

Duvardan Isıtma - Soğutma Sistemleri ve Tasarım İlkeleri

Prof. Dr. Olca KINCAI
Prof. Dr. Hikmet KARAKOÇ

ÖZET

Duvardan ısıtma ve soğutma sistemi, uygulamasının son derece basit olmasının yanında, yatırım ve işletme maliyetlerini azaltması ve ısı konforun artırılması gibi önemli avantajlarıyla önümüzdeki dönemlerde kullanımı artacak olan bir sistemdir. Bu sistem henüz Ülkemizde yaygın olarak kullanılmamaktadır. Ancak enerji kullanımı ve tasarrufu ile ilgili yasalar gereği düşük seviyede enerji tüketen sistemlere talebin artmasıyla birlikte yaygınlaşacaktır.

Duvardan ısıtma ve soğutma sistemleri, mahal sıcaklığının suyun ya da havanın sirkülasyonu veya panellere bağlanan elektrik devrelerinden akım geçirilmesi suretiyle kontrol edildiği sistemlerdir. Isı transferinin %50 den fazlasının radyasyonla gerçekleşmesi ve kontrol edilen panel yüzey sıcaklıklarının 150°C'nin altında olmasıyla karakterize edilen bu sistemler radyatörlü ısıtma sistemlerine göre ekonomi, konfor ve sağlık açısından birçok avantaja sahiptir. Ancak bu önemli avantajlardan, doğru sistem tasarımlarının yapılması ile en üst seviyede yararlanılabilir. Bu bağlamda bu çalışma ülkemizde henüz yaygın olarak kullanılmayan bu sistem için tasarım ilkelerinin bir arada toplanarak sektörün hizmetine sunulduğu bir kaynak olarak ortaya konmaktadır.

Anahtar kelimeler: Duvardan ısıtma ve soğutma sistemi, tasarım, ısı konfor

1. Giriş

Duvardan ısıtma ve soğutma sistemleri, mahal sıcaklığının suyun veya havanın sirkülasyonu veya panellere bağlanan elektrik devrelerinden akım geçirilmesi suretiyle kontrol edildiği sistemlerdir. Sistem mahallin iç yüzeylerini kullanmaktadır. Eğer ısı transferinin %50'den fazlası radyasyonla gerçekleşiyorsa, sıcaklığın kontrol edildiği yüzey, radyatif panel adını alır. Bu sistemler, kontrol edilen yüzey sıcaklığının 150°C'nin altında olmasıyla karakterize edilirler. Tek zonlu, sabit sıcaklıklı, sabit hava hacimli merkezi bir cebri havalandırma sistemi ile veya çift kanallı, tekrar ısıtmalı, çok zonlu ya da değişken hacimli sistemlerle, merkezi olmayan konvektif sistemlerle, mahal içi fan-coil terminal birimleriyle birlikte çalıştırılabilirler. Birleşik çalışan sistemler yük paylaşımlı (hibrid sistemler) olarak adlandırılır [1].

Abstract:

The wall heating and cooling system, in addition to the simplicity of its application, is one that will become more popular in the days to come by virtue of such significant advantages as reducing investment and operational costs, and increasing thermal comfort. This system is not yet used commonly in our country. However, it will become more widespread as the demand for low energy consuming systems rises as required by the laws regarding energy utilization and energy saving.

Wall heating and cooling systems are systems where indoor temperature is regulated through the circulation of water and air or by the circulation of current through electrical circuits connected to panels. These systems that are characterized by the fact that over 50% of heat transfer occurs through radiation, and that the controlled panel surface temperatures are below 150°C, offer many advantages in terms of economy, comfort, and health as compared to radiator heating systems. Yet the utmost utilization of these significant advantages is possible through correct system design. In this context, this study is presented as a resource wherein the design principles for this system that is yet to be used commonly in our country are collected and offered to the use of the industry.

Key Words:

Wall heating and cooling system, design, thermal comfort

Makale

Duvardan ısıtma ve soğutma sistemi ile birlikte ayrıca ek olarak tavan, zemin ısıtması da yapılabilir. Panellerin içinde dolaşan ve ısı enerjisinin duvarlara taşınmasını sağlayan akışkan genellikle sudur ve bu paneller serpantin şeklindeki dairesel veya dikdörtgen kesitli ızgara şeklindedir. Duvardan ısıtma ve soğutma sistemi (Şekil 1), yerden ısıtma sistemlerine benzer olarak duvarların iç kısmına monte edilen serpantin borulardan oluşmaktadır.

Isıl konfor, “ısı çevreden memnuniyet ifade eden ruh durumudur” [3]. Doğru tasarlanmış bir sistemde, içeride bulunanlar mahallin ısıtıldığını veya soğutulduğunu fark etmezler. İnsanın ısı konforu üzerinde ortalama radyatif sıcaklığın (MRT) önemli bir etkisi bulunmaktadır. Binayı oluşturan yüzeylerin (özellikle aşırı büyük cam yüzeyler içeren dışa bakan duvarların) sıcaklığı, çevre sıcaklığından önemli miktarda farklıysa, konveksiyon mekanizması aşırı soğuk veya sıcak yüzeylerin yarattığı konforsuzluğu ortadan kaldırma hususunda zorlanır. Isıtma ya da soğutma panelleri, bu eksikliği nötralize ederken, insan bedeninden radyasyonla ısı kaybı ya da kazancını en aza indirirler. Bina malzemelerinin çoğu yüksek yayıcılığa sahip olup, radyatif panellerden kazandıkları ısıyı tekrar yayarak bu amaca hizmet eder. Ayrıca şeffaf cam tarafından yayılan dalga boylarına karşı opak olan radyatif paneller, uzun dalga boylu radyasyonun küçük bir kısmını dışa geçirir. Bu özellikler koşullandırılan mahaldeki bütün yüzeylerin, içeride kabul edilebilir bir konfor koşulu yaratacak sıcaklığı oluşturmasını yönünden önemlidir.

Duvardan ısıtma ve soğutma sistemi ile yenilenebilir enerji kaynaklarının (örneğin güneş enerjisi ve ısı

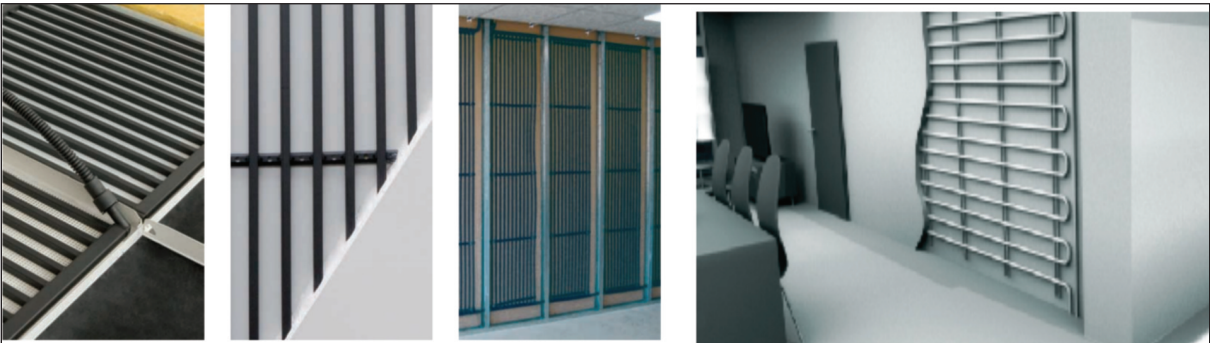
pompaları) birlikte kullanımı, milli kaynaklarımızın kullanılması, enerji kaynaklarımızın ve doğal çevrenin sürdürülebilirliği açısından çok önemlidir. Duvardan ısıtma soğutma sistemi ile birlikte kullanılacak en uygun sistemler; güneş enerjisi, ısı pompası ve yoğuşmalı kazanlardır. Tüm bu olumlu etkiler göz önüne alındığında duvardan ısıtma ve soğutma sisteminin gelecekte yaygınlaşması beklenmektedir.

2. Duvardan Isıtma ve Soğutma Sistemi

Duvardan ısıtma ve soğutma sistemi, ısıtma veya soğutma ihtiyacını karşılamak üzere binaların duvarlarına monte edilmiş ızgara şeklindeki serpantinli panellerden oluşan bir sistemdir. Panellerin içinde dolaşan ve ısı enerjisinin duvarlara taşınmasını sağlayan akışkan genellikle sudur ve bu paneller serpantin şeklindeki dairesel veya dikdörtgen kesitli ızgaralar şeklindedir. Paneller duvara monte edildikten sonra üzeri alçı sıva ile kapatılarak normal duvar görüntüsü oluşturulur. Termofilmler veya sıcaklık ölçerlerle duvarlarda boruların nereden geçtiği ve sistemin nasıl çalıştığı gözlemlenebilir [4, 5].

Duvardan Isıtma ve Soğutma Sistemlerinin Avantajları
Duvardan ısıtma ve soğutma sistemleri radyatörlü ısıtma sistemlerine göre ekonomi, konfor ve sağlık açısından birçok avantaja sahiptir [1, 4, 5].

- Duvarlardaki yüzey alanı tavan ve tabandan daha fazla olduğundan yerden ısıtmaya göre daha düşük sıcaklık aralığında çalışabilirler.
- Hem ısıtma hem de soğutma yapılabilir
- Homojen ısı dağılımı nedeni ile ısı konforu daha iyi sağlanır



Şekil 1. Duvardan ısıtma ve soğutma sisteminde kullanılan serpantin panel örnekleri [2]

- Havayı kurutmazlar
- İnsanı rahatsız edici yüksek hızda hava akımı olmaz
- Isıtmada duvarlarda nemlenme olmaz, soğutma da ise çalışma aralığı ve odadaki nem oranı kontrol edilmelidir
- Isı eşit olarak dağıtılır
- Atık ve düşük entalpi enerji kaynakları kullanılır
- İlk yatırım maliyeti düşüktür
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına uygundur
- Fosil yakıtlar kullanılmadığından çevrenin kirliliği önlenir
- Binalardaki mevsimsel dağıtım verimi diğer sulu sistemlerden yüksektir
- Suyu çalışan panel sistemler, diğer sulu ısıtma ve soğutma sistemlerine seri olarak bağlanabilir
- Ekipmanlar bakım ve onarım hizmetlerini kolaylaştıracak şekilde merkezi bir yere kurulabilir
- Mekanik ekipman için koşullandırılan mahalde ayrı bir yer gerekmez.
- Dört borulu sistem kullanılarak zonlamaya gerek duyulmaksızın ısıtma ve soğutma aynı anda sağlanabilir
- Modüler paneller mahal değişimlerinde kolaylık sağlar.
- Düşük hava gereksinimi nedeniyle soğutma yükünde küçük hatalarla %100 taze hava kullanılabilir
- Modüller halindeki paneller otomatik sprinkler sistemini kullanabilir [2, 6, 7]

Duvardan Isıtma ve Soğutma Sistemlerinin

Dezavantajları

- Kontroller ve/veya ısıtıcı elemanlar doğru seçilmediyse, yanıt verme süresi yavaşlayabilir.
- Yük paylaşımlı (hibrid paneller) kullanılmadığı sürece paneller sadece duyulur ısıtma ve soğutma yüklerini karşılayabilir.
- Üniter nem alıcılar yada bir gizli ısı hava hazırlama sistemi mahalde kullanılmalıdır.

3. Duvardan Isıtma-Soğutma Sistemi İçin Isı Transferi Hesabı

Duvardan ısıtma ve soğutma sisteminde, panellerle mahal arasında konveksiyonla ısı transferinin yanı sıra radyasyonla ısı transferi de olmaktadır. Bu sistem için literatürde farklı çalışmalar bulunmaktadır [8, 9-13]. (1) no'lu ifade ısıtılan ya da soğutulan duvar panelinden doğal konveksiyonla kaynaklanan ısı akısının hesaplanmasında kullanılabilir [8].

$$q_c = 1,87 \frac{[t_p - t_a]^{0,32} (t_p - t_a)}{H^{0,05}} \quad (1)$$

Mahaldeki tüm yüzeyleri, panel yüzeyleri ve ısıtılan yüzeyler olarak iki grupta sınıflandırsak; panellerden diğer yüzeylere radyasyonla aktarılan ısı akısı aşağıdaki ifadeler kullanılarak hesaplanır:

$$q_r = \sigma F_r [(T_p)^4 - (T_r)^4] \quad (2)$$

Bu ifadedeki F_r ve T_r aşağıdaki (3, 4) ifadeleri ile bulunur:

$$F_r = \frac{1}{\frac{1}{F_{p-r}} + \left(\frac{1}{\varepsilon_p} - 1\right) + \frac{A_p}{A_r} \left(\frac{1}{\varepsilon_r} - 1\right)} \quad (3)$$

$$T_r = \frac{\sum_{j=p}^n A_j \varepsilon_j T_j}{\sum_{j=p}^n A_j \varepsilon_j} \quad (4)$$

Mahaldeki tüm yüzeyleri, panel yüzeyleri ve ısıtılan yüzeyler olarak iki grupta sınıflandırılmıştır. MRT yöntemine göre bir oda içerisinde alınıp verilen radyasyon, gerçek ve çok yüzeyli durumdaki ile aynı ısı akıyı veren yüzey sıcaklığına ve yayıcılığa sahip sonlu ve düşünsel bir yüzeye yayılım yapıldığı varsayılarak modellenir [14]. Artık iki yüzeyli bir kapatma hacmi söz konusu olduğundan bu değer "1" olarak alınır. Uygulamada, metal veya yansıtıcı boyalı olmayan yüzeylerin yayıcılığı 0,9 civarındadır. Bu değer (3) no'lu ifadede yerine konduğunda, iç mahal yüzeyleri için çoğunlukla F_r değeri 0,87 olarak elde edilir. Bu durumda (2) nolu ifadede (σF_r) çarpımı

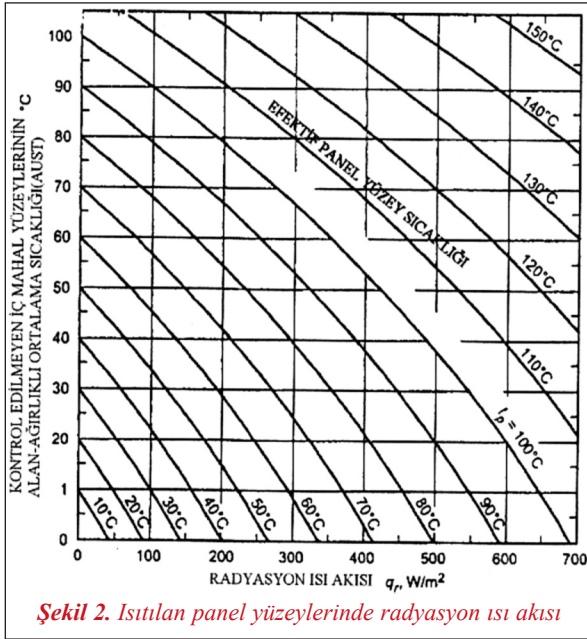
Makale

5×10^{-8} olarak kullanılarak (5) no'lu sadeleştirilmiş ifade elde edilir. (6) no'lu ifadede gösterildiği gibi, panellerden aktarılan edilen toplam ısı enerjisi doğal konveksiyon ve ışıma ile yoluyla aktarılan ısıların toplamıdır.

$$q_r = 5.10^{-8} [(T_p)^4 - (T_r)^4] \quad (5)$$

$$q = q_c + q_r \quad (6)$$

Şekil 2'de ısıtılan panel yüzeylerinde radyasyon ısı akısının, Şekil 3'de soğutulan paneller için çekilen ısı radyasyonunun, Şekil 4'de ise ısıtılan ve soğutulan panellerin yüzeylerinde oluşan doğal konveksiyon ısı akısının grafik yöntemle bulunuşu verilmiştir [1].

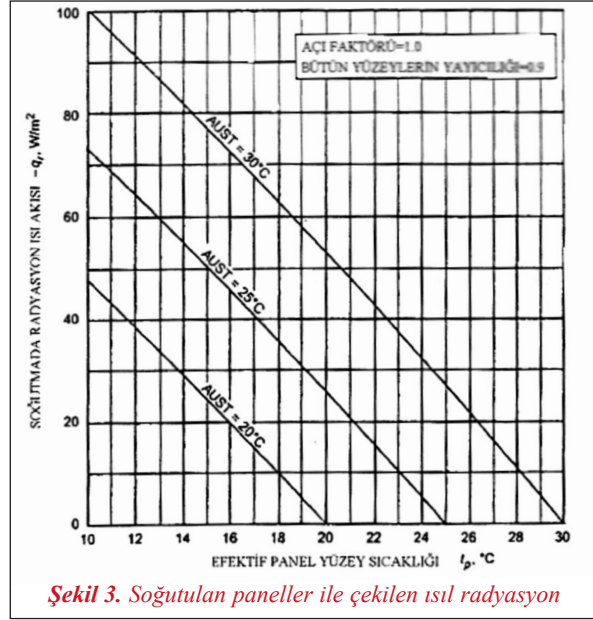


Şekil 2. Isıtılan panel yüzeylerinde radyasyon ısı akısı

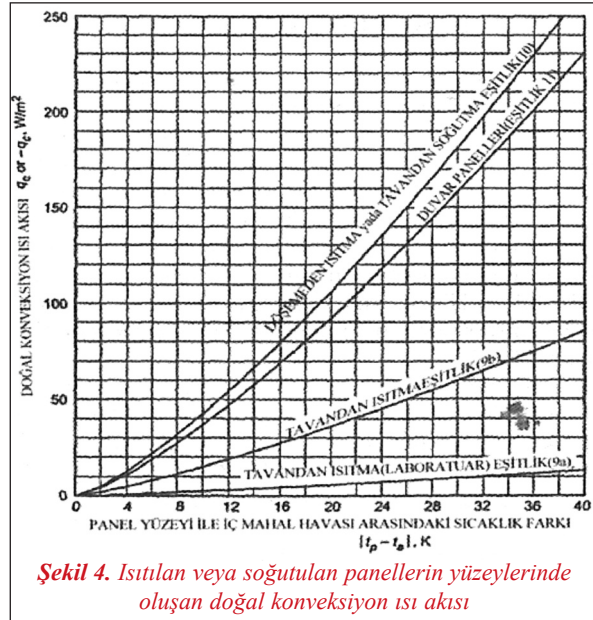
4. Panelin Isıl Direnci ve Ortalama Su Sıcaklığının Hesabı [1]

Bir panelin direnci aşağıdaki bileşenleri içerir:

- Sulu sistemlerde borular arasındaki birim uzaklık başına ısı direnci (r_t)
- Birbirine komşu borular arasındaki birim uzaklık başına, panel gövdesi ile borular arasındaki ısı direnci (r_s)
- Panel gövdesinin ısı direnci (r_p)
- Aktif panel yüzeyi üzerindeki kaplamanın ısı direnci (r_c)
- Karakteristik (birleşik) ısı direnci (r_u)



Şekil 3. Soğutulan paneller ile çekilen ısı radyasyon



Şekil 4. Isıtılan veya soğutulan panellerin yüzeylerinde oluşan doğal konveksiyon ısı akısı

Aralarında M uzaklığı olan komşu borular arasındaki karakteristik ısı direnci eşitlik (7)'deki gibidir:

$$r_u = r_t M + r_s M + r_p + r_c \quad (7)$$

Borular bir panel kalınlığı içine gömülmüş ise r_s ihmal edilebilir düzeydedir. Buna karşılık panel yüzeyine dıştan bağlandığında önemli düzeyde olabilir. Eğer karakteristik panel kalınlığı (x_p) ve panel malzemesinin ısı iletkenliği (k_p) biliniyorsa r_p (8) no'lu ifade kullanılarak hesaplanabilir.

$$r_p = \frac{x_p - (D_0 / 2)}{k_p} \quad (8)$$

D_0 borunun (veya bir elektrik kablosunun) dış çapı olup, ısıtılmış duvar paneli, döşeme betonu ve tavan ısıtması bunun örnekleridir. Eğer borular panele tutturulmuşsa, r_p (9) no'lu ifade ile bulunur.

$$r_p = \frac{x_p}{k_p} \quad (9)$$

Boruların iç çapı (D_i) ve ısıl iletkenliği (k_i) olmak üzere, r_i eşitlik (10)'da verildiği gibi hesaplanır.

$$r_i = \frac{Ln(D_0 / D_i)}{2\pi k_i} \quad (10)$$

Panel kaplamasının kalınlığı (x_c) ve ısıl iletkenliği (k_c) olarak biliniyorsa, r_c eşitlik (11)'de verildiği gibi hesaplanır.

$$r_c = \frac{x_c}{k_c} \quad (11)$$

Aktif panel yüzeyinde birden çok kaplama örtüsü varsa her birinin r_c değeri eklenmelidir. Bu hesaplamalardan sonra panellere beslemesi gereken ortalama su sıcaklığı hesaplanarak işlemler tamamlanır. Önce panel dizaynı su sıcaklığı (T_d) eşitlik (12)'de verilen ifade ile hesaplanır. Bu işlem sırasında (13 ve 14) no'lu ifadelerden faydalanılarak bulunan kanat verimi (η) değeri kullanılmalıdır. $M = (2 + r_c / 2 r_p)$ olduğuna göre;

$$T_d \approx T_a + \frac{(T_p - T_a) M}{2 W \eta + D_0} + q(r_p + r_c + r_s M) \quad (12)$$

$$\eta = \frac{\tanh(fW)}{fW} \quad (13)$$

$$f \approx \left[\frac{q}{m(T_p - T_a) \sum_{i=1}^n k_i x_i} \right]^{1/2} \quad (14)$$

Geniş pencere alanlarına sahip mahallerde T_a sıcaklığı ve T_r (AUST: panel harici yüzeylerin alan ağırlıklı sıcaklık ortalaması) eşit olarak alınabilir. Bir hidronik sistem için gerekli ortalama su (salamura) sıcaklığı (15) no'lu ifade kullanılarak hesaplanır. Burada (q_b) panel sırtından ve çevresinden olan kayıpları ifade etmektedir.

$$T_w = T_d + (q + q_b) M r_i \quad (15)$$

5. Genel Tasarım İlkeleri [1, 4, 5, 15-17]

Konut ısıtma ve soğutma sektöründe, sistemler çoğunlukla iki farklı sistem olarak tesis edilmektedir. Sektörde en çok kullanılan sulu ısıtma sistemlerinde radyatöre gelen su sıcaklığı 80-90°C arasındadır. Oda içerisinde radyatörlerin bulunduğu bölge çabuk ısınır, tavan aşırı derecede ısınırken taban sıcaklığı istenilenden daha soğuk kalır. Homojen bir sıcaklık dağılımı sağlanamadığından iyi bir ısınma gerçekleşmez ve fazla miktarda enerji tüketimi olur. En çok kullanılan soğutma sistemleri ise mahalle serinletilmiş havanın üflendiği klimalar ve fan-coil üniteleridir. Bu sistemlerde üflenen havayı şartlandırmak için aracı bir başka akışkan ve ısı değiştirici yüzeyler kullanılmaktadır. Bu sistemlerde de mahalde homojen sıcaklık dağılımı elde edilememektedir. Ayrıca transfer edilen ısı enerjisinin üflenen hava hızının artırılmasıyla artacağı, ancak konfor şartları bakımından hava hızının düşük değerlerde tutulması gerektiği gerçeği istenilen ısı konfor düzeyine ulaşılmasını engellemektedir. Çokça kullanılan, nemlendirme ünitesi bulunmayan bazı klima sistemlerinin (split klima) havayı kuruttukları ve serinlemek isteyen insanların üzerine yüksek hızda hava üflediklerinden sıhhi olmadıkları açıktır. Klima sistemlerinde soğutma yapılabildiği gibi ısıtma da yapılabilmektedir ancak enerji kaynağı olarak elektrik tükettiğinden sulu ısıtma sistemleri ısıtmada daha ekonomik olmaktadır.

Duvardan ısıtma ve soğutma sistemlerinde ise ısıtma ve soğutma aynı panellerden sağlanmaktadır. Ayrıca oda içinde homojen yani eşit bir sıcaklık dağılımı da sağlanmaktadır. Sistem, odanın duvarlarına yerleştirilen boru demetlerinden oluşan panellerden meydana gelmektedir. Duvardan ısıtmada mekândaki bütün duvar yüzeyleri radyatör gibi çalışır. Isıtma/soğutma yüzey alanı çok fazla olduğu için borulara düşük sıcaklıktaki ısıtma suyu gönderilebilir. Bu nedenle hem daha iyi bir ısınma sağlanır hem de daha az enerji tüketilir.

Bu tür bir yapı, yüklerin kararlı olduğu ve bina tasarımının güneş ısı kazancını en aza indirdiği yerler

Makale

için uygundur. Buna karşılık pencere alanlarının geniş ve yüklerin ani değişim gösterdiği, yük değişimlerine sistemin yavaş yanıt verdiği ve ısıl gecikme olan yerlerde, uygulanması uygun değildir. Bu durumda ani yük değişimlerine hızlı yanıt verebilen metal panelli sistemler tercih edilebilir.

Sulu panel sistemleri (hidronik panel sistemleri) iki veya dört borulu boru dağıtım sistemlerini kullanırlar. Uygulamalarda, daha geniş sıcaklık farkları kullanılabilirse de, ısıtmada 10°C lik sıcaklık düşümüne, soğutmada 3°C lik bir sıcaklık yükselmesine göre tasarım yapmak yaygın bir yaklaşımdır. Panel tasarımı; panel alanının, panel türünün, besleme suyu debisinin ve panelin uygulama biçiminin belirlenmesini gerektirir. Panel performansı ise doğrudan doğruya iç mahal koşullarıyla ilişkilidir. Gereken ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanır. İşlemler aşağıdaki gibidir:

Duyulur ısıtma:

1. Panel ısıtma için, iç mahal kuru termometre tasarım sıcaklığı belirlenir
2. Mahal ısı kaybı hesaplanır
3. AUST (Sıcaklığı kontrol edilmeyen mahal yüzeylerinin, alan ağırlıklı sıcaklık ortalaması) belirlenir. Dış duvarların ve dışarı ile temastaki döşeme ve tavanların yüzey sıcaklıkları hesaplanır. İç duvarların, iç mahal sıcaklığına eşit yüzey sıcaklığına sahip olduğu kabul edilir. Pratikte ise AUST değeri mahalde yerden 1,50 m yükseklikte ölçülen kuru termometre sıcaklığına eşit alınabilir.
4. Panelin gerekli efektif sıcaklığı belirlenir. 1, 5 ve 6 no.lu ifadeler veya Şekil 2 ve 4 kullanılabilir.
5. Panel alanı belirlenir.
6. Verilen bir ortalama su sıcaklığına göre panel alanı hesaplanır veya elektrik devresinin genişliğine göre kablo kesitleri belirlenir.
7. Suyu çalışan bir panel sisteminde, borular arasındaki uzaklık biliniyorsa, gerekli ortalama su sıcaklığı belirlenir.
8. Panel düzenleme biçimi tasarlanır.

Duyulur soğutma:

1. İç mahal tasarım kuru termometre sıcaklığı, bağıl nem ve çığ noktası belirlenir

2. Duyulur ve gizli ısı kazançları hesaplanır
3. Minimum hava miktarı belirlenir
4. Besleme havasından alınabilecek gizli ısı belirlenir.
5. Besleme havasından alınabilecek duyulur ısı belirlenir.
6. Panel sisteminin karşılayacağı duyulur soğutma yükü belirlenir
7. Panel yüzeyinde yoğuşmaya neden olmayacak en düşük yüzey sıcaklığı belirlenir
8. AUST belirlenir.
9. Kalan duyulur ısı için gerekli panel alanı belirlenir 1, 5 ve 6 no'lu ifadeler veya Şekil 3 ve 4 kullanılabilir.
10. Borular arasında seçilen uzaklığa göre, panelin ortalama su sıcaklığı belirlenir veya ortalama su sıcaklığı biliniyorsa borular arasındaki uzaklık belirlenir.

Duyulur Isıtma ve Soğutma Ortak Diğer Adımlar:

1. Konfor gereksinimleri kontrol edilir. Şöyle ki;
 - a. İçeride bulunan insanların giysi yalıtım katsayısı ve metabolik ısı miktarı belirlenir [18]. (Panel soğutma için de aynı eşitliklerin kullanılabilmesine dikkat ediniz).
 - b. Koşullandırılan mahal içerisindeki en soğuk noktadaki operatif sıcaklık belirlenir. Koşullandırılan mahaldeki en soğuk noktadaki MRT sıcaklığı belirlenir [19, 20]. Eğer iç mahalde hava hızı $0,4 \text{ m/s}$ den ve MRT 50°C 'den düşükse operatif sıcaklık yaklaşık olarak T_a ve MRT'nin ortalaması olarak alınabilir.
 - c. Operatif sıcaklığın tanımından, odadaki en soğuk noktada optimal iç mahal sıcaklığı saptanır. Eğer optimum iç mahal sıcaklığı belirlenen sıcaklıktan çok farklı ise yeni bir sıcaklık belirlenir.
 - d. Koşullandırılan mahaldeki en sıcak noktada MRT belirlenir.
 - e. Koşullandırılan mahaldeki en sıcak noktada operatif sıcaklık saptanır.
 - g. En sıcak ve en soğuk noktalardaki operatif sıcaklıklar karşılaştırılır. Hafif etkinlik düzeyi ve normal giysi durumu için, kabul edilebilir operatif sıcaklık $20\text{-}24^{\circ}\text{C}$ arasındadır [3, 15]. Eğer aralık kabul edilmezse panel sistemi değiştirilmelidir.
 - h. Radyatif sıcaklık asimetrisi hesaplanır [15]. Kabul edilebilir değerler, %10 yerel konfor uygunsuzluğunda sıcak tavanlar için 5 K, soğuk tavanlar için

15 K, soğuk duvarlar için 10 K ve sıcak duvarlar için 27 K'dir [3].

2. Su debisi ve basınç düşümü hesaplanır. Özel ürünler için üretici kataloglarına başvurulur veya sulu ısıtma ve soğutma sistemleri hakkında bilgi içeren kaynaklar [21, 22] kullanılır.

3. Besleme ve dönüş manifoldlarının dikkatle tasarlanması gerekir. Eşitsiz serpantin uzunluklarına sahip olan devreler bulunuyorsa, n sayıda bağlantı içeren bir manifolda bağlanan (i) devresi için aşağıdaki ifade kullanılabilir. Buradaki r değeri sulu paneller için 1,75 alınır [23].

$$\dot{Q}_i = \left(\frac{L_{eq}}{L_i} \right)^{1/r} \dot{Q}_{tot} \quad (16)$$

$$L_{eq} = \left[\sum_{i=1}^n L_i^{-1/r} \right]^{-r} \quad (17)$$

Boru sistemi tasarımı dikkatle incelenmelidir. Boru tesisatının her şebeke veya serpantine her zaman doğru sıcaklık ve doğru miktarlarda su sağlaması gerekmektedir. Doğru tasarlanmış, boru tesisatı oksijenin yıpratıcı etkisini en aza indirir. Dengeleme problemlerini en aza indirmek üzere ters dönüşlü sistemler düşünülmelidir. Münferit paneller paralel akış, zigzag akış veya serpantin akış için kolektörler kullanılarak bağlanabilir.

Kolektör tipi bir devre bağlantısında akış düzensizliklerinden kaçınmak için, suyun geçtiği kanal veya bağlantı parçasının uzunluğu kolektör uzunluğundan büyük olmalıdır. Eğer kolektörlü bir devre bağlantısında, bağlantı parçalarının çok kısa bir uzunlukta çekilmesi zorunluysa, seri ve paralel devre uyarlamaları yaparak bu sorun çözülebilir. Serpantin akışı, bir ısıtma ya da soğutma zonunda daha üniform panel sıcaklıkları sağlayabilir.

Mahsur kalmış hava, yüksek hızlı veya yüksek basınç düşümüne sahip cihazlar veya pompa ve boru titreşimlerinden kaynaklanan gürültüden kaçınılmalıdır. Suyun akış hızları, içerisindeki havanın ayrılarak toplanmasını ve belirli bir yerde toplanmasını

önleyecek kadar yüksek olmalıdır. Mümkünse meskün mahallerin tavanları üzerinde otomatik havalık kullanılmaktan kaçınılmalıdır. Boru tesisatı ısı genleşmeyi alacak biçimde tasarlanmalıdır. Genleşmeden kaynaklanan kuvvetlerin panellere iletilmesine izin verilmemelidir.

Sulu sistemlerde; tavan, döşeme ve duvarlarda termoplastik, lastik, çelik ya da bakır borular kullanılır. Eğer borular beton veya sıva içine gömülüyorsa, hem boru serpantinleri hem de ana borularda dışli bağlantı kullanılmamalıdır. Tesisattaki fitting ve bağlantılar en aza indirilmelidir. Yön değiştirmelerinde büküm işlemi tercih edilmelidir. Boru tesisatı işletme basıncının en az 3 katı basınçta kaçak testine tabi tutulmalıdır.

Termostatları bir duvara yerleştirirken bunun hem dış mahale bakan duvarı hem de paneli gören bir yer olmasına dikkat edilmelidir. Normal termostat kapağı sıcak panele tepki verir ve panelden termostat kapağına olan radyasyon, dış hava sıcaklığı minimum ve panel sıcaklığı maksimum olduğunda, termostatın ayar değerinin 1-2°C düşürerek değiştirme eğilimindedir. Deneyimler termostatın bir arka duvara yerleştirilmesi halinde mahallin daha konforlu olduğunu göstermektedir.

Eğer kısma vanasıyla kontrol kullanılıyorsa, ya ana hattın ucunda ya da ana hatta bağlı son bir odada suyun sirkülasyonunu sağlamak üzere bir bypass hattı bulunmalıdır. Böylece kısma vanasının konum değiştirme süresi hızlanacaktır.

Panel soğutulmuş su sistemleri çalıştırıldığında, sirkülasyon suyu sıcaklıkları, hava sistemi tam bir denge haline gelene, nem çıkartma ekipmanı doğru çalışana ve bağlı nemlilik tasarım değerine gelene kadar iç mahal sıcaklığı düzeyinde tutulmalıdır.

Soğutma için gerekli panel alanının, ısıtma için gerekli alandan daha büyük olduğu yerlerde iki panelli bir uygulama kullanılabilir. Isıtma ve soğutma paneli tüm yıl, soğutma paneli ise soğutma sezonunda çalıştırılır. Soğutma panelleri yüksek nemlilikteki alanlara yakın yerleştirilmemelidir.

Makale

Nem çıkartmada en çok kullanılan yöntem soğutma serpantinlerini kullanmaktır. Eğer soğutma serpantini 6 ve daha fazla sıra içeriyorsa çıkan havanın çığ noktası sıcaklığı, çıkan suyun çığ noktası sıcaklığına yaklaşır. Nem alıcıdan çıkan soğutma suyu daha sonra panel su devresinde kullanılır.

Gizli ısı yükü ile duyulur ısı yükü ayrı ele almak üzere birkaç tane kimyasal nem çıkartma yöntemi bulunmaktadır. Kimyasal nem çıkartma uygulandığında merkezi cihazda ve değişik zonlarda nem çıkartmanın gözlenebilmesi için higroskopik kimyasal nem kontrol edicileri gereklidir.

Panel sistemin binanın fiziksel tasarımına sağlayacağı tüm avantajlar değerlendirilmelidir. Paneller için maksimum kullanma alanı yaratmak üzere aydınlatma aparatları, hava difüzörleri, ve diğer tavana yerleşik cihazlar gizli uygulanır biçimde seçilmelidir.

6. Duvardan Isıtma ve Soğutmada

Kullanılabilecek Panel Tipleri[24]

Duvardan ısıtma ve soğutma sistemlerinde kullanılan panel tipleri mimari kullanım şekillerine göre, ısıtma ve/veya soğutma sistemine göre, panel malzemesine göre ve panel tipine göre sınıflandırılabilir.

Mimari kullanım şekline göre:

- Modüler paneller
- Köşe paneller
- Çevre panelleri
- Tavana gömülü panelleri
- Duvara gömülü panelleri
- Zemin panelleri

Isıtma ve/veya soğutma sistemine göre:

- Sıvı akışkanlı (hidronik) paneller
- Gaz akışkanlı paneller
- Elektrikli paneller

Panel malzemesine göre:

- Metal paneller
- HDPE paneller

Panel tipine göre:

- Serpantinli
- Izgara paneller

8. Sonuç

Basit uygulama biçimi, yatırım ve işletme maliyetlerini azaltması ve ısı konforun artırılması gibi önemli avantajlarıyla Duvardan Isıtma ve Soğutma Sistemi Ülkemizde yaygınlaşma potansiyeline sahiptir. Bu çalışma sistemin kullanıcılara tanıtılması ve uygulamacılara tasarım aşamasında yol gösterme amacıyla hazırlanmıştır. Sistemin kısa bir tanıtımını yaptıktan sonra sahip olduğu avantajlar ve dezavantajlara değinilmiştir. Ardından sistemin tasarımı açısından önem taşıyan ısı transferi hesabı denklemler ve grafikler olarak sunulmuştur. Bu sistemde ısı transferi radyasyon ve doğal konveksiyon mekanizmaları ile gerçekleşmektedir. Bilindiği üzere panelin ısı direnci ve ortalama sıcaklığı hesabı panel konstrüksiyonunun ısıtmaya ve soğutmaya etkisini yansıtmaktadır. Bu çalışmanın son aşamasında ise, sistemin duyulur ısıtma ve duyulur soğutma amacıyla tasarımı için işlem sırasının oluşturulduğu algoritmik bir düzende yazılarak genel tasarım ilkeleri oluşturulmuştur. Açıklanan ilkeler doğrultusunda yapılacak sistem tasarımları ile düşük seviyede enerji tüketimi, tasarruf ve konfor sağlanacaktır.

Sembol Listesi

- A Yüzey alanı (m^2)
- D Boru çapı (m)
- f Kanat katsayısı (boyutsuz)
- F Faktör (boyutsuz)
- H Isıtma paneli yüksekliği (m)
- L Serpantin uzunluğu (m)
- k Isı iletim katsayısı (W/mK)
- \dot{m} Isıtma suyu debisi (kg/s)
- n Panel ve kaplama malzemesi de dahil olmak üzere, farklı malzeme tabakalarının sayısı
- q Birim alandan transfer olan ısı miktarı (W/m^2)
- Q Debi (lt/s)
- r Isıl direnç (m^2K/W), (mK/W)
- T Sıcaklık ($^{\circ}C$), (K)
- x Karakteristik kalınlık (m)
- 2W Borular arasındaki net uzaklık (m)

Yunan Harfleri

- ϵ Yayıcılık (boyutsuz)
- η Kanat verimi
- σ Stephan Boltzman sabiti ($5,67 \times 10^{-8} \text{ Js}^{-1}m^{-2}K^{-4}$)

Alt İndisler

- a iç mahal kuru termometre
- c ısıtma panellerinden mahale doğal konveksiyon, aktif panel yüzeyi üzerindeki kaplama
- d panel tasarımındaki su
- j panel harici yüzey
- i iç, i devresi
- p toplam panel yüzeyi, panel yüzeyindeki etkin sıcaklık
- r toplam panel harici yüzey, ısıtma panellerinden mahale doğal konveksiyon, panel harici yüzeylerin alan ağırlıklı sıcaklık ortalaması
- p-r panel yüzeyleri ile panel harici yüzeyler arasında açı
- o dış
- s birbirine komşu borular arasındaki birim uzaklık başına, panel gövdesi ile borular arasında
- t sulu sistemlerde borular arasındaki birim uzaklık başına
- tot gidiş (besleme) manifoldundaki toplam
- u karakteristik (birleşik)

Kaynaklar

1. ASHRAE. 2004. El Kitabı Sistemler ve Ekipmanlar, Bölüm 6, Panel Isıtma ve Soğutma.
2. <http://www.gelisimteknik.com>
3. ASHRAE. 1992. Thermal environmental conditions for human occupancy. ANSI/ASHRAE Standard 55-1992R.
4. Isıtma Soğutma Panelleri, <http://aquatherm.com.tr/yeni/index.php/sstemler/istma-soutma-panelleri.html> (erişim tarihi: 26.05. 2010)
5. Novaterm Duvardan Isıtma ve Soğutma Sistemleri, <http://www.novaterm.com.tr/tur/sistemler/duvardan.htm> (erişim tarihi: 26.05. 2010)
6. NFPA. 1999. Installation of sprinkler systems. Standard 13-99. National Fire Protection Association, Quincy, MA.
7. NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems
8. Min, T.C., L.F. Schutrum, G.V. Parmelee, and L.O. Vouris (1956). Natural convection and radiation in a panel heated room. ASHAE Transactions 62: 337.
9. Imanari T., Omori T., Bogaki K., Thermal comfort and energy consumption of the radiant ceiling panel system.Comparison with the conventional all-air system, Energy and Buildings 30-1999.167–175.
10. Pamelee, G.V. and R.G. Huebscher (1947) Forced convection, heat transfer from flat surfaces, ASHVE Transactions 53: 245.
11. Schutrum, L.F., and J.D. Vouris. (1954) Effects of room size and non uniformity of panel temperature on panel performance, ASHVE Transactions 60: 455.
12. Vangtook, P., Chirarattananon S., An experimental investigation of application of radiant cooling in hot humid climate, Energy and Buildings 38 (2006) 273–285.
13. Vangtook, P., Chirarattananon S., Application of radiant cooling as a passive cooling option in hot humid climate, Building and Environment, Volume 42, Issue 2, February 2007, Pages 543-556.
14. Walton, G.N. (1980). A new algorithm for radiant interchange in room loads calculations. ASHRAE Transaction. 86 (2): 190-208.
15. ASHRAE, 2001, Handbook Fundamentals.
16. NRB. 1981. Indoor climate. Technical Report No. 41. The Nordic Committee on Building Regulations, Stockholm.
17. ASHRAE. 2001. Handbook Fundamentals, Bölümler 25-30.
18. ASHRAE. 2001. Handbook Fundamentals, Bölüm 8, Tablo 4, 7 ve 8.
19. ASHRAE. 2001. Handbook Fundamentals, Bölüm 15.
20. Fanger, P.O. 1972. Thermal comfort analysis and application in environmental engineering. McGraw-Hill, New York.
21. ASHRAE. 2004. El Kitabı Sistemler ve Ekipmanlar, Bölüm 12.
22. ASHRAE. 2001. Handbook Fundamentals, Bölüm 35.
23. Siegenthaler, J., 1995. Modern Hydronic Heating. Delmar Publishers, Boston.
24. Radiant Heating and Cooling Handbook, McGraw Hill Handbooks, 2004.