

SU ISITMADA KULLANILABİLECEK
YENİ TİP DÜZ YÜZEYLİ GÜNEŞ
KOLLEKTÖRLERİNİN TASARIMI,
YAPIMI VE DENENMELERİ

FUAT LÜLE

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ISITMADA KULLANILABİLECEK
YENİ TİP DÜZ YÜZEYLİ GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİNİN
TASARIMI, YAPIMI VE DENENMELERİ

FUAT LÜLE

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. TURHAN KOYUNCU

SAMSUN - 2007

SU ISITMADA KULLANILABİLECEK YENİ TİP DÜZ YÜZEYLİ GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİNİN TASARIMI, YAPIMI VE DENENMELERİ

ÖZET

Türkiye’de düz yüzeyle güneş kollektörleri su ısıtmada yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler, Türkiye’nin Dünya üzerindeki konumu nedeniyle diğere enerji kaynaklarıyla kıyaslandığında oldukça karlıdır. Örneğin yapılmış bir çalışmada, düz yüzeyle güneş kollektörlerinin fındık kabuğu, odun, kömür, doğal gaz, petrol, LPG ve elektriğe göre yaklaşık 1.5, 2.0, 3.5, 4.0, 6.0, 7.0 ve 12.0 kat daha karlı oldukları belirlenmiştir. Ancak, mevcut sistemlerde kullanılan alüminyum ve bakır malzeme aşırı ısınmadan dolayı korozyona uğramakta ve kullanım suyuna karışmaktadır. Bu durum, sıcak suyun renk, koku, tat ve kimyasal yapısını bozmaktadır. Bunu engellemek için daha çok kapalı sistem güneş kollektörleri kullanılmaktadır. Bu kollektörlerde, bakır ya da alüminyum borularda ısınan antifrizli (glikol) su (genellikle %60 su ve %40 antifriz), ısınıp, basit yapıllı eşanjörler içerisinde bulunan kullanım suyuna aktarmaktadır. Fakat, ısının transferi sırasında önemli kayıpların oluşması nedeniyle eşanjörlerin verimleri oldukça düşmektedir.

Bu nedenle bu uygulamalı araştırmada; krom 304 paslanmaz çelik malzemenle imal edilmiş, sıcak suya hiçbir olumsuz etkisi olmadan, kentin su şebekesine direkt basınçlı olarak bağlanabilen, ortalama kullanım ömrü daha uzun ve verimi mevcut kollektörlerden daha yüksek olan, imalatı ve montajı kolay, bakım gerektirmeyen ve maliyeti de daha düşük olan “borulu ve kuru tip”, “borulu ve ıslak tip” ve “kendinden depolu” kollektör olmak üzere üç farklı yeni tip düz yüzeyle güneş kollektörü tasarlanmış, üretilmiş ve EN (Avrupa Birliği Normları) 12975-2 ile TS (Türk Standartları) 3680-2 (Nisan, 2003)’ye göre test edilerek ısısal verimleri belirlenmiştir. Sonuçta; borulu ve kuru tip kollektörün ısısal veriminin %22.60, borulu ve ıslak tip kollektörün veriminin %42.57 ve kendinden depolu kollektörün veriminin ise %33.47 olduğu belirlenmiştir. En yüksek verim değerine sahip borulu ve ıslak tip kollektörün veriminin yaygın kullanılan eşanjörlerin veriminden %140 ve kollektör ve eşanjörden oluşan sistemin toplam veriminden de %200 daha fazla olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, düz yüzeyle güneş kollektörü, Güneşli su ısıtıcı, ısısal verim, doğal dolaşımllı sistem, basınçlı dolaşımllı sistem.

DESIGN, CONSTRUCTION AND EXPERIMENTATION OF NOVEL TYPE FLAT PLATE SOLAR COLLECTORS THAT CAN BE USED FOR HEATING WATER

ABSTRACT

Flat plate solar collectors are widely used for heating water in Turkey. These systems provide a pretty big profit due to the position of Turkey in the World when compared with other energy resources. For instance, it was determined from a study made in Turkey that flat plate solar collectors are approximately 1.5, 2.0, 3.5, 4.0, 6.0, 7.0 and 12.0 times more economic than hazelnut shell, wood, coal, natural gas, oil, LPG, and electricity, respectively. However, aluminum and copper materials used for current collectors are exposed to more corrosion because of the extreme heat and mix to used water. This situation gives damage to the color, taste, odor and chemical construction of the water. In order to eliminate this, natural circulation closed thermosyphon system are generally preferred. Besides, in these collectors, the mixture of water and antifreeze (glikol) (60% water and 40% glikol) heated in the cooper or aluminum pipes transfers heat to used water in the simple structured type heat exchanger, but because of the big losses during heat transfer, thermal efficiency of the exchangers importantly lowers. So, in this experimental investigation; three types of flat plate solar collectors such as “with pipe and dry”, “with pipe and wet” and “with tank itself” manufactured from stainless steel (chromium 304) were designed, constructed and tested for their thermal efficiency according to EN (European Union Norms) 12975-2 and TS (Turkish standards) 3680-2 (April, 2003). These collectors have no negative effects on chemical specifications of water and have less price, more lifetime, easier assembling and manufacturing when compared with current flat plate collectors. These collectors also can be directly connected to the city water line system. As a result, the thermal efficiency of “with pipe and dry”, “with pipe and wet” and “with tank itself” collectors were defined as 22.60%, 42.57% and 33.47%, respectively. In addition, it was determined that “with pipe and wet” collector having the highest efficiency is 140% higher than widely used heat exchanger and 200% higher than total efficiency of the solar collector system consisting of collector array and heat exchanger.

Key Words : Solar energy, flat plate solar collector, solar water heater, thermal efficiency, natural circulation system, forced circulation system.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında büyük bir fedakarlıkla her türlü desteği sağlayan, yakın ilgi ve önerileriyle yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Turhan KOYUNCU'ya ve bölüm başkanım Prof. Dr. Yunus PINAR'a teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında yardımlarını gördüğüm Araş. Gör. K.Çağatay SELVİ'ye, Araş. Gör. Hüseyin SAUK'a, Araş. Gör. Bahadır DEMİREL'e ve Araş. Gör. Savaş ATASEVER'e teşekkürü borç bilirim. Ayrıca manevi yardımlarını bir an olsun esirgemeyen sevgili eşim Özgür LÜLE'ye sonsuz teşekkür ederim.

SAMSUN 2007

Fuat LÜLE

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---|-------|
| ONAY SAYFASI..... | i |
| ÖZET..... | ii |
| ABSTRACT..... | iii |
| TEŞEKKÜR..... | iv |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | vii |
| ÇİZELGELER LİSTESİ..... | ix |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1. Güneş Enerjisi ve Karakteristikleri | 5 |
| 1.2. Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Uygulamaları..... | 6 |
| 1.3. Güneş Enerjisi Sistemleri..... | 13 |
| 1.4. Ülkemizde Su Isıtmada Yaygın Olarak Kullanılan Düz Yüzeyle Güneş Kollektörlerinin Teknik Özellikleri..... | 14 |
| 2. LİTERATÜR ÖZETLERİ..... | 16 |
| 3. MATERYAL ve METOT..... | 20 |
| 3.1. Materyal..... | 20 |
| 3.1.1. Deneme Ortamı..... | 20 |
| 3.1.2. Kollektörlerin İmalatında Kullanılan Malzemelerin Teknik Özellikleri..... | 20 |
| 3.1.3. Tasarlanan ve Denemeleri Yapılan Güneş Kollektörleri..... | 21 |
| 3.1.3.1. Borulu ve Kuru Tip Kollektör..... | 22 |
| 3.1.3.2. Borulu ve Islak Tip Kollektör..... | 23 |
| 3.1.3.3. Kendinden Depolu Tip Kollektör..... | 24 |
| 3.1.3.4. Su Tankı..... | 25 |
| 3.1.3.5. Deneme Platformu..... | 27 |
| 3.1.4. Denemelerde Kullanılan Cihazlar ve Ölçü Aletleri..... | 27 |
| 3.2. Metot..... | 29 |
| 3.2.1. Denemelerin Düzenlenmesi ve Yürütülmesi..... | 29 |
| 3.2.2. Akışkan Debilerinin Ayarlanması ve Ölçülmesi..... | 30 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.2.3. | Akışkan Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları ile Çevre Havası Sıcaklıklarının ve Rüzgar Hızlarının Belirlenmesi..... | 30 |
| 3.2.4. | Kollektörlerin Isısal Verimlerinin Saptanması..... | 31 |
| 4. | BULGULAR VE TARTIŞMA..... | 33 |
| 4.1. | Borulu ve Kuru Tip Kollektöre İlişkin Veriler..... | 33 |
| 4.2. | Borulu ve Islak Tip Kollektöre İlişkin Veriler..... | 35 |
| 4.3. | Kendinden Depolu Kollektöre İlişkin Veriler | 37 |
| 5. | SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 40 |
| 6. | KAYNAKLAR..... | 42 |
| 7. | ÖZGEÇMİŞ..... | 46 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | Sayfa |
|--|-------|
| Şekil 1.1. Türkiye’de 1980-2004 yıllarına ait kişi başına düşen enerji tüketimi..... | 2 |
| Şekil 1.2. Türkiye’nin 1980-2004 yılları arasındaki enerji üretimi, tüketimi ve ithalatı..... | 3 |
| Şekil 1.3. Güneş ışınımının yer yüzeyindeki dağılımı..... | 8 |
| Şekil 1.4. Güneş kolektör alanlarının ülkelere göre dağılımı..... | 9 |
| Şekil 1.5. Dünya’da kurulu kolektör tipi dağılımı..... | 9 |
| Şekil 1.6. Türkiye’de değişik yörelerin yıllık güneş enerjisi değerleri.... | 12 |
| Şekil 1.7. Türkiye’de güneş kolektörü imalatını ve pazarlamasını yapan firmaların Ton ve Dolar cinsinden ithalat ve ihracat durumları..... | 12 |
| Şekil 1.8. Bölgelere göre konutlarda kullanılan sıcak su elde etme yöntemleri..... | 13 |
| Şekil 1.9. Bölgelere göre konutlarda kullanılan güneş kolektörü panel sayıları..... | 13 |
| Şekil 3.1. Tasarlanmış ve imal edilmiş güneş kolektörleri..... | 22 |
| Şekil 3.2. Borulu ve kuru tip kolektörün teknik özellikleri..... | 23 |
| Şekil 3.3. Borulu ve ıslak tip kolektörün teknik özellikleri..... | 24 |
| Şekil 3.4. Kendinden depolu tip kolektörün teknik özellikleri..... | 25 |
| Şekil 3.5.a. Su tankının teknik özellikleri ve sisteme bağlantısı..... | 26 |
| Şekil 3.5.b. Su tankının iç görüntüsü..... | 27 |
| Şekil 3.6. Kolektörlerin deneme alanı..... | 27 |
| Şekil 3.7. Güneş radyasyon intensitesi ölçümü için yararlanılan cihazlar | 28 |
| Şekil 3.8. Denemelerde kullanılan ölçü cihazları | 28 |
| Şekil 3.9. Piranometrenin yeri ve bağlantısı..... | 29 |
| Şekil 3.10. Küresel vanaların borular üzerine yerleştirilmesi..... | 30 |
| Şekil. 3.11 Aksiyal fanların yerleştirilmesi..... | 31 |
| Şekil. 3.12 Bir güneş kolektör panelinin ana yapı elemanları, çalışma prensibi ve ısı dengesi..... | 32 |

| | | |
|------------|--|----|
| Şekil 4.1. | Borulu ve kuru tip kollektöre ilişkin anlık değişimler..... | 34 |
| Şekil 4.2. | Borulu ve kuru tip kollektöre ilişkin veriler..... | 34 |
| Şekil 4.3. | Borulu ve ıslak tip kollektöre ilişkin anlık değişimler (akışkansız)..... | 36 |
| Şekil 4.4. | Borulu ve ıslak tip kollektöre ilişkin veriler (akışkansız)..... | 36 |
| Şekil 4.5. | Borulu ve ıslak tip kollektöre ilişkin anlık değişimler (akışkanlı)..... | 37 |
| Şekil 4.6. | Borulu ve ıslak tip kollektöre ilişkin veriler (akışkanlı)..... | 37 |
| Şekil 4.7. | Kendinden depolu tip kollektöre ilişkin anlık değişimler..... | 38 |
| Şekil 4.8. | Kendinden depolu tip kollektöre ilişkin veriler..... | 39 |

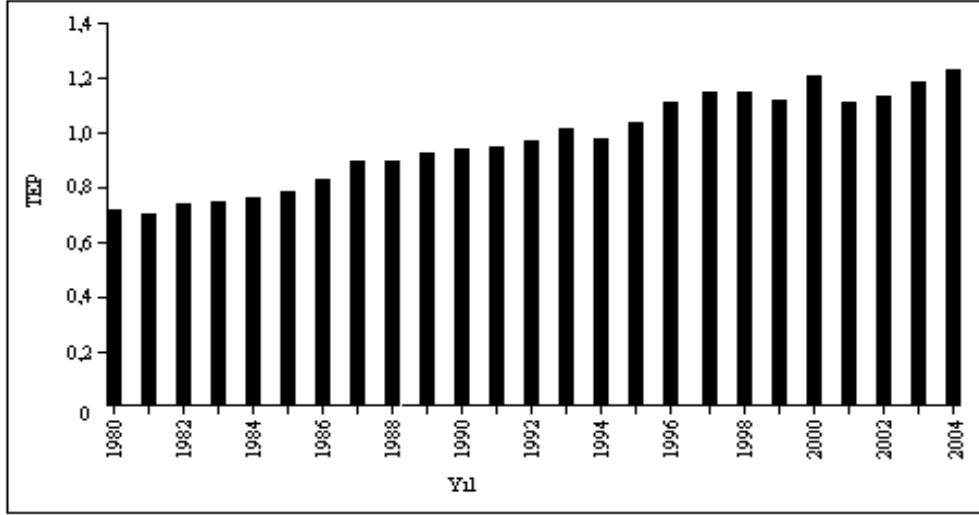
ÇİZELGELER LİSTESİ

| | Sayfa |
|---|-------|
| Çizelge 1.1. Güneş ışınımının frekans dağılımı | 6 |
| Çizelge 1.2. Ayların 22. günlerine ilişkin deklinasyon açıları..... | 7 |
| Çizelge 1.3. Türkiye'nin aylık toplam güneş enerjisi ve güneşlenme süresi..... | 11 |
| Çizelge 1.4. Bölgelere göre yıllık toplam güneş enerjisi ve güneşlenme süresi..... | 11 |
| Çizelge 1.5. Düz yüzeyli güneş kolektörlerinin teknik özellikleri..... | 15 |
| Çizelge 1.6. Soğuk ve sıcak su depolarının teknik özellikleri..... | 15 |
| Çizelge 3.1. Paslanmaz çelik krom 304'ün Kimyasal bileşimi ve Fiziksel özellikleri..... | 21 |

1. GİRİŞ

Yaklaşık 6 milyar nüfusa sahip dünyamızda, hızlı sanayileşme ve kentleşme ile birlikte ticaret ve üretimde de ivmeli bir büyüme görülmektedir. Bu durum, doğal kaynaklara ve enerjiye olan talebi giderek artırmaktadır. Ancak, ülkelerin ekonomik, kültürel ve bilimsel seviyelerinin gösterge kriterleri arasında yer alan enerji üretim ve tüketim miktarları dünya genelinde dengeli bir dağılım göstermemektedir. Sanayileşmiş ülkelerde yaşayan 1 milyar nüfus, kullanılan toplam enerjinin %60'nı tüketirken geri kalan nüfus %40'nı tüketmektedir (Atılğan, 2000; Anonim, 2006a).

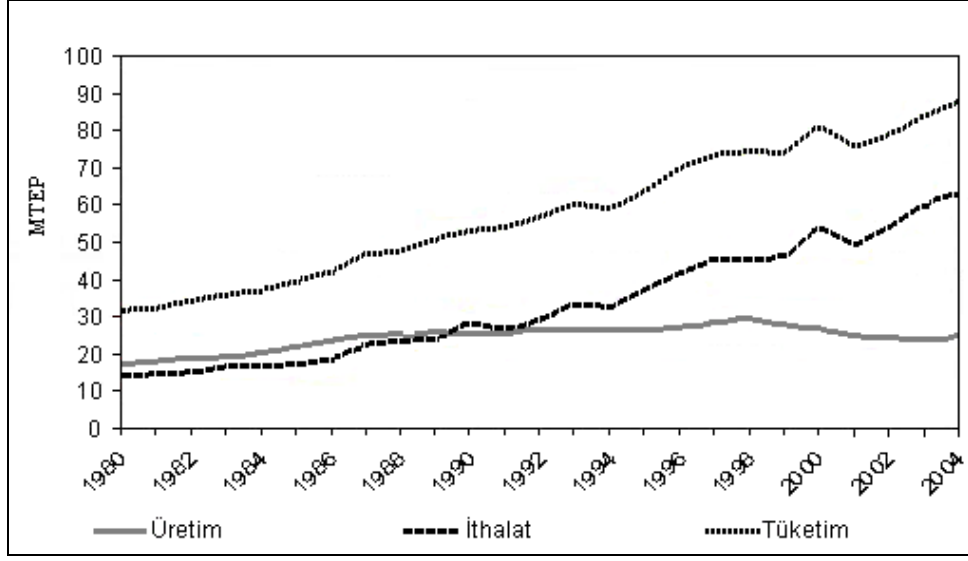
Kişi başına düşen yıllık ortalama birincil enerji tüketiminin dünya ortalaması 1.45 TEP (Ton Eşdeğeri Petrol)/kişi.yıl iken, bu değer OECD Ülkelerinde 4.56 TEP/kişi.yıl, Avrupa Birliği Ülkelerinde 3.69 TEP/kişi.yıl, Türkiye'de ise 1.10 TEP/kişi.yıl olduğu görülmektedir. Kişi başına yıllık ortalama enerji tüketimi dünya ortalamasının altında olan ülkemizde, son yıllara ait enerji tüketim ortalamaları Şekil 1.1.'de verilmiştir. Bu şekil incelendiğinde, enerji tüketim değerlerinin yıllara göre arttığı görülmektedir. Bunun, tarımdan sanayi toplumuna dönüşüm çabalarından, hızlı sanayileşmeden ve şehirleşmeden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, ülkemizdeki duruma benzer olarak dünyada da birincil enerji üretiminin %89.9'u fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Bu kaynaklar içerisinde kömürün payı %26.7, petrolün payı %40.0, doğalgazın payı %23.2'dir. Fosil kaynakların bugün olduğu gibi gelecekte de dünya enerji talebinde önemini sürdürmeye devam edeceği anlaşılmaktadır. Fakat, fosil yakıt kökenli enerji kaynaklarından petrol rezervlerinin ömrünün 42.8 yıl, doğal gazın 64.7 yıl, kömürün ise 228 yıl olarak tahmin edilmesi ve ayrıca bu yakıtların çevre kirliliğine ve doğanın tahribine neden olması gibi sorunlardan dolayı yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinilmesi zorunlu hale gelmiştir (Koyuncu ve Ültanır, 1997; Ültanır, 1998). Türkiye'de ise birincil enerji üretimi ağırlıklı olarak kömür, hidrolik, biyokütle, rüzgar, güneş ve jeotermal kaynaklardan sağlanmakla birlikte tüketim, bu kaynakların yanı sıra petrol ve doğalgazdan karşılanmaktadır. 2004 yılında Türkiye'nin toplam enerji üretimi 24.3 MTEP (Milyon Ton Eşdeğeri Petrol), tüketimi ise 68.9 MTEP'e ulaşmıştır (Anonim, 2006a). Rakamlardan açıkça anlaşıldığı üzere, enerji açığını ithalatla kapatmak zorunda kalan



Şekil 1.1. Türkiye’de 1980-2004 yıllarına ait kişi başına düşen enerji tüketimi (Anonim 2006a)

ülkemizin, yerli kaynaklara yönelmesi ve olabildiğince yerli kaynaklardan karşılaması hem ülke ekonomisi için hem de dışa bağımlılığı azaltması yönünden oldukça önemlidir. Türkiye’nin 1980-2004 yılları arasındaki enerji üretimi, tüketimi ve ithalatı Şekil 1.2.’de verilmiştir. Bu Şekil incelendiğinde, artan tüketime rağmen üretimin fazla değişmediği ve bununla ithal edilen enerji rakamlarının yükselmesine neden olduğu görülmektedir. Zaten, bilindiği kadarıyla Türkiye fosil yakıt rezervleri bakımından zengin bir ülke değildir. Ancak, tükenbilir konvansiyonel fosil yakıt rezervlerinin aksine tükenmez doğal kaynakların potansiyeli bakımından da oldukça zengin bir ülkedir. Örneğin, ülkemizde ekonomik olarak kullanılabilir 124.5 TWh/yıl hidrolik, 1.8 MTEP/yıl jeotermal, 25 MTEP/yıl güneş, 50 TWh/yıl rüzgar ve 32 MTEP/yıl biyomas (biyokütle) enerjisi potansiyeli bulunmaktadır (Ültanır, 1998). Enerji ihtiyacının yalnızca %35’lik kısmını yerli kaynaklardan sağlayabilen ülkemiz, yenilenebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik enerjinin yalnızca %35’ini, jeotermal enerjinin %2.97’sini, rüzgar enerjisi potansiyelinin de sadece %15’ini kullanmaktadır (Atılğan, 2000; Anonim, 2006b).

Son yıllarda gerek dünya’da ve gerekse ülkemizde yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş, rüzgar, hidrolik, jeotermal, biyomas vb. enerji kaynaklarının tükenme tehlikesi bulunmaması ve çevre dostu olması nedeniyle bu kaynaklar üzerine



Şekil 1.2. Türkiye'nin 1980-2004 yılları arasındaki enerji üretimi, tüketimi ve ithalatı (Anonim, 2006a)

yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Özellikle yapılan çalışmalar büyük oranda güneş enerjisine odaklanmıştır (Yılmaz ve Deniz, 2005).

Güneş enerjisi dünya için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Dünya genelinde güneş enerjisinin brüt potansiyeli 178 000 TW'dır. Teorik olarak alınabilir potansiyel 50-100 TW arasında bulunmaktadır. Güneş enerjisi uygulamaları elektrik üretimi ve ısıl uygulamalar olarak iki grupta toplanmaktadır. Dünya güneş elektrik santrallerinin kurulu gücü henüz 580 MW düzeyindedir. Bunun 180 MW'ı fotovoltaik kalanı ise termiktir. Güneş enerjisinin kurulu kolektörlerle ısıl kullanımı 10 MTEP/yıl düzeyinde bulunmaktadır (Ültanır, 1998). Türkiye'de güneş enerjisinden esas olarak sıcak su üretiminden yararlanılmakta ve elektrik üretimi son derece düşük değerlerde bulunmaktadır. Sıcak su üretimi uygulamaları hızla gelişmekte olup toplam kolektör alanı 2001 yılı verilerine göre yaklaşık 75.10^5 m^2 iken 2004 yılında yaklaşık 10.10^6 m^2 seviyelerine çıkmıştır. 1986 yılında 5 000 TEP ile başlayan güneş enerjisinden sıcak su üretimi, 2004 yılında 375 000 TEP ısı enerjisi olarak gerçekleşmiştir. Başka bir deyişle toplam birincil enerji üretimimiz içindeki payı %1 seviyesindedir. Hidroelektrik enerjisidışında, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından olan jeotermal, güneş ve rüzgar enerjisi yönüyle şanslı ülkelerden biri olmamıza rağmen, bu kaynakların toplam birincil enerji üretimimiz içindeki payı henüz %5 seviyesini aşmamıştır (Anonim, 2006a; ve 2007a). Güneş enerjisinden ekonomik olarak yararlanabilmek için, "Güneş

Kuşağı” da denilen, 45° kuzey-güney enlemleri arasında yer almak gerekmektedir. Güneş kuşağı içerisinde ve 36-42° kuzey enlemleri içerisinde yer alan ülkemizin; yapılan ölçümler sonucu, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7.2 saat), ortalama toplam ışınlam şiddeti 1311 kWh/m².yıl (günlük toplam 3.6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir (Koyuncu ve Ültanır, 1997; Anonim, 2006c). Yapıların ısıtılıp soğutulması, tarım ürünlerinin kurutulması ve soğuk hava depolarında saklanması, evsel ve endüstriyel sıcak su temini, seraların ısıtılması gibi çok geniş uygulama alanlarında güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Ülkemizin her bölgesinde bu tip uygulamaların yapılabilmesi için yüksek verimli ekonomik ve uzun ömürlü sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin Türkiye’de sıcak su üretiminde kullanılan düz yüzeyli güneş kolektörlerinin teknik ve ekonomik yönden irdelemesine ilişkin bir çalışmada; kolektörlerin ortalama verimleri %65-75 ve ortalama ömürleri 8...15 yıl olarak bulunmuştur. Güneş kolektörlerinin, su ısıtmadaki maliyetleri, odun, kömür, fındık kabuğu, doğal gaz, motorin, tüp gaz ve elektrik enerjisiyle kıyaslanmış ve büyük farkla ekonomik oldukları saptanmıştır. Düz yüzeyli güneş kolektörleri kullanarak, Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde sıcak su üretmek, elektrik, tüp gaz, motorin, doğal gaz, kömür ve odun kullanılarak su ısıtmaya göre sırasıyla 25, 14, 12, 9, 7 ve 5 kat daha ekonomik olmaktadır. Bu çarpıcı araştırma sonuçları, düz yüzeyli güneş kolektörlerine ilişkin yeni araştırmaların ülkemiz açısından ne denli önem taşıdığını ve ekonomimize ne kadar büyük katkı sağlayacağını açıkça ortaya koymaktadır (Koyuncu ve Ültanır, 1997; Anonim, 2006c).

Ülkemizde su ısıtmada kullanılan, açık ve kapalı sistem olarak çalışan düz yüzeyli güneş kolektörleri temelde; kolektörler (paneller), eşanjörler (genellikle sıcak su depolama tankı eşanjör olarak kullanılmaktadır) ve bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Kolektör panellerindeki taşıyıcı borular daha çok bakır ve alüminyumdan imal edilmektedir. Kapalı sistem güneş kolektör panellerinde bakır ve alüminyum borularda ısınan antifrizli (glikol) su (genellikle %60 su ve %40 antifriz), ısısını, basit yapıllı ancak sistemin toplam maliyetinin %60-70’ini oluşturan eşanjörler içerisinde bulunan kullanım suyuna aktarmaktadır. Eşanjörler genellikle paslanmaz çelik olan Krom 304 malzemedan imal edilmekte ve iç içe geçmiş iki katmandan oluşmaktadır. Kolektörlerden gelen ısınmış antifrizli su, eşanjör katmanları arasında doğal yolla dolaşarak ısısını iç katmanın içerisinde yer alan kullanım suyuna transfer etmektedir.

Ancak, ısının transferi sırasında önemli kayıplar oluşmakta ve bu durum, eşanjörlerin verimlerini oldukça düşürmektedir. Ayrıca, bu sistemin çalışması için, sıcak su tankının alt noktasının, kollektörün üst kenarından yukarıda olması zorunluluğu bulunmaktadır. Bu da, sıcak su tankının yani eşanjörün çatı üzerine yerleştirilmesini gerektirmektedir. Bu durum, hem güvenlik açısından risk oluşturmakta hem de, yapı ya da konut estetiğini olumsuz etkileyerek çevre kirliliğine neden olmaktadır. Açık sistem güneş kollektörlerinde ise kollektör panellerine yerleştirilmiş bakır ve alüminyum borular içerisinde dolaşarak ısınan su direk olarak kullanıldığı için verim düşmesi bu tip kollektörlerde görülmemektedir. Fakat açık sistemlerde kullanılan bakır ve alüminyum borular aşırı ısınmadan dolayı korozyona uğramakta ve kullanım suyuna karışmaktadır. Bu durum, sıcak suyun renk, koku, tat ve kimyasal yapısını bozmakta ve yemek pişirme amaçlı kullanım olanağını ortadan kaldırmaktadır. Her insan için günde en az 20 L içilebilir suya ihtiyaç duyulduğu ve bu suyun yarısından fazlasının da temizlik ve pişirmede kullanılması nedeniyle ısıtılması gerektiği göz önünde bulundurulursa, mevcut sistemlerde sıralanan sorunların çözümü yönündeki çabaların ne kadar büyük önem taşıdığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle bu uygulamalı araştırmada; krom 304 paslanmaz çelik malzemeden imal edilmiş boruların kullanıldığı, sıcak suya hiçbir olumsuz etkisi olmadan, kentin su şebekesine direkt basınçlı olarak bağlanabilen ve böylece tankların çatı üzerine yerleştirilme mecburiyetini ortadan kaldıran, ortalama kullanım ömrü daha uzun olan, verimi mevcut eşanjörlerden daha yüksek olan, imalatı ve montajı kolay, bakım gerektirmeyen ve maliyeti de daha düşük olan üç farklı yeni tip düz yüzeyli güneş kollektörü tasarlanmış, üretilmiş ve EN (Avrupa Birliği Normları) 12975-2 ile TS (Türk Standartları) 3680-2 (Nisan, 2003)'ye göre test edilerek ısısal verimleri belirlenmiştir.

1.1. Güneş Enerjisi ve Karakteristikleri

Bilinen en eski kaynak olan güneş %81.7 hidrojen, %18.1 helyum ve %2'de diğer elementlerden oluşmaktadır. Güneşteki yüksek sıcaklıktan dolayı elektronlar atom çekirdeklerinden ayrılmaktadırlar. Bu yüzden, Güneşte serbest elektron ve atom çekirdekleri bulunmaktadır. Dört Hidrojen çekirdeği birleşerek bir Helyum çekirdeğini oluşturmakta ve Füzyon adı verilen bu reaksiyon, çok yüksek sıcaklıkta oluşmaktadır. Bu füzyon reaktöründe her saniyede 564 Mt (Milyon ton) Hidrojen 560 Mt Helyuma

dönüşmektedir. Bu dönüşümde kaybolan 4 Mt kütleinin karşılığı olarak 386.10^{24} J enerji açığa çıkmaktadır. Toplam enerji rezervi $1.785.10^{44}$ J olan bu yıldız daha milyonlarca yıl ışımasını sürdüreceğinden sonsuz bir enerji kaynağıdır. Bu enerjinin güç olarak karşılığı 386.10^{18} MW'dır. Güneşten çıkan enerjinin $1/(2.10^6)$ 'lık kısmı 32° 'lik açı ile yeryüzüne ulaşmaktadır (Tezcan, 2001; Varınca ve Varank, 2005; Yamaç, 2005). Bu enerji uzaya ve gezegenlere elektromanyetik ışınım (radyasyon) biçimde yayılmaktadır. Dalga boyları 0.2-3 μm arasında olan bu akım kısa dalgalı bir ışınımır. Çizelge 1.1.'de de görüldüğü gibi farklı frekanslarda dağılan güneş ışınimleri, ışınımının %41'i görsel bölgede kalanı ise morötesi ve kızılötesi bölgelerinde yayılmaktadır. Radyo dalgaları, X ışınları ve kozmik ışınlar güneşin toplam ışınım enerjisinin sadece milyonda bir kısmını oluşturmaktadır (Varınca ve Varank, 2005).

Güneş ışınlarından atmosferi hiçbir engel olmaksızın geçen ve direkt olarak yer yüzeyine düşen bileşeni direkt ışınım, toz partikülleri ve gaz molekülleri tarafından yansıtılan veya absorbe edilip yeniden yansıtılan ve çeşitli yönlerde yer yüzeyine ulaşan bölümü ise difüz ışınım olarak tanımlanmaktadır. Yer yüzeyine düşen toplam ışınım direkt ve difüz ışınım toplamından oluşmaktadır (Tezcan, 2001).

Dünya, güneş etrafındaki yörünge düzleminin normali ile kendi dönü eksenini arasında 23.45° 'lik açı ile dönmesinden dolayı yeryüzüne gelen Güneş ışınlarının farklı açılarda gelerek aynı noktaya farklı doğrultularda ulaşmasına ve mevsimlerin meydana gelmesine olanak sağlamaktadır. Dünyanın yapmış olduğu bu hareketler Güneş enerjisi uygulamalarında büyük önem taşımaktadır. Güneş enerjisini toplamaya yarayacak yüzeyin eğiminin (β) belirlenmesi için, Dünya'nın kendi eksenini ile yörünge düzleminin normali arasındaki 23.45° 'lik açıdan dolayı meydana gelen yani gerçek kuzey ile pusulanın gösterdiği kuzey olan ve deklinasyon açısı (δ) denilen açı ile, Güneş enerjisi sisteminin (örneğin kollektörün) kurulacağı yerin Dünya üzerindeki konumundan kaynaklanan enlem açısının (enlem derecesi) (θ) bilinmesi gerekmektedir.

Çizelge 1.1. Güneş ışınımının frekans dağılımı (Varınca ve Varank, 2005)

| Frekans | Işınım tipi | Dalga boyu (μm) | Enerji (%) |
|---------|-------------|------------------------------|------------|
| Yüksek | Mor ötesi | 0.2-0.4 | 9 |
| Görülür | Işık | 0.4-0.7 | 41 |
| Düşük | Kızılötesi | 0.7-3.0 | 50 |

Enlem açısı ekvator düzlemi ile göz önünde bulundurulan nokta arasındaki açı olup kuzey yarımkürede (+) ve güney yarımkürede (-) olarak kabul edilmektedir. Deklinasyon açısı ise günden güne, aydan aya ve hatta yıldan yıla değişiklik göstermektedir. Ancak, sabit olarak kurulan Güneş enerjisi sistemlerinde genellikle ortalama deklinasyon açısı kullanılmaktadır. Ayların 22. günlerine ilişkin deklinasyon açıları Çizelge 1.2.'de verilmiştir. Enlem açısı(ϕ) bilinen bir yerin, kollektör eğim açısı (β) ve deklinasyon açısı (δ), “n” yılın gün sayısı olmak üzere aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanabilmektedir. (Duffie and Beckmann, 1991; Yavuzcan, 1994; Ekechukwu and Norton, 1999).

$$\beta = (\phi - \delta) \dots\dots\dots (1)$$

$$\delta = 23.45 \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right) \dots\dots\dots (2)$$

1.2. Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Uygulamaları

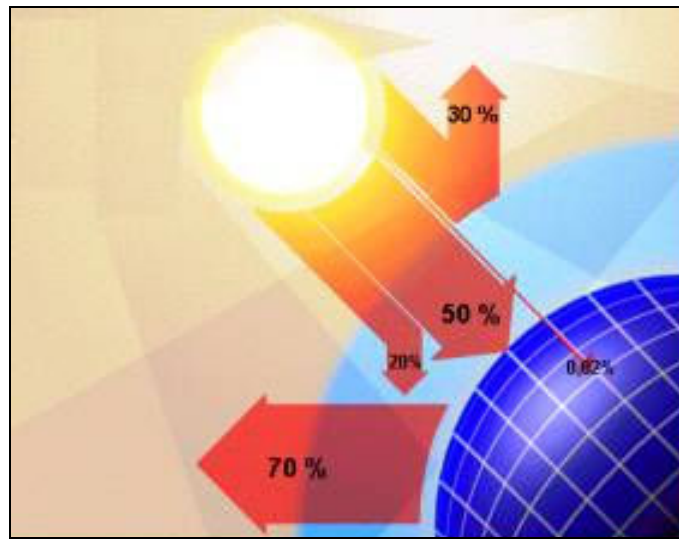
Güneş sistemi'nin Güneş'e uzaklık açısından üçüncü sıradaki gezegenimiz; üzerinde yaşam barındırdığı bilinen tek doğal gök cisimidir. Işık ve ısınıyı Güneş'ten almaktadır. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, aşağı yukarı sabit ve 1370 W/m²

Çizelge 1.2. Ayların 22. günlerine ilişkin deklinasyon açıları (Yavuzcan, 1994)

| Aylar | Manyetik Deklinasyon Derecesi |
|---------|-------------------------------|
| Ocak | -19° 51' |
| Şubat | -10° 28' |
| Mart | 0° 27' |
| Nisan | +11° 56' |
| Mayıs | +20° 14' |
| Haziran | +23° 27' |
| Temmuz | +20° 26' |
| Ağustos | +12° 03' |
| Eylül | 0° 37' |
| Ekim | -10° 47' |
| Kasım | -19° 58' |
| Aralık | -23° 27' |

değerindedir, ancak yeryüzünde 0-1100 W/m² değerleri arasında değişim göstermektedir. Yeryüzüne ışınlarla 8.5 dakikada ulaşan güneş enerjisinin küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneşten Dünyamıza gelen ışınların tamamı yer yüzeyine ulaşmamaktadır. Zararlı olan ışınların birçoğu atmosfer tarafından yutulmakta ve yalnızca bunların %0.02'si yeryüzüne ulaşabilmektedir. Gelen ışınların %30 kadarı dünya atmosferi tarafından geriye yansıtılmakta, %20'si atmosfer ve bulutlarda tutulmakta geriye kalan (%50'si) ise atmosferi geçerek dünya yüzeyine ulaşmaktadır. Ancak ulaşan ışınların da %70'i yeryüzü tarafından tekrar yansıtılmakta ve sadece %30'u absorbe edilmektedir. Bu enerji ile dünya'nın sıcaklığı yükselmekte ve yeryüzünde yaşam mümkün olmaktadır. Rüzgar hareketlerine ve okyanus dalgalanmalarına da bu ısınma neden olmaktadır. Yeryüzüne gelen güneş ışınımının %1'den azı ise güneş ışığıyla birlikte karbondioksit ve su kullanarak, oksijen ve şeker üreten bitkiler için fotosentez olayında kullanılmaktadır (Şekil 1.3.) (Anonim 2006c).

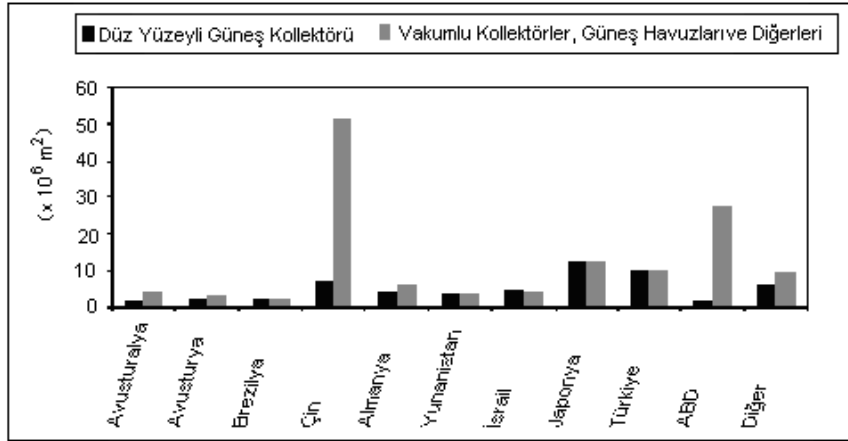
Dünya'daki Güneş enerjisi uygulamalarına göz atacak olursak; Dünya'da güneş enerjisinden yoğun olarak yararlanan yöntemlerin başında, akışkan (özellikle su) ve hava ısıtmada kullanılan güneş kolektörleri gelmektedir. Dünya nüfusunun %57'sini oluşturan ve 3.7 milyar insanın yaşadığı 35 ülkenin toplam kolektör alanı dünya kolektör pazar alanının %85-95'ini oluşturmaktadır. 2003 yılı verilerine göre bu ülkelerde bulunan toplam 132 Mm² (92 GWh) kolektör alanı bulunmaktadır. Bunun



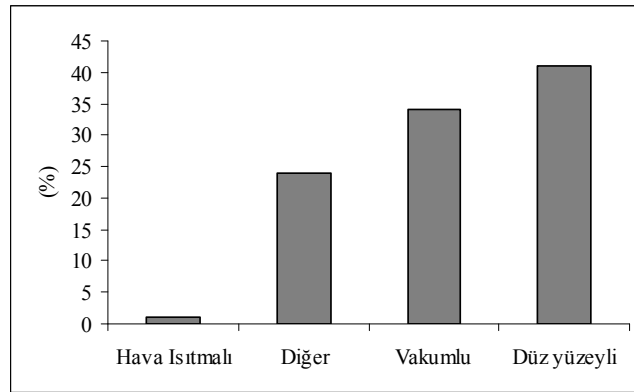
Şekil 1.3. Güneş ışınımının yer yüzeyindeki dağılımı (Anonim 2006c)

yaklaşık 53.58 Mm² (37 GWh)'sini örtü malzemeli ve düz yüzeyle, 45.69 Mm² (32 GWh)'sini vakumlu kollektörler oluşturmakta ve su ya da hava ısıtmada kullanılmaktadır. Bunun dışında, 31.5 Mm² (22 GWh) örtüsüz kollektör yüzme havuzlarının ısıtılmasında ve 1.68 Mm² (1 GWh) örtülü ve örtüsüz kollektör ise ortam ısıtılmasında ya da kurutmada kullanılmaktadır. Ayrıca, Dünya geneline bakacak olursak, güneş kollektörleri kullanımının başta gelişmiş ülkeler olmak üzere oldukça yaygın olduğu ve avantajları nedeniyle de özellikle düz yüzeyle tiplerin tercih edildiği görülmektedir. Bu durum, Şekil 1.4. ve 1.5. incelendiğinde açıkça görülmektedir (Anonim 2007a).

Türkiye'de güneş enerjisi konusundaki çalışmalar ise yenidir. Özellikle 1973 yılındaki petrol krizinden sonra ülkemizde güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar yoğunlaşmış ve 1975 yılından sonra meteorolojik verilerinde uygun olması nedeniyle



Şekil 1.4. Güneş kollektör alanlarının ülkelere göre dağılımı (Anonim 2007a)



Şekil 1.5. Dünya'da kurulu kollektör tipi dağılımı (Anonim 2007a)

güneş enerjili sistemler yaygınlaşmıştır (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Türkiye'nin meteorolojik verileri incelendiğinde, ortalama yıllık güneşlenme süresinin 2640 h olup, maksimum değer 362 h ile Temmuz ayında ve minimum değer ise 98 h ile Aralık ayında gerçekleştiği görülmektedir. Güneşlenme süresi yönünden en zengin bölge 306 h ile Güneydoğu Anadolu olup, bunu sırasıyla Akdeniz (2923 h), Ege (2726 h), İç Anadolu (272 h), Doğu Anadolu (2693 h), Marmara (2528 h) bölgeleri izlemekte ve en düşük değer ise Karadeniz Bölgesinde (966 h) elde edilmektedir. Yine meteorolojik gözlemlere göre, Türkiye'de aylara göre günlük ortalama güneş radyasyon intensitesinin maksimum değeri $21.1 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{gün}$ ile Temmuz ayında ve minimum değeri $5.5 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{gün}$ ile Aralık ayında görülmektedir. Ayrıca, Çizelge 1.3.'te de verildiği gibi, Türkiye'nin aylık toplam güneş enerjisi ve güneşlenme süresi incelendiğinde aylık ortalama güneş enerjisi potansiyelinin güneş enerjili uygulamalar için yeterli olduğu görülmektedir.

Bunun yanı sıra, Türkiye'nin yıl içindeki güneş radyasyonunun günlük ortalaması ise $13.2 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{gün}$ 'dür. Bu değer, Güneydoğu Anadolu Bölgesi için $14.3 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{gün}$ olup, bunu Akdeniz Bölgesi ($13.9 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{gün}$), İç Anadolu Bölgesi ($13.7 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{gün}$), Ege Bölgesi ($3.6 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{gün}$), Doğu Anadolu Bölgesi ($13.4 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{gün}$) ve Marmara Bölgesi ($10.9 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{gün}$) izlemektedir. Bu verilerin en düşük değeri $10.3 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{gün}$ ile Karadeniz bölgesinde bulunmaktadır. Bölgeler ve yöreler arasındaki farklılığa ilişkin bu durumun daha iyi anlaşılabilmesi için ayrıca yıllık toplam güneş enerjisi değerleri ve güneşlenme süreleri Çizelge 1.4. ile Şekil 1.6.'da verilmiştir. Görüldüğü üzere Türkiye'nin %63'ünde 10 ay, %17'sinde 1 yıl boyunca güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür (Anonim 2006c).

Türkiye'de güneş enerjisi uygulamalarını inceleyecek olursak en yaygın kullanım alanının sıcak su elde etme biçiminde olduğu anlaşılmaktadır. Halen ülkemizde kurulu güneş kollektörü miktarı 2001 yılı verilerine göre yaklaşık 7.5 Mm^2 iken hızlı bir artışla 2004 yılı için 10 Mm^2 civarında olduğu tahmin edilmektedir. Çoğu Akdeniz ve Ege bölgelerinde kullanılmakta olan bu sistemlerden yılda yaklaşık 375 BTEP (Bin ton eşdeğeri petrol) ısı enerjisi üretilmiştir. Sektörde 100'den fazla üretici firmanın bulunduğu ve 2000 kişinin istihdam edildiği tahmin edilmektedir. Yıllık üretim hacmi 750000 m^2 olup bu üretimin bir miktarı da ihraç edilmektedir. Bu haliyle ülkemiz dünyada kayda değer bir güneş kollektörü üreticisi ve kullanıcısı durumundadır.

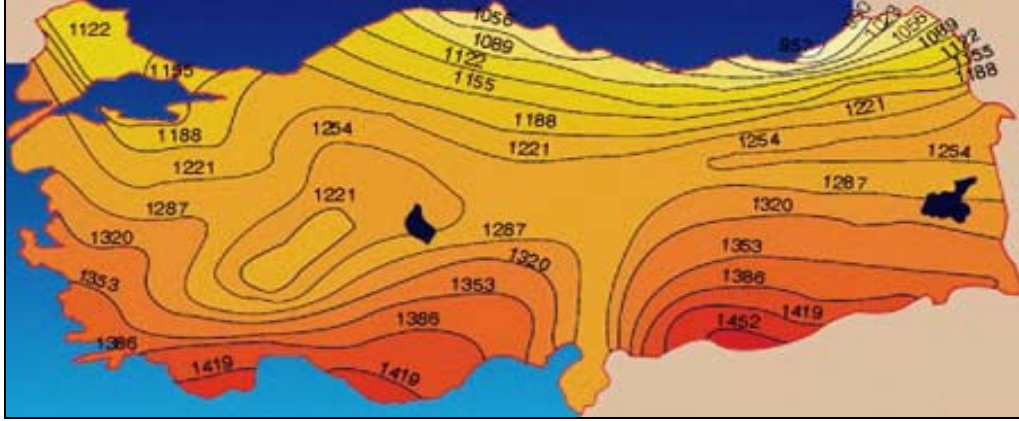
(Koyuncu ve Ültanır, 1997; Anonim, 2006a ve 2006c). Ayrıca, ülkemizin güneş enerjisi sistemleri sektörüne ilişkin son durum, önceki ismi DİE (Devlet İstatistik Enstitüsü) ve

Çizelge 1.3. Türkiye'nin aylık toplam güneş enerjisi ve güneşlenme süresi (Anonim 2006c)

| Aylar | Aylık Toplam Güneş Enerjisi(kWh/m ² .ay) | Güneşlenme Süresi (Saat/ay) |
|----------|---|-----------------------------|
| Ocak | 51.75 | 103.0 |
| Şubat | 63.27 | 115.0 |
| Mart | 96.65 | 165.0 |
| Nisan | 122.23 | 197.0 |
| Mayıs | 153.86 | 273.0 |
| Haziran | 168.75 | 325.0 |
| Temmuz | 175.38 | 365.0 |
| Ağustos | 158.40 | 343.0 |
| Eylül | 123.28 | 280.0 |
| Ekim | 89.90 | 214.0 |
| Kasım | 60.82 | 157.0 |
| Aralık | 46.87 | 103.0 |
| Toplam | 1311.00 | 2640.0 |
| Ortalama | 3.6 kWh/m ² .gün | 7.2 saat/gün |

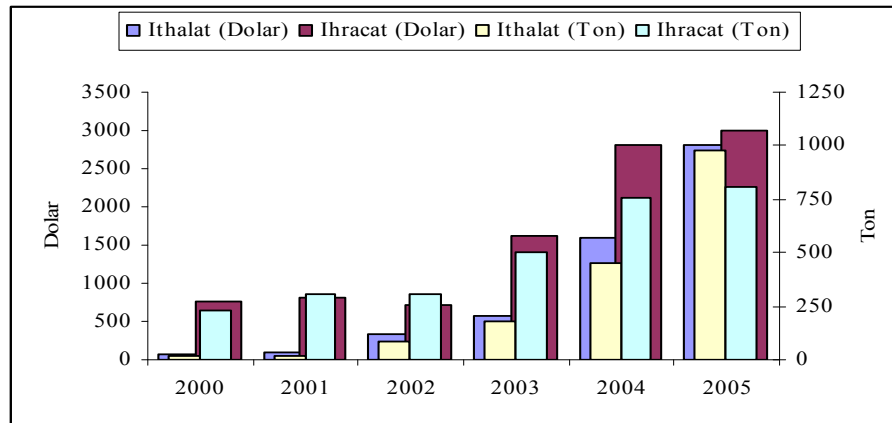
Çizelge 1.4. Bölgelere göre yıllık toplam güneş enerjisi ve güneşlenme süresi (Anonim 2006c)

| Bölge | Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² .yıl) | Güneşlenme Süresi (Saat/yıl) |
|----------------|---|------------------------------|
| G.Doğu Anadolu | 1460 | 2993 |
| Akdeniz | 1390 | 2956 |
| Doğu Anadolu | 1365 | 2664 |
| İç Anadolu | 1314 | 2628 |
| Ege | 1304 | 2738 |
| Marmara | 1168 | 2409 |
| Karadeniz | 1120 | 1971 |

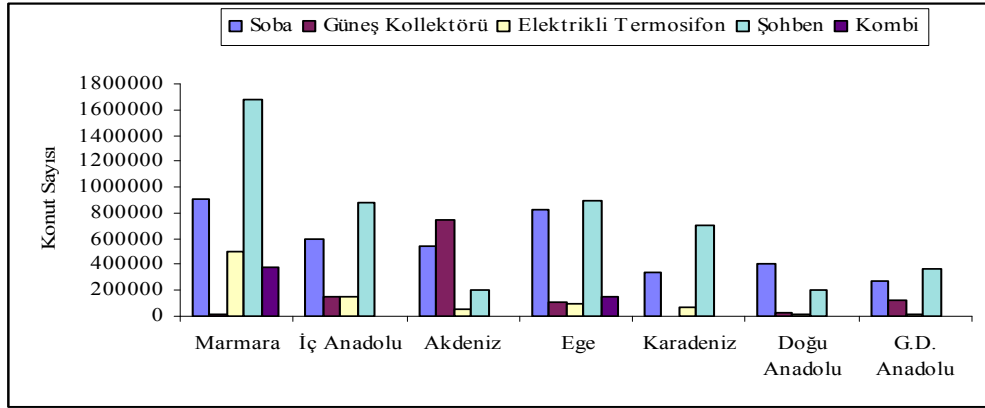


Şekil 1.6. Türkiye'de değişik yörelerin yıllık toplam güneş enerjisi değerleri (kWh/m².yıl) (Anonim, 2007b)

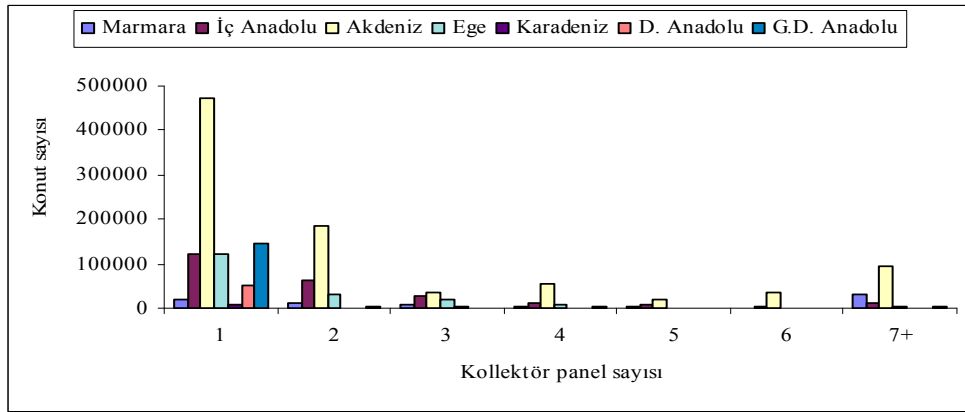
yeni adı TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) olan kurumdan alınan veriler ortaya konulabilmektedir. TÜİK'in yapmış oldukları araştırmalarda ülkemizdeki güneş kolektörü imalatını ve pazarlamasını yapan firmaların ton ve dolar cinsinden ithalat ve ihracat durumları Şekil 1.7.'de, bölgelere göre konutlarda kullanılan sıcak su elde etme yöntemleri Şekil 1.8.'de ve bölgelere göre konutlarda kullanılan güneş kolektörü panel sayıları ise Şekil 1.9.'da görülmektedir. Bu şekiller. İncelendiğinde; ülkemizdeki konutların %13.8'inde güneş kolektörünün olduğu en çok güneş kolektörünün %54.2 oranı ile Akdeniz Bölgesinde bulunduğu, konutlarda çoğunlukla 1 ya da 2 panelin kullandığı ve Dolar cinsinden ihracatla ithalat arasındaki farkında giderek kapanmaya başladığı anlaşılmaktadır (Anonim, 1998).



Şekil 1.7. Türkiye'de güneş kolektörü imalatını ve pazarlamasını yapan firmaların Ton ve Dolar cinsinden ithalat ve ihracat durumları



Şekil 1.8. Bölgelere göre konutlarda kullanılan sıcak su elde etme yöntemleri



Şekil 1.9. Bölgelere göre konutlarda kullanılan güneş kolektörü panel sayıları (Anonim, 1998)

1.3. Güneş Enerjisi Sistemleri

Güneş enerjisinin kullanılabilmesi için öncelikle toplanması gerekir. Güneş enerjisi teknolojilerinde yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte bu toplama işlemi güneş ısı teknolojileri ve güneş elektrik sistemleri olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Basitlik ve ucuzluk gibi nedenlerden dolayı ısı toplama yöntemi tercih edilmektedir. Isıl sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilmektedir. Bu ısı doğrudan kullanılabilirdiği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir. Genelde düşük sıcaklık uygulamaları (<100 °C), orta sıcaklık uygulamaları (100 °C – 300 °C arası) ve yüksek sıcaklık uygulamaları (>300 °C) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Düşük sıcaklık uygulamaları; ısıtmada, tarım ürünlerini kurutmada, su damıtmada ve tuz üretiminde kullanılmaktadır. Orta

sıcaklık uygulamalarından sulama için su pompalamada, küçük güçlü motorların ve buhar jeneratörlerinin çalıştırılmasında yararlanılmaktadır. Yüksek sıcaklık uygulamaları ise daha çok elektrik üretim amacıyla kullanılmaktadır. Güneş ısı teknolojilerinde güneş ışınlarını toplamada amaca göre çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın olanları düz yüzeyli güneş kollektörleri olup, kullanım suyunu ısıtma şekline göre açık ya da kapalı devreli, sistemdeki akışkanın dolaşımına göre de doğal dolaşimli veya basınçlı sistemler olarak adlandırılmaktadır. Diğer ısı güneş sistemleri ise; vakumlu güneş kollektörleri, güneş havuzları, güneş bacaları, su arıtma sistemleri, güneş mimarisi, ürün kurutma ve seralar ve güneş ocakları olarak sınıflandırılmaktadır. Güneş elektrik sistemleri ise küçük çaplı elektrik üretim yani fotovoltaik (PV) sistemler ve büyük çaplı elektrik üretim yani güneş termik santralleri olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Güneş enerjisinin kullanım alanları özel nedenlere göre değişmekle birlikte bu enerjinin kullanılmasındaki temel amaç ekonomik rekabet koşullarında olabildiğince fosil yakıtların yerini almasıdır. Güneş enerjisinin genel olarak kullanım amaçlarından bazıları şunlardır: Konutlarda ve sanayide ısı ve elektriğe dayalı bir kısım enerjinin karşılanmasında, sanayi enerji sisteminin bir bölümünün ısı ve elektriğin birlikte üretimine dayalı entegre güneş enerjisi teknolojisiyle karşılanmasında, iletişim araçlarında, sinyalizasyon ve otomasyonda bir bölüm enerji isteminin karşılanmasında, kırsal kesimde ve tarımsal teknolojide enerji isteminin olabildiğince karşılanmasında, tarım ürünlerinin kurutulmasında, sera ısıtılmasında, sulamada, gündüz ve gece aydınlatmasında, güneş santralleri ile elektrik üretilmesinde, askeri ve uzay uygulamalarında güneş enerjisinden faydalanılabilmektedir (Ültanır, 1998).

1.4. Ülkemizde Su Isıtmada Yaygın Olarak Kullanılan Düz Yüzeyli Güneş Kollektörlerinin Teknik Özellikleri

Ülkemizde su ısıtma amacı ile kullanılan güneş kollektörü imalatını ve pazarlamasını yapan Sanayi ve Ticaret Bakanlığına bağlı 150 civarında irili ufaklı firma bulunmaktadır. Bu firmaların büyük bölümü küçük ölçekli imalatçı olup 20-30 adedi yıllık üretimin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu firmalarla telefon, fax, e-mail ve yüz yüze temas yöntemi ile anketler yapılarak yıllık kollektör üretimlerinin yaklaşık 250 000-300 000 adet olduğu saptanmıştır. Bu değer toplam yıllık üretimin %71'ini oluşturmaktadır. Çizelge 1.5. ve 1.6.'da üretilen kollektörlere, sıcak ve soğuk su

depolarına ve eşanjörlere ilişkin teknik özellikler de araştırmada belirlenerek ortaya konmuştur.

Çizelge 1.5. Düz yüzeyli güneş kolektörlerinin teknik özellikleri

| Kollektör panelinin özellikleri | Değerler |
|---|--------------------------------------|
| Sistemin çalışma şekli | Açık veya Kapalı |
| Sistem sıvısı türü | Antifriz |
| Sıvının miktarı (Litre) | 3 ... 9 |
| Her panelin boyutları (en x boy x der., mm) | 85 ... 105 x 1830 ... 2000 x 10 |
| Bir sistemdeki panel sayısı | 1, 2 veya daha fazla |
| Bir panelin kütlesi (kg) | 6 ... 50 |
| Bir panelde kullanılan boru sayısı (Adet) | 8 ... 15 |
| Boru çapı (mm) | 12.7 ... 26.9 |
| Boru malzemesi | Bakır, Alüminyum, Galvaniz veya Krom |
| İzolasyon malzemesi | Cam yünü, Taş yünü veya İzocam |
| İzolasyon kalınlığı (mm) | 5 ... 50 |
| Üst örtü malzemesi | Normal, Temperli veya Prizmatik Cam |
| Örtü malzemesi kalınlığı (mm) | 3 ... 4 |
| Çerçeve malzemesi türü | Alüminyum veya Galvaniz sac |
| Kullanılan absorban yüzey boyası | Mat siyah kolektör boyası |
| Boyama yöntemi | Kompresör veya Fırçayla manuel |

Çizelge 1.6. Soğuk ve sıcak su depolarının teknik özellikleri

| Özellikler | Değerler | |
|---------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| | Soğuk su deposu | Sıcak su deposu |
| Hacmi (L) | 250 ... 500 | 140 ... 320 |
| Yerleştirilme şekli | Yatay veya Dikey | Yatay veya Dikey |
| Malzemesi | Krom veya Galvaniz sac | Krom veya Galvaniz sac |
| Malzeme kalınlığı (mm) | 0.6 ... 2 | 0.7 ... 2.0 |
| Bağlı boruların malzemesi | Metal, Krom, Plastik veya PPRC | Metal, Krom, Plastik veya PPRC |
| Boruların çapları (mm) | 21.3 ... 30 | 0.7 ... 2.0 |
| Yalıtım malzemesi | - | Cam yünü, İzocam veya Polietilen |
| Elektrikle ekstra ısıtma | - | İsteğe göre |
| Contaların yapı malzemesi | - | Kauçuk veya Lastik |

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Altuntop (2005), kapalı devre güneş enerjili su ısıtıcılarda kullanılan antifirizin sağlık açısından çok tehlikeli olduğunu belirtmiştir. Antifiriz olarak kullanılan etilen glikolün kansere yakalanma, gözlerin kör olması gibi birçok hastalığa neden olabileceğini aktarmıştır. Motorlu taşıtlarda sadece antifirizin radyatöre doldurulması sırasında, radyatörün su kaynatması durumunda insanların deri ve gözlerinin zarar görmesi riski varken, güneş enerjisinde ısınan sıcak suya tesisattaki antifirizin karışması durumunda duş ve banyo esnasında insanın tüm vücudu, antifiriz karışan bu suyun içilmesi durumunda tüm iç organların zarar görebileceğini belirtmiştir.

Ceylan ve ark. (2004; 2005) bakır, sac levha ve paslanmaz çelik malzemelerden yapılmış ejanşörleri karşılaştırmışlardır. Bakır malzemeden yapılan ejanşörlerin insan sağlığı üzerinde zehirli etkisi olduğunu, sac levhanın (demir-çelik karışımı) hem ısı iletim katsayısının düşük olması hem de zamanla aşınmaya uğramasından dolayı bu malzemelerin kullanılmasının uygun olmadığını fakat paslanmaz çelik (krom-nikel karışımı) malzemenin hem sağlık açısından hem de ısı ile birlikte aşınmaya da dayanıklı olmasından dolayı tercih edilebileceğini bildirmişlerdir.

Das ve Chakraverty (1991), tek cam, çift cam ve PMMA gibi üç farklı örtü malzemesi kullanarak kollektör üretmişlerdir. Yaptıkları testler sonucunda çift camlı, tek camlı ve PMMA örtü malzemeli kollektörlerin verimlerinin sırasıyla % 46, % 42 ve % 36.5 olduğunu saptanmışlardır.

Duffie and Beckman (1991), kollektörlerin güneş termal uygulamaların ana yapı taşı olduğunu belirterek kollektörlerde, ısı enerjisinin güneş tarafından ısıtılan absorbe edici yüzeylerden akışkana transfer edildiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, düz yüzeyli kollektörlerin direk ve diffüz (yansıyan dağınık) güneş radyasyonundan yararlanabildiklerini, güneşi izlemek zorunda olmadıklarını, bakımlarının kolay olduğunu, 100 °C sıcaklığa kadar ki düşük sıcaklıklı uygulamalar olan sıcak su, sıcak hava üretiminde ve binaların ısıtılmasında kullanıldıklarını ifade etmişlerdir. Bu kollektörlerin termal verimlerini saptamanın karmaşık olmakla birlikte, uygulamada basitleştirilmiş bağıntılardan da yararlanıldığını bize bildirmişlerdir.

Hammad (1995), bir güneş kolektörlerinin verimine ilişkin yaptığı çalışmada verimin; güneşlenme süresine, güneş radyasyonun yoğunluğuna, çevre sıcaklığına ve absorban plakanın ortalama sıcaklığına bağlı olduğunu belirlemiştir.

Hazami ve ark. (2005), güneş enerjisinin değişken karakterde olması ve süreklilik göstermemesi gibi dezavantajları bulunduğunu, bu enerji kaynağının sürekli olarak herhangi bir zamandaki ihtiyacı karşılayamadığını bu nedenle, herhangi bir zamandaki ihtiyacın karşılanabilmesi için depolanması gerektiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca, sistemin toplam verimini yükseltmek amacıyla, kolektörlerde siyah selektif emici yüzeylerin yararlı olduğunu yaptıkları çalışmada ortaya koymuşlardır.

Highate ve Probert (1996), araştırmalarında esnek ve saydam malzemeden oldukça ucuz kolektör üreterek denemişlerdir. Ucuz ve birçok avantajı olan bu kolektörün veriminin %50 civarında olduğunu belirlemiştir.

Kalogirou ve Papamarcou (2000), 2.7 m² yüzey alanına ve 150 L depolama tankına sahip bir kolektörle ilgili bir model geliştirmişlerdir. Bunun için farklı zamanlarda ve yıl içindeki değişik iklim koşullarında veri toplamışlardır. Sonuçta, yaptıkları analizlerde kolektörün 8 yılda kendini amorti ettiğini bulmuşlardır.

Kalogirou ve ark. (2005), farklı renklere sahip absorban plakaları bulunan düz yüzeyli güneş kolektörlerinin verimlerini siyah absorban plakalı kolektörlerle karşılaştırmışlardır. Sonuçta, siyah boyayla boyanmış absorban plakalı kolektör verimlerinin daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Farklı renklerin ancak mimari maksatlarla kullanılabileceğini açıklamışlardır.

Koyuncu (2006), yapmış olduğu araştırmada sıcak su üretiminde farklı enerji kaynakları kullanıldığını fakat gelişmekte olan ülkelerin çoğunda yenilenemeyen kaynaklardan sağlanan enerjilerin ya kullanılamaz durumda olduğunu ya süreklilik göstermediğini ya da çok pahalı olduğunu açıklamıştır. Ancak, yenilenebilir kaynaklardan güneş enerjisinin su ısıtma için son derece uygun olduğunu bu enerjinin basit teknolojilerle kurulacak sistemler tarafından su ısıtmada rahatlıkla kullanılabileceğini bildirmiştir.

Koyuncu ve Ültanır (1997), Türkiye’de sıcak su üretiminde kullanılan düz yüzeyli güneş kolektörlerinin teknik ve ekonomik yönden irdelemesine ilişkin bir çalışmada, kolektörlerin ortalama verimlerinin % 65-75, maliyetlerinin 160-500 \$, ortalama ömürlerinin 8...15 yıl olduğunu saptamışlardır. Düz yüzeyli kolektörlerin Türkiye’nin

değişik bölgelerinde su ısıtmada kullanılması durumunda, fındık kabuğu, odun, kömür, doğal gaz, LPG ve elektrik enerjisi'ne oranla yaklaşık 1.5, 2.0, 3.5, 4.0, 6.0, 7.0 ve 12.0 kat daha karlı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Küçükgül ve ark. (2004)'ın yapmış oldukları çalışmada, kent içme ve kullanma suyu sistemlerinde, iletilen veya depolanan sular ile temas ettikleri metal yüzeyler arasında bir seri kompleks tepkimenin, korozyona neden olacağını bildirmişlerdir. Su ile malzeme arasında oluşan yükseltgenme-indirgenme tepkimeleri sonucunda temas edilen metalin oksitlenerek yüzeyin bozulmasına zamanla metalin doğadaki yapısına dönmesine neden olduğunu açıklamışlardır. İçme suyu şebekesi boruları içerisinde en çok etkilenecek türlerin demir bileşimli döküm borular olduğunu ancak, şebekede bu borularla ilişkide olan bakır, kurşun ve benzeri metallerin de korozyon açısından incelenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Korozyonun, yapısal bozunmalara, sızmalara, kapasite kaybına ve suyun kimyasal ve mikrobiyal kalitesinin bozulmasına yol açabileceğini bakır boru tesisatının, genel korozyona, etkin saldırıya ve oyuk korozyonuna maruz kalabileceğini açıklamışlardır.

Nahar ve Gupta (1989), yaptıkları araştırmada, örtü malzemesi ile absorban plaka arasında 25, 50 ve 150 mm boşluk bırakarak kollektörlerin verimini ölçmüşlerdir. 25, 50 ve 150 mm boşluk için kollektör verimlerinin sırasıyla % 52.5, % 57.8 ve % 54.1 olduğunu bulmuşlardır.

Nayak ve ark. (2000), üç farklı kollektör ASHRAE 93-86 test yöntemi ile kıyaslamışlardır. Yaptıkları uygulamalı çalışmada, üç yöntemden ikisinin ölçüm sırasındaki küçük hatalardan çok fazla etkilendiğini diğerinin ise fazla hassas olmadığını belirlemişlerdir.

Nieuwoudt ve Mathews (2005) araştırmalarında, suyun sürekli olarak konutlarda içme, pişirme, banyo ve bulaşık yıkama amaçlı gibi temizlik işlerinde kullanıldığını belirterek her insanın günde en az 20 L içilebilir suya ihtiyaç duyduğunu, bunun yarısının da kişisel temizlik ve pişirme için kullanılması nedeniyle ısıtılması gerektiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, günlük olarak sıcak suyun kullanımının sabah ve akşam saatlerinde yaklaşık eşit olup öğleden sonra daha az olduğunu açıklamışlardır. Ayrıca, Güney Afrika'da su ısıtmada kullanılan kısıtlı ve pahalı olan odun ve kömürün yerine kullanılacak yöre koşullarına uygun güneş kollektörleri geliştirmişlerdir.

Kollektörlerin söz konusu diğer kaynaklara göre hem ekonomik ve hem de son derece avantajlara sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Riffat ve ark. (2000), dört farklı su ısıtmada kullanılan düz yüzeyle kollektörü test ederek verimlerini karşılaştırmışlardır. Klips fin yapıdaki kollektör veriminin % 86'ya ulaştığını belirlemişlerdir.

Tripanagnostopoulos ve ark. (2000), örtüsüz, farklı renkte örtü malzemeli ve siyah örtülü kollektörler üreterek denemişlerdir. Deneme sonuçlarından renkli örtü malzemeli kollektörlerin örtüsüz kollektörlere göre daha yüksek verime sahip olduğunu ancak en iyi verim değerinin siyah örtü yüzeyle kollektörlerde elde edildiğini bildirmişlerdir. Renkli örtülerin mimari amaçlarla kullanılabilceğini açıklamışlardır.

Üçgül ve ark.(2004), düz yüzeyle güneş kollektörlerinin verimini artıracak çalışma yapmışlardır. Düz yüzeyle güneş kollektörlerinin iki yanına silindirik yansıtıcılar yerleştirilmesinin özellikle kış aylarında verimi artırdığını saptamışlardır.

Yılmaz ve Deniz (2005), konutlarda kullanılan doğal sirkülasyonlu sistemlere ilişkin yaptıkları çalışmada, depo suyu sıcaklığındaki artışın öğleden sonraki saatlerde ivme kazandığını bildirmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme Ortamı

Araştırma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü uygulama alanında yürütülmüştür. Güneş kolektörleri, etrafı boş bulunan dışlı betondan yapılmış geniş bir platformun zeminine sabitlenerek, denemeler yürütülmüştür.

3.1.2. Kolektörlerin İmalatında Kullanılan Malzemelerin Teknik Özellikleri

Kolektörlerin kasa, absorban plaka ve boru gibi bütün metal aksamalarının imalatında paslanmaz çelik olan krom 304 mat malzeme kullanılmıştır. Paslanmaz çelik, ham demirdeki karbon oranı %1'in altına düşürülerek elde edilen ve benzersiz bir dizi özellik gösteren malzeme türüdür. Bu çelikler mükemmel korozyon dayanımları yanında, değişik mekanik özelliklere sahip türlerinin bulunması, düşük ve yüksek sıcaklıklarda kullanılabilmesi, şekil verme kolaylığı, estetik görünümü gibi özelliklere de sahiptirler. Paslanmaz çelikler, diğer çeliklere oranla fiyat bakımından daha pahalıdır, ancak bakımlarının ucuz ve kolay olması, uzun ömürlü olmaları, tümüyle geri kazanılabilmeleri ve çevre dostu bir malzeme olmaları gibi çok büyük avantajlar sağlamaktadır. Dolayısıyla parçanın tüm ömrü dikkate alınarak yapılacak fiyat analizlerinde, tasarımlarda paslanmaz çelik kullanımının daha ekonomik olduğu görülmektedir. Paslanmaz çelikler, bileşimlerinde en az %11 krom içeren bir çelik ailesidir. Bu çeliklerde kimyasal bileşim değiştirilerek farklı özelliklerde alaşımlar elde edilebilmektedir. Bu malzemelerde iç yapıyı belirleyen en önemli alaşım elementleri, önem sırasına göre krom, nikel, molibden ve mangandır. Bunlardan öncelikle krom ve nikel iç yapının ferritik veya ostenitik olmasını belirler. Paslanmaz çelikler Ferritik, Martenzitik, Ostenitik, Ferritik-Ostenitik (dubleks) ve Çökeltme sertleşmesi uygulanabilen alaşımlar olmak üzere beş ana grupta toplanmaktadır. Bu gruplar içinde en yaygın olarak kullanılanlar ostenitik ve ferritik çelikler olup, bunların kullanımları tüm paslanmaz çelikler içinde %95'e ulaşmaktadır. Bu çeliklerin bileşiminde yeterince nikel bulunursa, iç yapısı oda sıcaklığında ostenitik olmaktadır.

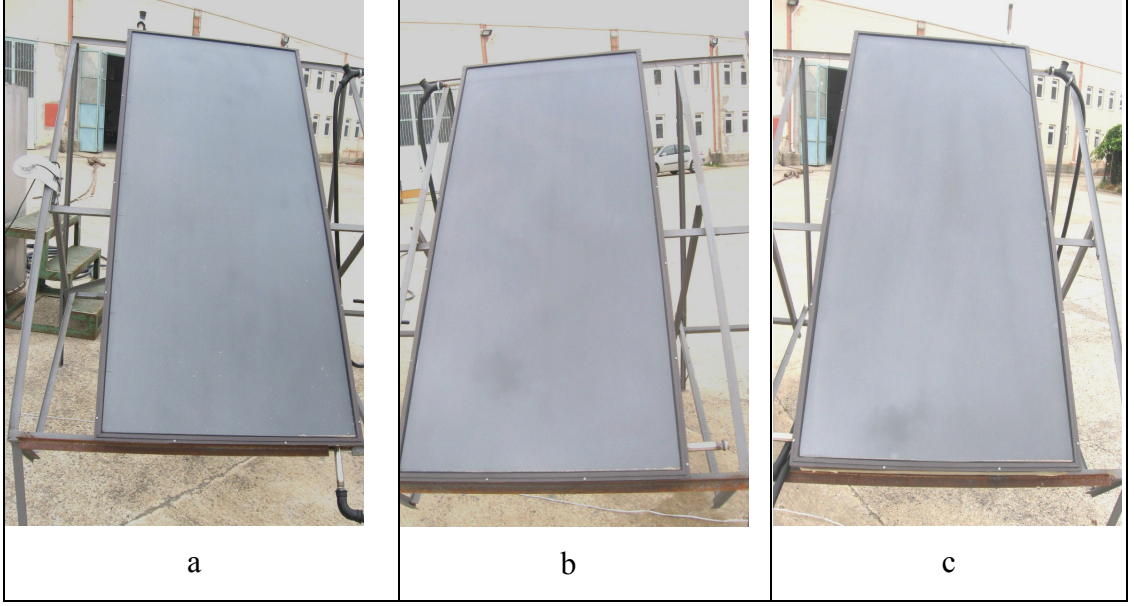
Çizelge 3.1. Paslanmaz çelik Krom 304'ün Kimyasal bileşimi ve Fiziksel özellikleri

| Kimyasal Bileşim(%) | | |
|------------------------------------|----------------|-------|
| | En çok | En az |
| C | 0.08 | 0 |
| Cr | 20 | 18 |
| Ni | 10.5 | 8 |
| Fiziksel Özellikler | | |
| Elastikiyet Modülü (GPa) | 200 | |
| Özgül ağırlık (g/cm ³) | 7.9 | |
| Isıl Genleşme Katsayısı (µm/m.K) | 16.0 | |
| Özgül ısı (J/kg.K) | 500 | |
| Isıl İletkenliği (W/m.K) | 15 | |
| Manyetiklik | Manyetik değil | |

Manyetik olmayan bu çeliklerin temel bileşimi %18 krom ve %8 nikeldir. Toplam paslanmaz çelik üretimi içinde ostenitik çeliklerin tek başına payı %70'tir ve aralarında en çok kullanılanların teknik özellikleri Çizelge 3.1.'de verilen 304 kalitedir (Aran ve Temel, 2004).

3.1.3. Tasarlanan ve Denemeleri Yapılan Güneş Kollektörleri

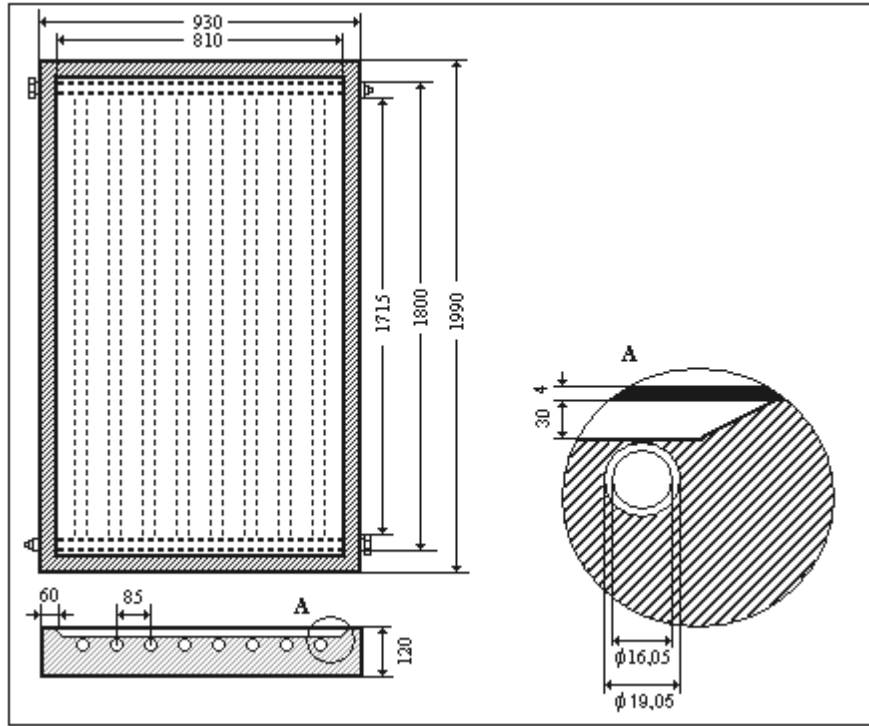
Borulu ve kuru tip kollektör, borulu ve Islak tip kollektör ve kendinden depolu kollektör olmak üzere üç farklı düz yüzeyli güneş kollektörü tasarlanmış, imal edilmiş ve test edilmiştir (Şekil 3.1). Bu kollektörlerin tamamı şehrin su şebekesine direk bağlanabilecek nitelikte olup, konutlarda su şebekesi suyunun yetişebildiği her yükseklikteki kullanım yerine yerleştirilebilecek özelliindedir. Bu tasarımlarla; mevcut kollektörlerin önemli bir kısmında sistemin çalışması ve doğal akışın sağlanması için, sıcak su deposunun kullanım yerinden daha yüksekte bulundurulması mecburiyeti ortadan kaldırılmış ve özellikle konutlarda çatı üzerine yerleştirilmek zorunda olunan ve hem güvenlik açısından risk oluşturan ve hem de konutların estetik açıdan kötü görünmesine neden olan dezavantajların elimine edilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 3.1. Tasarlanmış ve imal edilmiş güneş kolektörleri (a: Borulu ve kuru tip kolektör, b: Borulu ve ıslak tip kolektör, c: Kendinden depolu tip kolektör)

3.1.3.1. Borulu ve Kuru Tip Kolektör

Eni, boyu ve derinliği (kalınlığı) sırasıyla 930x1990x120 mm olan bu kolektörün kasası da 1.5 mm kalınlığında paslanmaz çelik 304 krom mat plakalar kullanılarak imal edilmiştir. Oluşturulan kolektör kasasına sızdırmazlık testi yapılarak, kasada oluşması muhtemel kaçaklar ortadan kaldırılarak kolektör içerisinden dış ortama hava alış verişi önlenmiştir. Kolektörün her iki tarafına yatay olarak 930 mm uzunluğunda, 2 mm et kalınlığında ve 42 mm çapındaki 2 adet su dağıtıcı boru (manifold ya da ana boru) tam temas sağlayacak şekilde absorban plakaya kaynak edilmiştir. Bu dağıtıcı borular arasına birbirine paralel ve dikey olarak 1800 mm uzunluğunda 2 mm et kalınlığında ve 32 mm çapında 8 adet boru eşit aralıklarla kaynak edilmiştir. Absorban plakanın yüzey alanı 1.85 m² ve kalınlığı ise 2 mm olup borularla tam teması sağlanacak şekilde argon kaynağıyla kaynak edilmiştir. Absorban plakanın üst yüzeyi normal siyah mat kolektör boyası ile basınçlı hava tabancası kullanılarak püskürtme metoduyla boyanmıştır. Kolektör kasasının tabanına yani boruların altına ve yanlara 60 mm kalınlığında normal

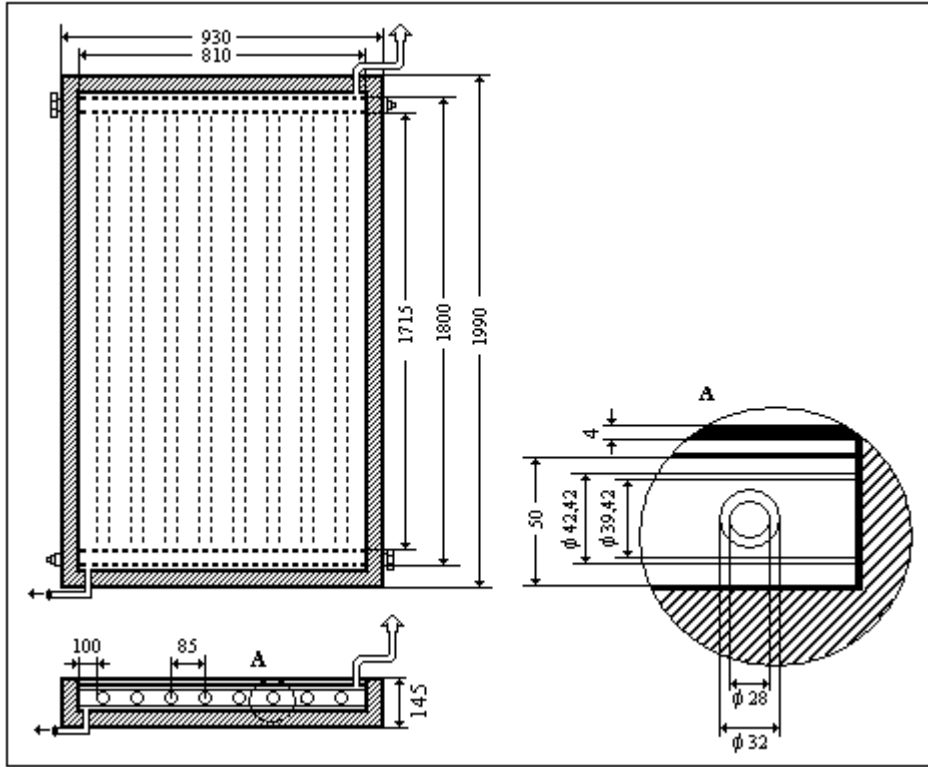


Şekil 3.2. Borulu ve kuru tip kollektörün teknik özellikleri (birimler mm'dir)

cam yünü yalıtım malzemesi yerleştirilmiştir. Yalıtım malzemesi ve birbirine kaynaklı borular ve absorban plaka kasa içerisine yerleştirildikten sonra, absorban plaka ile örtü malzemesi arasında 30 mm hava boşluğu kalacak şekilde 4 mm kalınlığındaki normal düz cam yerleştirilmiştir (Şekil 3.2).

3.1.3.2. Borulu ve Islak Tip Kollektör

Bu tip kollektörde, iç kasa ısıtılacak suya depoluk yapmakta ancak dış kasa iskeleti oluşturarak iç kasayı taşımakta ve izolasyon malzemesinin kullanımına olanak vermektedir. Bu kollektörün borulu ve kuru tip kollektörün çalışma prensibinden temel farkı; borular üstten absorban plaka ve alttan ikinci bir plaka arasında tam temas sağlanacak şekilde kaynakla yerleştirilerek boruların ara boşlukları gerektiğinde akışkan ile doldurulabilecek şekilde yapılmıştır. Bu tasarım, boru aralarının boş yani hava ya da sıvı (%40 antifriz + %60 su) ile doldurulması durumunda verimdeki değişikliği görebilmek amaçlanmıştır. Şekil 3.3.'de teknik özellikleri verilen bu kollektörün dış kasası 930x1990x145 mm ve içteki kasası 810x1810x50 mm ölçülerindedir. Aynı



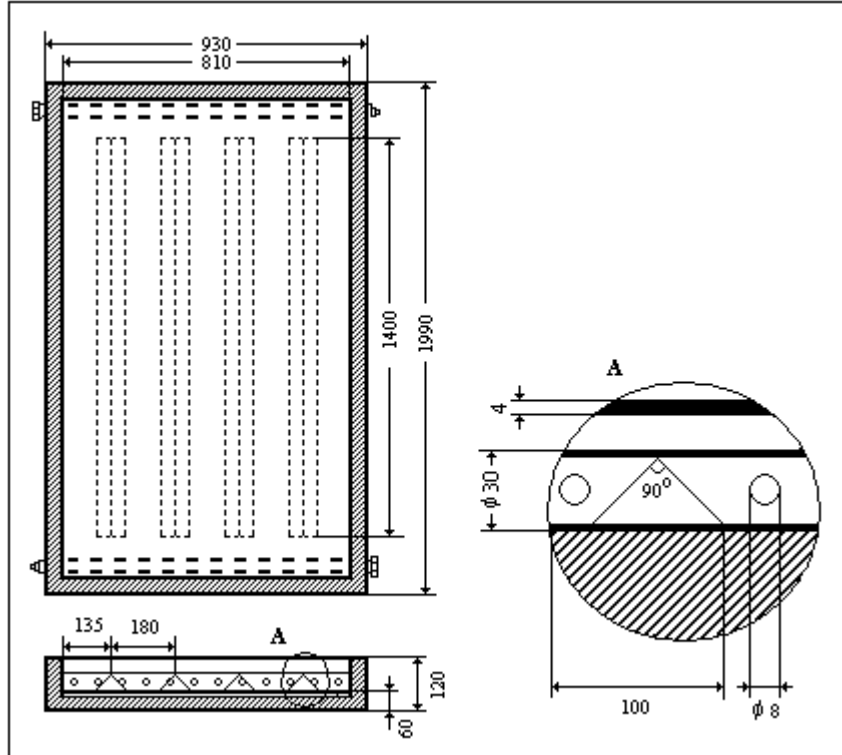
Şekil 3.3. Borulu ve ıslak tip kollektörün teknik özellikleri (birimler mm'dir)

zamanda iç deponun üst yüzeyi siyah mat normal kollektör boyası ile boyanarak alanı 1.85 m^2 olan kollektörün absorban alanı oluşturulmuştur. İç kasanın yan duvarları ve alt tabanları yine 60 mm kalınlığındaki normal cam yünü kullanılarak izole edilmiştir. İçteki depoya suyun dolmasını ve ısınmış suyun kullanım borusuna ulaşmasını sağlamak amacıyla, dış kasadan ve izolasyondan geçerek akışkanı iç depoya ulaştıran borular bu deponun içerisine sabitlenmiştir. Akışkanı sağlayan borulardan bağımsız fakat içteki depo ile bağlantılı, deponun alt ve üst noktalarında boşaltma ve doldurma vanaları bulunmaktadır. Alt noktada ki vana kör tapa ile kapatılmış ve boşaltma vanası olarak kullanılmakta üst noktadaki vana ise doldurma vanası olup ağzı açık olacak şekilde tasarlanmıştır.

3.1.3.3. Kendinden Depolu Tip Kollektör

Bu ısıtıcı borulu ve ıslak tip kollektöre şekil itibariyle benzer olarak iç içe iki kasadan oluşmakta, ancak iç kasa da boru bulunmamakta ve su dikdörtgen kesitli iç depoda yer almaktadır. Suyun iç depoya girişi ve çıkışı için, iç kasaya yatay olarak alt ve üst kısımlardan iki adet paslanmaz çelik 304 krom boru bağlanmıştır. Borular

üzerinde kenardan 45 mm uzaklıkta 12 adet ve merkezleri arası uzaklık 60 mm olan 8 mm çapında karşılıklı delikler açılmıştır. Kollektörün yeterli basınca dayanıklı olması için yine krom 304 mat malzemeden imal edilmiş, 1400 mm uzunluğunda ve 2 mm kalınlığında Δ şeklinde 4 adet plaka, alt ve üst noktalardan kaynak yapılarak kasa su basıncına dayanıklı hale getirilmiştir. Teknik özelliklerinin verildiği Şekil 3.4.'de de görüldüğü gibi dış ve iç kasa ölçüleri sırasıyla 930x1990x120 ve 810x1870x30 mm olan bu kollektörde, birbirine sabitlenen kasalar arasına 60 mm kalınlığında cam yünü yerleştirilerek izolasyon sağlanmıştır. Ayrıca bu kollektörün, yüzey alanı 1.85 m² olan iç kasası, absorban plaka olacak şekilde siyah mat kollektör boyası ile boyanmıştır. Üst örtü malzemesi olarak 4 mm kalınlığında düz cam kullanılmış ve üst örtü malzemesi ile absorban plaka arasında 30 mm'lik hava boşluğu bırakılmıştır.

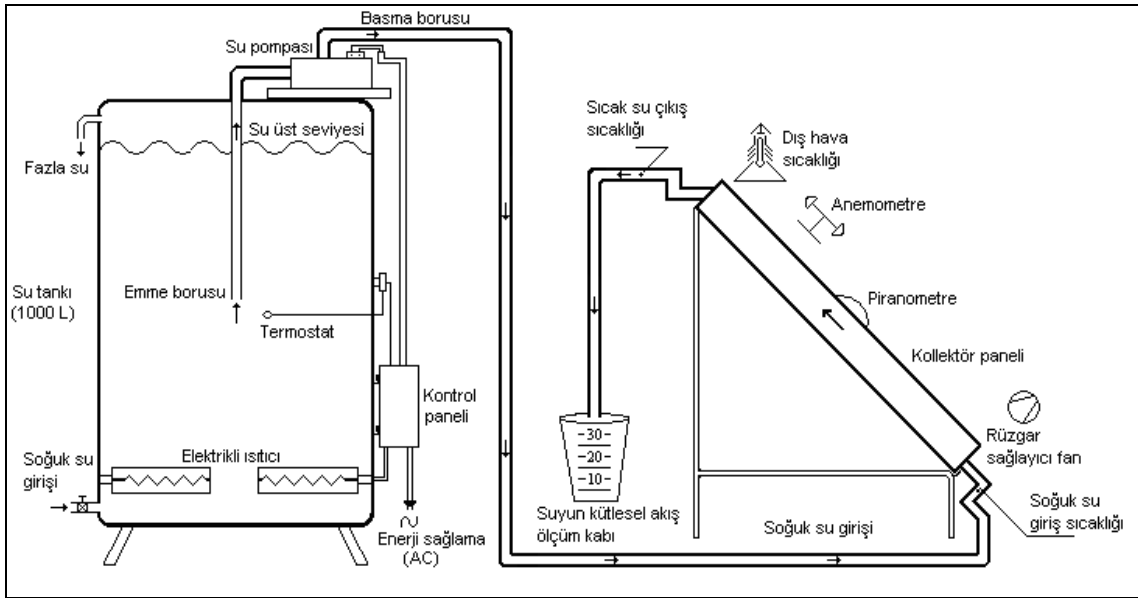


Şekil 3.4. Kendinden depolu tip kollektörün teknik özellikleri (Birimler mm'dir)

3.1.3.4. Su tankı

Tasarımları ve imalatları yapılan bu üç farklı kollektörü denemek için, yaklaşık 1000 L su hacmine sahip krom 304 mat malzemeden yapılmış bir su tankı bağlanmıştır. 1.1 kW gücünde bir santrifüj pompa yardımı ile tanktan kollektörlere su basılmıştır. Su

tankının teknik özellikleri ve kollektörlere bağlantısı Şekil 3.5.a.'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde; su tankının iç kısmında tabandan 150 mm üstte sabitlenmiş ve her biri 2000 W gücünde üç adet rezistans (elektrik ısıtıcısı) yerleştirilmiştir. Monofaze şebekeye bağlı bu ısıtıcılara termostat vasıtasıyla kumanda edilmektedir. Termostat, tank içerisindeki suyun merkezine yerleştirilmiş sıcaklık sensörü ile algılanan suyun sıcaklığına göre rezistanslara bağlı elektrik devresinin kapanmasını ya da açılmasını sağlayarak deneme suyunun istenilen sıcaklıkta sabit kalmasına olanak vermektedir (Şekil 3.5.b). Ayrıca, su tankı ile kollektörler arasındaki iletim borularının dış ortamdan etkilenecek suyun sıcaklığında değişiklik olmaması için bu borular yalıtım malzemesi ile kaplanmıştır.



Şekil 3.5.a. Su tankının teknik özellikleri ve sisteme bağlantısı



Şekil 3.5.b. Su tankının iç görüntüsü (rezistanslar ve sıcaklık sensörü)



Şekil 3.6. Kollektörlerin deneme alanı

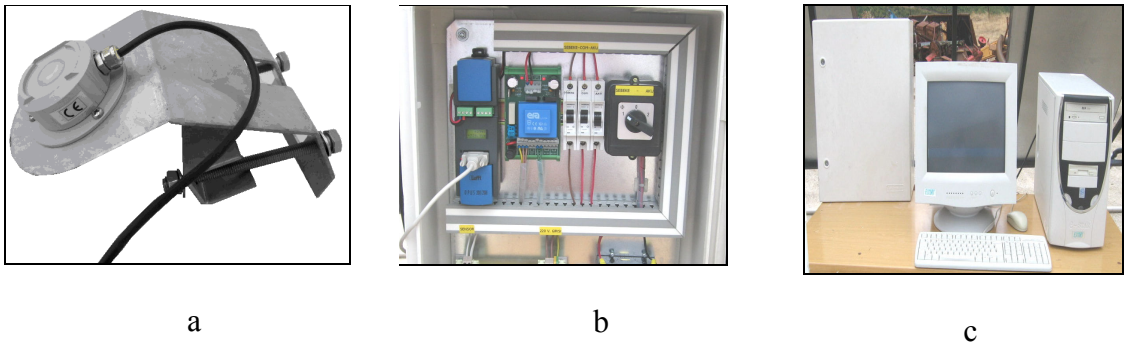
3.1.3.5. Deneme platformu

Kollektörlerin deneme amacıyla sabit olarak yerleştirildiği platform, EN (Avrupa Birliği Normları) 12975-2 ve TS (Türk Standartları) 3680-2' de belirtilen koşullara uygun olarak seçilmiştir (EN ve TS, 2003). Kollektörler, etrafında ve yakınında bir engel olmayacak şekilde dişli beton zemin üzerine sabitlenmiş bir çatı üzerine yerleştirilerek denemeye alınmıştır (Şekil 3.6.).

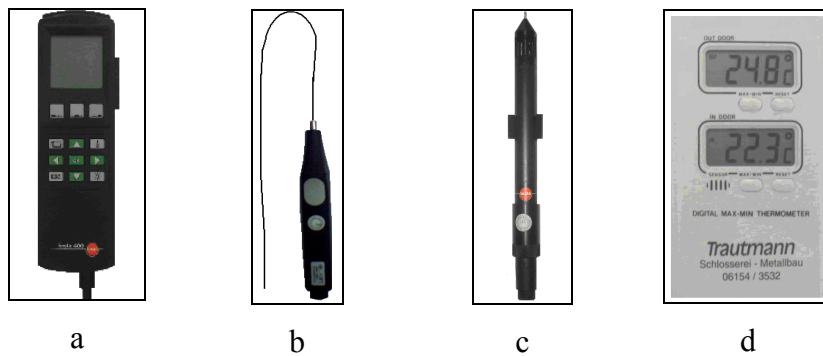
3.1.4. Denemelerde Kullanılan Cihazlar ve Ölçü Aletleri

Denemelerde, güneş radyasyon intensitesini 0...1500 W/m² aralığında ve 0.1 W/m² hassasiyetinde ölçebilen Haenni Solar 130 marka Piranometreden (V_{out} : 100mV/100W/m²) (Şekil 3.7.a), piranometrenin sinyallerini kuvvetlendiren Lufft Opus 200/200İ marka Data logger'dan (Şekil 3.7.b) ve verileri işleyerek bilgisayar

ortamına aktaran “Smart Control for opus” (Şekil 3.7.c) yazılımından yararlanılmıştır. Kollektörlere giren ve çıkan suyun sıcaklığını ölçmede Testo AG 309 marka cihaza (Şekil 3.8.a.) bağlanabilen ve hassasiyeti 0.1 °C olan termocouple (Şekil 3.8.b.) ile, ortam sıcaklığını ve su tankında bulunan suyun sıcaklığını belirlemede, yine ölçüm hassasiyeti 0.1°C olan dijital termometreler kullanılmıştır (Şekil 3.8.d.). Ayrıca, dış ortam rüzgar hızını denemenin yapıldığı standartlarda belirtilen duruma uygun olarak sabit tutabilmek için, iki adet aksiyal fan ve fanların devir sayısını değiştirmede kullanılan devir değiştirici kullanılmıştır. Rüzgar hızı ölçümünde ise yine Testo AG 309 cihazına bağlanabilen ve hassasiyeti 0.1 m/s olan bir anemometreden faydalanılmıştır (Şekil 3.8.c.). Kollektörlerde dolaşacak suyun debisini ayarlama, hassas küresel vanalar ve kollektör çıkışındaki suyun debisini ölçmede ise ölçülü kaplardan yararlanılmıştır.



Şekil 3.7. Güneş radyasyon intensitesinin ölçümü için yararlanılan cihazlar (a. Piranometre, b. Data logger, c. Yazılım kullanılarak PC'ye veri aktarımı)



Şekil 3.8. Denemelerde kullanılan ölçüm cihazları (a: Testo marka cihaz, b: Termocouple, c: Anemometre (hava hızı ölçüm sensörü) , d: Dijital termometre)

3.2. Metot

3.2.1. Denemelerin Düzenlenmesi ve Yürütülmesi

İmal edilen güneş kolektörlerinin testleri, aynı meteorolojik şartlar altında havanın açık ve güneşli olduğu 2006 yılı Ağustos ayında Samsun ili Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarım Makineleri Bölümü deneme ve uygulama sahasında yapılmıştır. Samsun ili için Enlem:41.21°, Boylam:36.15° olup deneme yerinin deniz seviyesinden yüksekliği ise $\approx 200\text{m}$ 'dir. Bütün denemeler EN (Avrupa Birliği Normları) 12975-2 ve TS (Türk Standartları) 3680-2' de belirtilen koşullara uygun olarak yürütülmüştür. Kolektörler platform üzerinde yerden en az 0.5m yüksekteki bir çatı üzerine sabit olacak ve tam güneşe bakacak biçimde yerleştirilmiştir. Kolektörler 45°'lik açı ile yan yana gelecek ve kolektörler arası mesafe 75 cm olacak şekilde platform üzerine oturtulmuştur (Şekil 3.9.). Güneş radyasyon intensitesi ölçümünde kullanılan piranometre Şekil 3.9.'da gösterildiği gibi kolektörlerin yan tarafına ve kolektörlere paralel olarak sabitlenmiştir. Tüm kolektörler, üç farklı su giriş sıcaklığında denenmiştir. Denemeler her su giriş sıcaklığı için üç tekerrürlü olarak yürütülmüş ve her tekrar içinde bir gün boyunca testler yapılmıştır. Denemelere, ilgili standartlarda belirtilen yeterli güneş radyasyonunun olduğu günün zaman dilimi olan saat 10.00'da başlanıp saat 15:00'te son verilmiştir. Veriler, deneme süresince her 30 dakikada bir kaydedilmiştir. Gün boyunca alınan verilerin ortalaması günün ortalaması ve tekerrür olan üç günün ortalaması da o denemenin ortalama değeri olarak alınmıştır. Bütün kolektörler 35 °C....60 °C su giriş sıcaklıklarında denenmiştir. Denemeler sırasındaki dış hava sıcaklığının ise 28 °C...34 °C arasında değiştiği görülmüştür.



Şekil 3.9. Piranometrenin yeri ve bağlantısı.

3.2.2. Akışkan Debilerinin Ayarlanması ve Ölçülmesi

Su tankında bulunan su, santrifüj pompa yardımı ile paslanmaz çelik krom 304'ten üretilmiş ve suyun sıcaklığında değişimi engellemek için izole edilmiş borular vasıtasıyla kollektörlere ulaştırılmıştır. Bu borular üzerine yerleştirilmiş hassas küresel vanalar yardımıyla su debisi manüel olarak ayarlanmıştır (Şekil 3.10.). Kollektörlerin çıkışlarına bağlanan hortumlar ölçülü kaplarla irtibatlandırılarak, suyun akış debisi kollektörün birim alanı ve birim zaman için $0.02 \text{ kg}/(\text{s.m}^2)$ olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu değer, her denemenin başlangıç ve bitiş süresi sonunda, ölçülü kaplara dolan suyun kütesinin belirlenerek ve vanalarla ayarlanması ile sağlanabilmektedir.

3.2.3. Akışkan Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları ile Çevre Havası Sıcaklıklarının ve Rüzgar Hızlarının Belirlenmesi

Denemeleri yapılan kollektörlerin izoleli olan giriş ve çıkış borularının ilgili standartlarda belirtildiği gibi uygun noktalarına kalibrasyonu yapılmış termocouple yerleştirilerek su giriş ve çıkış sıcaklıkları belirlenmiştir (Şekil 3.11.). Çevre havasının sıcaklığı ise dijital termometreler yardımıyla ölçülerek kaydedilmiştir. Rüzgar hızı ölçümünde ise dijital anemometre kullanılmıştır. Çevre havasının standartlarda belirtilen değerin altında olması durumunda aksiyal fanlar devreye sokularak yapay rüzgar üretilmiş ve istenen çevre havası hızı elde edilmiştir. Fanlar, gelen güneş ışınlarını engellemeyecek ve etkilemeyecek şekilde kollektörlerin ön yüzleriyle 45° yapacak şekilde çapraz olarak ve kollektörlerin merkezine gelecek şekilde beton zemin üzerine sabitlenmiştir.



Şekil 3.10. Küresel vanaların borular üzerine yerleştirilmesi



Şekil 3.11. Aksiyal fanların yerleştirilmesi

3.2.4. Kollektörlerin Isısal Verimlerinin Saptanması

Güneş kollektörleri yaklaşık olarak sabit koşullar altında çalışmaktadırlar (Şekil 3.12). Bu koşullar altında ısısal verimleri, kollektör yüzeyine gelen güneş radyasyonundan optik ve termal kayıpların çıkarılarak elde edilen yararlı enerjinin yüzeye gelen toplam enerjiye oranlanması ile bulunabilmektedir (Duffie and Beckmann, 1991; Tiwari, et al., 1991; Bagach, et al., 2000). Bu bilgiler ışığında, bir kollektörden elde edilen yararlı enerji aşağıdaki Eşitlik 3 ile hesaplanabilmektedir.

$$q_u = \dot{m}c_{p,f}(T_{f,o} - T_{f,i}) \quad (3)$$

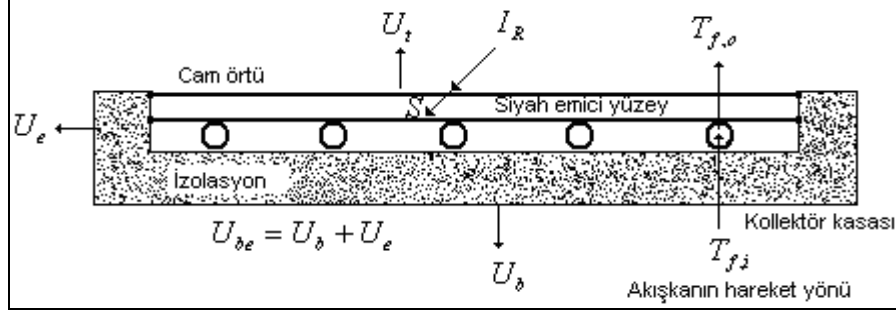
Kollektör yüzeyine gelen güneş radyasyonu ve yararlı enerji ile gelen radyasyonun oranlanması ile bulunan verim Eşitlik 4 ve 5 yardımıyla elde edilebilmektedir.

$$q_s = I_R A_c \quad (4)$$

$$\eta = \frac{q_u}{q_s} \quad (5)$$

Ayrıca, Eşitlik (3) ve (4)'den faydalanılarak ısısal verim Eşitlik 6'daki biçimde düzenlenebilmektedir.

$$\eta = \frac{\dot{m}c_{p,f}(T_{f,o} - T_{f,i})}{I_R A_c} \quad (6)$$



Şekil 3.12. Bir güneş kolektörünün ana yapı elemanları, çalışma prensibi ve ısı dengesi

Eşitlik 3, 4, 5 ve 6 ile Şekil 3.9.'da kullanılan sembollerin anlamları ve birimleri aşağıdaki gibidir.

- A_c : Kollektör yüzey alanı, m^2
- $c_{p,f}$: Akışkanın sabit basınçtaki özgül ısısı, $J/(kg.K)$
- I_R : Kollektör yüzeyine gelen güneş radyasyonu, W/m^2
- \dot{m} : Akışkanın kütleli akışı, kg/s
- q_u : Yararlı ısısal güç, W
- q_s : Kollektör yüzeyine gelen yararlı güneş radyasyon gücü, W
- S : Absorbe edilen güneş radyasyonu, W/m^2
- T_a : Dış (atmosfer) hava sıcaklığı, K
- $T_{f,i}$: Akışkan giriş sıcaklığı, K
- $T_{f,o}$: Akışkan çıkış sıcaklığı, K
- T_m : Ortalama sıcaklık, K
- U_{be} : Kollektör alt ve yan yüzey toplam ısı kayıp katsayısı, $W/(m^2.K)$
- U_t : Kollektör üst yüzey ısı kayıp katsayısı, $W/(m^2.K)$
- ΔT : Sıcaklık farkı, K
- η : Kollektör ısısal verimi, %

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

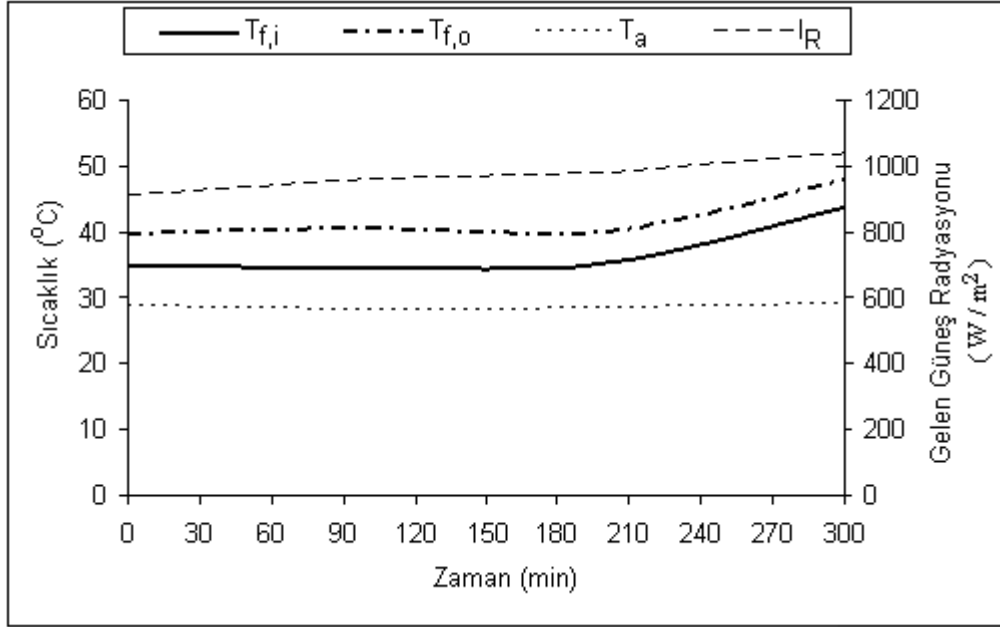
Tasarımı ve imalatı yapılan üç farklı tip güneş kolektörü aynı koşullar altında denenmiştir. Her bir kolektöre ilişkin ortalama akışkan giriş sıcaklığı ($T_{f,i}$), akışkan çıkış sıcaklığı ($T_{f,o}$), akışkan giriş ve çıkış sıcaklık farkları (ΔT), ortalama akışkan sıcaklığı (T_m), dış hava sıcaklığı (atmosfer havası sıcaklığı) (T_a), kolektör ısısal verimi (η) ve kolektör yüzeyine gelen güneş radyasyonu (I_R) değerleri ayrı ayrı belirlenerek ortaya konmuştur.

Düz yüzeyli kolektörlerin verimlerinin belirlenmesine yönelik denemelerde ya anlık verimler ya da ortalama verimler saptanabilmektedir. Ancak, anlık verimlerin başta atmosfer koşulları olmak üzere birçok faktöre bağlı olarak sürekli değişim göstermesi nedeniyle ortalama verilerden hesaplanan ortalama verim değerleri kolektörlerin genel durumunu daha doğru olarak yansıtmaktadır. Bu nedenle denenmiş kolektörlere ilişkin olarak, akışkan giriş ve çıkış sıcaklıkları, dış hava sıcaklığı ve güneş radyasyonunun anlık değişimleri ile ortalama değerler ayrı ayrı verilmiştir.

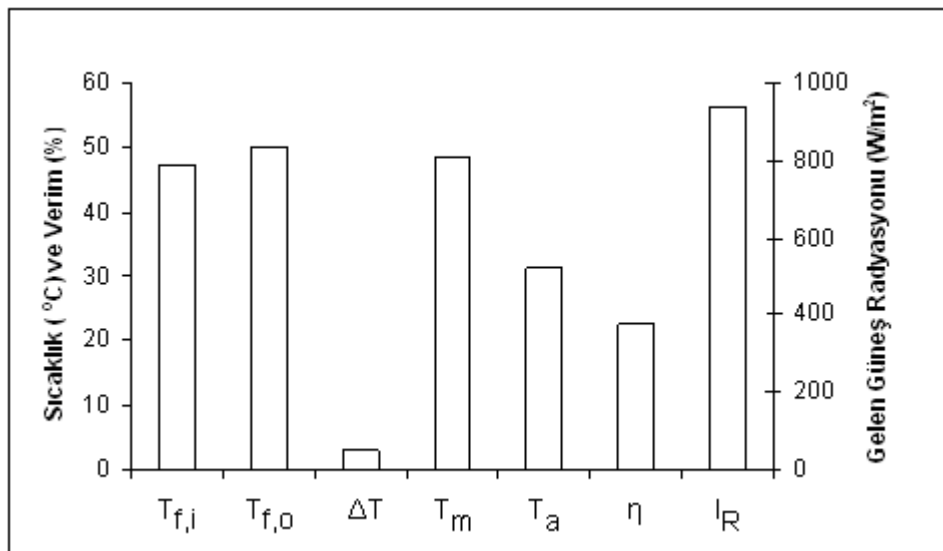
4.1. Borulu ve Kuru Tip Kolektöre İlişkin Veriler

Denemeler sırasında kolektöre ilişkin kaydedilen önemli verilerin anlık değişimleri Şekil 4.1.'de, verilmiştir. Bu verilerden dış hava sıcaklığının ve güneş radyasyon intensitesinin beş saatlik deneme süresince önemli bir değişim göstermediği ancak akışkan giriş ve çıkış sıcaklıklarının denemenin üçüncü saatinden sonra yükselme gösterdiği görülmektedir. Bunun, bütün sistem tarafından emilmiş olan ısıdan kaynaklandığı söylenebilir (Şekil 4.1.). Kaydedilen değerlerin ortalamaları baz alınarak ve Eşitlik 3, 4, 5, ve 6 kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen borulu ve kuru tip kolektöre ilişkin veriler ise Şekil 4.2.'de verilmiştir. Şekil 4.2. incelendiğinde; deney süresince ortalama güneş radyasyon intensitesinin (I_R) 937.15 W/m^2 , kolektör giriş sıcaklığının ($T_{f,i}$) $47.18 \text{ }^\circ\text{C}$, çıkış sıcaklığının ($T_{f,o}$) $50.14 \text{ }^\circ\text{C}$, sıcaklık farklarının (ΔT) $2.96 \text{ }^\circ\text{C}$, ortalama sıcaklığın (T_m) $48.66 \text{ }^\circ\text{C}$, dış hava sıcaklığının (T_a) $31.44 \text{ }^\circ\text{C}$, ortalama rüzgar hızının 2.73 m/s ve ısısal veriminin $\%22.60$ olduğu görülmektedir. Bu kolektör tipinde suyun giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki farkın istenilen değerde olmadığı ve bunun sonucu olarak da kolektör ısısal veriminin yeterli bir değere ulaşamadığı anlaşılmaktadır. Bu durumun; absorban plakanın altında

bulunan su boruları arasındaki boşluklarda akışkan olarak yer alan havanın, yoğunluğunun düşük olması nedeniyle sıcak olan absorban plakadan yeterli ısıyı alamamasından ve boru yüzeylerine taşıyarak su sıcaklığını yükseltememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.1. Borulu ve kuru tip kolektöre ilişkin anlık değişimler

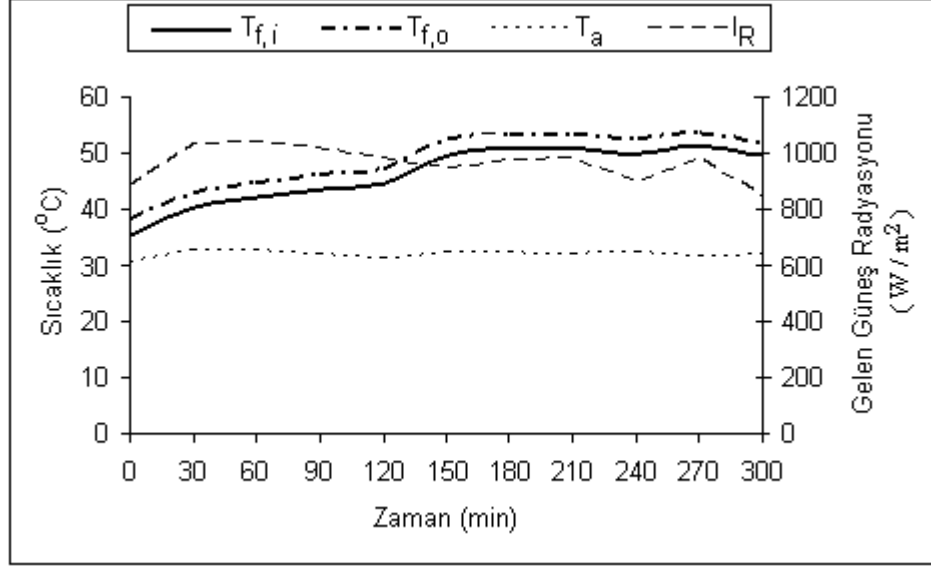


Şekil 4.2. Borulu ve kuru tip kolektöre ilişkin veriler

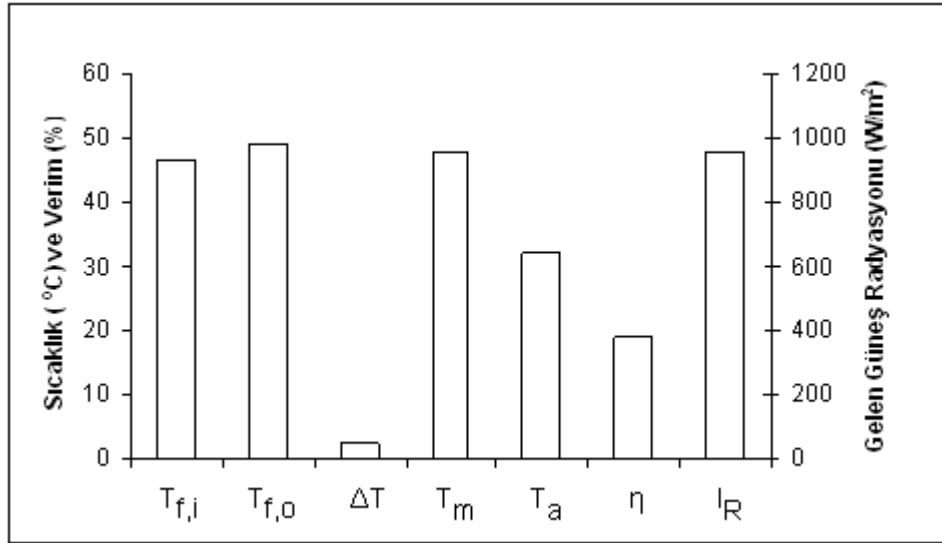
4.2. Borulu ve Islak Tip Kollektöre İlişkin Veriler

Borulu ve kuru tip kollektörde istenilen yeterli verime ulaşamaması nedeniyle, farklı bir tasarım olan borulu ve ıslak tip kollektör üretilmiş ve test edilmiştir. Bu kollektörün kuru tip kollektörden temel farkı, boruların üstten absorban plaka ve alttan ikinci bir plaka arasına sızdırmaz ve tam temas sağlanacak şekilde yerleştirilmiş olmasıdır. Oysa kuru tip kollektörde, boruların altında herhangi bir plaka bulunmamakta ve borular izolasyon malzemesi üzerine yerleştirilmiştir. Borulu ve ıslak tip kollektörün bu şekilde tasarlanmasının temel nedeni, bu kollektörü hem kuru yani borular arasına hiçbir akışkan doldurmadan ve hem de akışkan doldurarak deneme olanağı elde etmek ve her iki durumda farkı ortaya koyabilmektir. Akışkan olarak da, %40 glikol (antifriz) ve %60 su karışımı seçilmiştir. Bu akışkan karışımı, ülkemiz koşullarında kışın soğuk havalarda donmadan kullanılabilmesi için özellikle seçilmiştir. Kollektörün akışkansız yani kuru olarak denenmesine ilişkin anlık değişimleri Şekil 4.3.'de, bu verilerin ortalamaları alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler Şekil 4.4.'te verilmiştir. Anlık değişimlere bakıldığında atmosfer havası sıcaklığının kayda değer değişim göstermediği ancak diğer değerlerin paralel olarak deneme süresince değiştiği görülmektedir. Şekil 4.4. incelendiğinde ise; ortalama güneş radyasyon intensitesi (I_R), suyun kollektöre giriş sıcaklığı (T_{fi}), suyun kollektörü terk ediş sıcaklığı (T_{fo}), suyun giriş ve çıkış sıcaklık farkları (ΔT), suyun ortalama sıcaklığı (T_m), atmosfer havası sıcaklığı (T_a), rüzgar hızı ve ısısal verimi sırası ile 959.62 W/m^2 , $46.77 \text{ }^\circ\text{C}$, $49.20 \text{ }^\circ\text{C}$, $2.43 \text{ }^\circ\text{C}$, $47.98 \text{ }^\circ\text{C}$, $31.92 \text{ }^\circ\text{C}$, 2.59 m/s ve %18.90 olarak bulunmuştur. Borulu ve ıslak tip kollektörün borular arasına akışkan doldurularak denenmesi sırasındaki anlık değişimler Şekil 4.5.'te bu verilerin ortalamaları ile hesaplanan değerler ise Şekil 4.6.'da görülmektedir. Çevre sıcaklığı dışındaki anlık değerlerin denemenin son iki saatlik süresinde yükselme gösterdiği anlaşılmaktadır (Şekil 4.5.). Ortalama değerler ise sırasıyla 954.53 W/m^2 , $37.40 \text{ }^\circ\text{C}$, $42.05 \text{ }^\circ\text{C}$, $4.65 \text{ }^\circ\text{C}$, $39.73 \text{ }^\circ\text{C}$, $28.55 \text{ }^\circ\text{C}$, 3.40 m/s ve %42.57 olarak elde edilmiştir (Şekil 4.6.). Bu kollektörün borular arasında hava veya su ve antifriz karışımından oluşan akışkan bulunması durumundaki verileri kıyaslandığında, aralarında çok önemli farklar olduğu Şekil 4.4. ve 4.6.'da açıkça görülmektedir. Sıvı akışkanın bulunması doldurulması durumunda verim, %18.90'dan %42.57'ye çıkarak iki kattan daha fazla

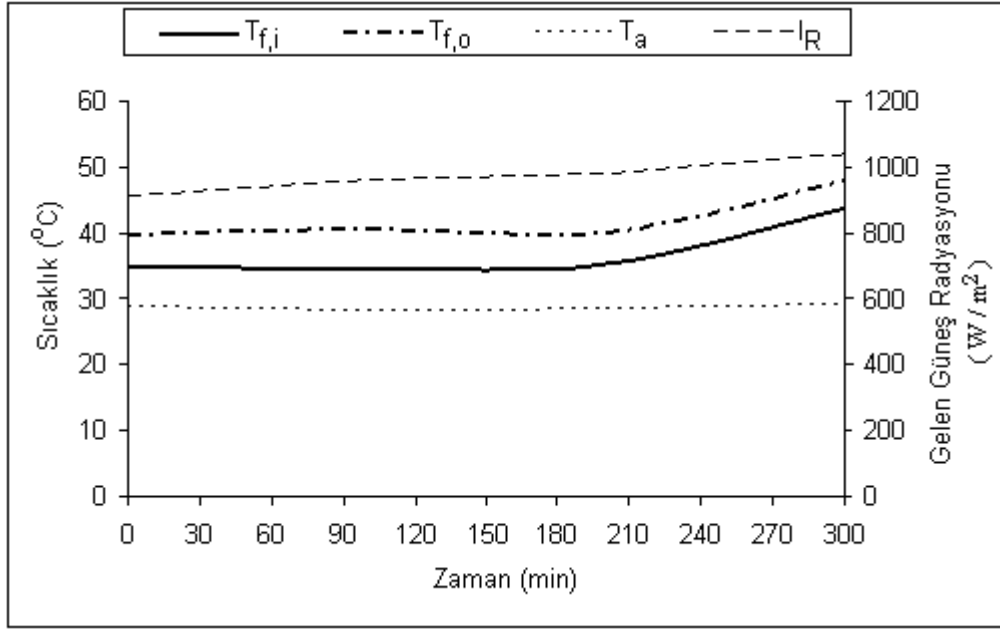
artış göstermiştir. Bu durum; akışkanın, absorban plaka ile borular arasında ısı transferini sağlama açısından önemli etki yaptığını göstermektedir.



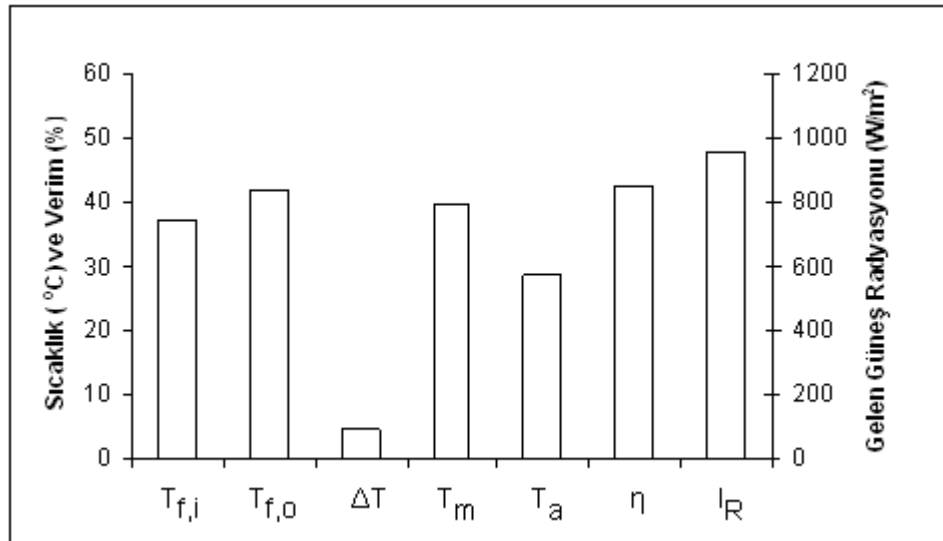
Şekil 4.3. Borulu ve ıslak tip kollektöre ilişkin anlık değişimler (akışkansız)



Şekil 4.4. Borulu ve ıslak tip kollektöre ilişkin veriler (akışkansız)



Şekil 4.5. Borulu ve ıslak tip kollektöre ilişkin anlık değişimler (akışkanlı)

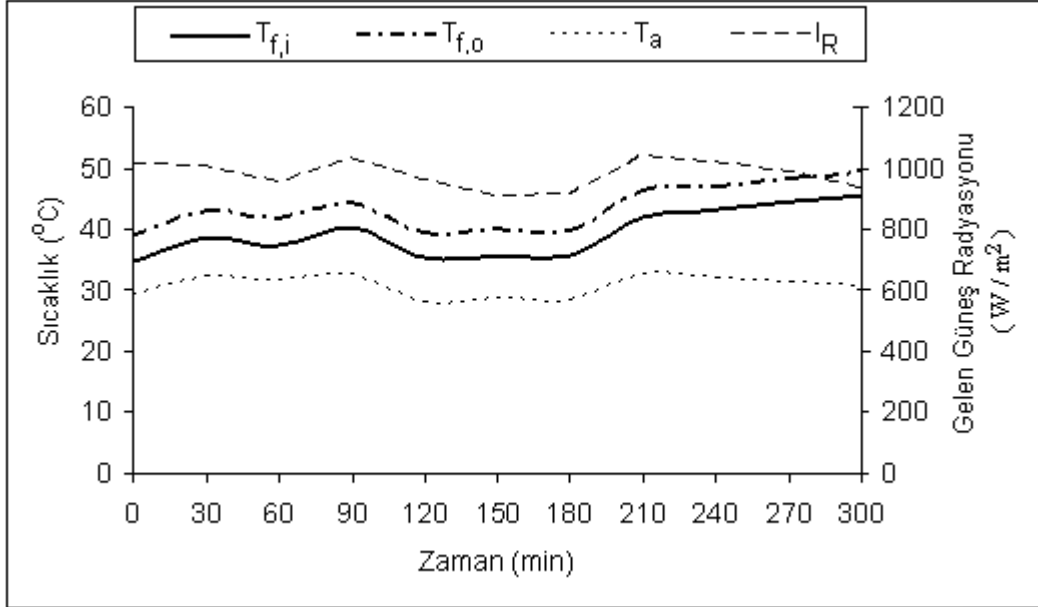


Şekil 4.6. Borulu ve ıslak tip kollektöre ilişkin veriler (akışkanlı)

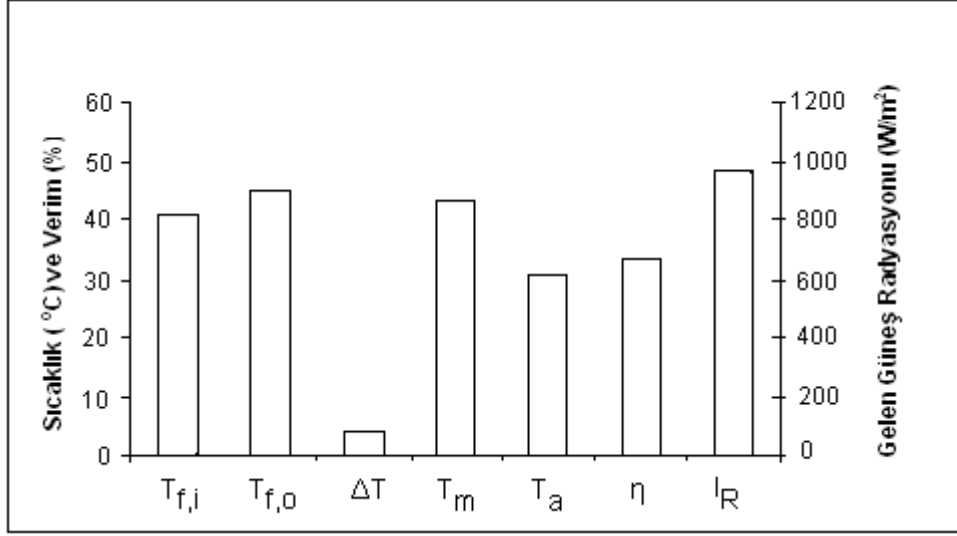
4.3. Kendinden Depolu Tip Kollektöre İlişkin Veriler

Kendinden depolu tip kollektör, borulu kuru ve ıslak tip kollektörlerden tamamen farklı bir tasarıma sahiptir. Diğer iki kollektörde, ısıtılan su izolasyonlu bir tankta depolandıktan sonra kullanım yerine ulaştırılırken bu kollektörde ayrıca sıcak suyun depolanması için bir ekstra tanka ihtiyaç bulunmamaktadır. Kollektörün kendisi ısıtılan

suya aynı zamanda depoluk yapmaktadır. Su, tamamen absorban plaka ile temas halindedir. Bu kollektörün denemeler sırasında anlık değişimleri Şekil 4.7.'de, elde edilen verilerin ortalamaları alınarak yapılan deneme sonuçları ise Şekil 4.8.'de verilmiştir. Şekil 4.7.'den anlık değişimlerin paralellik gösterdiği görülmektedir. Şekil 4.8. incelendiğinde; ortalama güneş radyasyon intensitesi (I_R), suyun kollektöre giriş sıcaklığı ($T_{f,i}$), suyun kollektörü terk ediş sıcaklığı ($T_{f,o}$), suyun giriş ve çıkış sıcaklık farkları (Δt), suyun ortalama sıcaklığı (T_m), atmosfer havası sıcaklığı (T_a), rüzgar hızı ve ısıl verimi sırası ile 960.86 W/m^2 , $41.19 \text{ }^\circ\text{C}$, $45.07 \text{ }^\circ\text{C}$, $3.89 \text{ }^\circ\text{C}$, $43.13 \text{ }^\circ\text{C}$, $30.62 \text{ }^\circ\text{C}$, 2.69 m/s ve $\%33.47$ olarak elde edilmiştir. Kollektörün verim değeri, borulu ve kuru tip kollektör ile borulu ve ıslak tip kollektörün akışkansız olarak denenmesi durumundaki verimlerinden daha yüksek değere sahip ancak, borulu ve ıslak tip kollektörün akışkanlı denenmesi durumundaki veriminden daha düşük değere sahiptir. Kuru olarak denen kollektörlerden daha yüksek verime sahip olmasının nedeni, bu kollektörde ısıtılan suyun absorban plaka ile temas halinde olup daha fazla ısıyı alabilmesidir. Fakat, borulu ve ıslak tip kollektörün akışkanlı olarak kullanılması sırasındaki veriminden düşük olmasını, bu kollektörün geniş yüzeyinden daha fazla ısı enerjisinin dış ortama akmasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır.



Şekil 4.7. Kendinden depolu tip kollektöre ilişkin anlık değişimler



Şekil 4.8. Kendinden depolu tip kollektöre ilişkin veriler.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu uygulamalı araştırmada; borulu ve kuru tip, borulu ve ıslak tip ve kendinden depolu tip olmak üzere üç farklı yeni düz yüzeyle güneş kolektörü tasarlanmış, imal edilmiş ve test edilmiştir. Deneme sonuçlarından; borulu ve kuru tip kolektörün ısısal veriminin %22.60, borulu ve ıslak tip kolektörün boruların arasının boş olması durumundaki veriminin %18.90 ve boruların arasının antifriz ve su karışımı ile doldurulması durumundaki veriminin %42.57 ve kendinden depolu kolektörün veriminin ise %33.47 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kolektör içerisinde yer alan ve suyun akışına olanak sağlayan borular arasında hava yerine sıvı akışkanın bulunmasının verimi %18.90'dan en yüksek değer olan %42.57'ye çıkardığı görülmüştür. Bu durum, termodinamik ve ısı transferi bilimi açısından birçok kaynak tarafından desteklenmektedir (Ültanır, 1987; Shurcliff, 1991; Kakaç ve Yener, 1993; Çengel ve Boles, 1994; Wylene ve ark., 1994). Bu verinin; ülkemizde en yaygın olarak kullanılan kapalı sistemlerde yer alan eşanjörün verimi olan yaklaşık %30 değerinden %140, kolektör ve eşanjörden oluşan sistemin toplam verimi olan yaklaşık %20 rakamından %200 daha fazla olduğu ortaya konmuştur.

Yukarıda açıklanan bu nedenlerle bu çalışmada; sıcak suya hiçbir olumsuz etkisi olmayan, kentin su şebekesine direk basınçlı olarak bağlanabildiği için tankların çatı üzerine yerleştirilme mecburiyetini ortadan kaldırması nedeniyle güvenlik riski bulunmayan ve konutların estetiğini olumsuz etkileyip görüntü kirliliğine neden olmayan, ortalama kullanım ömrü daha uzun olan, verimi mevcutlardan daha yüksek olan, imalatı ve montajı kolay, bakım gerektirmeyen, kolektör sisteminin maliyetinin yarıdan fazlasını oluşturan eşanjör yerine yalnızca izolasyonu sağlanmış bir su tankının kullanılması nedeniyle maliyeti mevcut kolektörlerden daha düşük olan bu yeni tip kolektörlerin, ülkemizde yaygınlaştırılmasının her yönüyle sağlayacağı yararlar tartışmasızdır. Bu nedenle; verimi yüksek olan borulu ve ıslak tip kolektörün ilgili sektörler tarafından üretilerek bir an önce insanlığın hizmetine sunulması ve teknolojileri topluma yayma görevi yüklenmiş olan kurumların bu konuda çaba göstermesi gerekmektedir. Özellikle, emisyonu son derece yüksek olan fosil yakıtların yoğun kullanılması sonucu atmosfere verilen zararların geri dönülemez boyutlara ulaştığı ve yaşamı tehdit ettiği çağımızda, yenilenebilir temiz enerji kaynaklarından

yararlanma olanağı sağlayan bu tip teknolojilerin yaygınlaştırılması ülkemizin ve Dünyamızın geleceği için de son derece önemlidir.

6. KAYNAKLAR

- Aran, A. ve Temel, M.A., 2004. Paslanmaz Çelik Yassı Mamulleri Üretimi-Kullanımı- Standartları. Sarıtaş Teknik Yayın İkinci Baskı No: 1. ISBN 975-92326-0-X Ağustos 2004. İstanbul. 113 s.
- Altıntop N., 2005. Güneş Enerjisi Tesisatlarında Antifriz Olarak Etilen ve Propilen Glikolün Kullanımının İncelenmesi. Tesisat Mühendisliği Dergisi. Sayı 86, s. 31-38.
- Anonim1998. TÜİK (DİE), Konutların Enerji Tüketim Karakteristikleri. Ankara.
- Anonim 2003a. TS 3680-2 EN 12975-2. Isıl Güneş Enerji Sistemleri ve Bileşenleri. Güneş Enerji Kollektörleri. Bölüm 2 Deney Metodları. Nisan 2003 Ankara.
- Anonim 2003b. EN (European Norms) 12972-2. Thermal Solar Systems and Components-Solar Collectors-Part 2: Test Methods. April, 2003.
- Anonim 2006a. IX Kalkınma planı. Genel Enerji Özel İhtisas Komisyonu Raporu Ankara 2006.
- Anonim 2006b. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi Sonuç bildirgesi. <http://www.tmmob.org.tr/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=746> (Ulaşım Tarihi: 28.06.2006).
- Anonim 2006c. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü http://www.eie.gov.tr/0/turkce/gunes/gunes_index.html (Ulaşım Tarihi: 01.06.2006).
- Anonim 2007a. IEASH International Energy Agency. Solar Heating World Wide IEA Solar Heating & Cooling Programme, Graz, Austria May 2005. www.iea-shc.org/welcome/IEASHCSolarHeatingWorldwide2003.pdf. (Ulaşım Tarihi: 13.02.2007).
- Anonim 2007b. Türkiye'deki Yıllık Toplam Işınım Haritası <http://www.boyutisi.com/dosyalar/gunesenerjisi.htm> (Ulaşım Tarihi 15.05.2007).
- Atılğan İ. 2000. Türkiye'nin Enerji Potansiyeline Bakış. Gazi Üni. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 15, No 1, 31-47.
- Bagach M. N., Tadili, R., Dahman, A.S., and Boukallouch M., 2000. Survey of Thermal Performances of a Solar System Used for the Heating of Agricultural Greenhouses in Morocco. Renewable Energy 2000; 20, 415-433.

- Ceylan İ., Aktaş M. ve Doğan H., 2005. .Doğal Dolaşım, Dolaylı ve Farklı Tipteki Güneş Enerjisi Sistemlerinin Deneysel Karşılaştırılması BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi. 7.2.
- Ceylan İ., Doğan H., ve Yalçın K., 2004. Tabii Dolaşım, Endirekt Isıtımlı Prizmatik Tip Kollektörlü Güneş Enerjisi Sistemlerinin Deneysel İncelenmesi. Teknoloji, Cilt 7, (2004), Sayı 3, 395-400.
- Çengel A. Y. and Boles M. A. 1994. Thermodynamics: An Engineering Approach. McGraw-Hill, Inc. Princeton Road, S-1, Hightstown, NJ 08520.
- Das, S. K. and Chakraverty, A., 1991. Performance of a Solar Collector with Different Glazing Materials and Their Degradation under the Condition Prevailing in a Solar Collector 1991; 31, 233-242.
- Duffie, J. A. and Beckman, W.A., 1991. Solar Engineering of Thermal Process. John Wiley & Sons Ltd; New York, 1991.
- Güler Ç. Ve Çobanoğlu Z., 1997. Enerji ve Çevre. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 41. 1. Baskı. ISBN 975-8088-54-8 Ankara, 121 s.
- Hammad, M., 1995. Experimental Study of the Performance of a Solar Collector Cooled by Heat Pipes 1994; 36, 197-203.
- Hazami M., Koli, S., Laazar, M., Farhat, A., and Belghith, A., 2005. Performance of a Solar Storage Collector. Desalination 2005: 183, 167-172.
- Highgate, D. J. and Propert, S. D., 1996. Cheap Effective Thermal Solar-Energy Collectors 1996; 53, 349-363.
- Kakaç, S. ve Yener, Y., 1993. Heat Conduction. Taylor & Francis.
- Kalogirou S., Tripanagnostopoulos, Y. and Souliotis, M., 2005. Performance of Solar Systems Employing Collectors With Colored Absorber. 2005: 37, 824-835
- Kalogirou S. and Papamarcou C., 2000. Modelling of a Thermosyphon Solar Water Heating System and Simple Model Validation 2000; 21, 471-493.
- Koyuncu T. ve Ültanır M.Ö., 1997. Türkiye’de Sıcak Su Üretiminde Kullanılan Düz Yüzeyle Güneş Kollektörlerinin Ekonomik Yönden İrdelenmesi. Tarımsal mekanizasyon 17. Ulusal kongresi 17-19 Eylül 1997 Tokat.
- Koyuncu, T., 2006. Performance of Various Design of Solar Air Heaters for Crop Drying Applications. Renewable Energy 2006; 31, 1073-1088.

- Küçükgül E. Y. ve Özdağlar D., 2004. İçme Suyunda Agresivitenin Saptanması ve Şebekede Korozyonun Önlenmesi. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 6 Sayı: 3 S. 19-39 Ekim 2004.
- Nahar, N. M. and Gupta, j. P., 1989. Studies on Gap Spacing Between Absorber and Cover Glazing in Flat Plate Solar Collectors 1989; 13, 727-732.
- Nayak, J. K., Amer, E. H. and Deshpande, S. M., 2000. Comparison of Three Transient Methods for Testing Solar Flat-Plate Collectors 2000; 41, 677-700.
- Nieuwoudt, M. N.,and Mathews, E. H., 2005. A Mobile Solar Water Heater for Rural Housing in Southern Africa. Building and Environment 2005; 40, 1217-1234.
- Riffat, S. B., Doherty, P. S., and Abdel Aziz EL, 2000. Performance Testing of Different Types of Liquid Flat Plate Collectors. Int. J. Energy Res 2000; 24, 1203-1215.
- Shurcliff, W. A., 1981. Air-to-Air Heat Exchangers for Houses. 19 Appleton st., Cambridge, Massachusetts 02138.
- Tezcan M., 2001. Düzlemsel Güneş Kollektörleri ve Verim Hesaplamaları. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Aralık 2001. İstanbul.
- Tiwari, R. C., Kumar, A., Gupta, S. K.,and Sootha, G. D., 1991. Thermal Performance of Flat-Plate Solar Collectors Manufactured in India. Energy Conver. Mgmt 1991; 31, 309-313.
- Tripanagnostopoulos, Y., Souliotis, M., and Nousia, T. H., 2000. Solar Collectors with Colored Absorbers 2000; 68, 343-356.
- Ültanır M.Ö.,1987. Termodinamik. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümü Ders Kitabı Yayınları: 1023., Yayın No: 296. Ankara.
- Ültanır M.Ö., 1998. 21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi . Yayın No: TÜSİAD-T/98-12/239 Aralık 1998.
- Üçgül İ. ve Koyun T., Silindirik Yansıtıcı İki Yüzeyle Kollektörler ile Düz Yüzeyle Kollektörlerin 1. ve 2. Yasa Verimliliklerinin İrdelenmesi. http://www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2004/mart/makale_silindirk.htm.(Ulaşım Tarihi:13.10.2006).
- Wylen, G. V. and Sonntag, R. E., Borgnakke C., 1994. Fundamentals of Classical Thermodynamics. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Yavuzcan, G., 1994. Enerji Teknolojileri. Ankara Üni. Ziraat Fakültesi Yayınları No:1324, Ders Kitabı:383, Ankara, 12-29.

- Varınca, K. B. ve Varank, G., 2005. Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, İçel, 24–25 Haziran 2005.
- Yamaç Ö., 2005. Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompalarının Teorik İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi. Aralık 2005. Antakya.
- Yavuzcan G., 1994. Enerji Teknolojileri (Geliştirilmiş 3. Baskı) Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1324, Ders Kitabı : 383, Ankara.
- Yılmaz S., ve Deniz E., 2005. Isı Borulu Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinde Soğutucu Akışkan Olarak R-22 Kullanımının Deneysel Olarak İncelenmesi. Teknoloji, cilt 8, sayı 4, 349-356.

7. ÖZGEÇMİŞ

Malatya'nın Arguvan İlçesinde 1973 yılında doğdu. İlk, Orta ve Lise öğrenimini aynı ilde tamamladıktan sonra, 1994 yılında Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'ne kayıt yaptırdı. 1995 yılında kaydını dondurarak Almanya'ya gitti ve orada 1 yıl süreyle Almanca dil eğitimi aldı. 1996 yılında Darmstadt kentinde "Technische Hoch Schule" Üniversitesine kayıt yaptırarak "Studien Kolleg" de 1.5 yıl hazırlık sınıfını okuduktan sonra 1998 yılında Türkiye'ye kesin dönüş yaptı. Yeniden Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümüne kayıt dondurduğu dönemden başlayarak devam etti. Bu bölümden 2002 yılında mezun oldu. Aynı yıl, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Mart 2004'de Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atanınca, bu üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine yeniden başladı. Halen aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak çalışmalarını sürdürmektedir.