

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONDAN GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜ
İMALİ VE VERİMİNİN DENEYSEL
OLARAK İNCELENMESİ

Mak. Müh. Sadık TONGAL

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
Isı Proses Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. İsmail TEKE

İSTANBUL, 1994

İÇİNDEKİLER	SAYFA NO
BÖLÜM 1.- GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.- KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
BÖLÜM 3.- GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU SİSTEMLERİ	4
3.1- Genel Bilgiler	4
3.1.1- Türkiye’de Güneş Enerjisi	6
3.2- Doğal Dolaşımli Sıcak Su Sistemleri	7
3.2.1-Doğal Dolaşımli Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları	9
3.3- Doğal Dolaşımli Sistemin Matematik Modeli	9
3.3.1- Düz Toplayıcılar (Kollektörler)	11
3.3.1.a- Düzlemsel Kollektörlerde Verim	13
3.3.1.b- Kollektör Verim Hesabı	16
3.3.1.c- Saydam Örtü (Cam)	18
3.3.1.c.1- % Olarak Camlarda Geçirgenlik Hesabı	20
3.3.1.c.2- Neşretme (Emisyon)	20
3.3.1.c.3- Sera Etkisi	21
3.3.1.d- Panel Boyaları ve Seçici Yüzey	23
3.3.1.e- Yön ve Eğim Açılarının Sistem Verimine Etkisi	24
3.3.2- Depo (Sıcak Su Deposu)	26
3.3.2.a- Genleşme Deposu Hacmi	29
3.3.3- Bağlantı Boruları ve Elemanları	29
3.4- Toplayıcı Isı Kayıp Katsayısı (K)	32
3.5- Depo Isı Kayıp Katsayısı	33
3.6- h'ın Fonksiyonu	33
BÖLÜM 4.- ÇEŞİTLİ EĞİMDEKİ YÜZEYLERİN SAATLİK GÜNEŞ İŞİNİM DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI	36
4.1- Giriş	36
4.2- Matematik Modelin Tanıtılması	37
BÖLÜM 5.- BETONDAN GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜ İMALİ VE VERİMİN DENEYSSEL OLARAK İNCELENMESİ	86
5.1- BETONDAN GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜ	86
5.2- BETON KOLLEKTÖR ISIL HESAPLARI	93
ÖZGEÇMİŞ	94
YARARLANILAN KAYNAKLAR	95

ÖNSÖZ

Konunun belirlenmesinde ve çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç.Dr.İsmail TEKE 'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca öğrenim hayatımda bana her zaman destek olan aileme, başta Prof.Dr.Doğan ÖZGÜR olmak üzere bütün değerli hocalarıma, dost ve arkadaşlarıma da teşekkürü bir borç bilirim.

İSTANBUL, 1994

SADIK TONGAL

DOĞAL DOLAŞIMLI SICAK SU SİSTEMLERİ

Artan enerji talebi ve enerji maliyetleri yanında, doğal enerji kaynaklarının azalmaya başlaması, çevre kirliliği, güneş enerjisi kullanımına olan ilgiyi son yıllarda arttırmıştır. Buda araştırmacıları bu konuda çalışmalara sevk etmiş, yeni düşüncelerin ortaya çıkmasına yardımcı olmuştur.

Uygulanmasının basitliği ve ekonomik oluşuyla güneş enerjisinden yararlanmada en sade sistem " Doğal Dolaşimli Sıcak Su Sistemleri" dir. Bu çalışmada, güneş enerjisi ile su ısıtılmasında gerekli olacak genel hususlar ve hesap tarzı verildikten sonra, asıl tez konusu olan uygulamalı (deneysel) beton kollektör imali üzerinde durulacaktır.

Betondan kollektör imali fikri başlıca çok ucuz olması, kolay uygulanabilir olması, nihayetinde ülke ekonomisine büyük katkıda bulunabileceği düşünceleriyle ortaya atılmış bir uygulamadır.

Sistem ; toplayıcı(kollektör), depo ve bağlantı boruları olmak üzere üç ayrı kısma ayrılarak incelenmiştir. İncelemeyi basitleştirmek amacıyla depo ve toplayıcıdaki hız ve sıcaklık dağılımlarının tek boyutlu olduğu, borularda ve toplayıcıda dolaşan suyun ısı depolamadığı, sistem malzemesinin ısı kapasite etkisinin ihmal edildiği kabulleri yapılmıştır.

HOT WATER SYSTEMS OF NATURAL CIRCULATION

The interest for the usage of solar energy has been increasing in recent years due to the increasing need of energy costs of energy, decrease in the natural energy sources and dirtiness of the environment. This fact has pushed the researchers to work on this subject which has resulted in the birth of new ideas.

The most simple way to make use of the solar energy is the "Hot Water Systems of Natural Circulation" due to its simple application and being economical. At these works, after general subjects of heating water with solar energy and its calculation styles are given; the major thesis subject of Applied (experimental) manufacturing concrete collector will be taken up.

The thesis of concrete collector manufacturing is an application put forward because of its being inexpensive and easily applied and thus is expected to be a big asset to the economy of the country.

The system has been studied in three separate parts; collector, warehouse and connecting pipes. In order to simplify the study, the acceptances have been made that the dispersions of speed and heat in the warehouse and the collector are of one size, that the water circulating in the pipes and the collector do not stock the heat, and that the heating capacity effect of the system material is neglected.

BÖLÜM 1. - GİRİŞ

Enerji, haklı olarak, seksenli yılların gündemindeki en önemli konu olmuştur. Fosil yataklarının gün geçtikçe azalması, buna karşın enerji talebinin artması ve çevre kirliliği, tüm dünyayı yeni ve ucuz enerji kaynakları arayışına yöneltmiştir.

Birincil ve yenilenebilir enerji kaynaklarından en önemlisi olan güneş, dünyamızı aydınlatması ve ısıtması yanında canlıların yaşamasını ve büyümesini, bazı enerji kaynaklarının oluşmasını sağlayan esas enerji kaynağıdır. Atmosfer dışı radyasyon şiddeti 1353 W/m^2 olmasına karşın atmosferdeki kayıplarla yeryüzüne ulaşan miktar $100-1000 \text{ W/m}^2$ arasında değişmektedir. Her sene yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi, fosil ve uranyum yakıt kaynaklarının 10 katına ve yıllık enerji tüketiminin 1500 katından fazlasına eşittir.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü veri çizelgeleri ve Fransa 'da faaliyet gösteren SODERN Araştırma Merkezinin yayınladığı "Dünya Güneşlenme Haritaları" na göre, ülkemizde 1m^2 'ye düşen güneş enerjisinin yıllık ortalama değeri 1345 kW/h tir. Bu enerji Aralık ayında en az ($47,60 \text{ kW/h}$), Temmuz ayında en çok ($181,40 \text{ kW/h}$) olmaktadır. Güneş enerjisi potansiyelinin bölgelerimize göre dağılımında Güneydoğu Anadolu, Akdeniz ve İç Anadolu bölgeleri birinci sırayı alırken, bunları Ege, Marmara ve Karadeniz bölgelerimiz izlemektedir.

Güneş enerjili sistemler içinde en yaygın kullanılan ve en ekonomik olanı sıcak su sistemleridir. Genellikle çatının güney yönüne veya terasa konulan düz güneş toplayıcıları ile yıllık sıcak su ihtiyacının % 60 - % 70 'ini, yaz aylarındaki ihtiyacın tamamını güneş enerjisiyle karşılamak mümkündür.

Sıcak su ihtiyacı için gerekli enerjinin aylara göre değişimi çok azdır. Isıtma ve soğutma sistemlerine göre enerji ihtiyacı az ve gerekli sıcaklık düşük olduğundan az sayıda toplayıcı yeterli olabilir. Sıcak su ısıtıcılarının yapımı kolay, yardımcı elemanları az ve kontrolü basittir. Sistemi kurmak kolaydır. Sıcak suyun her gün bulunması zorunlu olmayabilir. Tüm bu sayılan nedenlerle, sıcak su sistemlerinde güneş

enerjisinden yaygın olarak yararlanılmaktadır.

Sıcak su sistemlerinden doğal dolaşımli sistem, toplayıcıda ısınan suyun yukarı doğru yoğunluk farkından dolayı hareket etmesi esasına dayanır. Çalışmalarımızı üzerinde yapacağımız sistemde doğal dolaşımın oluşmasında depo alt noktası ile toplayıcı üst noktası arasındaki mesafe çok önemli olmaktadır. Bu mesafenin sistem performansına etkileri de ileride açıklanacaktır.

Şu durumda ülkemizde kullanımı görülmeyen betondan kolektör imali tezin asıl konusu olarak gerçekleştirilerek, sonuç kısmında boyutlandırmaya, çeşitli ölçüm değerlerine, nihayetinde sistemin performansına dair bilgiler sunulacaktır.

BÖLÜM 2. - KAYNAK ARAŞTIRMASI

Günümüzde, endüstride ve evlerde güneş enerjisinden yararlanmada en ekonomik sistem, doğal dolaşımli sıcak su sistemleridir. Son yıllarda, bu sistemin ısı performansını incelemek amacıyla çok sayıda deneysel ve teorik çalışma yapılmaktadır. Birçok araştırmacının bu konudaki çalışmalarından çıkan sonuca göre, iyi bir performans elde edebilmek için, normal tip toplayıcılarda, toplayıcı üst noktası ile depo alt noktası arasındaki mesafe (h) minimum 35 cm. olmalıdır. Farklı toplayıcı tasarımları için bu kıstas değişebilmekte, fakat bu konuda çok az şey bilinmektedir.

Sistem performansını tayin etmek üzere, ilk olarak Close [2] tarafından bir matematik model önerilmiştir. Bu matematik modelde, toplayıcı ve depo sıcaklık dağılımları lineer varsayılmış ve ortalama sistem sıcaklığı elde edilmiştir. Bu model Gupta ve Garg [3], daha sonrada Ong [4,5] tarafından geliştirilmiştir. Gupta ve Garg, Close'un analizini, kollektör performans faktörünü hesaba katarak, ışınım şiddeti ve çevre sıcaklığı değişimlerini gözönüne alarak geliştirmişlerdir. Ong da kollektör performans faktörünü gözönüne almış, kollektör ve depo da lineer sıcaklık dağılımı varsayımını yapmıştır. Sonrada geçerli denklemlere sonlu farklar (Governing Equations) yöntemini uygulamıştır. Bir başka değişiklik yine Ong tarafından oluşturulmuştur. Burda lineer sıcaklık dağılımı varsayımı yerine, sistemi sonlu sayıda parçaya ayırarak herbirinin ortalama üniform sıcaklığı olduğunu gözönüne almış ve bu sonlu fark denklemlerini çözmüştür. Deneysel olarak ve çözüm yolu ile elde edilen sonuçlar büyük bir uyum içinde bulunmuştur.

Huang [6,7] ise sistemi toplayıcı, depo ve bağlantı boruları olarak üç parçaya ayırarak ele almıştır. Toplayıcı ile depo için iki enerji denklemi ve tüm sistem için momentum eşitliklerini yazarak sistem verimini incelemiştir. [8,9,10] Kılıç & Öztürk [1,11] tarafından hazırlanan Güneş Enerjisi eserinde bu tip sistemler Türkiye şartlarında ele alınmıştır.

BÖLÜM 3- GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU SİSTEMLERİ

3.1- GENEL BİLGİLER

İnsanın, güneşin bitmez tükenmez enerjisinden yararlanmayı düşünmeye başlaması bildiğimiz kadarıyla ilk olarak antik çağlara rastlar. İ.Ö. 3.y.yılda iç bükey aynalarla Aten yakılabılmış, Archimed benzer aynalarla uzaktan Sicilya'da Siraküz kentini kuşatan Roma ordusunun donanmasını yakmıştır. Gene İ.Ö.100.yüzyılda Mısırlılar sera olayını bularak tarımda bundan yararlanmışlardır. O zamanlardan günümüze dek güneş enerjisi kullanımı gelişimini yavaş da olsa sürdürebilmiş, çeşitli konularda araştırmalar yapılmış ve uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bunlar arasında en önemli birkaçı; 17.y.yılda Gauss tarafından gerçekleştirilen ilk güneş pompası ve Kirsch'in yaptığı ilk güneş saati, 18.y.yılda Lavoisier tarafından 1775 °C'de platin ergitmek için yapılan sıvı mercekli ilk güneş fırını, 19.y.yılda Şili'de inşa edilen 5000 m².lik ilk güneş sulama tesisi ve de 20.y.yılın başında Selman'ın Kaire'de gerçekleştirdiği 100 B.G.ndeki Nil'den su pompalama tesisidir.

Konutlarda sıcak su temini için tüketilen enerji, konut için gerekli enerjinin % 12'si mertebesindedir. Sıcak su temini için daha çok fuel-oil, gaz, odun, kömür veya elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Son senelerde, güneş enerjisi potansiyeli büyük ülkelerde (ABD, İsrail, Japonya, Avustralya) ve hatta Avrupa ülkelerinde konutlar için gerekli sıcak suyun bir kısmı güneş enerjisiyle temin edilmektedir.

Çok değişik şekillerde konstrüksiyonu mümkün olan güneş enerjili basit tip sıcak su ısıtıcılarının kullanımına 1920'de Florida 'da başlanmış ve 1940 'lara kadar Miami çevresinde 60000 den fazla tesisat kurulmuştur. Daha sonraları elektriğin ucuzlaması, güneş enerjili sistemlerin pahalılaşması ve toplu konutlara geçilmesi nedeniyle önemini kaybetmiştir. 1970'li yıllarda, petrol fiyatlarının artmasıyla yeniden önem kazanmış ve son on yıl içerisinde yüzlerce güneş enerjili sıcak su sistemi yapılmıştır.

Ülkemizde durum biraz farklıdır. Henüz yeterli miktarda

ülke çapında tanıtılması sağlanamamasına rağmen ileriki yıllarda büyük ve olumlu gelişmelerin, atılımların olması beklenmektedir.

Konut ısıtma ve soğutma, buhar üretme, saf su ve tuz elde etme, kurutma, sera ısıtma, kükürt ve bazı metalleri eritme, elektrik üretimi ve özellikle sıcak su üretimi güneş enerjisinin kullanım alanlarıdır.

Sıcak su eldesi için kurulan sistemlerde 100°C nin altındaki sıcaklıklar için düzlemsel kollektörler, daha yüksek sıcaklıklar için ise odaklayıcı kollektörler kullanılır.

Sıcak su sistemleri, devre tiplerine göre açık ve kapalı devreli olarak sınıflandırılır. Toplayıcıda dolaştırılan ısı taşıyıcı akışkan (su, antifirizli su, donmayan sıvı veya hava) tesisatta sıcak su gereksinimi için kullanılıyorsa açık devre sistem, bir ısı değiştiricisi ile depodaki su ısıtılıyorsa yani toplayıcıda hep aynı su dolaştırılıyorsa kapalı devre sistem adını alır. [1]

Bu sistemler toplayıcıda dolaştırılan akışkanın hareketine göre de; hareket dışarıdan veriliyorsa pompalı veya zorlanmış dolaşım, hareket kendiliğinden oluşuyorsa (yoğunluk farkı nedeniyle) pompasız veya doğal dolaşımli sistemler olarak adlandırılır. Pompalı veya pompasız sistemler, açık devreli veya kapalı devreli yapılabilir.

Güneş enerjili sıcak su sistemlerinin seçiminde ve yerleştirilmesinde gözönüne alınması gereken noktalar şu şekilde sıralanabilir :

-Bölgenin meteorolojik özellikleri (dış sıcaklık, rüzgar hızı, kar ve yağmur durumu, güneşlenme süresi)

-Gerekli sıcak su miktarı, sıcaklığı vede gün içindeki kullanma saatleri

-Binanın sıhhi tesisat donanımı

-Toplayıcı yüzey alanının büyüklüğü

-Binanın konumu ve mimari projesi

-Şebeke suyunun özellikleri

Bu çalışmada, doğal dolaşımli sıcak su sistemi incelenecektir.

3.1.1- TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ

Orta Avrupa'da senede yaklaşık 2000 saat Afrika'nın ortasındaki Büyük Sahra'da ise senede yaklaşık 4000 saat, güneş ışınlarından yararlanma olanağı vardır. Bu iki örnek arasında bulunan Türkiye'de güneş ışınlarından verimli enerji sağlayacak kadar yararlanma olanağı olduğu açıktır.

Yapılan teorik çalışmalarda, Türkiye'nin tüm atmosfer yüzeyine gelen güneş enerjisi miktarı $1,25 \times 10^{11}$ tona eşdeğer taşkömürü (T.E.T) olarak saptanmıştır. Bu değer toplam enerji tüketimimizin 2200 katına eşittir.

Türkiye, ekvatorun $\pm 35^\circ$ enlemleri arasında kalan ve Güneş Kemerini denilen bölgeye yakın oluşuyla güneş enerjisinden yüksek oranda yararlanmaya elverişli bir coğrafi konumdadır. G. Doğu Anadolu bölgesi 3016 saatlik güneşlenme süresi ile güneşten en fazla yararlanabilecek bölgedir. Doğu Karadeniz bölgesi ise 1966 saat ile güneşten en az yararlanabilecek bölge olmasına rağmen Kuzey Avrupa ülkelerine göre daha şanslı durumdadır. (Tablo - 2)

TABLO - 1

Bölgelere Göre Güneş Enerjisi Yoğunlukları

BÖLGELER	kWh/m ² (Günlük Ortalama)	W/m ² (Saatlik Ort.)
Tropikal İklimler	5 - 6	210 - 250
Mutedil İklimler	3 - 5	130 - 210
Kuzey Avrupa	2 - 3	80 - 130

TABLO - 2

Bölgesel Güneşlenme Süresi

BÖLGELER	YILLIK TOPLAM (SAAT)
G. D. Anadolu	3016
Akdeniz	2923
Ege	2726
İç Anadolu	2712
D. Anadolu	2693
Marmara	2528
Karadeniz	1966

TABLO - 3
Aylara Göre Ortalama Güneş Enerjisi Dağılımı

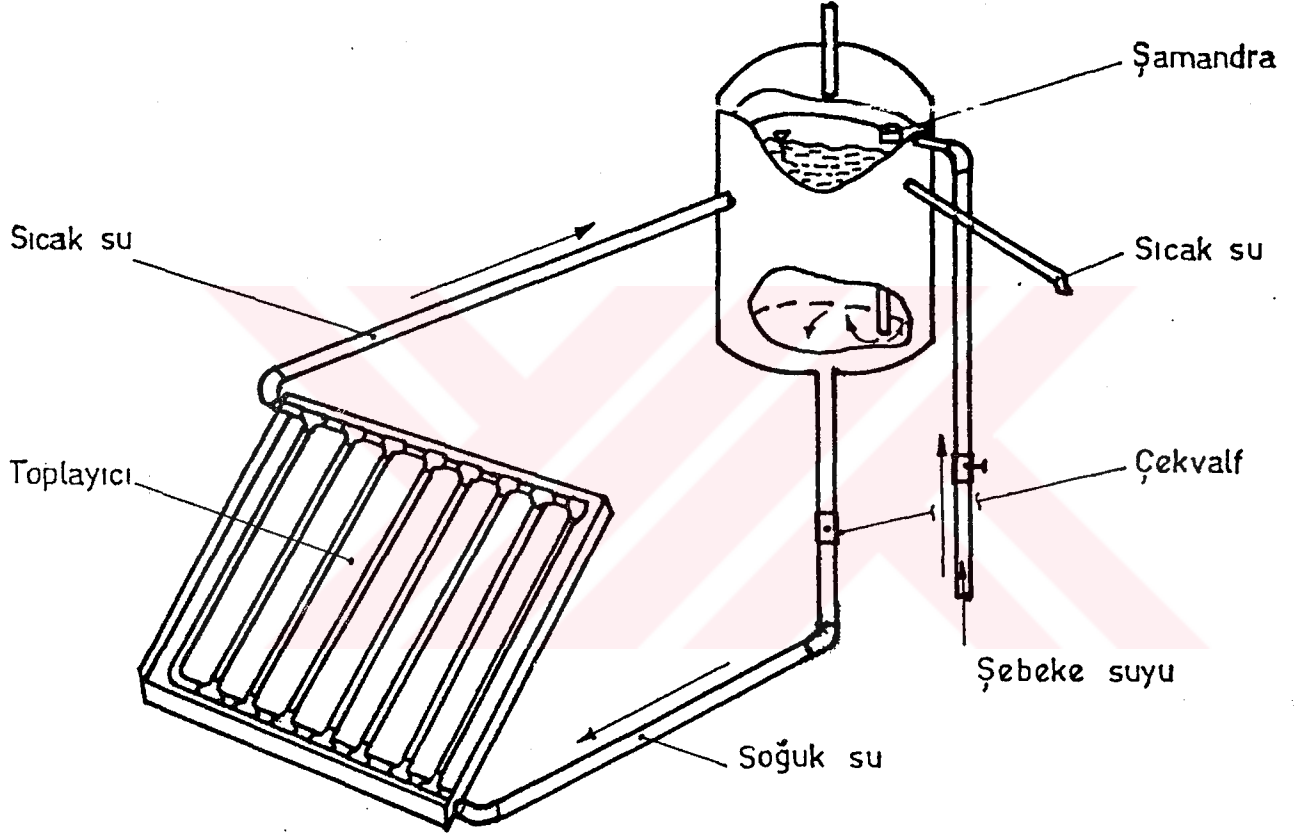
AYLAR	GÜNEŞLENME SURESİ (Saat)	GÜNEŞ RADYASYON ŞİDDETİ (W /m ²)
OCAK	109	75
ŞUBAT	112	80
MART	155	130
NİSAN	199	176
MAYIS	264	210
HAZİRAN	321	240
TEMMUZ	362	245
AĞUSTOS	351	220
EYLÜL	271	182
EKİM	218	190
KASIM	150	80
ARALIK	98	65
	TOPLAM : 2610	ORTALAMA : 154

3.2- DOĞAL DOLAŞIMLI SICAK SU SİSTEMLERİ

Güneş enerjili sıcak su sistemleri arasında en yaygın kullanılan "Termosifon Tipi Su Isıtıcısı" olarak da adlandırılan doğal dolaşimli sistemlerdir. Oldukça basit bir konstrüksiyona sahip bulunan sistem düz toplayıcı, yalıtılmış depo ve bağlantı borularından oluşmaktadır. (Şekil 1.)

Sistemin çalışması, toplayıcıda ısınan suyun genişleyerek (yoğunluğu azaldığından) yukarı doğru hareket etmesi esasına dayanır. Isınan su depoya üst kısımdan akar ve yerini depodun altındaki daha soğuk su alır. Böylece oluşan dolaşım, güneş ışınımının olduğu ve toplayıcı sıcaklığı depo sıcaklığından belirli bir değer daha büyük olduğu sürece devam eder. Dolaşımın olabilmesi için gerekli toplayıcı ile depo sıcaklığı arasındaki farkın mertebesi, toplayıcının üst noktası ile depo alt noktası arasındaki mesafeye (h) ve borulardaki sürtünme kayıplarına bağlıdır.

Yoğunluk farkı (dolayısıyla sıcaklık farkı) nedeniyle oluşan kaldırma kuvvetinin sürtünme kuvvetinden büyük olması da dolaşımın olabilmesi için gereklidir. Sürtünme kayıpları ve yerel kayıplar (vana, dirsek, geçit vb.) bu nedenle az olmalıdır.



Şekil 1. Açık Devreli-Statik Basıncılı Sıcak Su Sistemi

Doğal dolaşımli sıcak su sistemlerinin ısıl analizi, sistemde dolaşan akışkanın debisi, toplayıcı üzerine gelen güneş ışınımı, toplayıcı ile depo arasındaki mesafe (h), sistemdeki sürtünme kayıpları ve yerel kayıplar ile toplayıcı konstrüksiyonu gibi çok sayıda değişkene bağlı olduğundan oldukça karışıktır.

3.2.1- DOĞAL DOLAŞIMLI SİSTEMLERİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Doğal Dolaşımli Sistemler, birçok avantajları nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin pompa kullanılmadığından otomatik kontrol elemanlarına ve elektrik enerjisine gereksinim yoktur. Buda işletme masraflarının az, bakımının kolay olmasını sağlar. Ayrıca pompalı sistemlere göre; pompa, genleşme deposu, hissedici, diferansiyel termostat gibi elemanlar olmadığından daha ucuzdur.

Bunun yanında, depo toplayıcıdan daha yükseğe konulduğundan sistemin yerleştirilmesi ve uygun zemin bulunması zordur. Boru çapları büyük olması gerektiğinden pompalı sisteme göre boruların maliyeti daha fazladır. Depo ile toplayıcı arasındaki mesafe uzun olursa sürtünme kayıpları sebebiyle dolaşım kötüleşeceğinden bir depoya çok sayıda toplayıcının bağlanması mümkün değildir. Ayrıca depoların atmosfere açık olmaları, toplayıcıların üst kısmında görülen depoların çevre güzelliğini bozması, doğal dolaşımli sistemlerin diğer dezavantajlarıdır.

3.3- DOĞAL DOLAŞIMLI SİSTEMİN MATEMATİK MODELİ

Bu çalışmada incelenen doğal dolaşımli sıcak su sistemi üç ana bölümden oluşmaktadır. Düz toplayıcı, yalıtılmış depo ve bunları birbirine bağlayan bağlantı boruları. (Şekil 2.) [2,3]

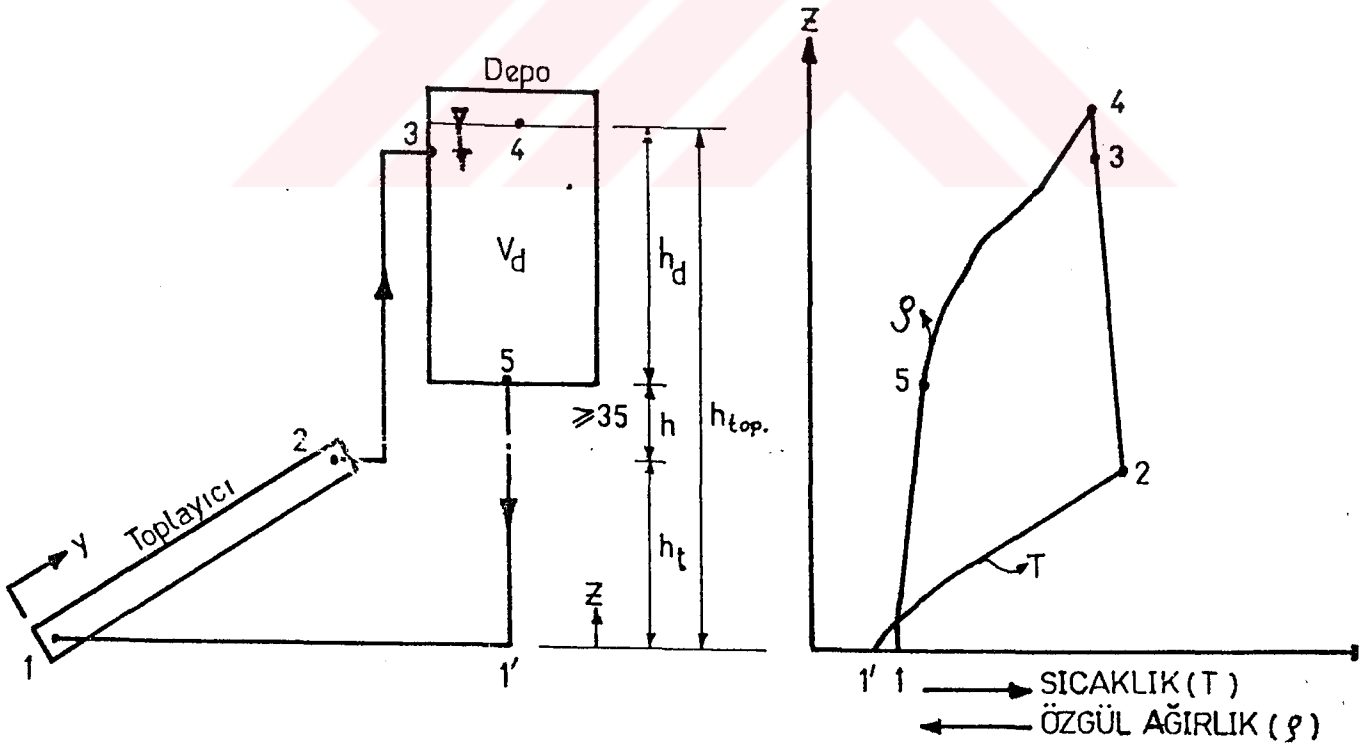
Gelen güneş ışınımı toplayıcının siyah yüzeyi tarafından yutularak ısı taşıyıcı akışkana (direkt kullanım suyuda olabilir) aktarılır. Bu şekilde sıcaklığı artan akışkanın yoğunluğu azalır ve toplayıcı (sıcak taraf) ile depo (soğuk taraf) arasında yoğunluk farkından dolayı bir kaldırma kuvveti oluşur. Bu kuvvetle, toplayıcıdaki akışkan yukarı doğru bir hareket kazanarak deponun üst noktasından depoya akar, bunun yerini deponun altındaki daha soğuk su alır. Yoğunluk farkıyla oluşan dolaşım, kaldırma kuvveti sürtünme kuvvetinden büyük olduğu sürece devam eder.

Doğal dolaşımli sıcak su sistemlerinin ısı analizini oldukça karışık. Burada incelemeyi basitleştirmek için bazı kabuller yapılmıştır. Bunları sıralarsak;

1- Toplayıcı ve depodaki akışkanın hız ve sıcaklık dağılımları tek boyutludur.

2- Toplayıcı ve bağlantı borularında dolaşan akışkanın ısı depolama etkileri ihmal edilebilir.

3- Toplayıcı malzemelerinin ısı kapasiteleri ihmal edilebilir.



Şekil-2. Sistemin şematik gösterilişi ve sıcaklık-özgül ağırlık dağılımı

3.3.1- DÜZ TOPLAYICILAR (KOLLEKTÖRLER)

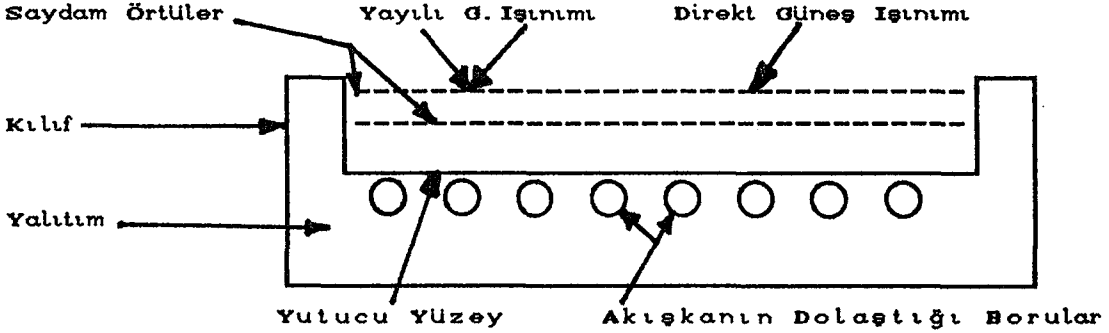
Güneş kollektörü, güneş enerjisini başka bir faydalı enerji şekline dönüştüren sistemin en önemli parçasıdır. Güneş kollektöründe akışkana enerji aktarımı uzak bir ışınlım kaynağından olduğu için, kollektörlerin üzerine düşen güneş ışınının mümkün olduğu kadar büyük kısmından yararlanabilmek amaçlanmaktadır. Bu nedenle düz kollektörler yanında, odaklayıcı kollektörlerde kullanımda önemli yer tutmaktadır.

Düz toplayıcılarda, güneş ışınlarının düştüğü net alanla (açıklık alanı) güneş ışınlımının yutulması diğer bir enerji şekline dönüştürüldüğü yüzey (alıcı yüzey) birbirine eşittir. Odaklı kollektörlerde ışınlım alıcı yüzeye gelmeden önce optik olarak yoğunlaştırılır ve böylece açıklık alanından daha küçük bir alıcı yüzey yeterlidir. Bunlarla daha yüksek sıcaklıklara çıkılabilmesine rağmen düz toplayıcıların şu avantajları sayılabilir :

- Konstrüksiyonları daha basittir,
- Hem direkt hem de yayılı ışınlımdan yararlanır,
- Tesisat elemanları azdır ve hareketli kısımları yoktur,
- Daha dayanıklı ve uzun ömürlüdür,
- İşletme masrafları azdır.

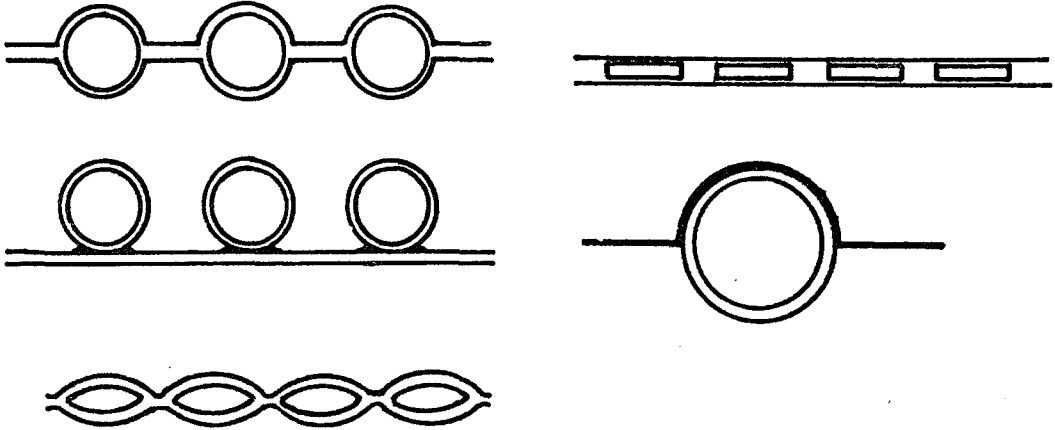
Pratikte çok kullanılan basit bir düz toplayıcının en önemli bölümleri; (Şekil 3)

- a-Güneş enerjisini toplayan alıcı yüzey,
- b-Yutucu yüzeyi örten ve güneş ışınlımını geçirip bunun yanında atmosfere taşınım ve ışınlımla olan ısı kaybını önleyen bir veya daha çok sayıdaki saydam örtü,
- c-Akışkanın dolacağı borular, (Isı taşıyıcı akışkan direk kullanım suyuda olabilir)
- d-Yutucu yüzeyin güneş almayan kısmındaki yalıtım,
- e-Toplayıcıyı dış etkilere koruyan ve yukarıda belirtilen kısımları bir araya getiren kılıftır.



Şekil 3. Basit Düz Toplayıcının Bölümleri

Şekil 3' de başlıca bölümleri görülen düzlemsel kollektörler piyasada çeşitli malzemeler kullanılarak yapılmaktadır. En çok rastlanılanlar siyah sac, alüminyum veya plastik kasalı bakır, alüminyum sac veya paslanmaz çelik panelli kollektörlerdir. Bu arada, bakır boruların galvanizli borulara kaynakıldığı veya alüminyum kanatlı bakır borulu absorberlere de rastlanmaktadır. Kanal kesiti olarak en uygunu, sürtünmeyle yük kaybının en az olduğu dairesel kesitli kanatlardır. Dik gelen ışınımın arttığı eliptik kanallar bir diğer uygun kesit olarak gösterilebilir. Piyasada rastlanan bir diğer kesit de içerisinde ısı transfer yüzeyini arttırıcı tırnakların bulunduğu kesitlerdir. Ama bu durumda akış sırasında sürtünme ile olan toplam enerji kayıplarının arttığı unutulmamalıdır. (Şekil 4)



Şekil 4. Kanal Kesitlerinin Görünüşleri

3.3.1.a - DÜZLEMSEL KOLLEKTÖRLERDE VERİM

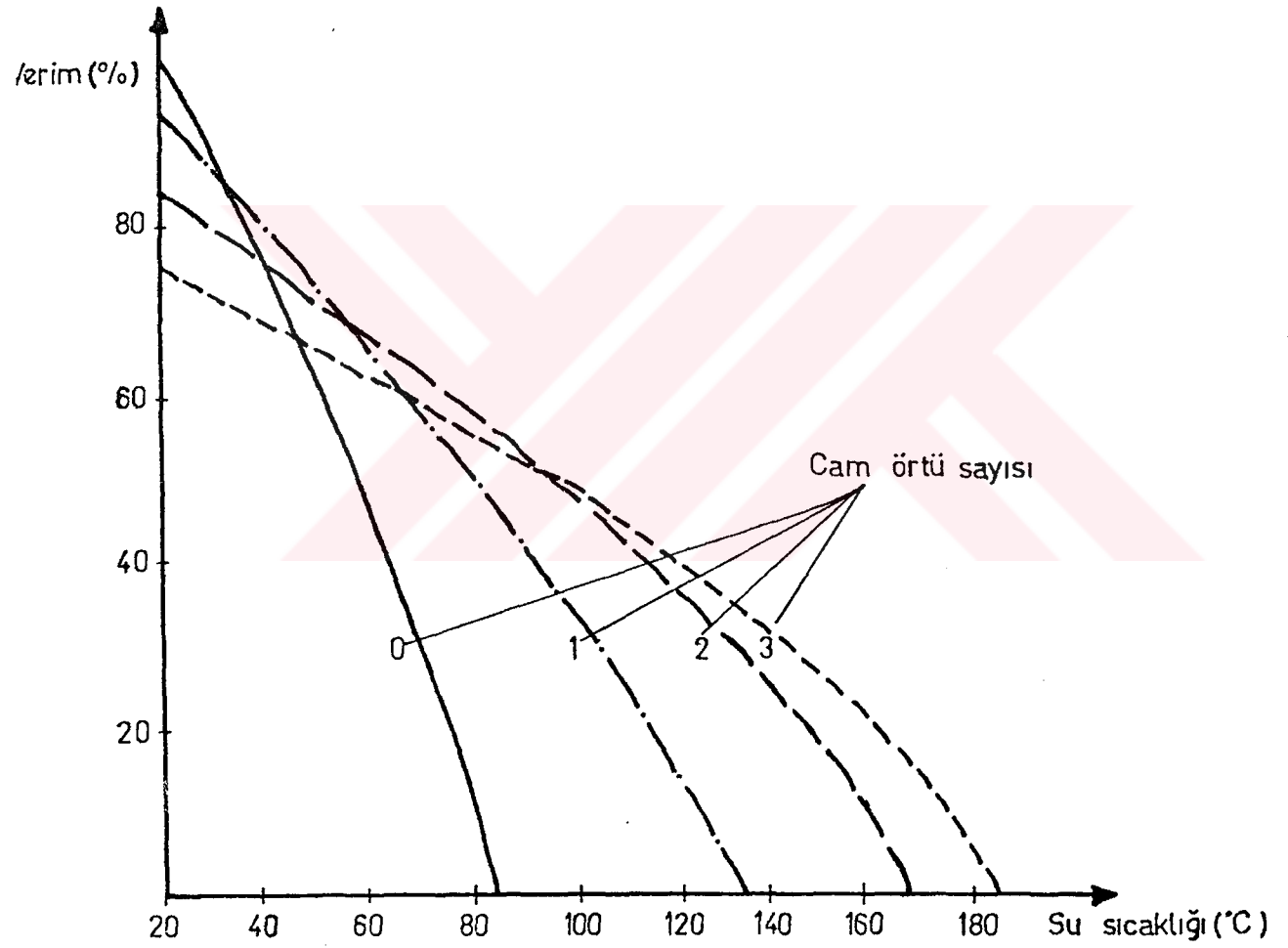
Güneş kollektörleri, topladıkları güneş enerjisini ısı aktarma akışkanına ileten bir çeşit ısı eşanjörleridir. Kollektörlerde toplanan enerjinin, kollektör üzerine gelen enerjiye oranı kollektör verimi olarak tanımlanır. Verimin yüksek olması için aşağıdaki temel kaidelere dikkat edilmesi zorunludur.

a - Güneş ışınlarının olabildiğince kollektör yüzeyine çok miktarda ve dik olarak gelmesi gerekir. Bu, kollektörün eğiminin ve yönünün iyi seçilmiş olması ve gölgelenmeye maruz kalmaması anlamına gelir.

b - Kollektör cam veya camlarının, üzerlerine gelen ışınların olabildiğince büyük bölümünü geçirmesi gerekir. Cam kalınlığının gereksiz yere fazla tutulmaması ve camların muntazam zaman aralıklarıyla temizlenmesi bu yönde olumlu adımlardır.

Bazı durumlarda tek, bazı durumlarda ise çok camlı kollektörler uygundur (avantajlıdır) .Bu seçim özellikle, kurulan sistemlere bağlıdır. Pompalı sistemlerde, absorber içinden geçen debi yüksek olduğundan absorber sıcaklığı düşük, dolayısı ile neşrettiği kızıl ötesi ışınım miktarı az olacaktır. Bu durumda cam ilavesi avantajlı değildir. Aksine düşük debili kollektörlerde bir ikinci cam ilavesi yüksek absorber sıcaklığı yaratacağından toplanan enerji miktarını arttırmakta yararlı olabilir. Sıcak su sistemlerinde üç cam kullanımı olumsuzdur.

Aşağıdaki grafikte cam sayısına göre kollektörler karşılaştırılmıştır. (Grafik 1)



Grafik-1. Cam örtü sayısı - Su sıcaklığı - Verim ilişkisi

Görüldüğü gibi, cam sayısı, su sıcaklığı yüksek istendiğinde arttırılmaktadır. Yalnız bu, verimi olumsuz olarak etkilemektedir. Sıcaklık arttıkça dışarıya olacak ısı kayıplarında artacağı unutulmamalıdır. Absorberin içinde dolaşan akışkana ilettiği ısı enerjisinin, dışarıya kaybedilmemesi için kollektör içindeki izolasyonun mükemmel olması gerekir. Akışkan sıcaklığı arttıkça izolasyonun önemi de artar.

Güneş kollektörlerinde saydam örtü olarak genellikle pencere camı (4 mm) veya temperlenmiş cam kullanılır. Mylar, Tedlar ve Adlar tipi plastiklerin de kullanıldığı kollektörler vardır. Yalnız, bunlar hafif olmalarına karşın az mukavimdirler. Morötesi (ultraviöle) ışınlar karşısında deforme olurlar ve zamanla değiştirilmeleri gerekir. Kırılğan olmaları ötesinde, pencere camı en uygun saydam örtü malzemesidir. Camlardaki geçirme oranı bileşimlerindeki demiroksit miktarı arttıkça azalır. Kenarlarından bakıldığı zaman yeşil görünen camlardaki demiroksit miktarı fazladır. Camlardaki demiroksit hem FeO (Fe^{2+}), hem de Fe_2O_3 (Fe^{3+}) şeklindedir. Geçirgenliği yüksek pencere camı istendiğinde FeO oranının düşük olmasına ve camın iyi oksitlenmiş olmasına özen gösterilmelidir.

c- Kollektör paneli, ısı iletimi yüksek malzemeden yapılmış olmalıdır. Bakır, diğer malzemelere göre bu yönden en üstün özelliklere sahiptir ama pahalıdır.

d- Panel üzeri, yeterli kalınlıkta, absorpsiyonu yüksek, emissivitesi düşük özel siyah mat boya ile boyanmış olmalıdır. Boya düzlemsel kollektörlerde çok önemlidir.

e- Kollektör izolasyonu uygun malzemeden yeterli kalınlıkta olmalıdır.

Yukarıdaki hususlar, herhangi bir düzlemsel kollektörün topladığı enerji miktarını arttırıcı ve bu enerjinin dışarıya kaybolan miktarını ise azaltıcı yönde alınması gerekli önlemlerdir.

3.3.1.b - KOLLEKTÖR VERİM HESABI (η_k)

$$\eta_k = \frac{Q_f}{A_k \cdot I} \quad (1)$$

şeklinde tanımlanan toplayıcı (kollektör) verimi ifadesinde ;

$$Q_f = I \cdot A_k \cdot \tau \cdot \alpha - U_L \cdot A_k \cdot \Delta T \quad \text{'dir.} \quad (2)$$

Burada ;

I : Anlık Işınım Şiddeti (Kcal /m².h)

τ : Saydam Örtütün Geçirgenlik Katsayısı

α : Saydam Örtütün Absorbsiyon Katsayısı

U_L : Toplam Isı Kayıp Katsayısı (Kcal /m².h.°C)

ΔT : Akışkan Giriş ve Çevre Sıcaklıkları Farkı (°C)

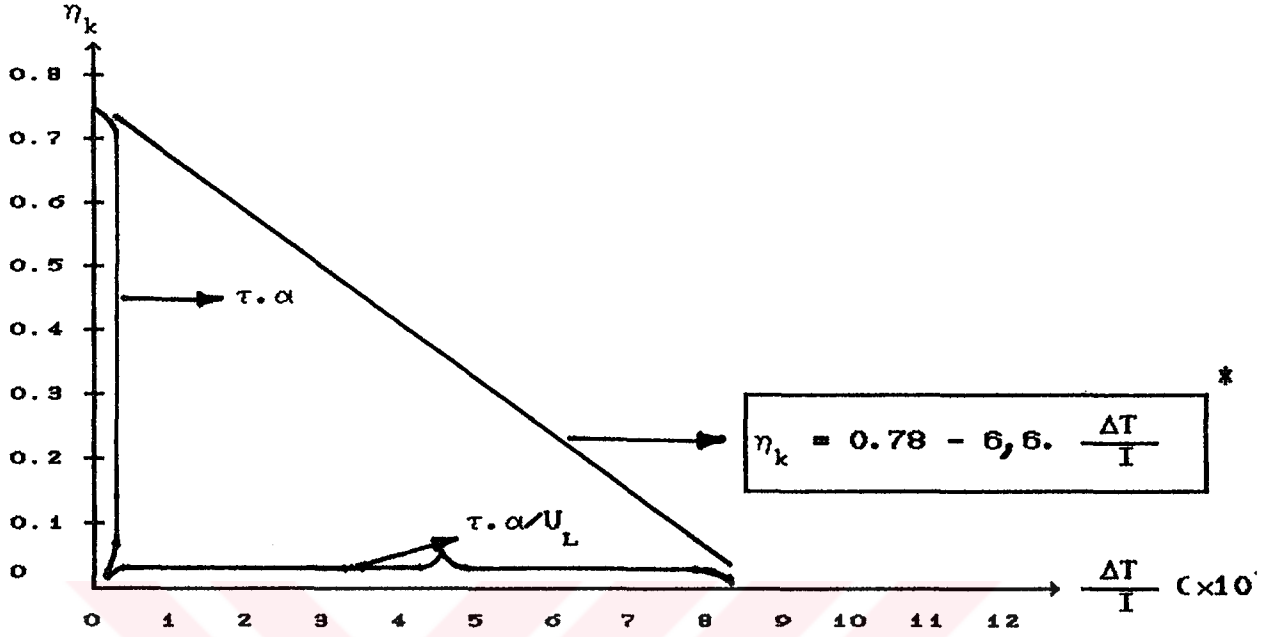
A_k : Kollektör Yüzey Alanı (m²)

Q_f : Faydalı Isı (Kcal /h)

(2) nolu denklem, kollektör yüzeyine gelen toplam enerji $A_k \cdot I$ 'ya bölünürse :

$$\eta_k = \tau \cdot \alpha - U_L \cdot \frac{\Delta T}{I} \quad (3)$$

şeklinde bir ifade ortaya çıkar. Bu aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi 1.dereceden doğru denklemdir.



GRAFİK - 2

(3) nolu ifadede $\tau \cdot \alpha$ çarpımı "optik faktör" olarak tanımlanır ve bu çarpımı grafikten bulmak mümkündür.

Q_f 'in bir diğer ifadesi de :

$$Q_f = m \cdot C_p \cdot (\Delta T) \text{ 'dir.}$$

Burada ;

m : Birim zamanda geçen akışkanın debisi (kg /h)

C_p : Sabit basınçta özgül ısı (kcal /kg. °C)

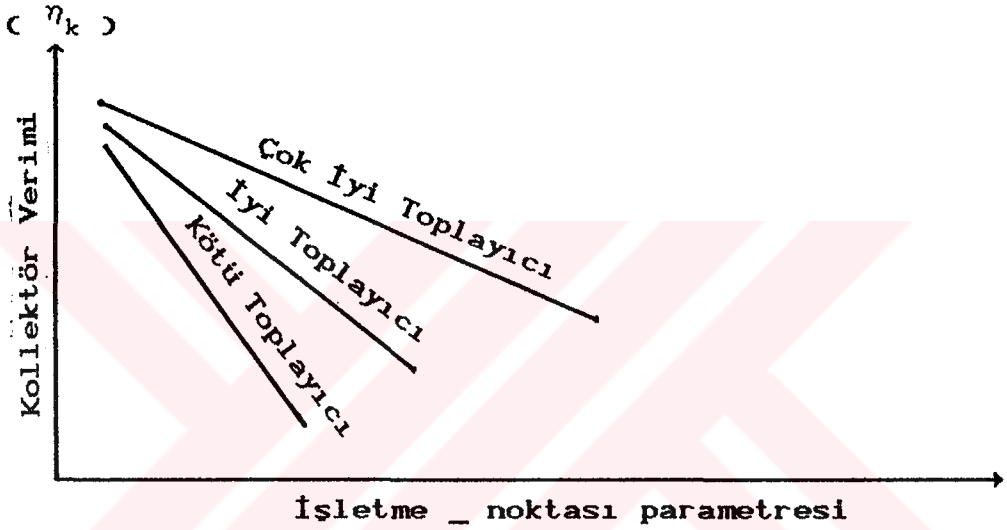
ΔT : Giriş ve çıkış sıcaklıkları farkıdır. ($\Delta T = T_g - T_c$)

Absorberin yüzey sıcaklığı ve çevreye olan ısı kayıpları, içinden geçen akışkanın debisine bağlı olarak değişeceğinden T_g , T_c , m ve I sürekli değişen büyüklüklerdir ve kolektörler birbirleri ile karşılaştırılırken genellikle verim yerine verim eğrilerinden söz etmek doğru olur. Belli zaman aralığında ortalama verim doğru olarak hesaplanmak istenirse ;

$$\bar{\eta} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} Q_f(t) dt}{A_k \cdot \int_{t_1}^{t_2} I(t) dt} \quad (4)$$

(*Bu hesap tarzı GÜNSU firmasının hesap tarzından alınmıştır.

şeklinde $Q_f(t)$ ve $I(t)$ 'nin t_1 ve t_2 zaman aralığında integre edilmeleri gerekir. Q_f ve I büyüklüklerinin t 'ye bağlı analitik fonksiyonları bilinmediğinden kollektör anlık verimleri, ortalama değerler alınarak, daha önce deneysel yolla bulunmuş verim eğrileri yardımıyla yaklaşık olarak bulunabilir. Aşağıdaki diyagramlarda (3) nolu denklemle ifade edilen karşılaştırmalı verim eğrileri gösterilmiştir.(Grafik 3)



GRAFİK - 3 Toplayıcı Verim Eğrileri

$\frac{\tau \cdot \alpha}{U_L}$ 'nin büyük olması U_L 'nin küçük, $(\tau \cdot \alpha)$ 'nın büyük olması anlamına gelir. Kısaca, verimli bir kollektör, geçirgenlik ve yutma katsayıları yüksek, toplam ısı kayıp katsayısı ise düşük olan kollektördür. Karşılaştırmalarda (3) denklemi ;

$$\eta_k = a - b \frac{\Delta T}{I} \text{ şeklinde ifade edilir.}$$

Burada ;

a : Optik faktör

b : Isı kayıp faktörüdür.

3.3.1.c - SAYDAM ÖRTÜ

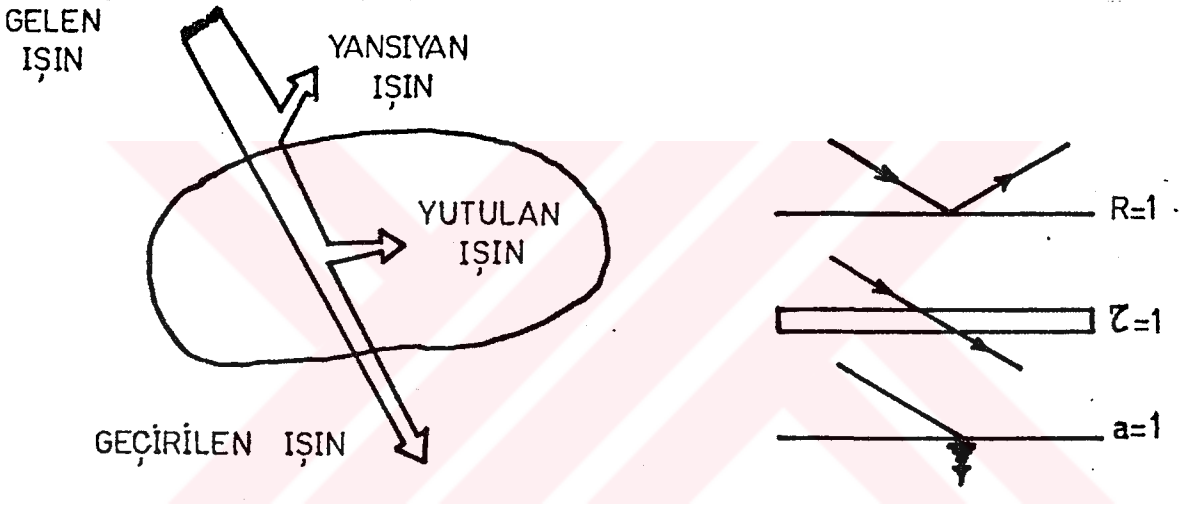
Tüm cisimler üzerlerine gelen ışınımların bir bölümünü geçirirler, bir bölümünü yutarlar ve bir bölümünü de yansıtırlar.

lar. τ , a ve R katsayıları ile belirlenen bu üç özellik, cisimlerin " Optik Özellikleri " olarak adlandırılırlar ve ifadeleri ;

$$\tau = \frac{\text{Geçirilen Işınım}}{\text{Gelen Toplam Işınım}}, \quad a = \frac{\text{Absorbe Edilen Işınım}}{\text{Gelen Toplam Işınım}}$$

$$R = \frac{\text{Yansıyan Işınım}}{\text{Gelen Toplam Işınım}}$$

şeklindedir ve daima $\tau + a + R = 1$ dir.



Şekil 5- Gelen-Yansıyan-Yutulan-Geçirilen Işınlar

Bu katsayılar, cisimlerin özelliklerine bağlı olduğu gibi üzerlerine gelen ışınların dalga boylarına da bağlıdır. Fakat genelde kolaylık sağlanması amacıyla bunların dalga boylarına bağımlı olarak değişimleri gözönünde tutulmaz. (τ ve R) katsayıları cismin rengine, cinsine ve yüzey durumuna, a katsayısı ise özellikle rengine bağlıdır.

Kollektörlerde saydam örtünün, üzerine gelen ışık dalgalarının olabildiğince büyük bölümünü geçirmesi istenir. Genel olarak camlarda $\tau = 0,90$ civarındadır ve cam sayısı arttıkça toplam geçirgenlik düşer. Şöyleki ; geçirgenliği 0.90 olan camdan iki adet konması halinde toplam geçirgenlik τ ;

$$\tau = 0,90 \cdot 0,90 = 0,81$$

Uç adet konması halinde ;

$$\tau = 0,90.0,90.0,90 = 0,729 \text{ olur.}$$

- Cam örtülerden istenen bir diğer özellikte, ısınan kolektör panelinin neşrettiği uzun dalga boylu ışık dalgalarını geçirmemesi ve panele doğru yansıtmasıdır. Diğer bir deyişle, kendisi ile panel arasına bu ışınları hapsedmesidir. Bu, " SERA ETKİSİ " olarak adlandırılan bir olaydır.

3.3.1.c.1 - % OLARAK CAMLARDA GEÇİRGENLİK (τ) HESABI

$\tau = 0,92 \times 10^{-a \cdot c \cdot t}$ denklemiyle hesaplanmaktadır.

Burada ;

a : Absorpsiyon Katsayısı

c : FeO Konsantrasyonu (%)

t : Cam Kalınlığı (mm)

İdeal durumda ; $\tau = 1$ 'dir.

Örneğin ; $c = 0,085 \cdot 0,30 = 0,026$ ve

$t = 4$ mm alınırsa

$$\tau = 1 = 0,92 \cdot 10^{-a \cdot c \cdot t}$$

$$\Rightarrow -a \cdot c \cdot t = 0,036 \Rightarrow a = -0,0346$$

$$\tau = 0,92 \cdot 10^{-0,346 \cdot 0,026 \cdot 4} = 0,847 \text{ bulunur.}$$

Kalınlığı $t = 3$ mm alırsak $\tau = 0,865$ olur. Geçirgenlik, azalan kalınlıkta artmaktaysa da, camın kırılma olasılığının da arttığı unutulmamalıdır. Kolektörler için en uygun cam kalınlığı 4 mm 'dir.

3.3.1.c.2 - NEŞRETME (EMİSYON)

Tüm cisimler her doğrultuda ışın neşrederler, ϵ emissivite katsayısı bir cismin siyah cisme oranla ($\epsilon = 1$) neşredebilme kolaylığını gösterir.

$$\epsilon = \frac{\text{Neşredilen Enerji Miktarı}}{\text{Aynı Sıcaklıkta ve Dalga Boyunda Siyah Cismin Neşrettiği Enerji Miktarı}}$$

Dolayısıyla her cismin neşrettiği enerji miktarı o cismin ϵ katsayısı ve sıcaklığına bağlıdır. Örneğin siyah bir cisim ;

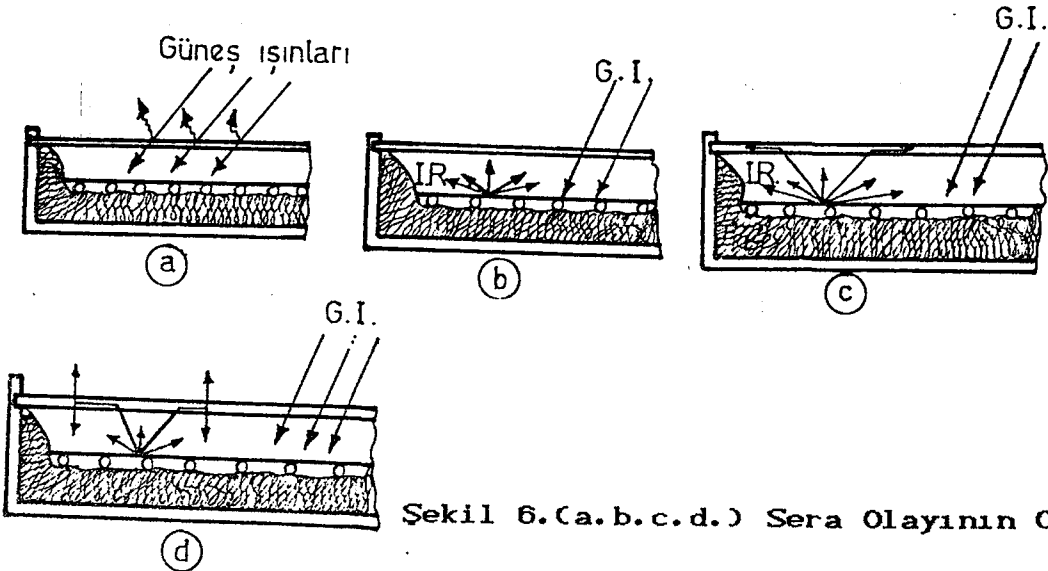
50°C ' da	620 W /m ²
100°C ' da	1100 W /m ²
150°C ' da	1800 W /m ² 'lik enerji neşreder.

Emissivitesi $\epsilon = 0,6$ olan bir cisim ,100°C ' da
 $0,6.1100 = 660$ W /m² 'lik enerji neşreder.

Cismin sıcaklığı neşredilen enerji miktarı yanında neşredilen ışınım dalga boyunu da tayin eder. Sıcaklık ne kadar küçük olursa, neşredilen ışınım dalga boyu da o kadar büyük olur. Örneğin ; 6000°C 'deki güneş 0,25 ile 4 μ arasında ışınım neşrederken, 60°C'daki bir cisim 4 ile 70 μ arasında yalnız kızılötesi (infraruj) ışın neşreder. İşte bu dalga boylarındaki farkı ve saydam örtülerin kısa dalga boylu ışınımaları geçirip uzun dalga boylu ışınımaları ise yutması ve yansıtması özelliği kolektörlerde " SERA ETKİSİ " 'nin yaratıcılarıdır. Şimdi bu olayı inceleyelim.

3.3.1.c.3 - SERA ETKİSİ

Kollektörlerde kullanılan saydam örtünün güneş ışınlarının büyük bölümünü geçirmesi, siyah absorberin neşrettiği kızıl ötesi ışınların ise tamamını ya absorbe etmesi yada yansıtmasını önceki paragraflarda "SERA ETKİSİ" olarak tanımlamıştık. Aşağıdaki şekillerde bunu yakından incelemeye çalışalım. (Şekil 6 a.b.c.d.)

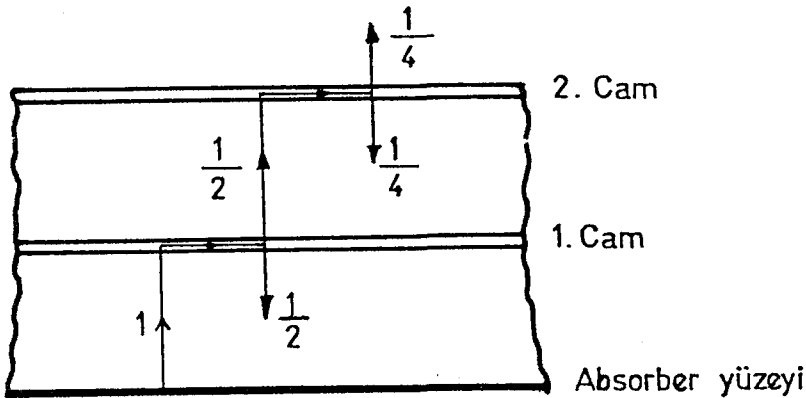


Şekil 6.(a.b.c.d.) Sera Olayının Oluşumu

Gelen ışınların büyük bölümü cam tarafından geçirilir. Siyah boyalı absorber bu ışınların büyük bölümünü yutarak ısınır. Sıcaklığı, içinden geçen akışkan debisine bağlı olarak 40 ile 100°C arasında değişir ve sıcaklığına bağlı olarak $\lambda=4$ ile 70 μ arasında değişen kızılötesi ışınım neşreder. (Bak. Şekil -6 c). (λ = Işınım dalga boyu [μ]). Bu ışınlar kollektörden dışarı çıkmak amacıyla tekrar cama gelir. Kısa dalga boylu ışınlara geçirgen, uzun dalga boylu ışınlara ise geçirgen olmayan cam, bu ışınların tamamını yutar ve ısınır.

Sıcaklığı, absorber sıcaklığına bağlı olarak 30 ile 50°C arasında değişen cam, kızılötesi ışınlar karşısında siyah cisim gibi davranır ve her iki yüzeyden bu ışınları neşretmeye başlar. (Bak. Şekil -6 d). Dolayısıyla, absorber cismin doğrudan geçirdiği güneş ışınları ile birlikte neşrettiği ışınları da üzerine toplar. Bu neşredilen ışınım miktarı geçirilen ışınımın yaklaşık yarısı kadardır.

Absorber üzerine tekrar geri gelen bu ışınımın kollektör verimine etkisi önemlidir ve cam sayısı arttırılmakla toplam geri gelen ışın miktarının artacağı açıktır. Yalnız, her ilave edilen cam gittikçe azalan miktarlarda ışınım geri yollarlar (Şekil-7).



Şekil-7 Işınım değerlerinin cam sayısı ile değişimi

Şekil 7 'de görüldüğü gibi ilk cam ; absorberin neşrettiği ışınımın yarısını, 2.cam 1/4 'ünü geri yollar. Dolayısıyla, kollektörlerde kullanılacak saydam örtü sayısı arttırılmak istendiğinde, azalan geçirgenlikle kaybedilen enerjiyle, sera olayı ile artan enerji miktarının karşılaştırılması ve buna göre karar verilmesi gerekir.

3.3.1.d - PANEL BOYALARI VE SEÇİCİ YÜZEY

Düzlemsel kollektörlerde panel boyasının verim yönünden önemine daha önce değinmiştik.Kollektörlerde, τ geçirme katsayısı ile absorberin α yutma katsayılarının çarpımı verim denkleminde (α) katsayısı ile belirtilen "Optik Faktör" diye tanımlanır.

Siyah boyaların güneş ışınımı yutma oranları (0.94-0.98) ile birlikte, uzun dalga boylu ışınım neşretme oranlarıda yüksektir (0.65-0.90) . İdeal yutucu yüzey, kısa dalga boylu ışınımın tamamını yutan ancak uzun dalga boylu ışınım neşrediciliği olmayan yüzeylerdir. Diğer bir deyişle $\alpha = 1$, $\epsilon = 0$ olan yüzeyler ideal yutucu yüzeylerdir. Uygulamada $\epsilon = 0$ sağlanamayacağı için;

$\epsilon = 0.1$ ve $\alpha = 1,0$ olarak alınarak, ideal sonuca yaklaşırlar. $\frac{\alpha}{\epsilon} \cong 10$ değeri makbuldür ve $(\frac{\alpha}{\epsilon})$ değeriyle birlikte η_k değeri artım gösterir.

Amerika ve Avrupa'daki bazı kollektör boyası üreticileri özellikle emisyonu düşürücü yönde çalışmalar yapmışlar ve selektif boya adı altında absorpsiyonu (α) yüksek, emisyonu (ϵ) düşük boya piyasaya çıkarmışlardır. Bu yönde en büyük aşama seçici yüzeyler üzerinde olmuş ve (ϵ) emisivite katsayısı 0.07 ye kadar düşürülmüştür. Selektif (seçici) yüzeyler, hem verim hem de ömür arttırıcı özelliktedir. Özellikle 60 °C 'nin üzerinde istenen sıcaklıklar için, selektif yüzeyler tavsiye edilmektedir.

Isı transferi bakır kadar mükemmel olmayan malzemelerin kullanımı halinde de selektif yüzey verim arttırıcı yönde önemli bir faktördür.

İlk defa siyah nikel ve siyah bakır kaplama ile selektif yüzey, 1954 yılında profesör Tabor tarafından yapılmıştır. Tabor bu ilk denemesini çelik ve alüminyum üzerine uygulamıştır. Sonraları çok çeşitli selektif yüzeyler elde edilmiştir. Selektif yüzeyler kaplanan taban metalinin cinsine bağlı olarak seçilmelidir. Pratikte en çok siyah nikel, siyah krom ve siyah bakır kaplamalar kullanılmaktadır. Genellikle çelik sac, nikel kaplı sac ve galvanize sac malzemeler üzerine kullanılan nikel kaplamalı selektif yüzeylerde;

$$\left. \begin{array}{l} \alpha = 0.90 - 0.94 \\ \varepsilon = 0.07 - 0.15 \end{array} \right\} \text{ arasındadır.}$$

Siyah nikelli seçici yüzeyler, nemli ortamda bozulurlar. Buna mukabil optik özellikleri aynı krom kaplamalı selektif yüzeylerin neme karşı dirençleri daha fazladır ve bakır malzeme üzerine de uygulanabilirler. Cu ve Al malzeme üzerine kullanılan bir diğer selektif yüzeyde siyah bakır kaplamalı olanlardır. Bunlarda $\alpha = 0.93$, $\varepsilon = 0.11$ dolaylarındadır. Selektif yüzeyler seçilirken veya karşılaştırılırken, α 'nın verim eğrisi denklemindeki (a) optik faktör sabitini, ε 'un ise (b) ısı kaybı faktörünü etkilediği gözönünde tutulmalıdır. Selektif yüzeylerin uygulanacağı taban metalinin son derece düzgün ve de parlak olmasına özen gösterilmelidir.

Selektif yüzeyler genellikle kimyasal değişim, elektrokimyasal veya püskürtme yöntemleriyle elde edilmektedir. En çok kullanılan elektrokimyasal yöntemle olanıdır. Yalnız büyük özen (hassasiyet) gerektirir. Elektroliz banyosunun kontrolü , sürekliliği, çözeltinin pH değeri, sıcaklığı, çözeltiliye verilen akım şiddeti ve verilme süresi, selektif yüzeyin kalitesini önemli ölçüde etkilerler.

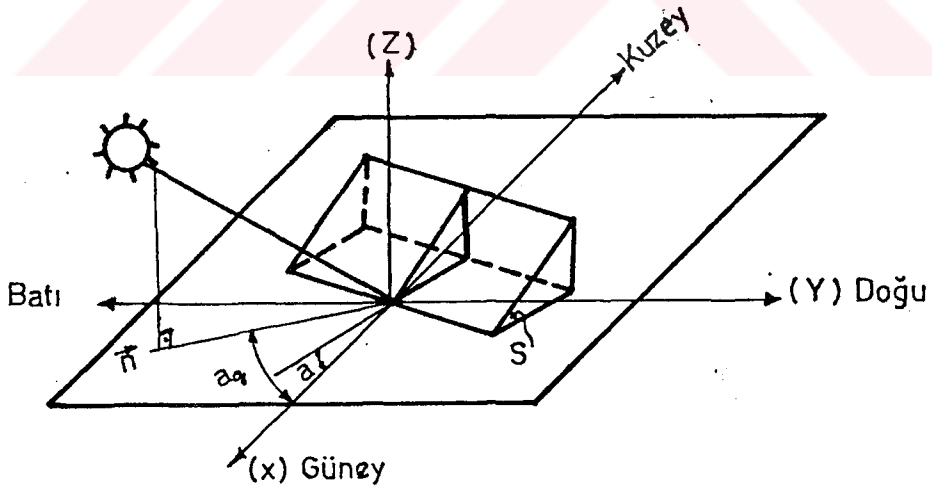
3.3.1.e - YÖN VE EĞİM AÇILARININ SİSTEM VERİMİNE ETKİSİ

Güneş kolektörleri geometrik olarak tasarlanırken ve kullanılacak malzeme seçimleri yapılırken, toplayabilecekleri enerjinin maksimum, dışarıya kaybedilecek enerjinin ise mini-

mum olması amaçlanmıştır. Yüksek kalitede kollektörlerin kullanıldığı sistemlerin yüksek verimde çalışabilmeleri için ana koşul kollektör montajının ve sistem tasarımının en iyi şekilde yapılmasıdır. Aksi halde , verimli kollektörlü verimsiz sistemler ortaya çıkartılır. İki verimi birbirinden ayrı tutmak gerekir.

Montaj sırasında kollektörlerin yön ve eğimlerinin tayini, toplanan toplam enerji miktarını etkiler. Amaç, olabildiğince çok miktarda enerjinin, olabildiğince uzun süre dik ve dike yakın açılarla kollektör düzlemi üzerine gelmeleridir.

Aşağıdaki şekilde kollektör yerleşim açıları görülmektedir. (Şekil 8)



Şekil 8- Kollektör Yerleşim Açıları

Özetle Kollektör Yerleştirilirken :

a - Güneye doğru yönlendirilmiş kollektörler, azimut açısı (α) kadar batıya doğru saptırılmalıdır. Bu saptırma, öğleden sonraki saatlerde hava sıcaklığının sabah saatlerindeki sıcaklıktan daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer bir deyişle, Güneş Azimut Açısı (α_g) nin (-) olduğu öğle öncesi saatlerinde gelen enerjinin bir bölümü havayı ısıtmaya yarar ve kollektörler üzerine gelmezler. (α_g) açısını $10^\circ - 15^\circ$ almak uygundur.

b - Yatayda (S) açısı kadar bir eğimle monte edilmelidir. S açısının değeri ;

Haziran Temmuz Ağustos için, yazlık kullanımda :

$$S = \text{Enlem} - 20^\circ$$

Bütün Yıl İçin :

$$S = \text{Enlem} \times 0.9$$

c -Isı aktarma akışkanı içinde daima ergimmiş gazlar bulunur ve bunlar artan sıcaklıkla birlikte çok küçük hava kabarcıkları şeklinde ortaya çıkarak özellikle ısıtıcı boruları üst cidarında toplanırlar. Biriken hava kabarcıklarının kollektör çıkışlarına doğru tırmanmalarını sağlamak için, kollektörler kendi düzlemleri üzerinde $2^\circ - 3^\circ$ kadar eğilmelidir.

3.3.2- DEPO (SICAK SU DEPOSU)

Doğal dolaşımli, açık devreli bir sıcak su sisteminde, toplayıcıdan ısınarak gelen suyun depoya üst noktasından aktığını vede yerini deponun altındaki daha soğuk suyun alarak dolaşımın sağlandığını belirtmiştik. Su dolu bir depo sistem olarak gözönüne alındığında enerji dengesi;

Q_t → Toplayıcıdan Gelen Isı Miktarı,

Q_y → İhtiyaç İçin Çekilen Isı Miktarı,

Q_k → Depo Çevresine Isı Kaybı olmak üzere,

$$(M C_p)_d \cdot \frac{dT}{dt} = Q_t - Q_y - Q_k \quad (A)$$

şeklinde yazılabilir. (A) denkleminde görüldüğü gibi, depodaki suyun sıcaklığının değişimi, depodaki suyun ısı kapasitesi ile depoya gelen, depodan çekilen ve kayıp olan ısı miktarlarına bağlıdır. Uygulamada, depodan çevresine ısı kaybı sürekli olmasına rağmen (depo sıcaklığı çevre sıcaklığına ininceye kadar), depodan çekilen ve toplayıcıya gelen enerji miktarları günün saatlerine göre kesintilidir. Toplayıcıdan depoya verilen enerji ve çekilen enerji aynı anda olduğu gibi farklı saatlerde de olabilir veya kayıp enerji dışında enerji girişi ve çıkışı olmayabilir.

Depo içindeki suyun sıcaklığı da her noktada aynı değildir. Üst ve alt kısımları arasında bir sıcaklık gradyeni vardır. Bu durumdaki karıştırılmamış depoları küçük bölmelere (mesela 1 'den N 'e kadar) ayırarak incelemek mümkündür. Burada 1. ve N. bölmelerden yalnızca tek tarafa ısı iletimi olmaktadır. [7].

Depolama tankının hacminin hesaplanmasında günlük sıcak su tüketimi, tüketilen suyun sıcaklığı ve tanktaki maksimum su sıcaklığı rol oynar. Sayılan faktörlere bağlı olarak, tankın hacminin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılır ;

$$V_{de} = \frac{M.(t_k - t_s)}{(t_u - t_k) + (t_k - t_s)} \text{ (lt)}$$

Burada ;

V_{de} = Depolama tankının hacmi (lt)

M = (t_k) sıcaklığında kullanma sıcak suyu ihtiyacı (lt/gün)

t_k = Kullanma suyu sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

t_s = Şebeke suyu sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

t_u = Suyun depolama tankında yükseldiği üst sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$). Bu sıcaklık 70°C olarak kabul edilebilir.

Haziran - Temmuz - Ağustos $\Rightarrow T_{\text{şeb}} = T_{\text{top}} - 5^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{C}$)

Ekim - Mart ve Bütün Yıl İçin $\Rightarrow T_{\text{şeb}} = T_{\text{top}}$ ($^{\circ}\text{C}$)

T_{top} = 1 m derinlikteki toprak sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) (Tablo 4)

Not : Depo ısı kayıplarına karşı (Q_k), çok iyi izole edilmelidir.

3.3.2.a - SICAK SU İHTİYAÇLARI

3.3.2.a.1 - Tüketim Yerlerine Göre, Kişi Başına Günde [(lt) / Gün.Kişi] Olarak Sıcak Su İhtiyaçları

- | | | |
|-----------|---|-------------|
| - Çamaşır | } | olmak üzere |
| - Bulaşık | | |
| - Banyo | | |

I - KONUTLARDA

a- Düşük Gelirli Ailelerde	40 - 60	(lt / gün.kişi)
b- Orta Gelirli Ailelerde	60 - 100	(lt / gün.kişi)
c- Yüksek Gelirli Ailelerde	100 - 150	(lt / gün.kişi)

II - OTEL, PANSİYON VE KONUKEVLERİNDE

a- Ortalama Değer	100	(lt / gün.kişi)
b- Lüks Otellerde	200	(lt / gün.kişi)

III - ATELYE VE ENDÜSTRİ TESİSLERİNDE

a- Ortalama Değer	50	(lt / gün.kişi)
b- Lavabolarda	30	(lt / gün.kişi)
c- Küvetli Duşlarda	80	(lt / gün.kişi)
d- Açık Duşlarda	50	(lt / gün.kişi)

ÖRNEK :5 kişilik düşük gelirli bir aile için depolama tankı hacmi, Ankara için bütün yıla göre hesaplanacak olursa ;
M = 250 lt / gün (5 kişilik aile için, 50 lt /gün.kişi)

$$\left. \begin{array}{l} t_k = 45^\circ\text{C} \\ t_u = 70^\circ\text{C} \end{array} \right\} \text{olsun.}$$

$$t_\varnothing = ?$$

$$t_\varnothing = t_{\text{depo}} \quad (\text{Bütün yıl için})$$

Ankara için $t_\varnothing = t_{\text{depo}} \cong 15^\circ\text{C}$ alınır (14,6°C), (Tablo- 4'den)

$$V_{\text{de}} = \frac{250 \cdot (45 - 15)}{(70 - 45) + (45 - 15)} = 136 \text{ lt bulunur.}$$

TABLO - 4

1 metre derinlikteki toprak sıcaklıkları
(1960 - 1980 verilerine göre)

Ölçüm Yeri	Haz. Tem. Ağus. Ort.	Ekim-Mart Ort.	Bütün Yıl Ort.
Adana	26,7	17,9	21,2
Ankara	20,6	11,0	14,6
Antalya	26,3	17,4	20,5
Bursa	23,7	12,3	16,5
Diyarbakır	24,9	15,2	18,7
Erzurum	14,5	5,3	8,5
Ist(Florya)	21,3	13,1	16,0
İzmir	29,0	16,2	20,9
Gazi Antep	23,2	13,5	16,9
Kayseri	20,8	10,6	14,3
Konya	19,8	10,8	14,1
Trabzon	20,2	13,0	15,6

3.3.2.a - GENLEŞME DEPOSU HACMI

Endirekt ısıtma sistemlerinde, kollektör devresinde genleşen suyun alınarak, sistemin güvenliğinin sağlanması gerekir. Bu maksatla açık genleşme deposu kullanılır. Genleşme deposunun hacminin belirlenmesinde 1 m² kollektör yüzeyi için yaklaşık 4 lt depo hacmi esas alınır.

3.3.3 - BAĞLANTI BORULARI VE ELEMANLARI

Tek devreli sistemlerde bütün tesisatta kullanma suyu dolaşacağından, galvanizli boru ve bağlantı elemanı kullanılmalıdır. İki devreli sistemlerde ise ısı aktarma sıvısı olarak (antifiriz + su) karışımı kullanılıyorsa, bu devrenin tüm tesisat boruları ve bağlantıları siyah malzemeden, dahili tesisata olan sıcak ve soğuk su boru ve bağlantıları ise galvanizli malzemeden olmalıdır.

Boru ve boru bağlantı elemanlarının montajında bağlantıların sökülebilir ve aynı cinsten olması bakım ve kontrol işlemini kolaylaştıracağından tercih edilmelidir. Mümkün olduğu kadar keskin dönüşlerden (dirsek v.b.) kaçınılmalıdır. Tüm borulara verilecek hafif eğimle boru devresi içinde oluşacak havanın atılması sağlanmalıdır.

Borular monte edilirken, zamanla ortaya çıkabilecek onarım çalışmaları, ara geçiş mesafeleri ve izolasyon kalınlıkları dikkate alınmalıdır.

Ayrıca yatay borularda her 2,5 m 'de bir, düşey borularda ise her 3 m ' de bir destek bağlantısı yapılmalıdır. Boru tesisatı üzerindeki tüm elemanlar kolay değiştirilebilecek şekilde monte edilmelidirler.

Boru bağlantıları tamamlandıktan sonra devredeki sızdırmazlık kontrolü için basınç testi uygulanır. Basınç testinde genellikle su uygulanır. Test basıncı işletme basıncının 1,5 katı olarak seçilmelidir.

$$P_{\text{test}} = 1,5 \cdot P_{\text{işl.}}$$

Tesisat devresi en az bir saat test basıncı altında bırakılır. Daha sonra iki devreli sistemlerde antifiriz doldurulur ve test işlemi yenilenir. Siyah boyalı tesisat devresi iki kat antipas boya ile boyanmalıdır.

Bu işlem yapıldıktan sonra izolasyon yapımına geçilir. Borular prefabrik cam yünü ile aşağıda belirtilen ekonomik kalınlıklarda yalıtılmalıdır (Tablo 5).

TABLO - 5

Boru Çapı (inch)	İzolasyon Kalınlığı (cm)
1/2"	3
3/4"	3
1"	3
1 1/4"	4
1 1/2"	4
2"	4

Cam yünü izolasyonu üzerine PVC boru, alüminyum veya sac levha ile koruma kaplaması yapılır. Bu kaplamada birleşme yerlerinde hiçbir şekilde aralık kalmamalıdır.

Ana boru çaplarının hesabında temel alınacak başlıca faktörler, geçecek su debisi (lt /sn), boru sürtünme kayıp katsayısı ($\cong 0,025$) ve borulardaki basınç kaybı (mmSS /m)'dir. Bu faktörler dikkate alınarak, ana boruların çapları aşağıdaki eşitlikten yaklaşık olarak bulunabilir.

$$d = 60 \cdot Q_p^{0.4} \quad (\text{mm})$$

Formülde ;

$$d = \text{Ana boruların çapı (mm)}$$

$$Q_p = \text{Pompa debisi (lt /sn)}$$

ÖRNEK : Pompanın debisi, kollektörlerin 1 m^2 'sinden saatte 60 - 80 litre suyu devrettirecek kapasitede olacaktır. Bu değer $70 \text{ lt} / \text{h} \cdot \text{m}^2$ alınır, 10 m^2 kollektör yüzeyli bir sistemde ana boruların çapı ;

$$Q_p = 70 \cdot 10 = 700 \text{ lt} / \text{h} = 0,194 \text{ lt} / \text{sn}$$

$$d = 60 \cdot (0,194)^{0.4} = 31,13 \text{ mm.}$$

$d \cong 32 \text{ mm.}$ ($1 \frac{1}{4}$ ") seçilebilir. Bu durumdaki en ideal izolasyon kalınlığıda 4 cm. alınır (Tablo 5'den).

Close ve Ong [2,4] 'un çalışmalarında, depo ile toplayıcı arasında suyu taşıyan borulardan ısı kaybı olmadığı kabulü yapılmıştır. Daha sağlıklı bir inceleme için bu kayıpları da gözönüne almak gerekir. Buna karşılık hesaplarda basitleştirme sağlamak amacıyla, boruların ısı depolamadıkları varsayılacaktır. Böylece enerji denklemleri ; üst boru, yani toplayıcıda ısınan suyu taşıyan boru için ; (Şekil 2'den)

$$m \cdot C_p \cdot (T_2 - T_3) = A_{bu} \cdot K_b \cdot (T_{bu} - T_{cev})$$

alt boru, yani depodan gelen suyu toplayıcıya taşıyan boru için ;

$$m \cdot C_p \cdot (T_5 - T_4) = A_{ba} \cdot K_b \cdot (T_{ba} - T_{cev}) \text{ olmaktadır.}$$

m : Çevrim debisi (kg / sn)

C_p : Suyun özgül ısısı (kWh /kg. °C)

A_{ba}, A_{bu} : Alt ve üst borunun dış yüzey alanı (cm^2)

K_b : Bağlantı borusu ısı transfer katsayısı ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{°C}$)

Burada, T_{bu} ve T_{ba} akışkanların borulardaki ortalama sıcaklıkları, yani sırasıyla

$$T_{bu} = \frac{T_2 + T_3}{2} (^\circ\text{C}) \quad \text{ve} \quad T_{ba} = \frac{T_1 + T_5}{2} (^\circ\text{C})$$

(Şekil 2 'den yazıldı.)

3.4 - TOPLAYICI ISI KAYIP KATSAYISI (K)

Toplayıcı ısı kayıp katsayısı üst, yan ve alt yüzeylerden olan kayıpların toplamı olarak hesaplanmaktadır. [11]

$$K = K_{üst} + K_{alt} + K_{yan}$$

k_y ve L_y sırasıyla alt yüzeydeki yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı ve kalınlığı olmak üzere ;

$$\left\{ \begin{array}{l} K_{alt} = k_y / L_y \\ K_{yan} = 0,5 \cdot K_{alt} \end{array} \right\} \quad \text{olarak hesaplanabilir.}$$

$K_{üst}$ ise Agarwal ve Larson tarafından verilen aşağıdaki formül yardımıyla $\pm 0,25$ hata ile hesaplanabilmektedir. [11]

$$K_{üst} = \left[\frac{N}{\frac{C}{T_y} \cdot \left[\frac{T_y - T_{cev}}{N + f} \right]^{0,99} + \frac{1}{h_{td}}} \right]^{-1} + \dots$$
$$\dots + \frac{\sigma \cdot (T_y - T_{cev}) \cdot (T_y^2 + T_{cev}^2)}{\left[\varepsilon_y + 0,05 \cdot N \cdot (1 - \varepsilon_y) \right]^{-1} + (2N + f - 1) \cdot \frac{N}{\varepsilon_s}}$$

$$h_{td} = 5,7 + 3,8 \cdot V$$

$$f = (1 - 0,04 \cdot h_{td} + 0,0005 \cdot h_{td}^2) (1 + 0,091 \cdot N)$$

$$c = 250 \cdot (1 - 0,0044 (s - 90))$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} (W / m^2 K^4)$$

Burada ;

V = Rüzgar hızı (m /sn)

S = Toplayıcı eğimi (derece)

N = Saydam örtü sayısı

ϵ_y = Yutucu yüzeyin ışınlım neşretme oranı

ϵ_s = Saydam örtünün ışınlım neşretme oranı

T_y = Yutucu yüzeyin sıcaklığıdır.

3.5 - DEPO ISI KAYIP KATSAYISI

Depo ısı kayıp katsayısı ise silindirik depolar için k_y ve δ_y sırasıyla, yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı ve kalınlığı olmak üzere ;

$$\frac{1}{U_d} = \frac{1}{h_d} + \left[d_d \cdot \ln \left(d_d / d_1 \right) \right] / k_y \text{ olarak verilmek-}$$

tedir. [1]

Burada ;

d_1 = Depo çapı

$d_d = d_1 + 2 \cdot \delta_y$ ve

h_d = Depo yan yüzeyindeki ısı taşınım katsayısıdır.

Depo sıcaklığının yüksek olmadığı durumlarda düşey silindirik ve küresel depolar için

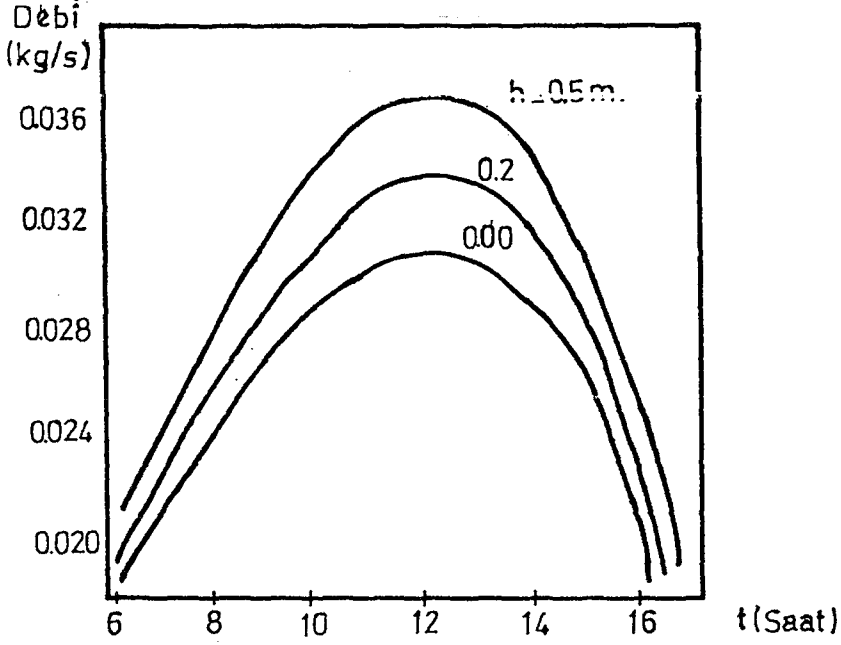
$$h_d = 1,42 (\Delta T / L)^{0.25} \text{ dir.}$$

L = Depo yüksekliği

$\Delta T = (\text{Kullanım suyu sıcaklığı} - \text{Giriş suyu sıcaklığı})$

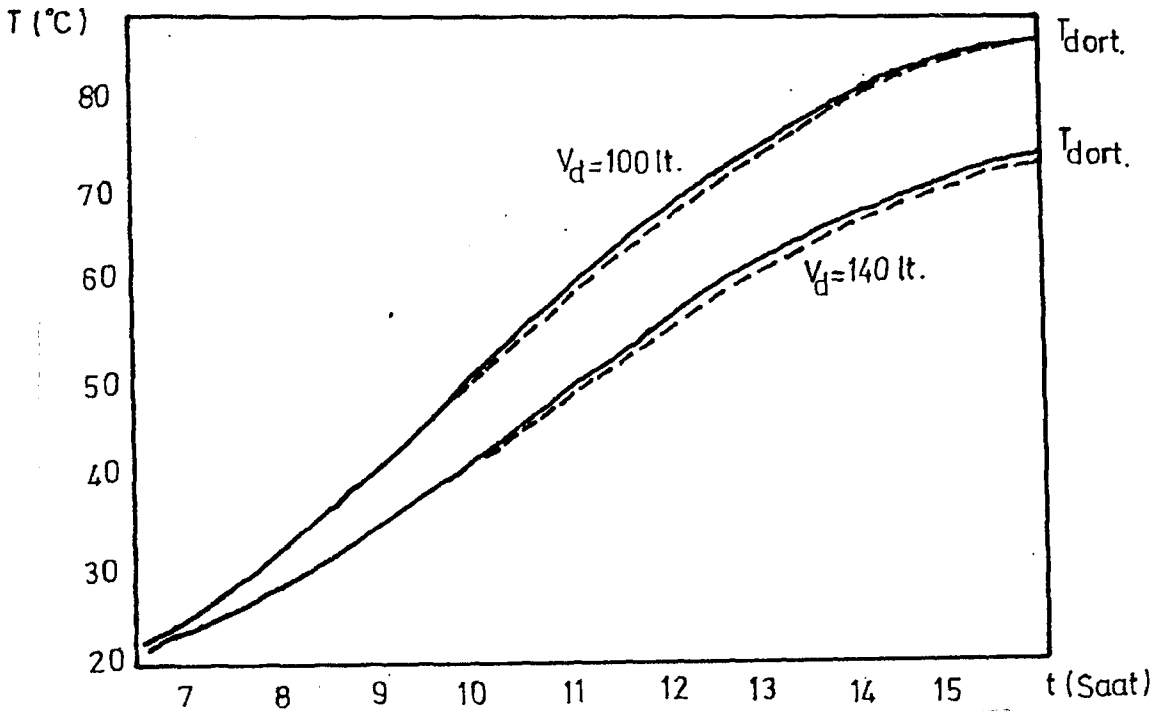
3.6 - h 'ın FONKSİYONU

Grafik 4 'de sistem debisinin, değişik h değerleri için zamanla değişimi görülmektedir. Sabah saatlerinde çok yavaş olan akış ışınlımın, dolayısıyla sıcaklığın artmasıyla artmakta ve hemen her h değeri için saat 12 - 13 arasında maksimumdan geçerek azalmaya başlamaktadır. Saat yaklaşık 15'den sonra ise bu çok yavaş olmaktadır.



Grafik -4 Debinin (h) ile değişimi

Grafik -5, ortalama depo sıcaklığının değişimini gösteren iki farklı depo hacmi ve h değerlerine ait sonuçları değerlendirmektedir. Ölçümler $h = 20 \text{ cm} \dots h = 50 \text{ cm}$ arasındaki değerleri içerir. Burada h 'in depo sıcaklığına etkisinin önemli olmadığı gözlenmektedir. Bunun yanında sistemin debisinin h ile arttığı görülmektedir (Bkz.Grafik-4). Ayrıca depo hacmi küçüldükçe ortalama depo sıcaklığı artmaktadır.



Grafik 5- Ortalama Depo Sıcaklığının Değişimi

Değişik h değerleri için, ortalama depo sıcaklığında, gün boyunca h 'ın değişmesiyle çok az bir değişim olmaktadır. Ayrıca ortalama depo sıcaklığı gibi, deponun alt ve üst nokta sıcaklıkları da h ile önemli ölçüde değişmemektedir.



BÖLÜM 4-ÇEŞİTLİ EĞİMDEKİ YÜZEYLERİN SAATLİK GÜNEŞ IŞINIM DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI

4.1- GİRİŞ

Büyük bir enerji darboğazında olan yurdumuzda geleceğe dönük çözümler arasında güneş enerjisi hızla önem kazanmaktadır. Bunun başlıca nedeni Türkiye 'nin güneşi bol bir ülke olarak tanımlanabilmesidir. Ancak, güneş enerjisinden sağlıklı bir şekilde yararlanabilmek için ülkenin güneş enerjisi potansiyelinin bilinmesi gerekir. Türkiye 'de ise meteoroloji istasyonları tarafından yapılan güneş enerjisi ölçümleri yetersiz kalmaktadır. Çok az sayıda ölçüm yapılmakta, ancak bu ölçümlerde, aletlerin yetersizliği nedeniyle güvenilir olmamaktadır.

Ölçümlerin yetersiz kaldığı durumlarda, güneş enerjisi verimlerini matematiksel modelleme yöntemiyle hesaplamak veya benzer yörelerin ölçülmüş değerlerinden yararlanmak mümkündür. Türkiye 'de bu ikinci yöntemin kullanılabilmesi veri yetersizliği yüzünden oldukça imkansızdır. Matematiksel modeller ise daha sağlıklı olarak ölçülebilen çeşitli meteorolojik verilerin hesaplanmasını hedef alır.

Bu çalışmada, yöresel saatlik güneş enerjisi ışınım potansiyelini saptamak için geliştirilmiş bir matematiksel model kısaca tanıtılmış ve bu modelle hesaplanmış İstanbul yöresi ışınım verileri sunulmuştur. Elde edilen ışınım değerleri ölçüm değerleriyle karşılaştırıldığında, aradaki farkın en fazla ± 10 seviyesinde olduğu görülmüştür. Ayrıca aynı model Amerika 'da ölçümlerin sağlıklı olarak yapıldığı 120 yöreye de uygulanmış ve sonuçların aynı duyarlılıkta olduğu belirlenmiştir.

4.2- MATEMATİK MODELİN TANITILMASI

Bu çalışmada kullanılan matematik model ilk olarak Liu ve Jordan tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra güneş ışınımının direk bileşenini bulmak için ASHRAE'nin * kabul ettiği metodunda eklenmesiyle T. Kusuda ve K. Ishii tarafından düzenlenmiş olan model Türkiye şartlarına uygun olarak düzeltilmiştir.

Bu model yatay, düşey ve eğimli yüzeylere gelen yansıyan, yayılmış, direk ve toplam saatlik ışınımı verilerini hesaplamaktadır.

Hesaplama yöntemi şöylece özetlenebilir.

a - Belirli bir enlem ve güneş sapma açısıyla konumu saptanmış atmosfer dışındaki yatay düzlem üzerine gelen günlük toplam güneş ışınımı aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır :

$$H_o = \frac{24}{\pi} I_{sc} \left[\left\{ 1 + 0.033 \cos \left(\frac{360 n}{365} \right) \right\} \cdot \{ \cos(L) \cdot \cos(S) \cdot \sin(W_s) + \frac{2\pi W_s}{360} \cdot \sin(L) \cdot \sin(S) \} \right]$$

Bağıntıda :

I_{sc} = Güneş sabiti , $1353 \text{ W/m}^2 = 1,940 \text{ cal/cm}^2\text{-dak}$

n = Yılın n.ci günü

W_s = Güneş doğuşu saat açısı (radyan) **

S = Sapma açısı (radyan)

L = Enlem (radyan)

b - Aşağıdaki bağıntıyla atmosfer içinde yatay düzleme gelen ortalama günlük toplam ışınımın (\bar{H} H_o 'ya oranı K_T ,

($K_T = \frac{\bar{H}}{H_o}$) , bulunur :

* ASHRAE Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Topluluğu

** Bu bölümde kullanılan tüm güneş açılarının deşayılı tanımı SEMBOLLER kısmında yapılmıştır.

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

Bağıntıda :

SH = Günlük güneşlenme müddetinin aylık ortalaması

Z = Gün uzunluğu

R = Bağıl nem

ALS = Deniz seviyesinden yükseklik düzeltme faktörü

$$= (12000 - \text{düzlemin yüksekliği}) / 12000$$

c - K_T ve H_0 değerleri kullanılarak \bar{H} bulunur :

$$\bar{H} = K_T \cdot H_0$$

d - 7 numaralı tablodan K_D değeri bulunur.

e - Yatay düzleme gelen günlük yayılmış ışının aylık ortalaması \bar{H}_D ,

$$\bar{H}_D = K_D \cdot H_0 \quad \text{bağıntısından bulunur.}$$

f - Yatay düzleme gelen ortalama saatlik yayılmış ışınım (I_{dh}) :

$$I_{dh} = r_d \cdot \bar{H}_D \quad \text{bağıntısından bulunur. Burada}$$

$$r_d = \frac{\pi}{24} \cdot \frac{\cos(W) - \cos(W_s)}{\sin(W_s) - W_s \cdot \cos(W_s)}$$

W = Hesap yapılan saatteki (güneş zamanına göre) saat açısı

g - Enlem derecesi ve hesap yapılan ay göz önüne alınarak Tablo 9 'dan f değeri bulunur.

$$(f = \bar{A} / (K_T - K_D))$$

h - $\bar{A} = (K_T - K_D) \cdot f$ bağıntısından \bar{A} bulunur.

i - Dünyaya gelen ışınımın direk bileşeni (I_{DN}) aşağıdaki bağıntıdan bulunur :

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

B = Sönümlenme katsayısı (Tablo 6'da aylık ortalama değerleri verilmiştir).

$$\cos (\theta_H) = \cos (L) \cdot \cos (S) \cdot \cos (W) + \sin (L) \sin (S)$$

θ_H = Yatay düzlemin normali ile güneş ışınları arasındaki açı

j - Düşey yüzeyin normali ile güneş ışınları arasındaki açı θ_v için :

$$\cos (\theta_v) = \cos (ALT) \cdot \cos (SAZM)$$

bağıntısı kullanılır.

ALT = Güneş yükseklik açısı

SAZM = Duvar - güneş azimut (semt) açısı

k - Yatay yüzeye gelen ortalama saatlik direk ışınım :

$$I_{Dh} = I_{DN} \cdot \cos (\theta_H) \text{ bağıntısıyla bulunur.}$$

l - Yatay düzleme gelen ortalama saatlik toplam ışınım :

$$I_{Th} = I_{Dh} + I_{dh} \text{ bağıntısından bulunur.}$$

m - Düşey düzleme gelen ortalama saatlik direk ışınım :

$$I_{Dv} = I_{DN} \cdot \cos (\theta_v)$$

bağıntısından bulunur.

n - Düşey düzleme gelen ortalama saatlik yayılmış ışınım :

$$I_{dv} = \frac{I_{dh}}{2} \text{ bağıntısından bulunur.}$$

o - Düşey düzleme çevreden yansiyarak gelen ortalama saatlik yansıyan ışınım :

$$I_{gv} = \frac{\rho_g \cdot I_{Th}}{2} \text{ bağıntısından bulunur.}$$

ρ_g = Çevre yansımaya katsayısı (Tablo 8)

p - Düşey düzleme gelen ortalama saatlik toplam ışınım :

$$I_{TV} = I_{Dv} + I_{dv} + I_{gv}$$

bağıntısından bulunur.

Düşey ve yatay yüzeylere gelen ortalama saatlik ışınımın yansıyan, yayılmış, direk ve toplam bileşenleri bulunduğundan sonra yataydan ϕ derece güneye doğru eğimli yüzeylere gelen ışınım bileşenlerini bulmak için aşağıdaki yöntem uygulanır :

Yataydan ϕ derece güneye doğru eğimli yüzeye gelen ışınımın :

a - Direk bileşeni için :

$$I_{Dh\phi} = I_{DN} \cdot \cos(\theta_{H\phi})$$

$$\cos(\theta_{H\phi}) = \cos(\text{ALT}) \cos(\text{SAZM}) \sin(\phi) + \sin(\theta_H) \cos(\phi)$$

b - Yayılmış bileşeni için :

$$I_{dh\phi} = \frac{1 + \cos(\phi)}{2} I_{dh}$$

c - Yansıyan bileşeni için

$$I_{gv\phi} = \frac{1 - \cos(\phi)}{2} \cdot \rho_g \cdot I_{Th}$$

d - Toplam ışınım için :

$$I_{Th\phi} = I_{Dh\phi} + I_{dh\phi} + I_{gv\phi}$$

bağıntıları kullanılır.

TABLO 6. SAPMA AÇISI (S) ve SÖNÜMLEME KATSAYISI (B) AYLIK ORTALAMA DEĞERLERİ

AYLAR	SAPMA AÇISI (S)	SÖNÜMLEME KATSAYISI (B)
OCAK	- 19.51	0.142
ŞUBAT	- 10.28	0.144
MART	0.20	0.156
NİSAN	11.56	0.180
MAYIS	20.14	0.196
HAZİRAN	23.27	0.205
TEMMUZ	20.26	0.207
AĞUSTOS	12.03	0.201
EYLÜL	0.37	0.177
EKİM	- 10.47	0.160
KASIM	- 19.58	0.149
ARALIK	- 23.27	0.142

TABLO 7. K_T ve K_D DEĞERLERİ

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

TABLO 8. ÇEVRE YANSIMA KATSAYILARI

	ρ
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

TABLO 9. AYLARA GÖRE f DEĞERLERİ (cal / cm².h)

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

4.3- GÜNEŞ ASTRONOMİSİ

Dünya üzerinde enlem ve boylamıyla tanımlanmış bir noktanın güneş açılarını saptamak mümkündür (Şekil 9).

Enlem (L)	-OL doğrultusunun ekvator düzlemi ile yaptığı açı
Sapma Açısı (S)	-Dünya merkezinden geçen güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açı
Saat açısı (W)	-Dünya merkezinden geçen güneş ışınlarının ve OL 'nin ekvator üzerindeki izdüşümlerinin yaptığı açı
Güneş başucu (zenit) açısı (θ_y)	-Güneş ışınları ile yer yüzündeki L noktasının dikeyi arasındaki açı
Güneş yükseklik açısı (ALT)	-Güneş ışınları ile P düzleminin yaptığı açı
Azimut (semt) açısı (AZM)	-Güneş ışınlarının P düzlemi üzerindeki izdüşümünün güneyden başlayarak yaptığı açı (batı +)

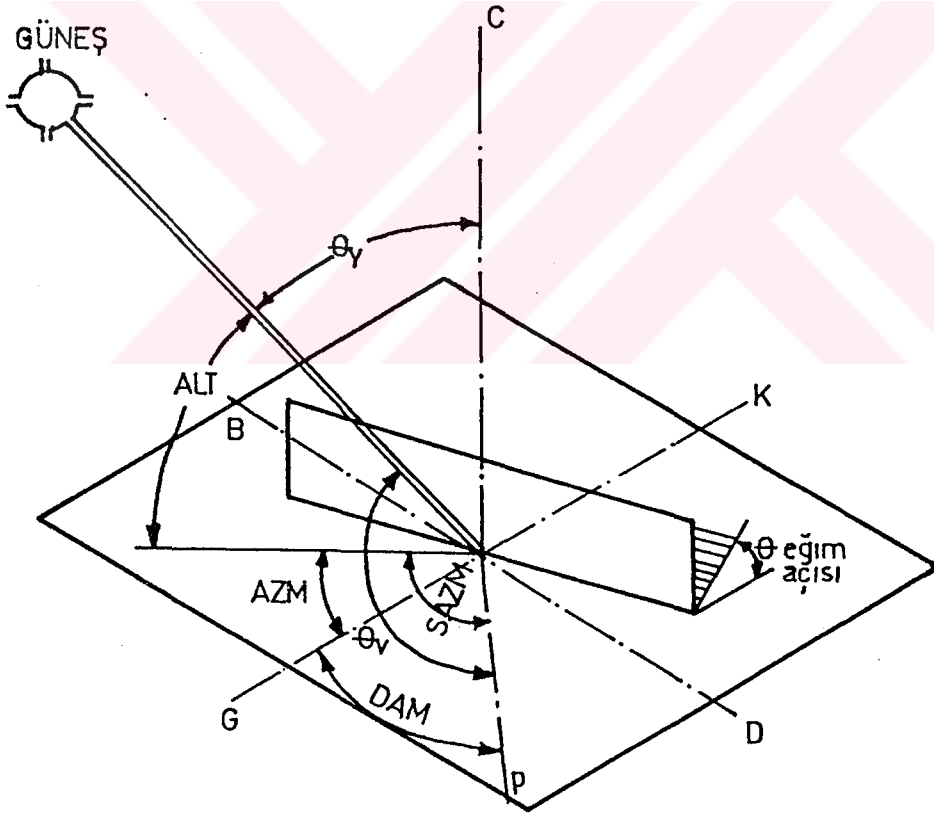
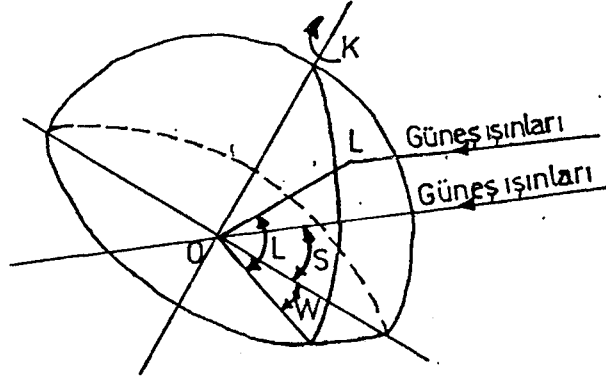
$$S = 23,45 \left(365 \left(\frac{284 + n}{365} \right) \right)$$

$$\sin (AZM) = \sec (ALT) \cos (S) \sin (W)$$

$$\sin (ALT) = \cos (L) \cos (S) \cos (W) + \sin (L) \sin (S)$$

Düşey duvar azimut açısı (DAZ) -Düşey duvar dikeyinin güney sapma açısı

Duvar-güneş azimut açısı (SAZM) -Düşey duvar dikeyi ile aynı düzlemdeki güneş ışınlarının izdüşümünün yaptığı açı



Sekil 9 - Güneş açıları

GÜNEŞ VERİLERİ TABLOLARINDA KULLANILAN SEMBOLLER

S.AC	= Saat açısı
OH	= Yatay düzlem için güneş geliş açısı (θ_H)
ALT	= Güneş Yükseliş açısı
AZM	= Azimut (semt) açısı
SAZM	= Duvar - güneş azimut (semt) açısı
OV	= Güneye bakan düşey duvar için güneş geliş açısı (θ_V)
IHD	= Yatay düzleme gelen yayılmış ışınım
IDN	= Dünyaya gelen ışınımın direk bileşeni
IDH	= Yatay düzleme gelen direk ışınım
ITH	= Yatay düzleme gelen toplam ışınım
IGV	= Düşey düzleme gelen yansıyan ışınım
IVD	= Düşey düzleme gelen yayılmış ışınım
IDV	= Düşey düzleme gelen direk ışınım
ITV	= Düşey düzleme gelen toplam ışınım
IDIF	= Eğimli düzleme gelen yayılmış ışınım
IDIR	= Eğimli düzleme gelen direk ışınım
IREF	= Eğimli düzleme gelen yansıyan ışınım
ITOT	= Eğimli düzleme gelen toplam ışınım
OEF	= Güneye bakan eğik düzlem için güneş geliş açısı ($\theta_{H\phi}$)

İSTANBUL VERİLERİ :

ENLEM (DERECE)

40.98

YÜKSEKLİK (METRE)

34.00

YANSIMA KATSAYISI

.200

TABLO 10

METEOROLOJİK VERİLER TABLOSU (AYLIK ORTALAMA)

AYLAR	ORTALAMA SICAKLIK	MAKS. SIC.	MIN. SIC.	BAGIL NEM 24 h ORT.	GUNESLI SAAT ORT	DERECE-GUN 18.5 TABAN
OCAK	5.02	8.00	2.50	0.780	3.090	404.40
ŞUBAT	5.27	8.40	3.10	0.780	3.610	396.90
MART	7.09	10.40	3.70	0.780	4.590	342.30
NİSAN	13.46	15.40	7.30	0.760	6.470	151.20
MAYIS	16.16	20.50	11.80	0.750	9.220	70.20
HAZİRAN	20.51	25.50	15.80	0.720	10.710	.00
TEMMUZ	23.01	28.70	18.40	0.690	11.420	.00
AĞUSTOS	22.82	28.80	18.70	0.720	10.530	.00
EYLÜL	20.00	25.00	15.80	0.730	8.810	.00
EKİM	15.00	19.80	12.10	0.760	5.830	105.00
KASIM	12.13	15.20	9.10	0.780	4.610	191.10
ARALIK	7.91	10.80	5.40	0.780	3.010	317.70

TABLO 11
EĞİMLİ YÜZEYLER İÇİN İSTANBUL İŞİNİM VERİLERİ

OCAK ⇒ EĞİM = 40°					
SAAT	OEF	IDIF	IDIR	IREF	ITOT
8.30	55.874	3.822	11.111	0.189	15.122
9.30	42.861	6.429	19.644	0.371	26.445
10.30	31.282	8.273	25.282	0.504	34.059
11.30	23.426	9.227	28.130	0.574	37.930
12.30	23.426	9.227	28.130	0.574	37.030
13.30	31.282	8.273	25.282	0.504	34.059
14.30	42.861	6.429	19.644	0.371	26.445
15.30	55.874	3.822	11.111	0.189	15.122
		55.501	168.334	3.278	227.113
		1665.021	5050.020	98.345	6813.387

ŞUBAT ⇒ EĞİM = 40°					
SAAT	OEF	IDIF	IDIR	IREF	ITOT
7.30	68.380	2.599	4.804	0.109	7.511
8.30	53.953	5.909	14.241	0.324	20.473
9.30	39.820	8.611	21.648	0.513	30.772
10.30	26.482	10.522	26.801	0.649	37.972
11.30	16.091	11.511	29.452	0.719	41.682
12.30	16.091	11.511	29.452	0.719	41.682
13.30	26.482	10.522	26.801	0.649	37.972
14.30	39.820	8.611	21.648	0.513	30.772
15.30	53.953	5.909	14.241	0.324	20.473
16.30	68.380	2.599	4.804	0.109	7.511
		78.302	193.890	4.628	276.820
		2349.063	5816.707	138.487	8304.609

MART ⇒ EĞİM = 40°					
SAAT	OEF	IDIF	IDIR	IREF	ITOT
7.30	67.584	5.046	8.389	0.266	13.701
8.30	52.620	8.402	17.032	0.503	25.937
9.30	37.680	11.142	24.293	0.702	36.136
10.30	22.811	13.080	29.473	0.844	43.396
11.30	8.405	14.083	32.164	0.917	47.164
12.30	8.405	14.083	32.164	0.917	47.164
13.30	22.811	13.080	29.473	0.844	43.396
14.30	37.680	11.142	24.293	0.702	36.136
15.30	52.620	8.402	17.032	0.503	25.937
16.30	67.584	5.046	8.389	0.266	13.701
		103.503	222.703	6.461	332.667
		3105.096	6681.098	193.843	9980.016

TABLO 11
EĞİMLİ YÜZEYLER İÇİN İSTANBUL İŞİNİM VERİLERİ

OCAK ⇒ EĞİM = 40°					
SAAT	OEF	IDIF	IDIR	IREF	ITOT
8.30	55.874	3.822	11.111	0.189	15.122
9.30	42.861	6.429	19.644	0.371	26.445
10.30	31.282	8.273	25.282	0.504	34.059
11.30	23.426	9.227	28.130	0.574	37.930
12.30	23.426	9.227	28.130	0.574	37.030
13.30	31.282	8.273	25.282	0.504	34.059
14.30	42.861	6.429	19.644	0.371	26.445
15.30	55.874	3.822	11.111	0.189	15.122
		55.501	168.334	3.278	227.113
		1665.021	5050.020	98.345	6813.387

ŞUBAT ⇒ EĞİM = 40°					
SAAT	OEF	IDIF	IDIR	IREF	ITOT
7.30	68.380	2.599	4.804	0.109	7.511
8.30	53.953	5.909	14.241	0.324	20.473
9.30	39.820	8.611	21.648	0.513	30.772
10.30	26.482	10.522	26.801	0.649	37.972
11.30	16.091	11.511	29.452	0.719	41.682
12.30	16.091	11.511	29.452	0.719	41.682
13.30	26.482	10.522	26.801	0.649	37.972
14.30	39.820	8.611	21.648	0.513	30.772
15.30	53.953	5.909	14.241	0.324	20.473
16.30	68.380	2.599	4.804	0.109	7.511
		78.302	193.890	4.628	276.820
		2349.063	5816.707	138.487	8304.609

MART ⇒ EĞİM = 40°					
SAAT	OEF	IDIF	IDIR	IREF	ITOT
7.30	67.584	5.046	8.389	0.266	13.701
8.30	52.620	8.402	17.032	0.503	25.937
9.30	37.680	11.142	24.293	0.702	36.136
10.30	22.811	13.080	29.473	0.844	43.396
11.30	8.405	14.083	32.164	0.917	47.164
12.30	8.405	14.083	32.164	0.917	47.164
13.30	22.811	13.080	29.473	0.844	43.396
14.30	37.680	11.142	24.293	0.702	36.136
15.30	52.620	8.402	17.032	0.503	25.937
16.30	67.584	5.046	8.389	0.266	13.701
		103.503	222.703	6.461	332.667
		3105.096	6681.098	193.843	9980.016

NİSAN ⇒ EĞİM = 40°					
SAAT	OEF	IDIF	IDIR	IREF	ITOT
6.30	82.441	3.934	2.531	0.196	6.662
7.30	67.649	7.548	11.153	0.469	19.170
8.30	52.895	10.787	20.308	0.727	31.823
9.30	38.247	13.433	28.163	0.942	42.537
10.30	23.922	15.303	33.829	1.094	50.226
11.30	11.262	16.271	36.788	1.173	54.232
12.30	11.262	16.271	36.788	1.173	54.232
13.30	23.922	15.303	33.829	1.094	50.236
14.30	38.247	13.433	28.163	0.942	42.537
15.30	52.895	10.787	20.308	0.727	31.823
16.30	67.649	7.548	11.153	0.469	19.170
17.30	82.441	3.934	2.531	0.196	6.662
		134.552	265.544	9.203	409.299
		4036.565	7966.309	276.105	12278.960

MAYIS ⇒ EĞİM = 40°					
SAAT	OEF	IDIF	IDIR	IREF	ITOT
5.30	96.779	2.170	0.000	0.087	2.257
6.30	82.585	5.603	3.824	0.360	9.786
7.30	68.422	8.918	13.841	0.663	23.422
8.30	54.427	11.891	24.222	0.945	37.058
9.30	40.846	14.318	33.159	1.117	48.655
10.30	28.356	16.034	39.629	1.343	57.006
11.30	19.271	16.923	43.013	1.429	61.365
12.30	19.271	16.923	43.013	1.429	61.365
13.30	28.356	16.034	39.629	1.343	57.006
14.30	40.846	14.318	33.159	1.117	48.655
15.30	54.427	11.891	24.222	0.945	37.058
16.30	68.422	8.918	13.841	0.663	23.422
17.30	82.585	5.603	3.824	0.360	9.786
18.30	96.779	2.170	0.000	0.087	2.257
		151.714	315.376	12.008	479.097
		4551.430	9461.262	360.228	14372.910

HAZİRAN ⇒ EĞİM = 40°					
SAAT	OEF	IDIF	IDIR	IREF	ITOT
5.30	96.493	3.005	0.000	0.153	3.157
6.30	82.726	6.221	4.379	0.448	11.048
7.30	69.013	9.328	15.054	0.763	25.146
8.30	55.546	12.114	26.015	1.054	39.183
9.30	42.673	14.388	35.455	1.295	51.138
10.30	31.230	15.997	42.297	1.465	59.760
11.30	23.490	16.829	45.880	1.554	64.264
12.30	23.490	16.829	45.880	1.554	64.264
13.30	31.230	15.997	42.297	1.465	59.760
14.30	42.673	14.388	35.455	1.295	51.138
15.30	55.546	12.114	26.015	1.054	39.183
16.30	69.013	9.328	15.054	0.763	25.146
17.30	82.726	6.221	4.379	0.448	11.048
18.30	96.493	3.005	0.000	0.153	3.157
		155.765	338.161	13.465	507.390
		4672.945	10144.820	403.944	15221.710

TEMMUZ ⇒ EĞİM = 40°					
SAAT	OEF	IDIF	IDIR	IREF	ITOT
5.30	96.611	2.572	0.000	0.127	2.699
6.30	82.664	5.740	4.640	0.435	10.814
7.30	68.762	8.800	16.348	0.771	25.918
8.30	55.073	11.543	28.458	1.038	41.084
9.30	41.907	13.783	38.903	1.341	54.027
10.30	30.044	15.367	46.477	1.524	63.368
11.30	21.800	16.187	50.442	1.620	68.249
12.30	21.800	16.187	50.442	1.620	68.249
13.30	30.044	15.367	46.477	1.524	63.368
14.30	41.907	13.783	38.903	1.341	54.027
15.30	55.073	11.543	28.458	1.038	41.084
16.30	68.762	8.800	16.348	0.771	25.918
17.30	82.664	5.740	4.640	0.435	10.814
18.30	96.611	2.572	0.000	0.127	2.699
		147.984	370.536	13.800	532.319
		4439.520	11116.070	413.986	15969.560

AĞUSTOS ⇒ EĞİM = 40°					
SAAT	OEF	IDIF	IDIR	IREF	ITOT
6.30	82.483	4.414	4.013	0.298	8.725
7.30	67.933	7.653	16.152	0.642	24.447
8.30	53.472	10.557	29.044	0.968	40.569
9.30	39.243	12.928	40.175	1.238	54.341
10.30	25.681	14.605	48.234	1.431	64.270
11.30	14.799	15.473	52.451	1.531	69.454
12.30	14.799	15.473	52.451	1.531	69.454
13.30	25.681	14.605	48.234	1.431	64.270
14.30	39.243	12.928	40.175	1.238	54.341
15.30	53.472	10.557	29.044	0.968	40.569
16.30	67.933	7.653	16.152	0.642	24.447
17.30	82.483	4.414	4.013	0.298	8.725
		131.259	380.137	12.215	523.610
		3937.779	11404.110	366.437	15708.310

EYLÜL ⇒ EĞİM = 40°					
SAAT	OEF	IDIF	IDIR	IREF	ITOT
6.30	82.468	2.253	2.040	0.105	4.397
7.30	67.480	5.714	14.165	0.423	20.301
8.30	52.491	8.816	27.458	0.745	37.019
9.30	37.504	11.350	38.814	1.015	51.178
10.30	22.525	13.141	46.976	1.208	61.325
11.30	7.598	14.068	51.230	1.308	66.606
12.30	7.598	14.068	51.230	1.308	66.606
13.30	22.525	13.141	46.976	1.208	61.325
14.30	37.504	11.350	38.814	1.015	51.178
15.30	52.491	8.816	27.458	0.745	37.019
16.30	67.480	5.714	14.165	0.423	20.301
17.30	82.468	2.253	2.040	0.105	4.397
		110.683	361.365	9.606	481.653
		3320.489	10840.930	288.175	14449.590

EKİM ⇒ EĞİM = 40°					
SAAT	OEF	IDIF	IDIR	IREF	ITOT
7.30	68.012	3.411	8.126	0.179	11.717
8.30	53.323	6.682	20.256	0.450	27.387
9.30	38.805	9.352	30.183	0.684	40.219
10.30	24.775	11.241	37.187	0.852	49.280
11.30	12.949	12.218	40.809	0.940	53.966
12.30	12.949	12.218	40.809	0.940	53.966
13.30	24.775	11.241	37.187	0.852	49.280
14.30	38.805	9.352	30.183	0.684	40.219
15.30	53.323	6.682	20.256	0.450	27.387
16.30	68.012	3.411	8.126	0.179	11.717
		85.807	273.122	6.209	365.138
		2574.207	8193.668	186.279	10954.150

KASIM ⇒ EĞİM = 40°					
SAAT	OEF	IDIF	IDIR	IREF	ITOT
8.30	55.292	4.354	15.403	0.254	20.011
9.30	41.949	6.971	25.972	0.471	33.414
10.30	29.885	8.821	33.100	0.630	42.551
11.30	21.433	9.779	36.724	0.713	47.216
12.30	21.433	9.779	36.724	0.713	47.216
13.30	29.885	8.821	33.100	0.630	42.551
14.30	41.949	6.971	25.972	0.471	33.414
15.30	55.292	4.354	15.403	0.254	20.011
		59.849	222.398	4.137	286.383
		1795.467	6671.934	124.106	8591.496

ARALIK ⇒ EĞİM = 40°					
SAAT	OEF	IDIF	IDIR	IREF	ITOT
8.30	56.488	3.257	10.148	0.156	13.561
9.30	43.815	5.825	19.511	0.338	25.674
10.30	32.711	7.642	25.557	0.473	33.672
11.30	25.386	8.582	28.586	0.544	37.712
12.30	25.386	8.582	28.586	0.544	37.712
13.30	32.711	7.642	25.557	0.473	33.672
14.30	43.815	5.825	19.511	0.338	25.674
15.30	56.488	3.257	10.148	0.156	13.561
		50.612	167.604	3.022	221.238
		1518.356	5028.121	90.645	6637.121

TABLO 12.a

GÜNÜN SAATLERİNE GÖRE AYLIK ASTRONOMİK VE GÜNEŞ AÇILARI

OCAK

SAAT	S. AC	COS OH	OH	ALT	SIN AZM	AZM	SAZM	COS OV	OV
8.30	52.50	0.190381	79.02	10.98	-0.753087	-48.86	48.86	0.645888	49.77
9.30	37.50	0.320244	71.32	18.68	-0.598833	-36.79	36.79	0.758696	40.65
10.30	22.50	0.412071	65.66	24.34	-0.391391	-23.04	23.04	0.838464	33.02
11.30	7.50	0.459604	62.64	27.36	-0.136957	- 7.87	7.87	0.879755	28.39
12.30	-7.50	0.459604	62.64	27.36	0.136957	7.87	7.87	0.879755	28.39
13.30	-22.50	0.412071	65.66	24.34	0.391391	23.04	23.04	0.838464	33.02
14.30	-37.50	0.320244	71.32	18.68	0.598833	36.79	36.79	0.758696	40.65
15.30	-52.50	0.190381	79.02	10.98	0.753087	48.86	48.86	0.645888	49.77

TABLO 12.b

YATAY VE DÜŞEY YÜZEYLER İÇİN SAATLİK GÜNEŞ (IŞINIM) VERİLERİ

OCAK

SAAT	RD	HD	IHD	IDN	IDH	ITH	IGV	IVD	IDV	ITV
8.30	0.0673	64.3412	4.328	19.805	3.770	8.099	0.810	2.164	12.792	15.766
9.30	0.1132	64.3412	7.281	26.800	8.582	15.863	1.586	3.640	20.333	25.560
10.30	0.1456	64.3412	9.368	29.583	12.190	21.559	2.156	4.684	24.804	31.645
11.30	0.1624	64.3412	10.449	30.657	14.090	24.539	2.454	5.225	26.970	34.649
12.30	0.1624	64.3412	10.449	30.657	14.090	24.539	2.454	5.225	26.970	34.649
13.30	0.1456	64.3412	9.368	29.583	12.190	21.559	2.156	4.684	24.804	31.645
14.30	0.1132	64.3412	7.281	26.800	8.582	15.863	1.586	3.640	20.333	25.560
15.30	0.0673	64.3412	4.328	19.805	3.770	8.099	0.810	2.164	12.792	15.766
			62.853	213.689	77.266	140.120	14.012	31.427	169.799	215.237
			1885.594	6410.676	2317.992	4203.586	420.358	942.797	5093.965	6457.117

TABLO 12.a (Devam)

-54-

GÜNÜN SAATLERİNE GÖRE AYLIK ASTRONOMİK VE GÜNEŞ AÇILARI

ŞUBAT

SAAT	S. AC	COS OH	OH	ALT	SIN AZM	AZM	SAZM	COS OV	OV
7.30	67.50	0.130421	82.51	7.49	-0.906885	-65.08	65.08	0.417780	65.31
8.30	52.50	0.296525	72.75	17.25	-0.808470	-53.95	56.95	0.562069	55.80
9.30	37.50	0.432149	64.40	25.60	-0.656973	-41.07	41.07	0.679881	47.17
10.30	22.50	0.528050	58.13	31.87	-0.438565	-26.01	26.01	0.763188	40.25
11.30	7.50	0.577691	54.71	35.29	-0.155626	- 8.95	8.95	0.806310	36.26
12.30	- 7.50	0.577691	54.71	35.29	0.155626	8.95	8.95	0.806310	36.26
13.30	-22.50	0.528050	58.13	31.87	0.438565	26.01	26.01	0.763188	40.25
14.30	-37.50	0.432149	64.40	25.60	0.656973	41.07	41.07	0.679881	47.17
15.30	-52.50	0.296525	72.75	17.25	0.808470	53.95	53.95	0.562069	55.80
16.30	-67.50	0.130421	82.51	7.49	0.906885	65.08	65.08	0.417780	65.31

TABLO 12.b (Devam)

YATAY VE DÜŞEY YÜZEYLER İÇİN SAATLİK GÜNEŞ (IŞINIM) VERİLERİ

ŞUBAT

SAAT	RD	HD	IHD	IDN	IDH	ITH	IGV	IVD	IDV	ITV
7.30	0.0332	88.5129	2.943	13.038	1.700	4.643	0.464	1.472	5.447	7.383
8.30	0.0756	88.5129	6.691	24.200	7.176	13.676	1.387	3.346	13.602	18.335
9.30	0.1102	88.5129	9.752	28.185	12.180	21.932	2.193	4.876	19.162	26.231
10.30	0.1346	88.5129	11.916	29.943	15.811	27.727	2.773	5.958	22.852	31.583
11.30	0.1473	88.5129	13.036	30.653	17.708	30.744	3.074	6.518	24.716	34.308
12.30	0.1473	88.5129	13.036	30.653	17.708	30.744	3.074	6.518	24.716	34.308
13.30	0.1346	88.5129	11.916	29.943	15.811	27.727	2.773	5.958	22.852	31.583
14.30	0.1102	88.5129	9.752	28.185	12.180	21.932	2.193	4.876	19.162	26.231
15.30	0.0756	88.5129	6.691	24.200	7.176	13.867	1.387	3.346	13.602	18.335
16.30	0.0332	88.5129	2.943	13.038	1.700	4.643	0.464	1.472	5.447	7.383
			88.675	252.038	109.151	197.826	19.783	44.338	171.558	235.679
			2660,254	7561.125	3274.535	5934.789	593.478	1130.126	5146.750	7070.355

TABLO 12.a (Devam) 55-

GÜNÜN SAATLERİNE GÖRE AYLIK ASTRONOMİK VE GÜNEŞ AÇILARI

MART

SAAT	S. AC	COS DH	DH	ALT	SIN AZM	AZM	SAZM	COS DV	DV
7.30	67.50	0.256301	75.15	14.85	-0.954649	-72.68	72.68	0.287789	73.27
8.30	52.50	0.426769	64.74	25.26	-0.876192	-61.19	61.19	0.435870	64.16
9.30	37.50	0.565956	55.53	34.47	-0.737504	-47.52	47.52	0.556777	56.17
10.30	22.50	0.664376	48.37	41.63	-0.511400	-30.76	30.76	0.642272	50.04
11.30	7.50	0.715322	44.33	45.67	-0.186561	-10.75	10.75	0.686527	46.64
12.30	-7.50	0.715322	44.53	45.67	0.186561	10.75	10.75	0.686527	46.64
13.30	-22.50	0.664376	48.37	41.63	0.511400	30.76	30.76	0.642272	50.04
14.30	-37.50	0.565956	55.53	34.47	0.737504	47.52	47.52	0.556777	56.17
15.30	-52.50	0.426769	64.74	25.26	0.876192	61.19	61.19	0.435870	64.16
16.30	-67.50	0.256301	75.15	14.85	0.954649	72.68	72.68	0.287789	73.27

TABLO 12.b (Devam)

YATAY VE DÜŞEY YÜZEYLER İÇİN SAATLİK GÜNEŞ (IŞINIM) VERİLERİ

MART

SAAT	RD	HD	IHD	IDN	IDH	ITH	IGV	IVD	IDV	ITV
7.30	0.0477	119.9151	5.714	22.001	5.639	11.352	1.135	2.857	6.332	10.324
8.30	0.0793	119.9151	9.515	28.056	11.973	21.488	2.149	4.757	12.229	19.135
9.30	0.1052	119.9151	12.618	30.695	17.372	29.990	2.999	6.309	17.090	26.398
10.30	0.1235	119.9151	14.812	31.974	21.243	36.055	3.605	7.406	20.536	31.548
11.30	0.1330	119.9151	15.948	32.513	23.257	39.205	3.921	7.974	22.321	34.216
12.30	0.1330	119.9151	15.948	32.513	23.257	39.205	3.921	7.974	22.321	34.216
13.30	0.1235	119.9151	14.812	31.974	21.243	36.055	3.605	7.406	20.536	31.548
14.30	0.1052	119.9151	12.618	30.695	17.372	29.990	2.999	6.309	17.090	26.398
15.30	0.0793	119.9151	9.515	28.056	11.973	21.488	2.149	4.757	12.229	19.135
16.30	0.0477	119.9151	5.714	22.001	5.639	11.353	1.135	2.857	6.332	10.324
			117.215	290.476	158.968	276.182	27.618	58.607	157.015	243.240
			3516.441	8714.266	4769.027	8285.461	828.545	1758.220	4710.434	7297.199

TABLO 12.a (Devam)

GÜNÜN SAATLERİNE GÖRE AYLIK ASTRONOMİK VE GÜNEŞ AÇILARI

NİSAN

SAAT	S. AC	COS. OH	OH	ALT	SIN. AZM	AZM	SAZM	COS. OV	OV
6.30	82.50	0.204488	78.20	11.80	-0.999204	-92.29	92.29	-0.039049	92.24
7.30	67.50	0.392287	66.90	23.10	-0.990859	-82.25	82.25	0.124091	82.87
8.30	52.50	0.560663	55.90	34.10	-0.945198	-70.94	70.94	0.270355	74.31
9.30	37.50	0.698141	45.72	44.28	-0.838818	-57.02	57.02	0.389778	67.06
10.30	22.50	0.795353	37.31	52.69	-0.622833	-38.52	38.52	0.474223	61.69
11.30	7.50	0.845673	32.26	57.74	-0.241273	-13.96	13.96	0.517935	58.81
12.30	- 7.50	0.845673	32.26	57.74	0.241273	13.96	13.96	0.517935	58.81
13.30	-22.50	0.795353	37.31	52.69	0.622833	38.52	38.52	0.474223	61.69
14.30	-37.50	0.698141	45.72	44.28	0.838818	57.02	57.02	0.389778	67.06
15.30	-52.50	0.560663	55.90	34.10	0.945198	70.94	70.94	0.270355	74.31
16.30	-67.50	0.392287	66.90	23.10	0.990859	82.25	82.25	0.124091	82.87
17.30	-82.50	0.204488	78.20	11.80	0.999204	92.29	92.29	-0.039049	92.24

TABLO 12. b (Devam)

YATAY VE DÜŞEY YÜZEYLER İÇİN SAATLİK GÜNEŞ (IŞINIM) VERİLERİ

NİSAN

SAAT	RD	HD	IHD	IDN	IDH	ITH	IGV	IGD	IDV	ITV
6.30	0.0291	153.3104	4.456	19.244	3.935	8.391	0.839	2.228	0.000	3.067
7.30	0.0558	153.3104	8.548	29.330	11.506	20.053	2.005	4.274	3.640	9.919
8.30	0.0797	153.3104	12.216	33.663	18.874	31.090	3.109	6.108	9.101	18.318
9.30	0.0992	153.3104	15.212	35.860	25.035	40.247	4.025	7.606	13.977	25.608
10.30	0.1130	153.3104	17.330	37.008	29.434	46.765	4.676	8.665	17.550	30.892
11.30	0.1202	153.3104	18.427	37.510	31.721	50.148	5.015	9.213	19.428	33.656
12.30	0.1202	153.3104	18.427	37.510	31.721	50.148	5.015	9.213	19.428	33.656
13.30	0.1130	153.3104	17.330	37.008	29.434	46.765	4.676	8.665	17.550	30.892
14.30	0.0992	153.3104	15.212	35.860	25.035	40.247	4.025	7.606	13.977	25.608
15.30	0.0797	153.3104	12.216	33.663	18.874	31.090	3.109	6.108	9.101	18.318
16.30	0.0558	153.3104	8.548	29.330	11.506	20.053	2.005	4.274	3.640	9.919
17.30	0.0291	153.3104	4.456	19.244	3.935	8.391	0.839	2.228	0.000	3.067
			152.377	385.229	241.010	393.387	39.339	76.188	127.391	242.918
			4571.305	11556.860	7230.309	11801.590	1180.160	2285.652	3821.736	7287.547

TABLO 12.a (Devam)

-58-

GÜNÜN SAATLERİNE GÖRE AYLIK ASTRONOMİK VE GÜNEŞ AÇILARI

MAYIS

SAAT	S. AC	COS. OH	OH	ALT	SIN. AZM	AZM	SAZM	COS. DV	DV
5.30	97.50	0.117967	83.23	6.77	-0.945196	-109.06	109.06	-0.324222	108.92
6.30	82.50	0.304539	72.27	17.73	-0.985403	- 99.80	99.80	-0.162152	99.33
7.30	67.50	0.484756	61.00	29.00	-0.999980	- 90.36	90.36	-0.005559	90.32
8.30	52.50	0.646332	49.73	40.27	-0.984283	- 79.83	79.83	0.134757	82.26
9.30	37.50	0.778259	38.90	51.10	-0.917775	- 66.60	66.60	0.249358	75.56
10.30	22.50	0.871546	29.36	60.64	-0.738880	- 47.64	47.64	0.330393	70.71
11.30	7.50	0.919835	23.10	66.90	-0.314978	- 18.36	18.36	0.372339	68.14
12.30	- 7.50	0.919835	23.10	66.90	0.314978	18.36	18.36	0.372339	68.14
13.30	-22.50	0.871546	29.36	60.64	0.738880	47.64	47.64	0.330393	70.71
14.30	-37.50	0.778259	38.90	51.10	0.917775	66.60	66.60	0.249358	75.56
15.30	-52.50	0.646332	49.73	40.27	0.984283	79.83	79.83	0.134757	82.26
16.30	-67.50	0.484756	61.00	29.00	0.999980	90.36	90.36	-0.005559	90.32
17.30	-82.50	0.304539	72.27	17.73	0.985403	99.80	99.80	-0.162152	99.33
18.30	-97.50	0.117967	83.23	6.77	0.945196	109.06	109.06	-0.324222	108.92

TABLO 12.b (Devan)

YATAY VE DÜŞEY YÜZEYLER İÇİN SAATLİK GÜNEŞ (IŞINIM) VERİLERİ

MAYIS

SAAT	RD	HD	IHD	IDN	IDH	ITH	IGV	IVD	IDV	ITV
5.30	0.0143	171.5780	2.458	10.706	1.263	3.721	0.372	1.229	0.000	1.601
6.30	0.0370	171.5780	6.345	29.626	9.022	15.367	1.537	3.172	0.000	4.709
7.30	0.0589	171.5780	10.100	37.635	18.244	28.343	2.834	5.050	0.000	7.884
8.30	0.0785	171.5780	13.466	41.638	26.912	40.378	4.038	6.733	5.611	16.382
9.30	0.0945	171.5780	16.215	43.834	34.114	50.329	5.033	8.107	10.930	24.071
10.30	0.1058	171.5780	18.158	45.032	39.247	57.406	5.741	9.079	14.878	29.698
11.30	0.1117	171.5780	19.164	45.567	41.914	61.078	6.108	9.582	16.966	32.656
12.30	0.1117	171.5780	19.164	45.567	41.914	61.078	6.108	9.582	16.966	32.656
13.30	0.1058	171.5780	18.158	45.032	39.247	57.406	5.741	9.079	14.878	29.698
14.30	0.0945	171.5780	16.215	43.834	34.114	50.329	5.033	8.107	10.930	24.071
15.30	0.0785	171.5780	13.466	41.638	26.912	40.378	4.038	6.733	5.611	16.382
16.30	0.0589	171.5780	10.100	37.635	18.244	28.343	2.834	5.050	0.000	7.884
17.30	0.0370	171.5780	6.345	29.626	9.022	15.367	1.537	3.172	0.000	4.709
18.30	0.0143	171.5780	2.458	10.706	1.263	3.721	0.372	1.229	0.000	1.601
			171.813	508.074	341.431	513.244	51.324	85.906	96.771	234.002
			5154.375	15242.200	10242.940	15397.310	1539.731	2577.187	2903.143	7020.062

TABLO 12.a (Devam)

GÜNÜN SAATLERİNE GÖRE AYLIK ASTRONOMİK VE GÜNEŞ AÇILARI

HAZİRAN

SAAT	S. AC	COS. OH	OH	ALT	SIN. AZM	AZM	SAZM	COS. OV	OV
5.30	97.50	0.169057	80.27	9.73	-0.923788	-112.51	112.51	-0.377393	112.17
6.30	82.50	0.350042	69.51	20.49	-0.971984	-103.59	103.59	-0.220176	102.77
7.30	67.50	0.524862	58.34	31.66	-0.996774	-94.60	94.60	-0.068313	93.92
8.30	52.50	0.681600	47.03	42.97	-0.995692	-84.68	84.68	0.067845	86.11
9.30	37.50	0.809577	35.95	54.05	-0.952369	-72.24	72.24	0.179010	79.69
10.30	22.50	0.900070	25.83	64.17	-0.806515	-53.76	53.76	0.257619	75.07
11.30	7.50	0.946913	18.75	71.25	-0.372849	-21.89	21.89	0.298310	72.64
12.30	-7.50	0.946913	18.75	71.25	0.372849	21.89	21.89	0.298310	72.64
13.30	-22.50	0.900070	25.83	64.17	0.806515	53.76	53.76	0.257619	75.07
14.30	-37.50	0.809577	35.95	54.05	0.952369	72.24	72.24	0.179010	79.69
15.30	-52.50	0.681600	47.03	42.97	0.995692	84.68	84.68	0.067845	86.11
16.30	-67.50	0.524862	58.34	31.66	0.996774	94.60	94.60	-0.068313	93.92
17.30	-82.50	0.350042	69.51	20.49	0.971984	103.59	103.59	-0.220176	102.77
18.30	-97.50	0.169057	80.27	9.73	0.923788	112.51	112.51	-0.377393	112.17

TABLO 12.b (Devam)

YATAY VE DÜŞEY YÜZEYLER İÇİN SAATLİK GÜNEŞ (IŞINIM) VERİLERİ

HAZİRAN

SAAT	RD	HD	IHD	IDN	IDH	ITH	IGV	IVD	IDV	ITV
5.30	0.0192	176.8512	3.403	18.475	3.123	6.526	0.653	1.701	0.000	2.354
6.30	0.0398	176.8512	7.045	34.584	12.106	19.151	1.915	3.523	0.000	5.438
7.30	0.0597	176.8512	10.564	42.033	22.062	32.626	3.263	5.282	0.000	8.545
8.30	0.0776	176.8512	13.719	45.983	31.342	45.061	4.506	6.859	3.120	14.485
9.30	0.0921	176.8512	16.295	48.222	39.039	55.334	5.533	8.147	8.632	22.313
10.30	0.1024	176.8512	18.116	49.466	44.522	62.638	6.264	9.058	12.743	28.065
11.30	0.1078	176.8512	19.059	50.026	47.370	66.429	6.643	9.529	14.923	31.096
12.30	0.1078	176.8512	19.059	50.026	47.370	66.429	6.643	9.529	14.923	31.096
13.30	0.1024	176.8512	18.116	49.466	44.522	62.638	6.264	9.058	12.743	28.065
14.30	0.0921	176.8512	16.295	48.222	39.039	55.334	5.533	8.147	8.632	22.313
15.30	0.0776	176.8512	13.719	45.983	31.342	45.061	4.506	6.859	3.120	14.485
16.30	0.0597	176.8512	10.564	42.033	22.062	32.626	3.263	5.282	0.000	8.545
17.30	0.0398	176.8512	7.045	34.584	12.106	19.151	1.915	3.523	0.000	5.438
18.30	0.0192	176.8512	3.403	18.475	3.123	6.526	0.653	1.701	0.000	2.354
			176.400	577.577	399.129	575.529	57.553	88.200	78.837	224.590
			5291.996	17327.310	11973.880	17265.870	1726.588	2645.998	2365.109	6736.600

TABLO 12.a (Devam)

GÜNÜN SAATLERİNE GÖRE AYLIK ASTRONOMİK VE GÜNEŞ AÇILARI

TEMMUZ

SAAT	S. AC	COS. DH	DH	ALT	SIN. AZM	AZM	SAZM	COS. OV	OV
5.30	97.50	0.148865	81.44	8.56	-0.932741	-111.13	111.13	-0.356530	110.89
6.30	82.50	0.332207	70.60	19.40	-0.977885	-102.07	102.07	-0.197264	101.38
7.30	67.50	0.509304	59.38	30.62	-0.998726	- 92.89	92.89	-0.043427	92.49
8.30	52.50	0.668083	48.08	41.92	-0.991902	- 82.70	82.70	0.094504	84.58
9.30	37.50	0.797726	37.09	52.91	-0.939163	- 69.91	69.91	0.207121	78.05
10.30	22.50	0.889398	27.20	62.80	-0.778791	- 51.15	51.15	0.286754	73.34
11.30	7.50	0.936851	20.47	69.53	-0.347206	- 20.32	20.32	0.327975	70.85
12.30	- 7.50	0.936851	20.47	69.53	0.347206	20.32	20.32	0.327975	70.85
13.30	-22.50	0.889398	27.20	62.80	0.778791	51.15	51.15	0.286754	73.34
14.30	-37.50	0.797726	37.09	52.91	0.939163	69.91	69.91	0.207121	78.05
15.30	-52.50	0.668083	48.08	41.92	0.991902	82.70	82.70	0.094504	84.58
16.30	-67.50	0.509304	59.38	30.62	0.998726	92.89	92.89	-0.043427	92.49
17.30	-82.50	0.332207	70.60	19.40	0.977885	102.07	102.07	-0.197264	101.38
18.30	-97.50	0.148865	81.44	8.56	0.932741	111.13	111.13	-0.356530	110.89

TABLO 12.b (Devam)

YATAY VE DÜŞEY YÜZEYLER İÇİN SAATLİK GÜNEŞ (IŞINIM) VERİLERİ

TEMMUZ

SAAT	RD	HD	IHD	IDN	IDH	ITH	IGV	IVD	IDV	ITV
5.30	0.0174	167.6817	2.913	16.869	2.511	5.424	0.542	1.456	0.000	1.999
6.30	0.0388	167.6817	6.500	36.338	12.072	18.572	1.857	3.250	0.000	5.107
7.30	0.0594	167.6817	9.966	45.130	22.985	32.950	3.295	4.983	0.000	8.278
8.30	0.0780	167.6817	13.072	49.707	33.208	46.280	4.628	6.536	4.697	15.862
9.30	0.0931	167.6817	15.609	52.274	41.700	57.309	5.731	7.805	10.827	24.362
10.30	0.1038	167.6817	17.403	53.691	47.752	65.155	6.516	8.701	15.396	30.613
11.30	0.1093	167.6817	18.331	54.327	50.896	69.228	6.923	9.166	17.818	33.906
12.30	0.1093	167.6817	18.331	54.327	50.896	69.228	6.923	9.166	17.818	33.906
13.30	0.1038	167.6817	17.403	53.691	47.752	65.155	6.516	8.701	15.396	30.613
14.30	0.0931	167.6817	15.609	52.274	41.700	57.309	5.731	7.805	10.827	24.362
15.30	0.0780	167.6817	13.072	49.707	33.208	46.280	4.628	6.536	4.697	15.862
16.30	0.0594	167.6817	9.966	45.130	22.985	32.950	3.295	4.983	0.000	8.278
17.30	0.0388	167.6817	6.500	36.338	12.072	18.572	1.857	3.250	0.000	5.107
18.30	0.0174	167.6817	2.913	16.869	2.511	5.424	0.542	1.456	0.000	1.999
			167.588	616.668	422.248	589.836	58.984	83.794	97.477	240.254
			5027.645	18500.040	12667.450	17695.080	1769.509	2513.821	2924.300	7207.429

TABLO 12.a (Devam)

GÜNÜN SAATLERİNE GÖRE AYLIK ASTRONOMİK VE GÜNEŞ AÇILARI

AĞUSTOS

SAAT	S. AC	COS. OH	OH	ALT	SIN. AZM	AZM	SAZM	COS. DV	DV
6.30	82.50	0.251949	75.41	14.59	-0.994991	-95.74	95.74	-0.096735	95.55
7.30	67.50	0.436831	64.10	25.90	-0.997476	-85.93	85.93	0.063868	86.34
8.30	52.50	0.602590	52.94	37.06	-0.965485	-74.90	74.90	0.207862	78.00
9.30	37.50	0.737933	42.44	47.56	-0.876059	-61.17	61.17	0.325428	71.01
10.30	22.50	0.833634	33.53	56.47	-0.672914	-42.29	42.29	0.408561	65.89
11.30	7.50	0.883173	27.97	62.03	-0.270264	-15.68	15.68	0.451594	63.15
12.30	-7.50	0.883173	27.97	62.03	0.270264	15.68	15.68	0.451594	63.15
13.30	-22.50	0.833634	33.53	56.47	0.672914	42.29	42.29	0.408561	65.89
14.30	-37.50	0.737933	42.44	47.56	0.876059	61.17	61.17	0.325428	71.01
15.30	-52.50	0.602590	52.94	37.06	0.965485	74.90	74.90	0.207862	78.00
16.30	-67.50	0.436831	64.10	25.90	0.997476	85.93	85.93	0.063868	86.34
17.30	-82.50	0.251949	75.41	14.59	0.994991	95.74	95.74	-0.096735	95.55

TABLO 12.b (Devan)

YATAY VE DÜŞEY YÜZEYLER İÇİN SAATLİK GÜNEŞ (IŞINIM) VERİLERİ

AĞUSTOS

SAAT	RD	HD	IHD	IDN	IDH	ITH	IGV	IVD	IDV	ITV
6.30	0.0331	150.8629	4.999	30.674	7.728	12.727	1.273	2.499	0.000	3.772
7.30	0.0574	150.8629	8.667	42.994	18.781	27.448	2.745	4.333	2.746	9.824
8.30	0.0792	150.8629	11.956	48.795	29.404	41.359	4.136	5.978	10.143	20.256
9.30	0.0970	150.8629	14.641	51.874	38.279	52.920	5.292	7.320	16.881	29.494
10.30	0.1096	150.8629	16.540	53.521	44.617	61.157	6.116	8.270	21.867	36.252
11.30	0.1161	150.8629	17.522	54.250	47.912	65.435	6.543	8.761	24.499	39.804
12.30	0.1161	150.8629	17.522	54.250	47.912	65.435	6.543	8.761	24.499	39.804
13.30	0.1096	150.8629	16.540	53.521	44.617	61.157	6.116	8.270	21.867	36.252
14.30	0.0970	150.8629	14.641	51.874	38.279	52.920	5.292	7.320	16.881	29.494
15.30	0.0792	150.8629	11.956	48.795	29.404	41.359	4.136	5.978	10.143	20.256
16.30	0.0574	150.8629	8.667	42.994	18.781	27.448	2.745	4.333	2.746	9.824
17.30	0.0331	150.8629	4.999	30.674	7.728	12.727	1.273	2.499	0.000	3.772
			148.648	564.216	373.443	522.090	52.209	74.324	152.271	278.804
			4459.434	16926.480	11203.280	15662.700	1566.271	2229.716	4568.125	8364.102

TABLO 12.a (Devam)

GÜNÜN SAATLERİNE GÖRE AYLIK ASTRONOMİK VE GÜNEŞ AÇILARI

EYLÜL

SAAT	S. AC	COS. OH	OH	ALT	SIN. AZM	AZM	SAZM	COS. OV	OV
6.30	82.50	0.123836	82.89	7.11	-0.998387	- 86.75	86.75	-0.056333	86.77
7.30	67.50	0.314057	71.70	18.30	-0.972386	- 76.50	76.50	-0.221570	77.20
8.30	52.50	0.484603	61.01	28.99	-0.906285	- 65.00	65.00	0.369721	68.30
9.30	37.50	0.623855	51.40	38.60	-0.778341	- 51.11	51.11	0.490684	60.61
10.30	22.50	0.722320	43.75	46.25	-0.552949	- 33.57	33.57	0.576218	54.81
11.30	7.50	0.773289	39.35	50.65	-0.205705	- 11.87	11.87	0.629494	51.65
12.30	- 7.50	0.773289	39.35	50.65	0.205705	11.87	11.87	0.629494	51.65
13.30	-22.50	0.722320	43.75	46.25	0.552949	33.57	33.57	0.576218	54.81
14.30	-37.50	0.623855	51.40	38.60	0.778341	51.11	51.11	0.490684	60.61
15.30	-52.50	0.484603	61.01	28.99	0.906285	65.00	65.00	0.369721	68.30
16.30	-67.50	0.314057	71.70	18.30	0.972386	76.50	76.50	-0.221570	77.20
17.30	-82.50	0.123836	82.89	7.11	0.998387	86.75	86.75	-0.056333	86.77

TABLO 12.b (Devan)

YATAY VE DÜŞEY YÜZEYLER İÇİN SAATLİK GÜNEŞ (IŞINIM) VERİLERİ

EYLÜL

SAAT	RD	HD	IHD	IDN	IDH	ITH	IGV	IVD	IDV	ITV
6.30	0.0204	125.0730	2.551	15.560	1.927	4.478	0.448	1.276	0.877	2.600
7.30	0.0517	125.0730	6.470	36.983	11.615	18.085	1.809	3.235	8.194	13.238
8.30	0.0798	125.0730	9.984	45.096	21.854	31.838	3.184	4.992	16.673	24.849
9.30	0.1028	125.0730	12.853	48.927	30.523	43.376	4.338	6.427	24.007	34.772
10.30	0.1190	125.0730	14.882	50.856	36.734	51.616	5.162	7.441	29.304	41.907
11.30	0.1274	125.0730	15.932	51.684	39.967	55.899	5.590	7.966	32.070	45.625
12.30	0.1274	125.0730	15.932	51.684	39.967	55.899	5.590	7.966	32.070	45.625
13.30	0.1190	125.0730	14.882	50.856	36.734	51.616	5.162	7.441	29.304	41.907
14.30	0.1028	125.0730	12.853	48.927	30.523	43.376	4.338	6.427	24.007	34.772
15.30	0.0798	125.0730	9.984	45.096	21.854	31.838	3.184	4.992	16.673	24.849
16.30	0.0517	125.0730	6.470	36.983	11.615	18.085	1.809	3.235	8.194	13.238
17.30	0.0204	125.0730	2.551	15.560	1.927	4.478	0.448	1.276	0.877	2.600
			125.346	498.211	285.238	414.584	41.058	62.673	222.250	325.981
			3760.369	14946.330	8557.141	12317.500	1231.751	1880.184	6667.496	9779.414

TABLO 12.a (Devam) 68-

GÜNÜN SAATLERİNE GÖRE AYLIK ASTRONOMİK VE GÜNEŞ AÇILARI

EKİM

SAAT	S. AC	COS OH	OH	ALT	SIN AZM	AZM	SAZM	COS OV	OV
7.30	67.50	0.175501	79.89	10.11	-0.925304	-67.71	67.71	0.373340	68.08
8.30	52.50	0.343785	69.89	20.11	-0.833019	-56.41	56.41	0.519524	58.70
9.30	37.50	0.481189	61.24	28.76	-0.684721	-43.21	43.21	0.638884	50.29
10.30	22.50	0.578349	54.67	35.33	-0.462527	-27.55	27.55	0.723284	43.67
11.30	7.50	0.628642	51.05	38.95	-0.165487	-9.53	9.53	0.766972	39.92
12.30	-7.50	0.628642	51.05	38.95	0.165487	9.53	9.53	0.766972	39.92
13.30	-22.50	0.578349	54.67	35.33	0.462527	27.55	27.55	0.723284	43.67
14.30	-37.50	0.481189	61.24	28.76	0.684721	43.21	43.21	0.638884	50.29
15.30	-52.50	0.343785	69.89	20.11	0.833019	56.41	56.41	0.519524	58.70
16.30	-67.50	0.175501	79.89	10.11	0.925304	67.71	67.71	0.373340	68.08

TABLO 12.b (Devam)

YATAY VE DÜŞEY YÜZEYLER İÇİN SAATLİK GÜNEŞ (IŞINIM) VERİLERİ

SAAT	RD	HD	IHD	IDN	IDH	ITH	IGV	IVD	IDV	ITV
7.30	0.0396	97.6321	3.863	21.704	3.809	7.672	0.767	1.931	8.103	10.802
8.30	0.0775	97.6321	7.567	33.912	11.658	19.225	1.923	3.783	17.618	23.324
9.30	0.1085	97.6321	10.591	38.732	18.637	29.229	2.923	5.296	24.745	32.964
10.30	0.1304	97.6321	12.730	40.957	23.688	36.417	3.642	6.365	29.624	39.630
11.30	0.1417	97.6321	13.837	41.874	26.324	40.160	4.016	6.918	32.116	43.050
12.30	0.1417	97.6321	13.837	41.874	26.324	40.160	4.016	6.918	32.116	43.050
13.30	0.1304	97.6321	12.730	40.957	23.688	36.417	3.642	6.365	29.624	39.630
14.30	0.1085	97.6321	10.591	38.732	18.637	29.229	2.923	5.296	24.745	32.964
15.30	0.0775	97.6321	7.567	33.912	11.658	19.225	1.923	3.783	17.618	23.324
16.30	0.0396	97.6321	3.863	21.704	3.809	7.672	0.767	1.931	8.103	10.802
			97.174	354.357	168.232	265.406	26.541	48.587	224.412	299.539
			2915.222	10630.720	5046.961	7962.180	796.218	1457.611	6732.359	8986.176

TABLO 12.a (Devam)

GÜNÜN SAATLERİNE GÖRE AYLIK ASTRONOMİK VE GÜNEŞ AÇILARI

KASIM

SAAT	S. AC	COS DH	DH	ALT	SIN AZM	AZM	SAZM	COS DV	DV
8.30	52.50	0.219048	77.35	12.65	-0.768116	-50.18	50.18	0.624761	51.34
9.30	37.50	0.350694	69.47	20.53	-0.614083	-37.89	37.89	0.739118	42.34
10.30	22.50	0.443782	63.65	26.35	-0.403412	-23.79	23.79	0.819980	34.92
11.30	7.50	0.491967	60.53	29.47	-0.141630	- 8.14	8.14	0.861837	30.48
12.30	- 7.50	0.491967	60.53	29.47	0.141630	8.14	8.14	0.861837	30.48
13.30	-22.50	0.443782	63.65	26.35	0.403412	23.79	23.79	0.819980	34.92
14.30	-37.50	0.350694	69.47	20.53	0.614083	37.89	37.89	0.739118	42.34
15.30	-52.50	0.219048	77.35	12.65	0.768116	50.18	50.18	0.624761	51.34

TABLO 12.b (Devam)

YATAY VE DÜŞEY YÜZEYLER İÇİN SAATLİK GÜNEŞ (IŞINIM) VERİLERİ

KASIM

SAAT	RD	HD	IHD	IDN	IDH	ITH	IGV	IVD	IDV	ITV
8.30	0.0703	70.1580	4.931	27.052	5.926	10.856	1.085	2.465	16.901	20.452
9.30	0.1125	70.1580	7.894	34.921	12.247	20.141	2.014	3.947	25.811	31.772
10.30	0.1424	70.1580	9.990	38.176	16.942	26.931	2.693	4.995	31.304	38.991
11.30	0.1578	70.1580	11.074	39.452	19.409	30.483	3.048	5.537	34.001	42.587
11.30	0.1578	70.1580	11.074	39.452	19.409	30.483	3.048	5.537	34.001	42.587
10.30	0.1424	70.1580	9.990	38.176	16.942	26.931	2.693	4.995	31.304	38.991
9.30	0.1125	70.1580	7.894	34.921	12.247	20.141	2.014	3.947	25.811	31.772
8.30	0.0703	70.1580	4.931	27.052	5.926	10.856	1.085	2.465	16.901	20.452
			67.777	279.202	109.047	176.824	17.682	33.889	216.033	267.664
			2033.321	8376.047	3271.394	5304.715	530.471	1016.660	6480.988	8028.117

TABLO 12.a (Devam) 70-

GÜNÜN SAATLERİNE GÖRE AYLIK ASTRONOMİK VE GÜNEŞ AÇILARI

ARALIK

SAAT	S. AC	COS OH	OH	ALT	SIN AZM	AZM	SAZM	COS OV	OV
8.30	52.50	0.162220	80.66	9.34	-0.738238	-47.58	47.58	0.665606	48.27
9.30	37.50	0.290176	73.13	16.87	-0.584099	-35.74	35.74	0.776759	39.04
10.30	22.50	0.380655	67.63	22.37	-0.379988	-22.33	22.33	0.855356	31.20
11.30	7.50	0.427491	64.69	25.31	-0.132574	-7.62	7.62	0.896040	26.36
11.30	7.50	0.427491	64.69	25.31	-0.132574	-7.62	7.62	0.896040	26.36
10.30	22.50	0.380655	67.63	22.37	-0.379988	-22.33	22.33	0.855356	31.20
9.30	37.50	0.290176	73.13	16.87	-0.584099	-35.74	35.74	0.776759	39.04
8.30	52.50	0.162220	80.66	9.34	-0.738238	-47.58	47.58	0.665606	48.27

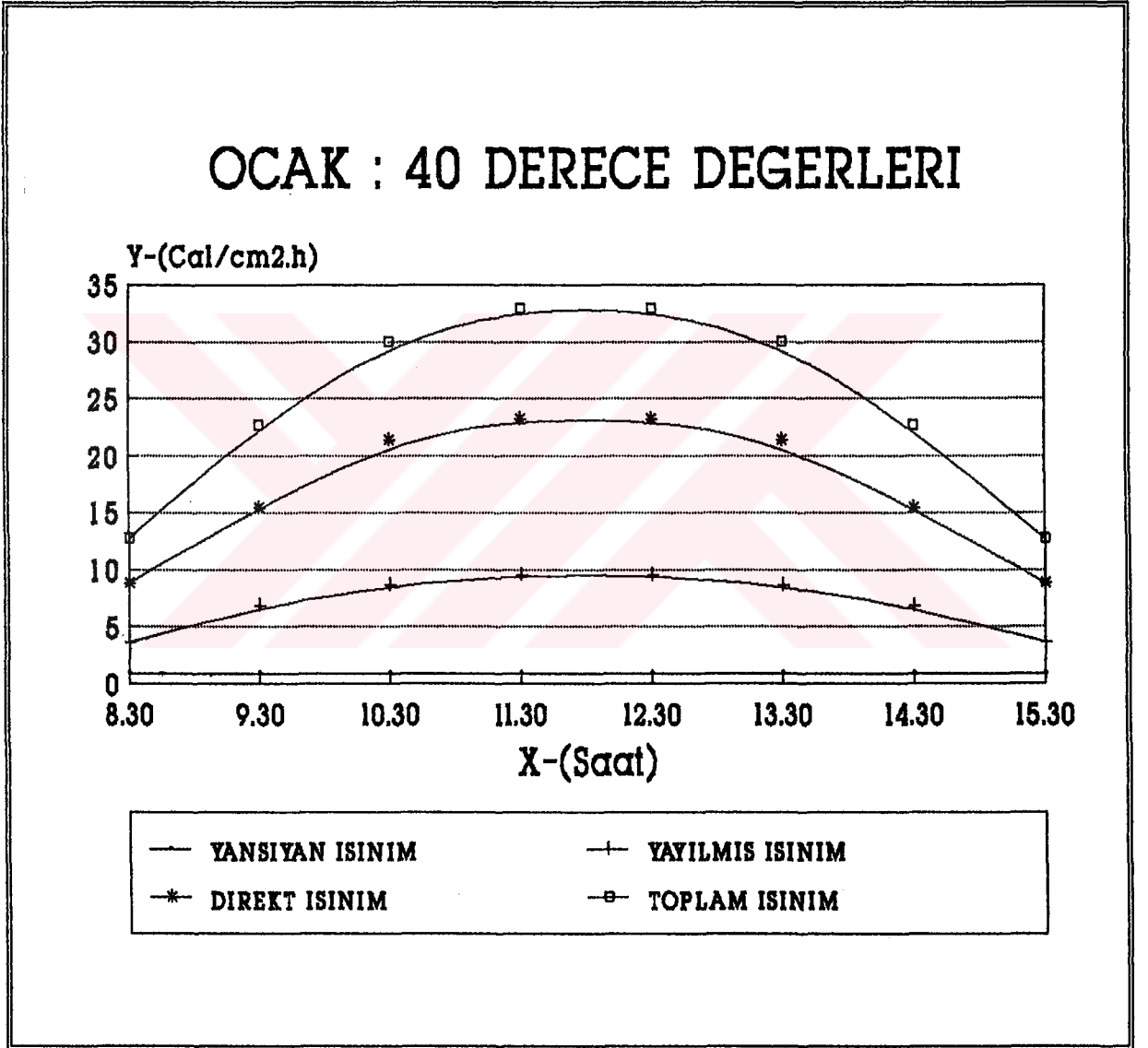
TABLO 12.b (Devam)

YATAY VE DİŞEY YÜZEYLER İÇİN SAATLİK GÜNEŞ (IŞINIM) VERİLERİ

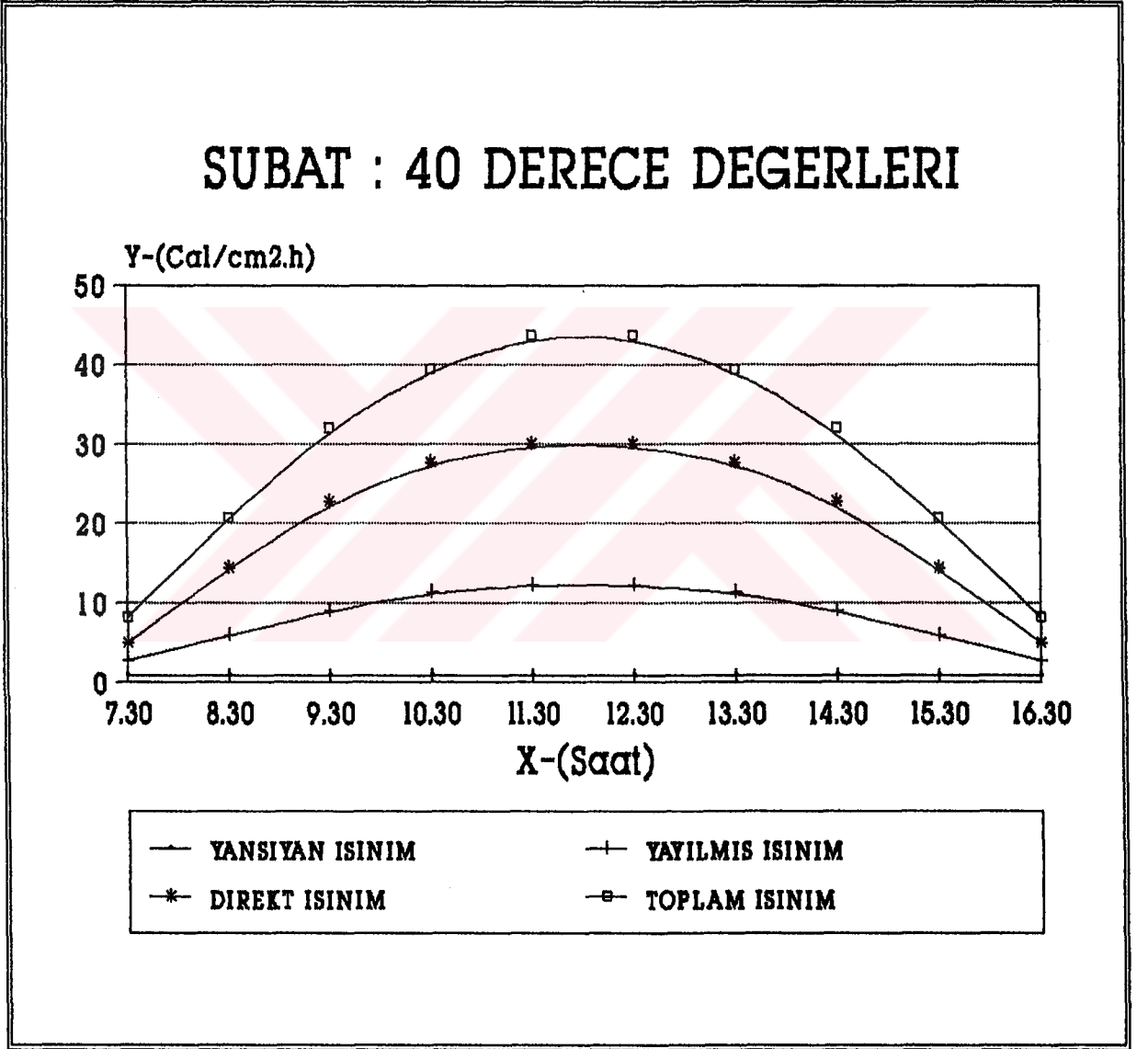
ARALIK

SAAT	RD	HD	IHD	IDN	IDH	ITH	IGV	IVD	IDV	ITV
8.30	0.0635	58.0819	3.688	18.380	2.982	6.670	0.667	1.844	12.234	14.745
9.30	0.1136	58.0819	6.597	27.039	7.846	14.443	1.444	3.299	21.003	25.746
10.30	0.1490	58.0819	8.654	30.374	11.562	20.216	2.022	4.327	25.981	32.330
11.30	0.1673	58.0819	9.719	31.641	13.526	23.245	2.325	4.859	28.352	35.536
11.30	0.1673	58.0819	9.719	31.641	13.526	23.245	2.325	4.859	28.352	35.536
10.30	0.1490	58.0819	8.654	30.374	11.562	20.216	2.022	4.327	25.981	32.330
9.30	0.1136	58.0819	6.597	27.039	7.846	14.443	1.444	3.299	21.003	25.746
8.30	0.0635	58.0819	3.688	18.380	2.982	6.670	0.667	1.844	12.234	14.745
			57.317	214.870	71.832	129.149	12.915	28.658	175.139	216.712
			1719.499	6446.098	2154.973	3874.473	387.447	859.749	5254.172	6501.371

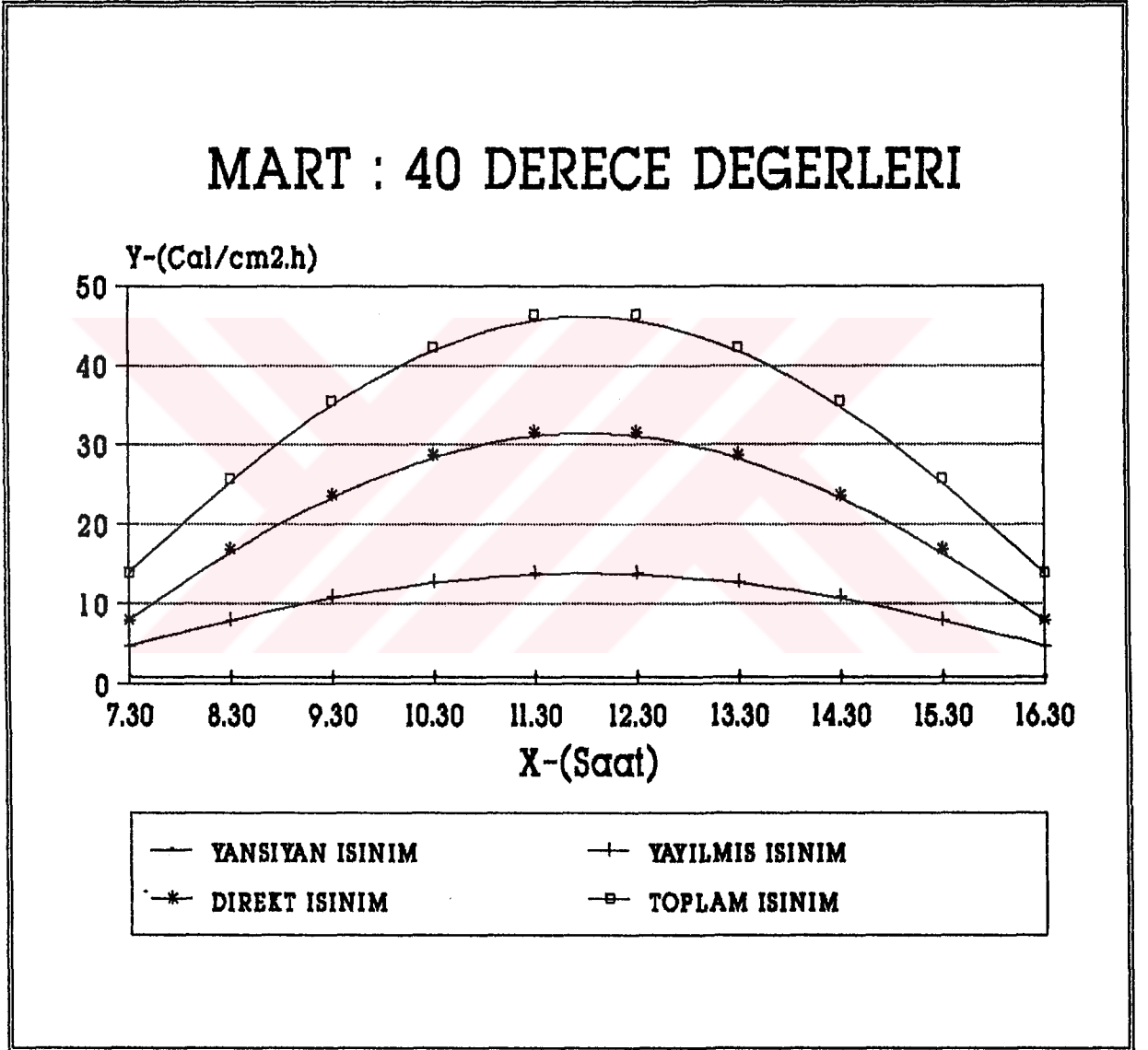
Grafik 6. EĞİMLİ YÜZEYLER İÇİN İSTANBUL İŞİNİM VERİLERİNİN
GRAFİK OLARAK GÖSTERİLMESİ



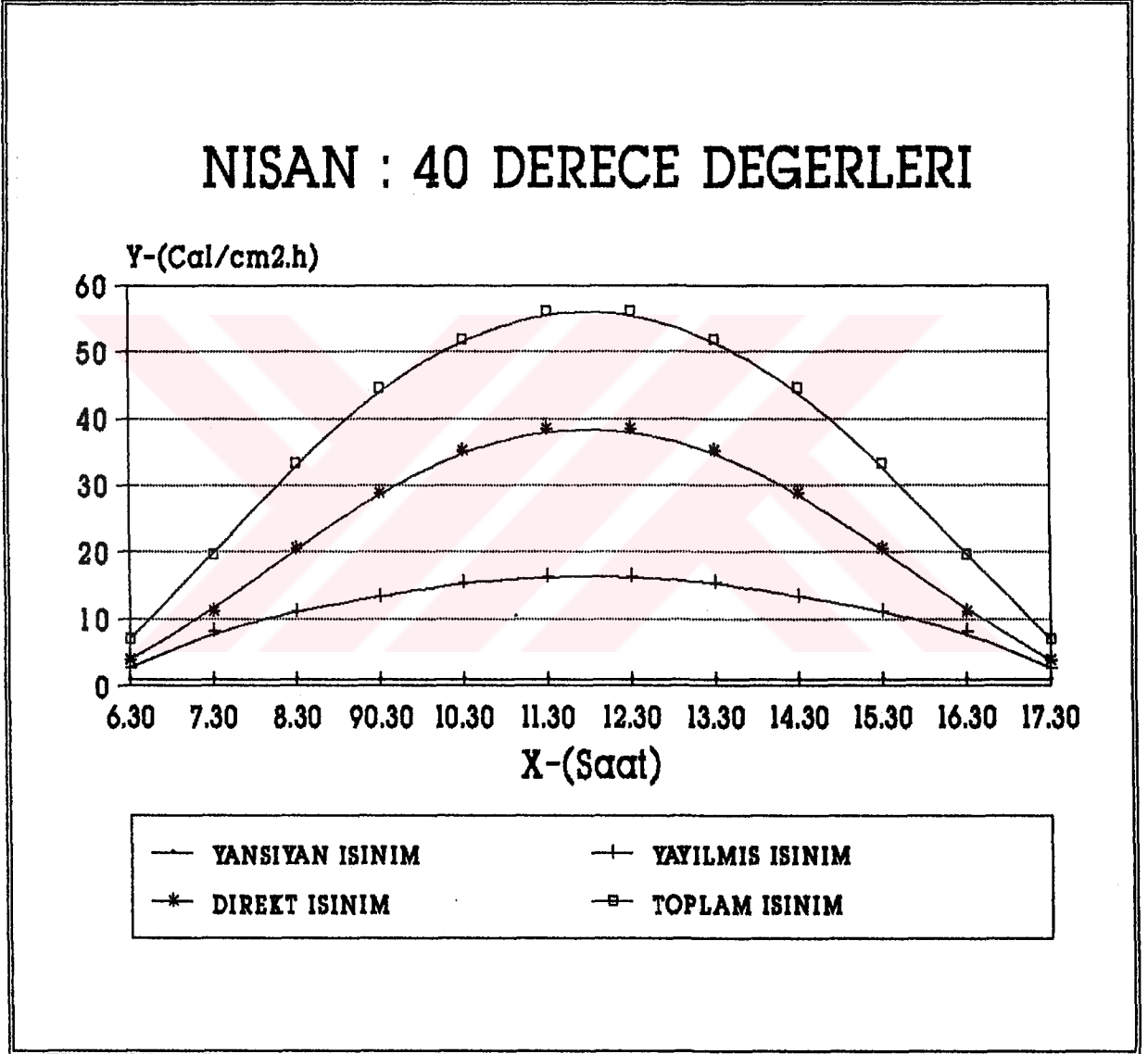
Grafik 6. EĞİMLİ YÜZEYLER İÇİN İSTANBUL İŞINIM VERİLERİNİN
GRAFİK OLARAK GÖSTERİLMESİ



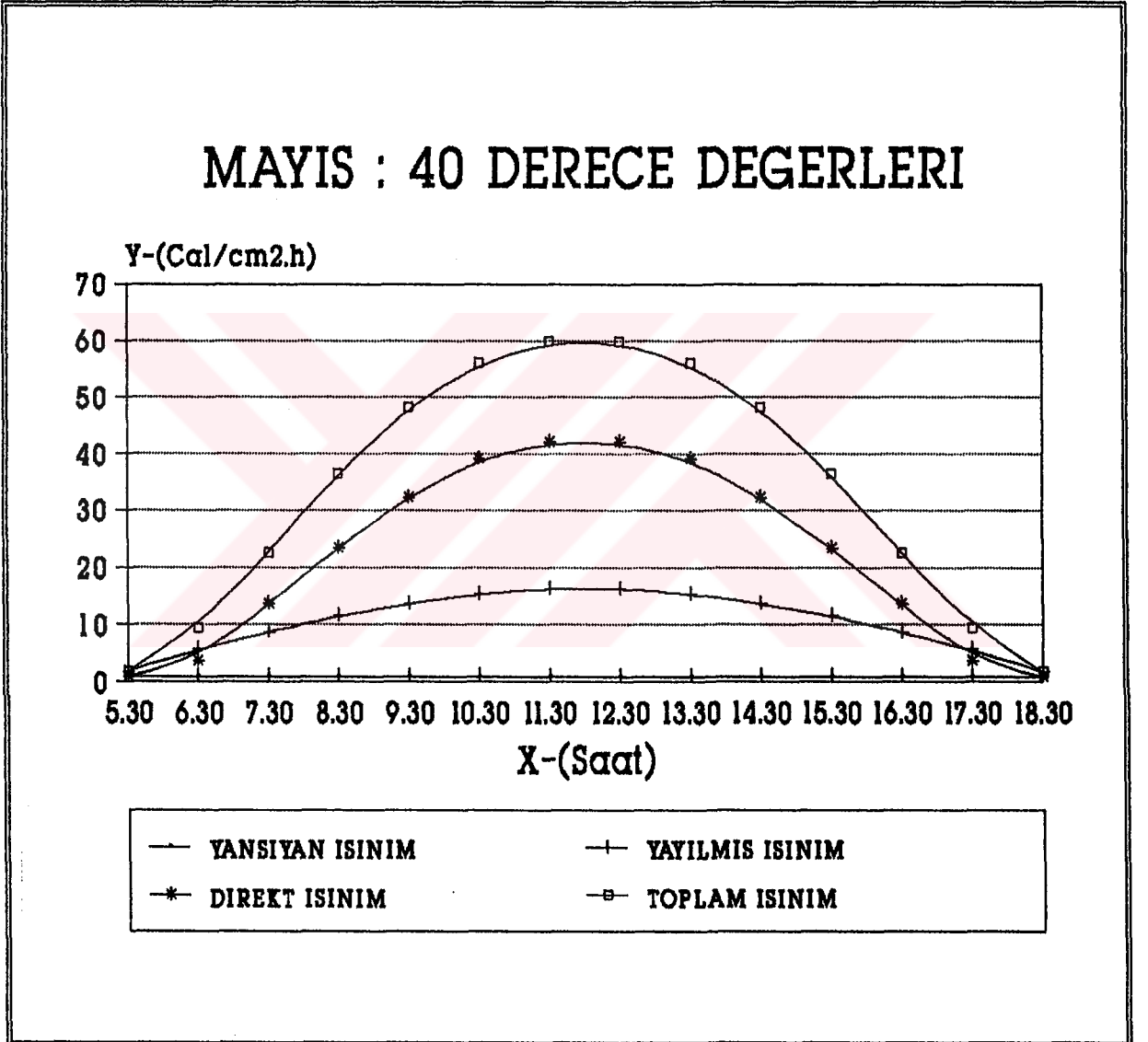
Grafik 6. EĞİMLİ YÜZEYLER İÇİN İSTANBUL İŞİNİM VERİLERİNİN
GRAFİK OLARAK GÖSTERİLMESİ



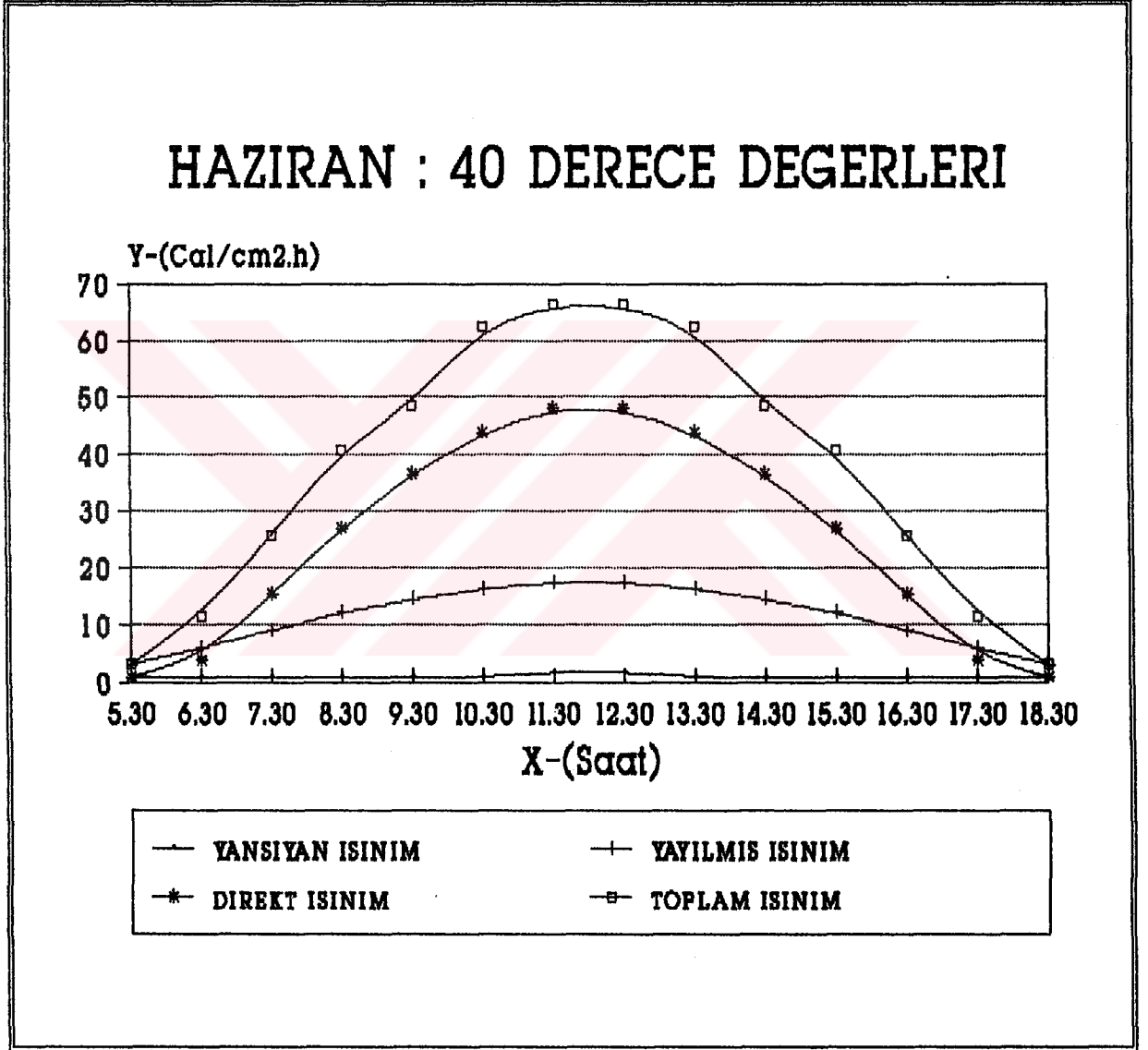
Grafik 6. EĞİMLİ YÜZEYLER İÇİN İSTANBUL İŞINIM VERİLERİNİN GRAFİK OLARAK GÖSTERİLMESİ



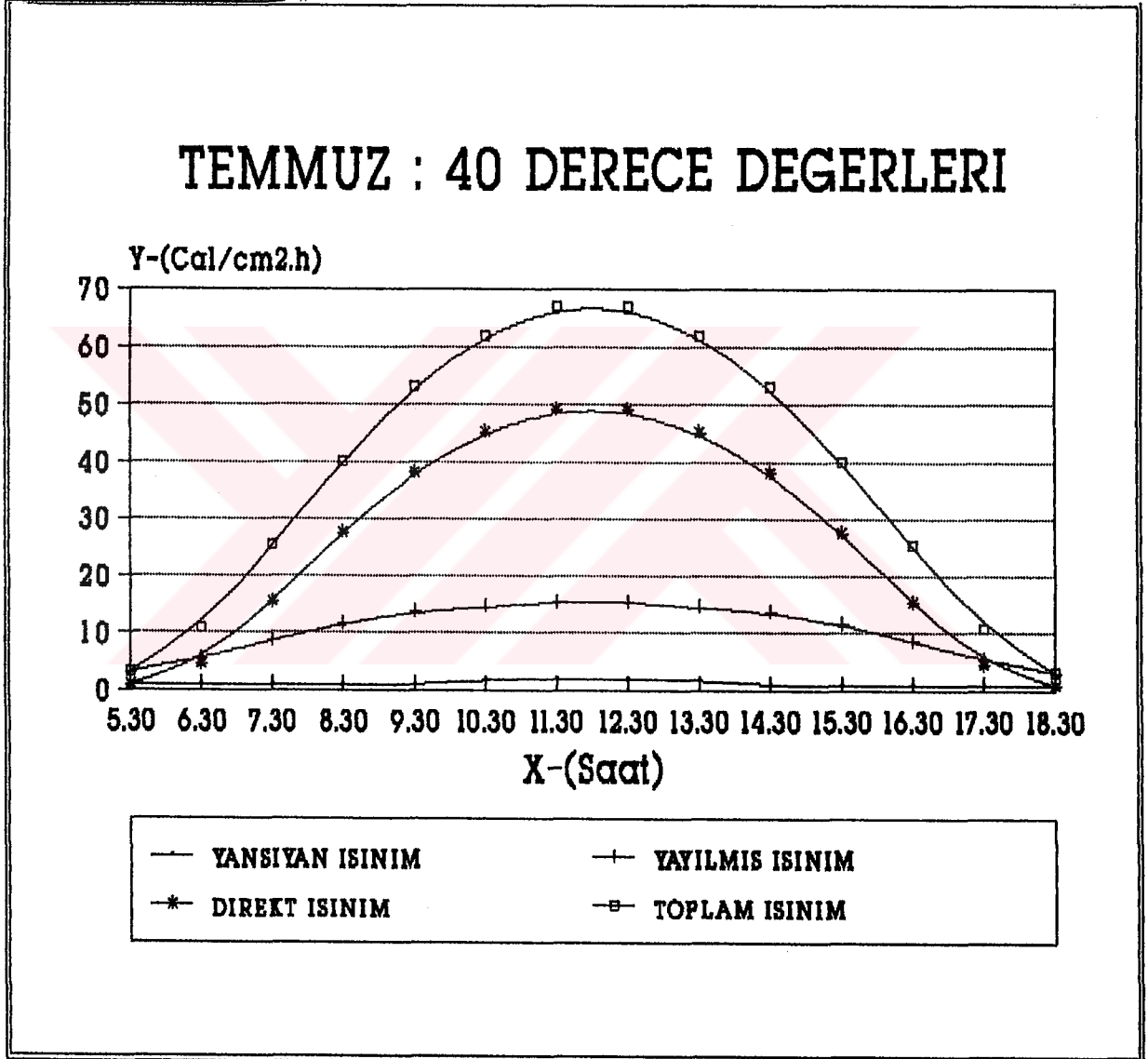
Grafik 6. EĞİMLİ YÜZEYLER İÇİN İSTANBUL İŞİNİM VERİLERİNİN
GRAFİK OLARAK GÖSTERİLMESİ



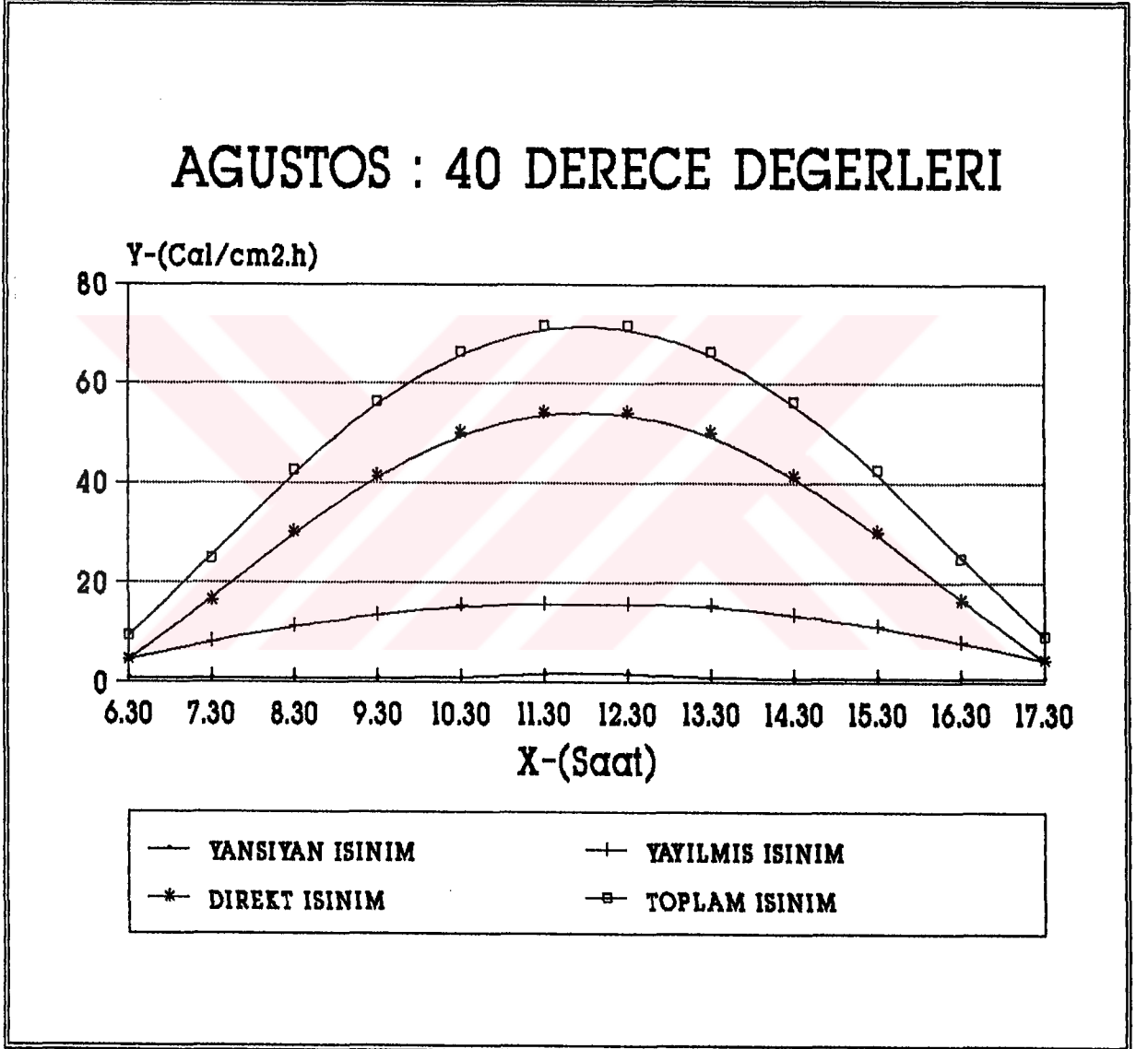
Grafik 6. EĞİMLİ YÜZEYLER İÇİN İSTANBUL İŞİNİM VERİLERİNİN GRAFİK OLARAK GÖSTERİLMESİ



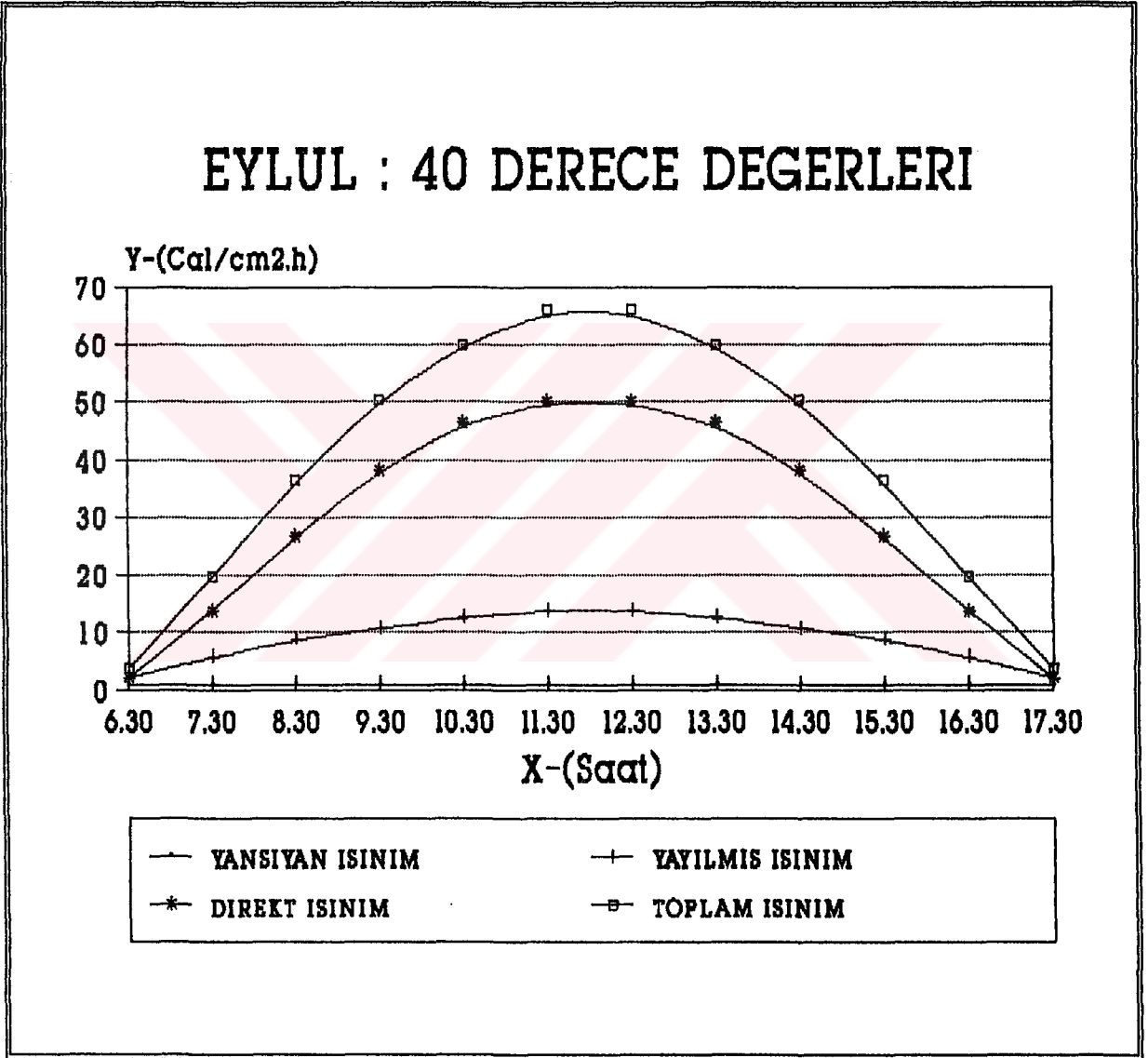
Grafik 6. EĞİMLİ YÜZEYLER İÇİN İSTANBUL İSINIM VERİLERİNİN GRAFİK OLARAK GÖSTERİLMESİ



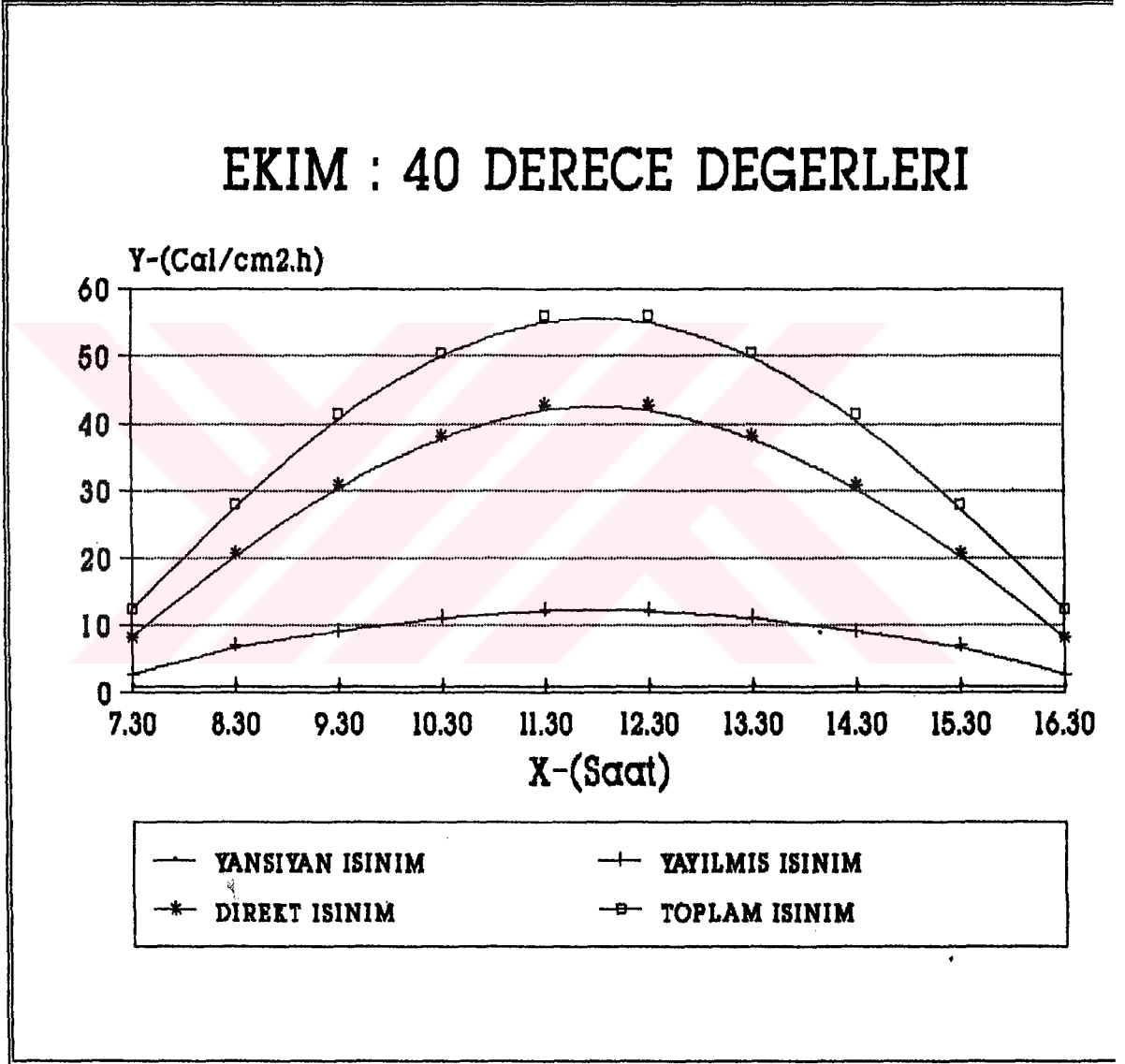
Grafik 6. EĞİMLİ YÜZEYLER İÇİN İSTANBUL İŞINIM VERİLERİNİN
GRAFİK OLARAK GÖSTERİLMESİ



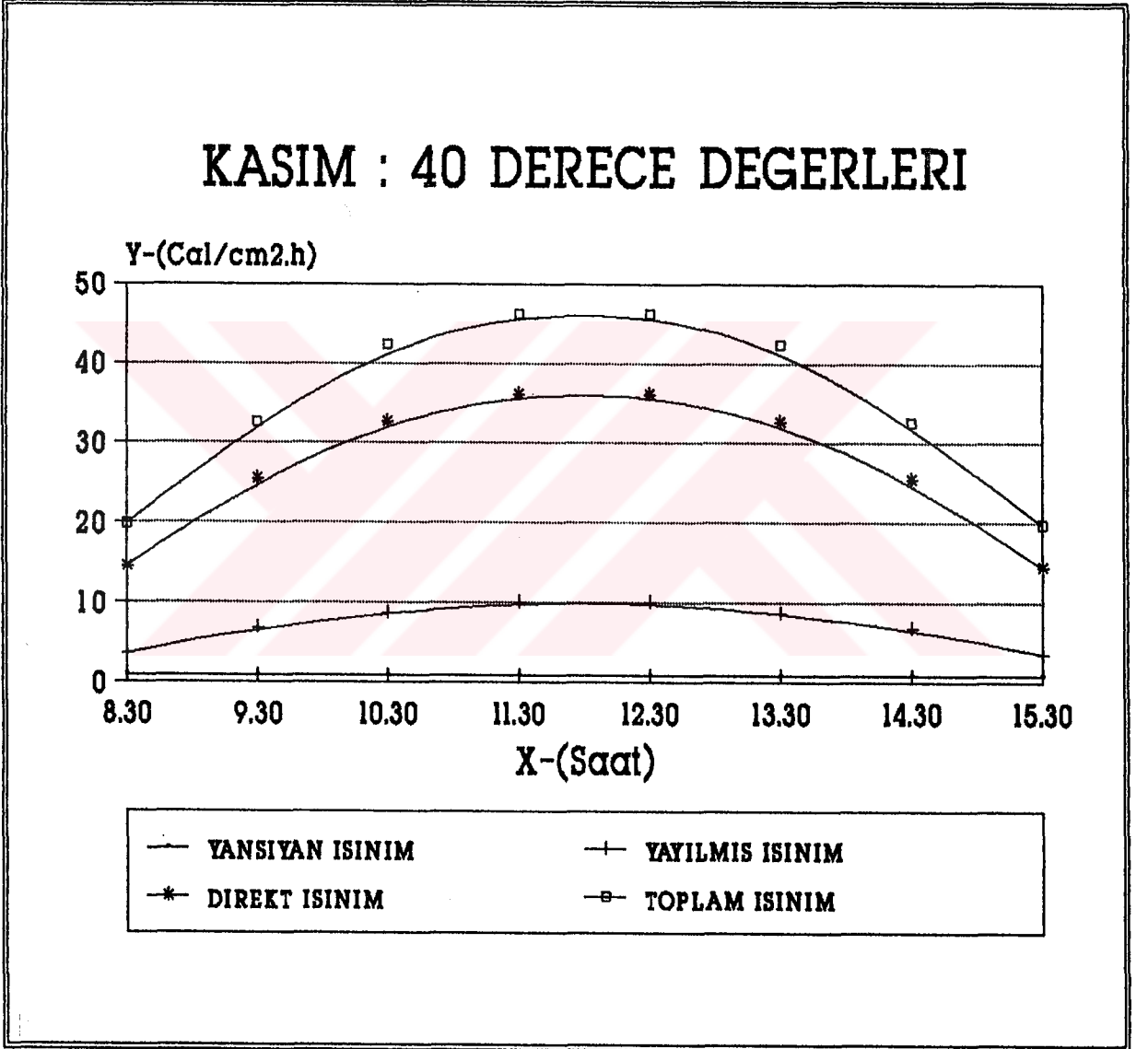
Grafik 6. EĞİMLİ YÜZEYLER İÇİN İSTANBUL İŞINIM VERİLERİNİN GRAFİK OLARAK GÖSTERİLMESİ



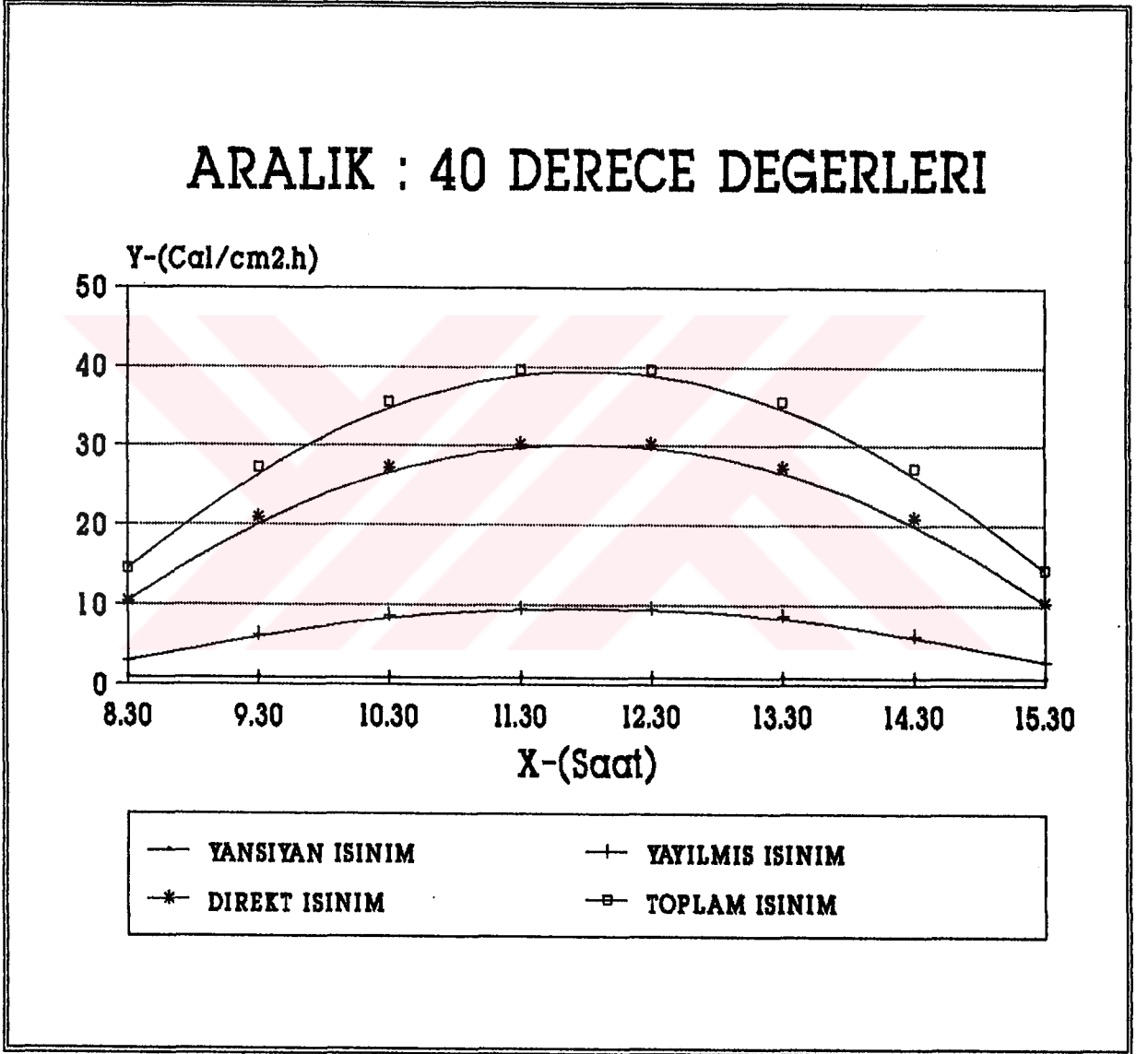
Grafik 6. EĞİMLİ YÜZEYLER İÇİN İSTANBUL İŞİNİM VERİLERİNİN
GRAFİK OLARAK GÖSTERİLMESİ



Grafik 6. EĞİMLİ YÜZEYLER İÇİN İSTANBUL İŞINIM VERİLERİNİN GRAFİK OLARAK GÖSTERİLMESİ



Grafik 6. EĞİMLİ YÜZEYLER İÇİN İSTANBUL İŞINIM VERİLERİNİN
GRAFİK OLARAK GÖSTERİLMESİ



Tablo 13 : Toplam Güneş Işınım Değerleri (Cal/cm².h)

GEBZE METEOROLOJİ İSTASYONU EYLÜL AYI 1993

TOPLAM GÜNEŞ İŞINIM DEĞERLERİ (Cal/cm ² .h)											
GÜN	8.9	9.10	1011	1112	1213	1314	1415	1516	1617	1718	1819
1	19.6	30.1	32.0	29.4	36.7	41.3	34.7	27.7	36.7	20.7	6.93
2	15.2	24.4	27.2	20.3	30.5	35.0	31.9	22.3	19.2	15.4	3.30
3	16.1	21.4	12.0	7.23	22.9	22.4	25.9	29.0	15.3	2.41	0.40
4	23.8	21.9	34.2	34.1	54.9	63.7	55.7	51.1	37.2	13.3	7.01
5	22.8	37.3	48.7	53.2	63.5	64.2	59.8	51.1	39.4	25.4	9.32
6	8.22	8.36	5.71	6.36	8.56	15.2	7.85	10.3	4.75	4.13	2.25
7	24.3	38.1	52.6	63.4	56.3	64.6	65.4	47.5	40.1	18.3	8.38
8	23.1	37.6	51.0	61.5	65.2	65.6	62.6	31.5	24.8	23.8	8.00
9	22.7	34.2	43.6	61.5	63.4	63.2	56.7	46.7	36.0	23.5	7.70
10	24.0	36.9	49.6	59.3	63.6	63.3	57.7	48.1	35.5	20.0	6.10
11	22.7	36.1	47.7	56.5	59.9	59.4	55.1	46.5	33.7	19.6	5.65
12	19.9	33.9	45.4	53.9	58.3	56.1	53.3	41.1	20.7	9.66	5.94
13	18.9	31.8	44.2	49.4	56.2	57.1	54.4	46.5	34.8	20.6	5.84
14	22.7	36.4	47.9	56.7	61.1	61.1	56.3	47.9	35.7	21.3	5.86
15	19.9	33.2	43.9	52.6	57.2	57.3	53.2	44.4	32.9	19.1	4.89
16	20.1	33.3	44.9	52.9	57.2	56.9	52.6	44.0	32.5	18.8	4.42
17	20.2	33.4	44.6	52.6	56.7	56.4	51.5	42.5	31.2	17.8	4.54
18	19.2	31.9	43.8	51.8	55.9	56.2	51.3	43.2	32.1	18.4	4.43
19	14.0	24.9	34.9	47.1	54.3	52.1	32.3	18.9	13.9	11.9	2.17
20	18.0	34.4	43.8	55.3	58.6	59.5	53.9	45.5	33.4	18.5	3.96

Tablo 14:Yaygın Güneş Işınım Değerleri (Cal/cm²)

GEBZE METEOROLOJİ İSTASYONU EYLÜL AYI 1993

YAYGIN GÜNEŞ İŞINIM DEĞERLERİ (Cal/cm ² .h)											
GÜN	8.9	9.10	1011	1112	1213	1314	1415	1516	1617	1718	1819
1	10.7	12.3	11.9	11.8	11.9	10.5	12.3	19.6	12.0	10.9	1.43
2	12.8	13.8	11.6	10.9	12.9	12.4	11.9	19.4	10.9	13.2	2.27
3	12.1	15.9	10.9	6.34	18.5	19.7	22.9	24.7	13.6	2.21	0.34
4	11.2	15.9	19.7	17.9	21.6	15.6	17.7	18.1	27.7	17.7	6.32
5	6.50	8.87	10.8	10.3	11.0	11.0	13.2	21.1	28.7	24.4	8.69
6	6.39	7.14	5.08	5.57	7.50	12.6	6.97	8.84	4.14	3.64	1.98
7	4.85	6.45	10.2	12.3	16.4	20.4	28.7	34.2	34.3	16.9	9.58
8	5.09	6.50	10.1	13.9	13.2	18.1	31.0	24.3	20.8	20.2	6.14
9	5.10	8.86	13.2	14.7	12.9	17.0	9.36	9.82	7.73	5.45	2.70
10	4.34	5.72	6.39	5.79	6.03	5.71	6.00	6.09	5.76	4.92	2.46
11	4.46	5.42	5.97	6.49	7.16	7.45	6.92	7.23	7.01	5.56	2.66
12	6.59	8.61	10.0	10.5	10.6	11.1	11.2	11.7	9.42	7.88	4.60
13	6.37	9.79	13.3	14.5	13.1	10.3	7.98	7.81	6.64	5.14	2.51
14	3.84	5.07	6.35	6.55	6.27	6.03	5.90	5.49	5.05	4.17	2.14
15	4.93	6.47	8.20	8.53	8.43	8.26	7.89	7.39	6.28	4.77	2.12
16	5.13	6.69	7.56	8.54	9.23	9.08	8.06	7.22	6.00	4.34	1.97
17	4.99	6.32	7.56	8.40	8.60	8.81	9.13	8.30	7.39	5.54	2.37
18	5.93	7.90	9.11	9.46	9.46	9.28	9.09	8.37	6.99	5.19	2.14
19	9.68	14.8	12.7	18.0	14.1	15.6	17.6	16.2	11.3	7.70	1.87
20	5.12	7.45	9.63	9.47	9.65	9.76	10.4	8.16	6.71	5.60	2.09

Tablo 15:Çevre Sıcaklığı Değerleri (°C)

GEBZE METEOROLOJİ İSTASYONU EYLÜL AYI 1993

ÇEVRE SICAKLIĞI DEĞERLERİ (°C)											
GÜN	8.9	9.10	1011	1112	1213	1314	1415	1516	1617	1718	1819
1	12.9	14.1	16.7	17.7	17.6	18.9	19.1	19.0	19.9	20.6	18.8
2	10.9	11.8	12.9	14.9	15.5	16.9	17.6	18.9	17.2	17.2	16.2
3	13.3	15.2	15.7	15.6	16.2	16.6	16.0	15.5	14.7	13.0	9.29
4	8.79	10.0	11.4	11.9	13.1	14.8	17.1	19.4	19.1	17.7	15.6
5	10.1	11.4	12.5	13.8	15.5	17.6	19.6	21.2	21.8	21.8	20.8
6	13.1	14.3	14.0	12.9	11.2	11.3	10.8	10.5	10.6	10.6	11.2
7	9.96	11.6	12.3	13.2	14.3	16.1	17.4	18.0	18.9	18.4	16.9
8	9.98	11.5	13.0	14.5	15.5	17.4	19.1	19.5	19.1	20.4	18.4
9	10.8	12.6	13.6	15.2	16.4	18.5	20.7	21.7	22.4	23.3	20.1
10	10.7	12.7	13.9	15.7	17.8	19.8	22.3	23.9	24.4	24.5	22.0
11	12.9	14.9	17.0	18.9	21.7	24.8	27.4	26.1	25.9	25.8	24.7
12	16.7	19.0	20.9	22.9	25.2	27.6	29.5	30.4	29.2	23.6	21.6
13	15.2	16.3	17.1	18.0	19.0	20.6	23.5	24.2	22.9	22.9	20.3
14	12.5	14.4	15.3	16.7	18.4	20.7	22.9	23.8	24.5	22.9	19.4
15	12.9	14.7	16.1	17.6	19.7	21.8	23.3	22.8	21.8	22.6	20.3
16	14.9	16.7	18.6	19.7	20.7	21.8	22.5	22.2	23.6	24.6	22.3
17	14.8	16.9	18.0	19.6	21.2	23.4	24.7	25.6	26.4	25.1	20.8
18	14.4	15.9	18.9	20.0	21.1	22.6	23.5	26.2	24.9	22.9	19.4
19	12.4	13.8	15.3	17.7	19.8	21.8	21.6	18.6	16.7	16.2	14.3
20	11.2	12.8	14.2	14.8	15.9	16.9	18.1	18.7	18.6	16.8	13.5

BÖLÜM 5- BETONDAN GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜ İMALİ VE VERİMİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

5.1- BETONDAN GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜ

Şekil 10 ve 11'de imalat resimleri görülen betondan güneş kollektörü çalışmasında kullanılan malzemelerin başında kum ve çimento gelmektedir. Uygulama için gerekli diğer malzemeler ise, döşemeden ısıtma sisteminde kullanılan klips, çita, kollektörü muhafaza eden ahşap kasa, 3/8" lik şeffaf plastik boru ve sarı fittingsler, sıcak su deposu, kollektör camı, betonu mukavim hale getirmek için içine konulan ince elek teli ve izolasyon malzemesi olarak kullanılan cam yünüdür.

Beton Kollektör biraz ağır olduğu için iki parça olarak dökülmesi uygun görülmüştür. Uygulamadaki işlem sırası aşağıda açıklanmıştır.

Öncelikle kum, çimento karışımı olan harc hazırlanır. Şekil 10 ve 11'de belirtilen ebatlarda hazırlanmış olan klips-çita düzeneğine borular serpantin şeklinde yerleştirilir. Kollektör dış ölçülerine göre hazırlanmış kasanın içine ters olarak yerleştirilen bu düzeneğin üzerine ince elek teli konulup üzeri harc ile doldurulur. (Dış beton kalınlığı 5 cm. dir.) İki adet olarak dökülen kollektör, kollektör kasesinin içine yerleştirilir. Kasanın taban ve yan yüzeyleri ile depo komple cam yünü ile izole edilir. Fittingslerle iki kollektör birleştirilip sıcak su deposu ile irtibatlandırılır. Beton yüzeyi ve ahşap kasa siyah mat boya ile boyanır. Son olarak 4 mm. lik cam kasanın üzerine kapatılıp, sızdırmazlığı sağlaması için kenarları macun ile kapatılır.

Resim 1, 2, 3de görüldüğü gibi son şeklini alan kollektör üzerinde muhtelif saatlerde çeşitli ölçümler yapılmış olup bu değerler Tablo 16. da gösterilmiştir. Burada;

- t_{ilk} : Belirtilen Saatte Suyun İlk Sıcaklığı (°C)
 t_{son} : Belirtilen Saatte Suyun Son Sıcaklığı (°C)
 t_{ort} : Belirtilen Saatte Ortamın Ortalama Sıcaklığı (°C) dir.

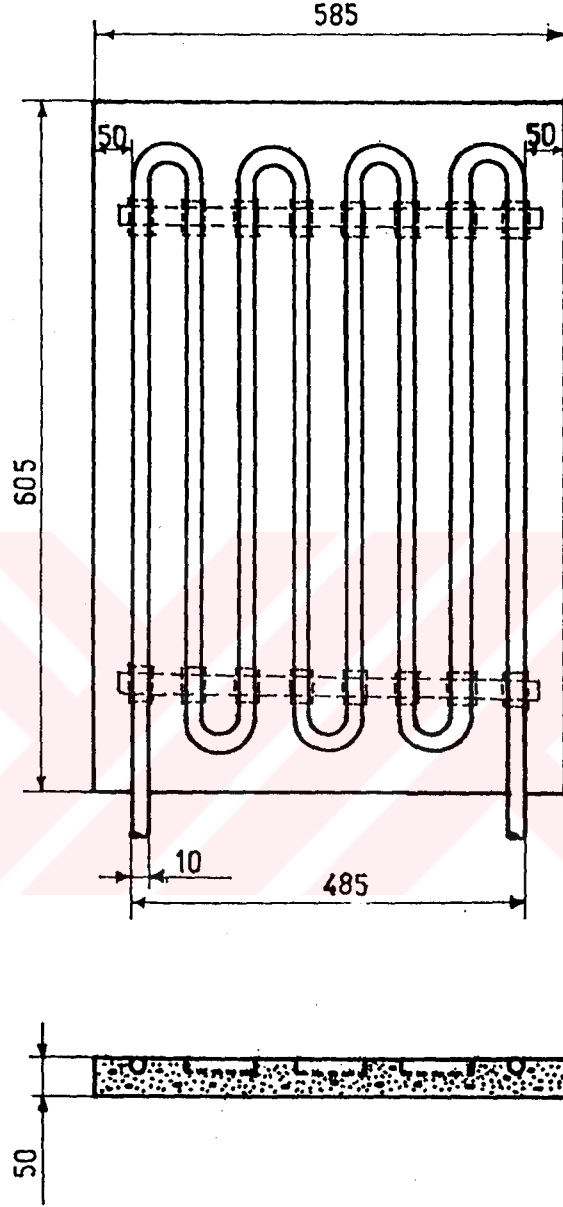
Tablo 16. Depo Suyu ve Ortam Sıcaklığının Muhtelif Saatlerdeki Ölçüm Değerleri

08.09.1993						
Saat(h)	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
t_{ilk}	22.3	23.2	26.5	32.6	37.6	40.8
t_{son}	23.2	26.5	32.6	37.6	40.8	41.4
t_{ort}	21.5	22.5	23.0	23.0	22.9	22.5

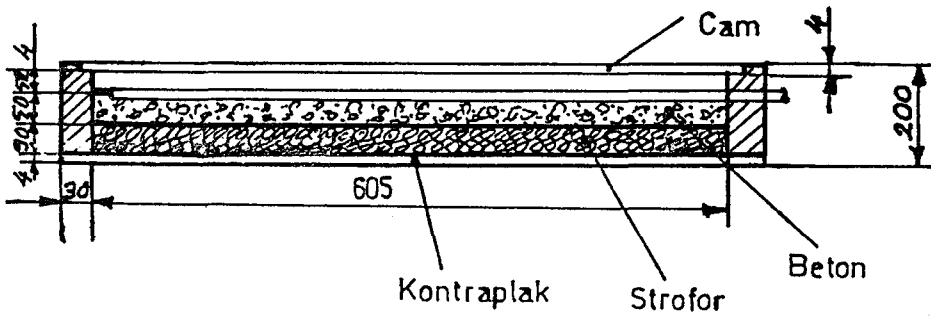
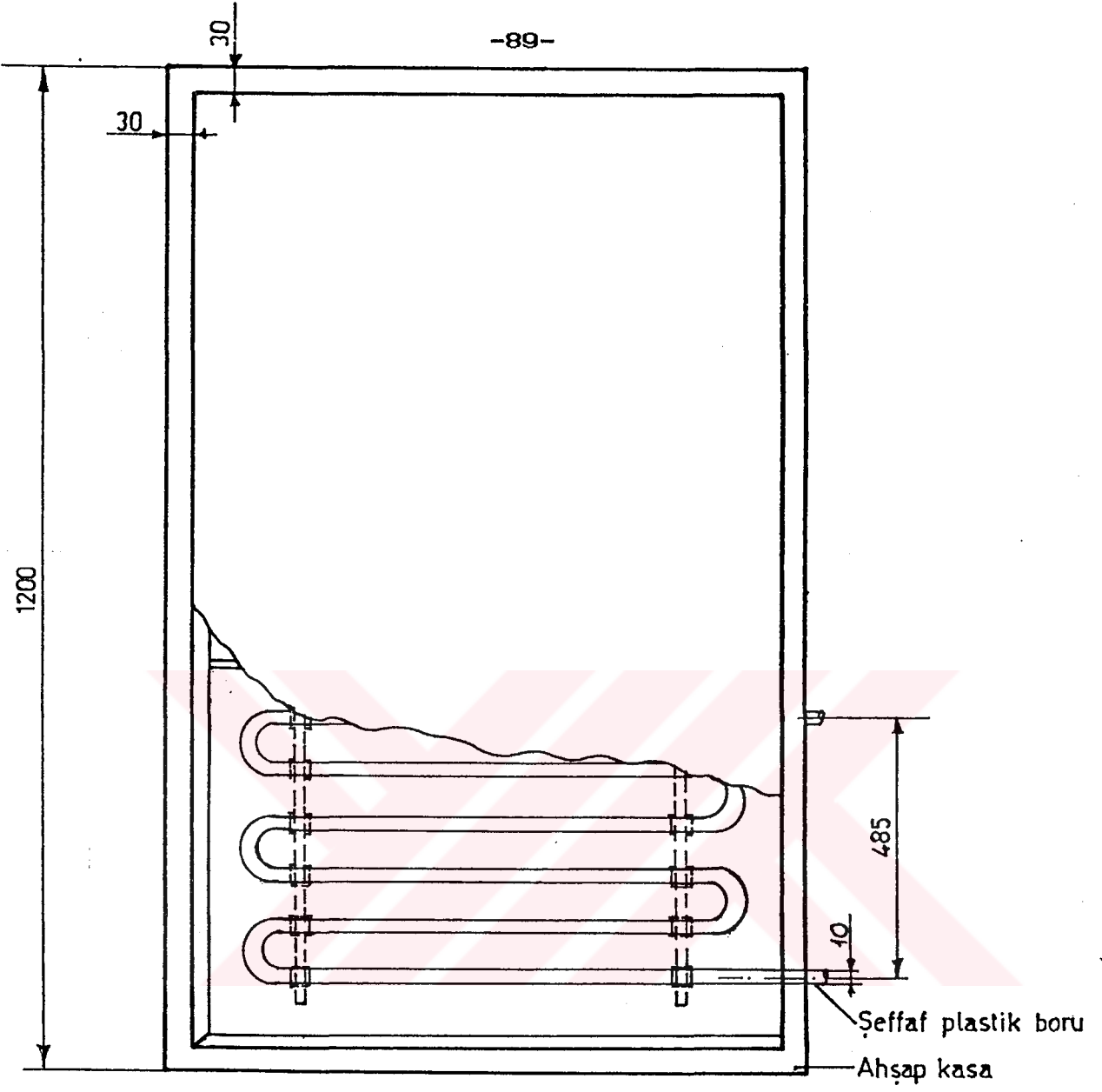
09.09.1993							
Saat(h)	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
t_{ilk}	31.7	32.1	32.6	38.5	43.0	49.5	51.0
t_{son}	32.1	32.6	38.5	43.0	49.5	51.0	51.8
t_{ort}	23.7	25.0	27.0	28.0	27.7	26.4	26.1

10.09.1993							
Saat(h)	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
t_{ilk}	36.0	36.9	37.5	47.0	50.8	54.5	56.0
t_{son}	36.9	37.5	47.0	50.8	54.5	56.0	
t_{ort}	25.2	25.2	26.7	27.7	28.5	27.5	26.6

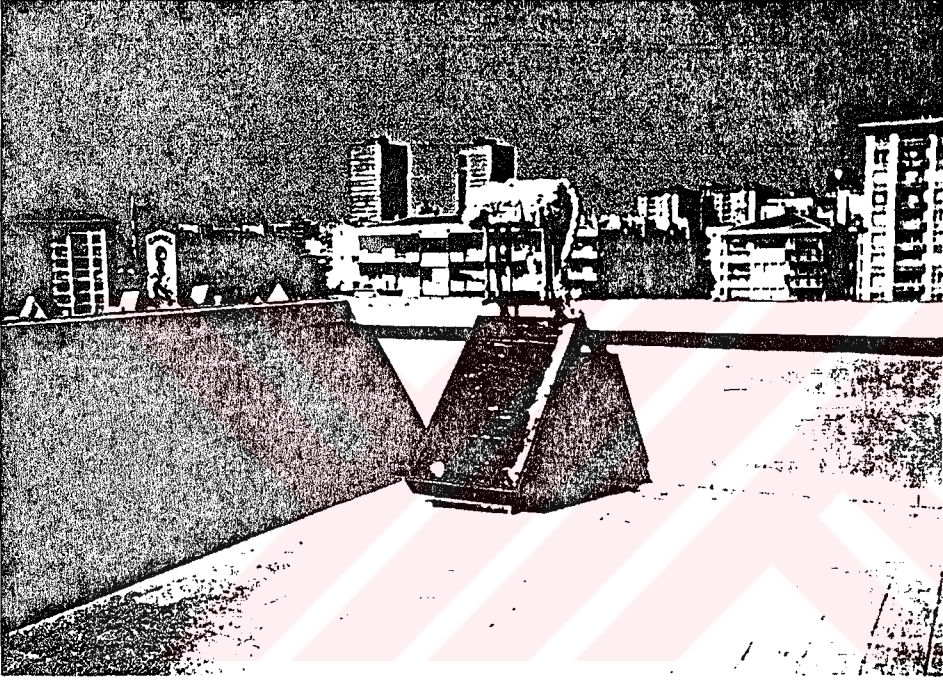
Son sıcaklık 56°C iken, 1 saat sonra radyasyonsuz ortamda (güneş kolektörünün yüzeyi örtüldüğünde) sıcaklık 54.9°C'ye inmiştir.



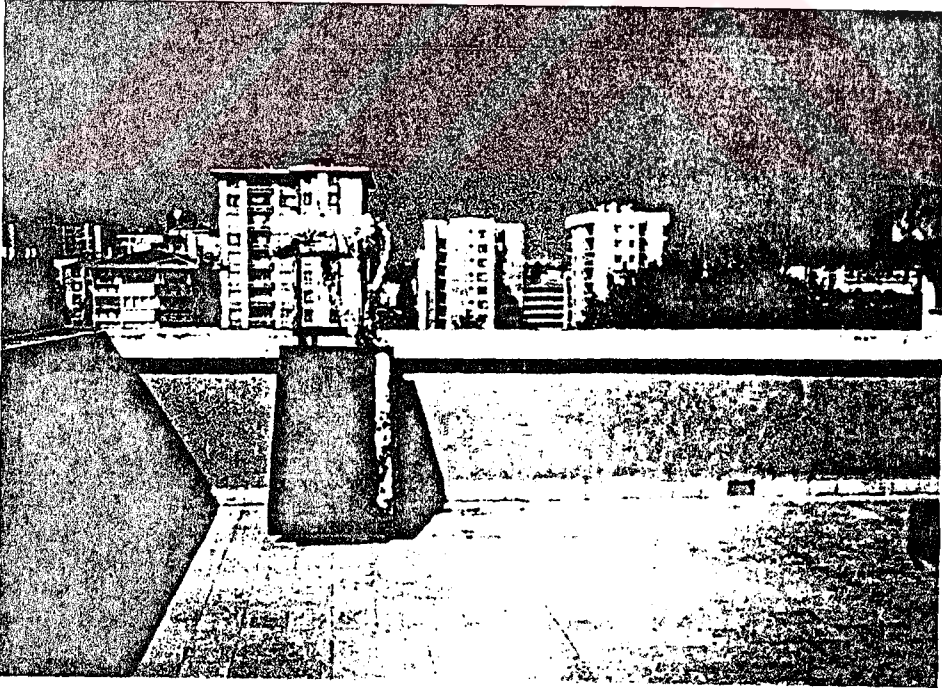
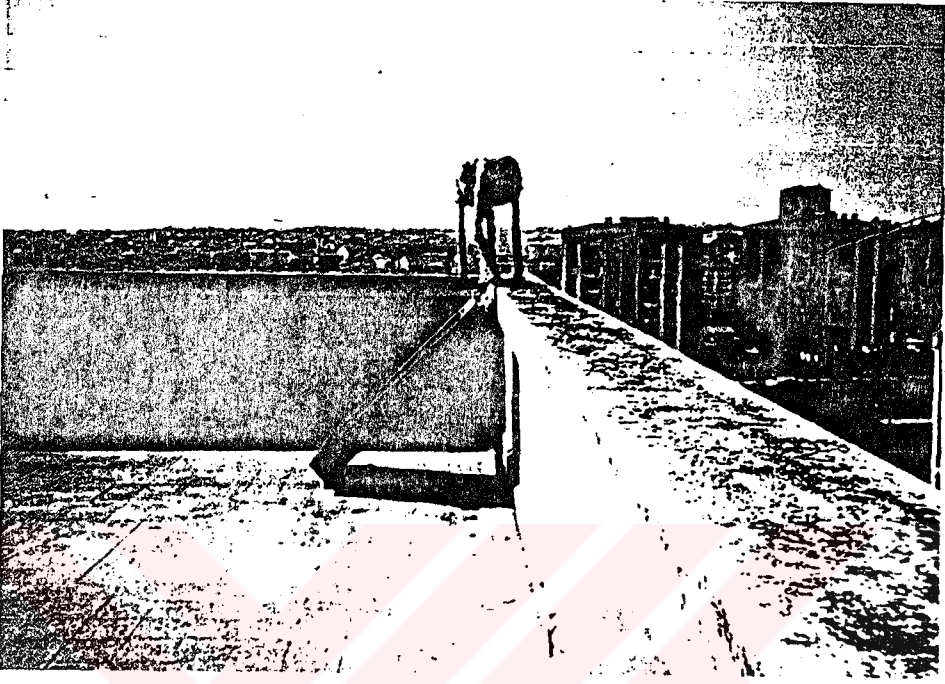
Sekil 10- Betondan Güneş Toplayıcısının Teknik Resmi



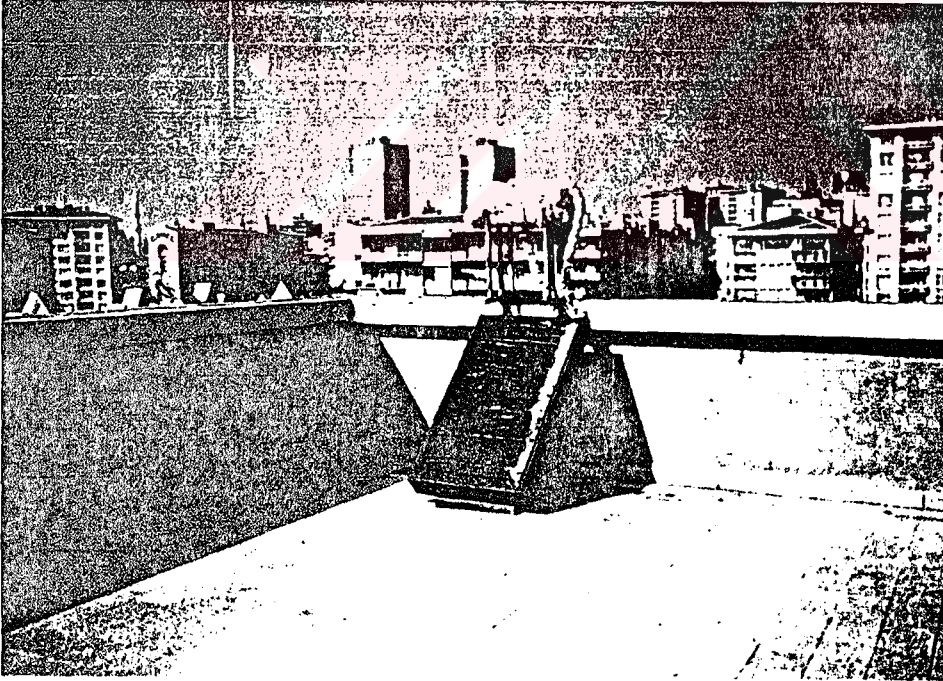
Şekil 11- Betondan Güneş Toplayıcısının Teknik Resmi



Resim 1- Betondan Güneş Toplayıcısının Görünümü



Resim 2- Betondan Güneş Toplayıcısının Görünümü



Resim 3- Betondan Güneş Toplayıcısının Görünümü

5.2- BETON KOLLEKTÖR ISIL HESAPLARI

Yatayla 40° açılı yapacak şekilde yerleştirilmiş olan kollektöre gelen Radyasyon değerleri TÜBİTAK'tan alınmış olup bu değerler Tablo 11'de belirtilmiştir. Ölçüm yapılan ay olan EYLÜL ayı değerleri sayfa 51'de gösterilmiştir.

Burada belirtilen toplam radyasyon değerleri, %20'lik bir kayıpla beton tarafından yutulan (giren) enerji olarak alınmış, radyasyonsuz ortamdaki depo kaybı ve depo edilen yani suya aktarılan enerji olarak ısı dengesi kurulmuştur.

$$Q_{grad} = Q_{kay} + Q_{depo}$$

$$Q_{kay} = K \cdot A \cdot \Delta T = (t_{ilk} + t_{son}/2 - t_{ort})$$

$$Q_{depo} = (m \cdot c_{p_{su}} + m_b \cdot c_{p_{bet}}) \cdot (t_{son} - t_{ilk})$$

$$K \cdot A \cdot (t_{ilk} + t_{son}/2 - t_{ort}) = (m \cdot c_{p_{su}} + m_b \cdot c_{p_{bet}}) \cdot (t_{o} - t_{i})$$

Q_{grad} = ITOT : Eğimli Düzleme Gelen Güneş Işınımı (cal/cm².h)

m : Sıcak su debisi (lt) (Sabit olup 30 lt.dir.)

m_b: Beton kollektör ağırlığı (Sabit olup 70 kg.dir.)

t_o: Radyasyonsuz durumdaki ilk sıcaklık (56°C)

t_i: Radyasyonsuz durumdaki son sıcaklık (54.9°C)

c_{p_{su}} : Suyun özgül ısınma ısısı (1 kcal/kg°C)

c_{p_b} : Betonun özgül ısınma ısısı (0.21 kcal/kg°C)

Q_{kay}: Kayıp ısı değeri (kcal/h)

Q_{depo}: Depo edilen ısı (kcal/h)

Uygulama:

=====

09.09.1993, Saat 15-16 için A.K, Kayıp ve Depo edilen ısıları hesaplayalım.

t_{ilk}: 43 °C, t_{son}: 49.5 °C, t_{ort}: 27.7, A.K=2.65

Q_{kay}=49.17 kcal/h, Q_{depo}=290.55 kcal/h, Tablo 13'ten

Q_{grad}=46.7 cal/cm².h okunur. Kollektör alanı ise: 0.72 m².dir.

Buna göre eşitlik sağlanmaktadır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- (1) KILIÇ, A. ve ÖZTÜRK, A., Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımçılık, 1983.
- (2) CLOSE, D. J., The performance of Solar Water Heaters with Natural Circulation, Solar Energy, Vol. 6, pp. 33-40, 1962.
- (3) GUPTA, C. L. and GARG, H. P., System Design in Solar Water Heaters with Natural Circulation, Solar Energy, Vol. 12, pp. 163-182, 1968.
- (4) ONG, K. S., A Finite Difference Method to Evaluate The Performance of a Solar Water Heater, Solar Energy, Vol. 16, pp. 137-147, 1974.
- (5) ONG, K. S., An Improved Computer Program for the Thermal Performance of a Solar Water Heater, Solar Energy, Vol. 18, pp. 183-191, 1976.
- (6) HUANG, B. J., Similarity Theory of Solar Water Heater with Naturel Circulation, Solar Energy, Vol. 25, pp. 105-116, 1980
- (7) HUANG, B. J. and HSIEH, C. T., A Simulation Method for Solar Thermosyphon Collector, Solar Energy, Vol. 35, pp. 31-43, 1985
- (8) KREITH, F. and KREIDER, J. F., Principles of Solar Engineering, Hemisphere Publ. Corp., 1973.
- (9) DUFFIE, J. A., and Beckman, W. A., Solar Energy Thermal Processes, John Wiley and Sons, Inc., 1974.
- (10) INCORPERA, F. P., and DE WITT D. P., Fundamentals of Heat and Mass Transfer, John Wiley and Sons, Inc., 1985.
- (11) KILIÇ, A. ve ÖZTÜRK, A., Güneş Işınımı ve Düz Toplayıcılar, SEGEM, 1984.
- (12) TSE, TS 3817, Şubat 1988.
- (13) GÜNSU Teknik Toplantı El Notları, Mayıs 1986.
- (14) ÖZİL, E., UĞURSAL, İ., BAYKARA, S., ALTINTAŞ, M., İstanbul Yöresi Çeşitli Eğitimdeki Yüzeyler İçin Saatlik Güneş Enerjisi ve Diğer Meteorolojik Değişkenler Verileri, 1980.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	01 Şubat 1970	
Doğum Yeri	Alaçam-Samsun	
İlköğrenim	1975 -1980	Bakırköy Fatih İlkokulu
Ortaöğrenim	1980 -1983	Bakırköy Fatih Ortaokulu
	1983 - 1986	Bakırköy İbrahim Turhan Lisesi
Yüksek Öğrenim	1986 -1990	Yıldız Teknik Üniversitesi

1990-1991 Öğretim yılında Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünde Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programına girdi. Halen burada eğitimine devam etmektedir.