



Jeotermal (Toprak) Kaynaklı Isı Pompaları Üzerine Ülkemizde Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi

Arif HEPBAŞLI.

Yaşar Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi

Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü



TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ
TURKISH ACADEMY OF SCIENCES

TÜBA JEOTERMAL ENERJİ TEKNOLOJİLERİ RAPORU

Editörler:

Prof. Dr. İbrahim DİNÇER

Doç. Dr. Mehmet Akif EZAN

Ankara - 2020

<https://tuba.gov.tr/tr/yayinlar/suresiz-yayinlar/raporlar/tuba-jeotermal-enerji-teknolojileri-raporu-1>, Erişim Tarihi: 2 Mayıs 2024.

SUNUŞ PROGRAMI

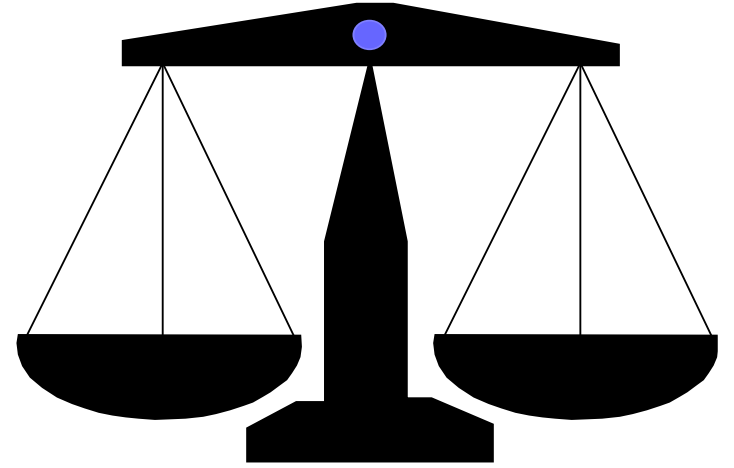
1. Giriş
2. Amacımız
3. Neden Toprak Kaynaklı Isı Pompaları ?
4. Terminoloji
5. Etkinlik Tanımları
6. Ülkemizde Üniversitelerde Yapılan Çalışmalar
7. Ülkemizde TKIP Piyasası
8. Neler Yapılabilir ?
9. Bazı İlginç Çalışmalar/ Uygulamalar
10. Sonuç

1

Giriş

- Biz Konutlarda Ticari Olarak 1998'de Uygulamaya Başladık.

- O yıllarda Amerika'da Toprağa Döşenen Borular İçine Konan Antifirizin Eyaletlerde Kullanılıp-Kullanılmama Durumunu Tartışılıyordu.



Kaynak: A. Hepbaşlı. Isı Pompaları ve Uygulamaları, TTMD Eskişehir Sunumu, 16 Aralık 2006.

2

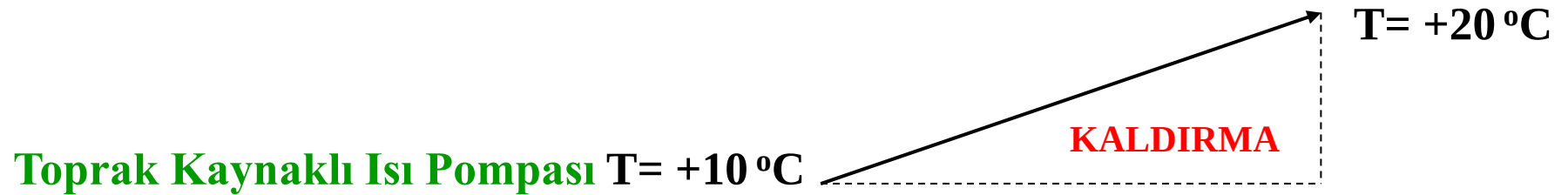
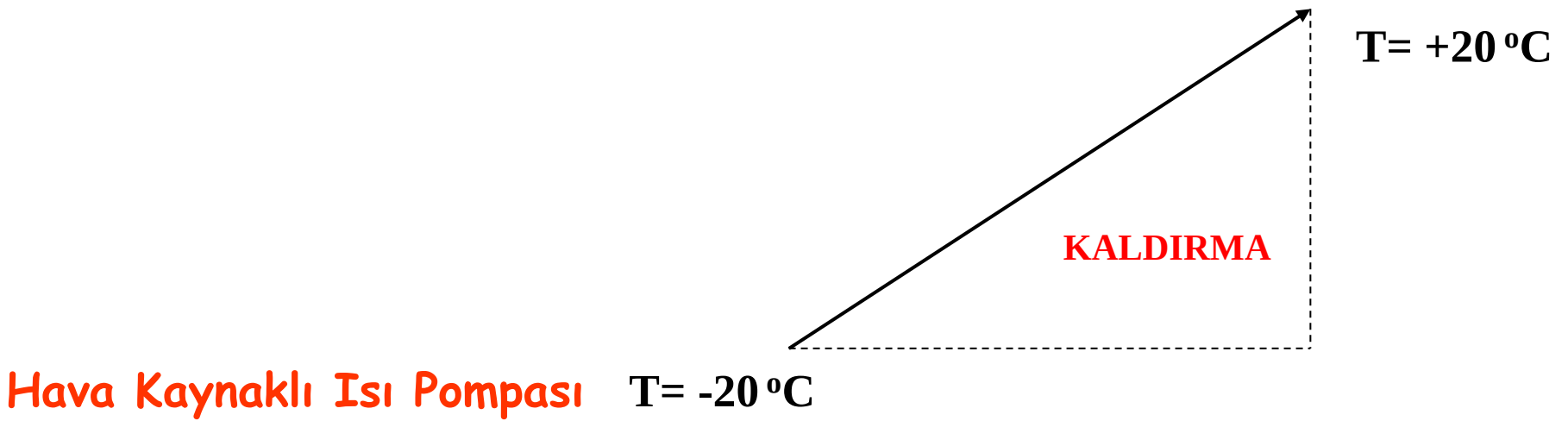
Amacımız



Kaynak: A. Hepbaşlı. Isı Pompaları ve Uygulamaları, TTMD Eskişehir Sunumu, 16 Aralık 2006.

3

Neden Toprak Kaynaklı
Isı Pompaları ?



Daha Düşük Kaldırma = Daha Yüksek Verim

KONUTLARDA 1000 kcal ısı ihtiyacı için gerekli olan ÇEŞİTLİ YAKITLAR için MALİYET KARŞILAŞTIRMA TABLOSU

(13 Şubat 2020 tarihinde belirlenmiş KDV DAHİL birim fiyatlarla)

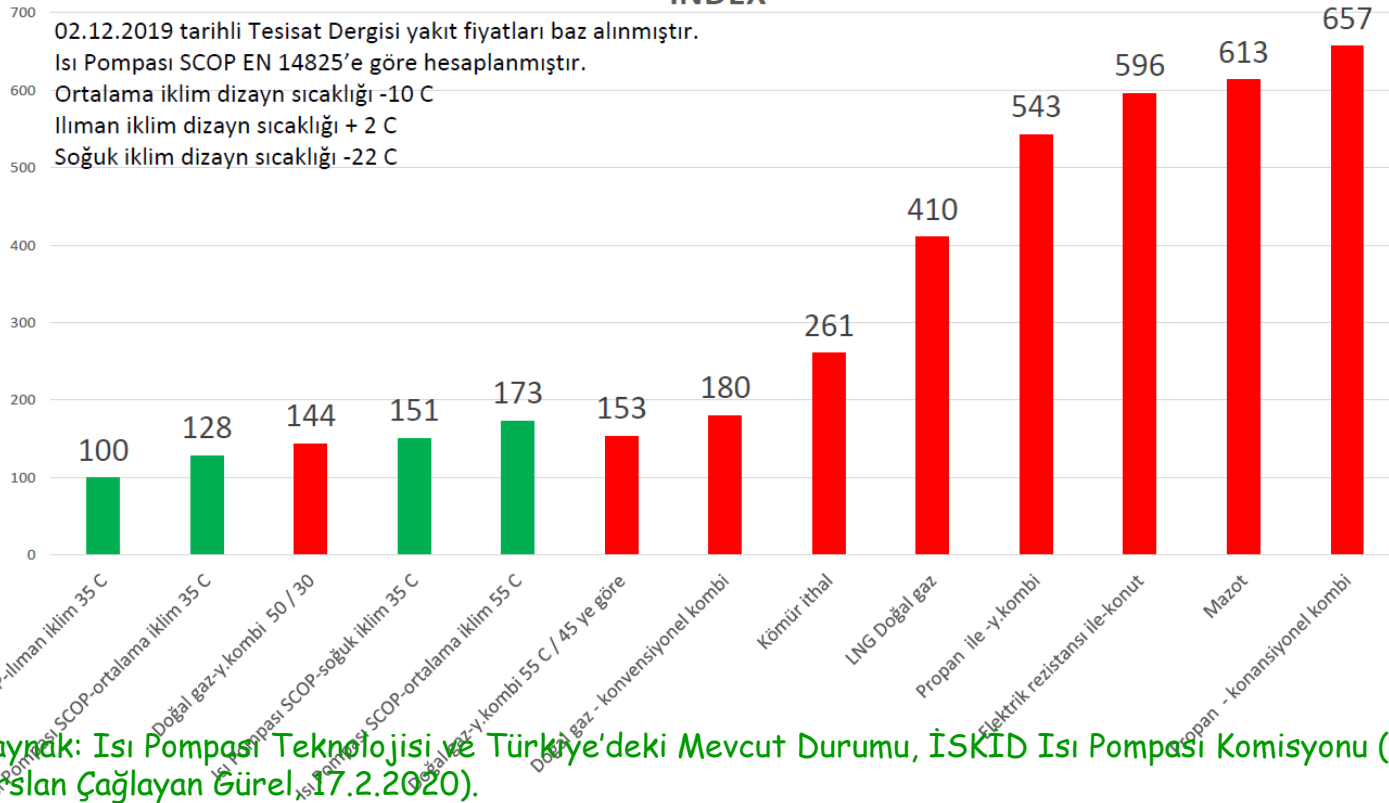
Sıra No	Yakıt Çeşidi	İlgili Şirket	Yakıt Alt Isıl Değeri	13 Şubat 2020 Tarihindeki Birim Fiyat	Ortalama İşletme Verim Değeri	13 Şubat 2020 Tarihindeki Fiyatlarla TL/1000 kcal		En Ucuza Göre Yakıt Maliyeti İndeksi	06 Şubat 2019 Tarihindeki Birim Fiyatları	13 Şubat 2020 06 Şubat 2019	
										Birim Fiyat Değişimi	Değişim Sırası
1	100.000.001 m ³ /yıl ve üstünde Doğalgaz Tüketimi için	İzmit İZGAZ ENGIE	8250 kcal/m ³	1,512385 TL/m ³	107%	1,512385 x 1000 8250 x 1,07	0,171327	100	1,084370 TL/m ³	39,5%	22
18	Yerli Linyit +18 mm Yıkanmış Parça- Torba	Soma Kırakdere Manisa - ELİ	4731 kcal/kg	0,883820 TL/kg	65%	0,883820 x 1000 4731 x 0,65	0,287407	168	0,802400 TL/kg	10,1%	4
19	İthal Sibirya Kömürü Portakal Tipi	İstanbul HAKAN KÖMÜR	7000 kcal/kg	1,690000 TL/kg	65%	1,690000 x 1000 7.000 x 0,65	0,371429	217	1,640000 TL/kg	3,0%	1
20	Fuel-oil No: 4 Kalorifer Yakıtı	İstanbul Avrupa Yakası SHELL TÜRKİYE	9875 kcal/kg	4,320000 TL/kg	80%	4,320000 x 1000 9.875 x 0,80	0,546835	319	4,030000 TL/kg	7,2%	3
21	Dökmegaz Konut LPG - Propan	İstanbul İPRAGAZ-AYGAZ	11100 kcal/kg	9,102613 TL/kg	106%	9,102613 x 1000 11.100 x 1,06	0,773637	452	8,247389 TL/kg	10,4%	5
22	Elektrik Konut	Türkiye TEDAŞ	860 kcal/kWh	0,724528 TL/kWh	99%	0,724528 x 1000 860 x 0,99	0,850984	497	0,569515 TL/kWh	27,2%	7
23	Motorin (VP Diesel)	İstanbul Avrupa Yakası SHELL TÜRKİYE	10256 kcal/kg	7,372781 TL/kg	84%	7,372781 x 1000 10.256 x 0,84	0,855803	500	7,112426 TL/kg	3,7%	2
24	LPG 12 kg Ev Tüpü İstanbul	İstanbul İPRAGAZ-AYGAZ	11000 kcal/kg	9,916667 TL/kg	90%	9,916667 x 1000 11.000 x 0,90	1,001684	585	8,625000 TL/kg	15,0%	6
25	Elektrik Ticarethane	Türkiye TEDAŞ	860 kcal/kWh	0,959456 TL/kWh	99%	0,959456 x 1000 860 x 0,99	1,126915	658	0,752751 TL/kWh	27,5%	8
DÖVİZLER			T.C. Merkez Bankası Efektif Satış Fiyatı						Yıllık Değişim Oranı		
			13 Şubat 2020 tarihinde			13 Şubat 2019 tarihinde					
ABD Doları			6,0659 TL			5,2602 TL			15%		
Avro			6,5972 TL			5,9570 TL			11%		
TESİSAT DERGİSİ - B2B MEDYA - TEKNİK SEKTÖR YAYINCILIĞI											

Kaynak: . Doğal Gaz Dergisi, <http://www.dogalgaz.com.tr/yayin/yakit-fiyatlari/>, Erişim Tarihi: 18.2.2020.

ALTERNATİF YAKIT MALİYETİ KARŞILAŞTIRMASI



INDEX



Kaynak: Isı Pompası Teknolojisi ve Türkiye'deki Mevcut Durumu, İSKİD Isı Pompası Komisyonu (Dokümanı Sağlayan: Arslan Çağlayan Gürel, 17.2.2020).

4

Terminoloji

Tablo 1. TKIP'lerinin Farklı Adlandırılmaları [5]

Literatürde, TKIP'ları üzerine yapılan sayısız çalışma mevcuttur. Aynı zamanda, İnternet (Google)de tarama yapıldığı zaman, "ground-source heat pumps (toprak kaynaklı ısı pompaları)" ile ilgili 795 000 sonuç ve "geothermal heat pumps (jeotermal ısı pompaları)" ilgili 1 440 000 sonuç elde edilir. Türkçe taramada, "toprak kaynaklı ısı pompaları" ile 4810 sonuç ve "jeotermal ısı pompaları" ile 63 100 sonuç çıkar.

SIRA NO	İNGİLİZCE	TÜRKÇE
1	Earth energy heat pumping systems	Yer enerjili ısı pompalama sistemleri
2	Surface water heat pump systems	Yüzey sulu ısı pompası sistemleri
3	Earth energy systems	Yer enerjili sistemler
4	Ground-source systems	Toprak kaynaklı sistemler
5	Groundwater heat pumps (GWHPs)	Yeraltı sulu ısı pompaları
6	Earth-coupled heat pumps (ECHPs)	Yer bağlantılı ısı pompaları
7	Well-source heat pump system	Kuyu kaynaklı ısı pompası sistemi
8	Ground-source heat pumps (GSHPs)	Toprak kaynaklı ısı pompaları
9	Geothermal heat pumps (GHPs)	Jeotermal ısı pompaları
10	Ground-coupled heat pumps (GCHPs)	Toprak bağlantılı ısı pompaları
11	Ground-water source heat pumps	Toprak-su kaynaklı ısı pompaları
12	Well water heat pumps	Kuyu suyu ısı pompaları
13	Solar energy heat pumps	Güneş enerjili ısı pompaları
14	GeoExchange systems	Jeo dönüşüm sistemleri
15	GeoSource heat pumps	Jeo kaynaklı ısı pompaları

Not: Köşeli parantez içinde verilen kaynak numaraları, bu sunumun metninde yer almaktadır. TÜBA tarafından hazırlanacak raporda bunlara ulaşılabilecektir.

5

Etkinlik ve Verim Tanımları

Tablo 2. Isı Pompalarında Kullanılan Etkinlik ve Verim Tanımlarının Listesi [5].

Sıra No	Gösterim	Açıklama (İngilizce)	Açıklama (Türkçe)
1	EK (COP)	Coefficient of Performance	Etki Katsayısı
2	SEK	Coefficient of Performance for Heating	Soğutma Etki (Tesir) Katsayısı
3	IEK	Coefficient of Performance for Cooling	Isıtma Etki Katsayısı
4	EVO (EER)	Energy Efficiency Ratio	Enerji Verimlilik (Etkinlik) Oranı
5	IMPF (HSPF)	Heating Seasonal Performance Factor	Isıtma Mevsimsel Performans Faktörü
6	EKYD (IPLV)	Integrated Part Load Value	Entegre Edilmiş Kısmi Yük Değeri
7	KWT	kW/ton	kW/ton
8	MEVO (SEER)	Seasonal Energy Efficiency Ratio	Mevsimsel Enerji Verimlilik Oranı
9	MPF (SPF)	Seasonal Performance Factor	Mevsimsel Performans Faktörü
10	MEK (SCOP)	Seasonal Coefficient of Performance	Mevsimsel Etki Katsayısı
11	KMPF (CSPF)	Combined Seasonal Performance Factor	Kombine Mevsimsel Performans Faktörü

6

Ülkemizde Üniversitelerde Yapılan Çalışmalar

(Sadece deneysel çalışmalar gösterildi)

Tablo 3. 1986-2002 Yılları Arasında TKIP Olan Üniversiteler [26-31].

Kurum Adı	Yayınlandığı Yıl [Kaynak]	Kapasitesi (kW)	TKIP Tipi
ODTÜ, Ankara	1986 [26]	0,95	Tek borulu yatay toprak ısı değiştiricili, sadece ısıtma amaçlı, soğutucu akışkan: R-12, 10 m uzunluğundaki serpantin 0,6 m aralıkla 1,5 m derinliğe yerleştirilmiştir. COP= 1,1-1,3; Kapasitesi: 0,95 kW.
Atatürk Üniversitesi, Erzurum	1999 [27]	7,02	Sudan suya TKIP, sadece ısıtma amaçlı, soğutucu akışkan R-22, jeotermal akışkanın giriş/çıkış sıcaklıkları 35/30 °C, COP=2,8
Ege Üniversitesi, İzmir	2000 [28-30], 2002 [31]	5,2	Düşey tek U tipi toprak ısı değiştiricili, 50 m derinliğinde, dış boru (sondaj borusu) çapı 4 1/2 inç, hacmin ısıtılması ve soğutulması amaçlı

Tablo 4. 2002-2020 Yılları Arasında TKIP Olan Üniversiteler [33-54].

Üniversite Adı	Yayının Yılı [Kaynak]	Amaç/ Kapasitesi	TKIP Tipi
Fırat Üniversitesi, Elazığ	2002[33], 2004 [34]	Hacim ısıtması ve soğutması/	16,24 m ² 'lik test odasına bağlanan, 0,3 m aralıklarla, her biri 0,016 m çapında ve 50 m uzunluğunda olan, 1 ve 2 m farklı derinliklere döşenen, yatay Toprak Isı Değiştirisi (TID); Kasım 2002-Nisan 2003 ısıtma sezonunda, COP = 2,66-2,81; soğutucu akışkan tipi: R 22; kapasitesi; ısıtma 2,5 kW ve soğutma: 3,1 kW.
Ege Üniversitesi, İzmir	2005 [35,36]	Sera ısıtması	Kaynak [28-30] sistem, seraya entegre edilmiş ve güneş enerjisi destekli düşey TID'li bir TKIP sistemi oluşturuldu.
	2005 [37,38]	Ürün Kurutması	Kaynak [28-30] sisteme, kurutma sistemi entegre edilerek, güneş enerjisi destekli düşey TID'li TKIP bir kurutma sistemi oluşturuldu.
Fırat Üniversitesi, Elazığ	2007[39], 2009 [40]	Hacim ısıtması ve soğutması/	40 mm dış çapındaki polietilen borudan yapılan, 2 ve 3,4 m iki farklı yatay mesafelerde, 30, 60 ve 90 m derinlikleri olan, 150 mm sondaj kuyu çapında, üç adet tek U-borulu düşey TID'li; soğutucu akışkan tipi: R 22; COP = 1,98-3,05 (ısıtma) ve COP = 2,69-3,45 (soğutma); topraktan ısı çekme miktarı: 6,14, 8,61 ve 10,58 kW.
Uludağ Üniversitesi, Bursa	2008 [41], 2009 [42]	Hacim ısıtması ve soğutması	Nominal çapı 16 mm ve uzunluğu 20 m olan borudan oluşan yatay TID, 0,30 m aralıkla topraktan 2 m derinliğe konulmuş; ilk testlerin yapılışı: Aralık 2004-Mart 2005'; soğutucu akışkan tipi: R 134a; COP = 2,46-2,58 (ısı pompası ünitesi) ve 4,03-4,18 (tüm sistem).
Fırat Üniversitesi, Elazığ	2009 [43], 2013 [44]	Sera ısıtması	Kaynak [43]'e ait değerler olup, Kaynak [44]'de düşey TKIP yapıp, kıyaslama yapıldı. Nominal çapı 16 mm ve uzunluğu 246 m olan borudan oluşan yatay TID, 0,30 m aralıkla topraktan 2 m derinliğe konulmuş; 1 Eylül 2005-30 Nisan 2006 tarihlerindeki ısıtma modundaki ölçümlere dayalı; kompresör kapasitesi: 5,484 kW (0/46 °C soğutma/yoğuşma sıcaklıklarında); soğutucu akışkan tipi: R 22; COP = 2,3-3,8 (ısı pompası ünitesi) ve 2-3,5 (tüm sistem).
Atatürk Üniversitesi, Erzurum	2011 [45,46]	Hacim ısıtması	Kaynak [45]'e ait değerler: çapı 32 mm ve derinliği 53 m olan 2 adet U-tipi düşey TID'li güneş enerjisi destekli TKIP sistemi; Mayıs 2008-Ekim 2009 sürecindeki ısıtma modundaki ölçümlere dayalı; soğutucu akışkan tipi: R 134a; kompresöre verilen güç; 2,61 kW; COP = 3-3,4 (ısı pompası ünitesi) ve 2,7-3 (tüm sistem).

YTÜ, İstanbul	2014 [47] 2016 [48,49]	Hacim ısıtması ve soğutması	Her birinin derinliği 65 m, nominal çapı (DN) 40, sondaj borusu çapı 0,15 m olan, 2 adet düşey U-tipi ile 45 m uzunluğunda yatay yerleşen TID; duvar ısıtma/soğutmasıyla kombine edilen TKIP sistemi; 1 Ocak-31 Mart 2010 tarihleri arasındaki ölçümlere dayalı, topraktan ısı çekme akımı (ısıtmada) 50 W/m ve toprağa atma (soğutmada) akımı 54 W/m; COP = 2,76 (ısı pompası ünitesi) ve 4,13 (tüm sistem); soğutma modunda, COP = 4,38 (ısı pompası ünitesi) ve 4,78 (tüm sistem) [49]
Gazi Üniversitesi, Ankara	2015 [50]	Hacim ısıtması ve soğutması	Nominal çapı 32 mm ve derinliği 40 m olan düşey TIP'si olan ve 20,7 m ³ hacmi ısıtan TKIP sistemi; soğutucu akışkan tipi: R 407c; ısıtma modunda, COP = 3,85 (ısı pompası ünitesi) ve 3,12 (tüm sistem); soğutma modunda, COP = 2,81 (ısı pompası ünitesi) ve 3,45 (tüm sistem); ısıtma kapasitesi: 1,85 kW.
Karabük Üniversitesi	2015 [51]	Hacim ısıtma	Boyutları 0,4x0,5x0,4 m olan ve yaklaşık 100 kg toprak (ince taneli, koyu gri tonlarda kum) kapasitesine sahip toprak hazneli TID; hazne dışarıdan ve içeriden oluşabilecek ısı kayıplarına karşı 3 cm kalınlığında strafor malzemeyle yalıtılmış; buharlaştırıcı serpantin 3,80 m uzunluğunda plastik hortum (iç/dış çapı: 17/22 mm); kompresör gücü: 160 W, soğutucu akışkan tipi: R-134a.
İTÜ	2017 [52]	Laboratuvar	Enerji enstitüsünde, "Toprak Kaynaklı Isı Pompaları Araştırma Laboratuvarı"nda, 35 kW'a kadar ısı pompası test sistemi vardır. Yatay ve düşey toprak ısı değiştiricileri, toprak altı ısı değiştiricileri performans ölçüm sistemi, toprak altı sıcaklık ölçüm sistemi ve mobil toprak altı termal cevap test aracı vardır. Sistem 2012 yılında kuruldu. Değişik tez çalışmaları yürütüldü.
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi	2019 [53]	Hacim ısıtması ve soğutması	6x27 m taban alanına, 2,5 m derinlikte açılan çukura yerleştirilmiş, 370 m uzunluğunda ve PE100 (polietilen) borudan oluşan yatay TID olan ve 51,3 m ³ hacmi ısıtan/soğutan TKIP sistemi; 10,5 kW ısıtma ve 8,5 kW soğutma nominal kapasitelerindeki hazır ısı pompası kullanılmış; 16 Aralık 2017 (ısıtma) ve 29 Haziran 2018 (soğutma) aylarına dayalı; soğutucu akışkan tipi: R 410a; ısıtma modunda, COP = 2,10 (ısı pompası ünitesi) ve 1,83 (tüm sistem); soğutma modunda, COP = 4,79 (ısı pompası ünitesi) ve 3,86 (tüm sistem).
	2020 [54]	Isıtma	1 m arayla konulan U-tipi ve spiral olmak üzere iki tip yatay TID olan TKIP sistemi; toplam uzunluğu 73,73 m; tabaka mesafesi 0,54 m ve 12 tabakalı; soğutucu akışkan tipi: R 410a; hacmin ısıtma yükü: 2,21 kW; 18 Kasım 2018-17 Ocak 2019'da Al ₂ O ₃ nano akışkan (% 0,1 hacimsel konsantrasyonda) kullanılan sistemin COP'si, etilen glikol-su karışımı kullanılabildiğine göre, U-tipi TID'nde % 2,5 ve spiral TID'de % 3 daha fazla; topraktan özgül ısı çekme oranları: U-tipi yatay TID ile, glikol-su karışımı için, 22,06 W/m, 0,1 ve 0,2 hacimsel konsantrasyon oranlarında nano akışkan için, sırasıyla, 22,51 W/m and 22,15 W/m.

7

Ülkemizde TKIP Piyasası

- 1998'de ilk konut (villa) uygulaması yapıldı.
- 2000 yılının başından itibaren bu sistemler en büyük gelişimini gösterdiler.
- 2001 yılında toplam 23 cihaz adediyle (12 kW eşdeğer cihazların sayısı 43 olmak üzere), 527 kW kurulu kapasiteye ulaşıldı [57].
- Türkiye'deki ilk büyük TKIP uygulaması, Meydan AVM/Ümraniye, İstanbul (Başlama/Devreye Alma: 2005/2007)
- Bu, 2017 yılı itibariyle, toplam 18 327 m sondaj ve borulaması ile Avrupa'nın en büyük beş TKIP uygulamasındandır [58,59].
- 2012 yılında, ülkemizde bir firmanın İTÜ ile işbirliği içerisinde ilk yerli üretim TKIP geliştirilmesine başlandı [60] ve bir cihaz yapıldı [52]; ancak seri üretime geçilemedi.
- 2015 yılına kadar TKIP olan ilgi, istenilen düzeyde olamasa da, artarak sürdü ve 126 TKIP cihaz sayısı ile, kurulu kapasite 99,92 MW'a ulaştı [61].
- TKIP'ları halen ülkemizde seri üretim olarak üretilmemektedir.

8

Neler Yapılabilir ?

31 Ekim 2017 tarihinde, Ankara'da Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nce yapılan, "**Isı Pompası Teknolojileri ve Kullanım Alanları**" konulu çalıştayda, tespit edilen hususlar gerçekleştirilmelidir [62].

9

Bazı İlginç Çalışmalar/ Uygulamalar



Toprak ısı değiştiricisi
(sondaj)
maliyetini dūřürmek için
fore kazık
uygulaması

Kaynak:

<http://psmenerji.com/File/toprak%20kaynakl%C4%B1%20%C4%B1s%C4%B1%20pompa%C4%B1%20ile%20fore%20kaz%C4%B1k%20uygulamas%C4%B1.pdf>, Erişim Tarihi:
19.2.2020.



Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü'nde inşa edilen 2400 m²'lik Merkez Laboratuvarı'ndaki uygulama

TID boruları, binanın temelini altına (toprak) ve binanın temelini içine (beton tabaka) olmak üzere, iki farklı şekilde yerleştirildi [10,11].



Ayhan Kocatepe G.- 19.2.2020

Review article ● Full text access

Heat exchanger applications in wastewater source heat pumps for buildings: A key review

Energy and Buildings, Volume 104, 1 October 2015, Pages 215-232

Oguzhan Culha, Huseyin Gunerhan, Emrah Biyik, Orhan Ekren, Arif Hepbasli

 [Download PDF](#) [Abstract](#) ✓ [Export](#) ✓

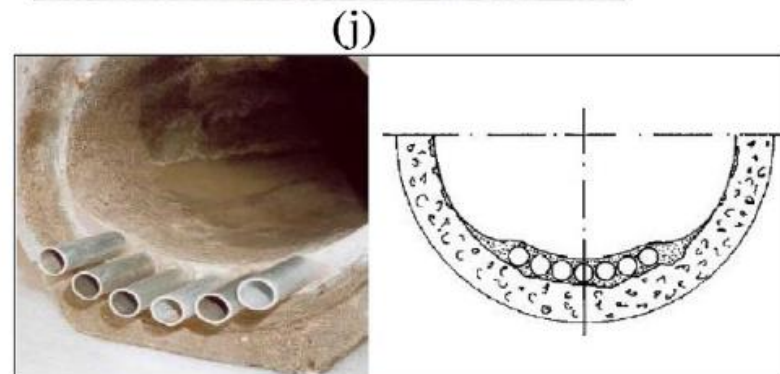
Review article ● Full text access

A key review of wastewater source heat pump (WWSHP) systems

Energy Conversion and Management, Volume 88, December 2014, Pages 700-722

Arif Hepbasli, Emrah Biyik, Orhan Ekren, Huseyin Gunerhan, Mustafa Araz

 [Download PDF](#) [Abstract](#) ✓ [Export](#) ✓



10. Sonuç

Para makinası olarak adlandırabileceğimiz
"toprak kaynaklı ısı pompalarının" genel
anlamda "ısı pompalarının" ülkemizde daha
fazla yaygınlaşması dileğiyle...

Sonuna Kadar Beni Büyük
Bir Sabırla Dinlediğiniz
İçin

Teşekkür Ederim.

Arif Hepbaşlı

