

Ders 10

Havalandırma Ve İklimlendirme Prensipleri

Doç. Dr. Mustafa YILMAZ

İklimlendirme

- Kapalı bir ortamın sıcaklık, nem, temizlik ve hava hareketini insan sağlık ve konforuna veya yapılan endüstriyel işleme en uygun seviyelerde tutmak üzere bu kapalı ortamdaki havanın şartlandırılmasıdır.
- İklimlendirme terimi İngilizcedeki **air condition** (hava şartlandırılması) ve Almandadaki **klima** terimine karşılık gelir. Türkçe 'de **iklimlendirme** ve **klima** terimlerinin her ikisi de kullanılmaktadır.

İklimlendirme

► Literatüre göre, insanlar belli bir sıcaklık ve nem aralığında ve temiz havalı ortamlarda rahat etmektedirler. Bu aralık **konfor bölgesi** olarak tanımlanmıştır (bağıl nem %30 ile %70, sıcaklık 20-27°C). Konfor Bölgesi, yaz ve kış için değişkendir. Kış şartlarında; 22-24°C sıcaklık, %35-40 bağıl nem; yaz şartlarında; 24-26°C sıcaklık, %50-55 bağıl nemdir.

► Nem düzeyinin az olması boğaz kuruluğu, gözlerde yanma gibi rahatsızlıklara yol açmasının yanında, fazla nem de terlemeye ve bunaltıcı bir sıcaklık hissine neden olur. Ayrıca ortamın havası temiz ve taze olmalıdır, toz, duman, polen ve diğer zararlı maddelerin filtre edilmesi ve insanın fark etmeyeceği ama temiz havayı getirip kirli havayı götürecek bir hava dolaşımı gereklidir.

İklimlendirme

- Günümüzde pek çok insanın yaşamının önemli bir bölümü kapalı mekanlarda geçmektedir. Fuar, konferans, tiyatro, sinema salonlarının, alışveriş merkezlerinin, diskotek ve gazinoların, pencereleri açılmayan yüksek binaların vb. yaşanabilir hâlde tutulması için iklimlendirme (klima) kaçınılmazdır.
- Oteller, hastaneler, gıda, tekstil, elektronik, kağıt, tütün, vb. endüstrileri de iklimlendirme işlemlerine ihtiyaç duymaktadır.

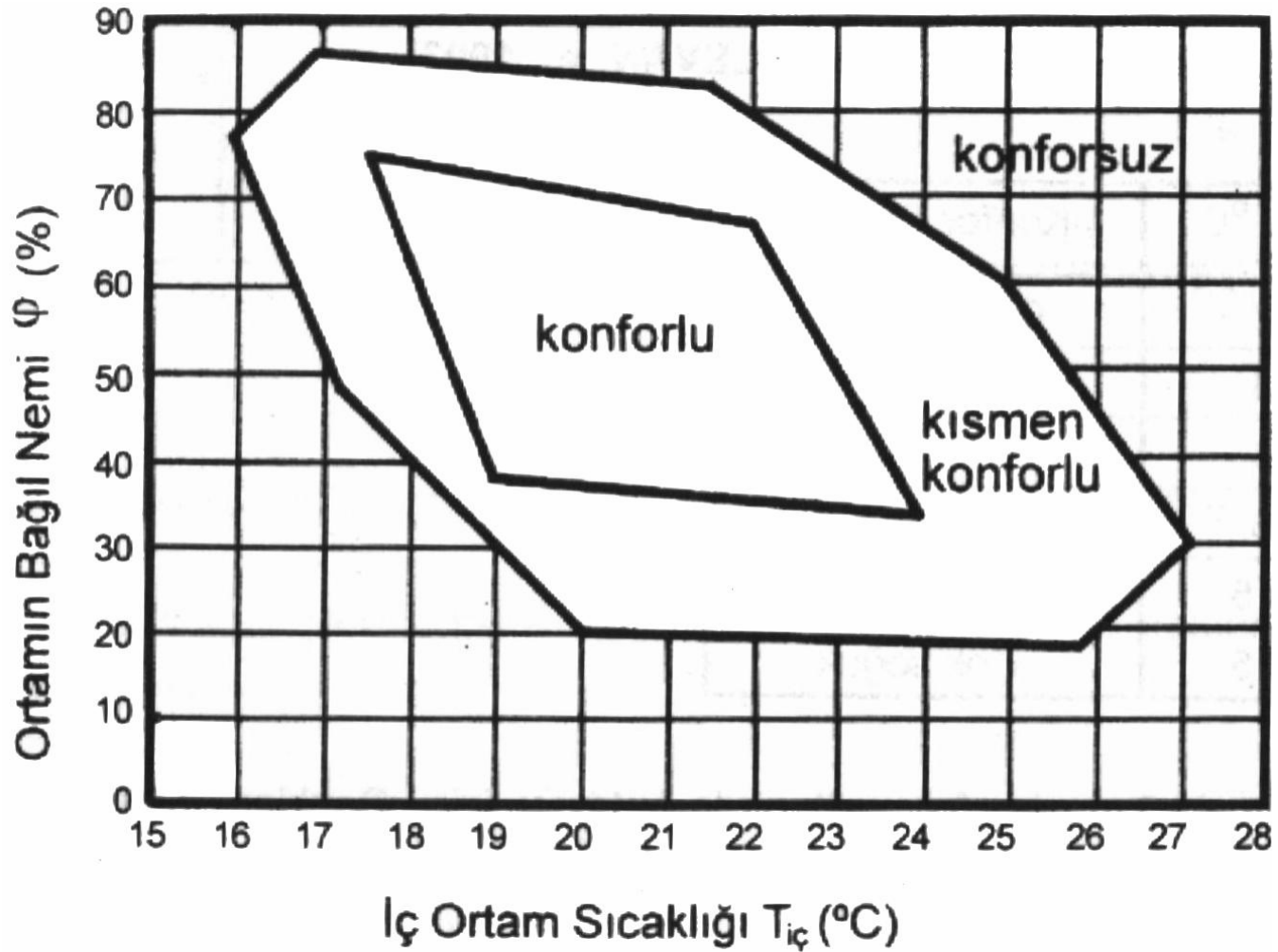
İklimlendirme

- Klima sadece soğutma değildir. İklimlendirme, kapalı mekanın havasının istenen sıcaklık, nem, hava dolaşımı, temizlik ve tazelikte tutulmasıdır. Bunların hepsinin olmasa da, birkaçının kontrol altında tutulması da iklimlendirme olarak tanımlanabilir.
- İklimlendirilmiş ortamlar, iş gücü veriminde artış ve sağlıklı bir yaşam sağlamaktadır. Çalışma ortamındaki nem, esinti ve termal konfor mutlaka standart sınırlar içinde olmalıdır. Standart dışı değerler; Çalışma konforunu ve temposunu olumsuz etkiler.

Temel Unsurları

- **Sıcaklık:** İnsan veya imalat kontrolü için ortam sıcaklığı konfor veya tasarım şartlarını sağlamalıdır. Bu şartlar insan konforu için 20-27 °C arasında değişmektedir.
- **Nem:** İnsan konforu için bağıl nemin %30-%60 arasında tutulmalıdır.
- **Temizlik:** Havanın içindeki partikül madde (PM) ve zararlı gazların (SO₂, CO₂ vb.) filtrelenmesi gerekir.
- **Hava hareketi:** Konfor için yaz aylarında daha fazla, kış aylarında nispeten daha düşük hava hareketi gereklidir.

Konfor Bölgesi



Ölçümler

- ▶ Hava ısısının ölçülmesi için **Termometre**;
- ▶ Hava neminin ölçülmesi için (kuru ve yaş iki termometre ile)
 - ▶ **Psikometre** (kuru)
 - ▶ **Higrometre** (yaş)
- ▶ Hava akımını ölçmek için **Anemometre**;
- ▶ Radyan ısının ölçümü için de (dışı mat siyaha boyanmış 30 cm çapındaki bakır kürenin tam merkezindeki ısıyı ölçen) **Globetermometre** kullanılır.

İnsan Vücudu ve Isı Transferi

► Vücuttaki ısı dengesinin sağlanması yani vücudun çevreyle ısı alışverişi şu mekanizmalarla sağlanır:

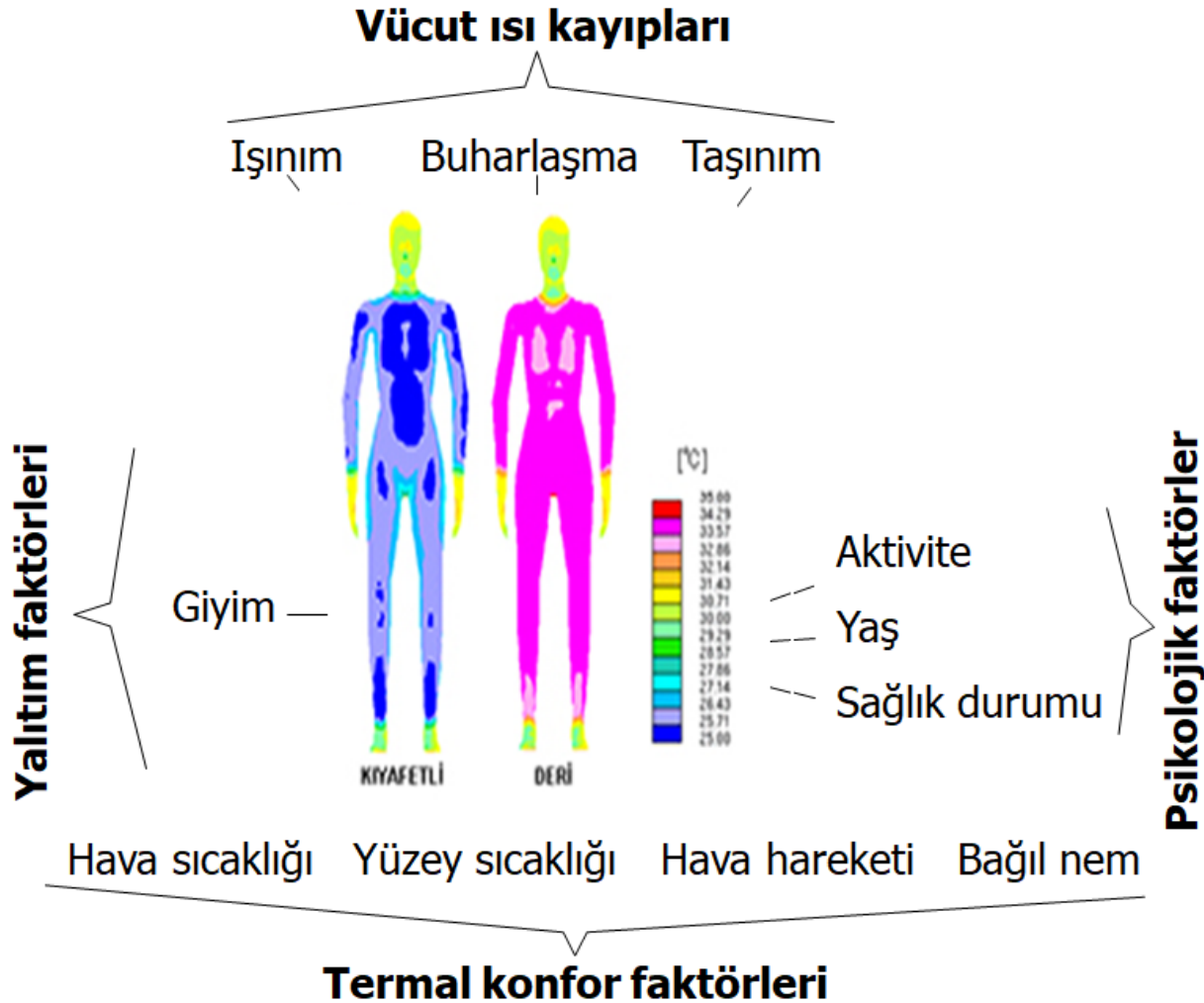
► **Isı konveksiyonu:** deri ile üzerine temas eden hava arasında gerçekleştirilir.

► **Isı iletimi:** vücut ile vücuda temas eden cisimler arasında oluşur.

► **Termik radyasyon:** aralarında sıcaklık farkı bulunan iki cismin arasında doğrudan doğruya bir temas olmadan meydana gelir.

► **Buharlaştırma:** deri yüzeyinde suyun buharlaşması yoluyla gerçekleşir.

İnsan Vücudu ve Isı Transferi



Isı Konforunu Etkileyen Kişisel Faktörler

- ▶ **Aktivite Durumu:** Kişinin hareket edip etmeme durumu.
- ▶ **Giysi Direnci:** Üzerine giydiği giysilerin ısıyı tutup tutmaması.
- ▶ **Metabolik Isı Üretimi:** İnsan metabolizmasının çeşitli aktivite durumunda ürettiği ısı enerjisi değeridir. Bu değer, hareketsiz insan için 50W/m^2 dir.
- ▶ **Hava Hareketi:** Hava hareketi, konfor hesabında bir etkindir. Hava hızı en fazla $0,5\text{m/s}$ de tutulmalıdır. Hız artınca konfor hissi değişir.

Bireyle Çevresi Arasında Isı Alışverişi

► Giysilerin yalıtım değerleri **Clo** ile ifade edilir. Çıplak biri %50 nem oranında kendini 30 derecede rahat hisseder. Aynı kişinin kendini %50 nem 21 derecede rahat hissetmesi için gerekli yalıtım düzeyine ya da giysi miktarına 1 Clo denir.

World Health Organization (WHO)

- ▶ Nem : 18.5 C de %45-65
- ▶ Hava Akım Hızı:
 - ▶ Rahatlatıcı : 0.11-0.15 m/s
 - ▶ Rahatsız edici : 0.5 m/s
 - ▶ Oturarak yapılan çalışmalarda 0.3 m/s,
 - ▶ İnce işlerde 0.1 m/s olmalıdır.
 - ▶ Hava akımı 0-0,1 m/s arasında ise > HAVASIZ
 - ▶ Hava akımı > 0,51 m/s ise > ESİNTİLİ
- ▶ Uluslar arası standartlara göre; Vücut sıcaklığının 38 °C üzerine çıkmaması veya 1 saatte 1 °C den fazla yükselmemesi önerilmektedir.

Efektif Sıcaklık

► Hava sıcaklığı, havanın nem oranı ve hava akım hızının beraberce kişi üzerinde yarattığı sıcaklık etkisine denir.

Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	Hava Akımı (m/sn)	Efektif Sıcaklık (°C)
25	100	0,1	25
26	100	0,5	
28	100	2,0	
30	100	5,5	
27	75	0,1	
29	50	0,1	
32	25	0,1	
28	80	0,1	
32	45	2,0	
37	10	3,0	

Yüksek Sıcaklıkta

- ▶ Nabız yükselir
- ▶ Sinirlilik duygusu artar
- ▶ Dikkat azalır
- ▶ Kan dolaşımı hızlanır
- ▶ Fiziksel ve zihinsel verim düşer
- ▶ Terleme artar sıvı kaybıyla birlikte tuz kaybı (ısı krampları) meydana gelir

Düşük Sıcaklıkta

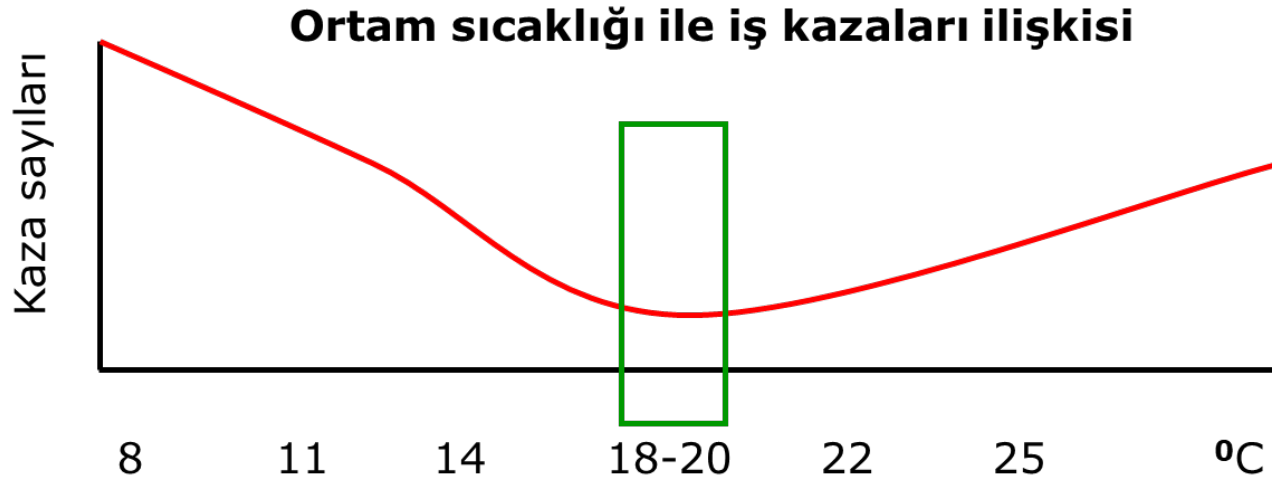
- ▶ Soğuk algınlıkları
- ▶ Donma
- ▶ Soğuk yanıkları
- ▶ Dikkat azalması, Hata artışı, İş kazası riski artışı
- ▶ El ayak parmaklarındaki donma, nedeni ile verim düşer ve tepki yeteneği azalmış olur.

Konfor Değerleri

- Ortam sıcaklığı, fizyolojik ve psikolojik nedenlerle çok önemlidir. Çalışma ortamı için en rahat ortam sıcaklığı 18,3°C olduğu kabul edilmiştir

Çalışma Şekli ve İş Yüğü	Hava Sıcaklığı (°C)			Bağıl Nem (%)			Hava Akımı (m/sn)
	Min	Opt	Max	Min	Opt	Max	Max
Büro işi	18	21	24				0,1
Oturarak hafif iş	18	20	24				0,1
Ayakta hafif iş	17	18	22	30	50	70	0,2
Ayakta ağır iş	15	17	21				0,4
Ayakta çok ağır iş	14	16	20				0,5

Termal Konfor



Çalışma biçimine göre, olması gereken ortam sıcaklıkları

Oturarak çalışmalarda	18-21 °C
Ayakta hafif çalışmalarda	17-18 °C
Ayakta ağır çalışmalarda	15-17 °C
Ayakta çok ağır çalışmalarda	14-16 °C

Kapalı Ortam

- ▶ Tamamen veya kısmen kapatılmış sınırlı bir hacmi olan, içerisinde sınırlı miktarda hava bulunan ve çalışma yeri olarak tasarlanan alanlar “kapalı ortam” olarak adlandırılır.
- ▶ Kapalı ortamlar potansiyel olarak tehlikeli veya zararlı seviyede gaz, toz, buhar veya duman ihtiva eder. Bu ortamlarda patlamayı meydana getirecek oranlar dahilinde oksijen konsantrasyonu mevcuttur.

Kirli Hava

- Kirli hava; zehirli hava, pis hava, patlayıcı hava ve tozlu hava olarak dört grupta incelenir.
- Zehirli hava, insan hayatını tehlikeye düşüren zararlı gazlardan oluşan havadır. Bu şekildeki hava, insan organizmasına kimyasal etkisinden dolayı zararlı olmakta ve hatta ölüm meydana getirmektedir. Bu gazlara örnek olarak **karbon monoksit, azot oksitleri, hidrojen sülfür, kükürt dioksit ve radon** gazları gösterilebilir.

Kirli Hava

- Pis hava, % 20'den daha az oksijen ihtiva eder ve bu tip hava karışımı bulunan yerlerdeki çalışmalarda kısa zaman içinde yorgunluk belirtileri görülür.
- Patlayıcı hava, bütün yanıcı gazları bileşiminde bulunduran havadır. Bu gazlar, özellikle **metan, etan, propan, bütan** gibi **hidrokarbonlar** ve **hidrojen, karbon monoksit** ve **hidrojen sülfür** gibi gazlardır.
- Tozlu hava ise, içerisinde belli konsantrasyonda toz ihtiva eden havayı belirtir.

Kirli Hava

- Zararlı gaz, toz ve koku bulunan ortamlarda, söz konusu gaz, toz ve kokunun kabul edilebilir sınırların altında olması gereklidir. Kabul edilebilir sınırlar:
- **Müsaade edilebilen azami konsantrasyon (MAK)** değerinin altındaki değerler, (**Maksimum Allowable Concentrations=MAC**) (Bu değerler cm^3/m^3 veya mg/m^3 şeklinde ifade edilir)
- **Eşik sınır değerler (TLV) (Threshold Limit Values)**: Bir işçinin maruz kalabileceği ve kendisi için tehlikeli olmayan azami kirletici dozu.
- **Kısa Süreli Karşılaşma Sınır Değerleri (STEL) (Short Term Exposure Limits)** : Başka bir süre belirtilmedikçe, **15 dakikalık** sürede maruz kalınan, aşılmaması gereken limit değerdir.

Hava İhtiyacı

- Yetişkin bir insanın saatte **30 m³** temiz havaya ihtiyacı vardır. Normal şartlarda tabii havalandırma ile ortamın havasının saatte 2-3 defa değiştiği kabul edilmektedir.
- Bu hava hacminin hesabında tavan yüksekliğinin **4 metreden** fazlası hesaba katılmaz. Normal şartlarda işyerinin tavan yüksekliği en az **3 metre** olmalıdır.

Hava İhtiyacı

- ▶ Zararlı toz ve gazların bulunduğu ortamlarda tavan yüksekliği en az **3,5 metre** olmalıdır. İşyerlerinde kişi başına düşen serbest alan miktarı en az **2,5 metrekare** olmalıdır.
- ▶ Çalışma yerlerinde kişi başına düşen hava hacmi **10 m³**,
- ▶ Koğuşlarda **12 m³** olmalıdır.

İç Hava Kalitesi

► İç mekanda hava kirliliğini oluşturan çeşitli faktörler vardır. Bunlar insan burnunda bulunan ‘Olfactory’ hücreleri tarafından algılanırlar. İnsan burnu yaklaşık 500 bin kimyasalı ayırt edebilmektedir ve bu koku algılaması iki parametreye bağlıdır:

- Yoğunluk (kantitatif) faktörü (I),
- İticilik (kalitatif) faktörü (K).

İç Hava Kalitesi

► Algılanan kokunun yoğunluğu, Weber tarafından bu iki parametreyle aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir:

$$S = K \log I$$

► Algılanan koku, yoğunluğun logaritmasıyla orantılıdır. Bu şu anlama gelmektedir içerde herhangi bir kokudan 1 ppm varsa, odaya girer girmez bunu derhal hissedersiniz. Fakat içerde aynı kokudan 100 ppm varsa, bunu 100 katı olarak değil, ancak 10 katı olarak hissedersiniz.

İç Hava Kalitesi

► Standart insan, 3 günde iki defa banyo yapan, her gün çamaşır değiştiren ve normal bir aktivitede (ofis çalışanı gibi) bulunan bir insan kabul edilmiştir. Bu şekilde tanımlanan standart bir insanın yaydığı koku miktarına **1 olf** adı verilir.

İç Hava Kalitesi

► Değişik aktivitedeki insanların yaydığı koku miktarının, aşağıdaki değerlere sahip olduğu saptanmıştır (olf):

Aktivite	Enerji Üretimi	Yaydığı Koku (olf)
Sedanter yetişkin	1 Met	1
Aktif yetişkin	4 Met	5-11
Sigara içen kişi (sigara içmezken)		6
Sigara içen kişi(sigara içerken)		25

(Metabolizma hızı, ya da insan vücudunun enerji üretimi, genellikle birim "Met" olarak ölçülür)

Sedanter: günlük hayatında minimum fiziksel aktivitede bulunan kişi

İç Hava Kalitesi

- Desipol algılanan iç hava kalitesinin bir ölçüsüdür.
 - 1 desipol = İçinde 1 olf koku üretilen bir odaya 10 lt/s taze hava verildiğinde insan burnunun algıladığı kokudur.
 - 1 desipol = 1 olf / 10 lt/s = 0,1 olf / lt/s
- Bazı mekanlardaki Desipol değerleri şöyledir:

Hava Kalitesi (desipol)	Ortam
0,01	Dağ veya açık denizlerdeki hava
0,1	Şehir havası
1,0	Sağlıklı bina havası
1,4	Kabul edilir bina havası
10	Hasta bina havası

İç Hava Kalitesi

► Öte yandan, bazı yapı malzemelerinin de hava kirliliği ürettiği tespit edilmiştir. Çeşitli yapı malzemelerinin yarattığı hava kirlilik oranları şöyledir:

Yapı Malzemesi	Hava Kirlilik Oranı(desipol)
Sunta, MDF	2,4
Sentetik halılar	3,4
Boyanmış duvar	2,1
Mastik, vb. malzeme	3,0
Cila	3,7
Tütün dumanı	14,4

İç Hava Kalitesi

► Aşağıdaki Tabloda ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers) tarafından $1\mu\text{m}$ partikülün uzaklaştırılması için dış hava ihtiyacı yaklaşık değerleri verilmiştir.

İşlev	Her 100 m ² alan için hesaplanan kişi sayısı	Kişi başına dış hava ihtiyacı, l/s	
		Sigaralı	Sigarasız
Bürolar	7	10	2,5
Toplantı ve bekleme ortamları	60	17,5	3,5
Lobiler	30	7,5	2,5

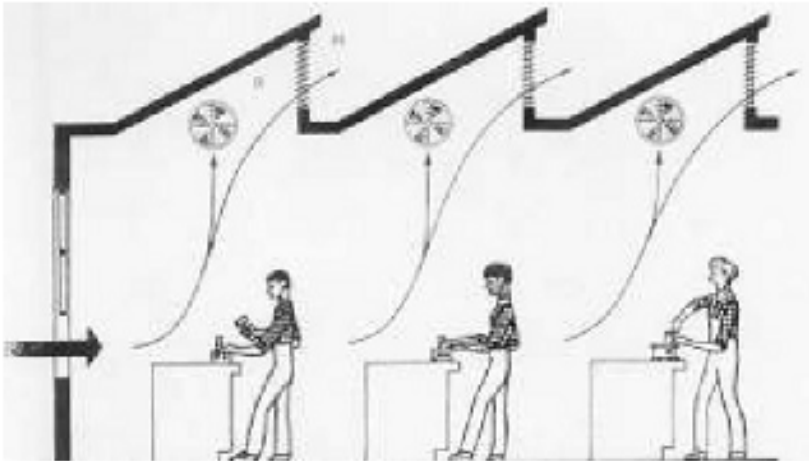
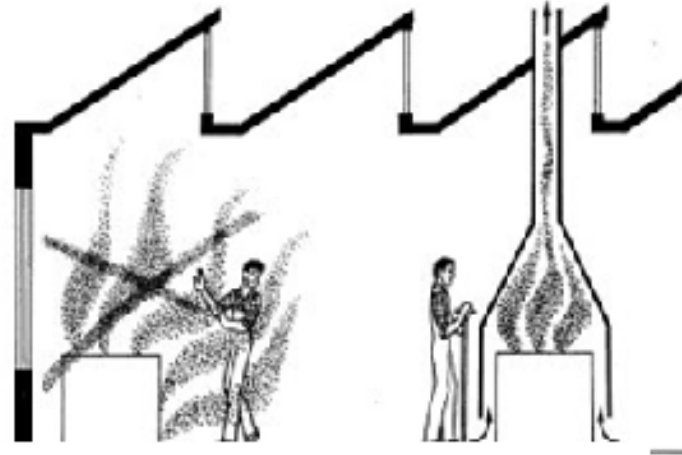
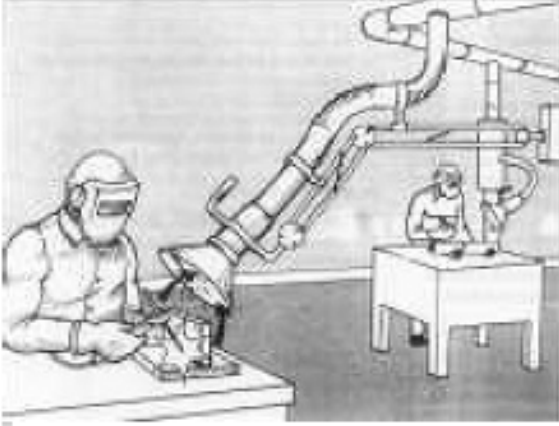
Havalandırma Çeşitleri

- ▶ Doğal, Genel ve Lokal olmak üzere havalandırma üç çeşittir.
- ▶ **Doğal Havalandırma:** Havanın doğal hareketi ile kapı, pencere, çatıdaki boşluklar ile duvarlardaki çatlaklardan ve kırıklardan ortama girmesi ya da çıkmasıdır.
- ▶ **Genel Havalandırma:** Hava akışı yoluyla ortamda bulunan hava kalitesini korumak ya da iyileştirmek için en çok kullanılan havalandırma yöntemidir. Bu yöntem özetle, işyerinin bir bölümüne veya tümüne gerekli oranda hava vererek ya da havayı çekerek tüm alandaki havanın değişmesi işlemidir.

Havalandırma Çeşitleri

- **Lokal Havalandırma:** Kirleticileri ortama yayılmadan kaynağından ortam dışına taşımak suretiyle yapılan havalandırmadır. Bu sistem **emici ağızlar**, **hava kanalları**, **hava temizleyiciler** ve **fanlardan** oluşmuştur. Ortamda bulunan kirleticileri seyreltmek yerine kaynağında ortadan kaldırır.
- Örneğin, cıva ve benzenle çalışılan iş kollarında bu maddelerin buharlarını havadan ağır olması sebebiyle, **havalandırma tertibatı** (emme ağızları) **döşemeye yakın** kısımlara yerleştirilmelidir.

Havalandırma Çeşitleri



İç Hava Kaynaklı Hastalıklar

- ▶ Günümüzde insanlar zamanlarının % 90'ını kapalı mekanlarda geçirmektedir.
- ▶ Avrupa Birliğinin, İtalyanın Ispra kentinde kurmuş olduğu İç Hava Kalitesi Laboratuvarı Indoortronda yapılan ölçümler, insanların iç mekanlarda, dışarıda olduklarından 2-5 kat daha fazla hava kirliliğine maruz kaldıklarını göstermiştir.
- ▶ Bu nedenle, hava kirliliği konusundaki çalışmalar artık yalnızca dış hava kirliliği ile sınırlı kalmamakta, iç hava kirliliği üzerinde de yoğunlaşmaktadır.

Bina Bağlantılı Hastalıklar (BBH)

- ▶ Hava kirliliğine maruz kalan insanlarda bir takım rahatsızlık semptomları ortaya çıkmaktadır.
- ▶ BBH, tanımlanabilir bir nedene bağlıdır ve klinik olarak teşhis edilebilir,
- ▶ BBH **kronik (uzun süreli)** semptomlar olarak ortaya çıkar ve ağır hastalıklara neden olurlar,
- ▶ BBH tedavisi uzun sürelidir.
- ▶ Bina Bağlantılı Hastalıklara ait bazı semptomlar: Göğüs sıkışması, öksürük, **kronik bronşit**, **Lejyonella**, kas ağrıları, karaciğer, böbrek problemleri, **kanser**.

Hasta Bina Sendromu (HBS)

- ▶ HBS semptomlarına tam bir teşhis konamaz,
- ▶ HBSnin nedeni tam olarak tanımlanamaz,
- ▶ HBS, **akut (kısa süreli)** semptomlar olarak ortaya çıkar ve binayı terk edince genellikle etkisi kaybolur.
- ▶ Hasta Bina Sendromuna ait bazı semptomlar: Göz, burun ve boğaz tahrişleri (iritasyon), **bulantı**, baş ağrısı, öksürük, kaşıntılar, **uyuklama hali**, yorgunluk, kokulara aşırı hassasiyet, **görme bozuklukları**, kavramada azalma, **astım, alerji**, ateş, üşüme.

HBS'na Sebep Olan Faktörler

- ▶ Yetersiz havalandırma,
- ▶ İçeriden kaynaklanan kimyasal kirleticiler,
- ▶ Dışarıdan kaynaklanan kimyasal kirleticiler,
- ▶ Biyolojik kirleticiler,
- ▶ Partiküller, tozlar, cam yünü, asbest vb. lifli maddeler,
- ▶ Radon gazı.

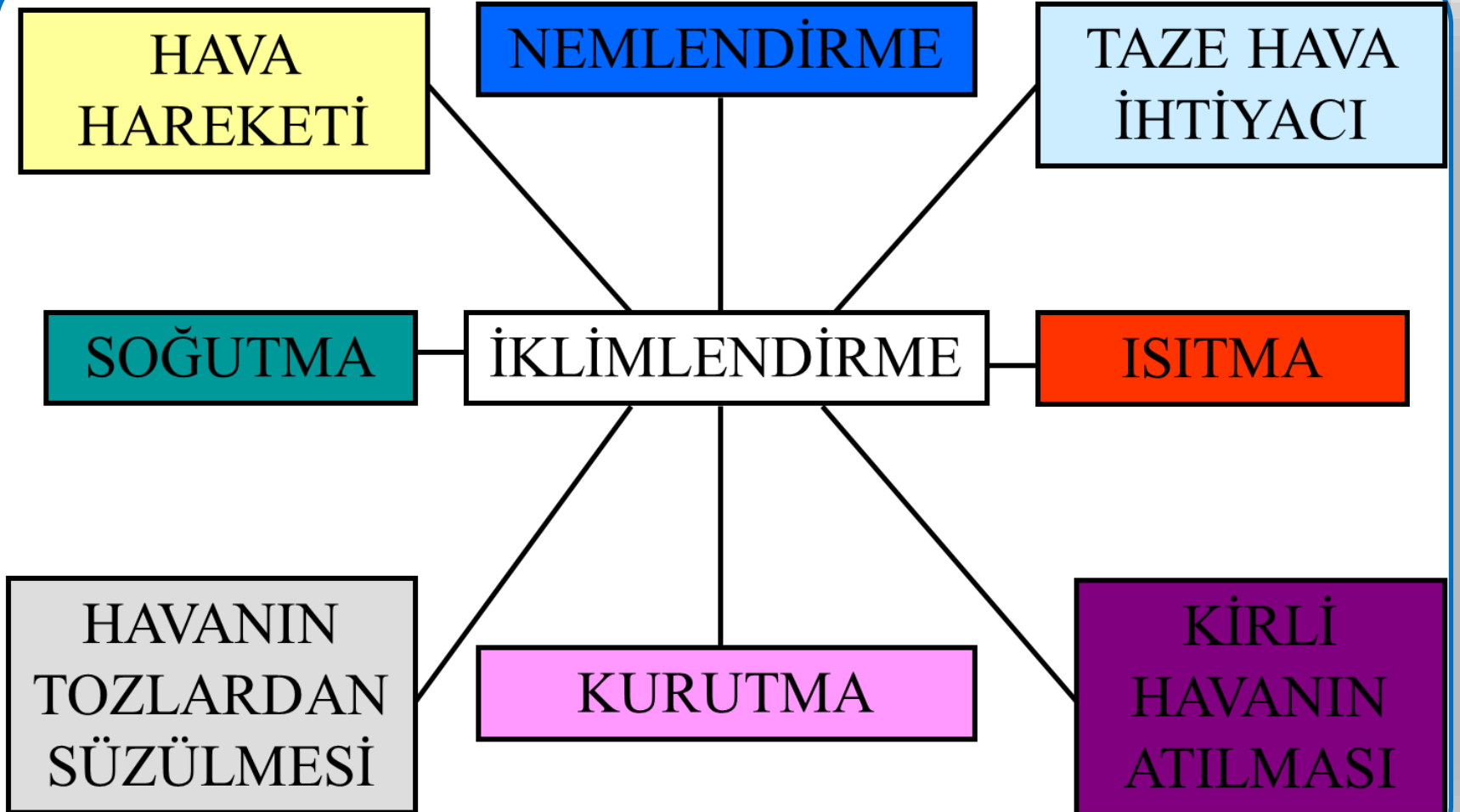
Nem

- ▶ Havadaki nem miktarı "mutlak nem" ve "bağıl (rölatif) nem" olarak ifade edilir.
- ▶ **Mutlak nem**, birim (1 kg) havadaki su buharı miktarıdır.
- ▶ **Bağıl (rölatif) nem** ise, birim hacim havada bulunan su buharı miktarının, o sıcaklıktaki doymuş havada bulunması gereken su buharı miktarına oranıdır. Çalışma şekillerine göre bağıl (rölatif) nemin % 30-70 olması gerekir.

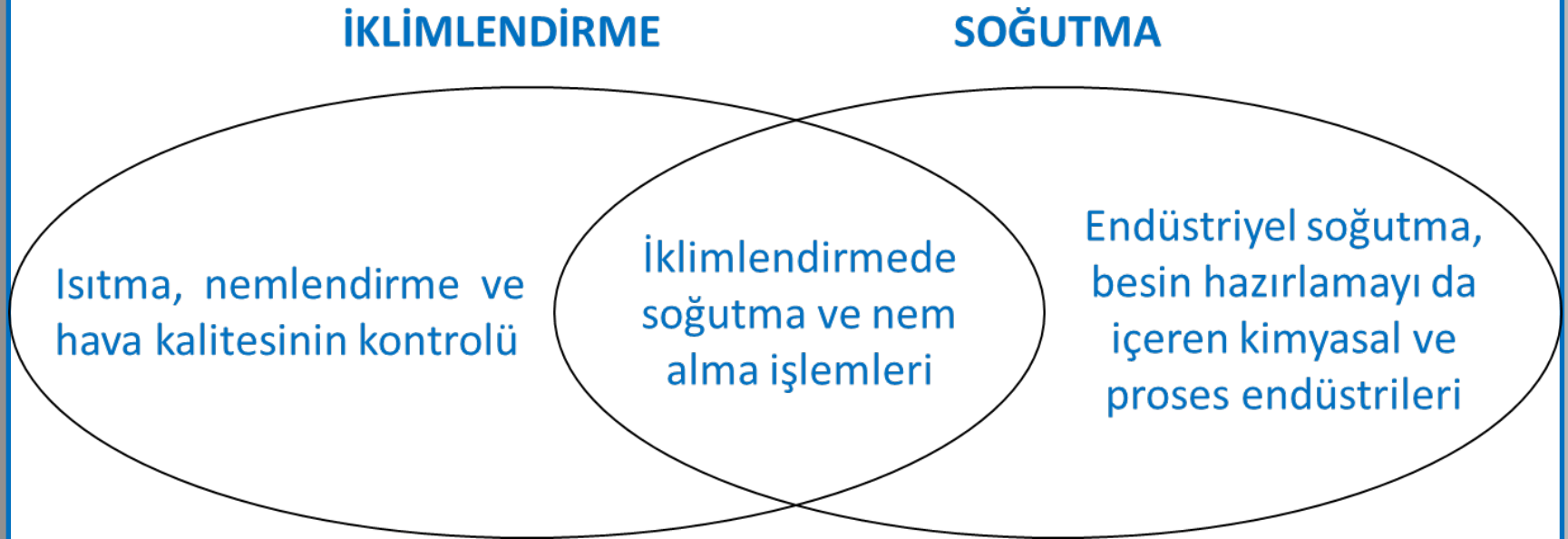
Nem

- ▶ Havadaki yüksek orandaki nem alerji ve kötü kokulara neden olabilen küf ve diğer mantarların büyümesini hızlandırabilir.
- ▶ Düşük nem ise insan mukoza ve derisinde tahriş yapar.
- ▶ Genelde bağıl nem %30 ila %70 arasında iken yoğuşmanın olmadığı kabul edilir ve çok az problem ortaya çıkar.
- ▶ Yüksek bağıl nem özellikle evlerde yüksek alerji riski gösteren ev tozu haşerelerinin (güve, mite vb. gibi) büyümeleri için iyi bir ortam hazırlar.
- ▶ Sulu klima ortamlarında mantar ve diğer mikroorganizmaların büyüme riski vardır.

İklimlendirme İşlemleri



İklimlendirme ve Soğutma İlişkisi



Soğutucu Akışkanlar

► **Freon12:** Düşük sıcaklıklara soğutmak için elverişli değildir. Daha çok **küçük sistemlerde** (Buzdolabı) tercih edilir. Renksiz ve eter kokuludur. Kaçak olduğu zaman atmosfere zarar verir. Bu nedenle tüm dünyada kullanımı yasaktır. Bunun yerine, ozon tabakasına dost olan **R501** gazı kullanılmaktadır. Atmosfer basıncında buharlaşma sıcaklığı -30 dur.

► **Freon13:** Düşük sıcaklıklar için uygundur. **Kimya ve araştırma laboratuvarlarında** kullanılmaktadır. Atmosfer basıncında buharlaşma sıcaklığı -81,5°C dir.

Soğutucu Akışkanlar

- ▶ **Freon22**: Suda kolay eriyebilen bir gazdır. Büyük tesislerde **düşük sıcaklıklar** için kullanılır.
- ▶ **Kükürtdioksit (SO_2)**: **Büyük soğutma yüklerinde** ve **gemilerde** kullanılır. Renksiz ve kokusuzdur. Kükürt dioksit renksiz ve solunum sistemini yakıcı etkisiyle boğucu bir gazdır. Hava ile karışımı zehirlenmeye yol açar. Kullanılmamaktadır.
- ▶ Bunların dışında Freon türevleri, R134, R407 ve **amonyak** gazlar vardır.

Kullanım Alanları

- ▶ **Konfor İklimlendirmesi:** Evler, otel, motel, konaklama tesislerinde, araçlarda insan konforu için kullanılır.
- ▶ **Endüstriyel İklimlendirme:** Tekstil, kimya, ilaç, gıda, vb. iş kollarında ürün veya prosesin gerektirdiği özel ortamların sağlanması amacıyla kullanılır.

SINIFLANDIRMA (Merkezî Sistemler)

- Bu tür sistemler daha çok büyük binaların iklimlendirilmesi için kullanılır. Bir klima santrali, havalandırma kanalları, menfezleri ve/veya fanlı serpantin üniteleri (fan-coil unit) vb. cihazlar bulunmaktadır. Sistemin boru veya kanalları içerisinde su, hava veya bir soğutucu akışkan dolaştırılarak ısıtma-soğutma-havalandırma ve nem kontrolü sağlanır.
- Merkezî sistemler tamamen havalı, tamamen sulu ve sulu-havalı sistemler olarak üç ana sisteme ayrılabilir.

SINIFLANDIRMA (Bağımsız Sistemler)

- Paket cihazlar (salon tipi, döşeme=konsol tipi, çatı tipi, pencere tipi)
- Ayırık (Split) tip klimalar
 - Duvar tipi
 - Döşeme tipi
 - Salon tipi
 - Kanal tipi
 - Tavan tipi
 - Gizli tavan (kaset) tipi
 - Portatif Klimalar

