

TERMODİNAMİK

ISITMA SOĞUTMA HAVALANDIRMA KLİMA YALITIM VE DOĞALGAZ TEKNOLOJİSİ • AYLIK BİLİMSEL SEKTÖR DERGİSİ

EYLÜL 2005
YIL 14 SAYI 157
4.500.000 TL
4.50 YTL

doğa
SEKTÖREL
YAYIN GRUBU

Dergimiz **13** Yaşında

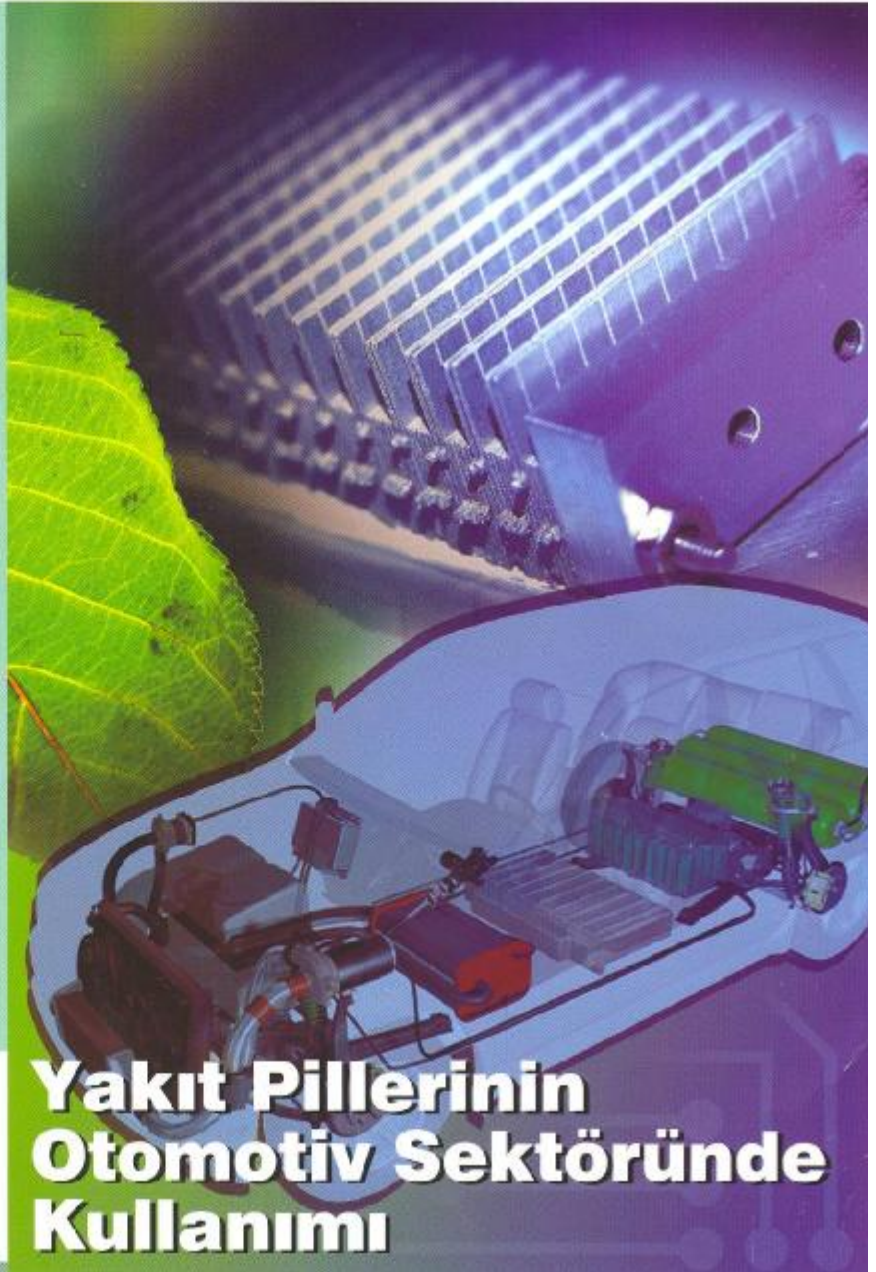
**TEBA'da Antrakt
Bitti! Yola Devam...**
Mustafa Baygan anlatıyor

**Güneş Enerjili
Yerden Isıtma**

**İç Ortamlarda
Sıcaklık ve Nem
Haritalandırılması**

09

**Yakıt Pillerinin
Otomotiv Sektöründe
Kullanımı**



TERMODİNAMİK

AYLIK BİLİMSEL TEKNİK SEKTÖR DERGİSİ

Sahibi
İsmail CEYHAN
iceyhan@dogayayin.com

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Dr. Oya BAKIR
oyabakir@dogayayin.com

Yayın Danışmanı
Prof. Dr. Doğan ÖZGÜR

Yayın Koordinatörü/Teknik
Prof. Dr. Seyhan UYGUR ONBAŞIOĞLU
onbasloglu@itu.edu.tr

Yazı İşleri Müdür Yardımcısı
Özden ÖZKAN
ozdenozkan@dogayayin.com

Reklam Müdürü
Asrin BAKIR GERÇEK
asrinbakir@dogayayin.com

Reklam Müdür Yardımcısı
E.Deniz DEMİREK
denizdemirek@dogayayin.com

Abone ve Okuyucu Servisi
Diler SUNAY
abone@dogayayin.com

Grafik
Altan ÖREN
Elif ÇANKAN
Hicran SOPAOĞLU

Sayfa Düzeni
Ömer DUMAN

Ulaştırma ve Dağıtım
İsmail ARSLAN

Antalya Temsilcisi
İlhami ÖZKAN
Tel: (242) 345 45 86

Balıkesir Temsilcisi
Hicran BULGURCU
Tel: (266) 612 12 09

Bursa Temsilcisi
Ömer Ahmet ÖZEREN
Tel: (224) 452 03 88

Eskişehir Temsilcisi
M. Sadık YURTMAN
Tel: (222) 230 88 24

İzmir Temsilcisi
Metin AKDAŞ
Tel: (232) 449 12 50 Pbx

Baskı ve Cilt
Altan Matbaa Ltd.

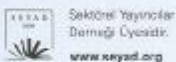
Yapım



Yayınlayan
Doğa Yayıncılık ve İletişim
Hizmetleri San. ve Tic. Ltd. Şti.

Yönetim Yeri
Alınazım Sk No: 30 34718
Koşuyolu-Kadıköy/İSTANBUL
Tel: (216) 327 80 10 Pbx
Faks: (216) 327 79 25
İnternet: www.dogayayin.com
E-mail: info@dogayayin.com
Fiyatı : 4.500.000 TL / 4.50 YTL
Yıllık Abone : 50.000.000 TL / 50 YTL
© 2005 Doğa Yayıncılık Ltd.Şti.
ISSN: 1302-8065

Tüm Türkiye'de dağıtılmaktadır.
Basın Kanunu'na göre
yerel süreli yayındır.



Sektörel Yayıncılar
Derneği Üyesidir.
www.sektorel.org

Editör'den

CEO nedir? Ne yer ne içer?

CEO'lar suşi yer, golf oynar, bilemedin badmington.. Hani çocuğa sormuşlar ya; "kasabayı kim yönetir" diye, çocuk da "şerif" demiş.. İşte CEO'yu da bir nevi şerif gibi düşünebiliriz. Bulabildiğim başka tanımlar; Bir şirketteki en yüksek dereceli yönetici, icra kurulu başkanı, murahhas aza, çiftliğin kahyası.. Kendisine ait olmayan bir şeyi yüceltmek uğruna hayatını veren kişi.. kurumsal kahraman.. kaptan.. İngilizce "Chief Executive Officer" kelimelerinin kısaltması olan CEO, bizde niye bu kadar tuttu? Yönetim Kurulu Başkanı, Genel Müdür gibi ünvanların artık yüzüne bile bakmıyoruz. Çoğunluk tarafından anlaşılamayan pek çok şeyi daha muteber ve "havalı" bulduğumuzdan mıdır bilinmez, çabucak benimsedik. Dahası, CEO'nun ne olup ne olmadığına dair, ulusal basından, ihtisas yayınlarına, her türlü içeriğe sahip web sitesinden, mizah dünyamıza kadar geniş alanda literatür üretiyoruz.

Mesela bir çok dergi "ceo'lar üzerinde araştırma yaptık, ceo'nun iyisi şöyle olmalıdır, biraz da böyle olmalıdır" çerçevesinde yazı yarış yapıyorlar. Bu yazılardan bir kısmına göz attık ve kısa mı kısa bir özet çıkarmaya çalıştık. (Yalnız yazının devamında ceo sözcüğü yerine, bu "Chief Executive Officer" açılımındaki ilk sözcüğü, yani "Şef" sözcüğünü kullanmaya karar verdim.) Diyorlar ki, "şefler, liderlik niteliklerine sahip olmalılar. (Tabii ceo'yu "şef" yapınca, bu cümle de şaka gibi gözüküyor) Şefler, belli riskler taşıyan kararları almak ve zamanında almak sorumluluğundalar. Liderlik özelliği taşıyan şefler, tutarlı kararlar almak konusunda da daha başarılılar. Newsweek Dergisine göre de başarılı, lider vasıflı şeflerde narsistik kişilik bozukluğu var. Yani kendilerine aşıkılar. Hep şahane düşündüklerini düşünüyorlar ve asla ikna olmuyorlar. Güngör Uras, Miliyet'teki köşesinde "Aile şirketlerinde 'ceo' olmaz, 'işgüder' olur" diyerek, "patronun şef olmaz" gibi bir anlam çıkarabileceğimiz görüşünü aktarmış. (Niye olmuyormuş? Adam bir hayal oluştursun, hayata geçirsin, uğraşsın, didinsin ve kadrosunda kaç kişi olursa olsun, yine de en çok didinen ve en az tatile çıkan kişi olsun, sen adama "senden 'ceo' olmaz" de. Adamcağızdan -gereği hasıl olduğunda-şirketin şeflerinden, satış elemanına, proje yöneticisinden, insan kaynakları müdürüne kadar her şey olmuş da 'ceo' olmuyormuş. Heleee..) Tempo Dergisi'ndeki röportajında Tofaş'ın eski 'şefi' Jan Nahum da, bu 'ceo' işini çözemediğini, bir türlü alışamadığını anladığımız ifadelerinde: "Kartvizit'e 'ceo' yazılsın diye yer-gök yerinden oynuyor. Hayatımı bir gün 'ceo' olmak için dizayn eden insanlar var. Dehşetle izliyorum. Bence gerçekten bu bir hastalık. Becerisi ve yaratıcılığı az olan insanlarda bu hastalık daha ağır oluyor." diyor. Muhabir sormuş: "Yaratıcı CEO olamaz mı?" diye. "Olur tabii" demiş adam, "ama onun derdi o değildir. Bill Gates'in CEO olmak gibi bir meselesi olabilir mi sizce?" Sorucu yine hamle yapmış: "Mesela eski bir yönetici bir röportajında, 'Hareket eden her şeye ateş ederim' demiş." Nahum da itiraf etmiş: "Demek ki, onlar hakiki CEO'lar. Ben değilim. Onlar üstün bir ırk. Belki gerçekten hakiki olanlar ve olmayanlar vardır. Ben olmayanları anım ve bu, hoşuma gidiyor. O dediğiniz türden reflekslerim hiç olmadı. Herhalde onlar başka türlü bir şey. Neyse... Benim giremediğim bir zümre onlar. Ben bu dediklerinizin anti-tezi oluyorum."

Fortune, infomag gibi dergilerde "şef"ler ne kadar süre görevlerinde kalıyorlar sorusuna yanıt aranmış ve görülmüş ki, eskiden 20 küsur sene aynı şirkette kalıyorlar, bu süre giderek düşüyormuş. Bir başka araştırma da "herkesin ceo olmak için yanıp tutuştuğunu nereden çıkarıyorsunuz. Biz araştırdık ve gördük ki ceo'ların %60'ı ceo olmak istemiyor. Sorumluluk çok, stres çok. Yani hiç matah bi şey değil ceo olmak" deniyor.

Bazılarının "genel müdürün üstü, yönetim kurulu başkanının altı" bir yönetici konumu olarak tanımladığı CEO'ların kavramını Türkiye'de ilk kez Koç Grubu kullanmış. Ondan sonra, profesyonel yöneticilerin en üst düzeyini ifade edecek biçimde yaygınlaşmış bu İngilizce kısaltma. Ama okuduklarımız içinde, mutabakat sağlanmış görünen en tutarlı tesbitlerin; şeflerin mutlaka kıvrak bir zekaya sahip, sistematik düşünen ve cesur olmaya mecbur kişiler olması gerektiği yönündekiler. Bir çıkarsama da benden; şefler, yönettiği kişilere aslında hiç benzemediği halde, benzer görünme başarısını gösteriyorlar. Zira "insanlar kendilerine benzeyenlerden ilham alırlar, otoritelerden değil..". Bir de onlar için söylenen şu sözler var: "Gerçek lider, mutlaka büyük işler başararak değil, insanların büyük işler başarmasını sağlayan kişidir." "Nasıl"ın cevabını vererin daima bir işi olur. "Neden"in cevabını veren de daima onun lideri olur." "Şef, motivasyonu sağlar. Motivasyon, insanlara yaptırmak istediğiniz şeyleri, sanki kendileri öyle istiyorlarmış gibi yaptıрма sanatıdır."

Dr. Oya BAKIR
oyabakir@dogayayin.com

ONURSAL YAYIN KURULU
Bedi KÖRÜN
Dr. Sedat ÖZKOL

YAZI KURULU
Eris SURKUT
İrfan ÇEUMELİ
Faris KAYMAKCI
Tunç KGRUN
Emre OĞLUZ
Dr. Hüseyin ONBAŞIOĞLU
Nural TUNCER
Orhan TURAN
Cafer ÜNLÜ

AKADEMİK DANIŞMANLARIMIZ
Doç. Dr. Hüseyin BULGURCU
Prof. Dr. Nüket EGRİCAN
Doç. Dr. Nurdil ESKİN
Prof. Dr. Mehmet Cem ECE
Doç. Dr. Ahmet ÇHAN
Prof. Dr. Abdurrahman KIUÇ
Prof. Dr. Olcay KINCAV
Prof. Dr. Seyhan UYGUR ONBAŞIOĞLU
Prof. Dr. Sadriye KÜÇÜKBAYRAK ÖSKAY
Prof. Dr. Rüknettin ÖSKAY
Doç. Dr. Kecep ÖZTÜRK
Prof. Dr. Akşel ÖZTÜRK
Doç. Dr. Cem PARMAKSIZOĞLU
Prof. Dr. Macit TOKSCY
Prof. Dr. Murat TUNÇ
Prof. Dr. Semra ULKU
Prof. Dr. Mustafa Özcan ÖLTANIR
Prof. Dr. Tuncay YILMAZ

YAYIN DANIŞMANLARIMIZ
Güven AKÇİÇEK
Mustafa ARSLANCAN
Tuncay AYHAN
Mustafa BAYGAN
Metin BİLGİÇ
Erdiç BOZ
Hayri ÇALIŞKAN
Dr. Celseltin ÇELİK
Muzafer DANIŞMAN
Hüseyin DEDEOĞLU
Kazım DEMİR
A. Metin DURLUK
Mustafa DURUKAN
Haldun EKAL
Yural EROĞLU
Nuri ERTOKAT
Ersin GÜRDAL
Sercar GÜREL
Ahmet H. ÇÖKŞİN
Cengiz HEPERİGİL
Atıf İMARET
Hrant KALATAŞ
Mustafa Cemal KARAKAPICI
Yüksel KÖKSAL
Atilla ODABAŞI
Turgay ÖKSÜZOĞLU
Ender ÖZGÜL
Tekin PARLAK
Dr. Metin SAGULAR
Ziya ŞEFTALIOĞLU
İsmet TAŞKIN
Lale ULUTEPE
Mehmet ÜZER
Cengiz YILDIZ

10 Haberler

30 Dünyadan yeni ekipmanlar

- Tüm tesis için sensör sistemi
- Valf kontrolörü
- Su spreyli nemlendirici
- Evaporatif soğutucu
- Kelepçeli ölçerler
- Hava temizleme sistemi
- AC sürücüler
- Yangın alarmı ürünleri

32 Hava durumu

TANER YÖNET

Tavan Tipi Vantilatörler

36 Teknik

HÜRAY CAN

Tesisatta Kullanılan Ses Yalıtım

Malzemelerinin Özelliklerinin İncelenmesi

42 Aktüel

- Marketingist Pazarlama Fuar ve Konferansı
- İklimlendirme ve Soğutma Sistemlerinde Otomatik Kontrol
- Hem CAD Hem Yapı Bilgisi Sistemi

44 Teknik

İç Ortamlarda Sıcaklık ve Nem Haritalandırması
Yeni Bir Gereklik

48 Fuar

Soğutma, Klima Sektörünün Döalist Fuarı: İKK 2005



52

Söyleşi

Teba Yönetim Kurulu Başkan Yardımcısı Mustafa Baygan

60

Çeviri

C. MURAT DORA

Bir Çiller Suyu Değişikliği Öyküsü - Bölüm 2

76

Bilimsel/Görüş

TARKAN KOCA - AYDIN ÇITLAK

Yakıt Pillerinin Otomotiv Sektöründe Kullanımı

90

Ürün tanıtımı

R290 Embraco Aspera
Kompresörleri



92

Ürün tanıtımı

Dehutech Hava
Kurutucular



94

Bilimsel

REFET KARADAĞ - HÜSAMETTİN BULUT
İSMAİL HİLALİ

Güneş Enerjili Yerden Isıtma Sistemi ve Ekonomik Analizi

REKLAM DİZİNİ

Firma	Sayfa
A4F	41
ADAY	75
AIRFEL	1
ALARKO-CARRIER	13-15-17
ALDAĞ	31
ALNUR	74
ATC	37
AYVAZ	43
BAYMAK	9
BORUSAN	57
CANTAŞ	69
CIAT	55
ÇUKUROVA	27
DEMİRDÖKÜM	19
ELTA SANYO	33
EMAK	40
ENEKO	91
ERBAY	95
EUROVENT	Ön Kapak İç
FAF	83
FDR	68
FERROLI	89
FORM A.Ş.	11
FRIGODUMAN	71
FRITERM	81
GRUNDFOS	71
IKK-HANNOVER MESSE	51
ISIMAS	14
ISISAN ISI SAN. TİC. A.Ş.	AKI
ISISAN ISIT. VE KLİMA SAN. A.Ş.	6-7
ISKAY	97
I.P.I.	93
İM MAKİNA	59
İMBAT	67
İMCO	63
İMEKSAN	65
INTERVALF	87
KARYER	35
KES KLİMA	39
LG-VESSMANN	29
MARKETINGIST	28
MELTEM METAL	47-49
PEKSA	25
SAVEN	22-23
SESİNOKS	18
SMITKA PROFEX	34
SODEX-STANBUL	99
TEK FİLTRE	20
TEKNİON	73
TERMO-EKNİK	45
TESKON	101
TÜRKER MAKİNA	85
ÜSTÜN ISITMA	8
VESSMANN	2
YİLEKS	79
WILO	Arka kapak

Güneş Enerjili Yerden Isıtma Sistemi ve Ekonomik Analizi

Refet KARADAĞ, Hüsamettin BULUT, İsmail HİLALİ
Harran Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu çalışmada, sayısal ve teorik yöntemler kullanılarak güneş enerjili yerden ısıtma sisteminin ısı ve ekonomik analizi Mersin'deki bir mahal için yapılmıştır. Aylık değişen dış iklim koşulları ve klasik kış tasarım şartları hesaplamalarda göz önüne alınmıştır. Yerden ısıtmadaki taban konveksiyon ısı transfer katsayısının belirlenmesinde "FLUENT," programı kullanılmıştır.

Değişen iklim şartlarındaki mahal ısı kaybına göre belirlenen taban sıcaklıkları yardımıyla ısıtma sisteminde dolaşan suyun giriş ve çıkış sıcaklıkları tespit edilmiştir. Mahalin ısı kaybının tamamen güneşten karşılanması durumundaki gerekli kollektör sayısı aylara göre hesaplanarak, farklı kollektör sayılarında ek ısıtma ihtiyacı ve maliyet analizine göre güneş enerjili yerden ısıtma sistemi incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: yerden ısıtma, güneş enerjisi, kollektör, ekonomik analiz.

ABSTRACT

In this study, thermal and economic analysis of a solar radiant floor heating system in Mersin is carried out using numerical and theoretical methods. Monthly outdoor climate conditions and classical winter design data are taken into account in the calculations. A general-purpose commercial computational fluid dynamics (CFD) package FLUENT, is used for finding out the coefficient of convective heat transfer for floor. The inlet and outlet temperature of water circulating in the floor heating system are determined according to minimum floor temperature which is calculated as to heat losses. The solar collector numbers are calculated in case of meeting the heat losses of building with solar energy completely. Supplemental heating requirement for different solar collector numbers and cost analysis of solar radiant floor heating system are investigated.

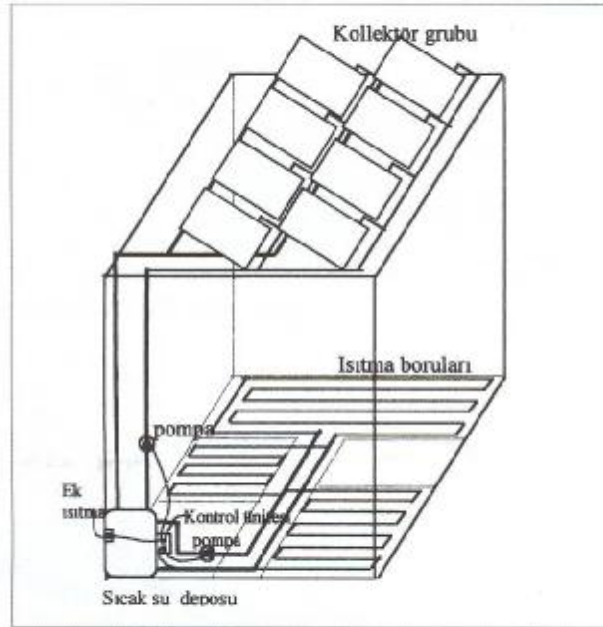
Key words: floor heating, solar energy, collector, economic analysis.

1. GİRİŞ

Enerji kaynaklarının sürekli azaldığı, enerji maliyetlerinin ve çevresel kaygıların arttığı günümüzde güneş ve rüzgar enerjisi gibi alternatif enerji kaynaklarından daha fazla yararlanmak için çalışmalar artmaktadır. Güneş enerjisinden daha fazla yararlanmak için yeni sistemler geliştirmek yerine mevcut teknolojinin gelişmiş sistemlere uygulanması yani hibrid sistemler geliştirilmektedir. Güneş enerjisinin uygulama alanı bulacağı bu tür sis-

temlerden biri de yerden ısıtma sistemleridir. Bu ısıtma sistemlerinde kullanılan ısıtma suyu sıcaklığının 40-60 °C gibi düşük sıcaklıkta olması, güneş enerjisinden yararlanılmasını kolaylaştırmaktadır. Yerden ısıtma sisteminde, ısı bütün bir döşeme alanında yayılmakta ve oda içinde homojen bir ısı dağılımı sağlanabilmektedir. Bundan dolayı, oda içerisindeki sıcaklık dağılımlarının diğer ısıtma sistemlerine göre daha homojen olmasından dolayı bu sistemler son za-

manlarda yaygınlaşmıştır. Elektrikli ısıtıcı ile ısıtılan odada yükseklik boyunca sıcaklık değişimleri 8-10 °C iken bu değer, yerden ısıtma sistemlerinde 2 °C olarak belirtilmiştir [1]. Athienitis ve Chen [2], yerden ısıtmada oda merkezindeki sıcaklık ile odanın ortalama hava sıcaklığı arasındaki farkın 0.5 °C'yi nadiren geçtiğini belirtmiştir. By Bjarne [3], yükseklik boyunca sıcaklık değişimlerinin yerden ısıtmada yaklaşık olarak 0.5 °C, pencere altında radyant panelin bulunması durumunda 6 °C, duvardan sıcak havanın verilmesi durumunda ise 2.5 °C olduğunu belirtmiştir. Isının konfor için uygun olan tabandan yayılmasından dolayı yerden ısıtma sisteminde konfor sıcaklığı yaklaşık 2 °C daha düşük seçilebilmekte ve bunun sonucunda gerekli ısı yükü de azalmaktadır. Bu nedenlerden dolayı yerden ısıtma sisteminin diğer ısıtma sistemlerine nazaran % 25-30 civarında bir enerji tasarrufu sağladığı literatürde belirtilmiştir. Yerden ısıtma ile ilgili yapılan çalışmalardan [4, 5], maksimum taban sıcaklığının 29 °C olduğu ve boru içindeki ortalama su sıcaklığının ise ısı yüküne bağlı olarak 40-60 °C arasında değiştiği belirtilmiştir. Boru giriş ve çıkış suyu sıcaklıkları arasındaki farkın 10 °C'yi geçmemesi önerilmektedir. Güneş enerjisi potansiyeli açısından iyi bir konuma sahip olan ülkemizde güneş enerjisi sıcak su elde etmek amacıyla yaygın olarak kullanılmakta ancak mahal ısıtılması gibi diğer potansiyel uygulamalarında yeterince kullanılmamaktadır. Güneş enerjisinin yerden ısıtmalı konutlarda kullanılması hem enerji tasarrufu sağlayacak hem de temiz çevrenin sağlanmasına katkıda bulunacaktır. Şekil 1'de güneş enerjili yerden ısıtma sistemi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Güneş enerjili yerden ısıtma sistemi

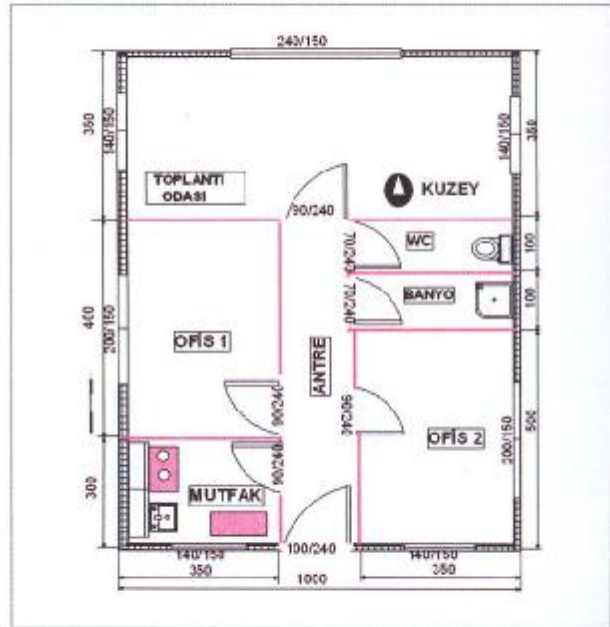
2. ÇALIŞMA ŞARTLARI VE YÖNTEM

Isıtma sezonu boyunca güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan Akdeniz ve Ege bölgesi gibi yerlerde yerden ısıtma sisteminin uygun olacağı düşünüldüğü, güneş enerjili yerden ısıtma sisteminin analizi Mersin'de bulunan örnek bir ofis binası için yapılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan aylık en düşük dış sıcaklıklar ve yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışıması miktarının aylık ortalama değerleri ve kış tasarım şartı Mersin için Çizelge 1'de verilmiştir [6, 7]. Çalışmada, yerden ısıtılması yapılan mahalın kat planı Şekil 2'de verilmiştir.

ÇİZELGE 1. Mersin için kış tasarım şartı, aylık en düşük dış sıcaklıklar (T_{min}) ve yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışıması (I)

	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Kış Tasarım Şartı
T_{min} (°C)	11	2	1.6	5.6	7.2	8.4	3
I (MJ/m ² gün)	10.79	7.93	8.48	12.13	16.12	20.16	7.78

Çalışmada mahal iç sıcaklığı 18 °C, minimum dış sıcaklıklar ise çizelge 1'den alınarak, ısı yalıtımı standardı, TS 825'e uygun olan binanın ısı kaybı aylık olarak hesaplandı. Ayrıca örnek binanın ısı kaybı kış tasarım şartı (KTŞ) olan +3 °C için de belirlendi. Hesaplanan ısı kayıpları için aylara göre, taban sıcaklığı ile birlikte taban konveksiyon ısı transfer katsayısı, "FLUENT" paket programı [8] kullanılarak bulundu. FLUENT programında çözümler sabit yüzey sıcaklık sınır şartına göre yapıldığından, duvar ve tavan sıcaklık



Şekil 2. Ele alınan ofis binasının kat planı

ları yüzeylerin ısı kaybından, taban radyasyon ısıları ısıl direnç devreleri yardımıyla teorik olarak hesaplanmıştır. Yüzey yayma katsayıları $\epsilon_w = \epsilon_d = \epsilon_t = 0.9$, şekil faktörleri ise literatürde [9] verilen diyagramlardan alınmıştır. Isıtma borularının döşeme içindeki yerleşimi, Şekil 3'te gösterilmiştir. Döşeme alt yüzeyinin tamamen yalıtımlı olduğu, ısıtma borularından sağlanan ısının tümünün ısıtılacak ortama verildiği, giriş ve çıkış su sıcaklıkları arasındaki farkın 10 °C olduğu kabul edilmiştir. Sistem için emici plaka yüzeyi 1.64 m² ve ısı verimi % 57 olan kolektörler seçilmiştir. Aylara göre boru dış yüzey sıcaklıkları denklem 1' den [10] bulunduktan sonra, ortalama su sıcaklıkları ve gerekli su debileri denklem 2 ve 3'ten hesaplanmıştır.

$$T_{bd} = \frac{q_w \cdot M + A \cdot T_{dt} + B \cdot T_i}{A + B} + q_w \cdot (R_{co} + R_p) \quad (1)$$

Burada,

$$A = (2 \cdot W \cdot \eta + d_{bd}) \cdot h_{wr}$$

$$B = (2 \cdot W \cdot \eta + d_{bd}) \cdot h_{wc}$$

$$\eta = \tanh(m \cdot W) / (m \cdot W)$$

$$m = \sqrt{(h_{wr} + h_{wc}) / (k_e \cdot (x_{bo} + x_{co}))}$$

$$R_p = (x_{bo} - d_{bd} / 2) / \lambda_p$$

$$k_e = (2 + \frac{R_{co}}{R_p}) \cdot \frac{x_{co} \cdot \lambda_{co} + x_{bo} \cdot \lambda_p}{x_{co} + x_{bo}}$$

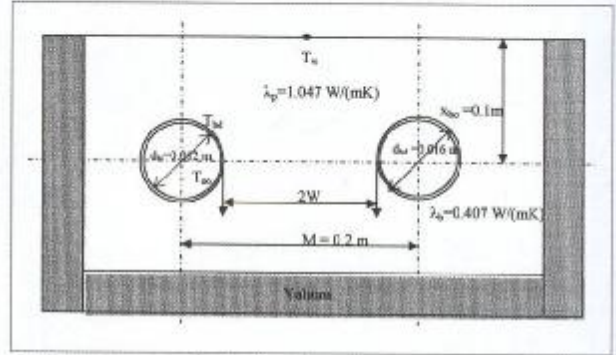
olarak tanımlanmıştır.

$$T_{so} = Q_w \cdot \left[\frac{1}{h_{bi} \cdot A_{bi}} + \frac{\ln(d_{bd}/d_{bi})}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_b \cdot L_b} \right] + T_{bd} \quad (2)$$

$$m = \frac{Q_w}{(T_{sg} - T_{sf}) \cdot C_p} \quad (3)$$

3. ELDE EDİLEN BULGULAR VE TARTIŞMA

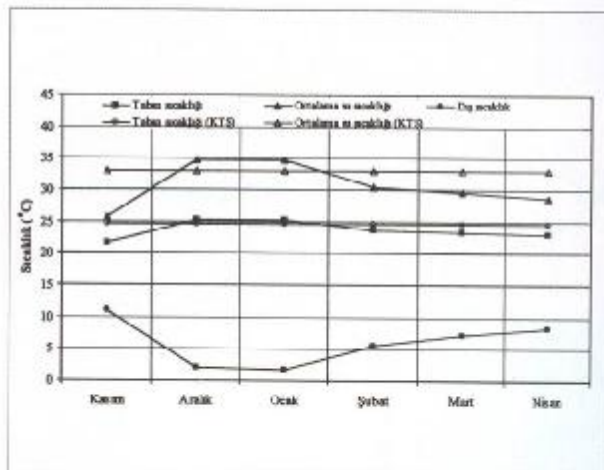
Değişen iklim şartlarında ve sabit kış tasarım şartında güneş enerjili yerden ısıtma sistemi analizinden elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Şekil 4'te taban sıcaklığı, ortalama su sıcaklığı ve dış sıcaklıklar arasındaki ilişki verilmiştir. Dış sıcaklık düştükçe, ısıtma sisteminde dolaşan su sıcaklığı ısı kaybını karşılayabilmesi için artmaktadır. Su sıcaklığına bağlı olarak taban sıcaklığı beklendiği gibi yükselmektedir. Kış tasarım şartında ise ortalama su sıcaklığının 33 °C olarak sabit olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Yerden ısıtmada boruların döşeme içinde yerleşimi

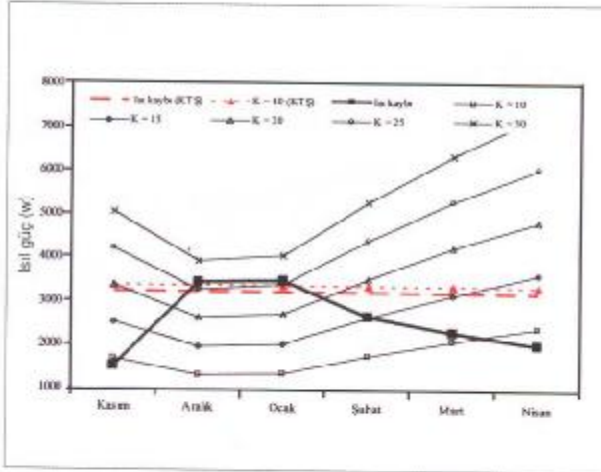
ÇİZELGE 2. Aylara göre değişen dış hava durumlarında ve kış tasarım şartında elde edilen sonuçlar

	Kolektöre gelen güneş (W/m ²)	Mahal kaybı (W)	Taban ısı (W)	Ortalama sıcaklığı (W)	Su debisi (l/gün)	Kolektör sayısı
Kasım	179.75	1504	1704	25.67	3529	11
Aralık	139.78	3437	3674	34.66	7605	29
Ocak	144.73	3480	3681	34.68	7619	28
Şubat	188.01	2664	2747	30.52	5685	16
Mart	226.83	2320	2582	29.63	5344	13
Nisan	260.11	2062	2403	28.79	4974	10
Kış Tasarım Şartı	90	3222	3375	33	6986	40



Şekil 4. Taban sıcaklığı, ortalama su sıcaklığı ve dış sıcaklıkların aylara göre değişimi

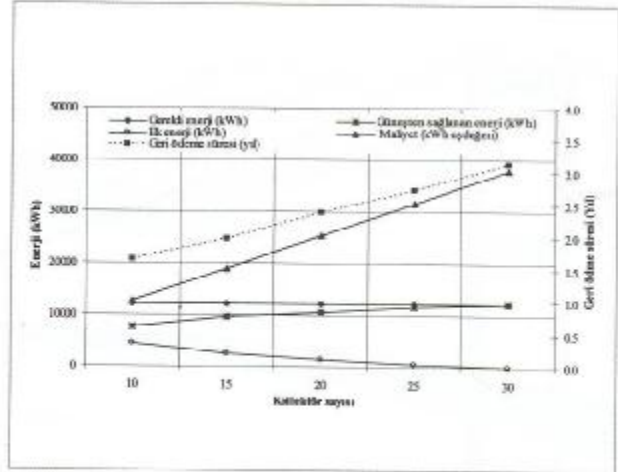
Şekil 5'te farklı kolektör sayısında güneşten sağlanan ısı ile mahal ısı ihtiyacı karşılaştırılmıştır. Şekilde görüldüğü gibi, mahal ısı ihtiyacı ile güneşten sağlanan ısı enerjisi arasındaki fark aylara bağlı olarak değişmekle birlikte kolektör sayısının artmasıyla bu fark azalmaktadır. Bütün aylarda enerjinin tümünün güneşten karşılanabilmesi için gerekli kolektör sayısı değişen iklim şartlarında 30, kış tasarım şartında (KTŞ) ise 40 olarak görülmektedir. Kış tasarım şartında kolektör sayısının fazla çıkması, kolektör düzlemine gelen güneş ışınımının 90 W/m^2 olarak düşük değerde seçilmesinden kaynaklanmaktadır. Değişen iklim şartlarında ise gelen güneş ışınımı Çizelge 2'de görüldüğü gibi 139.78 ile 260.11 W/m^2 arasında değişmektedir. Isı ihtiyacının tümünün güneşten karşılanmasının işletim açısından sağlayacağı avantajın yanında sistemin getireceği ek maliyet ve kolektörlerin yerleştirileceği yerin sınırlı olması, optimum kolektör sayısının belirlenmesinde göz önüne alınması gerekmektedir.



Şekil 5. Kolektör sayısına bağlı olarak güneşten sağlanan ısı ile mahal ısı ihtiyacının karşılaştırılması

Güneş enerjili yerden ısıtma sisteminin ekonomik analizinde basitliğinden ve bir ön fikir vermesi açısından geri ödeme süresi yöntemi kullanılmıştır. Yerden ısıtma sistemi maliyetinin değişmediği kabul edilerek yatırım miktarı olarak sadece güneş kolektörleri göz önüne alınmıştır. Yıllık net kar olarak, kolektörlerden bir ısıtma sezonu boyunca alınan güneş enerjisinin değeri dikkate alınmıştır. Maliyetin kWh eşdeğeri olarak belirlenmesinde kolektörün birim fiyatı 200 YTL ve 1 kWh elektrik enerjisinin fiyatı 0.1583 YTL alınmıştır [11]. Şekil 6'da kullanılacak kolektör sayısına göre ısıtma sezonu olarak güneşten sağlanan yıllık enerji, ek enerji, kolektör maliyeti ve sistemin geri ödeme süresi karşılaştırılmıştır. Görüldüğü gibi kolektör sayısı arttıkça ek enerji ihtiyacı azalmakta ancak maliyet ve geri ödeme süresi artmaktadır. Bütün enerjinin güneşten karşılanması duru-

munda sistem geri ödeme süresinin 3 yıl olduğu görülmektedir. Kış tasarım şartında ise geri ödeme süresi 40 kolektör için 4 yıl olarak hesaplanmıştır. Kolektör ömrünün 10 yıl olduğu göz önüne alındığında geri ödeme süresinin en yüksek kolektör sayılarında bile uygun değerlerde olduğu görülmektedir. Çünkü en kötü durumda bile geri ödeme süresi, toplam yatırım süresinin üçte biri civarındadır.



Şekil 6. Bir yıllık ısıtma sezonu boyunca farklı kolektör sayısında güneşten sağlanan enerji, ek enerji ihtiyacı, maliyet ve geri ödeme süresi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ele alınan güneş enerjili yerden ısıtma sisteminin analizi sonucu, gerekli taban sıcaklığının ve ortalama su sıcaklıklarının konfor açısından uygun aralıklarda olduğu ve bu sıcaklıkların ve gerekli ısı miktarının, düz yüzeyli güneş kolektörlerinden rahatlıkla sağlanabileceği tespit edilmiştir. Sistemin geri ödeme süresi, 40 kolektörlük en yüksek yatırım durumunda 4 yıl olarak hesaplanmıştır.

Güneş enerjili yerden ısıtma sisteminin kış ılıman geçen bölgelerde başarı ile kullanılabileceği görülmüştür. Binaının yalıtım durumu, ısı kaybı ile doğrudan bağlantılı olduğundan, güneş enerjili yerden ısıtma sisteminin uygulanacağı binanın standartlara uygun ısı yalıtımının yapılmış olması gerekmektedir. Güneş enerjili yerden ısıtma sistemi, villa tipi küçük yapılarda, yüzme havuzlarında, cami ve spor merkezlerinde rahatlıkla kullanılabilir. Binaının kullanılmadığı zamanlarda, nemden dolayı oluşabilecek hasarları gidermesi bu sistemlerin bir avantajı olarak ortaya çıkmaktadır. Kolektör seçici yüzeylerindeki teknolojik gelişmeler, yeni tip ve yüksek ısı verimli kolektörlerin olması ve dolayısıyla daha az sayıda kolektörlerle istenen enerji elde edilebilir. Bugünkü teknolojik gelişmeler ışığında kolektörler yapının bir elemanı olarak mimari açıdan çatıyla bütünleşik olarak tasarlanıp kullanılabilir.

Sistemin değişik su debileri ve sıcaklıklarda çalışması gibi

dezavantaj olarak görülebilecek kısımları günümüz otomatik kontrol sistemleri ile rahatlıkla ortadan kaldırılabilir. Ortaya çıkan göreceli yüksek maliyet, temiz çevre bilinci ile bakıldığında önemli olmaması gerekir. Günümüzde bu tür sistemler yurtdışında ticari olarak satılmakta ve teknolojik olarak yeni gelişmeler olmaktadır.

Simge ve Kısaltmalar

C_p Suyun özgül ısı (kJ/kgK)

d Çap (m)

h Isı taşınım katsayısı W/m^2K

I Güneş ışınlamı (MJ/m^2 gün veya W/m^2)

K Kollektör sayısı

k_e Boru ve döşeme için eşdeğer ısı iletim katsayısı (W/mK)

KTŞ Kış tasarım şartı

L Uzunluk (m)

M Borular arası mesafe (m)

m Debi (kg/s)

Q Isı (kJ)

q Birim yüzeydeki ısı akısı (W/m^2)

R Isıl direnç (m^2K/W)

T Sıcaklık ($^{\circ}C$)

λ Isı iletim katsayısı (W/mK)

İndisler

b Boru

bd Boru dış yüzey

bi Boru iç yüzey

co Tabanda kaplama malzemesi

dt Duvar-tavan alan ağırlıklı ortalama

sc Su çıkış değeri

sg Su giriş değeri

so Su ortalama değer

p Döşeme malzemesi

w Taban

wr Tabandaki radyasyon

wc Tabandaki konveksiyon

KAYNAKLAR

1. A.Ç. Gürses, "Güneş Destekli Toprak Altı Isıtma ve Isı Depolama Sistemleri", D.E.Ü. Müh. Fak., 3-p-03-0212-03, 1985.
2. A.K.Athienitis and T. Chen, "Numerical Study of Thermostat Setpoint Profiles for Floor Radiant Heating and The Effect of Thermal Mass", ASHRAE Transactions. PH-97-14-1, 1997.
3. W.O. By Bjarne, "Radiant Floor Heating in Theory and Practice", ASHRAE Journal, July: pp. 19-20, 2002.
4. M. Acar, "Döşemeden Isıtma Sistemi ve Ekonomikliği", Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 10/3, s. 43-52, 1987.
5. B. Kılış, "Döşemeden Isıtma Sistemi Hakkında Genel Bir Değerlendirme", Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 11/3, s. 39-42, 1988.
6. MTSO, Mersin 2002-Ekonomik Rapor, Mersin Ticaret ve Sanayi Odası, 2002.
7. H. Bulut, O. Büyükalaca, A. Yılmaz, "Türkiye'nin 15 ili için Bazı İklim Verilerinin Eşitliklerle İfadesi", TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 51, s. 48-56, 1999.
8. www.fluent.com, Nisan 2005'te erişildi.
9. J.P. Holman, Heat Transfer, Seventh Edition, McGraw Hill, London, 1992.
10. B. Kılış and L.T. Ritter, "An Analytical Model for The Design of in-Slab Electric Heating Panels", ASHRAE Transactions. SF-98-9-5, 1998.
11. DOSİDER, <http://www.dosider.org/tablo/konutyakitu.htm>, Nisan 2005'te erişildi. ■