

Isı Pompası Sistemlerinin Seçimi

Sadık ERDOĞAN¹
Mehmet YILMAZ
Bayram ŞAHİN³
Ömer ÖZYURT⁴

Özet

Isı pompasının performansı çeşitli faktörlere bağlı olduğundan ısı pompası sistemlerinin seçimi yapılırken uygulamaya ait tüm karakteristiklerin göz önünde bulundurulması gereklidir. Isı pompası sistemlerinin seçilmesi, ısı pompası sistem tipinin seçimi, ısıtma/soğutma yüklerinin hesaplanması, dağıtım sistemi sıcaklığının belirlenmesi, ısı pompası işletim sisteminin seçimi ve ısı pompası tipinin seçimi aşamalarından oluşmaktadır. Bu makale ısı pompası sistemlerinin seçiminin nasıl yapılacağını ayrıntılı olarak incelemek amacıyla hazırlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Isı pompası, Seçim, Soğuk İklim, Kapasite

1. GİRİŞ

Isı pompasının performansı çeşitli faktörlere bağlı olduğundan ısı pompasının seçimi yapılırken uygulamaya ait tüm karakteristiklerin göz önüne alınması gereklidir. Isı pompalarının seçilmesinde su/soğutucu akışkan serpantininin basınç kaybı, verim, su/soğutucu akışkan tipi ve debileri, kaynak sıcaklığı, fiyat ve yerleşim vb. parametreler dikkate alınmalıdır. Isı pompası sistemlerinin seçimi şu aşamalardan oluşmaktadır:

1. Isı pompası sistem tipinin seçimi
2. Isıtma/soğutma yüklerinin hesaplanması
3. Dağıtım sistemi sıcaklığının belirlenmesi
4. Isı pompası işletim sisteminin seçimi
5. Isı pompası tipinin seçimi

2- Isı Pompası Sistem Tipinin Seçimi

Bir ısı pompasının teknik ve ekonomik performansı kullanılan ısı kaynağının nitelikleriyle yakından ilgilidir. Bu nedenle bir yapı için ısı pompası sistem tipinin seçimi büyük ölçüde kullanılan ısı kaynağının ve ısı çukurunun türüne bağlıdır. Sistem tipinin seçiminde yerleşim yerinin konumu, çevre havası sıcaklığındaki değişiklik, toprak koşulları, yeraltı veya yerüstü sularının bulunabilirliği, mimari yapı, gürültü, yer darlığı ve ekonomik kısıtlamalar gibi pek çok faktör rol oynamaktadır. Bu faktörler göz önünde bulundurularak sistem için ısı kaynağı/ısı çukuru seçimi yapılır. Söz konusu faktörler büyük ölçüde yer ve konuma bağlı olduğundan, en uygun sistem tipine karar verilmesinde yerleşim alanının değeri

¹Yrd. Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi, Erzurum Meslek Yüksek Okulu,

²Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

³Yrd. Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

⁴Yrd. Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

Isı pompalarında kullanılan ısı kaynakları şunlardır: (i) dış hava (çevre havası), (ii) yeraltı suyu (kuyu suyu), (iii) nehir suyu, (iv) göl suyu, (v) deniz suyu, (vi) toprak, (vii) güneş, (viii) jeotermal enerji, (ix) atık su ve sıvı atıklar ve (x) atık hava. Dış hava, toprak, yer altı suyu ve atık hava küçük ısı pompası sistemleri için, göl/nehir/deniz suları, jeotermal enerji ve atık sular ise büyük ısı pompası sistemleri için elverişli kaynaklardır [2]. Çizelge 1'de ısı pompalarında kullanılan ısı kaynaklarının sıcaklık aralıkları gösterilmiştir. Yapılarda kullanılacak ısı pompaları için ideal ısı kaynakları şu özelliklere sahip olmalıdır:

Çizelge 1. Isı pompalarında kullanılan ısı kaynakları ve sıcaklık aralıkları [2]

Isı Kaynağı	Sıcaklık Aralığı (°C)
Dış Hava	-10 ~ 15
Atık Hava	15 ~25
Yeraltı Suyu	4 ~ 10
Göl Suyu	0 ~10
Nehir Suyu	0 ~ 10
Deniz Suyu	3 ~ 8
Kayaçlar	0 ~ 5
Toprak	0 ~ 10
Atık Su ve Sıvı Atıklar	>10

1. Isıtma mevsimi boyunca yüksek ve kararlı sıcaklığa sahip olmalı,
2. Bol ve kolay bulunabilir olmalı,
3. Aşındırıcı (korozyif) ve kirletici etkisi olmamalı,
4. Uygun termofiziksel özelliklere sahip olmalı,
5. Düşük yatırım ve işletme maliyetlerine sahip olmalıdır.

Çizelge 2'de çeşitli ısı pompası sistemlerinin avantaj ve dezavantajları özetlenmektedir. Aşağıdaki alt başlıklarda ise her bir sistemin avantajları ve zorlukları ana hatlarıyla açıklanmıştır.

2.1- Hava Kaynaklı Sistemler

Hava her yerde bulunabildiği, ısı pompalarında kullanımı kolay ve ekonomik olduğu için en çok kullanılan ısı kaynağıdır. Ancak ısı kaynağı olarak havanın en büyük dezavantajı kararlı bir sıcaklığa sahip olmaması ve hava sıcaklığının kış aylarında özellikle karasal iklimlerde çok düşmesidir. Hatta hava sıcaklığı gün içinde bile değişkenlik gösterebilmektedir. Dış hava sıcaklığının düşmesi ısı pompasının kapasite ve performansını düşürmektedir. Çünkü ısı pompalarında ısı kaynağı ile ısı

sının performansı azalır. Bu nedenlerle hava kaynaklı ısı pompalarının karasal iklimlerde kullanımı yaygın değildir. Ayrıca hava kaynaklı ısı pompalarında 0°C ve daha düşük sıcaklıklarda buharlaştırıcı serpantini üzerinde buzlanma olmaktadır. Eğer buz birikimi engellenmezse oluşan buz ısı transferini azaltarak ısı pompasının performansını düşürecektir. Oluşan buz çözmek için ısı pompası ters yönde çalıştırılarak defrost yapılır. Ancak enerji veriminden dolayı bu çevrimlerin olabildiğince kısa ve seyrek yapılması gerekir. Defrost sıklığı arttıkça enerji tüketimi de artacağından ısı pompasının performans katsayısı düşecektir. Hava kaynaklı ısı pompalarının kurulum maliyeti toprak kaynaklı ısı pompalarından daha düşüktür. Ayrıca hava kaynaklı ısı pompaları, ısı pompası üniteleri arasında ısının geri kazanımına imkan vermezler [1-3].

2.2- Yüzey Suyu Kaynaklı Sistemler

Yüzey suyu kaynaklı sistemler deniz, göl, gölet vb büyük su kütlelerini ısı kaynağı olarak kullanırlar. Deniz ve göl suyu sıcaklıkları mevsimlere göre değişmesine rağmen hava ve toprağa kıyasla fazla bir değişiklik göstermez. Bazen drenaj amacıyla veya estetik açısından bir bölgeye, göl veya göletler eklenir. Bunlar ısı pompası sistemleri için olası ısı kaynakları ve çukurları olarak görülmelidir. Nehir ve göl suyu kaynaklı ısı pompalarında su derinliğinin 2 m'den az olmaması ve yüzey alanının, kurulu ısı pompası kapasitesinin her bir kW'ı için en az 80 m² olması gerekmektedir. Bu ısı kaynaklarının en büyük dezavantajı kışın sıcaklıklarının yaklaşık 0 °C'ye kadar düşmesidir. Nehir ve göl suyu, ısı pompalarında tıpkı yeraltı sularında olduğu gibi açık ve kapalı devre olarak kullanılmaktadır. Açık devre sistemlerde buharlaştırıcının ve sistem elemanlarının donma ve kirlenme riski olup, sistem tasarımında bunlara dikkat edilmelidir. Kapalı devre sistemlerde bu problemlerin önüne geçilmektedir. Nehir ve göl suyu kaynaklı ısı pompası sistemlerinin ilk yatırım maliyeti toprak kaynaklı ısı pompalarından daha düşüktür. Ancak bunların kullanımı ve tahliyesi, yerel yönetimlerin yaptıkları düzenlemelere bağlı olup, çeşitli kısıtlamalar veya yasaklar konusu olabilmektedir. Nehir ve göl sularının kullanımında ısıtma ihtiyacının karşılanması için ikinci bir ısıtıcıya da gerek duyulmaktadır [1, 2, 4].

Deniz suyu belli şartlar altında mükemmel bir ısı

Sistemin Tipi	Kaynak Özellikleri	Yatırım Maliyeti	Uygulanabilirlik / Çözünürlük	Notlar
Hava Kaynaklı	Büyük sıcaklık değişimi	Düşük	Her yerde uygulanabilir	Buğulu iklimlerde donma ve defrost gereklidir.

Yeraltı Suyu	Tatlı su sıcaklığı değişimi	Suyun salınım noktasındaki yerli suların sıcaklığı	Yeraltı suyu iklim ve mevsim zamanına göre değişim gösterir ve yeraltı sıcaklığıdır.	Koruma sıcaklığında olduğu vardır.	Yeraltı suyunun devresinin aynı kabulmalıdır.
Yeraltı Suyu	Yeraltı suyu sıcaklığı değişimi	Milk-tek	İklimde değişim olacak şekilde sıcaklık değişimi olacaktır.	Yeraltı suyunun devresinin aynı kabulmalıdır.	Devre temininde devresinin aynı kabulmalıdır.
Yeraltı Suyu	Tatlı su sıcaklığı değişimi, ancak yeraltı devresinde sıcaklık değişimi daha yüksektir.	Yeraltı suyu	Yeraltı suyu iklim ve mevsim zamanına göre değişim gösterir ve yeraltı sıcaklığıdır.	Yeraltı suyunun devresinin aynı kabulmalıdır.	Devre temininde devresinin aynı kabulmalıdır.
Yeraltı Suyu	Yeraltı suyu sıcaklığı değişimi, ancak yeraltı devresinde sıcaklık değişimi daha yüksektir.	Yeraltı suyu	Yeraltı suyu iklim ve mevsim zamanına göre değişim gösterir ve yeraltı sıcaklığıdır.	Yeraltı suyunun devresinin aynı kabulmalıdır.	Devre temininde devresinin aynı kabulmalıdır.
Yeraltı Suyu	Yeraltı suyu sıcaklığı değişimi, ancak yeraltı devresinde sıcaklık değişimi daha yüksektir.	Yeraltı suyu	Yeraltı suyu iklim ve mevsim zamanına göre değişim gösterir ve yeraltı sıcaklığıdır.	Yeraltı suyunun devresinin aynı kabulmalıdır.	Devre temininde devresinin aynı kabulmalıdır.

kaynağı olup, genellikle orta ve büyük ölçekli ısı pompası uygulamalarında kullanılır. 25-50 m derinlikte deniz suyu sıcaklığı 5-8 °C arasında sabit ve buzlanma gibi bir sorun yoktur. Çünkü deniz suyunun donma sıcaklığı -1 °C ile -2°C arasında dır. Deniz suyunun kullanımında açık ve kapalı devre sistemler uygulanabilmektedir. Kapalı devre sistemler ise boruların içerisinden soğutucu akışkanın dolaşarak ısı alışverişi yaptığı doğrudan buharlaşmalı (DX) sistem şeklinde uygu-

lanabileceği gibi, borularda suyun ya da salamanın dolaştırıldığı ara akışkanlı sistem şeklinde de uygulanabilir. Sistem tasarımında, korozyona dayanıklı ısı değiştiriciler ve pompalar kullanılmalı, deniz suyunun temas ettiği boru hattı ve elemanlarda organik kirlenme en aza indirilmelidir [2].

2.3- Yer altı Su Kaynaklı Sistemler

Yeraltı suyu yeterli miktarda ve kalitede olması,

ayrıca uygun derinlikte bulunması durumunda ısı kaynağı olarak kullanılabilir. Yer altı sularını ısı kaynağı olarak oldukça çekici kılan, 10 metre ve daha fazla derinliklerde yeraltı suyunun sıcaklığının yüksek ve neredeyse sabit oluşudur. Yeraltı suları pek çok bölgede 4-10°C arasında kararlı sıcaklığa sahiptir. Suyun sıcaklığı; çıkarıldığı derinliğe, iklime ve bölgenin jeolojik yapısına bağlıdır. Bu ısı kaynağından yararlanmak için açık ve kapalı sistemler kullanılmaktadır. Açık sistem

- (ii) Bina devresinde bulunan ısı pompaları arasında dahili ısı geri kazanımı oluşmasına imkan sağlar.
- (iii) Pompa boyunca statik basınç farkı düşürülerek devrede bulunan pompanın enerji ihtiyacı azaltılır.
- Korozyonu azaltmak için ısı değiştiricisinin paslanmaz çelikten imal edilmiş olması gerekmektedir.

lerde yer altı suyu ısı pompasına pompalanır, ısı alınır ve daha sonra ayrı bir kuyuya veya yüzey suyuna geri gönderilir. Kapalı sistemler ise direkt genleşmeli tip (soğutkan yer altı ısı değiştiricide buharlaşmaktadır) veya salamura çevrimli tip olabilir [2, 5].

Yeraltı suyu sıcaklığı mevsimden mevsime çok az değiştiğinden yeraltı suyu sistemleri özellikle hava sıcaklığının yaz ile kış arasında büyük değişim gösterdiği karasal iklimler için cazip bir ısı kaynağı ve ısı çukuru olarak göze çarpmaktadır. Yıl boyunca belirli bir mahaldeki yeraltı suyu sıcaklığı yaklaşık olarak oradaki ortalama yıllık hava sıcaklığına eşittir. Aşırı derinliğe sahip kuyulardaki yeraltı suyu sıcaklığı ortalama yıllık çevre sıcaklığından daha yüksektir. Yeraltı suyunun başlıca dezavantajları ise suyun bulunabilirliği, miktarının yeterliliği, ilk yatırım maliyetinin yüksek oluşu, kalitesi düşük olan suların yol açtığı sorunlar, yerel yönetmeliklerden kaynaklanabilecek kısıtlamalar ve çevre kirliliği oluşturma ihtimalidir. Daha önceden açılmış bir su kuyusunun mevcut olması durumunda, sistemin ilk yatırım maliyeti oldukça düşürülebilir.

Alternatif bir tasarım ise derin kuyu sistemleridir. Bu sistemlerde su kuyunun dibinden çekilir ve kuyunun üst tarafından tekrar kuyuya geri gönderilir. Böylece çekildiği kuyudan aşağıya inerken su ısınır veya soğur. Yöntem, uygun ve etkin bir ısı transferi sağlamaktadır. 6 inç çapına ve 450 m derinliğine kadar derin kuyu sistemleri bulunabilir. Bu sistemlerde su, direkt olarak ısı pompasında kullanıldığından korozif ve tortulu olmama ve ayrıca bol miktarda olmalıdır. Kuyu, suyun çok derinde olduğu bir bölgede açılacak ise pompalama maliyeti çok yüksek olacaktır.

Yer altı su kaynaklı sistemlerde kapalı devre kullanılması iyi bir tasarım uygulamasıdır. Bu sayede [1]:

- (i) Tortu ve çamur oluşumu azaltılır ve temizlik kolaylaşır.

2.4- Toprak Kaynaklı Sistemler

Yer altı suyu sistemlerinden farklı olarak toprak kaynaklı sistemler doğrudan yeraltı suyu kullanmazlar; bunun yerine toprak altına gömülü bir ısı değiştirici vasıtasıyla toprağın ısısını alırlar. Yıl boyunca güneşin yeryüzüne sağladığı ve toprağın depoladığı enerji, ısı kaynağı olarak kullanılır. Güneş, yaz mevsiminde öğle vakitlerinde 1000 W/m² toprak alanı enerji, kış mevsiminde ise 50-200 W/m² toprak alanı enerji göndermektedir. Toprakta yeryüzünün üstüne akan ısı akısı ise sadece 0.042-0.063 W/m² toprak alanı değerindedir. Bu ise pratikte ihmal edilebilir. Bundan dolayı toprağın yıl içerisindeki sıcaklık değerleri dengeli ve yüksektir. Toprağın 1-2 m altındaki sıcaklık değerleri çok az değişmekte olup, yıl boyunca en düşük sıcaklık 0°C'nin altına inmemektedir. Bu durum toprağın, kışın en soğuk günlerinde bile optimal işletme için gerekli olan sıcaklık değerlerine sahip olduğunu gösterir. Aynı zamanda yeraltı ve yüzey suyuna kıyasla yararlanma imkânının çok daha fazla oluşu toprağı ısı pompaları için önemli bir ısı kaynağı/çukuru durumuna getirmiştir. Toprak sıcaklığının hava sıcaklığına kıyasla yıl içinde fazla değişmemesi ve kışın uygun sıcaklık seviyesinde olması toprak kaynaklı sistemlerin özellikle karasal iklimlerde kullanımına imkan sağlamaktadır. Toprak kaynaklı sistemler evlerde ve ticari/kurumsal binalarda kullanılmakta olup yeraltı suyu kaynaklı sistemlere benzer avantajlar sunmaktadırlar [5, 6].

Mevcut toprak alanı, toprağın bileşimi, yoğunluğu, içerdiği nem miktarı, boruların toprağa gömülme derinliği gibi faktörler toprak kaynaklı ısı pompalarında ısı değiştiricisinin seçiminde ve boyutlandırılmasında önemli rol oynar. Toprak kaynaklı ısı pompalarının dezavantajları ise şunlardır: İlk yatırım maliyetinin yüksek olması, boş toprak alanına duyulan büyük ihtiyaç, toprak özelliklerindeki yerel ve zamansal değişimler, boruların yerleştirilmesindeki güçlükler, onarımının zor ve masraflı olması. Toprak kaynaklı ısı pompaları

boş toprak alanına duyulan ihtiyaçtan ve ilk yatırım maliyetinin yüksek oluşundan dolayı müstakil yapılarda, özellikle villa tipi evlerde ve çeşitli ticari/kurumsal binalarda kullanılmaktadır.

Toprak ısı değiştirici dikey ya da yatay bir tasarıma sahip olabilir. Dikey konfigürasyon 50-100 m derinliğindeki dikey sondaj delikleri matrisinden oluşur. Bunların içerisinde U boruları veya bazı durumlarda ise eşmerkezli borular yerleştirilir. Her bir sondaj deliğinden gelen borular kollektörler ve çıkışlarla birbirine bağlanarak sondaj alanı olarak adlandırılan büyük bir toprak ısı değiştiricisini oluştururlar. Yatay toprak ısı değiştiricisi, içerisinden boru devrelerinin yerleştirildiği hendekleri kul-

lan ikinci yöntem ise yeryüzünün derinliklerinde bulunan kayaçların jeotermal ısısından yararlanmaktır. Bu yöntem yer altı suyunun hiç bulunmadığı veya çok az miktarda bulunduğu yerlerde uygulanabilir. Tipik sondaj kuyusu derinliği 100 ile 200 m arasındadır. Yüksek ısı kapasite istendiğinde, açılan kuyular büyük bir kayaç hacmine ulaşmaya kadar ilerletilir. Bu tür ısı pompaları daima polietilen borularla kayaçtan ısı çeken salamura sistemine bağlanırlar. Sondaj işleminin yüksek maliyetinden dolayı kayaçların küçük konutlarda ısı kaynağı olarak kullanılması ekonomik açıdan genellikle uygun değildir [2].

2.7- Atık Su ve Sıvı Atık Kaynaklı Sistemler

lanır. Bu hendekler daha sonra doldurulur. Isı de-
ğiştiriciyi diğer yapı işlevlerine dahil etmek mas-
rafları azaltabilir. Bunun örnekleri dikey sondaj ala-
nının binanın temel kazıklarıyla birleştirilmesi ve
ya sondaj alanının bir okulun futbol sahasının al-
tına yerleştirilmesi olabilir [1].

2.5- Güneş Kaynaklı Sistemler

Güneş enerjisi, güneşten gelen ve dünya atmos-
ferinin dışında şiddeti sabit ve 1370 W/m^2 yeryü-
zünde ise $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında olan
yenilenebilir enerjidir. Isı pompalarında güneş
enerjisi tek başına kullanılabilir gibi daha çok
diğer ısı kaynaklarının yanında destek olarak kul-
lanılmaktadır. Güneş enerjisi kaynaklı ısı pom-
paları güneş enerjisinden doğrudan ve dolaylı ol-
mak üzere 2 şekilde yararlanmaktadırlar. Güneş
enerjisini doğrudan kullanan sistemlerde kollek-
tör, buharlaştırıcı görevi yapmakta ve soğutucu
akışkan güneş enerjisi ile doğrudan buharlaştı-
rılmaktadır. Dolaylı sistemlerde ise kollektör içeri-
sinden geçirilen su veya hava ısı taşıyıcı olarak
kullanılmakta ve buharlaştırıcıda ısıyı soğutu-
cu akışkana vermektedir. Güneş enerjisi kay-
naklı ısı pompalarının en büyük avantajı buhar-
laştırıcıda daha yüksek sıcaklık, dolayısıyla da
ha yüksek ısıtma etki katsayısı elde edilmesidir.
Ancak dış hava sıcaklığının düşük olduğu, yani
ısıtma ihtiyacının fazla olduğu günlerde güneş
enerjisi de az olduğundan ek ısıtma sistemine ge-
rek duyulur. Bu durum ise zaten yüksek olan ma-
liyetin artmasına neden olur [3, 6].

2.6- Jeotermal Enerji Kaynaklı Sistemler

Jeotermal enerjiden ısı pompalarında iki şekilde
yararlanılabilir. Birincisi yeraltından yüzeyle ulaş-
mış düşük sıcaklıktaki kaynak suları ısı pompa-
larında ısı taşıyıcı akışkan olarak kullanılabilir.

Atık sular, arıtılmış veya arıtılmamış kanalizas-
yon suları, endüstriyel sıvı atıklar, endüstriyel
proseslerin/motorların/kompresörlerin soğutma
suları ve soğutma makinalarının yoğunlaştırıcı su-
yu bu ısı kaynaklarının tipik örnekleridir. Bu ısı
kaynaklarının en büyük avantajı nispeten yüksek
ve sabit sıcaklıklara sahip olmaları, en büyük de-
zavantajları ise miktarlarındaki değişkenliktir. Bu
yüzden ısı pompalarının düzenli çalışmasını te-
min etmek amacıyla depolama tanklarına gerek-
sinim duyulabilmektedir. Atık su ve sıvı atıkların
gerek miktarlarındaki düzensiz değişimler ve ge-
rekse uzaklık nedeniyle evlerde ve ticari/kurumsal
binalarda ısı kaynağı olarak kullanımları genellik-
le sınırlıdır. Ancak atık sular ve sıvı atıklar en-
düstriyel işlemlerde enerji tasarrufu sağlayan en-
düstriyel ısı pompaları için ideal ısı kaynaklarıdır
[2].

2.8- Atık Hava Kaynaklı Sistemler

Evlerde ve küçük işyerlerinde kullanılabilen ortak
ısı kaynağıdır. Atık hava ile çalışan ısı pompa-
ları, kullanılmış havanın ısıyı geri kazanmak su-
retiyle iç ortamın havasını ısıtır veya sıcak su el-
de ederler. Ortam havasını ısıtmak için kullanılan
atık hava kaynaklı ısı pompaları, iç ortamın ılık
havasını ısı kaynağı olarak kullanarak soğutucu
akışkan vasıtasıyla havalandırma sisteminden
gelen taze havayı ısıtır ve bu havayı iç ortama
vererek ısıtma yapabilirler. Ancak bu sistemin uy-
gulanabilmesi için binada havalandırma sistemi-
nin mevcut olması şarttır. Sıcak su elde etmek
amacıyla kullanılan atık hava kaynaklı ısı pompa-
larında ise ortam havasının ısı, ısı pompası
içerisinde sirkülasyon yapan akışkana verilmekte
ve akışkan buharlaştırılıp ısı suya verilerek
suyun ısıtılması sağlanmaktadır [2].

Çizelge 3. Çeşitli ısı ve soğuk dağıtım sistemleri için tipik sıcaklıklar [2]

	Uygulama	Ortalama Sıcaklık Aralığı (°C)
Hava Dağıtım	Hava ısıtma	30-30
	Soğutma (buharlaşıcıdan doğrudan soğutma)	5-7
Ticari ve Kurumsal	Radyantlı	40-50
	Yüksek sıcaklık (sıcak su) / Düşük sıcaklık (soğuk su)	30-110
Radyantlı Sistem	Radyantlı ısıtma / Sıcak su	70-110
	Radyantlı ısıtma / Sıcak su	110-130
Binaların Soğutma	Soğutucu su	11-17
	Soğutucu su	5-7
	Buharlı soğutma	3-8

3- Isıtma/Soğutma Yüklerinin Hesaplanması

Uygun bir ısı pompası cihazının seçiminde, yapı-
nın ısıtma/soğutma yük hesabının yapılması
başlangıç noktasıdır. Isı pompasının kapasitesi-
nin belirlenmesi için ısıtma/soğutma yük hesabı

Avantajları, hava/hava veya su/hava ısı -
pompalarının kullanımını gerektiren sulu sis-
temler hava/su veya su/su ısı pompalarının kulla-
nımını gerektirirler. Isı pompalarının verimi, ısı
kaynağı ile ısı dağıtım sistemi arasındaki sıcaklık

yapılmalıdır. Isıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanması, çeşitli ülkelerde geçerli normlar doğrultusunda (Türkiye'de TSE 825, Almanya'da DIN 4701, İsviçre'de IA 380-1, SIA 384-2) yapılır. Kesin hesaplar yapılmadan deneyimlere dayanarak ısı gereksinimi bilinmek istenirse aşağıda yazılan yaklaşık değerlerden yararlanılabilir [7]:

- Eski sistemde inşa edilmiş yapılar: 75 W/m²
- İyi ısı izolasyonlu yeni yapılar: 50 W/m²
- Düşük enerji evleri: 30 W/m²

Özgül enerji ihtiyacı (W/m²) ısıtılacak toplam bina alanı ile çarpılarak toplam ısı ihtiyacı bulunur. Bununla birlikte bu yaklaşık hesap yöntemlerini kullanmaktan kaçınılmalıdır. Yaklaşık hesap yöntemleri içerdikleri hatalar nedeniyle, satın alma maliyeti ile yıllık enerji maliyetlerini artırabilir.

4- Dağıtım Sistemi Sıcaklığının Belirlenmesi

Isı pompasının tipinin seçimi dağıtım sistemine bağlıdır. Hava en yaygın kullanılan ısı dağıtım aracıdır. Hava doğrudan mahalle verilebilir veya zorlanmış bir hava kanalı sistemi ile dağıtılabilir. Hava dağıtım sisteminin çıkış sıcaklığı genellikle 30-50°C arasındadır. Su dağıtım sistemlerinde geleneksel radyatör sistemleri tipik olarak 60-90°C aralığında yüksek dağıtım sıcaklıkları gerektirirler. Günümüzün düşük sıcaklık radyatörleri ve konvektörlerinde maksimum çalışma sıcaklıkları 45-55°C, döşemeden ısıtma sistemlerinde ise 30-45°C arasında değişmektedir. Çizelge 3'de çeşitli ısı ve soğuk dağıtım sistemlerinin tipik sıcaklıkları gösterilmiştir [2].

tarkı düştükçe yükseldiğinden, mahal ısıtma amaçlı ısı pompalarında ısıtma mevsiminde ısı dağıtım sıcaklığı olabildiğince düşük olmalıdır. Başka bir deyişle ısı kullanım elemanının (örneğin radyatörler) sıcaklığı ne kadar düşük olursa, ısı pompasının verimi o kadar yüksek olur. Bunun sonucunda da daha düşük ısınma gideri oluşur. Buna ulaşabilmek için de büyük boyutlu ısı transfer sisteminin seçimi gereklidir. Çizelge 3'ten de görülebileceği gibi bu amaca en uygun olan, düşük sıcaklıkta çalışan döşemeden ısıtma sistemleri ve duvardan ısıtma sistemleridir. Bunun yanı sıra daha büyük hacme daha eşit oranda ısı transferini sağlayan döşemeden ısıtma sistemleri insanın kendini daha rahat hissetmesini sağlar. Isı pompası sisteminin verimini artırmak için 55°C su çıkış sıcaklığına sahip yeni radyatörlü ısıtma sistemleri kullanılmalıdır [2, 7].

5- Isı Pompası İşletim Sisteminin Seçimi

Isı pompaları, işletme şekline göre monovalent (tekli) işletmeli, bivalent (ikili) işletmeli ve multivalent (çoklu) işletmeli ısı pompaları olmak üzere 3 sınıfa ayrılırlar [7]:

1. Monovalent işletim sistemi (sadece ısı pompası): Isı pompası tek başına bütün ısıtma ve soğutma ihtiyacını karşılar. Isı kaynağı olarak çoğunlukla su veya toprak kullanılır.
2. Bivalent işletim sistemi: Eğer ısı ihtiyacı iki ısı üreticisi ile karşılanıyorsa bivalent işletme söz konusudur. Bivalent paralel tek enerji kaynaklı işletim sisteminde (ısı pompası ve elektrikli ısıtıcı), ısı pompası yıllık ısı ihtiyacının % 90'ını karşılar. Elektrikli ısıtıcı gereksinim ha-

linde paralel olarak devreye girer. Çoğunlukla havanın ısı kaynağı olarak kullanıldığı yeni evlerde kullanılır. Bivalent alternatif enerji kaynaklı işletim sisteminde (ısı pompası ve kazan) ise ısı pompası ısıtma işini ikinci bir ısıtma sistemi ile paylaşır. Bu sistem, bir ısı pompasının yüksek sıcaklıkla çalışan ısınma sistemlerine eklenmesi halinde kullanılır.

3. Multivalent (çoklu) işletim sistemi: Multivalent işletmede, ısı gereksinimi ikiden fazla ısı üreticisiyle karşılanır.

Genel olarak ısı pompasının binanın yıllık toplam ısı gereksiniminin en az %90'ını karşılayacak ısıtma kapasitesine sahip olması istenir. Isının kalan miktarını ise ilave ısı kaynağı (genellikle ısı pompasının içerisine veya kanala monte edilmiş elektrikli ısıtıcılar) sağlayabilir. İlave ısıtıcılar çok soğuk günlerde devreye girer. Elektrikli ısıtıcının kullanılması enerji giderlerini çok az değiştirir, fakat ısı pompası ilk yatırım maliyetini önemli ölçüde azaltabilir. Özellikle bu durum ısıtmanın daha önemli olduğu soğuk iklimde sahip bölgelerde iklimlendirme cihazının kapasitesinin daha düşük

olmasını kabul edilebilir hale getirir [8].

6- Isı Pompası Tipinin Seçimi

Yapının gereksinimlerinden, mimari gereksinimlerden ve yerleşim alanıyla ilgili karakteristiklerden yola çıkılarak sistem tipine karar verildikten, ısıtma/soğutma yükü ve ısı dağıtım sistemi çıkış sıcaklığı belirlendikten ve işletim tipine karar verildikten sonra ısı pompası tipinin seçimi yapılabilir. Esasen dört farklı tip ısı pompası mevcuttur: hava/hava, hava/su, su/hava ve su/su ısı pompaları. Hava/hava ısı pompası sistemleri ısı kaynağı olarak dış havayı kullanırlar ve direkt olarak ısıyı mahal havasına ya da mahal havasından dışarıya transfer ederler. Hava/su ısı pompası sistemlerinin ısı kaynağı yine hava olup, suyu binanın içerisine ısı dağıtım aracı olarak kullanırlar. Su/hava ısı pompası sistemlerinde ise ısı kaynağı su olup, bu tip ısı pompaları enerjiyi doğrudan mahal havasına transfer ederler veya mahal havasından dışarı çekerler. Su/su ısı pompası sistemleri ise ısı kaynağı olarak suyu kullanırlar ve su dağıtım sistemi vasıtasıyla ısıtma/soğutma gereksinimi karşılar. Çizelge 4'te bu dağıtım

Çizelge 4. Isı pompası tipleri ve avantajları [1]

Isı Pompası Tipi	Kapasite/Ünitesi	Isı Pompası Enerjisinin Alınmadığı Ortam	Avantajları/Dezavantajları
Hava/Hava	Hava	Hava	Hava ile dış ortamdan ısı alınmasıdır. Kısıtlı kapasiteye sahiptir. Hava ile dış ortamdan ısı alınmasıdır. İzolasyonun kalitesi önemlidir.
Hava/Su	Hava	Su	İzolasyonun kalitesi önemlidir. Su ile dış ortamdan ısı alınmasıdır. Su ile dış ortamdan ısı alınmasıdır.
Su/Hava	Su veya kalın duvarlı beton duvarlar, yer altı suyu, kaya suyu, yüzeysel su	Hava	Su ile dış ortamdan ısı alınmasıdır. Su ile dış ortamdan ısı alınmasıdır. Su ile dış ortamdan ısı alınmasıdır.
Su/Su	Su veya kalın duvarlı beton duvarlar, yer altı suyu, kaya suyu, yüzeysel su	Su	İzolasyonun kalitesi önemlidir. Su ile dış ortamdan ısı alınmasıdır. Su ile dış ortamdan ısı alınmasıdır.

ısı pompası ve bunların özellikleri gösterilmektedir [1].

Isı pompası tipinin seçimiyle ilişkili şu temel ilkeler göz önünde tutulmalıdır [12]:

1. Isı pompasının enerji verimlilik oranı (EVO) ve performans katsayısı (COP) minimum değerden aşağı olmamalıdır.
2. Isı pompasının ısı değiştiricilerinde maksimum yük kayıpları maksimum ton soğutma kapasitesi için belli değeri geçmemelidir.
3. Değişken hızlı kompresörlü sistemler vb. çok hızlı ünitelerin kullanımı değerlendirilmelidir.
4. Tasarım dışı koşullarda iyi çalışmalıdır.

Isı pompası tipini seçerken göz önüne alınması gerekli performans, kapasite ve sistem elemanları faktörleri aşağıda ayrıntılı olarak incelenmiştir.

6.1- Isı Pompasının Performansı

Isı pompasının performansı hem ısıtma hem de soğutma verimi bakımından değerlendirilir. Performans genellikle COP (performans katsayısı) ve EVO (enerji verimlilik oranı) kullanılarak belirtilir. COP, birbirine uygun birimlerde, çekilen ısı miktarının kompresöre verilen enerji miktarına oranı olarak tanımlanır. EVO, ünite şeklinde klima cihazlarının ve ısı pompası sistemlerinin so-

nellikle MEVO yükseldikçe maliyetler artar. En verimli ısı pompaları 14-18 arasında bir MEVO değerine sahiptir (Çizelge 5). IMPF değerinin en az 7 ve MEVO değerinin ise en az 12 olan ısı pompalarının tercih edilmesi istenir [6, 9].

Isı pompasından geçen sıvı ve havanın sıcaklıkları ve debileri değiştiğinde, ısı pompası ünitesinin verimi değişir. İmalatçılar ısı pompalarının performanslarını belirli standart koşullara (ISO 13256-1 vb.) göre belirtirler. Örneğin kapalı devre toprak kaynaklı sistemler için ayrı, açık devre ve yer altı suyu sistemleri için ayrı değerlendirme kriterleri vardır. Isı pompalarının karşılaştırma yaparken aynı standart değerlendirme koşullarına göre karşılaştırma yapmak gereklidir. Herhangi bir sistemde, tüm sistem imalatçılarının spesifikasyonuna göre dizayn ve kurulumu yapıldığında, ısı pompası performans değerlendirmesini karşılayacaktır.

6.2- Isı Pompasının Kapasitesinin Belirlenmesi

Seçilen ısı pompası ünitesinin kapasitesi, binanın mekan ısıtma/soğutma ve/veya su ısıtma gereksinimlerini karşılayabilmelidir. Isı pompalarının uygun boyutlandırılması ilk yatırım maliyetlerini azaltırken konforu ve işletme verimini artırır. Isı pompalarında kullanılan yerden yerden bir klima sistemi

ma cihazlarının ve ısı pompası sistemlerinin soğutma verimini belirlemek için kullanılan bir terimdir. Net soğutma kapasitesinin (Btu/h olarak çekilen ısı) verilen toplam elektrik enerjisine (W) oranı olarak tanımlanır. COP ve EVO ne kadar yüksek olursa ünite o kadar verimli çalışır. Isı pompalarının mevsimsel ısıtma verimini açıklamak için kullanılan ısıtma mevsimlik performans faktörü (IMPF), tüm ısıtma sezonu boyunca ısı pompasıyla verilen ısı enerjisinin (ek ısıtma dahil) elektrik enerjisi tüketimine oranıdır. En verimli ısı pompaları 8-10 arasında bir IMPF'ye sahiptir. Mevsimlik enerji verimlilik oranı (MEVO) ile ise ısı pompasının soğutma verimi değerlendirilir. Ge-

pompalarında yapılan yaygın bir hata cihazı büyük boyutlandırmaktır. Büyük olan daha iyidir anlamına gelmez. Büyük kapasiteli ısı pompası yüksek ilk yatırım ve işletme maliyetine ve optimum boyutlu cihazdan daha az verimliliğe sahiptir. Isı pompaları en yüksek işletme verimine çalışmaya başladıktan 5-15 dakika sonra eriştiğinden, kesikli çalışan büyük kapasiteli üniteler uygun kapasiteli ünitelerden daha az verimlidir. Kesikli çalışma soğuk-nemli iç koşullar, yüksek sıcaklık salınımları, sık çalışma/durma nedeniyle mekanik arızalar ve yüksek işletme maliyetlerine neden olur. Büyük kapasiteli ısı pompaları ayrıca büyük fanlar veya küçük kanallar dolayısıyla gü-

Çizelge 5. Isı pompalarının IMPF ve MEVO değerleri [12]

	Isıtma Mevsimlik Performans Faktörü (IMPF)	Mevsimsel Enerji Verimlilik Oranı (MEVO)
Minimum verimli		
Pellet sistemleri	8-9	8-9
Sıvı ısıtma sistemleri	8-9	8-9
Hava verimli üniteleri	7.5-7.8	10-11
Yüksek verimli üniteler	8.0	11-12
Sıvı yüksek verimli üniteler		10-12
Değişken hızlı ısı pompaları	8-10	10-12

rütlü çalışmaya ve fanları çalıştırmak için daha fazla elektrik tüketimine neden olur. Eğer kapasite çok küçük olursa, ısı pompası ısıtma/soğutma gereksinimlerini karşılayamayarak zayıf performans gösterir. Kapasitesi doğru seçilmiş bir ısı pompası ise gereğinden fazla kapasiteye sahip olan bir ısı pompasına göre daha fazla konfor ve nem kontrolü sağlar [12]. Soğuk ve sıcak iklimlerde ısı pompası kapasitesinin belirlenmesinde farklı yaklaşımlar söz konusudur.

Soğuk İklim Bölgeleri

Soğuk iklim bölgelerindeki tipik problem soğutma yükünün küçük, ısıtma yükünün ise büyük olmasından kaynaklanan uygun ekipman seçimi problemidir. Soğuk iklimlerde ısı pompalarının boyutlandırılması iklimdeki nem seviyelerine ve işletme ve ilk yatırım maliyetlerinden hangisinin daha önemli olduğuna bağlıdır [11].

1. Eğer nem orta seviyelerde ise ısı pompasının ısıtma kapasitesi, soğutma kapasitesinin %125'ine eşit olacak şekilde seçilmelidir.
2. Eğer nem seviyeleri uygulamada düşük ve işletme maliyetlerinin az olması önemli ise ısı pompası ve toprak devresi, ısıtma yükünün %90-100'ü arasında boyutlandırılmalıdır.
3. Eğer nem seviyeleri düşük ve ilk yatırım maliyetlerinin az olması önemli ise ısı pompası ve toprak devresi, ısıtma yükünün %70-85'i arasında boyutlandırılmalı ve kalan yük elektrikli rezistans ısısıyla karşılanmalıdır. Bu vakla-

mü iki hızlı ısı pompasıdır. Doğru bir şekilde uygulandığı takdirde, iki hızlı ısı pompaları pek çok kapasite seçim problemini çözebilir, daha güvenli ve verimli çalışma sağlayabilir ve bütün mevsimlerde ev sahibine konfor güvencesi verebilirler [6, 9].

Sıcak iklimlerde nem seviyeleri orta-yüksek aralıklarda ise ısı pompası kapasitesi hesaplanan duyulur yükü karşılayacak veya daha büyük olacak şekilde seçilmelidir. Ayrıca hesaplanan gizli ısı yükü ısı pompasının gizli kapasitesinden az olmadıkça, ısı pompasının duyulur kapasitesi, toplam soğutma yükünün (duyulur+gizli) %115'inden daha yüksek olmamalıdır. Duyulur/toplam soğutma yükü oranı hava debisiyle ayarlanabilir. Eğer hava debisi azaltılırsa ünitenin gizli kapasitesi artar. DX ısı değiştiricisinden daha az miktarda hava geçmesi havadan çekilen nem miktarını artıracaktır [11].

6.3- Sistem Elemanları

Isı pompası seçimi yaparken binanın konforu ile ısı pompasının ekonomikliğini artıracak alternatifleri ele almak gereklidir. Örneğin kanallarla ilgili olarak bunların tasarım ve malzemelerinin yanı sıra gereken uygun hacim miktarının da dikkatlice düşünülmesi lazımdır. Binanın mimari planlarına bakılarak mimar ve müteahhidin kanal ve fanlar için yeterince yer planlayıp planlamadıkları kontrol edilmelidir. Isıtma ve soğutma sistemleri dar alanlara sığdırılmak zorunda kaldığında ka-

Resimdeki teknolojiye karşın, genellikle daha küçük boyutta ısı pompasının daha küçük boyutta seçilmesi ve devre malzemelerinin daha az kullanılması nedeniyle ilk yatırım maliyetleri daha az olacaktır.

Genel olarak, tam veya büyük boyutlandırılmış ısı pompası sisteminin işletme maliyetlerindeki kazanç, yüksek ilk yatırım maliyetini karşılayamaz. Soğuk bir iklimde ısıtma yükünü tam karşılayacak şekilde boyutlandırılmış bir ısı pompası, soğutma için aşırı boyutlandırılmış olacaktır.

Sıcak İklim Bölgeleri

Sıcak iklim bölgelerinde ise büyük soğutma yüküne göre seçim yapılması, ihtiyaç duyulandan daha fazla bir ısıtma kapasitesine yol açabilir. Eğer havalandırma ihtiyacını karşılamak için ekipman büyük seçilirse ortaya çıkan soğuk ve nemli atmosfer, kullanıcı memnuniyetsizliğine yol açabilir. Bu kapasite seçim problemlerinin muhtemel çözümü

nallar daralır ve hava akışı yetersiz kalır [9].

Kaynaklar

- [1] Cane, D. and Garnet, J., Learning from Experiences with Commercial/Institutional Heat Pump Systems in Cold Climates, CADDET Analyses Series No. 27, CADDET ENERGY Efficiency, ISBN-90-72647-46-7, 2000
- [2] International Energy Agency (IEA) Heat Pump Centre, www.heatpumpcentre.org, 2006
- [3] Yılmaz, V., Toprak kaynaklı ısı pompasının klasik sistemlerle tekno-ekonomik karşılaştırılması, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2000
- [4] Yüksel, C., Yurdumuz şartlarında ısı pompası imalatının araştırılması, piyasa tetkiki ve sistem parametrelerinin bilgisayar programı ile analiz edilmesi, Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 1987
- [5] Hepbaşlı A., Isı pompası sistemleri ve konut ısıtılması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 1985
- [6] Sauer, H.J., Howell, R.H., 1983. Heat Pump Systems. John Wiley & Sons.
- [7] Ochsner Heat Pumps, Karla İnşaat ve Dış Ticaret Ltd. <http://www.karlaltd.com>, 2006
- [8] Residential Earth Energy Systems: A Buyer's Guide (REES), ISBN 0-662-30980-4 Cat. No. M92-236/2001E, Kanada, 2002
- [9] HVACR, <http://www.americanhvacservices.com> 2006
- [10] Dursun, B., Soğuk İklim Koşullarında Isı Pompalarının Kullanımı, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 2006
- [11] Trane, 2006. High Efficiency Vertical Stack Water-Source Comfort System. <https://www.airconditioningmanufacturers.com>
- [12] Technology Fact Sheet, 2001. Heating & Cooling Equipment Selection. Office Of Building Technology, State And Community Programs Energy Efficiency And Renewable Energy. U.S. Department of Energy. Doe/Go10099-779

