İklimlendirme ve Soğutma Sistemlerinin Elektrik-Elektronik-Telekomünikasyon, IT ve Kontrol Sistemleri Sektörlerindeki Gelişiminin İçindeki Yeri

Pano ve İşler (Proses) İklimlendirme ve Soğutma Sistemleri

Eşref Erdinç USLU / Erdinç Klima

"*Tek sabit değişimdir*"

Tüm dünyada elektrik, elektronik, telekominikasyon, IT (veri merkezleri, veri otelleri), ferdi serverlar (ferdi sunucular) ve kontrol sistemleri, sektörlerinde çok hızlı ve fark edilir değişim ve gelişim yaşanmaktadır.

Geçen senelerde; gelişmiş ülkelerin bu sektörlerinde oldukça fazla şekilde ortaya çıkan ısı yoğunluğu ile ilgili sorunlar artık ülkemizde de karşılaşılır oldu. Bu değişimi biraz geçte olsa yakın arayla takip etmekteyiz. Ortalama olarak üç ile on yılda bir yapılan teknoloji yenileme periyodu, Türkiye için biraz uzasa da günümüzde bu geciken yenileme yatırımları artan sayıda yapılmaktadır. Peki bu yeni teknolojiler, uygulama alanlarında yüksek performansı getirirken, panolarında da bazı problemleri birlikte getirmiyorlar mı?

1. Giriş

Elektronik ürünlerinin hızla küçülmesi ve gelişmesi panolarda veya kutularda yoğun bir şekilde yerleştirilmesini beraberinde getirdi. Dar alanlarda yoğun bir şekilde yerleştirilen kompenentlerin toz, yağ, kir, nem, sıcaklık gibi istenmeyen dış faktörlere aşırı halde duyarlı hale geldiklerini biliyoruz.

Özellikle ısı, hassas mikroelektronik cihazların öldürücü düşmanıdır. Örneğin; elektronik malzemelerinin yapıtaşı olan yarıiletkenler için en önemli kural, uygun çalışma sıcaklığından sistemin çalışma sıcaklığının 10 °C yükselmesi, sistemin çalışma ömürünü yarıya indirecek olmasıdır. AC/DC sürücülerin, trafoların, kesicilerin, filtrelerin, lambaların, sigortaların, rölelerin, PLC'lerin ve güç ünitelerinin vs. pano içine yoğun yerleştirilmesi, pano başı güç istemi ve ısı yoğunluğunu artırmaktadır.

Artan ısı yoğunluğu karşısında uygun soğutma sistem-lerinin seçilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde hem işletme maliyet-leri hemde servis maliyetleri olduk-ça yukarılara çıkacaktır ve telafisi olmayan sonuçlar doğuracaktır. Bu yazı, pano ve işlem (proses) iklimlendirme ve soğutma sistemlerinin seçim kriterlerini, hesaplamalarını, çözüm önerilerini ve uygulama alanları anlatacaktır.

2. Yeni Teknolojilerde Önlenemez Isı Yoğunluğu Yükselişi

2.1. Moore Kuralı

Bilgi teknolojileri cihaz ve sistemlerinin her geçen gün hızlanması, tümleşik devre teknolojilerinin gelişmesi ile doğrudan ilişkilidir.

Morgan Moore daha 1965'te yazdığı bir makalede, "tümleşik devredeki tranzistör yoğunluğunun her 18 ayda bir iki katına çıktığını" öne sürmüştür. Bu kural günümüzde de hala belirli bir toleransla geçerliliğini sürdürmektedir. Birim hacim içinde artan tranzistör sayısı, o hacim içinde gerçekleşen güç tüketiminin de aynı oranda artmasına neden olmaktadır.

2.2. Temel Kurallar

Pano ortamının yada içindeki ekipmanların sıcaklığının çevre sıcaklığının altında istenen seviyede tutulması soğutma olarak tanımlanmaktadır. Pano iklimlendirme ve soğutma sistemleri ortam sıcaklığını kontrol ettiği gibi, nemini, hava dağılımını ve temizliğini de kontrol ederler. İklimlendirme ve soğutma çok farklı tekniklerle gerçek-

leştirilmektedir. Elektronik malzemenin düzgün çalışmasını garantilemek için bu ısı pano dışına kesinlikle taşınmalıdır.

Bilindiği gibi üç temel ısı yayılımı vardır:

İletim (conduction):
Isı enerjisi kütle ile iletilir. Kütlenin kendisi hareket etmeden parçacıktan parçacığa ısı enerjisi iletilir.

Taşıma (convection):
Isı enerjisi madde ile birlikte taşınır. Maddenin katı, sıvı ve gaz halleri ısı enerjisini alıp taşırlar.

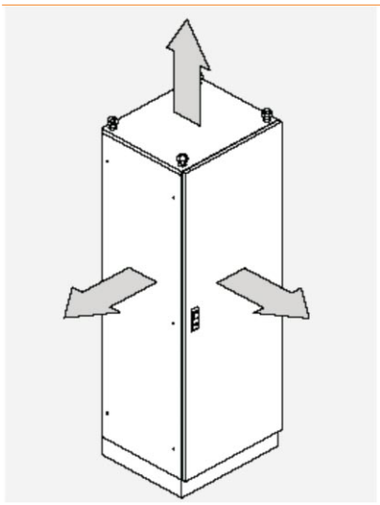
Işıma (radiation): Isı enerjisi elektromgnetik dalga ile aktarılır. Bir yerden diğer bir yere madde olmadan ışıma ile aktarılır.

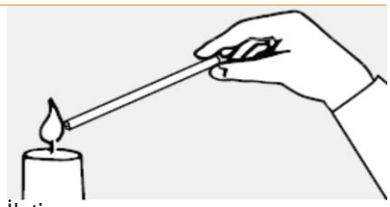
Açık (air-permeable) ve kapalı (air-tight) haldeki panolardan ısının aktarılması tartışmalı bir konudur. Açık haldeki panolarda ısı doğal hava sirkülasyonu ile aktarılabilir. Kapalı haldeki panolarda ise cebri iklimlendirme ve soğutma sistemlerine ihtiyaç duyulur (fanlar, klimalar, ısı değiştiricileri vs.).

2.3. Seçim Kriterleri

Panonuzun optimum şartlarda çalışması için en uygun iklimlendirme ve soğutma ünitelerinin seçim kriterleri:

a. Pano kurulumu nerede olacak? (G.Antep,..)
b. Pano konumu nasıl olacak? (Duvara montajlı, duvara yaslı dizi ortası pano,...)
c. Dış ortam sıcaklıkları hangi aralıkta değişmektedir? (± 35 ile ± 70)


Taşıma

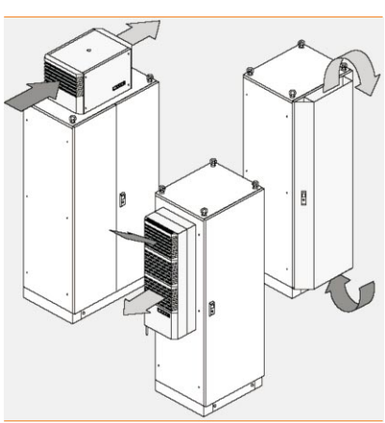

İletim


Işıma

d. İklim kontrol ürünlerinden hangisi kuruluma uygundur? (Klimalar,Isı değiştiriciler, vs...
e. Pano içi istenilen maksimum sıcalık? (Ti)
f. Güç dağılımı ve kompanentlerin yerleşimi nasıl?
g. Dış ortam havasında içerdeki kompenentlere zarar verebilecek kir, yağ ve kimyasal maddeler bulunmakta mı?
h. Kurulum hangi koruma sınıfında olacaktır. (IP? - DIN 40 050 ?)
i. Tesisinizde yeterli miktarda soğuk su tesisatı var mı?

Etkili iklimlendirme ve soğutma için kriterler:

a. Eğer birleşik dizideki panolarda ısı kaybı hesabı yapılıyorsa, komşu pano ünitelerinden gelebilecek ısı yayılımının da muhakkak surette hesaba katılması gereklidir.
b. Daima kapı anahtarı (door switch) ile bağlantılı olarak iklim kontrol üniteleri çalıştırılmalıdırlar.
c. Pano içindeki hava sirkülasyonun optimum ve efektif olması için komponentlerin, iklim kontrol ünitelerinin vs. hava sirkülasyonlarının çakışmamasına önemle dikkat edilmelidir.
d. Dış ortam havasının olumsuz şartlara sahip olduğu zamanlarda hava/su ısı değiştiricisi kullanılmalıdır.



Bu kriterler yerine getirildiğinde iklim kontrol ünitelerinin verimlilikleri artacaktır.

3. İklim Kontrol Üniteleri

3.1. Klima Üniteleri (Cooling ünits)

Pano klimaları diye adlandırılan iklim kontrol ünitelerinin yaygın kullanım alanları bulunmaktadır. Paket ünitelerdir, pano içi havası-

nın, dış ortam havasının karışmasını engeller, nemi de alarak komponentlerin optimum sıcaklıkta optimum verimde çalışmasını sağlar.

Üç farklı tipi vardır:
1. Dahili kapı montajlı,
2. Yana montajlı,
3. Tepe montajlı.

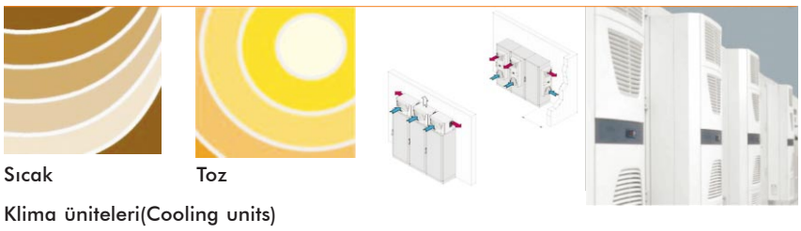
3.2. Tekrar Sıvı Soğutucu Sistemler (Recooling Systems)

'Merkez soğutma sistemleri' diye adlandırılabilir. Sistemle bütünleşmiş iklim kontrol sistemidir. Makinaların ya da sistemin birkaç parçasını soğutabilir.

Farklı uygulamalarda merkezi tekrar sıvı soğutucu sistemleri kullanılabilir. Pano soğutması; kirli ve sıcak dış ortam havasının bulunduğu mahallerde en optimum çözüm hava/su ısı değiştiricileridir.

İşlem sıvısı soğutması; doğrudan veya dolaylı (media) işlem sıvısını istenilen seviyede hızlı soğutulması. Yüksek kalitede sabit sıcaklıkta ve akışta üretim yapan makinalar ve malzeme üreticilerinin sıvılarının soğutulması.

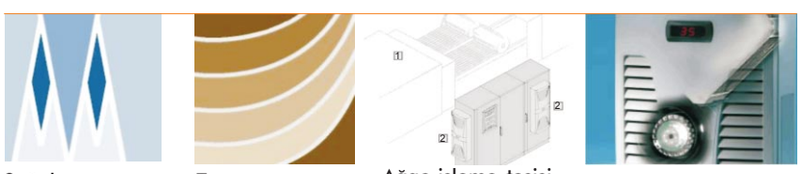
Altı farklı tipi vardır:
1. Mini-tekrar sıvı soğutucu sistemler
2. Dahili su ve yağ tekrar sıvı soğutucu sistemler
3. Daldırma tekrar sıvı soğutucu sistemler
4. Veri merkezleri tekrar sıvı soğutucu sistemler
5. Endüstriyel tekrar sıvı soğutucu sistemler
6. TS8 pano içine entegre edilmiş tekrar sıvı soğutucu sistemler



Klima üniteleri(Cooling units)



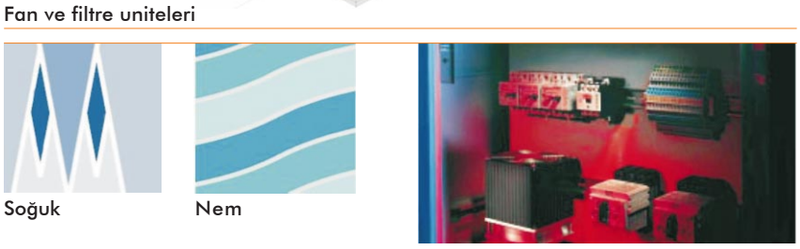
Tekrar sıvı soğutucu sistemler (Recooling systems)



Isı değiştiricileri [(Hava/Hava) (Su/Hava)]



Fan ve filtre uniteleri



Pano ısıtıcıları

3.3. Isı Değiştiricileri [(Hava/Hava) (Su/Hava)]

Dış ortam sıcaklıkları düşük sıcaklıklarda olan mekanlarda hava/hava ısı değiştiricileri kullanılır. Pano iç havası ve dış ortam havası, ısı değiştirici membran sayesinde birbirlerine karışmadan pano iç havasını soğutur.

3.4. Fan ve Filtre üniteleri

Dış ortam havası temiz ve soğuk olan mekanlarda kullanılmalıdırlar. Uygulamalarda hava akış yönü pano içine doğru yapılmalıdır. Filtre mutlaka kullanılmalıdır. Fanlar pano içi hava yönünü tayin etmek için de kullanılır.

3.5. Pano Isıtıcıları

Özellikle dış ortam panolarında yoğuşmanın önlenmesi için kullanılırlar.

İklimlendirme ve Soğutma Sistemlerinin Elektrik-Elektronik-Telekominikasyon, IT ve Kontrol Sistemleri Sektörlerindeki Gelişiminin İçindeki Yeri

Pano ve İşler (Proses) İklimlendirme ve Soğutma Sistemleri

2. Bölüm

Eşref Erdinç USLU / Erdinç Klima

** Yazının 1. bölümünü, Tesisat dergisi, 137. sayıda HVAC dosyası içerisinde bulabilirsiniz.*

4. Hızlı Seçim

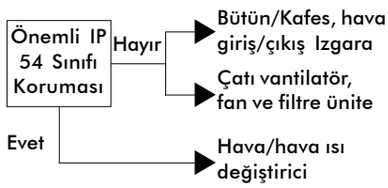
Başlamadan önce, lütfen dış ortam sıcaklığı iç ortam sıcaklığı ve koruma kategorisini göz önünde tutunuz.

4.1. Isı Taşınımı

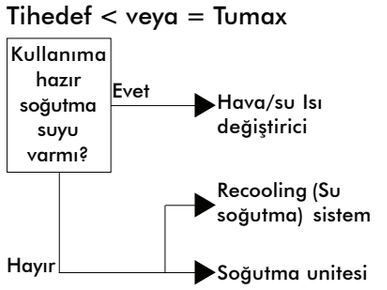
Etkili bir soğutma için, iklim kontrol ve soğutma ünitelerinin gerekli ısı yükü hesaplamalarını ve uygulamadaki akış modellerini bilgisayar yardımlı (CFD-Computational Fluid Dynamics) oluşturulmuş termal analiz performansın bilinmesi gereklidir.

Hızlı Seçim:

Tihedef > Tumax.



Tihedef < veya = Tumax



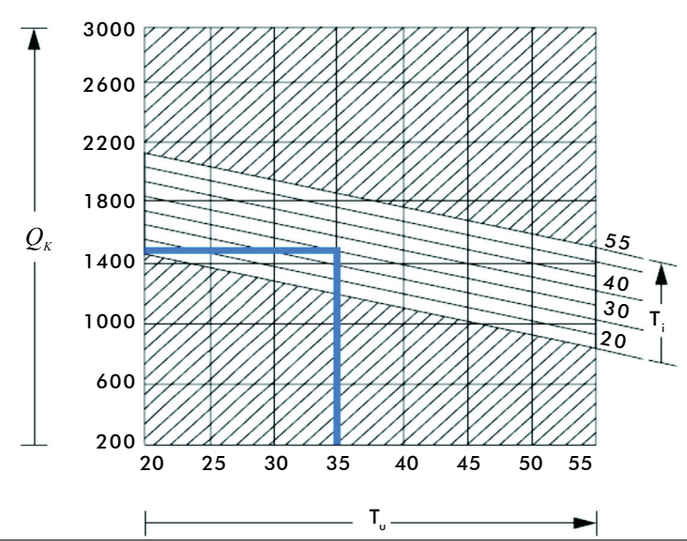
Ti = Pano içi gerekli sıcaklık [°C]
Tu = Pano dışı ortam sıcaklığı [°C]

İlerleyen sayfalar, seçimizine göre detaylı hesaplama formülleri içermektedir.

4.2. Efektif Pano Yüzey Alanı için Hesaplama

Hesaplamalar için gereken veriler nedeniyle, efektif pano yüzey alanı "A" için özel bir tanımlama gereklidir. Panodan dışarıya kaybedilen ısı sadece yüzey alanına değil, aynı zamanda pano kurulumuna da bağlıdır.

Bir odada etrafı kapatılmamış halde bulunan bir pano, duvara yaslanmış ya da gömülmüş bir panodan daha fazla ısı kaybedebilir. Bu nedenle, kurulumuna bağlı olarak efektif pano yüzey alanı hesaplamaları için kesin özellikler vardır. "A"'nın hesaplanması için gereken formül DIN 57 660, bölüm 500 ve



Grafik 1.

IEC 890 da belirtilmiştir. (bkz. **Tablo 1**).

A = Efektif kabin yüzey alanı
W = Kabin genişliği[m]
H = Kabin yüksekliği[m]
D = Kabin derinliği [m]

Pano İklim Kontrolünde Hesaplamanın Temelleri

Doğal taşıma yolu iletimde, ısı kaybı dışarıya kabin panelleri ile atılır. Bunun için gerekli önkoşul çevre sıcaklığının kabin içi sıcaklığından düşük olmasıdır. Kabin içinde görülebilecek maksimum sıcaklık artışı (ΔT) maks-çevre sıcaklığı ile karşılaştırıldığında şu şekilde hesaplanır:

$$\Delta T_{maks} = Qv / (k \bullet A)$$

Qv = Pano içine yüklenen ısı kaybı [W]
Qs = Pano yüzeyi tarafından salınan ısı [W]
Qs > 0: Radiation (Ti > Tu) Qs < 0: Irradiation (Ti < Tu)
Q_E = Pano içi ısı kaybı için gerekli soğutma çıkışı [W]
Q_H = Pano içi ısı kazanımı için gerekli ısı çıkışı [W]
q_w = Isı dönüştürücüsünün termal çıkışı [W/K]
V = Çıkarılan ve yayılan hava arasındaki maksimum izin verilebilen sıcaklık farkını sağlamak için fan-filtre ünitelerinin gerekli hacimsel hava akışı [m³/h]
ΔT = Ti-Tu=Maksimum kabul edilebilir sıcaklık farkı[K]
A = Efektif ısı kaybı taşıyan pano yüzey alanı IEC 890 [m²]
k = Isı transfer katsayısı [W/m²K]

Tablo 1.

Kurulum konumu IEC 890		Hesaplar için formül A [m²]	
	Tek Pano, her yönden serbest	A = 1.8 x H x (W + D)	+ 1.4 x W x D
	Duvara Yaslı Tek Pano	A = 1.4 x W x (H + D)	+ 1.8 x D x H
	En başta veya sonda Pano	A = 1.4 x D x (H + W)	+ 1.8 x W x H
	Duvara Yaslı en başta veya sonda pano	A = 1.4 x H x (W + D)	+ 1.4 x W x D
	Bir sıradaki serbest pano	A = 1.8 x W x H	+ 1.4 x W x D + D x H
	Bir sıradaki duvara yaslı pano	A = 1.4 x W x (H + D)	+ D x H
	Bir sıradaki duvara yaslı ve üstü kapalı pano	A = 1.4 x W x H	+ 0.7 x W x D + D x H

Paslanmaz çelik 6.5 W/m² K
Yaprak çelik 5.5 W/m² K
Plastik 3.5 W/m² K

Not: Eğer kabin içerisindeki ısı kaybı bilinmiyorsa, bu basit formül çevre sıcaklığı Tu ve kabin içi sıcaklığı Ti ölçülerek gerçek ısı kaybı hesaplanması için kullanılabilir.

$$QV = A \bullet k \bullet \Delta T$$
$$QK = Qv - k \bullet A \bullet \Delta T$$

Örnek 1;

Bu örneğimizde uygulamalarımızdan birini ele alacağız. Federal Mogul Segman ve Gömlek fabrikası makine parkurundaki CNC, honlama, taşlama tezgahlarının panolarının aşırı sıcaklığının giderilmesi ve panoların dış ortam havasında oluşan kirli, tozlu, yağlı havasından korunması. Biz bu uygulamada, yana montajlı klima ünitesi seçimi yaptık. Hesaplama için takip edilecek maddeler şunlardır;

1. A= Efektif ısı kaybı taşıyan pano yüzey alanı IEC 890 [m²]: Tek Pano, her yönden serbest
W= 600 mm,
H= 2000 mm,
D= 500 mm,
A= 4.4 m²

2. Maksimum kabul edilebilir sıcaklık farkı ΔT [°C]:
a. Pano dış ortam havası sıcaklığı Tu (burada: +50 °C)
b. İstenilen pano iç ortam sıcaklığı Ti (burada: +35 °C)
ΔT = Ti-Tu
ΔT = -15 °C

3. Isı transfer katsayısı k [W/m²K]: (yaprak çelik~ 5.5 W/m² K, paslanmaz çelik ~ 6.5 W/m² K, plastik 3.5 W/m² K)
k = 5.5 W/m² K.

4. Pano içinde kurulu kompenentlerinin ve güç dağılımının toplam ısı kaybı: Qv [watts].
a. Inverter 22,0 kVA için ısı kaybı 584W
b. Transformer 750 VA için ısı kaybı 49W
c. Diğer kompenentler için ısı kaybı 67W olarak belirlenmiştir.
Qv = 700 W

5. Gerekli soğutma çıkışı hesabı:
$Q_K = Qv - k \bullet A \bullet \Delta T$
$Q_K = 700 W - 5.5 W/m^2 K \bullet 4.4 m^2 \bullet -15 °C$
$Q_K = 700 W - (- 363 W)$
$Q_K = 1063 W$

4.3. Klima Ünitesinin Seçimi

Bizim hesapladığımız ısı kaybı; QE = 1063 W için dış ortam havası sıcaklığı Tu = +50 °C ve istenilen pano içi hava sıcaklığı Ti = +35 °C kabul edilmiştir. SK 3304500 yana montajlı klima ünitesi karakteristik diyagramına baktığımızda, hesapladığımız ısı kaybı sağlayabilecek kullanılabilir (hissedilir) soğutma 1100W çıkmaktadır. (bkz. 3304500 diyagram, **Grafik 1**).

4.4. Pano Klimalarını Kullanılırken Pano Havasının Yoğuşması ve Kuruması

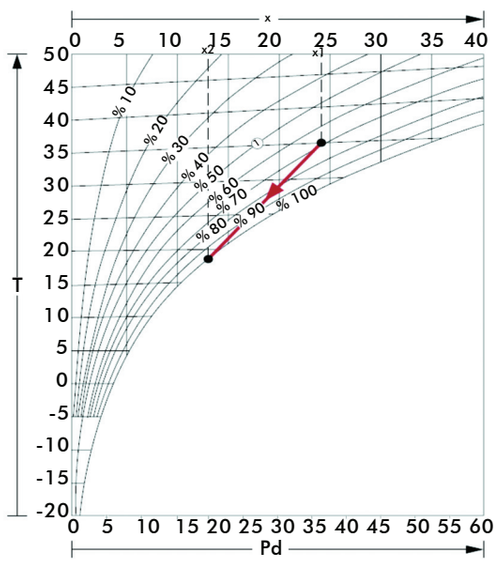
Pano klimalarının engellenemez bir yan etkisi, pano içi havasının kurumasıdır. Sıcaklık düşerken, havadaki nemin birazı buharlaştırıcı yüzeyinde yoğuşur. Bu yoğuşma güvenli bir şekilde pano dışına atılması gerekir. Bu yoğuşmanın miktarı pano içindeki havanın sıcaklığına, bağıl neme ve buharlaştırıcı yüzeyi ile pano içindeki havanın hacmine bağlıdır. Mollier h-x diyagramı (**Grafik 2**) havanın sıcaklığına ve bağıl nem oranına göre taşıdığı su miktarını göstermektedir.

Pd= Su buharı kısmi basıncı (mbar)
T = Hava sıcaklığı (°C)
x = Havanın taşıdığı su miktarı (g/kg dry air)
(1)=Bağıl nem

$$W = V \bullet \varphi \bullet \Delta x$$

Yoğuşma Miktarı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

W = g içinde su miktarı
V = Pano içi hacim m³
φ = Doygun havanın su tutumu kg/m³
Δx= Kuru havanın içerdiği su miktarı farkı g/kg (bkz. **Grafik 2**)



Grafik 2.

Örnek:
SK 3305500 yana montajlı klima ünitesinin set değeri +35 °C ayarlanmıştır.

Dış ortam bağıl nemini % 70 kabul edilmiştir.

+35 °C daki hava, eğer +18 °C evaporator yüzeyi ile temas ederse, yüzeyde hava yoğuşmaya başlayacaktır (Evaporasyon sıcaklığı soğutucu gaza bağlıdır.).

Evaporatör yüzeyinde suyun oluşmasının sınırı şu çiğlenme noktasında başlar.

$$\Delta x = x1 - x2$$

Buna göre; su buharının kısmi basıncını, (1kg) kuru havanın içerdiği su buharının ağırlığını yani mutlak nemi ve ciğ noktası sıcaklığını şu denklemle bulalım;

$$W = V \bullet \varphi \bullet \Delta x$$

W [g] : Su miktarı
V [m³] : Pano iç hacmi
φ [kg/m³]: Doygun havanın su tutumu kg/m³
Δx [g/kg]: Kuru havanın içerdiği su miktarı farkı (bkz.**Grafik 2**)

$$V = W \bullet H \bullet D$$
$$= 0.6\ m \bullet 2m \bullet 0.5m$$
$$= 0.6\ m^3$$

$$W = V \bullet \varphi \bullet \Delta x$$
$$= 0.6\ m^3 \bullet 1.2\ kg/m^3 \bullet 11\ g/kg$$
$$= 7.92\ g,\ tahmini.\ 8\ ml$$

Hava sızdırmazlıkları oldukça kötü olan kablo girişleri ya da kapılardan sızan kaçak hava hesapladığımız değeri yükseltecektir. Örneğin 5 m³/h lik kaçak hava devamlı surette yoğuşmaya sebep olacaktır.

Tahmini olan değer ise 80 ml/h dir. Sonuç olarak pano iklim kontrol ve soğutma üniteleri çalışırken, kablo girişleri tecrit edilmeli aynı zamanda pano kapakları kapalı tutulmalıdır.

4.5. Hava/Hava Isı Değiştiricileri

Isı değişitiricisi termal çıkış hesabı;

$$qw = [Qv - (A.\Delta T.k)] \ / \ \Delta T$$

ΔT : Sıcaklık farkı (K)
Q_v : Isı kaybı(W)
qw : Termal çıkış (W/K)
A: Pano yüzey alanı IEC 890 (m^2)
k: Isı transfer katsayısı (W/m^2K)

4.6. Fan ve Filtre ünitesi

Hacimsel hava akış hesabı :

$$V = f.(Qv/\Delta T)$$

f =3.1 m^3-K/Wh at h= (Oto 100)
f = 3.2 m^3 • K/Wh at h = (100 to 250)
f = 3.3 m^3 • K/Wh at h = (250 to 500)
f = 3.4 m^3 • K/Wh at h = (500 to 750)
f = 3.5 m^3 • K/Wh at h = (750 to 1000)

f = Compensating factor
h = Height above sea level [m]

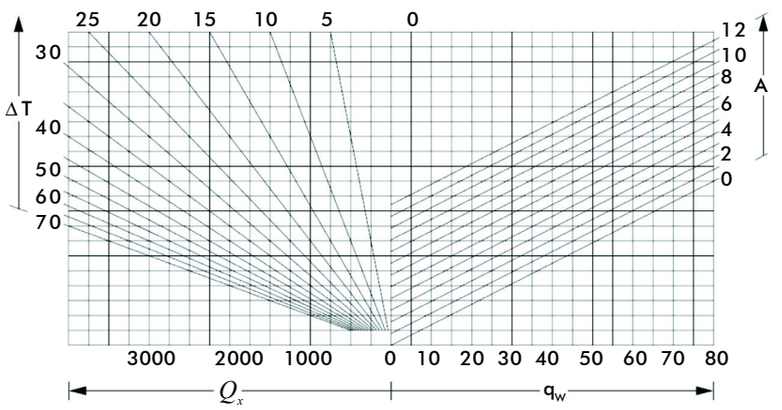
Pano Isıtıcıları

Pano ısıtıcıları hesabı

$$QH = A \bullet \Delta T \bullet k$$

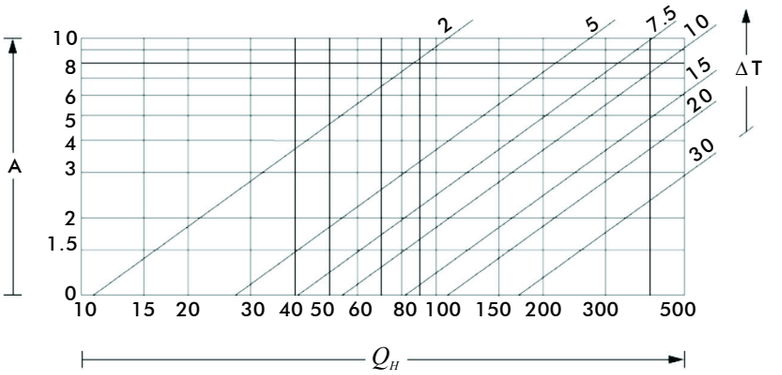
Isıtıcı performans diyagramı
QH = Isı yükü kazanımı (W)
A = Pano yüzey alanı IEC 890 (m^2)
ΔT = Sıcaklık farkı (K)

Buna istinaden; içerde kalan, durağan hava, sıcaklık geçirme katsayısı k = 5.5 W/m^2 K.



Hava/hava ısı değiştiricileri

Grafik 3.



Pano Isıtıcıları

Grafik 4.

Dışardaki hava girdiğinde (hareketli hava), Isı yükü iki misli artar.

5. Sonuç

İklim kontrol ve soğutma ünitelerinin; elektriksel sistemler, mekanik sistemler, elektromekanik sistemler, uzaktan kontrollü sistemler, endüstriyel sistemler, ısıl sistemler, foto - elektrik sistemler, akışkan sistemler, elektromanyetik sistemler, bilgi iletim sistemlerinde kullanımı sürekli artmaktadır.

Özellikle; aşağıdaki sistemlerin kullanıldığı sektörlerde vazgeçilmez sonuç olarak iklim kontrol ve soğutma üniteleri kullanılmalıdır.

Elektriksel Sistemler:
Örneğin; kontrol edilen unsur gerilim ve akımdır.

Elektromekanik Sistemler:
Örneğin; robot kol. Burada konum, açı, hız, gerilim vb. bilgiler kontrol edilir.

Uzaktan Kontrollü Sistemler:
Örneğin; Internet üzerinden ev kontrol sistemi veya cerrahi operasyonlar.

Endüstriyel Sistemler:
Örneğin; kağıt fabrikası. Burada kağıdın inceliği, ham madde akış hızı vb. bilgiler kontrol edilir. Sistemlerdeki durdurulamayan yenilikçe; değişimin karmaşık, tümleşik, hızlı ve teknolojik hal almasının ısınmayı da beraberinde getirdiğini unutmayalım. Şimdiki sistemler teknolojilerini yenilikçi yüksek teknolojilere bıraktığında, dar alanlarda yüksek hızlarda ve kapasitelerde çalışacak olmaları, ısınmanın kat ve kat artarak, yüksek teknolojili sistemlerin en büyük problemi haline geleceği kaçınılmaz bir sonuçtur.