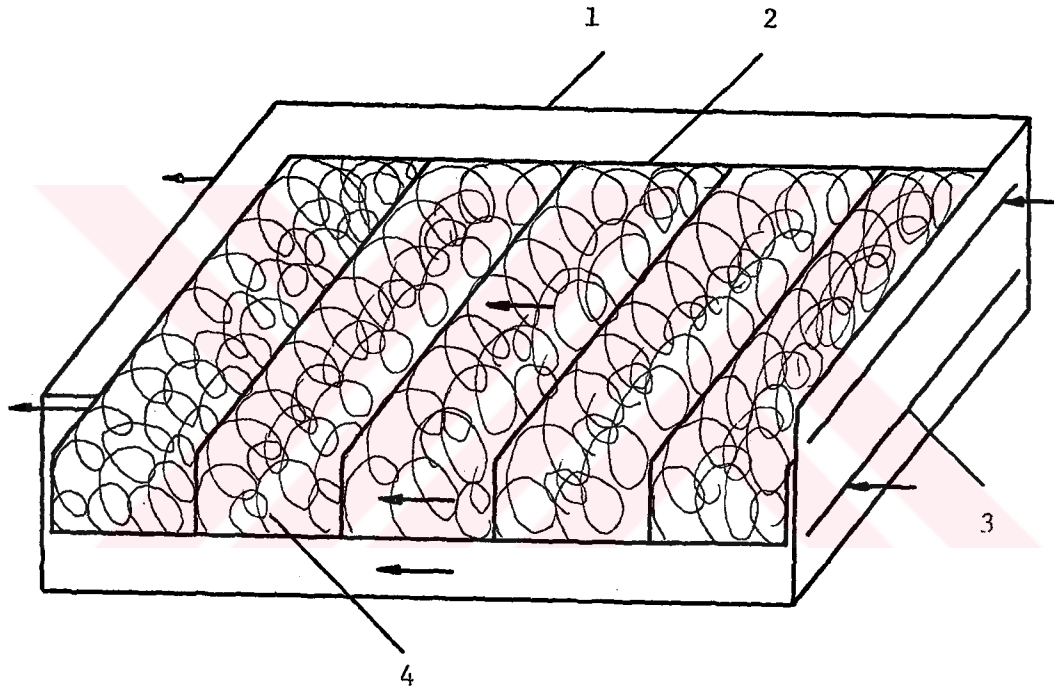
Şekil 2.6'da içine dağınık materyal konulmuş toplayıcı kasası ve havanın akış yönü gösterilmektedir. Dağınık materyal olarak Demir-Çelik artığı olan 'curuf', kömür yataklarından çıkan 'kömürleşmemiş siyah taşlar', koyu renkli 'cam kırıkları', 'fındık kabukları' ve atelyeler -



Şekil 2.5. Toplayıcı eğimini ayarlayan ayak düzeneği.

de işlenmiş mamüllerin artığı olan 'demir talaşı (tor - na talaşı) ' kullanılmıştır.

Toplayıcı kasasının içi, delikli saç kafes ve ayak dü - zeneği siyaha, toplayıcı dış yüzeyi ise beyaza boyan - mıştır.



1. Toplayıcı kasası
2. Delikli saçtan kafes
3. Hava kanalları
4. Dağınık materyal

Şekil 2.6. İçine dağınık materyal konulmuş toplayıcı kasası ve havanın akış yönü.

2.1.2. Denemelerde kullanılan ölçü aletleri

Denemelerde ölçü aleti olarak termometre, aktinograf ve iki değişik tipteki anemometreden yararlanılmıştır.

i) Termometreler

Isı aktarma akışkanının giriş, çıkış ve çevre sıcaklığını ölçmek için, 0-100°C skalalı onbir adet civalı termometre kullanılmıştır. Çevre sıcaklığını ölçmek için kullanılan termometre, toplayıcılardan birinin arka kısmına, toplayıcı yarı yüksekliğinde, güneş almayacak şekilde yerleştirilmiştir. Giriş ve çıkış sıcaklıklarını ölçen termometreler, toplayıcıların 0.15m uzağına, davlumbazlara monte edilmiş ve denemeler sırasında direk güneş ışınımına maruz kalmayacak şekilde üzerilerine koruyucu konulmuştur.

ii) Aktinograf

Toplayıcılar üzerine düşen toplam ışıma enerjisini ölçmek için, 'Dr.A.Müller' H 8225 no.lu, 58 dc yazıcı tipli aktinograf kullanılmıştır. Aktinograf, toplayıcılardan 0.5 m yükseklikte, 0.5 m uzaklıkta, gölgesi toplayıcılar üzerine düşmeyecek ve toplayıcılardan yansıyan parazit ışınları almayacak şekilde yerleştirilmiştir.

iii) Rüzgar hızını ölçmede kullanılan anemometre

Rüzgar hızını ölçmek için, 'Wilh.Lambrecht GmbH' 1405/29713 tip anemometre kullanılmıştır. Anemometre, toplayıcıların üst kenarından 1 m yükseklikte ve 0.5 m uzaklıkta olacak şekilde yerleştirilmiştir.

iv) Kanaldaki çıkış hızını ölçmede kullanılan kızgın telli anemometre

Hava çıkış hızı, 'Wilh.Lambrecht GmbH' 641 N tipli kızgın telli anemometre ile, toplayıcı çıkış borusunun üst kısmından ölçülmüştür.

2.2. Deneme Metodu

Deneyler, açık hava şartlarında, H.Ü.Z.M.Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Malzeme Laboratuvarı çatısında yapılmıştır.

Denemeler için yer seçerken, çevrenin toplayıcı düzlemine gelen ışınlı etkilememesine dikkat edilmiştir. Çevrede, gelen ışınlı engelleyen engel ve ışınlı artıran cisimler yoktur. Toplayıcılar, güneşe dönük olmak üzere, birbirlerini etkilemeyecek aralıklarla, yan yana ve yatayla 34° açı yapacak şekilde bir eğimle yerleştirilmişlerdir.

Ölçümler, açık hava şartlarında sabah 9.30'dan öğleden sonra 15.00'e kadar yarım saatte bir, 15.00'den akşam 21.00'e kadar saatte bir olmak üzere yapılmıştır. Denemeler açık hava şartlarında yapıldığı için, yağmur başlayınca ve yağmur yağdığı günler, ölçüm alınamamıştır.

Hava akışı, toplayıcıların altındaki davlumbazların girişine bağlanan 8 Volt, 1.2 Amper'lik doğru akım motorlu vantilatörler ile sağlanmıştır. Denemeler süresince vantilatörler sürekli çalıştırılmış ve hava çıkış ağızları da sürekli açık tutulmuştur.

Belirtilen saatlerde, toplayıcı giriş-çıkış sıcaklığı, çevre sıcaklığı, rüzgar hızı (anlık), hava çıkış hızı ölçülmüş ve her akşam 21.00'de aktinografin kayıt çizelgesi değiştirilmiştir.

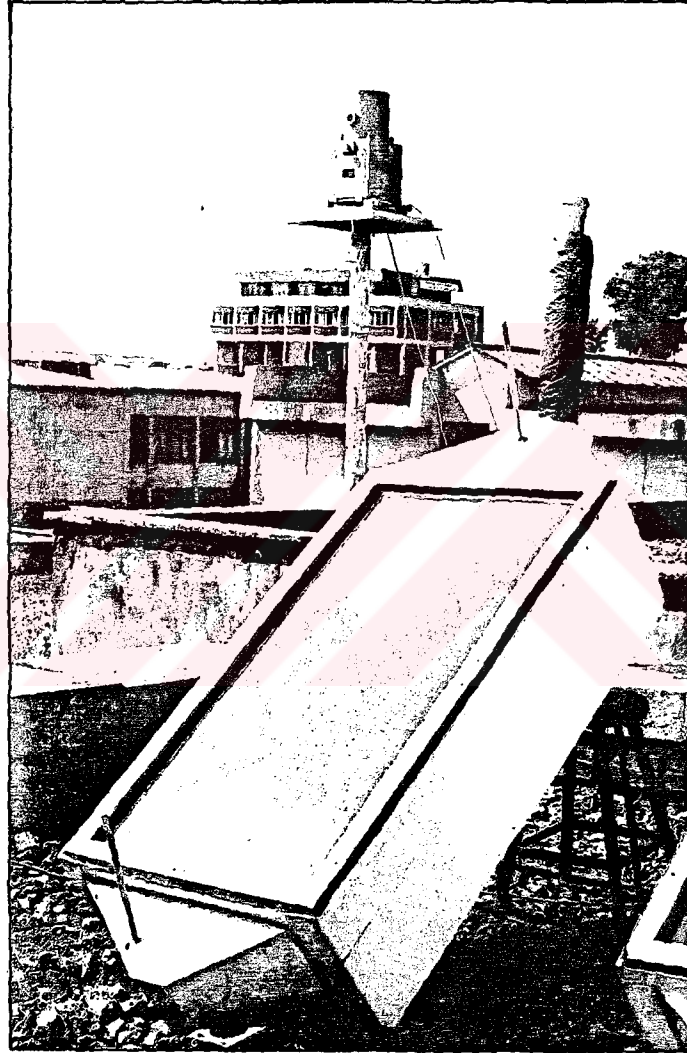
Deneyler, hava şartları dolayısı ile aralıklı olarak, 20 gün süre ile, 24/5-20/6-1987 tarihleri arasında yapılmıştır.

Deneylerin yapıldığı süre içinde, rüzgar hızı 0-3.5 m/s arasında değişmiştir.

Aktinograftan elde edilen günlük ışınlı şiddeti grafikleri, günlük sıcaklık-zaman grafikleri ve saatlik verim grafikleri, ek açıklamalar bölümünde verilmiştir.



Şekil 2.7. Denemelerde kullanılan toplayıcıların ve ölçü aletlerinin toplu halde gösterilmesi.



Şekil 2.8. Denemelerde kullanılan aktinografin önden görünüşü.

2.2.1. Toplayıcı veriminin hesaplanması

Toplayıcıların veriminin hesaplanmasında, TS 4801 dik - kate alınmıştır (Türk Standardları, 1986).

$$\eta = \frac{Q}{X} \dots \dots \dots (2.1)$$

Burada,

Q : Toplayıcıdan alınan ısı

$$Q = \dot{m} \times c_p \times \Delta T \text{ (kcal/h)} \dots \dots \dots (2.2)$$

ifadesi ile hesaplanmaktadır. Eşitlikteki kütleli de - bi ($\dot{m}$),

$$\dot{m} = v_{h\check{c}} \times F \times \gamma' \dots \dots \dots (2.3)$$

ifadesi ile hesaplanmaktadır. Burada,

$v_{h\check{c}}$: Hava çıkış hızı (Kızgın telli anemometre ile öl - çülmüştür.),

F : Çıkış ağzı alanı

γ' : Havanın özgül ağırlığı ($\gamma'=1.057 \text{ kg/m}^3$) dir .

c_p : Havanın ısınma ısısı ($c_p=0.24 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$)

ΔT : Çıkış sıcaklığı ile giriş sıcaklığı farkı (Termo - metreler ile ölçülmüştür.)

$$\Delta T = T_{\text{çıkış}} - T_{\text{giriş}} (^{\circ}\text{C}) \dots \dots \dots (2.4)$$

X : Toplayıcı yüzeyine gelen toplam ışınlım

$$X = F_A \frac{I}{\cos(\varnothing)} \text{ (kcal/h)} \dots \dots \dots (2.5)$$

eşitliği ile tanımlanmaktadır. Burada,

F_A : Toplayıcı etkin yüzey alanı,

I : Toplam ışınlım değeri (Aktinograf ile ölçülmüştür.),

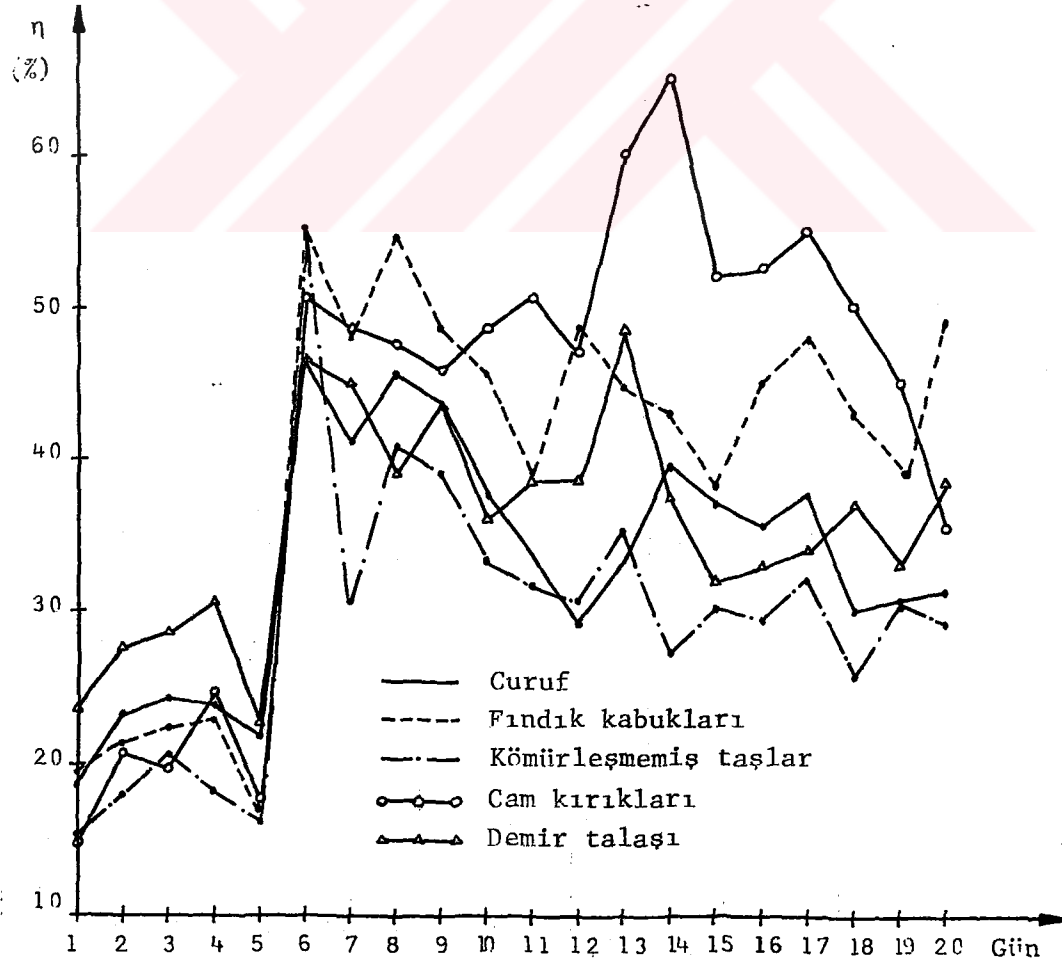
$\varnothing$: Toplayıcının eğim açısı (Aktinograf, yatay düzleme gelen toplam ışınlım değerini vermektedir. Bu ışınlımın 34° 'lik toplayıcıya düşen miktarını yaklaşık bir hesap - lama ile bulmak için, ışınlım değerinin eğim açısının kosinüsüne bölünmesi gerekmektedir (Ültanır, 1975).) olarak tanımlanmıştır.

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Araştırmada, her toplayıcının verimi, bilgisayarda sonuçları alındıktan sonra, deneme süresine bağlı olarak, grafik halinde verilmiştir. Ayrıca, toplayıcıya gelen ışınlam ile toplayıcı çıkış sıcaklıkları ve toplayıcı verimleri arasında, regresyon analizi bilgisayarda hesaplatılarak yapılmış ve grafikleri çizilmiştir.

3.1. Deneme Süresine Bağlı Toplayıcı Verimi

Deneme süresince, her toplayıcının verim eğrisi Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Günlük verim değerlerinin hesaplanmasında, sabah 9.30, akşam 21.00 saatleri arasında yapılan ölçümler dikkate alınmıştır.



Şekil 3.1. Deneme süresince her toplayıcının günlük verim değerleri.

3.2. Işınım İle Toplayıcı Çıkış Sıcaklığı Arasındaki İlişki

Sabah 9.30 ile öğleden sonra 15.00 saatleri arasında yapılan deneylerde, eğik yüzeye gelen ışınlam ve toplayıcı çıkış sıcaklığı arasında, beş toplayıcı için de, doğrusal bir ilişki olup olmadığını saptamak için, regresyon analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda, her beş toplayıcı için de, bu iki değişken arasında düzgün doğrusal bir ilişki olduğu tesbit edilmiştir. Bu ilişki - lere ilişkin eşitlikler, sırasıyla şu şekildedir.

i) Curuf için regresyon analizi

Soğurucusu curuf olan toplayıcıda yapılan deneylerde, eğik yüzeye gelen ışınlam ve toplayıcı çıkış sıcaklığı arasındaki ilişkinin korrelasyon katsayısı,

$$r_{xy} = 0.898 \pm 0.059$$

olarak bulunmuştur. Bu korrelasyon katsayısına, t-testi uygulandığında,

$$\pm t = \frac{r}{S_r} = \frac{0.898}{0.059} = 15.184$$

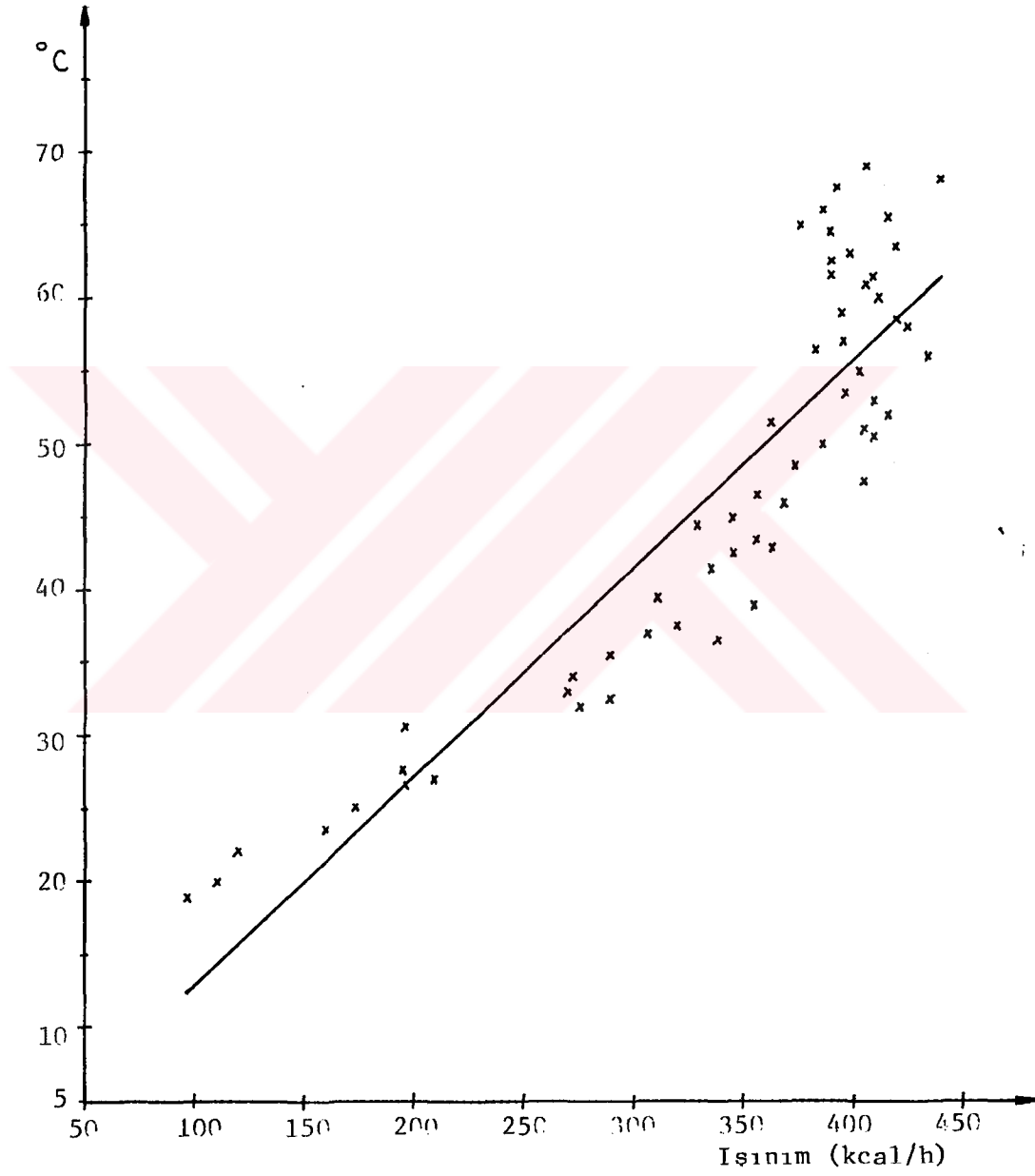
bulunmuştur. Bulunan bu t değerinin, t-tablosundan 57-2=55 serbestlik derecesinde ve P=%0.1 sütunundan bulunan t=3.460 değeri ile karşılaştırılması sonucunda, çıkış sıcaklığı ile eğik yüzeye gelen ışınlam arasında, gerçek bir ilişkinin varlığı anlaşılmıştır.

Eğik yüzeye gelen ışınlam (X) ile toplayıcı çıkış sıcaklığı (Y) arasındaki doğrusal regresyon denklemi, aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$Y = -1.656 + 0.143X$$

Bu denklemde, (X)'in alabileceği maksimum ve minimum değerler, 441.475 kcal/h ile 95.894 kcal/h'dir. Bu değerlere bağlı olarak, (Y) değerleri de 69°C ile 19°C arasında değişmiştir.

Şekil 3.2'de, regresyon denklemine göre çizilmiş grafik görülmektedir.



Şekil 3.2. Soğurucusu curuf olan toplayıcının yüzeyine gelen ışınlm ile toplayıcı çıkış sıcaklığı arasındaki ilişki.

ii) Fındık kabuğu için regresyon analizi

Soğurucusu fındık kabuğu olan toplayıcıda yapılan deneylerde, aynı iki değişken arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı,

$$r_{xy} = 0.938 \pm 0.047$$

olarak bulunmuştur. Bu değere, t-testi uygulandığında, $t = 19.938$

bulunmuştur. Bu değer, $56-2=54$ serbestlik derecesinde ve $P=\%0.1$ sütunundan bulunan $t=3.460$ değeriyle karşılaştırıldığında, iki değişken arasında, gerçek bir ilişki olduğu anlaşılmıştır. Doğrusal regresyon denklemi, aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$Y = 0.803 + 0.138X$$

Bu denklemde, (X) değerleri 441.475 kcal/h ile 95.894 kcal/h arasında, (Y) değerleri ise 67.5°C ile 19°C arasında değişmiştir.

Şekil 3.3'de, regresyon denklemine göre çizilmiş grafik görülmektedir.

iii) Kömürleşmemiş taşlar için regresyon analizi

Aynı ilişki için, soğurucusu kömürleşmemiş taşlar olan toplayıcıdaki korelasyon katsayısı,

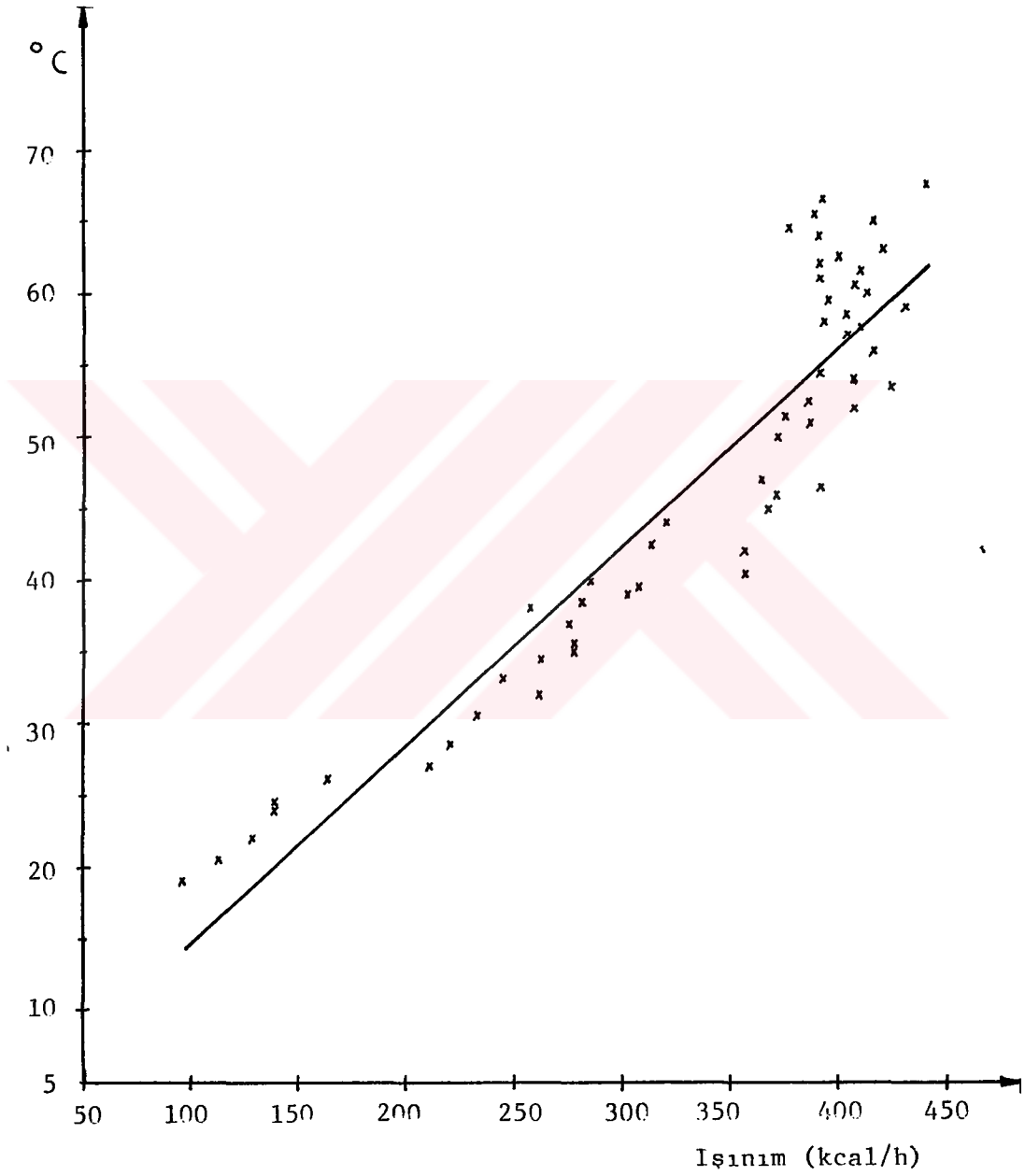
$$r_{xy} = 0.896 \pm 0.060$$

bulunmuştur. Bu değere, t-testi uygulandığında, $t = 14.752$

bulunmuştur. Bu değer, $55-2=53$ serbestlik derecesinde ve $P=\%0.1$ sütunundan bulunan $t=3.460$ değeri ile karşılaştırıldığında, iki değişken arasında, gerçek bir ilişki olduğu anlaşılmıştır. Doğrusal regresyon denklemi, aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$Y = -5.002 + 0.148X$$

Bu denklemde, (X)'in alabileceği maksimum ve minimum değerler, 421.573 kcal/h ile 95.894 kcal/h'dir. Bu de-



Şekil 3.3. Soğurucusu fındık kabuğu olan toplayıcının yüzeyine gelen ışınlam ile toplayıcı çıkış sıcaklığı arasındaki ilişki.

ğerlere bağılı olarak, (Y) değerleri de 67°C ile 17.5°C arasında değişmiştir.

Şekil 3.4'de, regresyon denklemine göre çizilmiş grafik görülmektedir.

iv) Cam kırıkları için regresyon analizi

Soğurucusu cam kırıkları olan toplayıcıda yapılan deneylerde, aynı ilişkinin korrelasyon katsayısı,

$$r_{xy} = 0.778 \pm 0.083$$

bulunmuştur. Bu değere, t-testi uygulandığı zaman,

$$\pm t = 9.359$$

bulunmuştur. Bu değer, 59-2=57 serbestlik derecesinde ve P=%0.1 sütunundan bulunan t=3.460 değeri ile karşılaştırıldığında, bu iki değişken arasında, gerçek bir ilişki olduğu anlaşılmıştır. Doğrusal regresyon denklemi,

$$Y = 4.413 + 0.125X$$

şeklinde bulunmuştur. Burada, (X)'in alabileceği değerler, 434.238 kcal/h ile 95.894 kcal/h arasında, (Y) değerleri de, 68°C ile 18°C arasında değişmektedir.

Şekil 3.5'de, regresyon denklemine göre çizilmiş grafik görülmektedir.

v) Demir talaşı için regresyon analizi

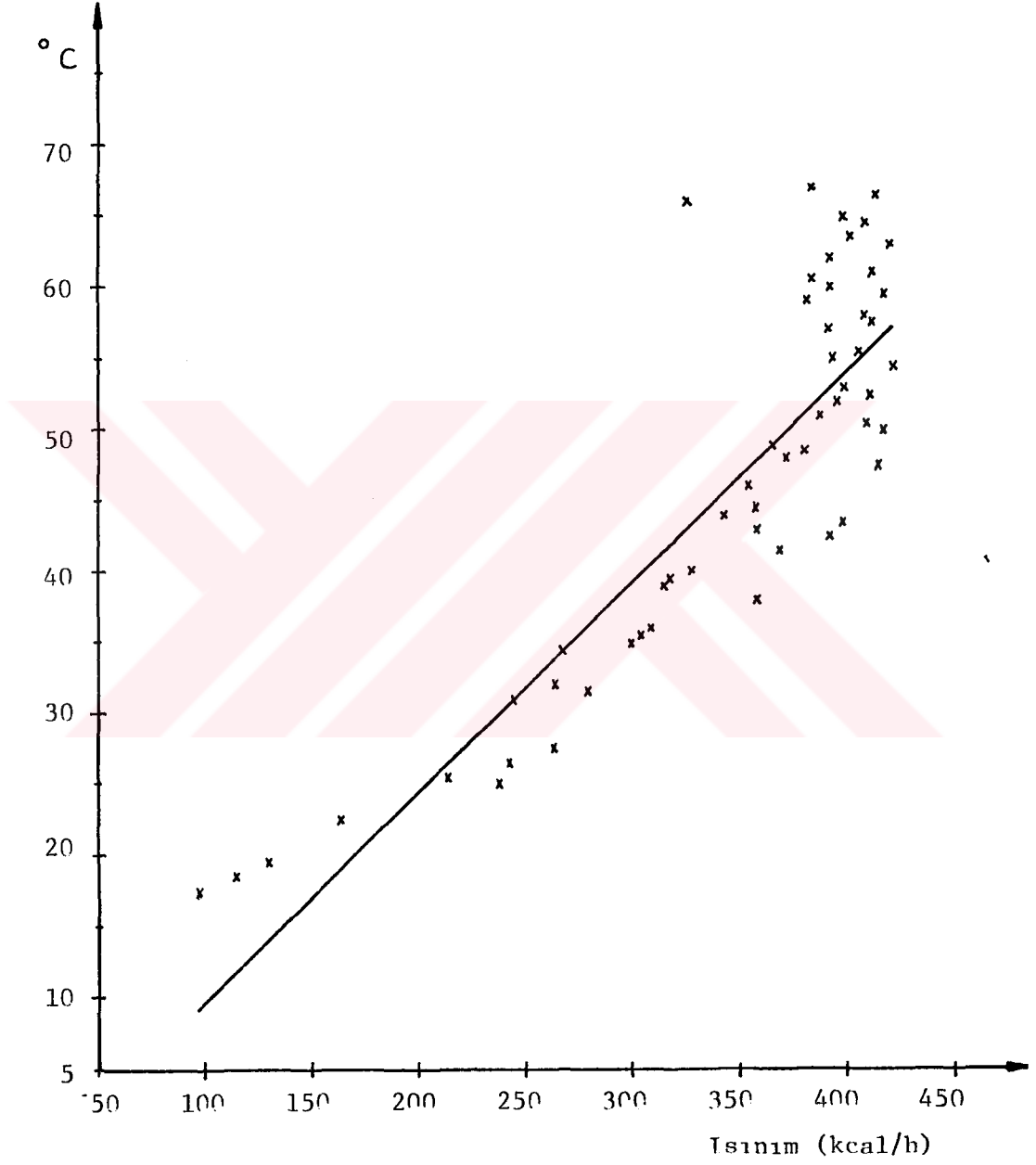
Aynı ilişki için, soğurucusu demir talaşı olan toplayıcıdaki korrelasyon katsayısı,

$$r_{xy} = 0.958 \pm 0.038$$

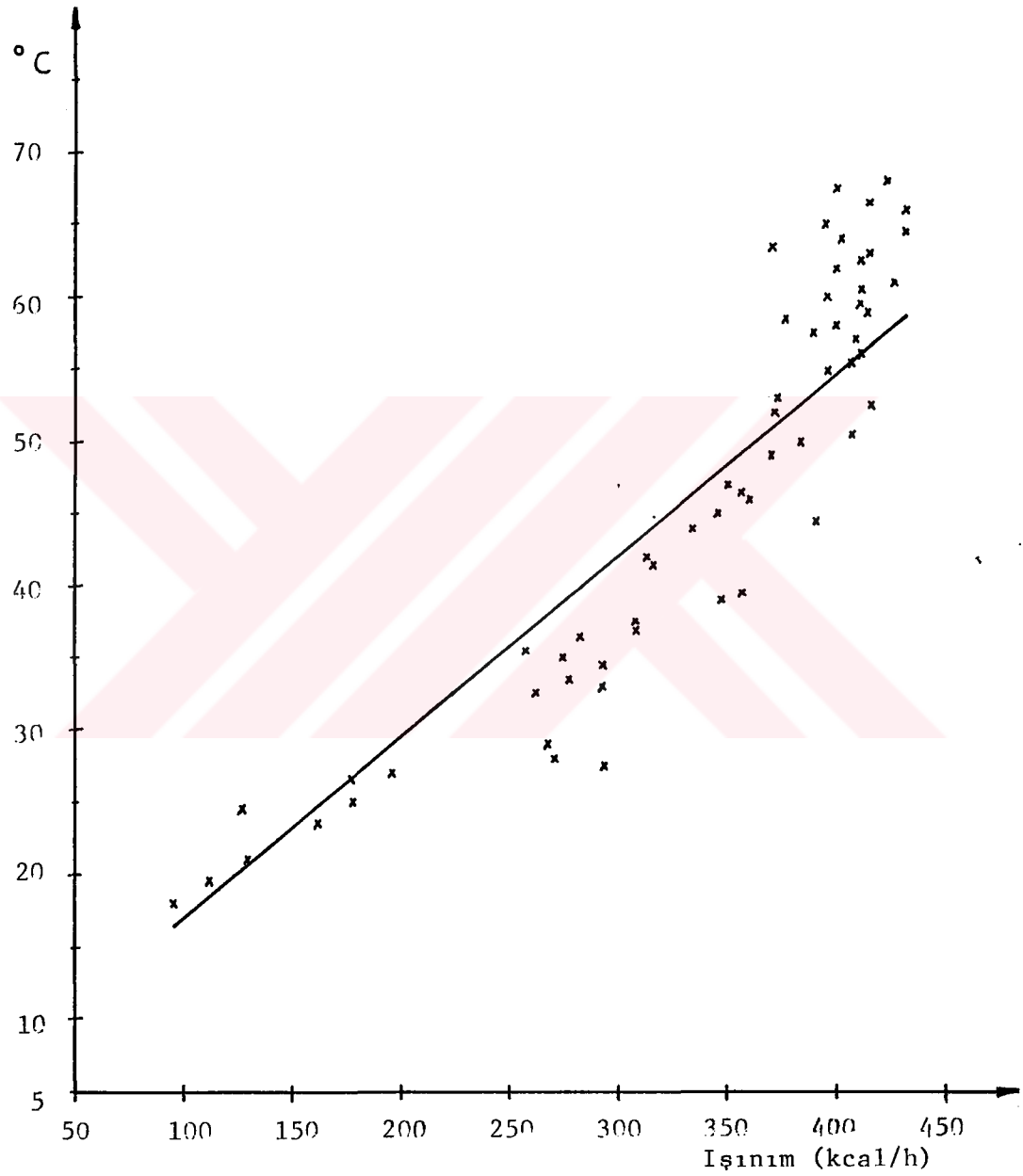
bulunmuştur. Bu değere, t-testi uygulandığı zaman,

$$\pm t = 24.777$$

bulunmuştur. Bu değer, 56-2=54 serbestlik derecesinde ve P=%0.1 sütunundan bulunan t=3.460 değeri ile karşılaştırıldığında, aynı değişkenler arasında, gerçek bir ilişki olduğu saptanmıştır. Doğrusal regresyon denklemi,



Şekil 3.4. Soğurucusu kömürleşmemiş taşlar olan topla - yıcının yüzeyine gelen ısınlm ile toplayıcı çıkış sıcaklığı arasındaki ilişki.



Şekil 3.5. Soğurucusu cam kırıkları olan toplayıcının yüzeyine gelen ışınım ile toplayıcı çıkış sıcaklığı arasındaki ilişki.

mi, aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$Y = -7.381 + 0.188X$$

Bu denklemde, (X)'in alabileceği maksimum ve minimum değerler, 437.857 kcal/h ile 112.902 kcal/h'dir. Bu değerlere bağlı olarak, (Y) değerleri de 79°C ile 19°C arasında değişmiştir.

Şekil 3.6'da, regresyon denklemine göre çizilmiş grafik görülmektedir.

3.3. Işınım İle Verim Arasındaki İlişki

Sabah 10.00 ile akşam 21.00 saatleri arasında yapılan 20 günlük denemelerde, eğik yüzeye gelen ışıınım ve toplayıcının günlük verimi arasında, beş toplayıcı için regresyon analizi yapılmıştır. Eğik yüzeye gelen günlük toplam ışıınım (X) değerleri, 3461.695 kcal/gün ile 941.936 kcal/gün arasında değişmiştir.

Regresyon analizi sonucunda, beş toplayıcı için de, bu iki değişken arasında düzgün doğrusal bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bu ilişkilere ilişkin eşitlikler, sırasıyla şu şekildedir.

i) Curuf için regresyon analizi

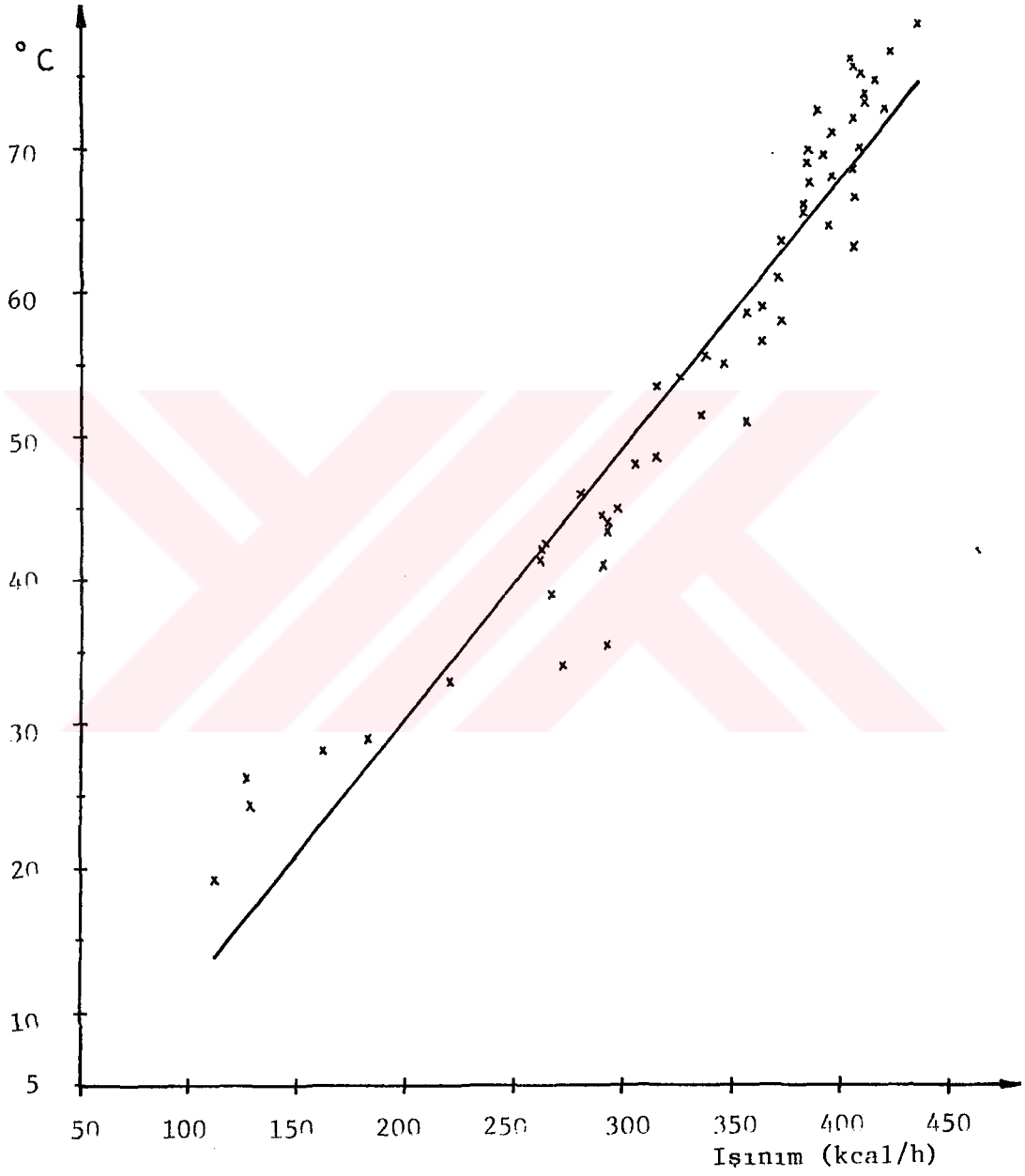
Yapılan denemelerde, eğik yüzeye gelen ışıınım ve toplayıcı verimi arasındaki ilişkinin korrelasyon katsayısı,

$$r_{xy} = 0.588 \mp 0.191$$

olarak bulunmuştur. Bu korrelasyon katsayısına, t-testi uygulandığı zaman,

$$\mp t = \frac{r}{S_r} = \frac{0.588}{0.191} = 3.083$$

bulunmuştur. Bulunan bu t değerinin, t-tablosundan 20-2=18 serbestlik derecesinde ve P = %1 sütunundan bulunan t=2.878 değeri ile karşılaştırılması sonucunda, toplayıcı verimi ile eğik yüzeye gelen ışıınım arasında, gerçek bir ilişkinin olduğu saptanmıştır.



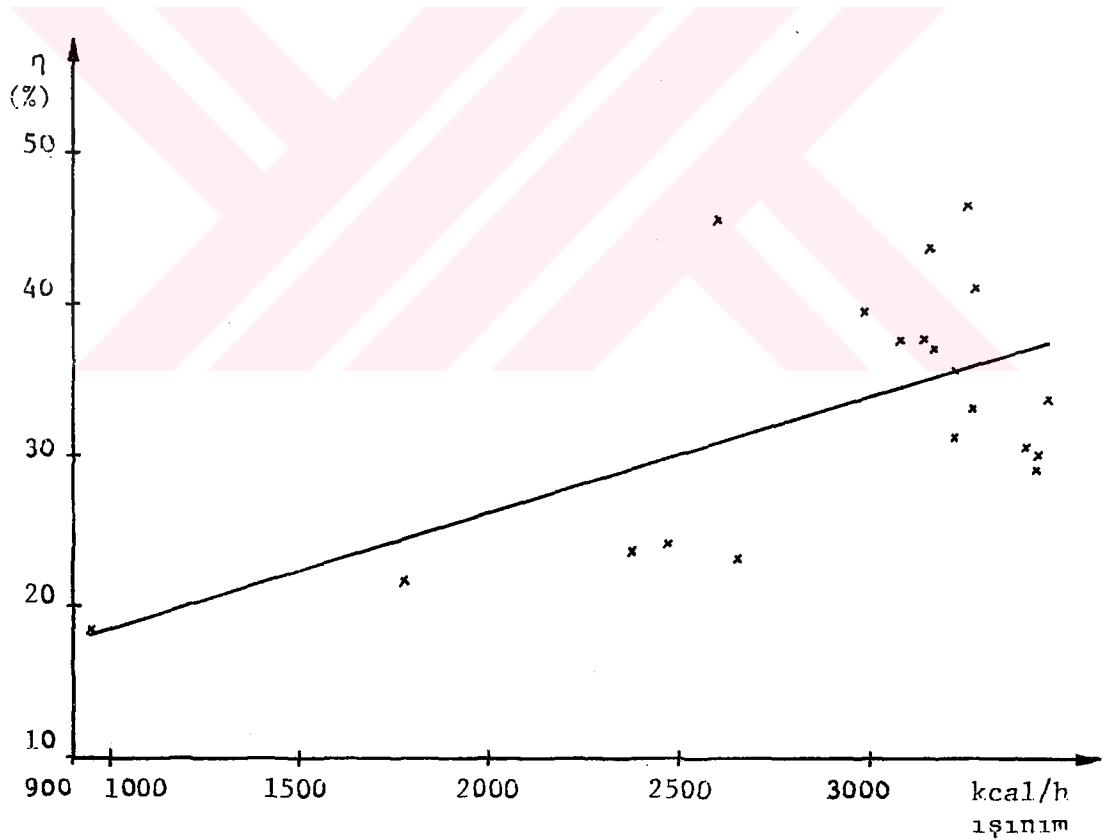
Şekil 3.6. Soğurucusu demir talaşı olan toplayıcının yüzeyine gelen ışınlm ile toplayıcı çıkış sıcaklığı arasındaki ilişki.

Eğik yüzeye gelen günlük ışınlam toplamı (X) ile günlük toplayıcı verimi (Y) arasındaki doğrusal regresyon denklemi,

$$Y = 11.250 + 0.007X$$

şeklinde bulunmuştur. Bu denklemde, (Y)'nin alabileceği maksimum ve minumum değerler, %46.602 ile %18.506 arasında değiştir.

Şekil 3.7'de, regresyon denklemine göre çizilmiş grafik görölmektedir.



Şekil 3.7. Soğurucusu curuf olan toplayıcının yüzeyine gelen ışınlam ile toplayıcı verimi arasındaki ilişki.

ii) Fındık kabuğu için regresyon analizi

Yapılan denemelerde, aynı iki değişken arasındaki ilişkinin korrelasyon katsayısı,

$$r_{xy} = 0.731 \mp 0.161$$

bulunmuştur. Bu değere, t-testi uygulandığı zaman,

$$\mp t = 4.548$$

bulunmuştur. Bu değer, $20-2=18$ serbestlik derecesinde ve $P = \%0.1$ sütunundan bulunan $t=3.922$ değeri ile karşılaştırıldığında, bu iki değişken arasında, gerçek bir ilişki olduğu anlaşılmıştır. Doğrusal regresyon denklemi, aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$Y = -1.451 + 0.014X$$

Bu denklemde, (Y)'nin alabileceği maksimum ve minimum değerler, $\%55.264$ ile $\%19.370$ arasında değişmiştir.

Şekil 3.8'de, regresyon denklemine göre çizilmiş grafik görülmektedir.

iii) Kömürleşmemiş taşlar için regresyon analizi

Soğurucusu kömürleşmemiş taşlar olan toplayıcıda yapılan denemelerde, bu iki değişken arasındaki ilişkinin korrelasyon katsayısı,

$$r_{xy} = 0.584 \mp 0.191$$

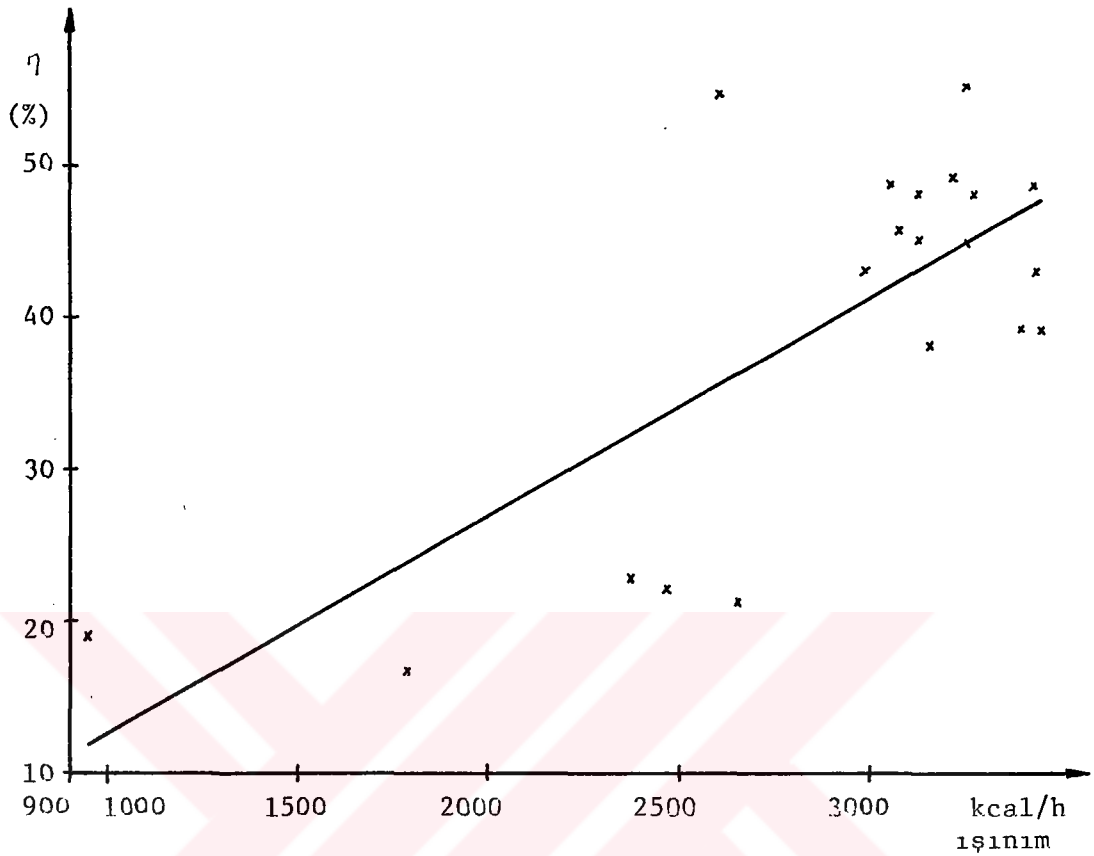
bulunmuştur. Bu değere, t-testi uygulandığı zaman,

$$\mp t = 3.055$$

bulunmuştur. Bu değer, $20-2=18$ serbestlik derecesinde ve $P = \%1$ sütunundan bulunan $t=2.878$ değeri ile karşılaştırıldığında, aynı değişkenler arasında, gerçek bir ilişki olduğu anlaşılmıştır. Doğrusal regresyon denklemi,

$$Y = 5.159 + 0.008X$$

şeklinde bulunmuştur. Bu denklemde, (Y) değerleri $\%54.972$ ile $\%15.135$ arasında değişmiştir.



Şekil 3.8. Soğurucusu fındık kabuğu olan toplayıcının yüzeyine gelen ışıınım ile toplayıcı verimi arasındaki ilişki.

Soğurucusu kömürleşmemiş taşlar olan toplayıcı için, regresyon denkleminde göre çizilmiş grafik, Şekil 3.9'da gösterilmektedir.

iv) Cam kırıkları için regresyon analizi

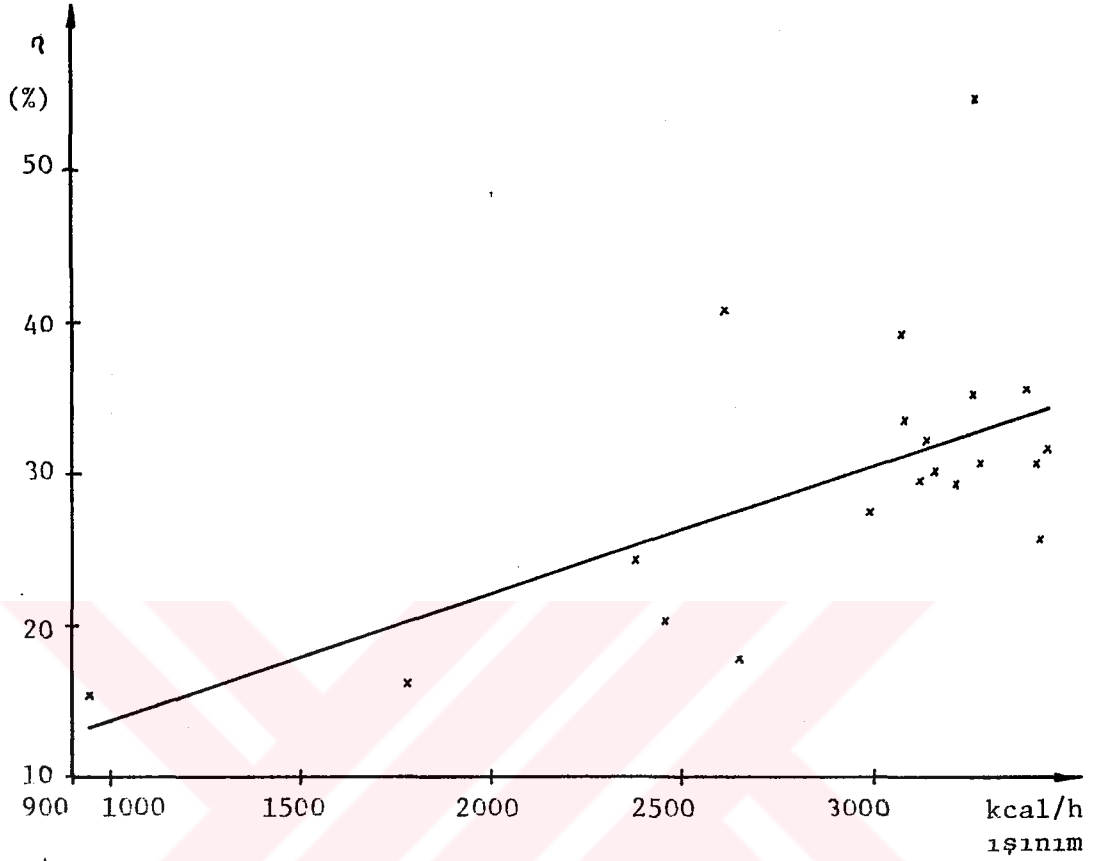
Soğurucusu cam kırıkları olan toplayıcıda yapılan deneylerde, aynı değişkenler arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı,

$$r_{xy} = 0.770 \pm 0.150$$

bulunmuştur. Bu değere, t-testi uygulandığı zaman,

$$\pm t = 5.126$$

bulunmuştur. Bu değer, 20-2=18 serbestlik derecesinde ve P=%0.1 sütunundan bulunan t=3.922 değeri ile karşılaştırıldığında zaman, iki değişken arasında, gerçek bir



Şekil 3.9. Soğurucusu kömürleşmemiş taşlar olan toplayıcının yüzeyine gelen ışıınım ile toplayıcı verimi arasındaki ilişki.

ilişki olduğu saptanmıştır. Doğrusal regresyon denklemi, aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$Y = -10.371 + 0.018X$$

Bu denklemde, (Y)'nin alabileceği maksimum ve minimum değerler, %65.126 ile %14.948 arasında değişmiştir.

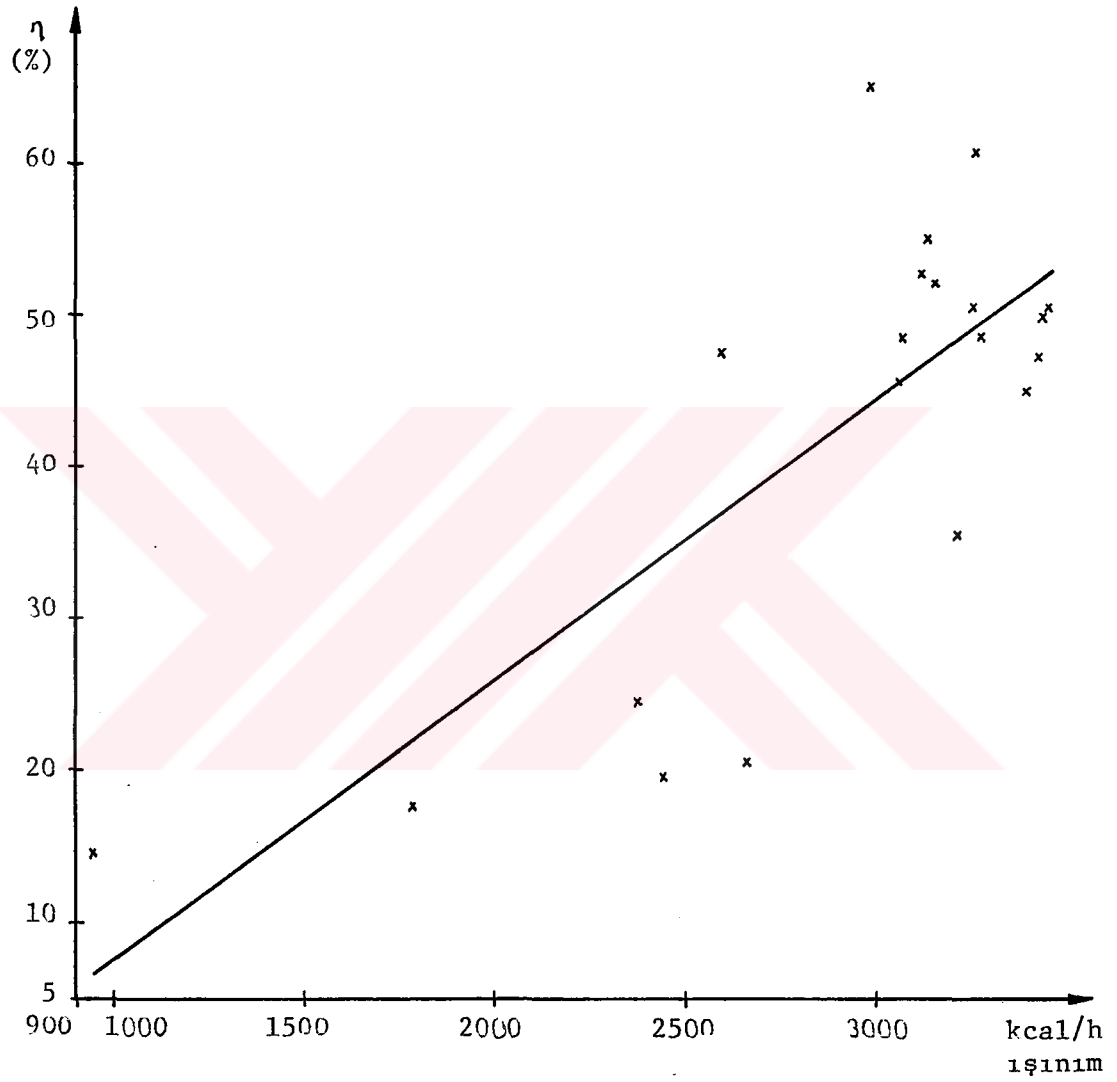
Şekil 3.10'da, regresyon denklemine göre çizilmiş grafik görülmektedir.

v) Demir talaşı için regresyon analizi

Soğurucusu demir talaşı olan toplayıcıda yapılan deneylerde, aynı değişkenler arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı,

$$r_{xy} = 0.709 \pm 0.166$$

bulunmuştur. Bu değere, t-testi uygulandığı zaman,



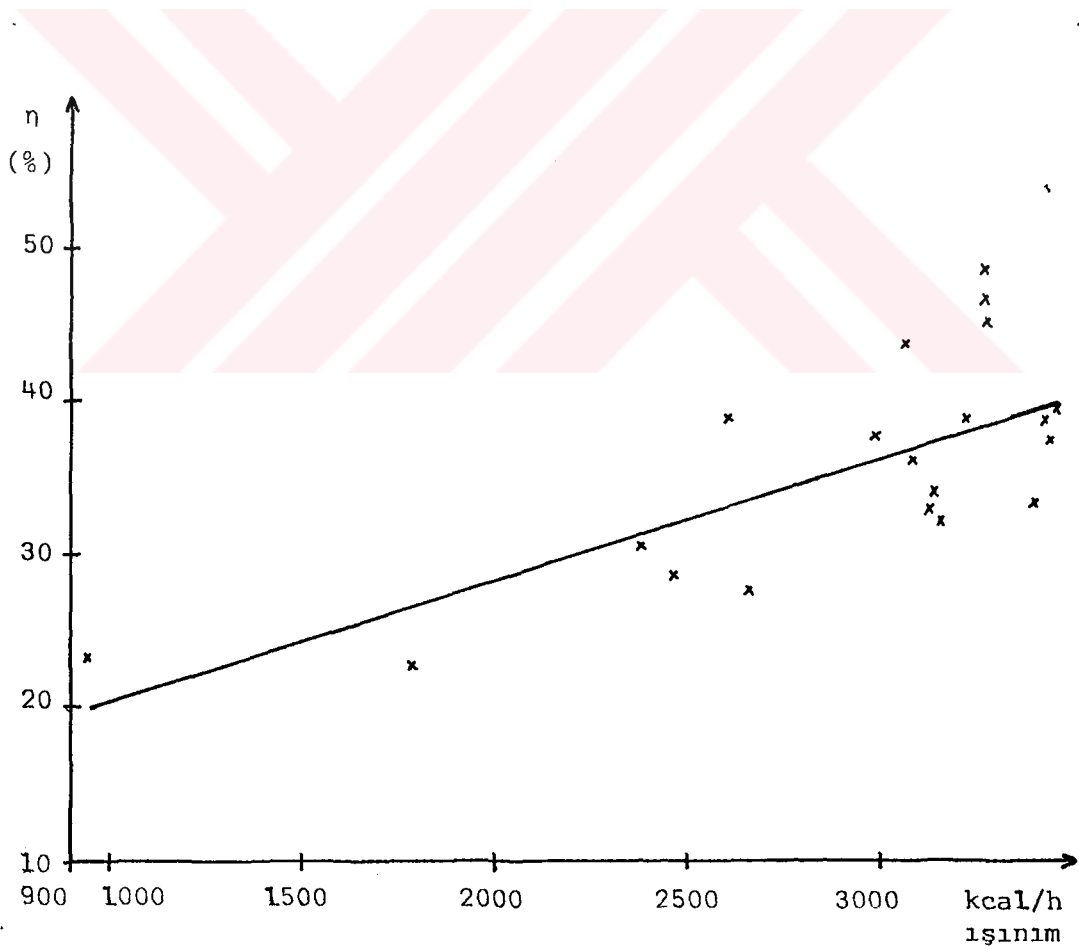
Şekil 3.10. Soğurucusu cam kırıkları olan toplayıcının yüzeyine gelen ışınlım ile toplayıcı verimi arasındaki ilişki.

$$F_t = 4.273$$

bulunmuştur. Bu değer, $20-2=18$ serbestlik derecesinde ve $P=0.1$ sütunundan bulunan $t=3.922$ değeriyle karşılaştırıldığında, iki değişken arasında, gerçek bir ilişki olduğu anlaşılmıştır. Doğrusal regresyon denklemi, aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$Y = 12.588 + 0.008X$$

Bu denklemde, (Y) değerleri %48.744 ile %23.552 arasında değişmiştir. Regresyon denklemine göre çizilmiş grafik, Şekil 3.11'de görülmektedir.



Şekil 3.11. Soğurucusu demir talaşı olan toplayıcının yüzeyine gelen ışınlım ile toplayıcı verimi arasındaki ilişki.

4. GENEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Sonuçlar yalnızca verim yönünden incelendiği zaman, soğurucusu cam kırıkları olan toplayıcının en yüksek verim değerine ulaştığı saptanmıştır. Diğerleri sırası ile, soğurucuları fındık kabukları, demir talaşı, curuf ve kömürleşmemiş taşlar olan toplayıcılardır.

Eğer, sonuçlar yalnızca sıcaklık yönünden ele alınırsa, en yüksek sıcaklık artışına, demir talaşlı toplayıcıda ulaşıldığı gözlenmiştir. Fakat, en hızlı sıcaklık düşüşü de, demir talaşlı toplayıcıda olmuştur. Sıcaklık artışı yönünden, diğerleri sırası ile, cam kırıkları, fındık kabukları, curuf ve kömürleşmemiş taşlardan oluşan toplayıcılardır.

Soğurucusu curuf olan toplayıcının kükürt kokusu çıkarttığı gözlemlendiği için, bu tür bir toplayıcının mahal ısıtılmasında uygun olmadığı saptanmıştır.

Sonuçlar irdelendiğinde, Zonguldak yöresinde, enerji kaynağı olarak güneşten, düşük sıcaklık uygulamalarında ve ürün kurutulmasında yararlanılabileceğinin mümkün olduğu görülmektedir.

Ek Açıklamalar-A

İŞINIM ŞİDDETİ DEĞERLERİNİN HESAPLANIŞI

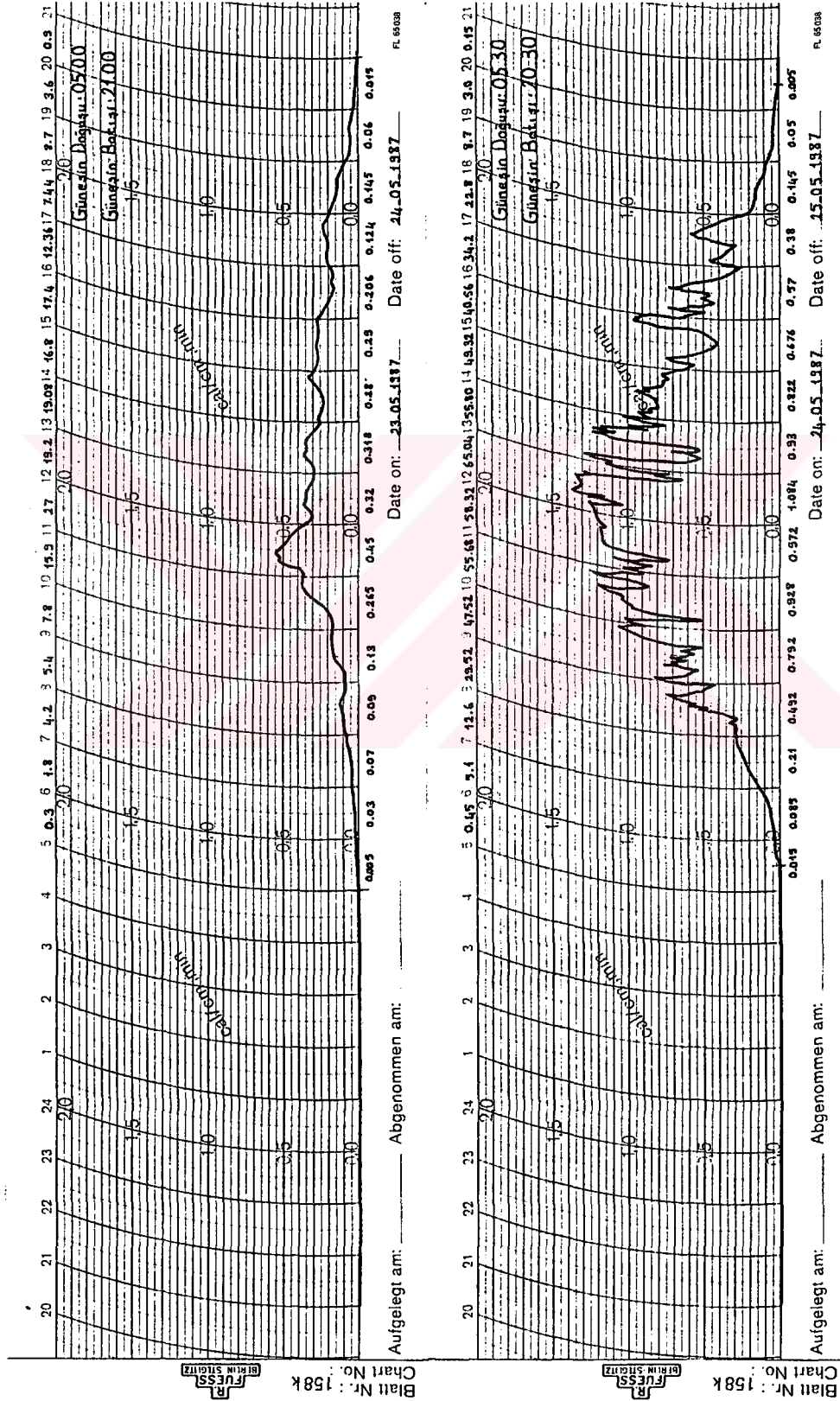
Aktinograflar, açık havada düz olarak, parçalı bulutlu havalarda ise zikzaklı (titreşimli) olarak çizim yap - maktadırlar.

Düz çizgilerin değerlendirilmesi için, diyagram saat başlarında geçen çizgiler ile kalem ucunun çizdiği çiz - ginin kesiştiği noktadaki değerler okunmaktadır. Oku - nan saat başlarındaki değerler toplanıp ikiye bölünmek - te ve bu değer 60 ile çarpılarak bir saat içinde gelen kalori miktarı bulunmaktadır.

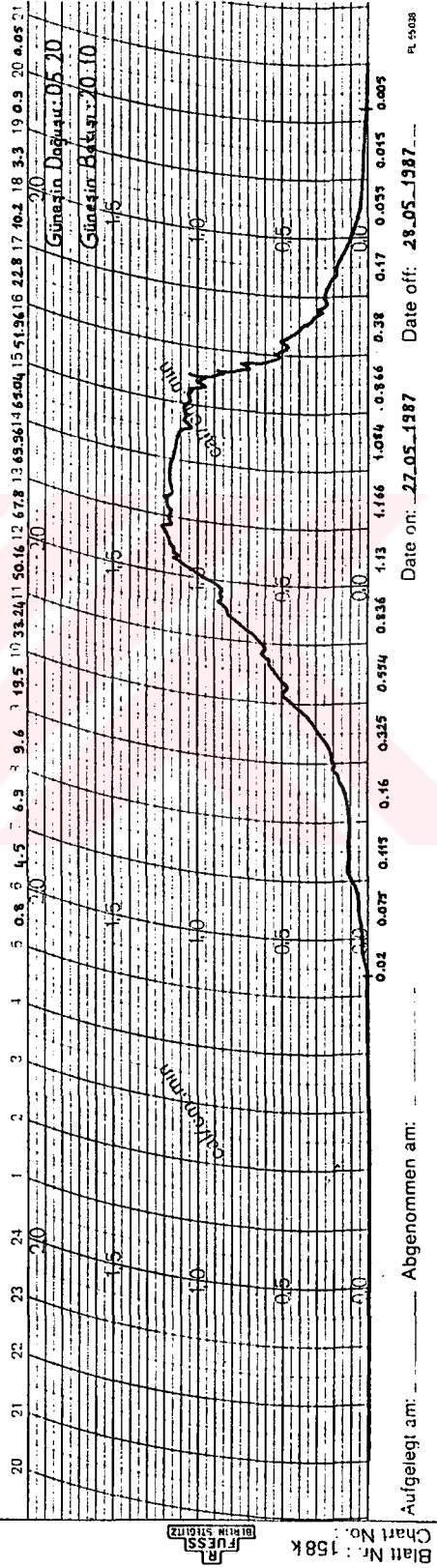
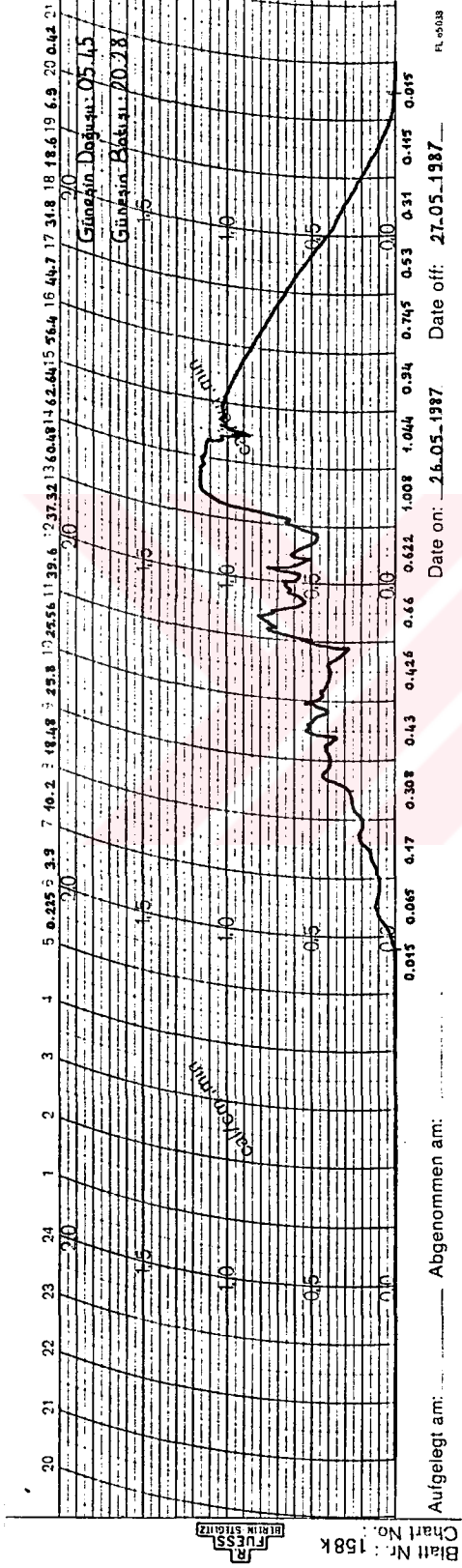
Titreşimli çizgilerin değerlendirilmesi için, her saat aralığında beş nokta alınıp ortalaması alındıktan sonra 60 ile çarpılarak gelen saatlik kalori miktarı bulun - maktadır.

Güneşin doğuş ve batışlarındaki küçük üçgenlerin değer - lendirilmesi, aynı şekilde yapılır. Yalnız, bulunan ortalama değerler, güneşlenme süresi kadar değer ile çarpılarak gelen kalori miktarı bulunmaktadır.

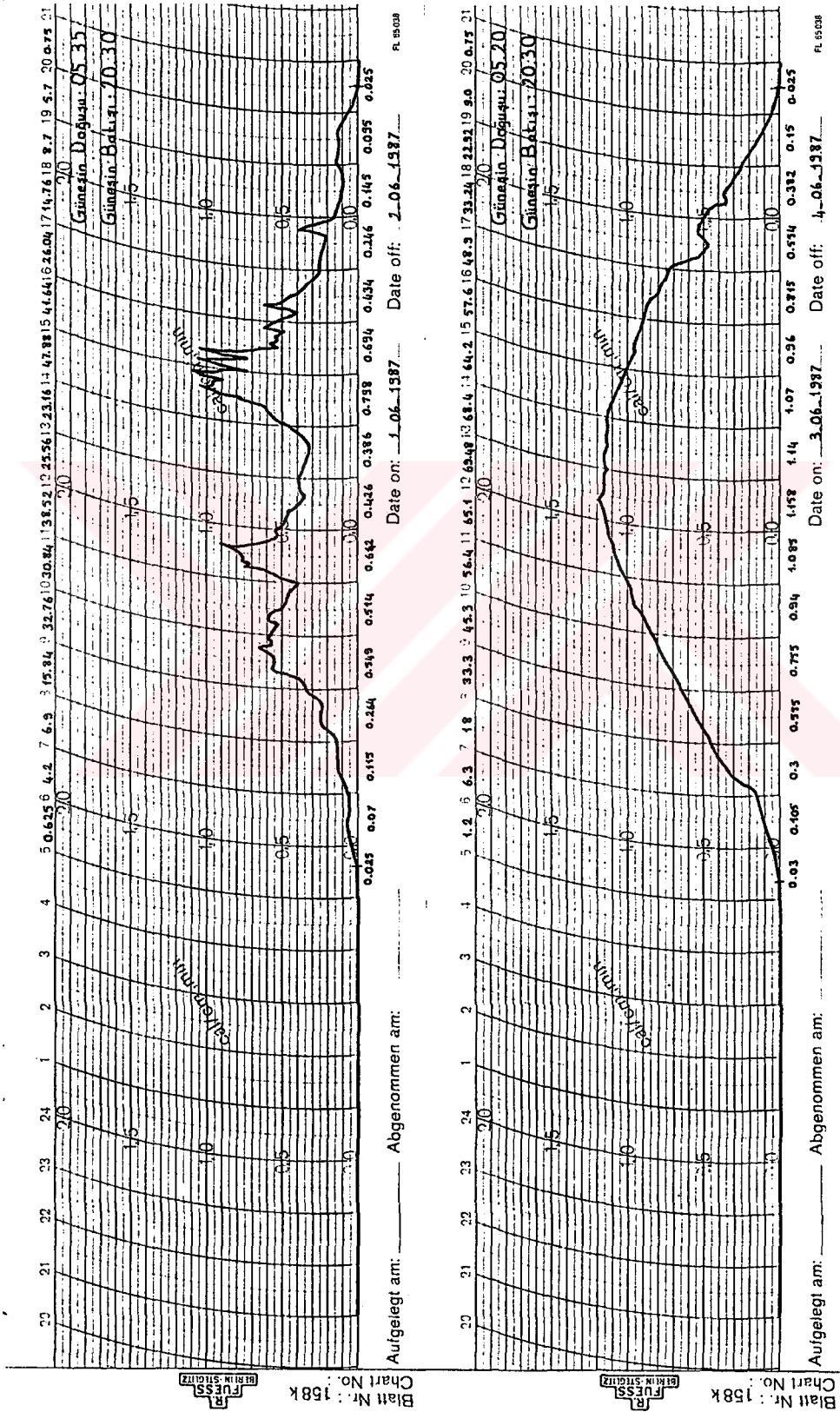
Şekil A.1'de, denemelerin yapıldığı günlerdeki, hesap - lanmış ışınım şiddeti değerleri toplu olarak gösteril - mektedir.

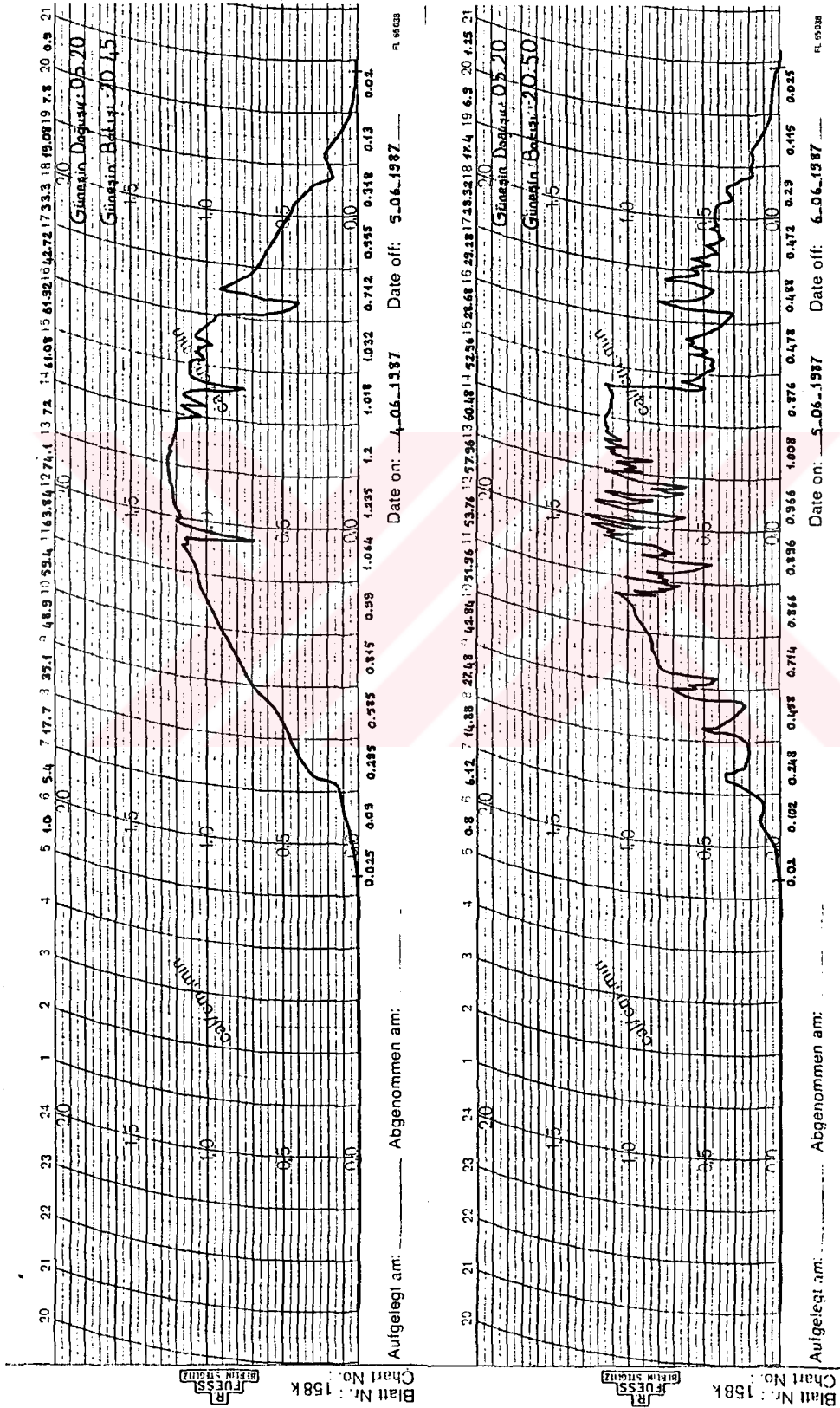


Şekil A.1. Günlük ırsınım şiddeti değeri.

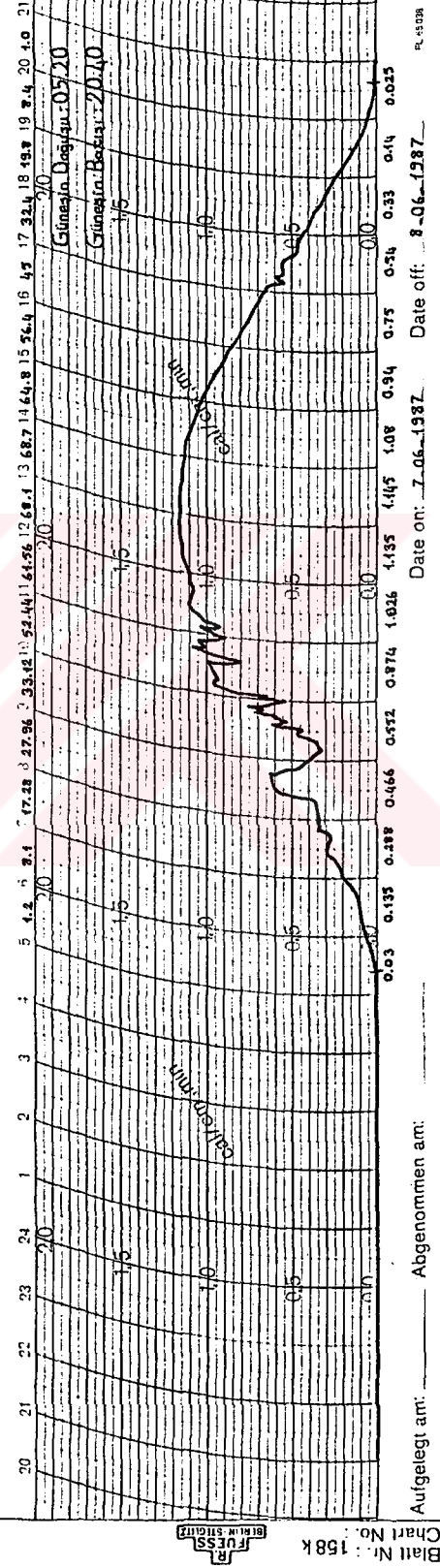
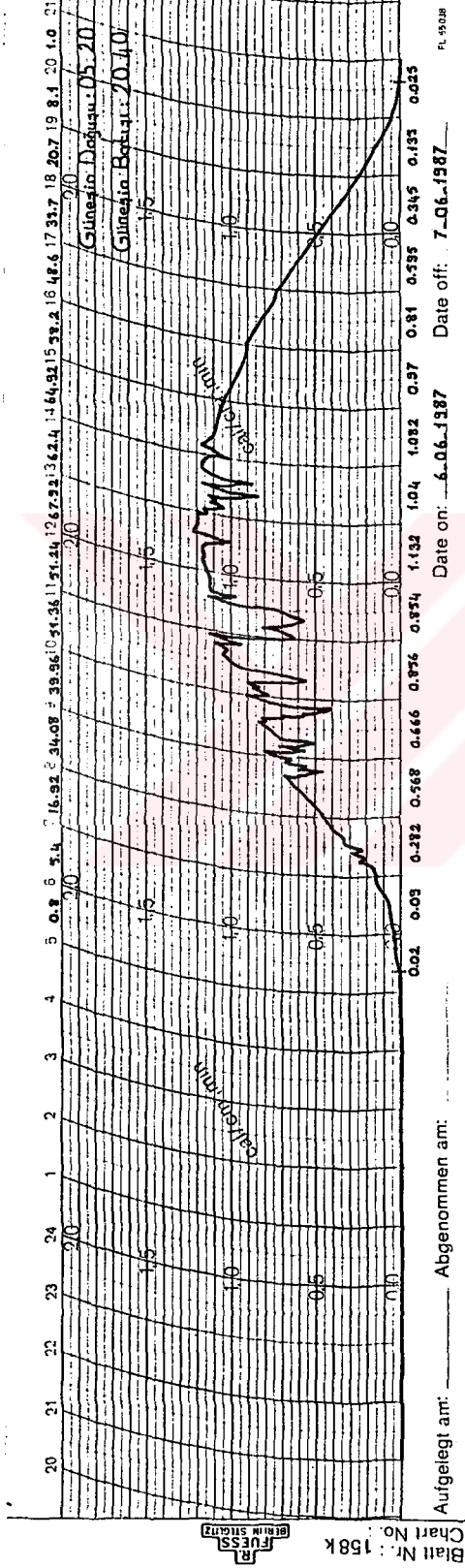


Şekil A.1. Günlük ışıınım şiddeti değerleri.

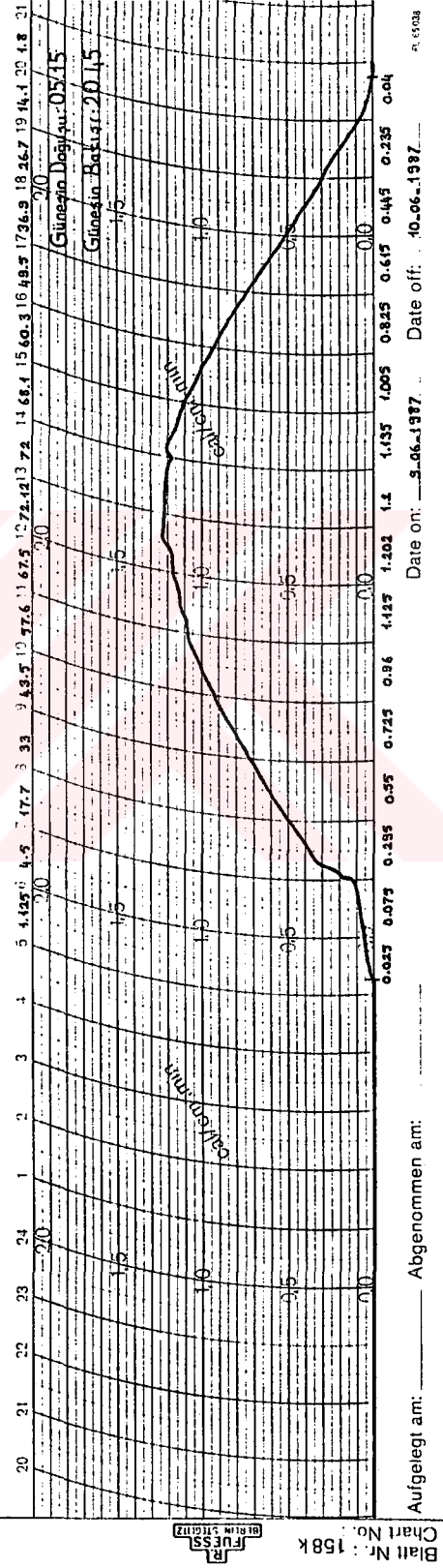
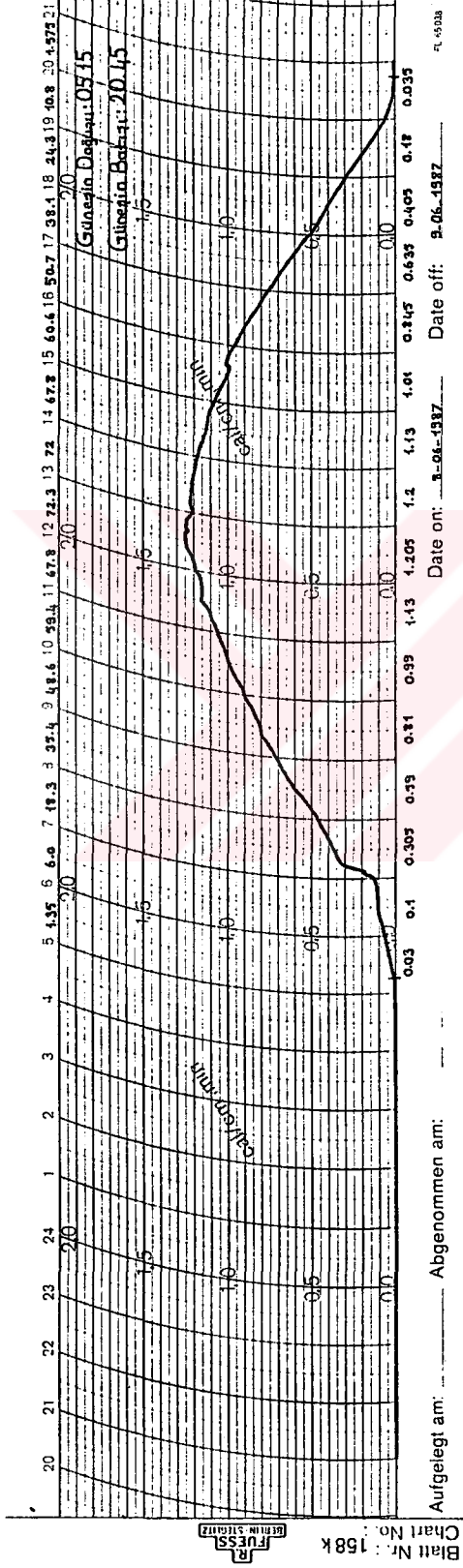




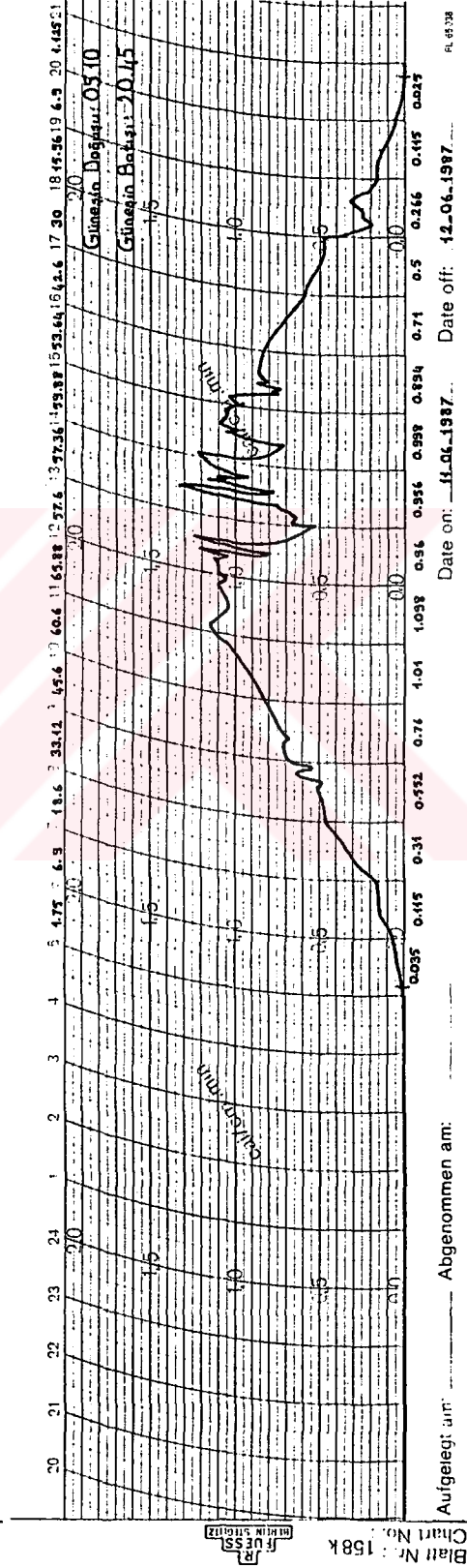
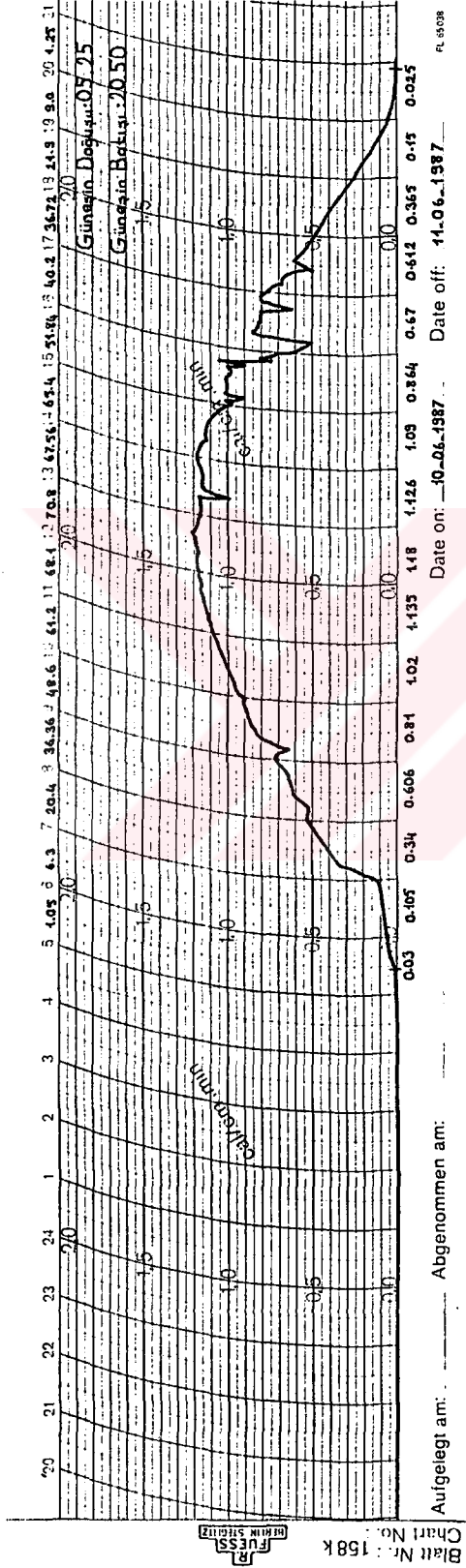
Şekil A.1. Günlük ışınlam şiddeti değerleri.



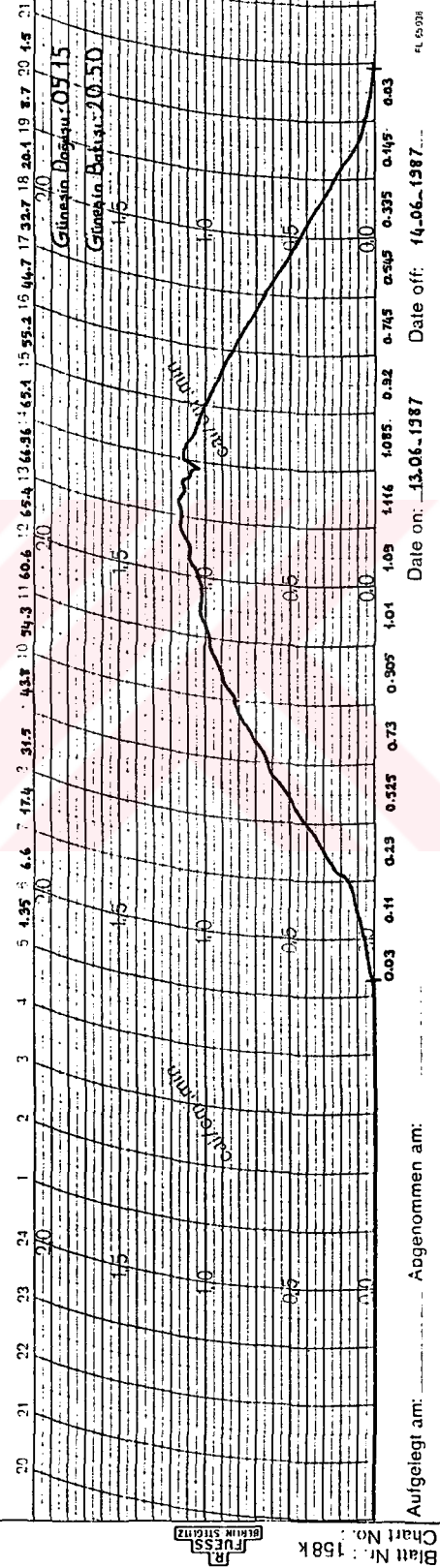
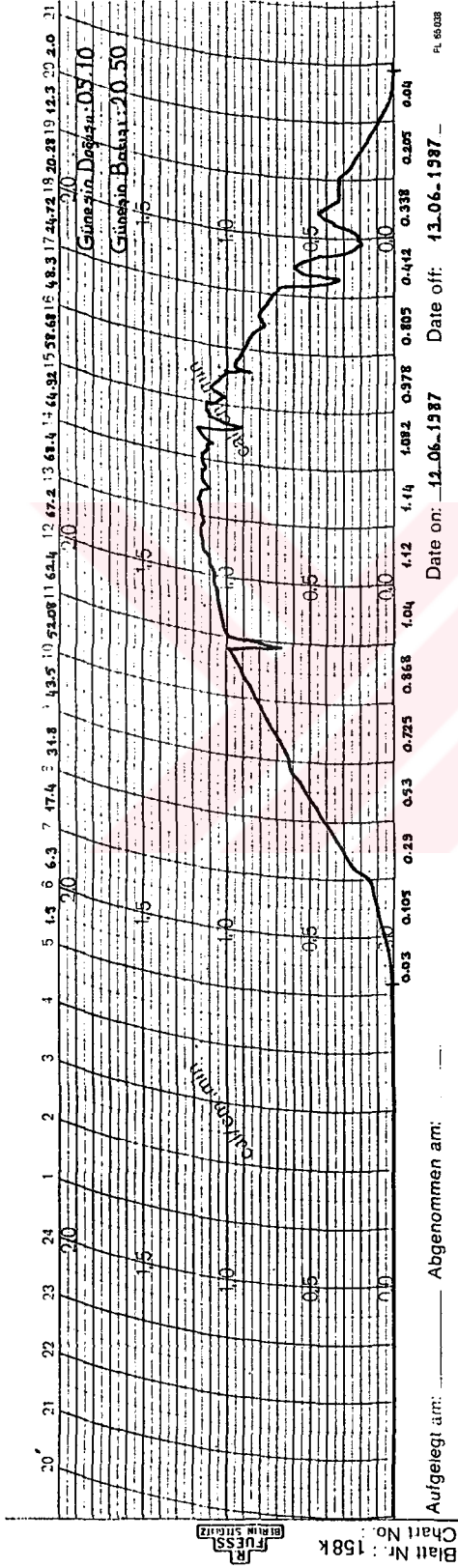
Şekil A.1. Günlük ısıtım şiddeti değerleri.



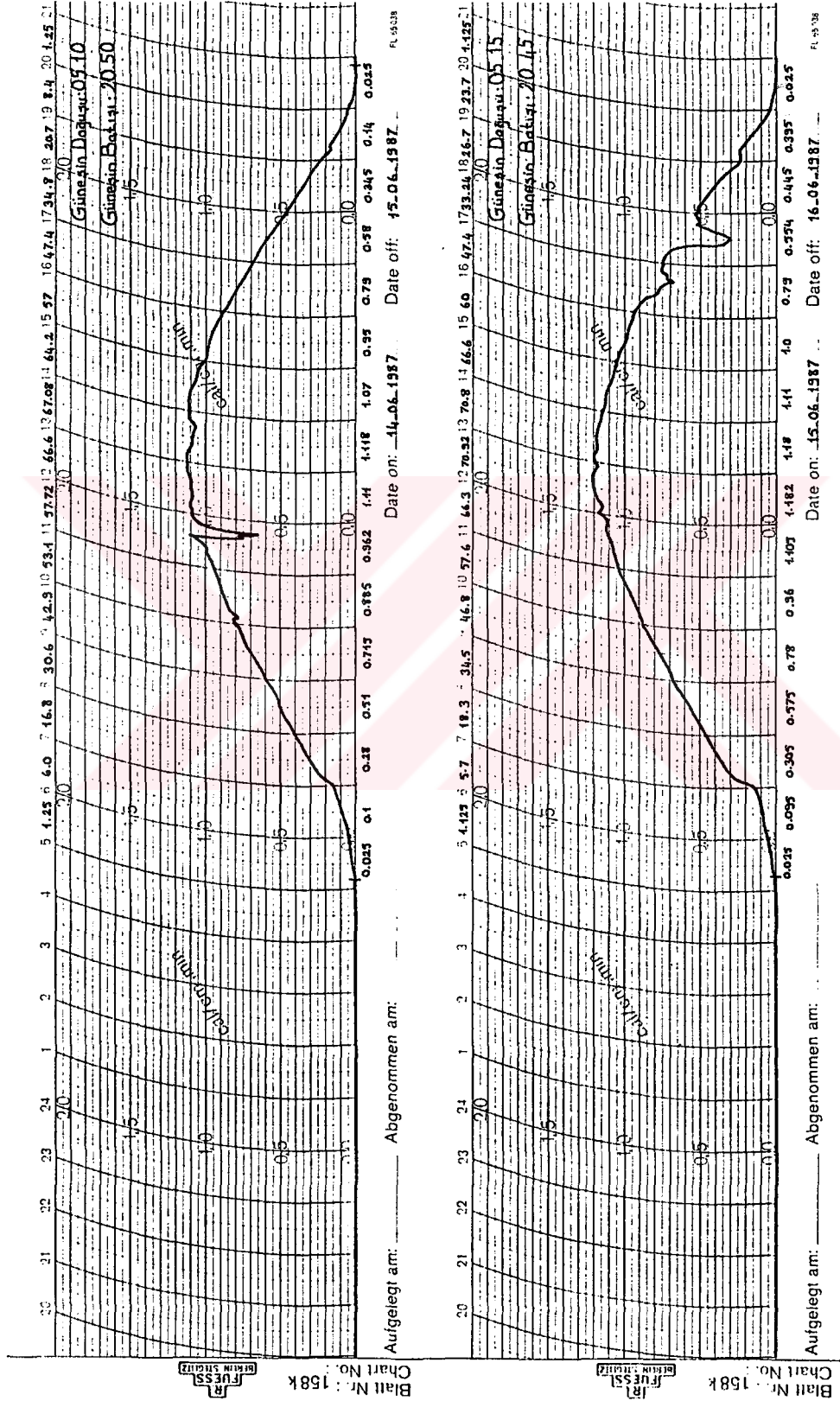
Şekil A.1. Günlük ışıının şiddeti değerleri.



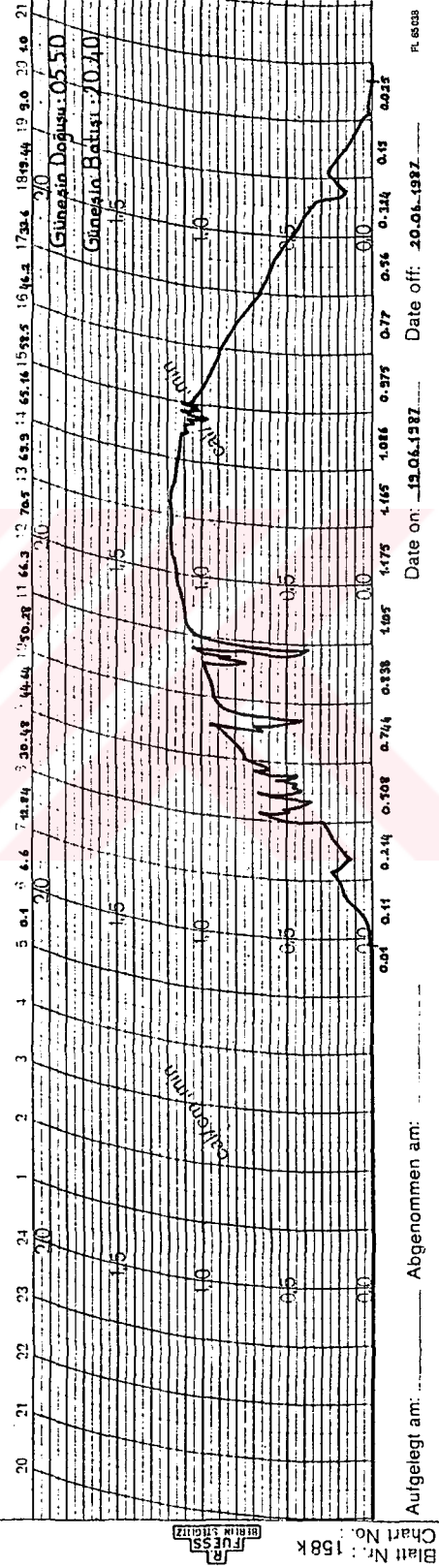
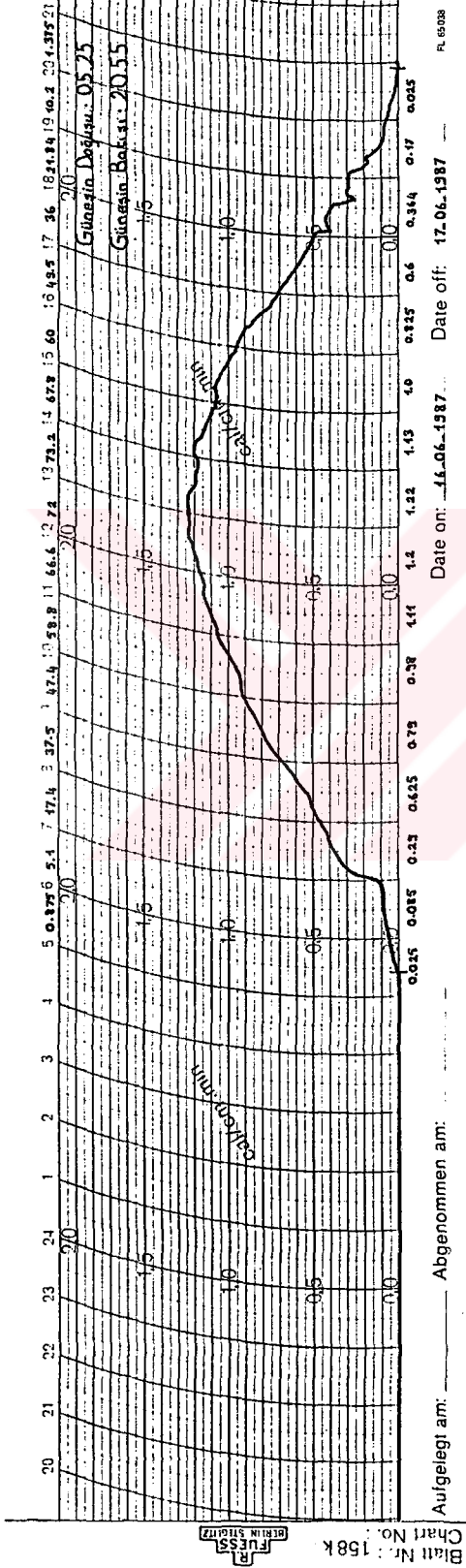
Şekil A.1. Günlük ırsınım şiddeti değerleri.



Sekil A.1. Günlük ısıyım şiddeti değerleri.



Şekil A.1. Günlük ısıtım şiddeti değerleri.

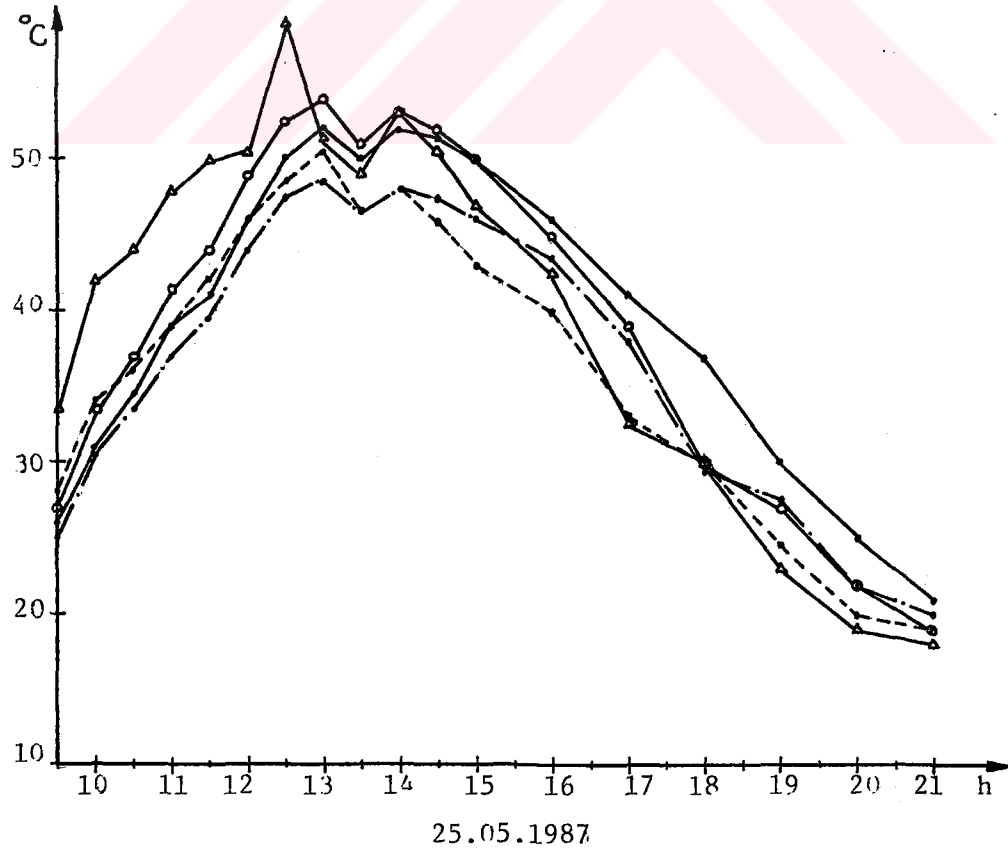
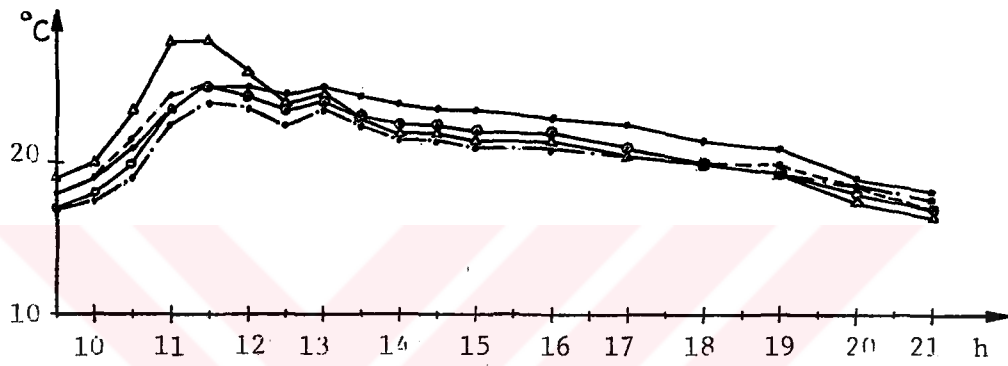


Şekil A.1. Günlük ısıyınım şiddeti değerleri.

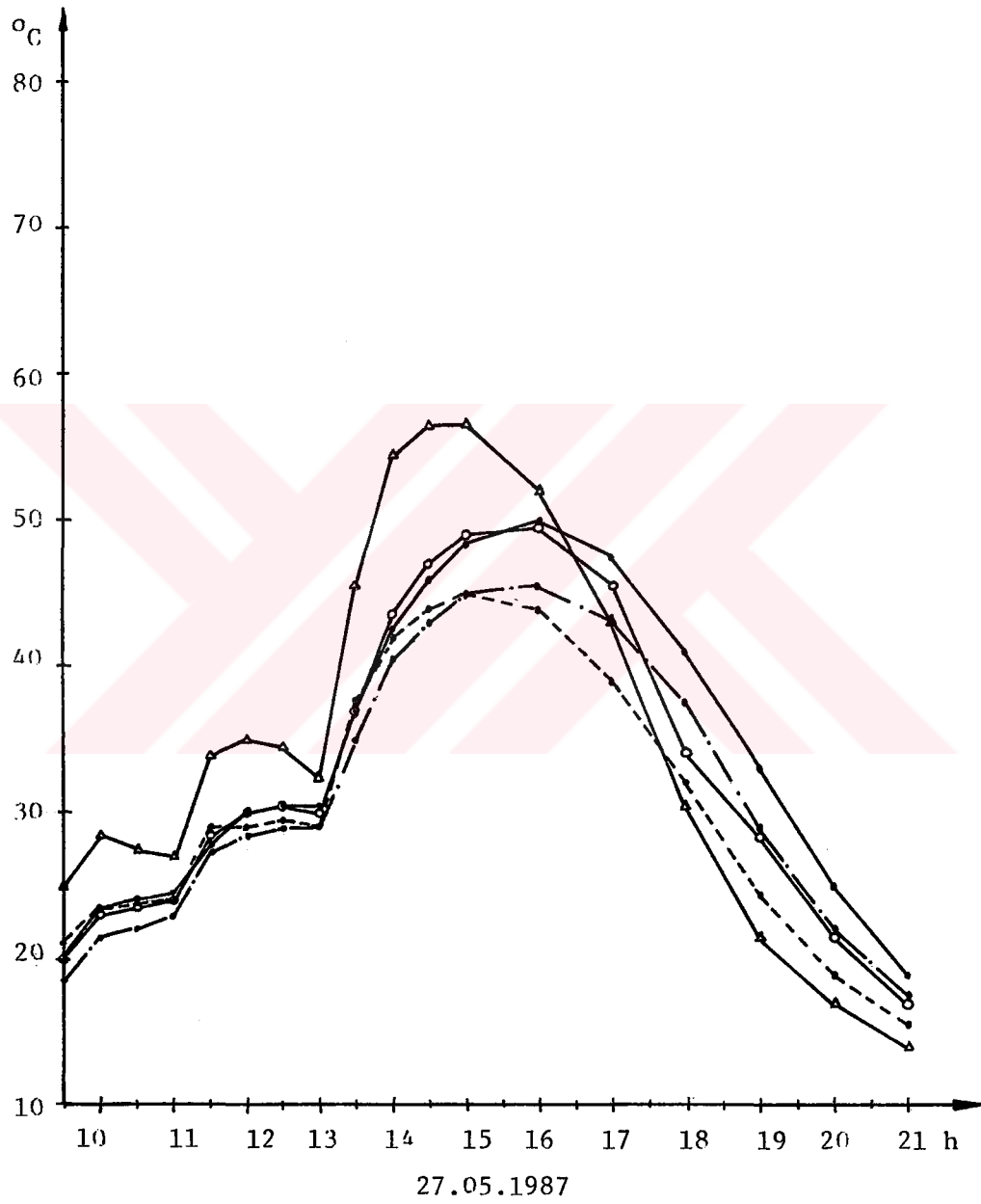
Ek Açıklamalar-8

SICAKLIK-ZAMAN GRAFİKLERİNİN ÇİZİMLERİ

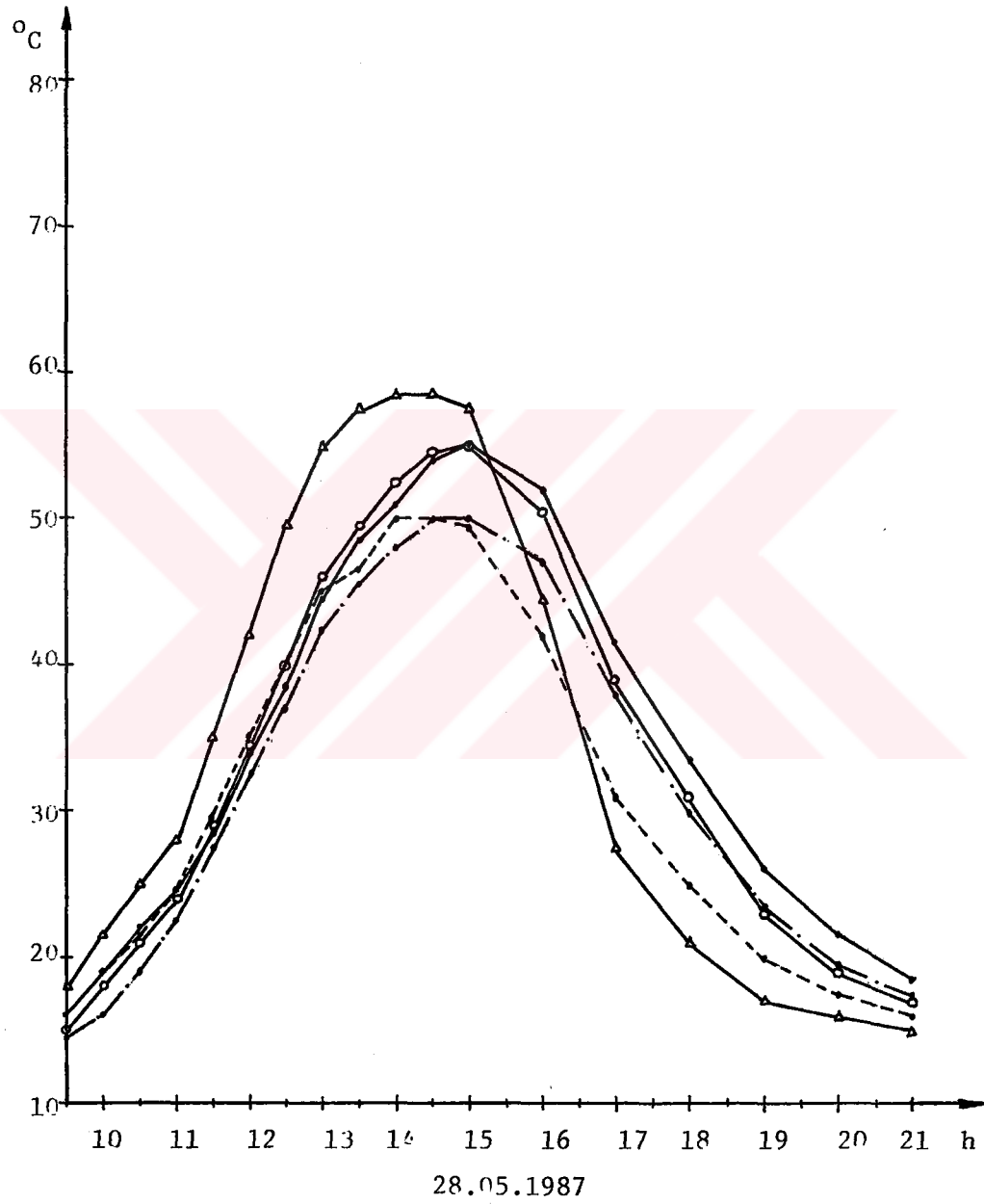
Deneme yapılan her gün için, her toplayıcının çıkış sıcaklığı, zamana bağlı olarak grafiğe geçilmiştir. Grafikler, toplu olarak Şekil B.1'de verilmiştir.



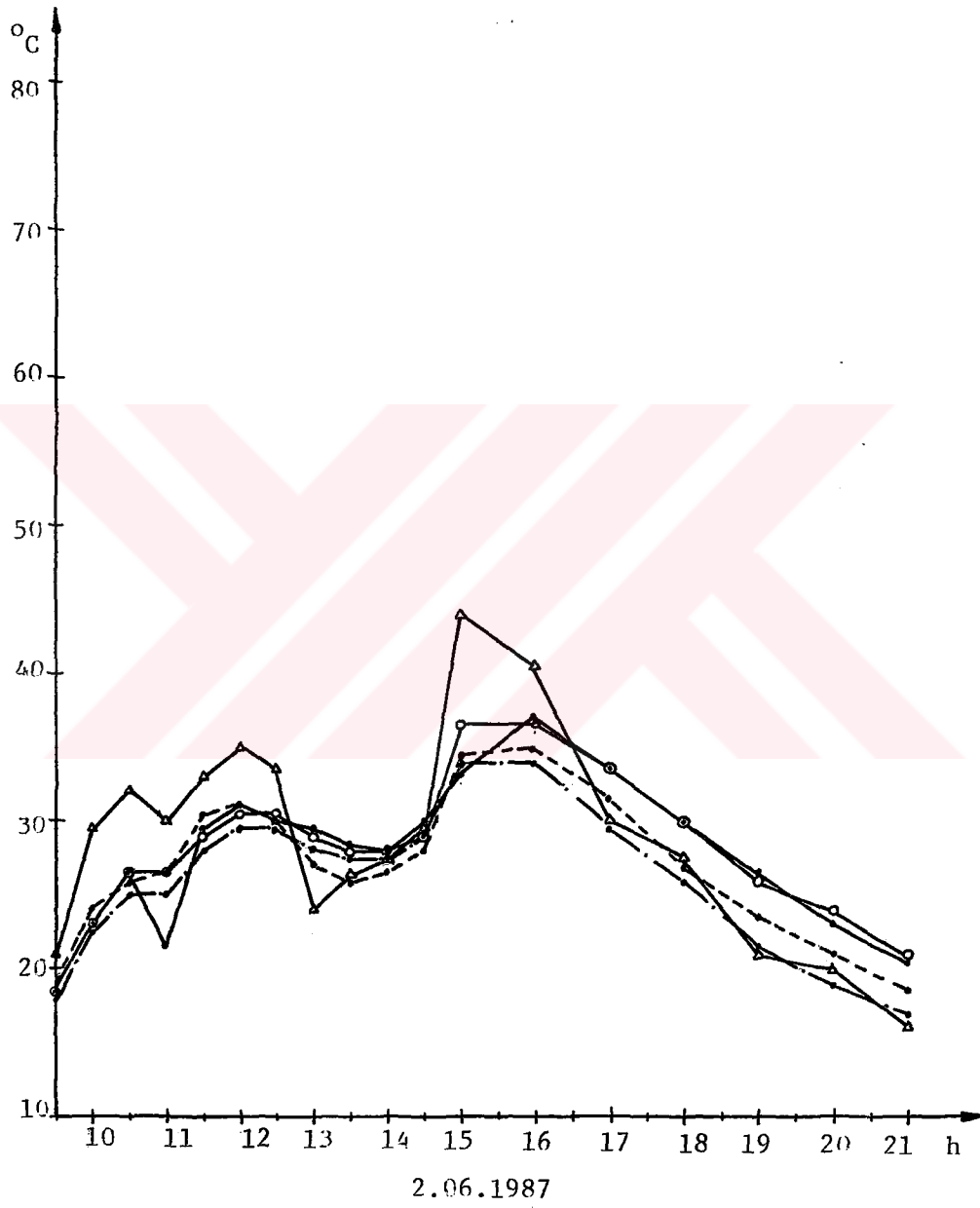
Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.



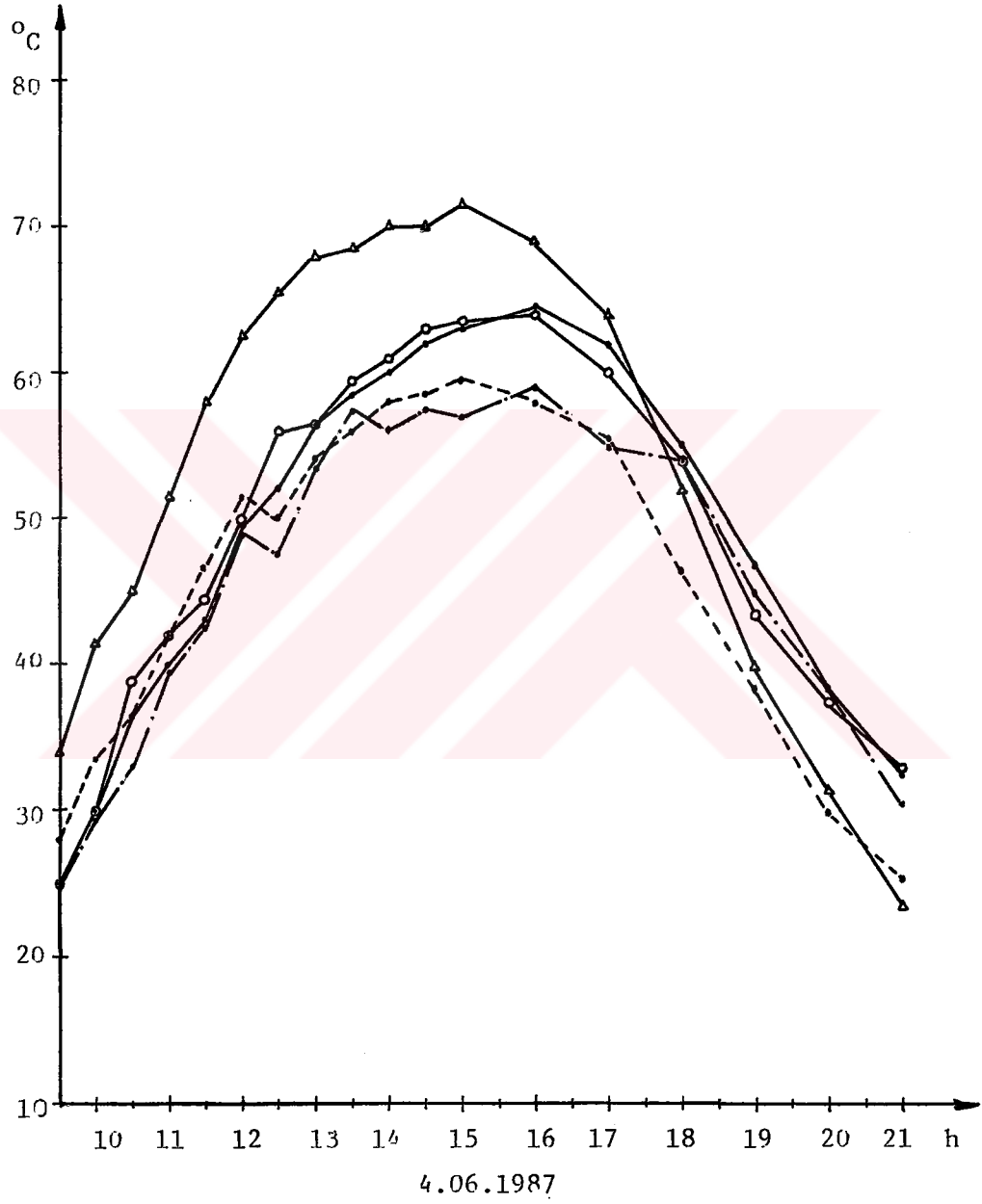
Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.



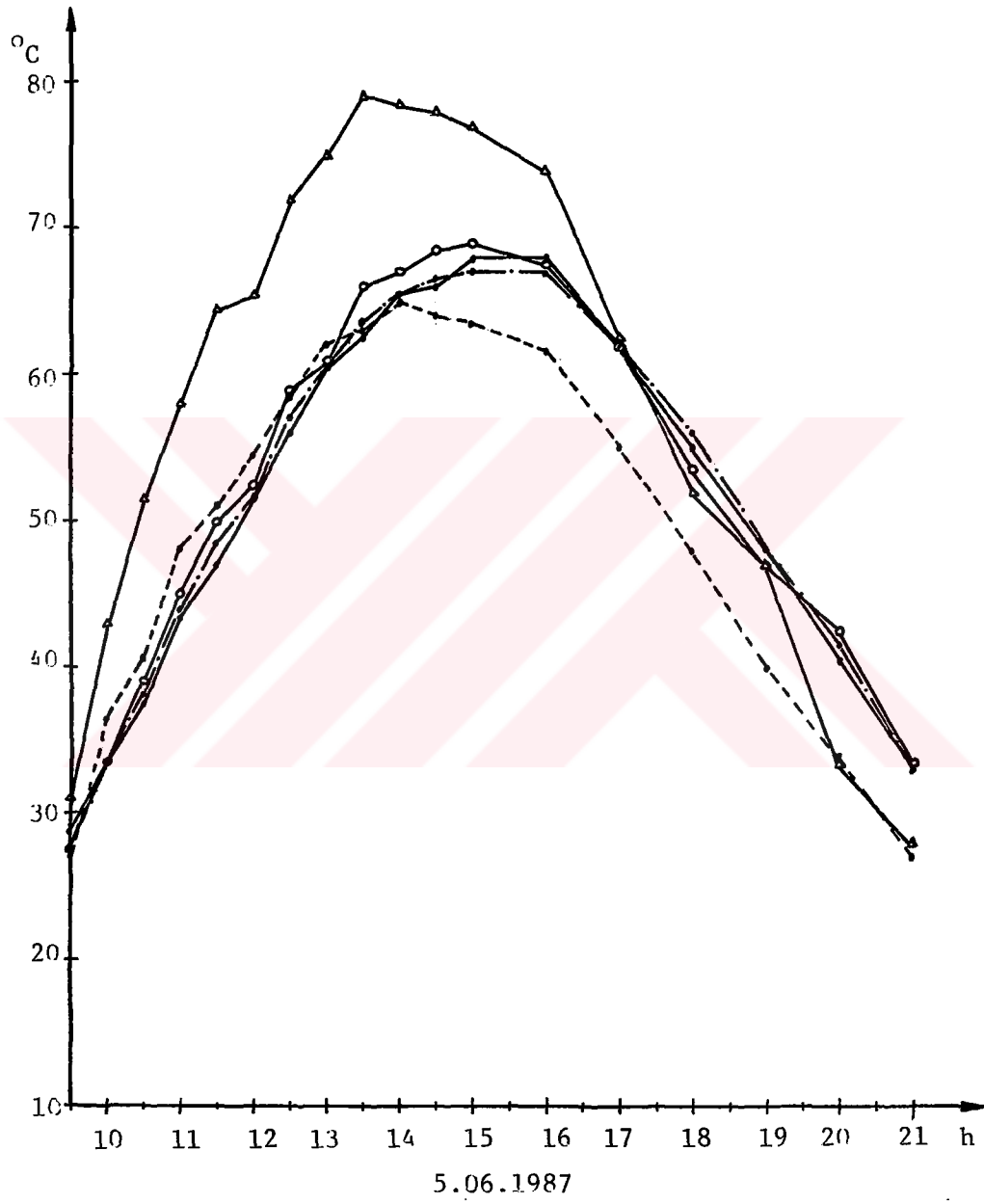
Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.



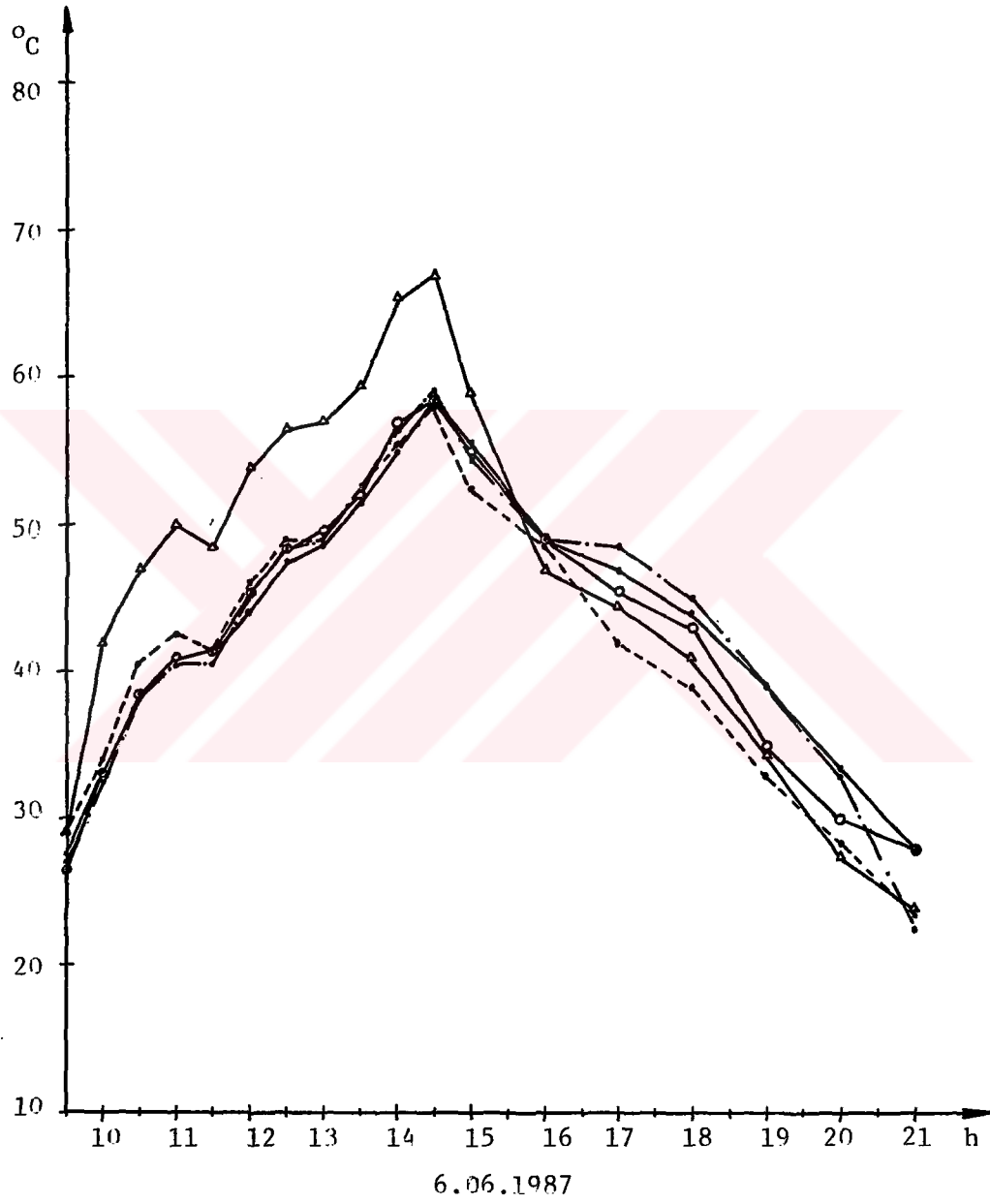
Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.



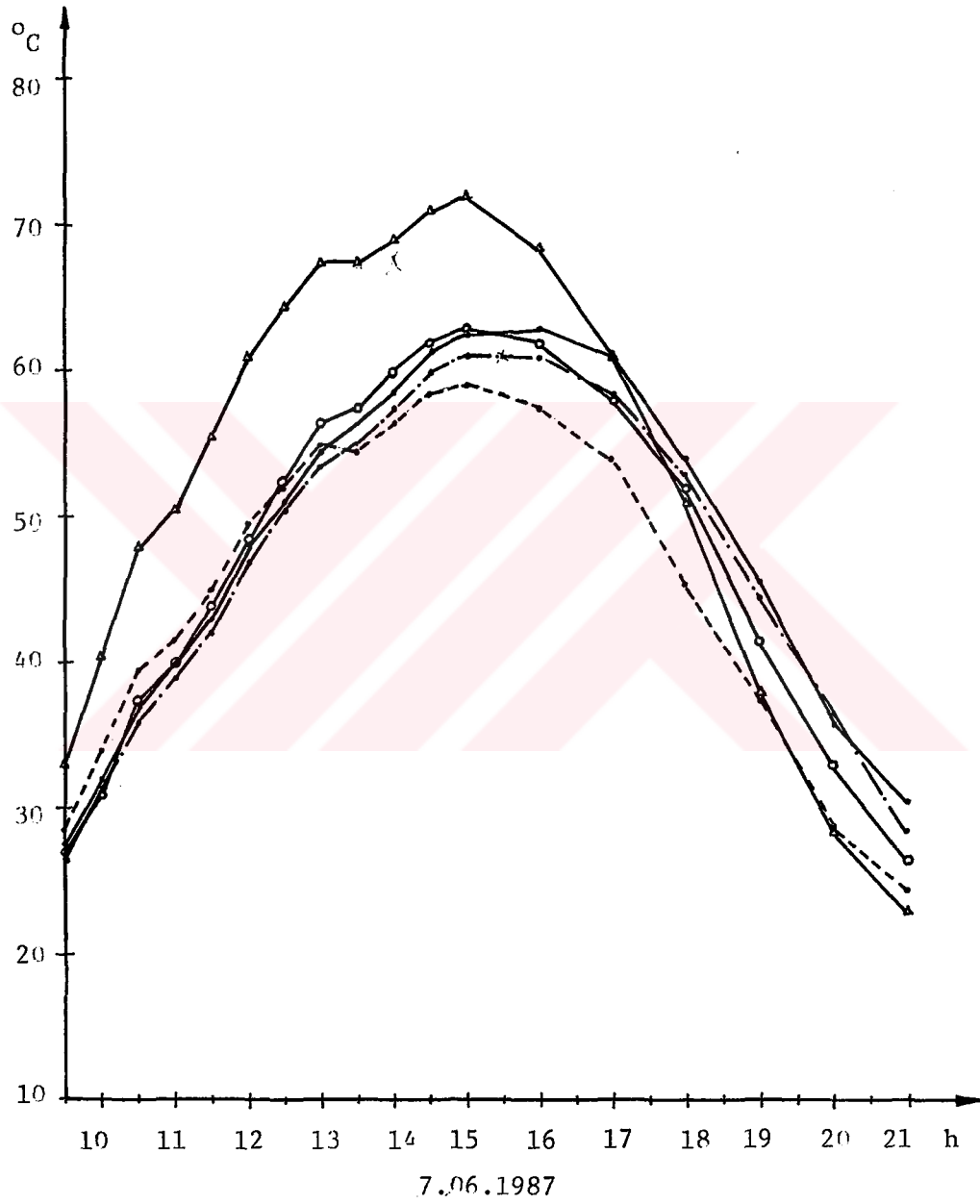
Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.



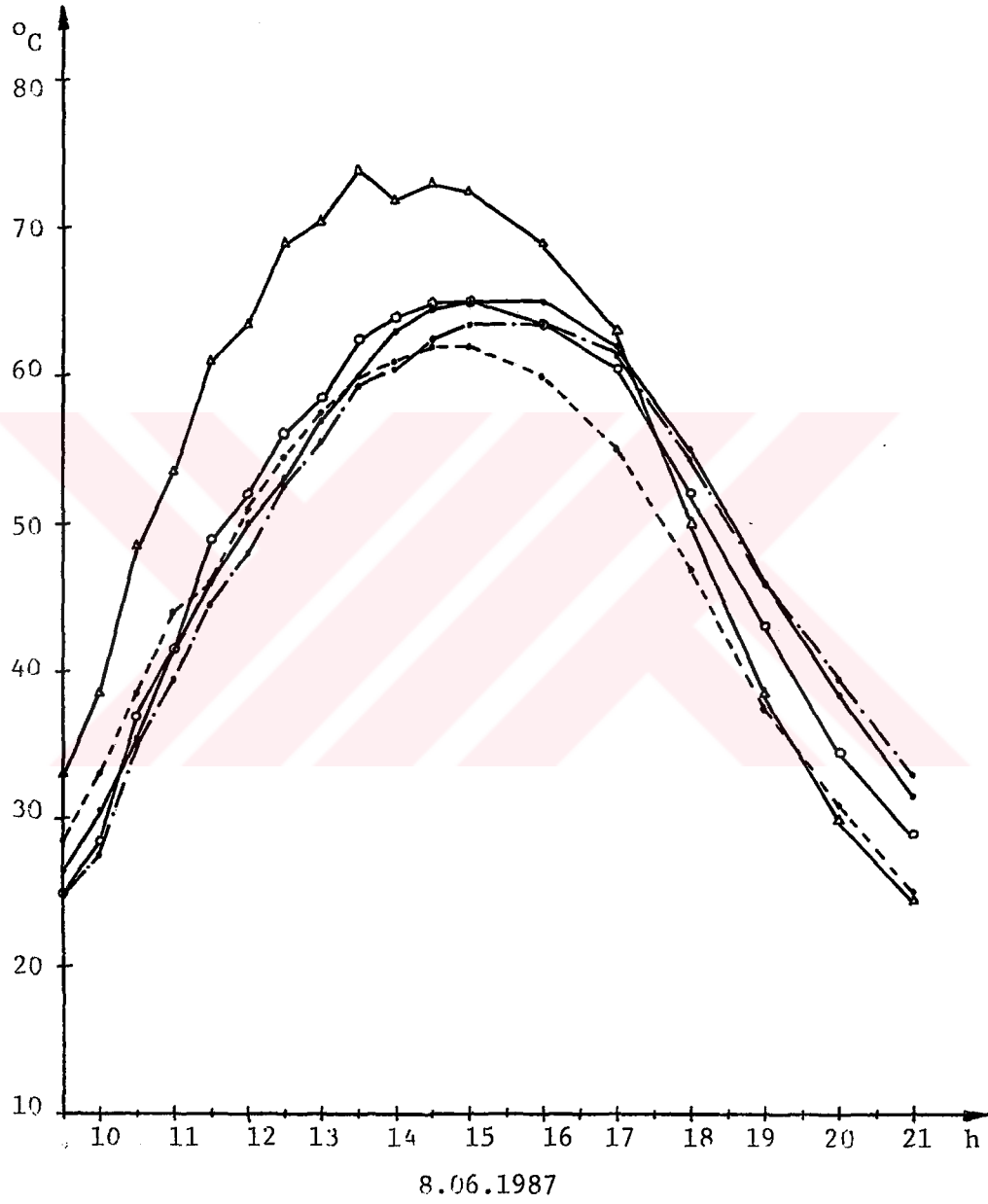
Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.



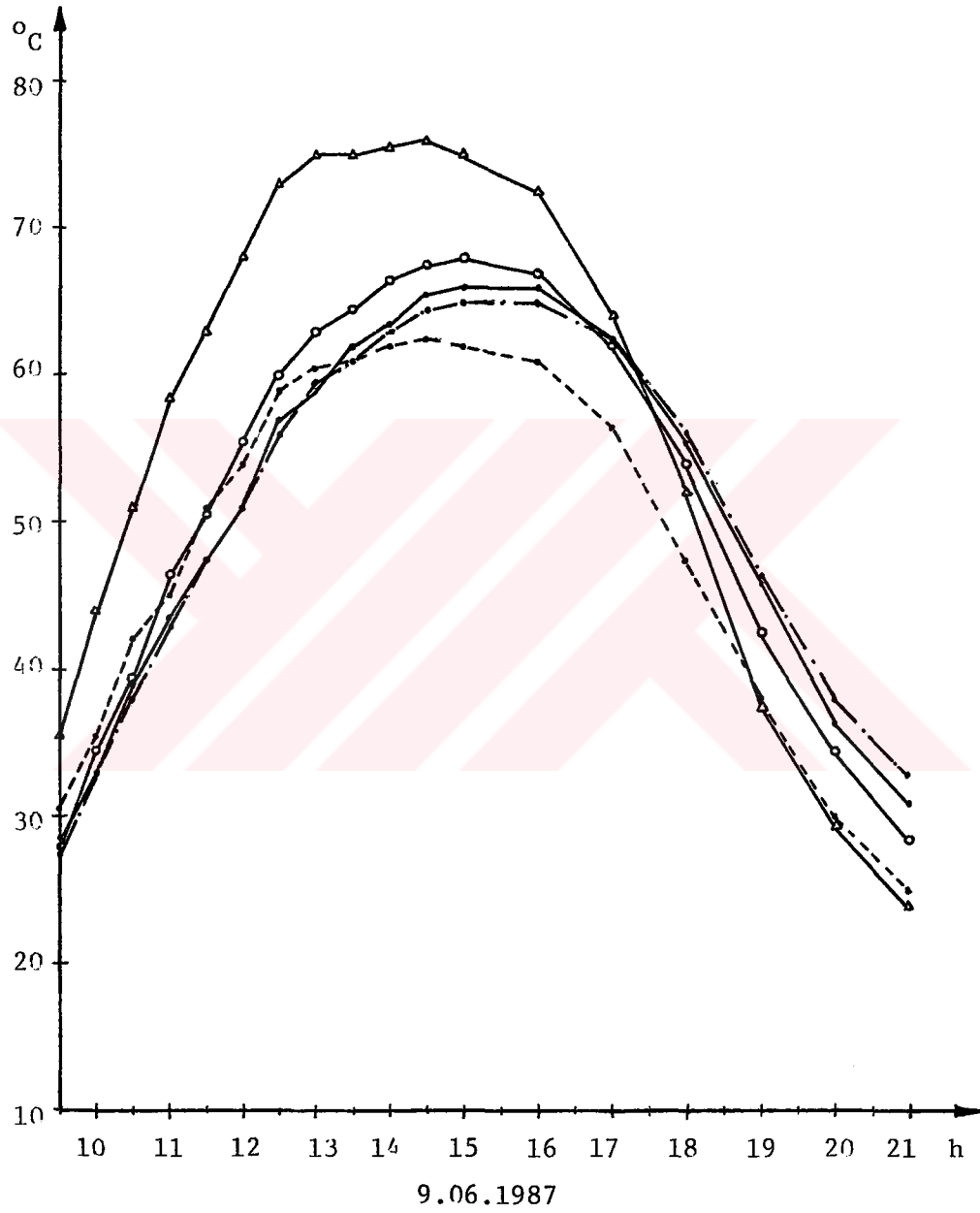
Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.



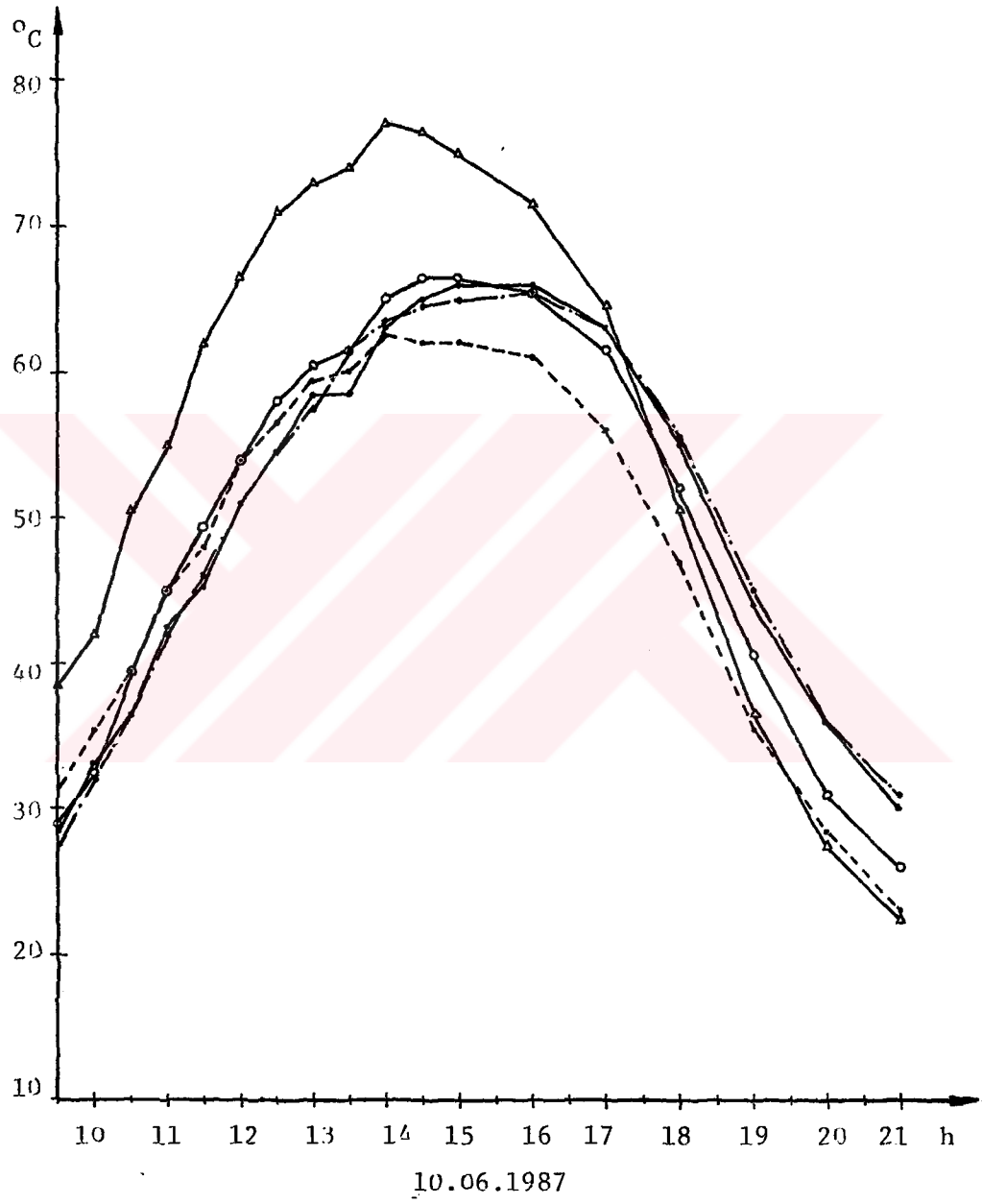
Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.



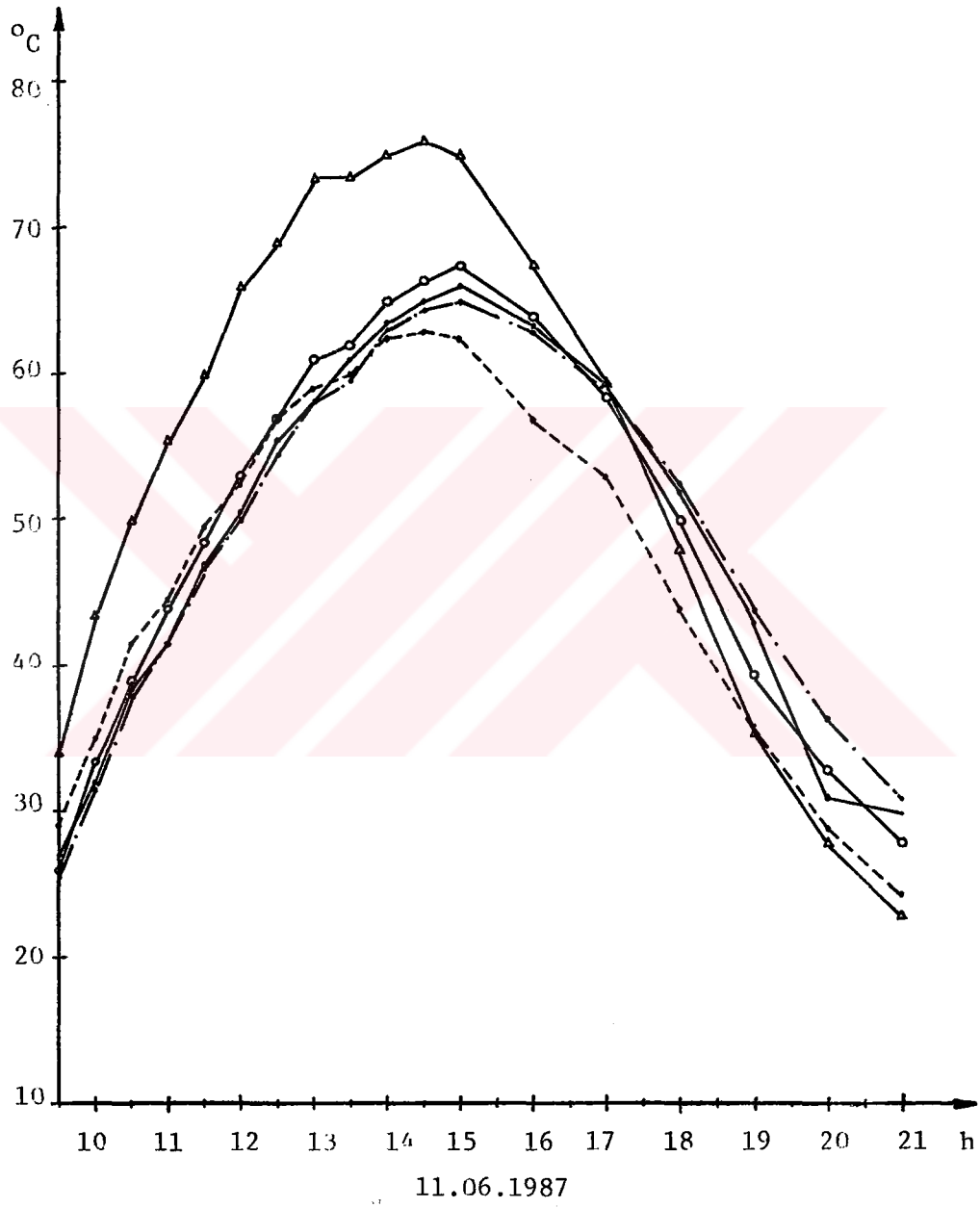
Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.



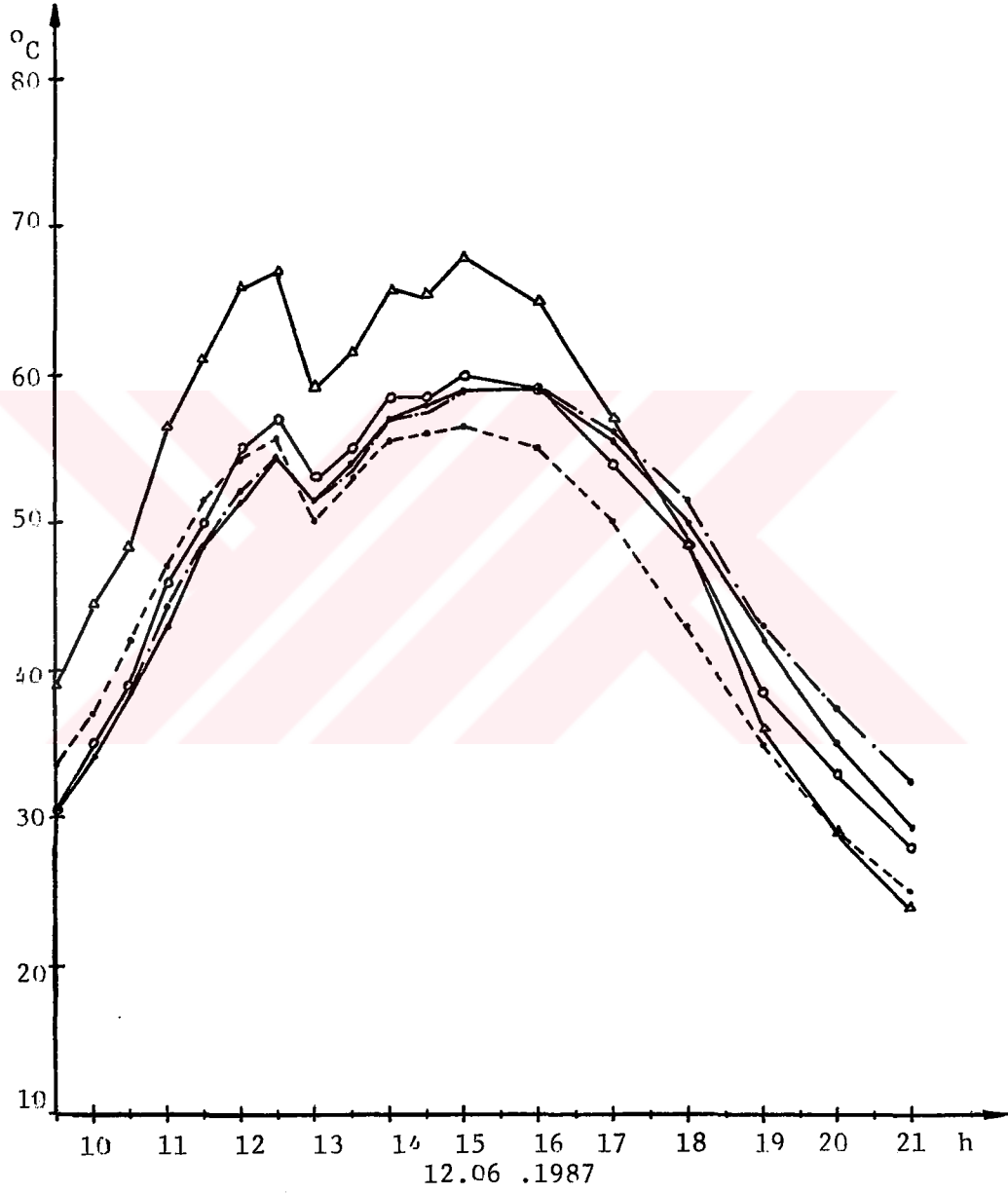
Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.



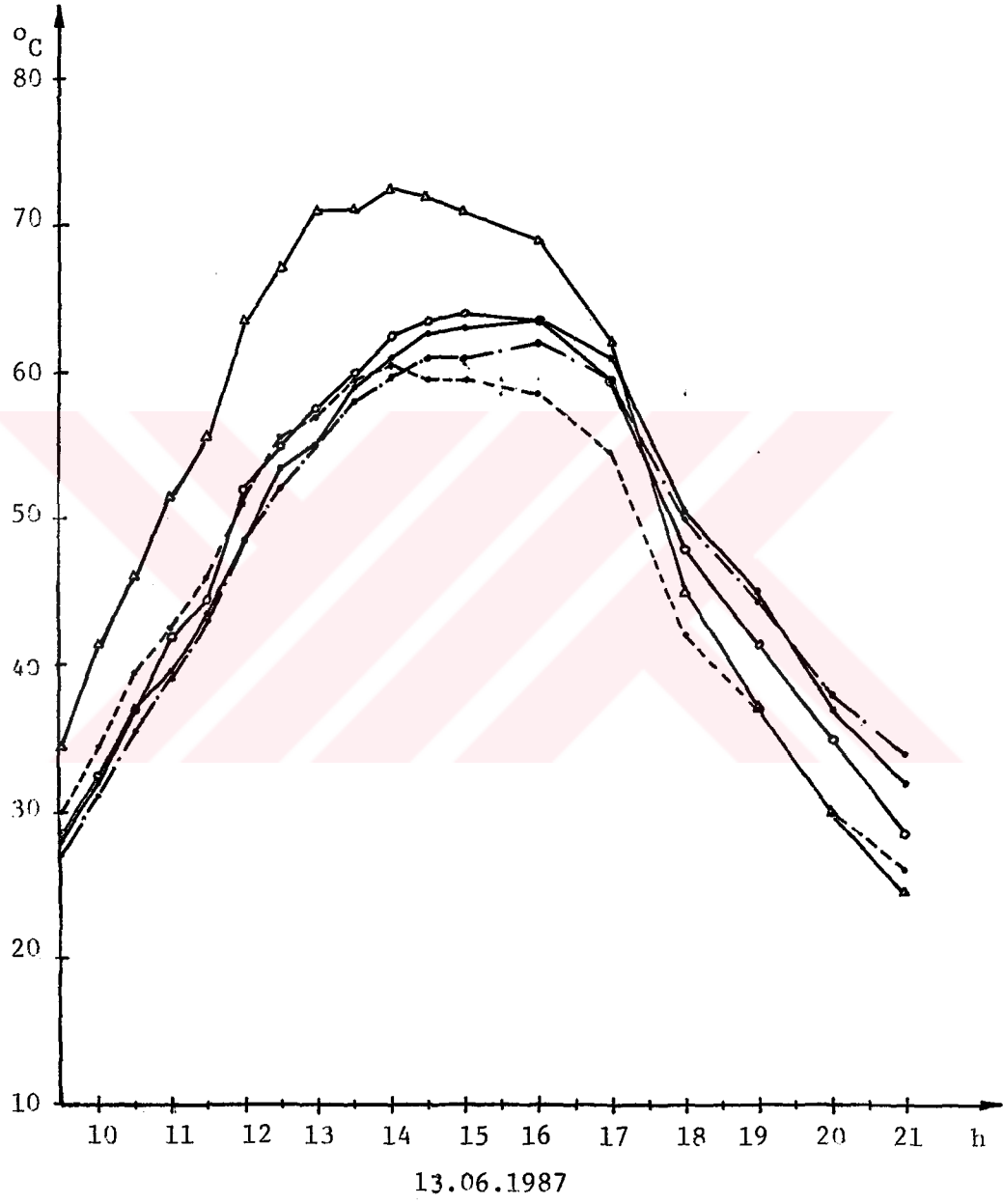
Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.



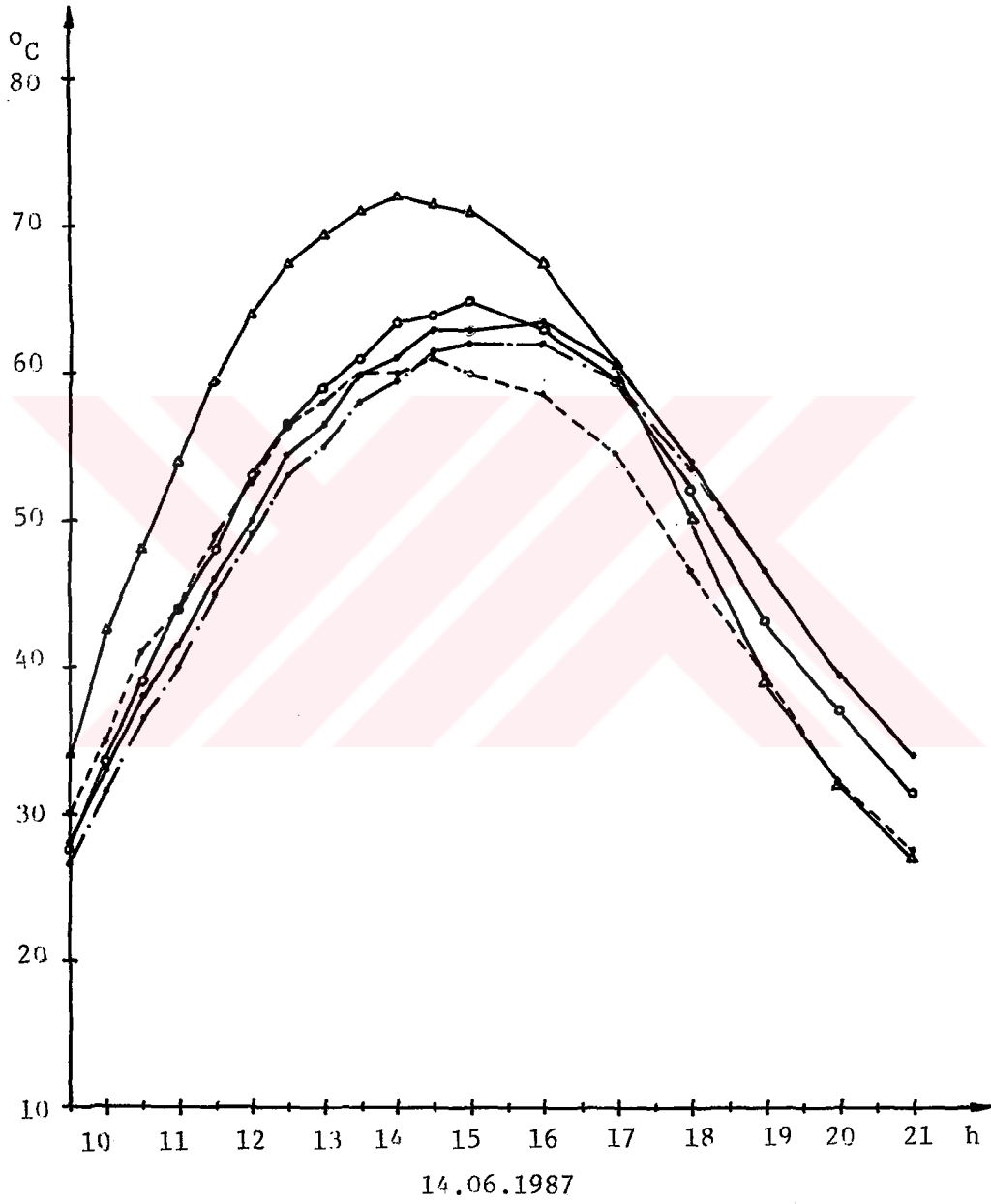
Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.



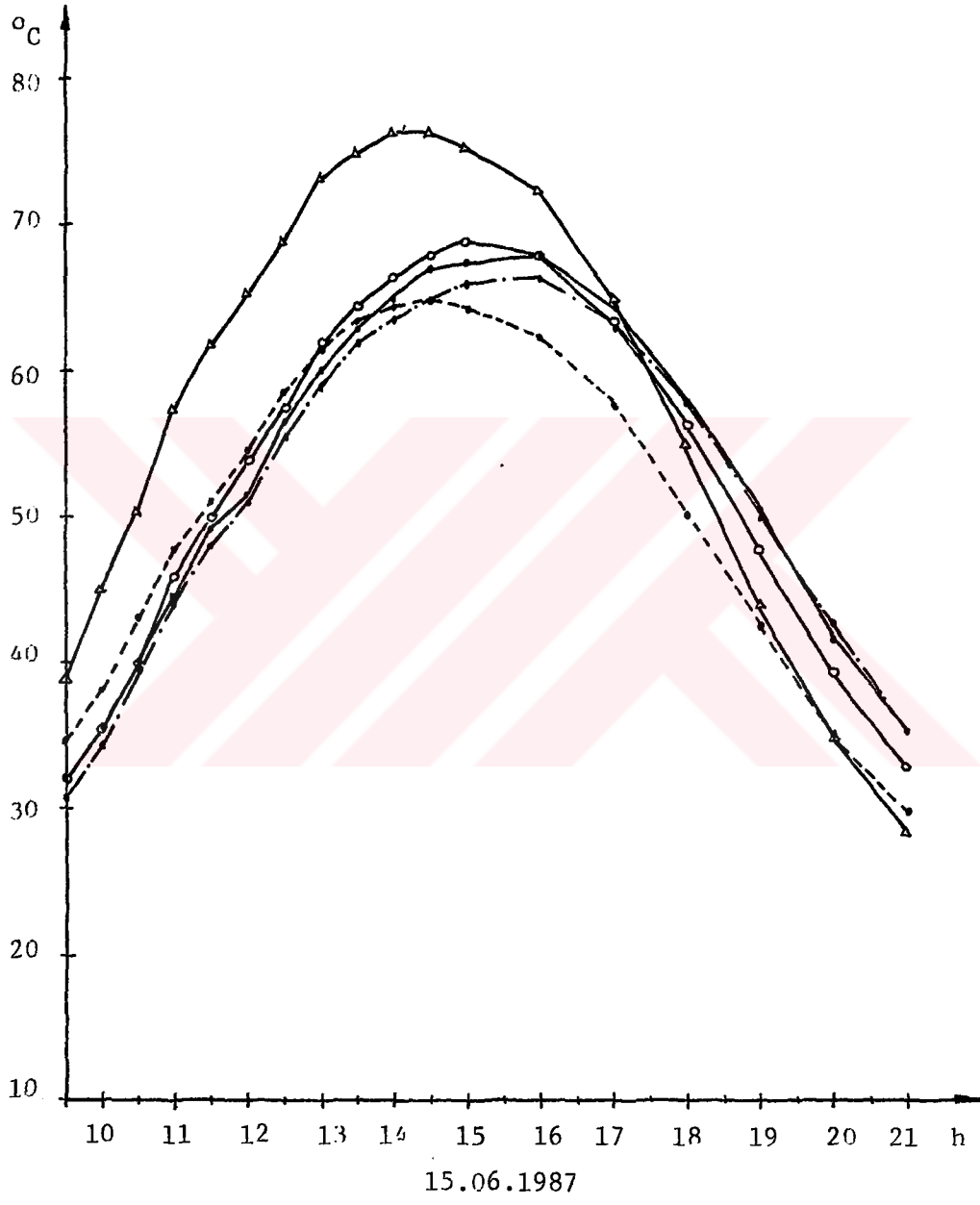
Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.



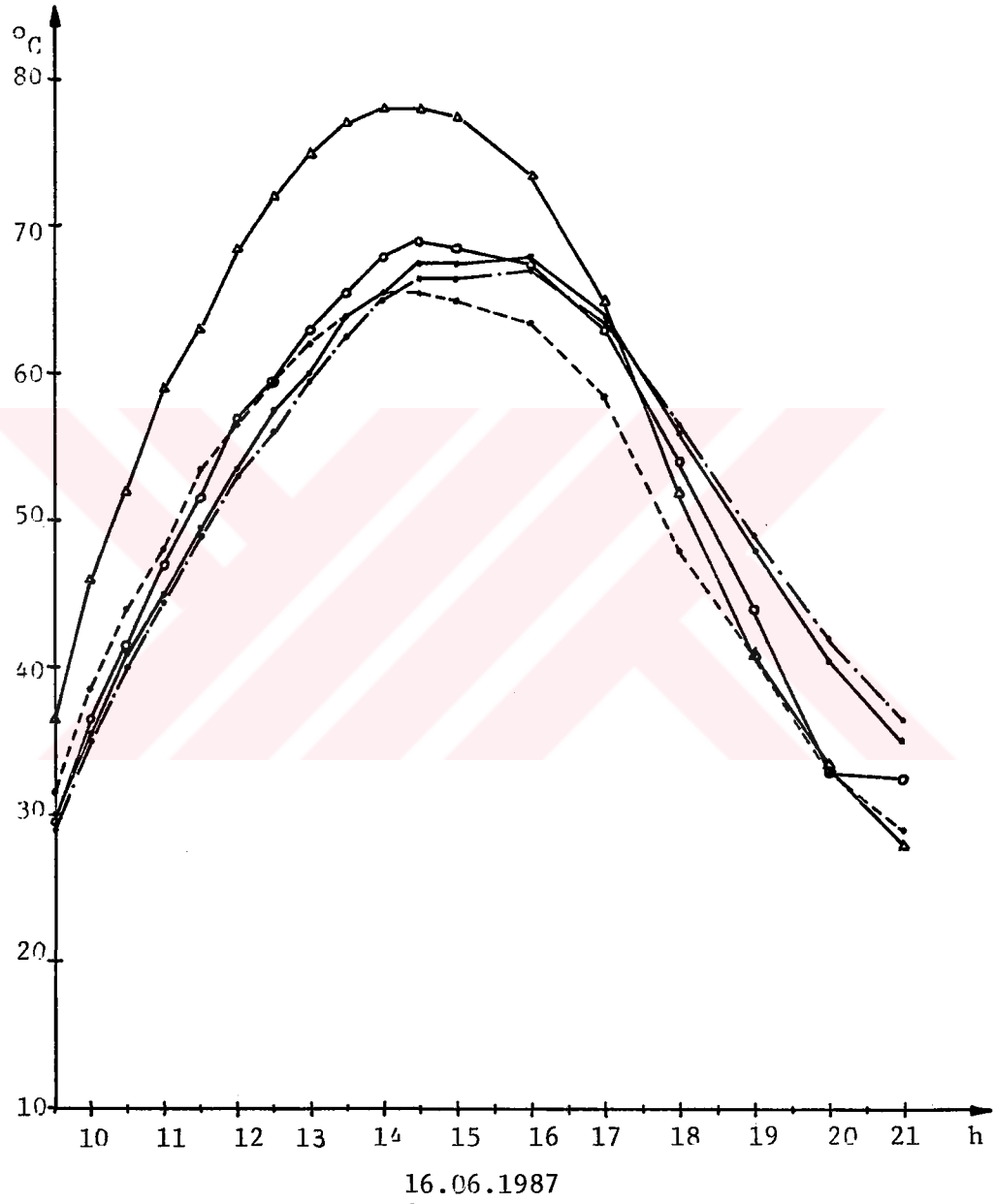
Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.



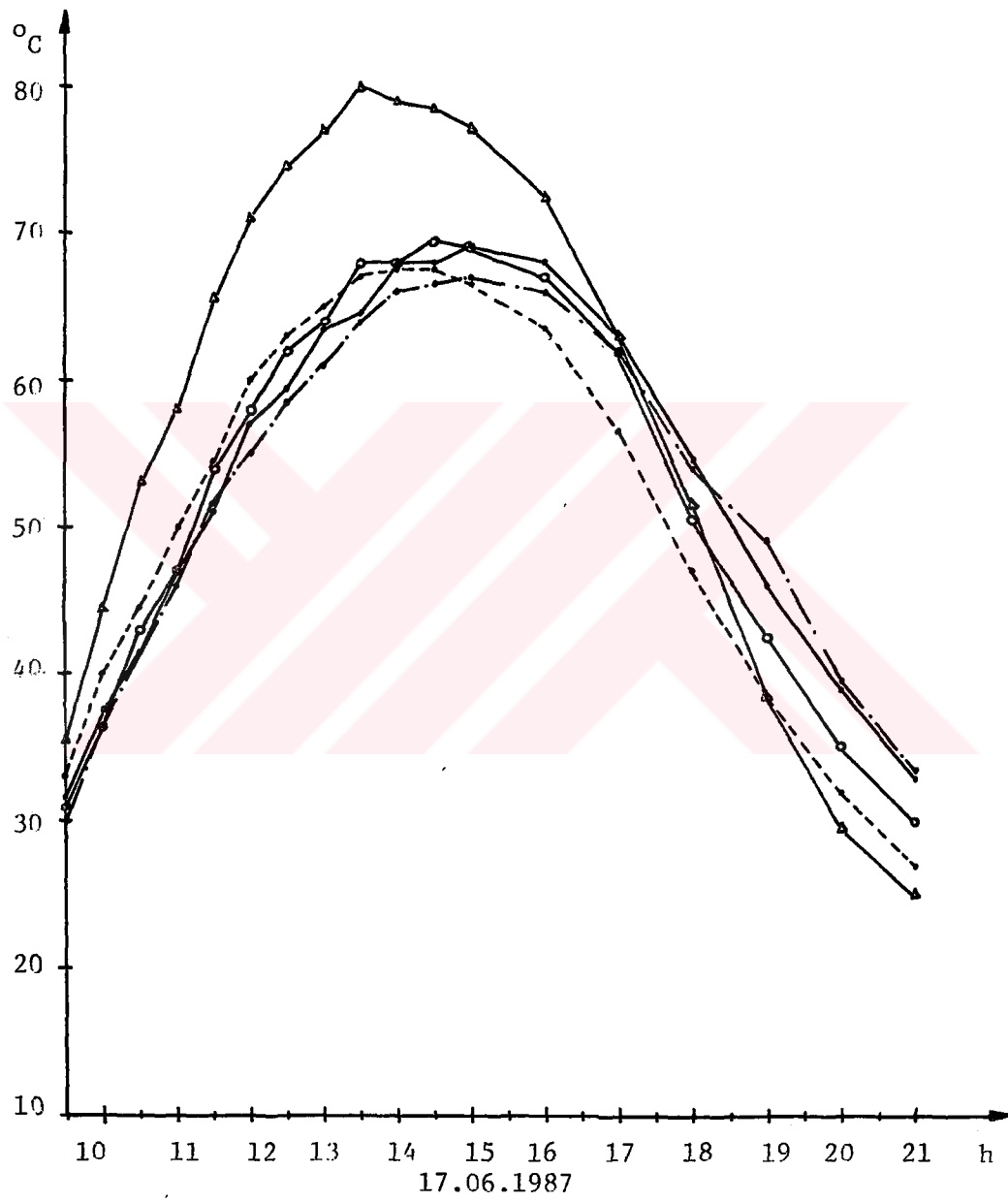
Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.



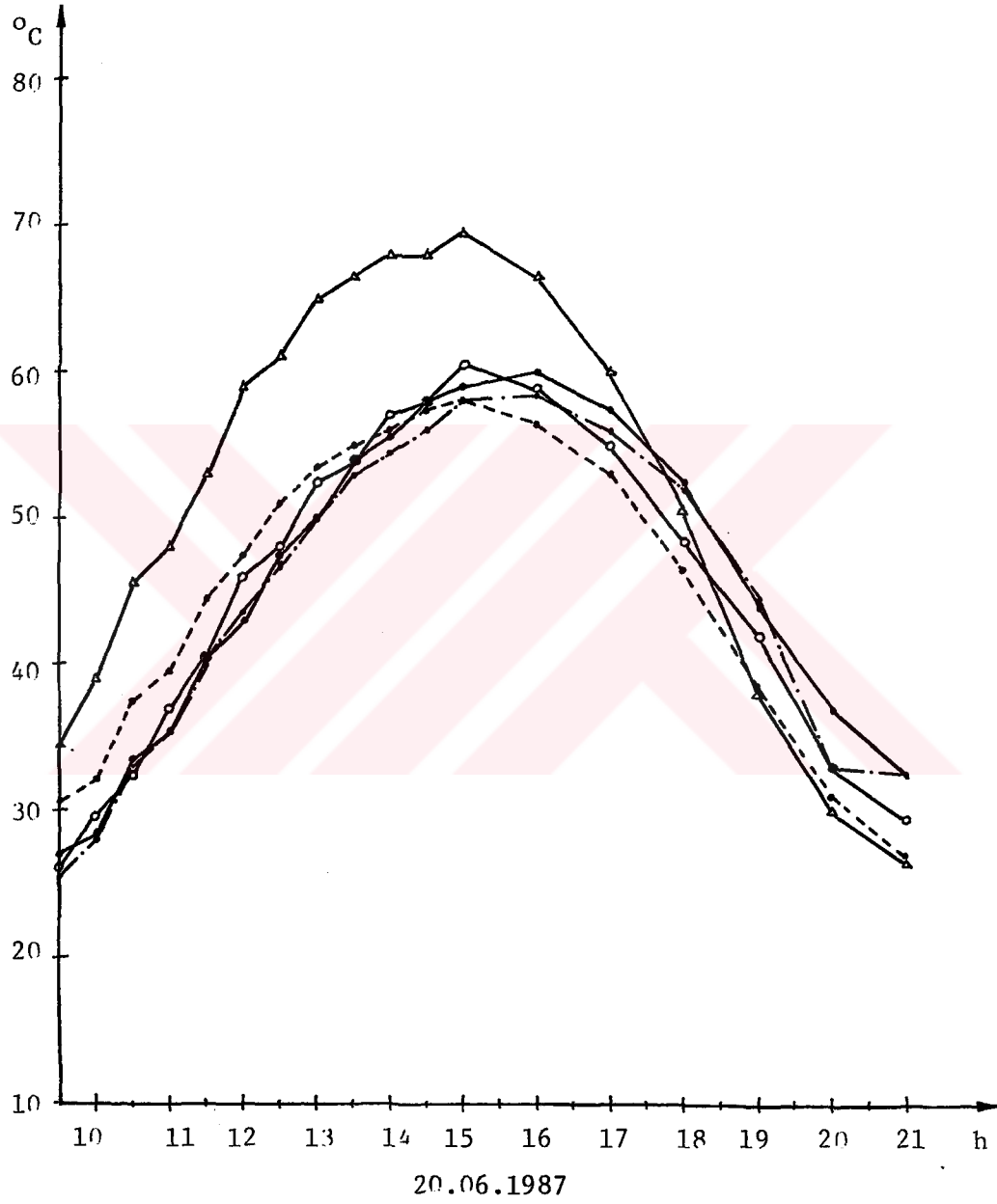
Şekil 8.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.



Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.



Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.

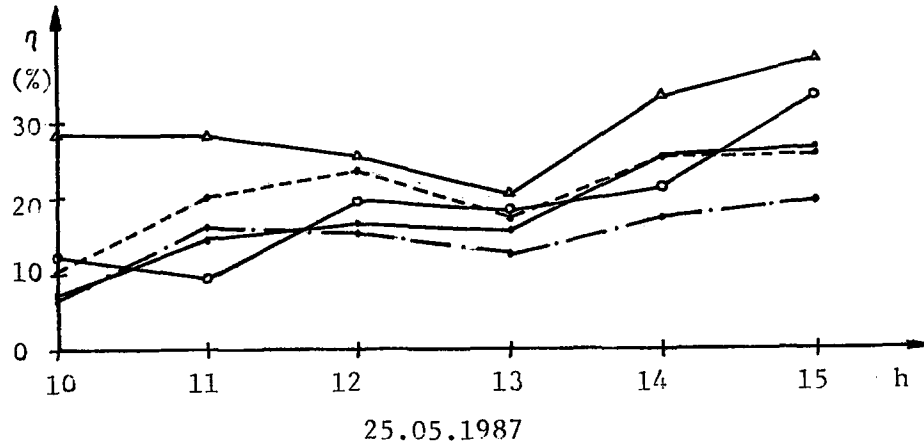
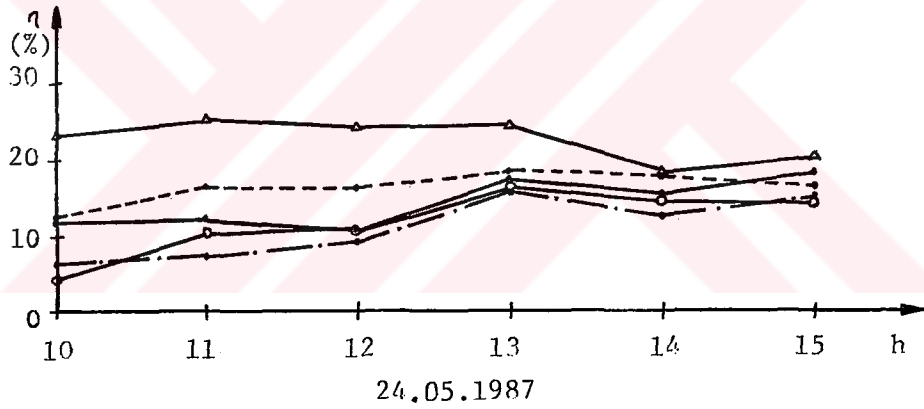


Şekil B.1. Günlük sıcaklık-zaman grafikleri.

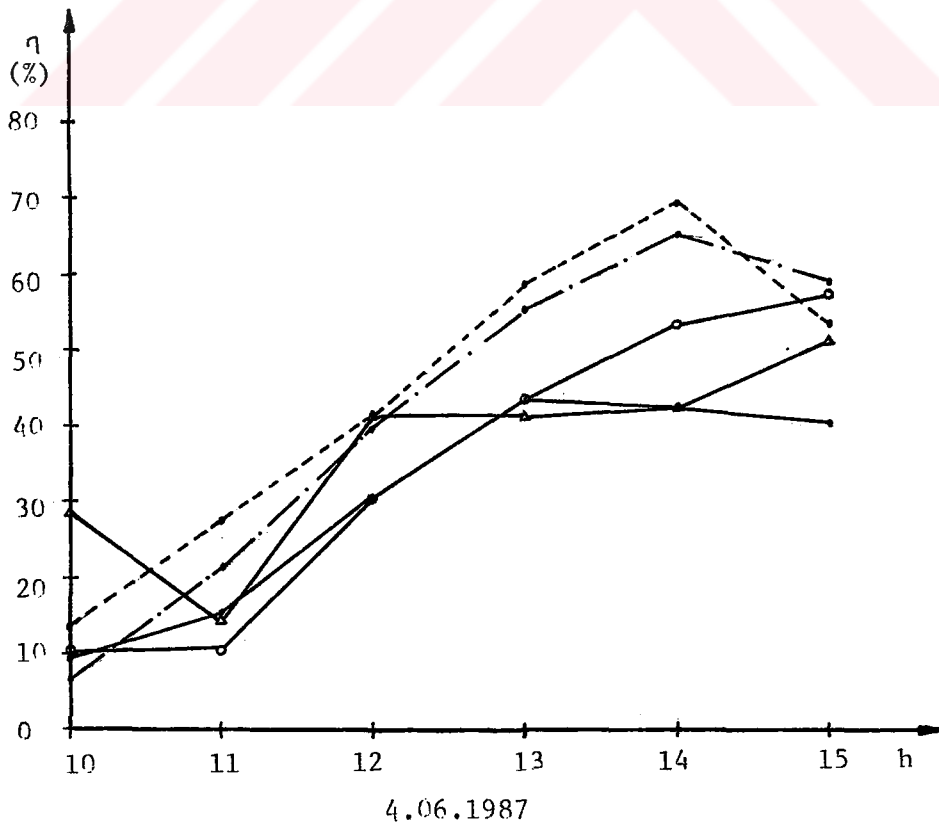
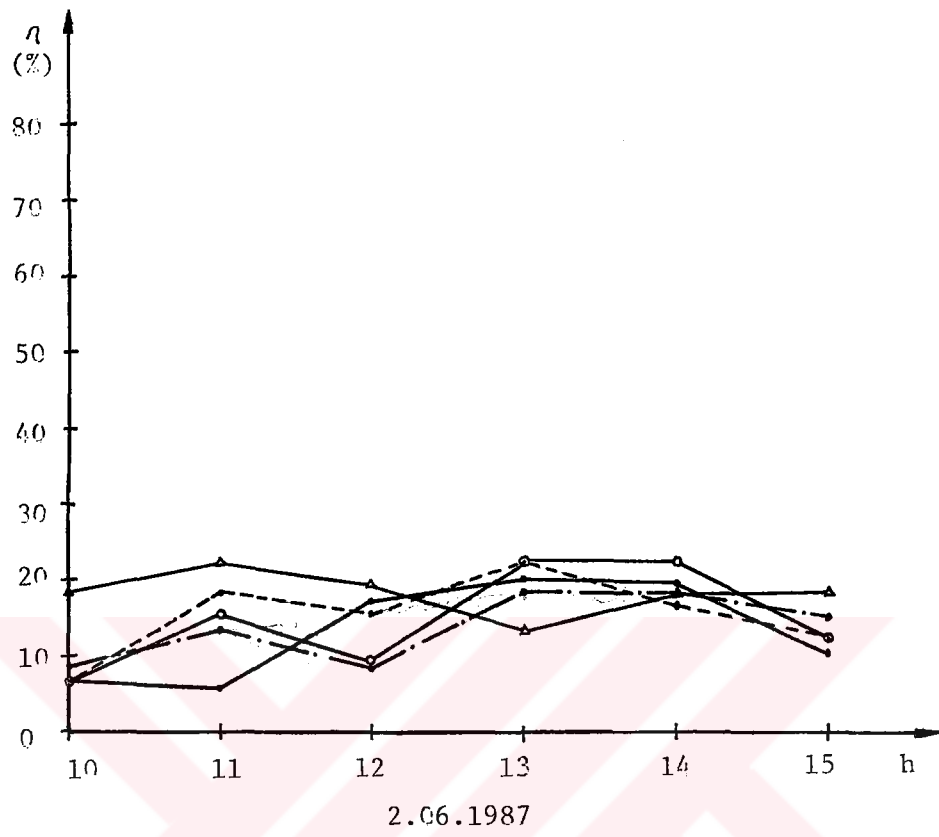
Ek Açıklamalar-C

SAATLİK VERİM GRAFİKLERİNİN ÇİZİMLERİ

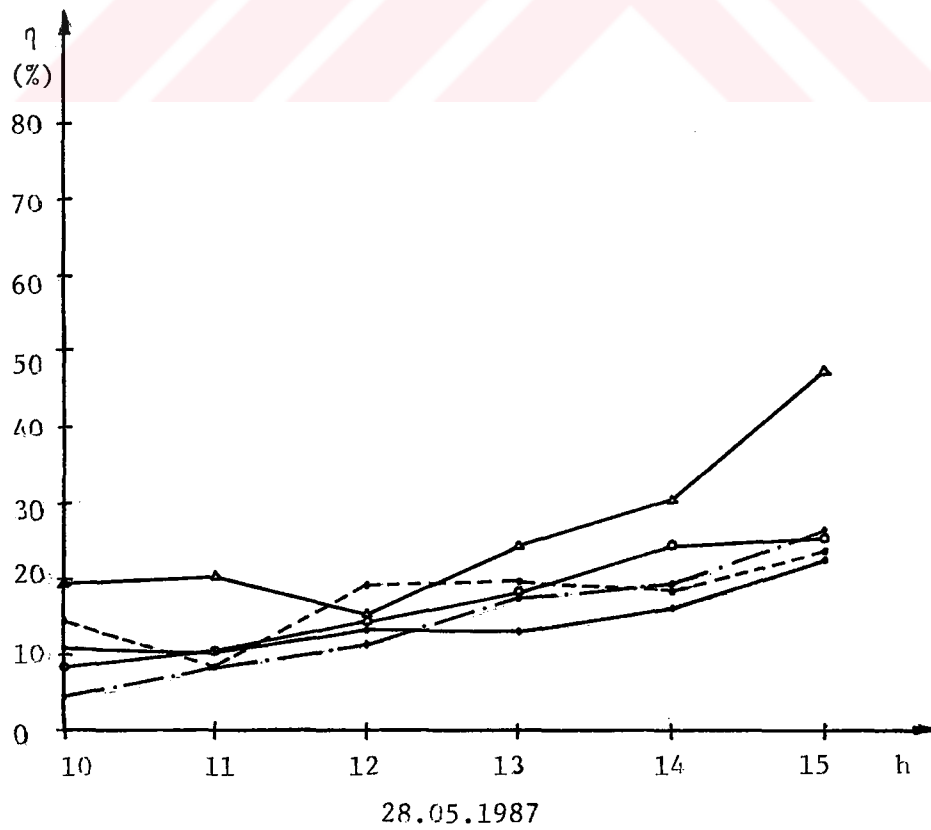
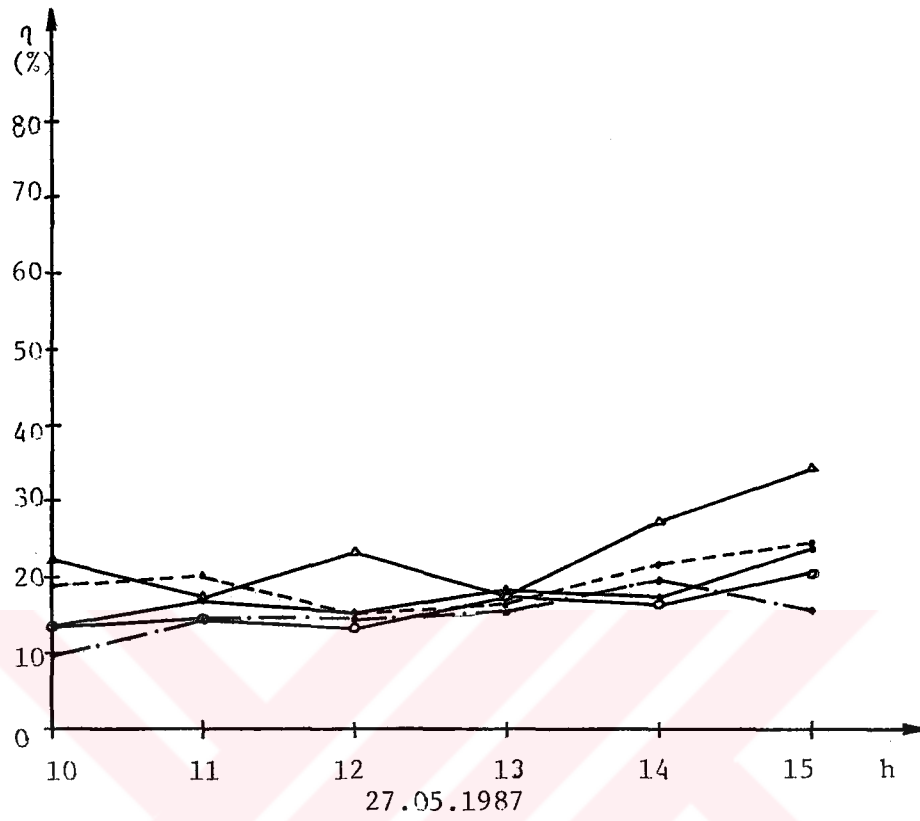
Standarda göre, zaman olarak sabah 10.00 ile öğleden sonra 15.00 arası alınmıştır. Çünkü, ancak bu saatlerde güneş ışınları toplayıcı yüzeyine dik ya da dike yakın durumdadır. Daha ileri saatlerde, dağınık materyaller ısı depoladığı ve ışıınım değerleri de çok düştüğü için, verim çok fazla artmaktadır. Deney yapılan her gün için, zamana bağlı verim grafikleri Şekil C.1'-de toplu olarak verilmiştir.



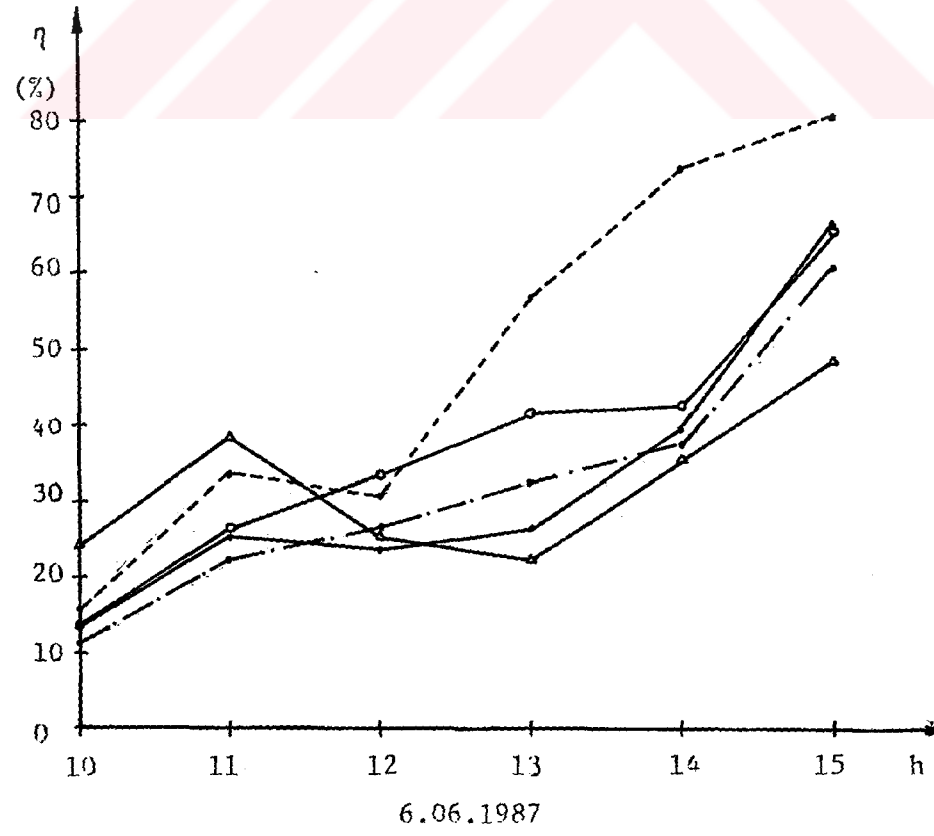
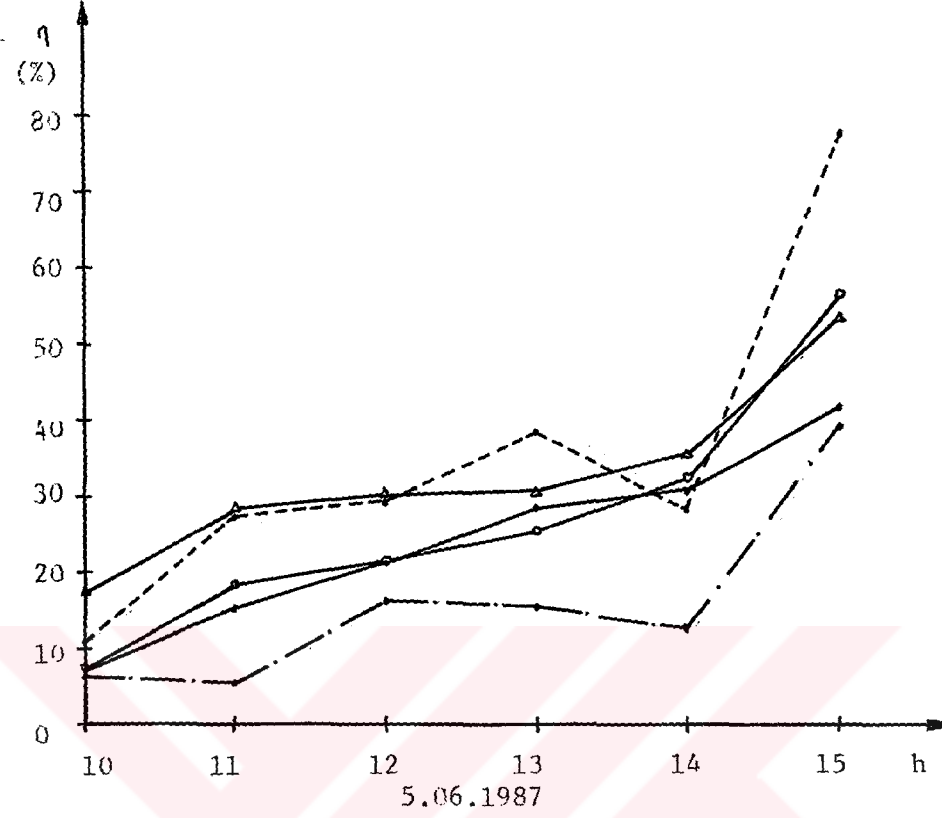
Şekil C.1. Günlük verim-zaman grafikleri.



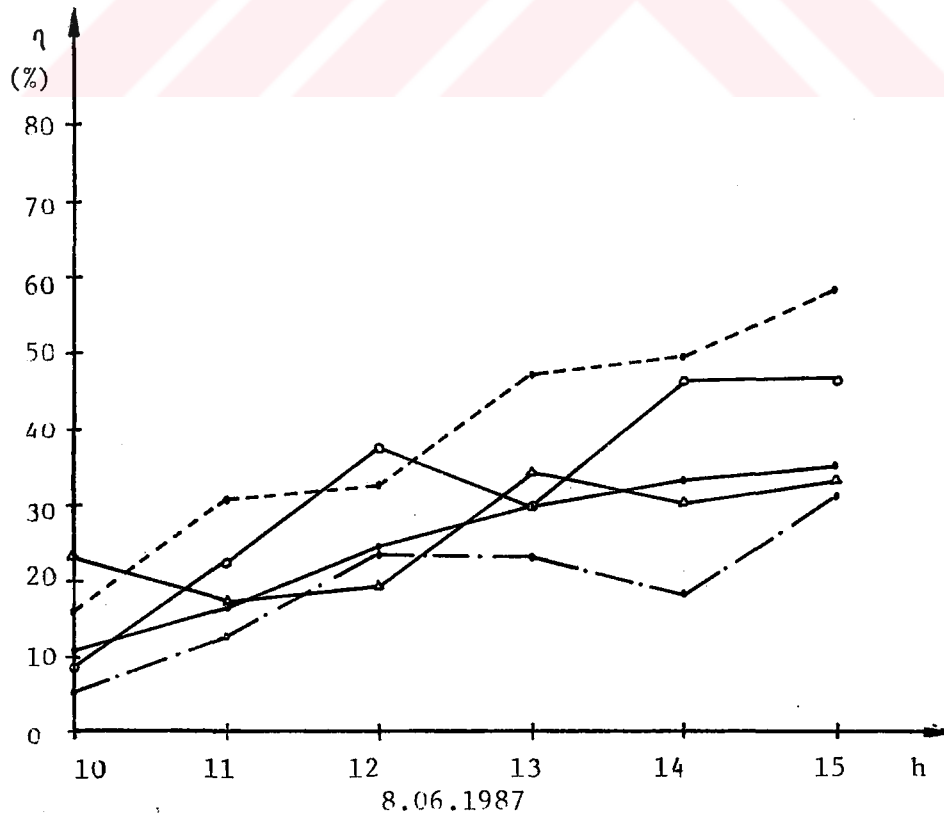
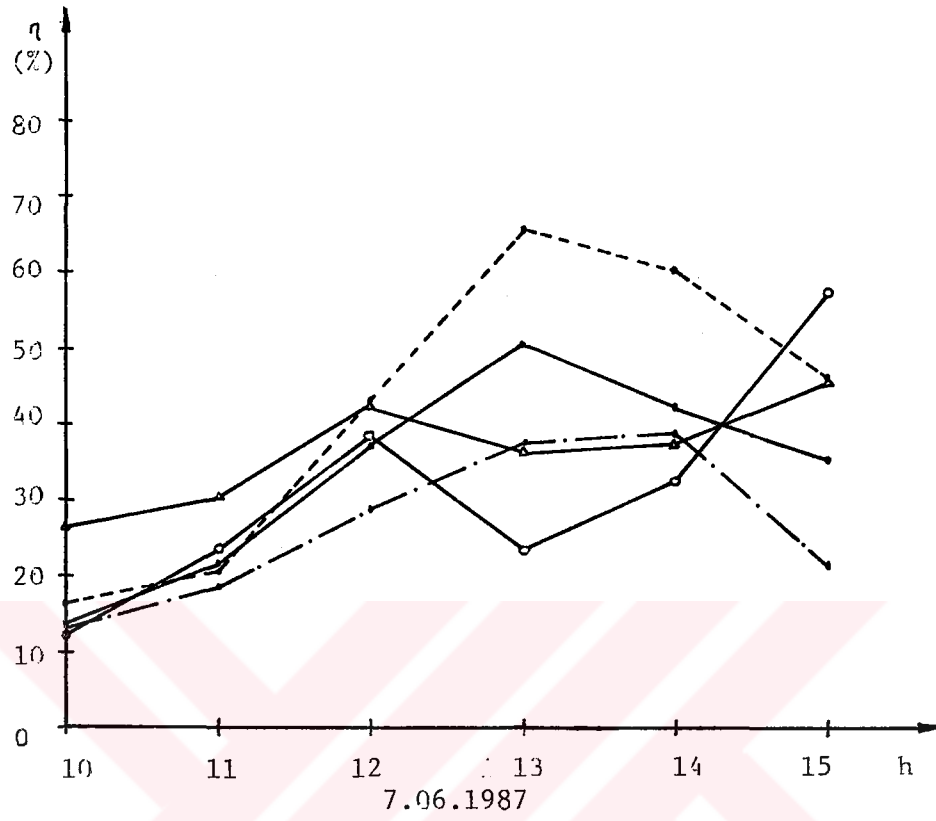
Şekil C.1. Günlük verim-zaman grafikleri.



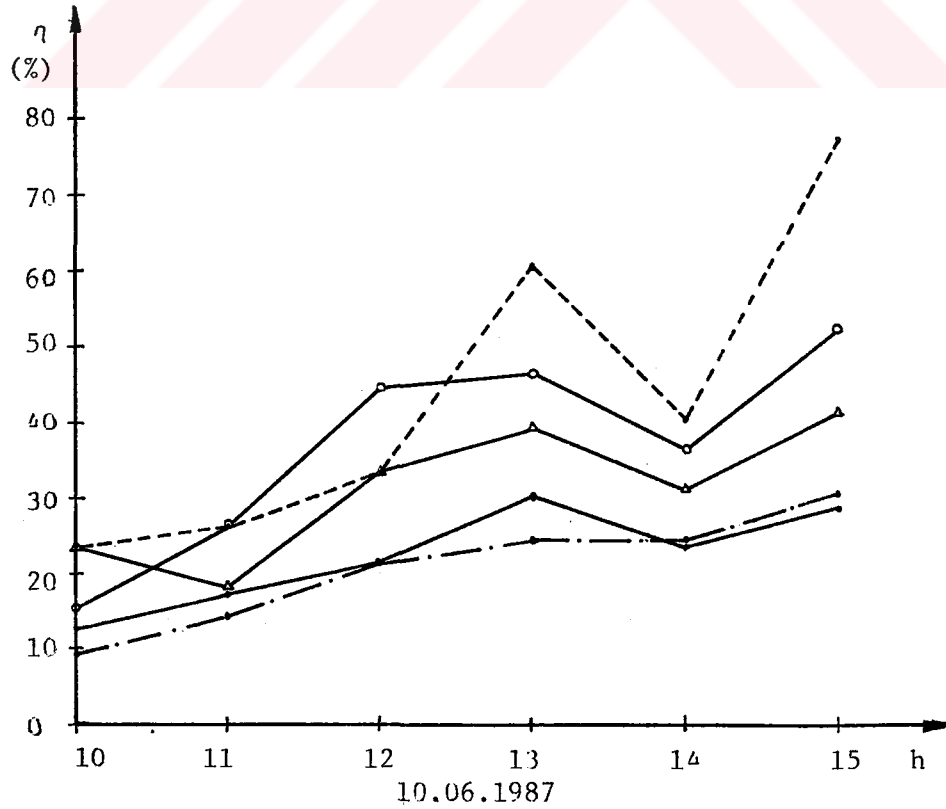
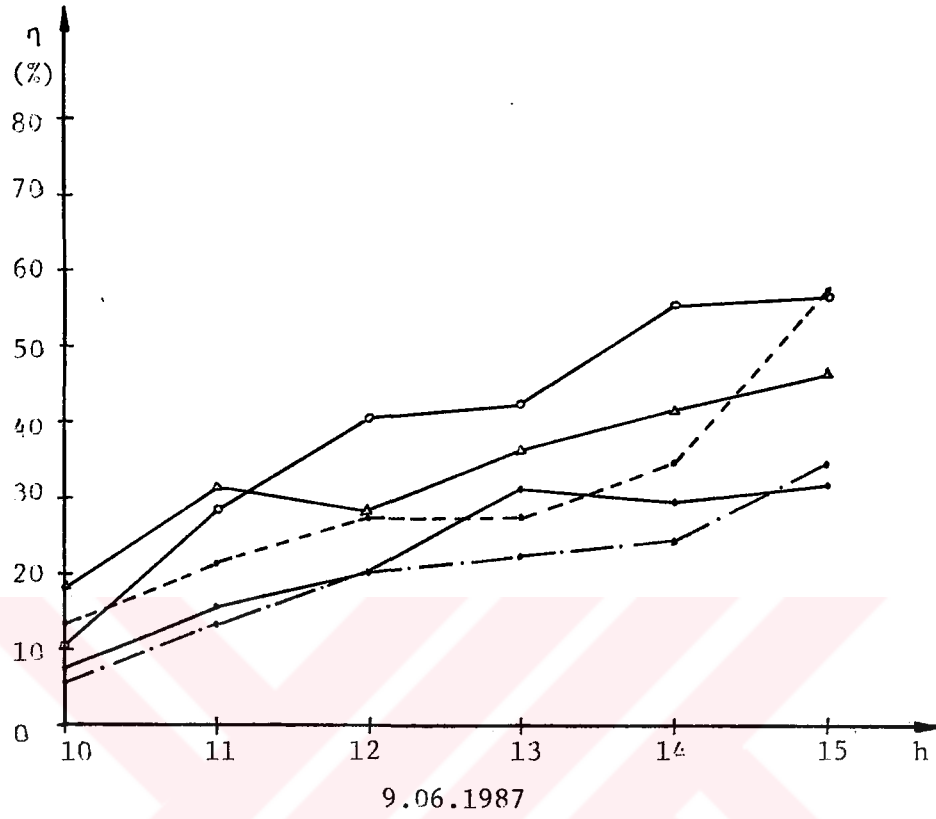
Şekil C.1. Günlük verim-zaman grafikleri.



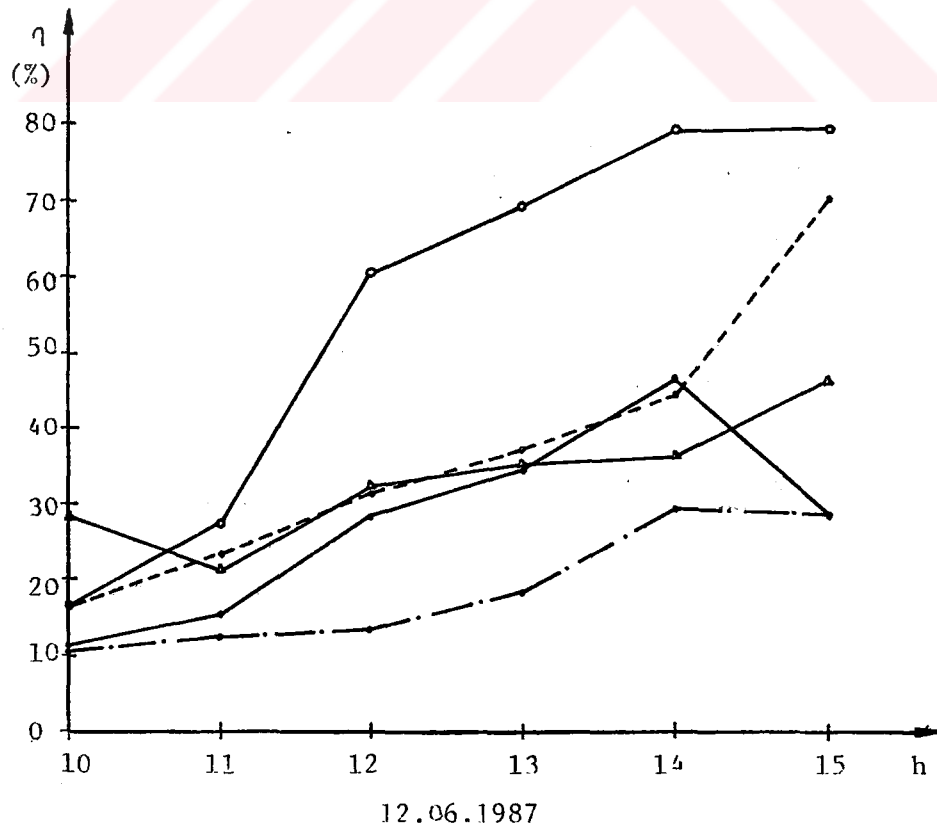
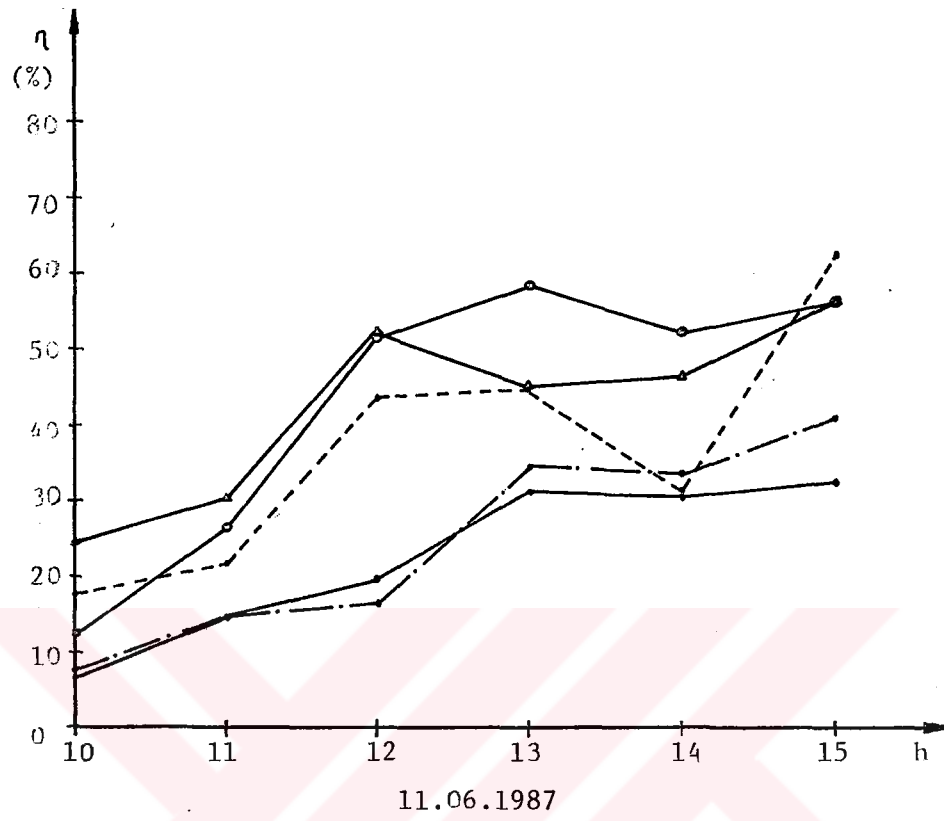
Şekil C.1. Günlük verim-zaman grafikleri.



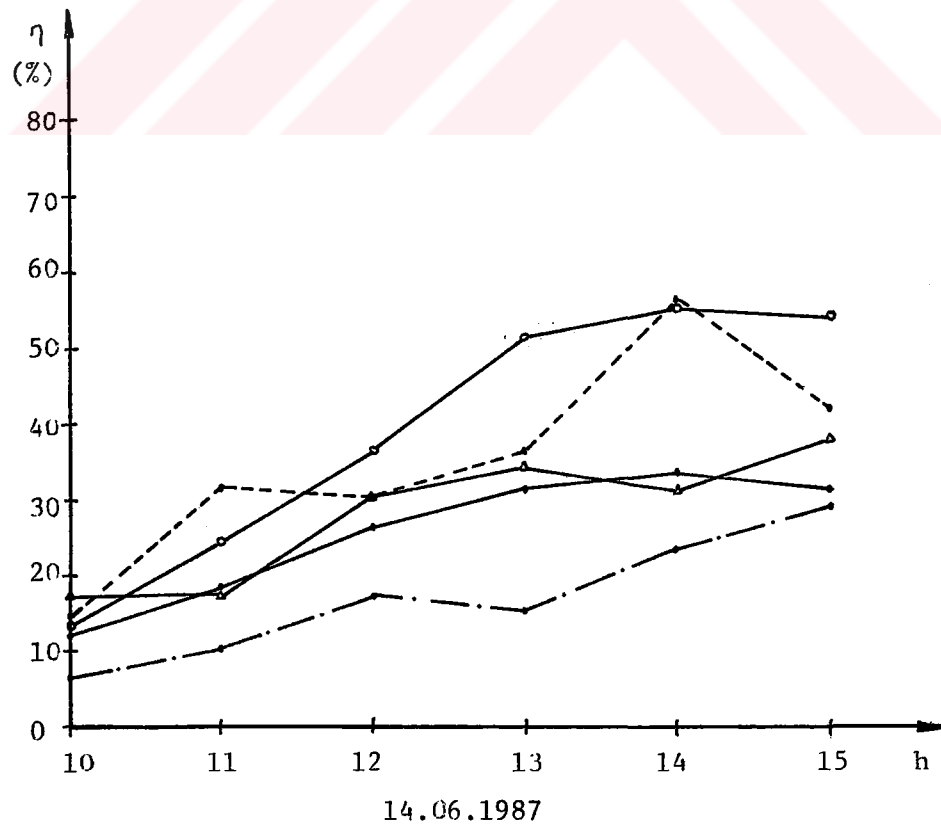
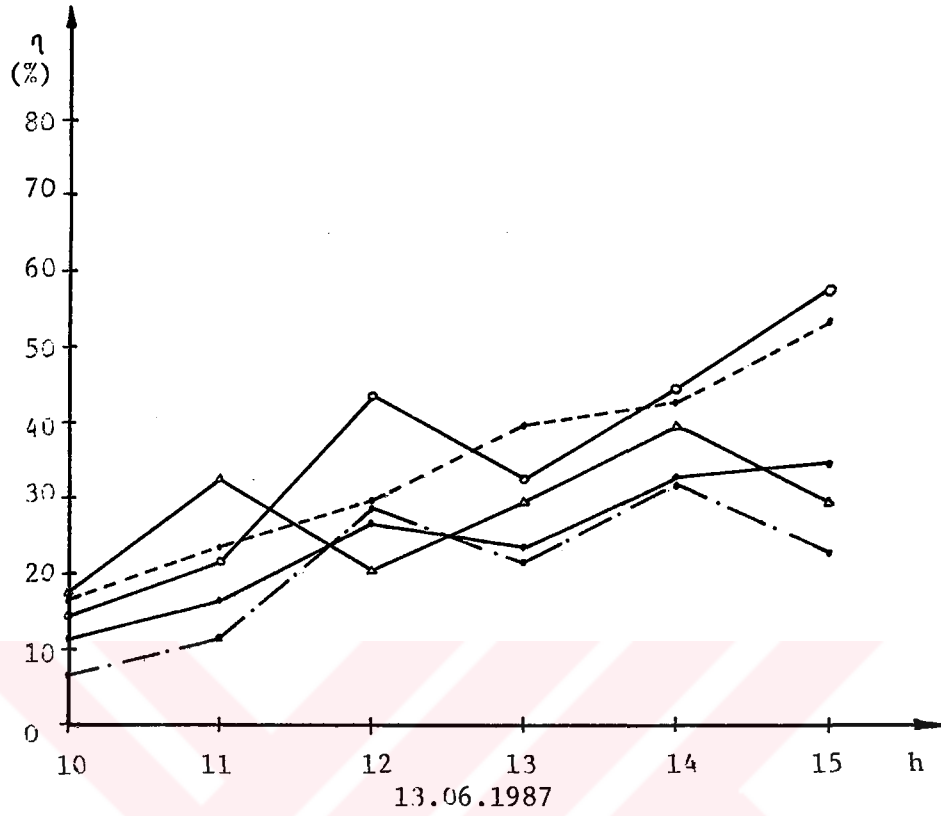
Şekil C.1. Günlük verim-zaman grafikleri.



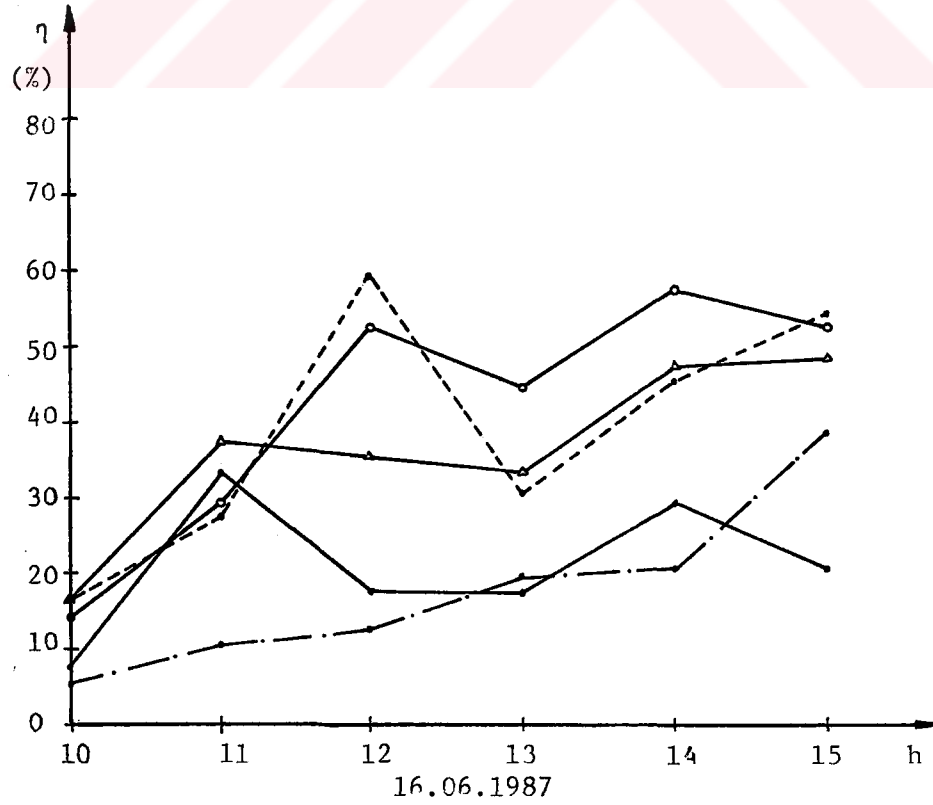
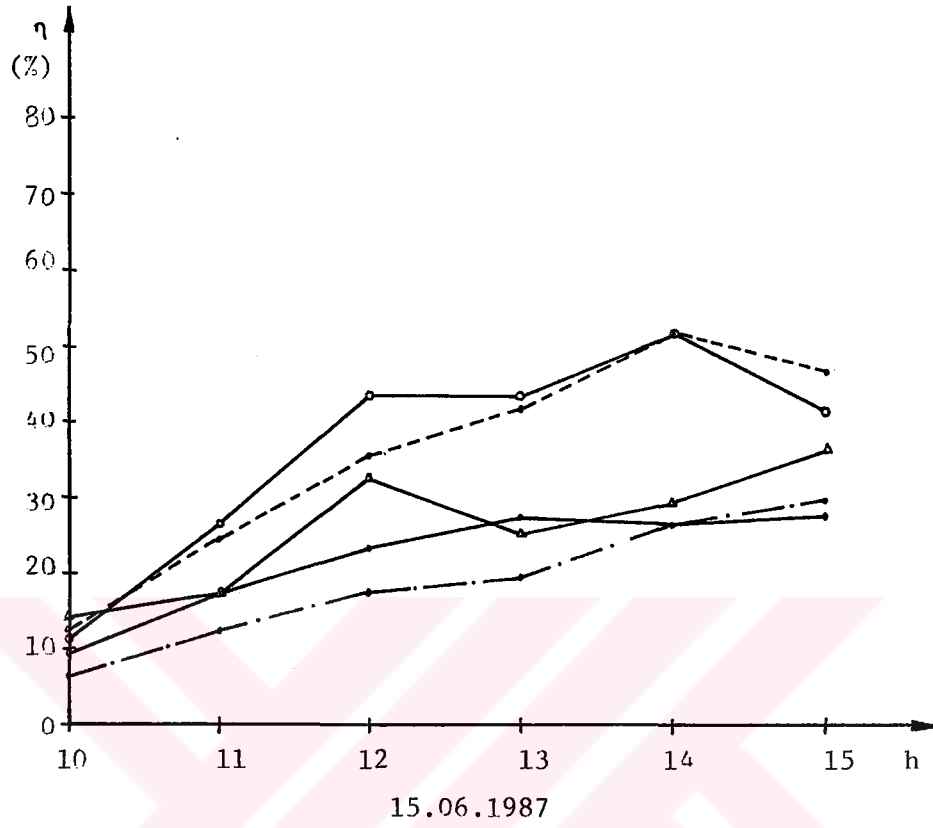
Şekil C.1. Günlük verim-zaman grafikleri.



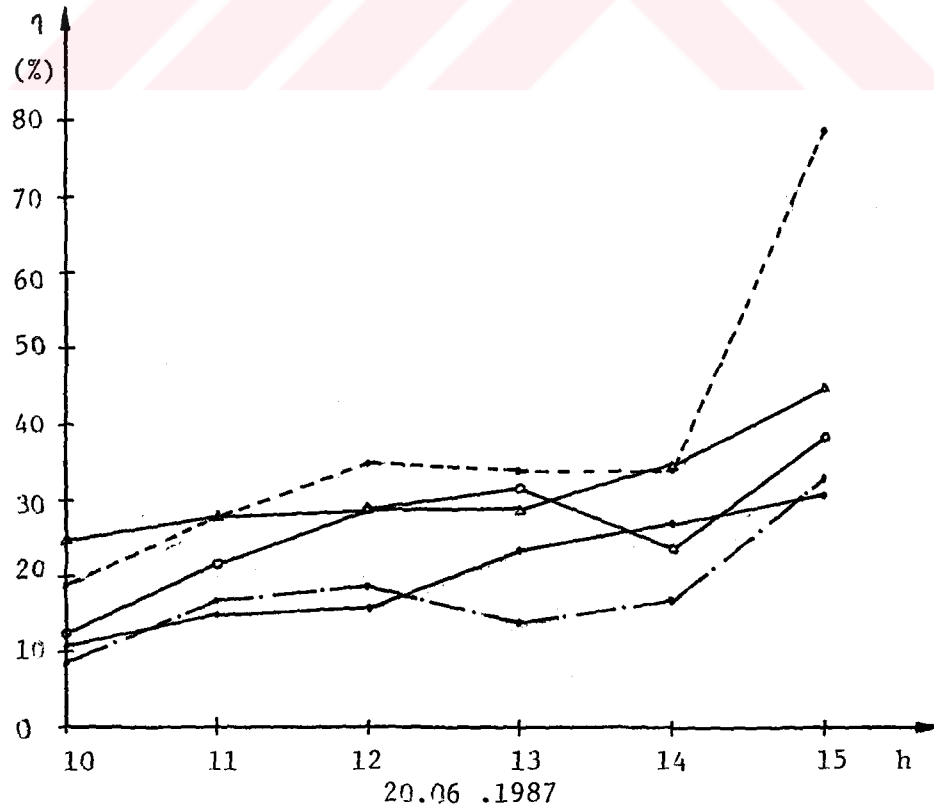
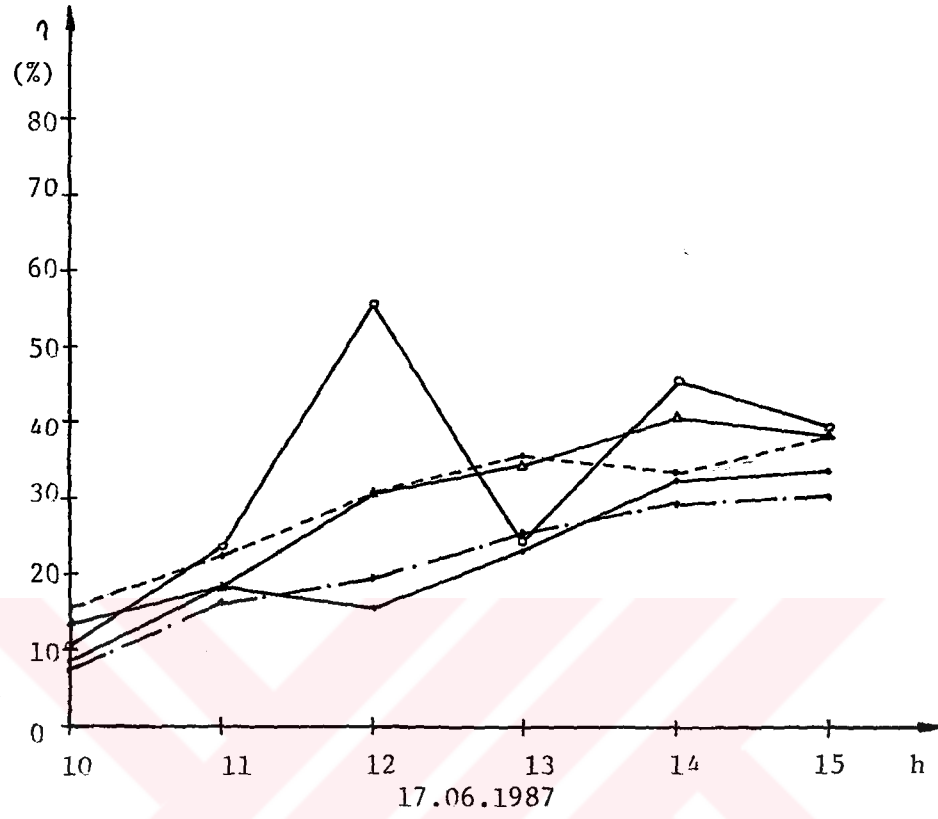
Şekil C.1. Günlük verim-zaman grafikleri.



Şekil C.1. Günlük verim-zaman grafikleri.



Şekil C.1. Günlük verim-zaman grafikleri.



Şekil C.1. Günlük verim-zaman grafikleri.

DEĞİNİLEN BELGELER DİZİNİ

- Başakar, A., Birkebak, R., Özil, E. ve Tuğal, V., 1982, Güneş enerjisi ve meteorolojik uygulamasına giriş: MAE matbaası, MBEAE/MESB-8203 GE, 28s.
- Demirel, Y., Kuş, Ş. ve Eşkut, E., 1984, Yeni bir havalı güneş toplacı modeli: Güneş Enerjisi Konferansı Tebliğleri, 1-19.
- Deriş, N., 1979, Güneş enerjisi-Sıcak su ile ısıtma tekniği: Sermet matbaası, İstanbul, 172s.
- Evranoz, Ö., 1983, Güneş enerjisi, tarım ve biomas: TÜBİTAK MAE yayını, 69, 27s.
- Kadayıfçılar, S. ve Ültanır, M.Ö., 1971, Dağınık materyal şeklinde absorbe edicisi olan düz yüzeyli güneş kolektörleri Üzerinde bir araştırma: A.Ü.Ziraat Fakültesi yayını, 742-763.
- Kılıç, A. ve Öztürk, A., 1980, Güneş enerjisi: Kipaş dağıtımcılık, İstanbul, 331s.
- Kılış, B., 1979, Güneş enerjisi: Isı Bilimi ve Tekniği Derg., Baylan matbaası, 2, 1, 52.
- Külünk, H., 1981, Güneş enerjisinin değerlendirilmesi ve güneş enerjisi elektrik santrallerine uygun bir ara maddenin araştırılması: Doktora tezi, Zonguldak D.M.M.Akademisi, Zonguldak, 4-11. (yayınlanmamış).
- Löf, G.O.G., 1981, Air-based solar systems for space heating: Solar Energy Handbook, McGraw-Hill Book Company, Chapter 12, 1-34.
- Macedo, I.C. and Altaman, C.A.C., 1978, Experimental evaluation of natural convection solar air heaters: Solar Energy Vol. 20, 367-369.
- Özil, E. ve Armağan, M., 1982, Isıl depolama ve güneş enerjisi teknolojilerine uygulanması: MAE matbaası, MESB-8201 GE, 86s.
- Tanes, Y., 1982, Güneş enerjisi toplayıcılarında verim ölçme yöntemleri ve havalı toplayıcılarla deneyler: Doçentlik tezi, K.T.Ü.Makina ve Elektrik Fakültesi, Trabzon, 100s. (yayınlanmamış).
- Ültanır, M.Ö., 1975, Türkiye köy ve çiftliklerinde güneş enerjisinden faydalanma imkanları Üzerinde bir araştırma: Doktora tezi, A.Ü.Ziraat Fakültesi, Ankara, 109s. (yayınlanmamış).

DEĞİNİLEN BELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

- Ültanır, M.Ö., 1984, Türkiye'nin enerji planlaması ve politikası kapsamında güneş enerjisinin yeri nedir ve ne olmalıdır?: Güneş Enerjisi Konferansı Tebliğleri, 137-160.
- Yavuzcan, G., 1983, Tarımda doğal enerji kaynakları: A. Ü. Ziraat Fakültesi, 876, 130s.
- Yıldız, M., 1984, Binalarda pasif ısıtma teknikleri, dünyada ve ülkemizdeki uygulamaları: Güneş Enerjisi Konferansı Tebliğleri, 371-389.
- M.T.A., 1981, Güneş enerjisi ve ülkemizde kullanıma olanakları: Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Semineri, M.T.A. Enstitüsü Güneş Enerjisi Servisi, Ankara.
- D.M.İ., 1984, Deniz suyu sıcaklıkları-Güneşlenme müddeti ve güneş ışınları şiddeti-Açık ve kapalı günler bülteni: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, S174.
- T.S.E., 1985, Güneş enerjisi toplayıcıları-Düz (TS-3680): Türk Standardlar Enstitüsü, Ankara, 43s.
- T.S.E., 1986, Güneş enerjisi toplayıcıları-İbıl performans deney metotları (TS-4801): Türk Standardlar Enstitüsü, Ankara, 31s.
- E.İ., 1986, Enerji istatistikleri: WEC Türk Milli Komitesi Türkiye 4. Enerji Kongresi, İzmir, 114s.
- FABRIMETAL, 1986, New and renewable sources of energy: Renewable sources of energy section, Bruxelles, P5.

Y. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi