

Be sure. **testo**



**Pratik kılavuz
İş yerlerinde konfor seviyesi
ölçümü**

Giriş.

Tüm dünyada birkaç yüz milyon insan ofislerde çalışmaktadır. Birçoğu çalıştıkları ortam koşullarından memnun değildir. Bu şikayetlerin en temel sebepleri, termal konfor ve iç hava kalitesi ile ilgilidir.

Şikayetlerin genellikle bir ölçüm teknolojisi teknisyeni tarafından araştırılması gerekir. Bu kişi, şikayetlerin haklı olup olmadığını belirlemek ve uygun olduğunda nedenlerini belirlemek ve ortadan kaldırmak için çalışanların termal duyumlarını objektif olarak değerlendirme zorluğuyla karşı karşıyadır.

Yalnızca iş açısından bakıldığında, çalışan performansı doğrudan iş yerindeki ortam koşullarıyla ilgili olduğundan, şikayetlerin ciddiye alınması gerektiğini söylemeye zaten gerek yoktur.

Bu pratik kılavuzun amacı, iç mekan ikliminden sorumlu kişilere destek sunmak ve şikayet durumunda konfor düzeyine ilişkin öznel izlenimleri nesnel olarak değerlendirmenin olası yollarını belirlemektir.



İçindekiler:

1. Termal konfor nedir?	04
2. İş yerinde termal değerlendirme için ölçüm teknolojisini kullanma nedenleri .	05
3. Şikayet durumunda ölçüm teknolojisi teknisyeni tarafından alınan önlemler ..	06
3.1 Hazırlık	06
3.2 Ortam hava sıcaklığı ve neminin ölçümü	07
3.3 PMV/PPD ölçümü	08
3.4 Türbülans ve çekiş ölçümü	15
3.5 Konfor seviyesini değerlendirmek için diğer kriterler	17
3.6 İç hava kalitesinin değerlendirilmesi	18
4. Sonuç.....	20

1. Termal konfor nedir?

Termal konfor, fiziksel ve zihinsel yetenekleri etkilemede belirleyici bir rol oynar.

İnsan vücudunun ısıya duyarlılığı esasen onun termal dengesine bağlıdır. Bu termal denge, fiziksel aktivite ve giyimın yanı sıra ortamdaki atmosferik parametrelerden de etkilenir.

Bunlar:

- Hava sıcaklığı
- Radyan sıcaklık
- Hava hızı (çekiş)
- Nem

Termal konfor, bir kişi termal olarak nötr hissettiğinde ortaya çıkar.

Bu, insanlar çevrelerindeki ortam parametrelerini (sıcaklık, nem, hava akımı ve termal radyasyon) hoş bulduklarında gerçekleşir. Daha sıcak veya daha soğuk, daha kuru veya daha nemli iç ortam havasına gerek yoktur. Termal konfor ayrıca aktivitenin türüne ve giysiye de bağlıdır.



Resim 1: Termal konfor çeşitli faktörlere bağlıdır.

2. İş yerinde termal değerlendirme için ölçüm teknolojisini kullanma nedenleri

İşyerinde ısı konforu, çalışanlar için gereksiz bir lüks değil, aslında performans ve verimlilik için temel bir gerekliliktir. Bu nedenle ekonomik açıdan uygun ortam koşullarının yaratılması gerekmektedir.

Bir çalışan işyerindeki ortam koşullarından şikayet eder etmez, çalışanın termal rahatsızlıkla ilgili iddiası, uygun ölçüm teknolojisi kullanılarak objektif bir ölçüm sonucuna dönüştürülmelidir. Bu, durumun optimum şekilde değerlendirilmesini sağlar.

Ölçüm sonuçlarının tümü normal aralıktaysa, ölçüm teknolojisi teknisyeni, HVAC sisteminin herhangi bir yanlış konfigürasyonunu hemen ekarte edebilir. Çalışanın termal rahatsızlığının analizi daha sonra başka bir düzeyde yapılmalıdır.

Şikayetlerin başka nedenleri olabilir; örneğin işten memnuniyetsizlik, meslektaşlarla sorunlar, özel sorunlar veya sağlık şikayetleri, termal konfor seviyesinin nasıl algılandığı üzerinde bir etkiye sahip olabilir.

Profesyonel ölçüm teknolojisinin avantajları.

1. Öznel belirlemeler objektif olarak değerlendirilir.
2. HVAC sisteminin doğru çalıştığına dair kanıt sağlanabilir.
3. Ölçümler belgelenir ve analiz edilebilir.
4. Yüksek kaliteli ölçüm teknolojisi kullanıldığında, şikayette bulunan çalışan ciddiye alındığını hisseder.

3. Şikayet durumunda ölçüm teknolojisi teknisyeni tarafından alınan önlemler

3.1 Hazırlık

Bir çalışan işyerindeki termal koşullardan şikayet etmek için ortaya çıkarsa, ilk adım bu şikayeti ciddiye almak ve derhal soruşturmaya başlamak olmalıdır.

HVAC sisteminin kontrolü.

İş yerinde ayrıntılı bir inceleme yapmadan önce, teknisyen aşağıdaki soruları akılda tutarak HVAC sistem ayarlarını incelemelidir: HVAC sisteminin sıcaklık kontrolünün durumu nedir? Burada ortam sıcaklık sensörleri tarafından geri beslenen ortam sıcaklığı kontrol edilmelidir. Veya son zamanlarda HVAC sistem ayarlarında herhangi bir değişiklik yapıldı mı?

İş yerinde ilk inceleme.

İş yerinde konfor düzeyi kriterlerinin değerlendirilmesine başlamadan önce, çalışanın şikayetinin tam niteliğini öğrenmelisiniz. Onlar için çok soğuk, çok sıcak, çok kuru veya çok havasız mı, yoksa yanlış ayarlanmış çıkışlar nedeniyle hava akımına mı maruz

kalıyorlar? Sorunlar kalıcı mı yoksa sadece günün belirli saatlerinde mi ortaya çıkıyor?

Sahadaki koşullar.

Saha hakkında bir ilk izlenim oluşturmak için aşağıdakilere dikkat edilmelidir:

- Odaya yanlış monte edilmiş sıcaklık sensörleri (doğrudan güneş radyasyonunda, kapalı, cereyan yakınında). Bu, HVAC sisteminin merkezi kontrol ünitesine yanlış geri besleme yapılmasına neden olur.
- Tıkalı/kirli hava çıkışları
- Açık pencereler
- Yapısal değişiklikler

3.2 Ortam hava sıcaklığı ve neminin ölçümü

Çalışanın şikayeti ne olursa olsun, basit bir ortam sıcaklığı/nem ölçümü yaparak ortam koşulları hakkında bazı ön bilgiler almak faydalıdır.

testo 400 evrensel ölçüm cihazını kullanarak ölçüm prosesi.

testo 400 ile odanın ortasına gidin. Ortam havası nem probunu, görüntülenen değerler sabitlenene kadar yaklaşık 60 cm yükseklikte (hız yaklaşık 1.5 m/sn) havada hafifçe ileri geri sallayın. Burada ölçümün nefesle yanıtılmamasına dikkat edilmelidir.



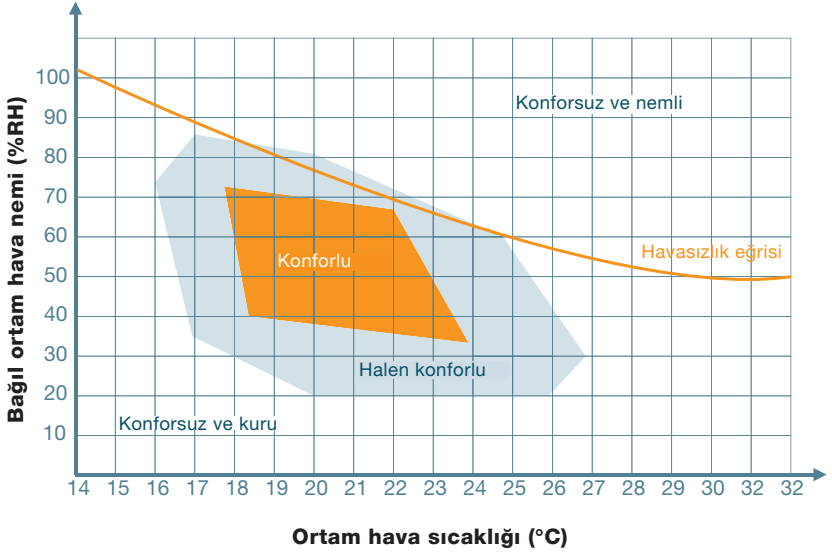
Resim 2: testo 400 iç hava kalitesi ölçüm cihazını kullanarak ortam havasının sıcaklığını ve nemini ölçme.

Ölçüm sonucu/yorumlama.

Ölçüm sonucu, °C cinsinden hava sıcaklığından ve % olarak bağıl nemden oluşur. Ofisteki bir kişi genellikle 22 ila 24°C ortam sıcaklığında ve %40 ila 60 arası ortam havası neminde kendini en rahat hisseder.

DIN EN 15251 Kategori II, %25 ila 60 nemde soğutma modunda 26°C ve ısıtma modunda 20°C maksimum sıcaklıklara izin verir.

Bu ölçüm, iç mekan iklimi hakkında bazı ilk bilgileri elde etmek için kullanılır. Ölçülen değerler yukarıda belirtilen konfor seviyesi aralığından zaten güçlü bir şekilde sapıyorsa, şu an için başka değerlendirmelere gerek yoktur. Her ihtimalde, buna bir HVAC sistemi arızası neden olur.



Resim 3: Ortam havası nemi ve ortam hava sıcaklığına göre konfor seviyesinin grafik sunumu.

3.3 PMV/PPD ölçümü

PMV/PPD değeri, iş yerindeki ilgili çalışma ve ortam koşulları altında termal faktörlerin entegre bir incelemesini sağlar.

Ölçüm sonucu, termal konfor seviyesi hakkında objektif bir ifadedir.

PMV (Öngörülen Ortalama Oy).

PMV, önemli sayıda insanın ortalama termal duyusunun bir ölçüsüdür. Bu değer aşağıdaki parametrelerden hesaplanır.

- Ortam sıcaklığı
- Radyan sıcaklık
- Akış
- Bağıl nem ve girilen değerler
- Kıyafet indeksi
- Aktivite

Kıyafet indeksi.

Kıyafet, bir kişinin ısı dengesini etkiler. Vücut ve iç mekan iklimi arasındaki sınır tabakasını oluşturur ve bu nedenle termal konfor üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Fiziksel olarak giysiler, cilt ve çevredeki ortam arasındaki termal iletim direnci ile karakterize edilir.

Aktivite.

Aktivite seviyesi, bir kişinin enerji dönüşümünün bir ölçüsüdür. Tam dinlenme halindeki bir kişinin bazal metabolizma hızı $M = 0,8$ met'tir (met = metabolik hız = metabolik birim, $1 \text{ met} = 58 \text{ W/m}^2$ vücut yüzeyi).

PPD (Beklenen ortalama memnuniyetsizlik).

PPD, ortam koşullarından memnun olmayan kişilerin tahmini yüzdesini tanımlar. Değer yüzde olarak ifade edilir ve kişiler arası farklılıklardan dolayı herkesi tatmin edecek bir ortam iklimi belirlemek mümkün olmadığı için memnun olmayanlar %5'in altına düşmez.

Önerilen problemlerle ölçüm parametreleri.

Ölçüm parametresi	Sipariş no.	Açıklama
(Radyan) sıcaklık	0602 0743	Küre termometresi
Hava sıcaklığı Bağıl nem	0632 1543	IAQ probu (önerilir) ya da sıcaklık/nem probu (sipariş no. 0636 9743)
Hava akış hızı	0628 0143	Konfor probu

Tablo 1: Uygun problemlerle ölçüm parametreleri.

PMV/PPD hesaplaması için parametreler

Parametre [met]

Fiziksel aktivite	met	W/m ²	Aralıklar (manuel giriş ile)
Yatarken, rahat	0.6	46	0.1 ... 0.6
Otururken, rahat	0.9	58	0.7 ... 1.0
Hafif aktivite, oturma (ofis işleri, okul)	1.2	70	1.1 ... 1.4
Hafif aktivite, ayakta (laboratuvar çalışması, hafif sanayi işleri, ticaret)	1.6	93	1.5 ... 1.8
Orta derecede aktivite, ayakta durma (satış faaliyeti, ev işi, makine operasyonu)	2.0	116	1.9 ... 2.4
Ağır aktivite (makinelere ağır iş, atölye işi)	2.8	165	2.5 ... 3.0

Bilgi: met = metabolik oran = metabolik birim, 1 met = 58 W/m² vücut yüzeyi

Parametre [clo]

Kıyafet tipi	clo	m ² K/W	Aralıklar (manuel giriş ile)
Kıyafetsiz	0	0	0 ... 0.1
Yaz kıyafetleri (külöt, kısa kollu tişört / şort / çorap / ayakkabı)	0.5	0.078	0.2 ... 0.6
Hafif iş kıyafetleri (külöt, kısa kollu tişört, ince pantolon, ince çorap, ayakkabı)	0.7	0.11	0.7 ... 0.9
Normal iş kıyafetleri (külöt, gömlek, pantolon, tulum, çorap, ayakkabı)	1.0	0.16	1.0 ... 1.4
Sıcak iş kıyafetleri (kısa kollu ve paçalı iç çamaşırı, gömlek, pantolon, ceket, ağır kapitone ceket ve tulum, çorap, ayakkabı)	1.5	0.2325	1.5 ... 1.9
Çok sıcak iş kıyafetleri (kısa kollu ve paçalı iç çamaşırı, gömlek, pantolon, ceket, ağır kapitone ceket ve tulum, çorap, ayakkabı, şapka, eldiven)	2.0	0.32	2.0 ... 2.4
Sıcak kış giysileri (uzun kollu ve paçalı iç çamaşırı, termal ceket ve pantolon, ağır kapitone parka, ağır kapitone tulum, çorap, ayakkabı, şapka, eldiven)	2.5	0.3875	2.5 ... 3.0

Bilgi: kıyafet, 1 clo = 0.155 m²K/W

Tablo 2: PMV/PPD hesaplaması için parametreler

testo 400 kullanarak ölçüm prosesi.

1. İlgili problemlara sahip testo 400 iç hava kalitesi ölçüm cihazı, “şikayetin yapıldığı iş yerinde” kurulur. DIN EN ISO 7726, nem ve radyan sıcaklık ölçümünün ortalama yükseklikte (0,6 veya 1,1 m) yapılması gerektiğini, sıcaklık ve hava hızının 3 farklı yükseklikte ölçülmesi gerektiğini belirtir. (0.1; 0.6; 1.1 ya da 0.1; 1.1; 1.7).
2. Gerçek PMV/ PPD ölçümüne başlamadan önce, küre probunun iklimlendirme süresi dikkate alınmalıdır (yaklaşık 20 ila 30 dakika). Bu nedenle, küre sıcaklığı için sabit bir değer oluşturulana kadar ölçüm programını başlatmayı geciktirin.
3. PMV/PPD ölçüm programı, ölçüm boyunca teknisyene adım adım rehberlik eder. Kıyafet indeksi ve aktiviteye ek olarak, ölçüm periyodu ve ölçüm döngüsünün de tanımlanması gerekir. Bunlar öncelikle ilgili ölçüm görevine veya şikayetin niteliğine bağlıdır.



Resim 4: Nispeten hızlı bir ölçüm, termal koşullar hakkında bir fikir edinmek için genellikle yeterlidir.



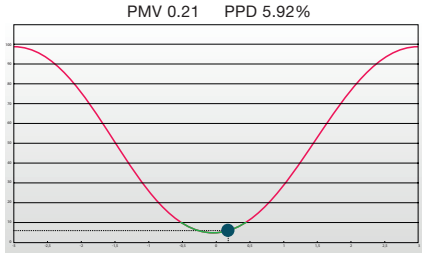
Resim 5: Termal koşullar bir bakışta hemen görünür.

Ölçüm döngüsü/ölçüm periyodu

Örneğin bir çalışan iş yerindeki genel, kalıcı termal rahatsızlıktan şikayet ederse, termal koşullar hakkında bir fikir edinmek için genellikle birkaç dakika süren hızlı bir ölçüm yeterlidir. Ancak, çalışan günün farklı saatlerinde aralıklı olarak termal koşullardan memnun değilse, tüm çalışma günü boyunca uzun vadeli bir ölçüm yapmak mantıklıdır.

HVAC sisteminin güne bağlı kontrolü, geçici termal rahatsızlığa neden olabilir. Uzun vadeli ölçüm için seçilen ölçüm döngüsü kesinlikle nispeten ince ayarlanmalıdır (5 – 30 sn), çünkü daha fazla veri, zaman açısından daha doğru bir araştırma yapmayı mümkün kılar. 1 milyona kadar okumaya yetecek belleğiyle testo 400, çok büyük hacimli verileri de sorunsuz bir şekilde belgeleyebilir.

Ek olarak, testo IAQ datalogger aynı anda 6 adede kadar prob bağlama ve 360.000'e kadar okuma kaydetme imkanı ile çok kapsamlı uzun vadeli ölçüm sağlar. Özellikle pratik: ölçüm cihazı, uzun süreli ölçüm sırasında başka görevler için kullanılabilir.



Resim 6: Ölçüm protokolünden alıntı.

Ölçüm sonucu/yorumlama.

Bir gün boyunca göreceli olarak kısa veya uzun süreli bir ölçüm yapıp yapmadığınıza bakılmaksızın, ölçüm programı sona erdiğinde ilgili ölçüm süresi boyunca ortalama alınan bir PMV / PPD değeri elde edersiniz. Belirli koşullar altında, bu yeterince bilgilendirici olabilir.

Bununla birlikte, uzun süreli bir ölçüm durumunda yalnızca belirli bir zamanda norm dışında olan değerleri filtrelemek için PMV/PPD değerlerinin bireysel değer analizini gerçekleştirme seçeneğiniz de vardır. Testo 400 ile birlikte verilen testo DataControl PC yazılımını kullanarak bunu yapmak çok kolaydır.

Ölçüm sonucu +3 ile -3 arasında bir değerdir ve çevredeki ortamla ilgilidir. -0.5 ila +0.5'lik bir PMV değeri, termal konfor seviyesine eşittir.

PMV IAQ oranı skalası	
+3	sıcak
+2	ılık
+1	hafif ılık
0	nötral
-1	hafif serin
-2	serin
-3	soğuk

Tablo 3: PMV IAQ derecelendirme ölçeği.

Değerlendirme grafik veya tablo şeklinde yapılabilir. Resim 6, ölçüm sonucunu bir grafik olarak gösterir; burada 0.21 PMV değeri ve %5.92 PPD değeri yeşil çizgi üzerinde mavi bir nokta olarak gösterilir. Yeşil çizgideki tüm değerler, DIN EN ISO 7730'a göre Kategori B termal konfor seviyesine karşılık gelir.

PMV değeri ± 0.5 limitinin dışındaysa neden analizi yapılmalıdır. İlk adım olarak, küre sıcaklığı, ortam sıcaklığı, nem ve akış hızı gibi bireysel parametrelerin ölçüm sonuçları daha yakından incelenmelidir (bkz. Tablo 4). Örneğin, ortam ve dünya sıcaklığı arasında önemli bir sıcaklık farkı tespit ederseniz, bunun nedeni pencereden gelen yüksek güneş radyasyonu olabilir.

Hangi münferit parametrelerin normdan saptığına bağlı olarak, nedenler hatalı bileşenler, hatalı bir HVAC sistemi ayarı veya sahadaki

ortam koşulları (örn. hava çıkışları, pencereler veya yapısal değişiklikler) olabilir.

Oda tipi	Aktivite met	Kıyafet faktörü, clo		Kategori	°C cinsinden çalışma (küre) sıcaklığı		m/s cinsinden max. ortalama hava hızı	
		Yaz	Kış		Yaz	Kış	Yaz	Kış
Özel ofis Ofis ortamı Konferans odası Oditoryum Cafe/ restaurant Sınıf	1.2	0.5	1.0	B	24.5 ± 1.5	22.0 ± 2.0	0.19	0.16

Maksimum ortalama hava hızı, %40 türbülansa ve küre sıcaklığına eşit bir hava sıcaklığına dayanır. Yaz ve kış için %60 veya %40 bağıl nem kullanılır. Maksimum ortalama hava hızını belirlemek için, aralığın düşük sıcaklığı hem yaz hem de kış aylarında seçilir.

Tablo 4: DIN EN ISO 7730'dan alıntı.

3.4 Türbülans ve çekiş ölçümü

PMV/PPD ölçümüne ek olarak, çalışan şikayetlerini objektif olarak değerlendirmek için başka ölçüm yöntemleri de bulunmaktadır. Örneğin, bir çalışan özellikle cereyanlardan şikayet ederse, her zaman bir türbülans veya çekiş riski ölçümü yapılmalıdır.

Ölçüm parametrelerinin tanımı.

Ölçüm, konfor probu kullanılarak hava hızlarının yönsüz bir kayıdır. Testo'nun konfor probu, DIN EN 13182, DIN EN ISO 7726 ve DIN EN 12599 standartlarının teknik gereksinimlerini karşılar.



Resim 7: Tüm yükseklikler testo 400 kullanılarak ölçülebilir.

Türbülans.

Türbülans, hava akış hızının homojenliğini veya düzensizliğini tanımlar ve çekiş riskinin hesaplanması için gereklidir. Türbülansı hesaplamak için belirlenen hava hızı değerinin standart sapması (S_v) ölçülmelidir.

$$T_u = \frac{S_v}{\bar{v}} * 100 [\%]$$

S_v = anlık hava hızı değerlerinin standart sapması
= ortalama hava hızı

Ölçüm.

Ölçüm için aşağıdaki gereksinimler karşılanmalıdır:

- Hızlı, kütleli termal akış probu (konfor probu)
- Aktiviteye bağlı üç ölçüm yüksekliği
Ayakta aktivite: 0.1 m/1.10 m/1.70 m
Oturmalı aktivite: 0.1 m/0.6 m/1.10 m
- Ölçüm periyodu: 180 saniye (önerilir)
- Ölçüm döngüsü: 1 saniye

Çekiş.

Çekiş oranı, hava hızının çok yüksek olması nedeniyle memnun olmayan oda kullanıcılarının tahmini yüzdesini temsil eder. Hesaplama, ortam hava sıcaklığını (t_a), ortalama hava hızını (v) ve türbülansı (T_u) içerir.

$$DR = (34 - t_a)(v \cdot 0,05)^{0,62} (0,37 \times v \times T_u + 3,14) [\%]$$

DR = çekiş oranı

t_a = lokal hava sıcaklığı [°C]

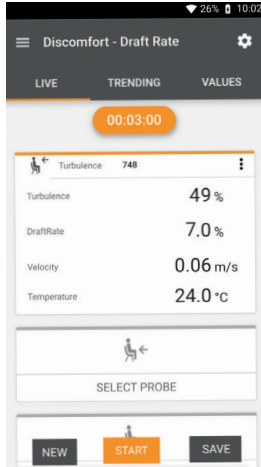
v = lokal ortalama hava hızı [m/sn]

T_u = lokal türbülans [%] (hesaplanan değişken)

Ölçüm sonucu/yorumlama.

testo 400 ile aşağıdaki ölçüm protokolünü elde edersiniz:

Burada ölçülen ortalama akış hızı



Resim 8: Burada ölçülen ortalama akış hızı ve ortalama sıcaklık ile bunlardan hesaplanan türbülans ve çekiş hızı görüntülenebilir. Örnekte çekiş oranımız %7'dir.

ve ortalama sıcaklık ile bunlardan hesaplanan türbülans ve çekiş hızı görüntülenebilir. Örnekte %7'lik bir çekiş oranımız var.

DIN EN ISO 7730 – Kategori B'ye göre izin verilen maksimum çekiş oranı DR = %20'ye karşılık gelir. Bu nedenle bu ölçüm konumuna DIN EN ISO 7730 – Kategori B'ye uygun bir çekiş oranı atanabilir.

3.5 Konfor seviyesini değerlendirmek için diğer kriterler

Dikey hava sıcaklığı farkı.

Baş ve ayak bileği arasındaki bölgede yüksek bir dikey hava sıcaklığı farkı rahatsızlığa neden olabilir.

Ölçüm.

Dikey hava sıcaklığı farkını kontrol ederken, oturan bir kişi için baş (1,10 m) ve ayak bileği yüksekliği (0,10 m) arasındaki fark sıcaklığının noktasal ölçümü yeterlidir.

Ölçüm sonucu/yorumlama.

DIN ISO 7730-Kategori B'ye göre konfor kriterlerine uymak için sıcaklık farkı 3 K'dan az olmalıdır.

Sıcak ve soğuk zeminler.

Zemin çok sıcak veya çok soğuksa, odadaki insanlar ayaklarındaki ısı hissi nedeniyle rahatsızlık hissedebilirler. Hafif ev ayakkabısı giyenler için, konfor seviyesi açısından belirleyici faktör zemin malzemesi değil, zemin sıcaklığıdır.

Ölçüm.

Zemin sıcaklığı, testo 400 ve bir yüzey probu (çapraz bantlı prob) kullanılarak veya bir kızılötesi ölçüm cihazı kullanılarak daha hızlı bir şekilde belirlenebilir.

Ölçüm sonucu/yorumlama.

DIN EN ISO 7730'a göre zemin sıcaklığı 19 ile 29°C arasında olmalıdır.



Resim 9: Zemin seviyesinde ölçüm.

3.6 İç hava kalitesinin değerlendirilmesi

Termal konforun yanı sıra iç hava kalitesinin korunması da konfor düzeyinde önemli bir kriterdir. Bu bağlamda, karbondioksit konsantrasyonu (CO₂) “iyi” iç hava kalitesinin önemli bir göstergesidir. Aşırı CO₂ konsantrasyonu nedeniyle “zayıf” hava kalitesi, yorgunluğa ve konsantrasyon eksikliğine neden olur ve hatta hastalığa neden olabilir.

Ölçüm.

testo 400 çok işlevli ölçüm cihazını, ortam sıcaklığı/nem ölçümü için daha önce açıklandığı gibi odanın ortasına yerleştirin ve probu “vücudunuzdan uzakta” (yükseklik 0,6 m) tutun. Şikayete bağlı olarak, CO₂ probu için kısa bir alışma süresinden sonra (yaklaşık 30 ila 60 saniye) bir ilk açıklama yapılabilir. CO₂ ölçümü için genellikle bir iş günü üzerinden uzun vadeli bir

ölçüm yapmak mantıklıdır. Daha sonra günün hangi saatinde yüksek konsantrasyonlara ulaşıldığını ve iklimlendirme sisteminin uygun bir hava değişim oranı sağlayıp sağlamadığını analiz etmek için buradaki yazılım aracılığıyla bir değerlendirme kullanabilirsiniz. CO₂ konsantrasyonuna dayalı olarak oda kullanıcısının havalandırma alışkanlıkları hakkında da sonuçlar çıkarılabilir.

Ölçüm sonucu/yorumlama.

Tablo 5, CO₂ konsantrasyonu için izin verilen karşılaştırmalı rakamları listeler.

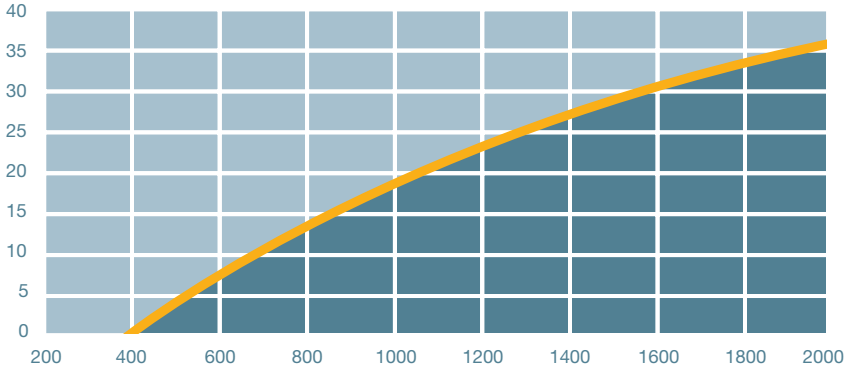
Uygulamada, iş yerindeki CO₂ konsantrasyonu 1.000 ppm’yi geçmemelidir (Pettenkofer’e göre). Uygun iç mekan hava kalitesini elde etmek için, oda kullanıcısı başına en az 50 m³/saat hava değişim hızına uyulmalıdır.

CO₂ konsantrasyonu – kıyaslama rakamları

CO ₂ % hacim	CO ₂ ppm	Açıklama
0.033 ... 0.04	330 ... 400	Kırsal bölgedeki temiz hava
0.07	700	Şehir havası
0.1	1,000	Ofislerdeki limit değer, Pettenkofere göre maksimum değer
0.5	5,000	MAC değeri
0.7	7,000	Gösterimin ardından sinemalardaki maksimum değer
2	20,000	Kısa süreli psikolojik tolerans değeri
2 ... 4	20,000 ... 40,000	Daha ağır solunum, artmış nabız hızı
4 ... 5.2	40,000 ... 52,000	Hava soluma
4 ... 8	40,000 ... 80,000	Baş ağrısı, baş dönmesi
8 ... 10	80,000 ... 100,000	Konvülsiyon, hızlı bilinç kaybı
20	200,000	Birkaç saniye içinde ölüm

Tablo 5: CO₂ konsantrasyonu için kıyaslama rakamları.

Eğri, belirli bir CO₂ konsantrasyonunda iç mekan hava kalitesinden memnun olmayanların yüzdesini gösterir.



Resim 10: Belirli bir CO₂ konsantrasyonunda memnun olmayan kişilerin yüzdesi.

6. Sonuç

Yeni binalarda veya daha fazla enerji verimli hale getirmek için yenilenmiş binalarda tamamen klimalı işyerlerinin sayısının artmasıyla birlikte, işyerinde termal rahatsızlık hakkında çalışan şikayetleri de artıyor.

Uygun ölçüm teknolojisi olmadan, klima/kurum içi teknisyenlerin kişisel rahatsızlık ile gerçek, olumsuz iç mekan iklim etkileri arasındaki farkı tespit etmesi neredeyse imkansızdır. Ancak, HVAC sisteminin düzenleyici amaçlarla olası olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için bu kesinlikle gereklidir. Bu bakımdan, ölçüm

yöntemlerinin basit ve ekonomik bir şekilde uygulanması, binalarda yetersiz veya yanlış yapılandırılmış havalandırma ve iklimlendirme teknolojisinin neden olabileceği risklerle orantısızdır.

testo 400 iç hava kalitesi ölçüm cihazı ve kapsamlı prob yelpazesi ile yöneticiler, uygun düzeltici önlemleri alabilmeleri için tüm önemli parametreleri hızlı ve verimli bir şekilde kaydedebilir, analiz edebilir ve belgeleyebilir.