



bu bir MMO
yayıdır

MMO, bu makaledeki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan ve basım hatalarından sorumlu değildir.

Isıl Konfor ve Üretkenlik

MACİT TOKSOY

D.E.Ü.
Fen Bilimleri Enstitüsü

ISIL KONFOR VE ÜRETKENLİK

Prof.Dr.Macit TOKSOY

"Bir binada yaşayanlar soludukları havanın bayat, kîf kokulu ve kabul edilemez olduğunu söylüyorlarsa, onlara inanmalıyız. Hacimlerin havası, orada yaşayanların isteklerine uymalıdır; Çünkü sadece onlar havanın gerçekten ne kadar iyi veya kötü olduğuna karar verebilirler. Kimya mühendisi, fizikçi, hijyenist veya mühendisler olarak bizler, kabul edilemez bir iklimi yaratan fiziksel veya kimyasal nedenleri yok edemiyorsak, bu bizlerin sorunudur."

PETER O. FANGER

ÖZET

Üretim için kullanılan kaynaklardan biri insan gücüdür. Yapı ve donanım maliyetleri yanında çok pahalı olan bu kaynak, en iyi bir şekilde kullanılmalıdır. Isıl konfor donanımları eksikliği veya yetersizliği nedeniyle konfor bölgelerinden uzak iç hacim koşulları, insanın bedensel ve zihinsel performansını etkilemekte ve böylece işgücünün verimsiz olarak kullanılmasına ve üretim maliyetinin artmasına neden olmaktadır. Üretim tesislerindeki ısı konfor ve iç hava kalitesini sağlayan sistemler, en başta çevresel duyarlılık, daha sonrada üretim verimi açısından gereklidir.

GİRİŞ

Son on yılda Türkiye'nin gündeminde en çok tartışılan konulardan bir tanesi "üretimde verimlilik" tir. Son bir yılda ise Gümrük Birliği ve Avrupa Topluluğuna katılma tartışmaları, üretim verimliliğini çok daha önemle üzerinde durulması gereken alanlardan biri olarak ortaya çıkarmıştır. Çünkü karşımıza çıkan rekabetin temel avantajlarından biri üretimde verimliliğidir.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının isteği üzerine hazırlanmış "Sanayi Stratejisi: 1995-2005" raporu, "satış hasılatı, katma değer, ihracat, istihdam payları, endeksine göre imalat sanayii kollarının sıralaması"nda, ilk 14 sırayı işgal eden endüstri kolları göz önüne alınırsa [Tablo 1], en başta tekstil ve giyim sektörü olmak üzere, bunların çoğunlukla emek yoğun üretimler olduğu görülür.

Tablo 1: Satış Hasılatı, Katma Değer, İhracat, İstihdam Payları, Endeksine Göre İmalat Sanayii Kollarının Sıralaması [1].	
ALT SEKTÖRLER	BİLEŞİK ENDEKS
TEKSTİL GİYİM	186
GIDA, İÇKİ, TÜTÜN	121
KİMYA VE İLAÇ	54
DEMİR/ÇELİK	52
TOPRAK ÜRÜNLERİ	39
TAŞIMA ARAÇLARI	34
ELEKTRİK MAKİNALARI	31
MAKİNA İMALAT	28
PETROL ÜRÜNLERİ	26
METAL EŞYA	21
KAĞIT BASIM	17
PLASTİK VE KAUÇUK	16
DEMİR DIŞI METAL	13
KERESTE VE MOBİLYA	8

Buradaki maliyetler konfor sisteminin kendisine ait olan maliyetlerdir. Isıl konfor şartları belirlenirken, üretim verimi göz önüne alınmaz ise, seçilen sistem yatırım ve işletme maliyetleri açısından en ekonomik sistem olabilir. Ancak üretimin en ekonomik bir şekilde gerçekleşmesini sağlamayabilir. Zihinsel çalışma yapan genç, normal giyimli Amerikalı bir grup üzerinde yapılan araştırmalarda, 27°C sıcaklığın en konforlu sıcaklık olarak algılandığı saptanmıştır. Ancak bu sıcaklıkta en az çabayı göstererek en az işi yapmaktadırlar.

En fazla işi gerçekleştirdikleri 20°C ise, bir çoğu tarafından konforsuz bir soğukluk olarak değerlendirilmiştir.

En önemlisi ise, ilk yatırım ve işletme maliyetleri açısından konfor sistemlerinden vaz geçildiğinde, ortaya çıkan olumsuzluktur.

Emek yoğun mal veya hizmet üretimi için yapılacak binaların planlanmasında, en önde tutulan şey önce yatırım daha sonra yapı donanımı işletme maliyetleridir. Halbuki bir üretim tesisi için çoğunlukla en büyük işletme maliyeti işgücü maliyetidir ve bu maliyet yapının toplam maliyetini pek çok halde kat kat aşar. Bu yüzden yapı donanımlarının eksikliğinden kaynaklanan işgücündeki verimsizlik, donanımların ilk ve işletme maliyetlerinden daha büyük olabilir.

Isıl konforun, yapılar dışında, insan performansını etkilediği bir başka alanda taşıtlardır. Taşıtlardaki aşırı sıcaklığın yarattığı ısı stresler sürücülerin trafik kurallarına uyma eğilimlerini azaltmakta, kazalara neden olmaktadır. "Taşıtlar içindeki ısıl çevrenin iyi tasarımı ve iç iklimin efektif kontrolü bir lüks değildir ve ekstra bir opsiyon olmamalıdır"[4].

Bu yazıda sırasıyla insanın bedensel ve zihinsel performansının ve kaza yapma frekansının değişik aktivite ve giysi türlerine göre sıcaklıkla değişimleri, hacim içindeki sıcaklık salınımlarının zihinsel üretime etkisi verilecek, daha sonrada uygun olmayan ısı şartlarının üretim maliyetine ait bir örnek aktarılacaktır.

ÜRETKENLİĞİN ÖLÇÜLMESİ

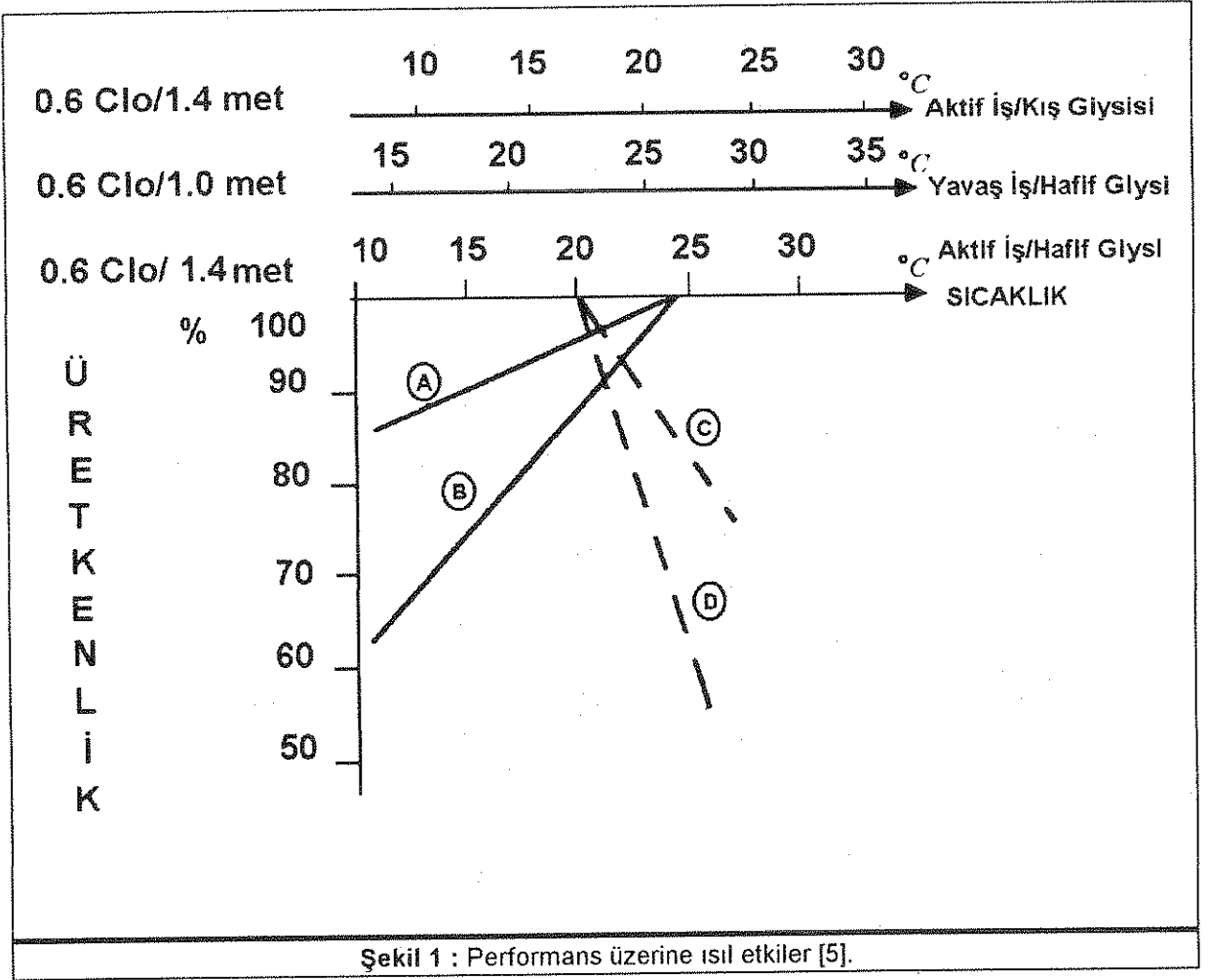
Bir binanın içinde çalışanların performansı pek çok parametreye bağlıdır. ASHRAE Workshop in September 1992'de, aşağıda verilen ölçümlerin, binanın çalışanların performansına etkisinin belirlenmesinde kullanılabileceğini tavsiye edilmiştir [4].

1. Çalışma yerinde olmama, telefona cevap vermeme.
2. Hastalık, kaza ve yaralanmalar nedeniyle oluşan sağlık masrafları.
3. Gözlenen ara verme süreleri.
4. İş kalitesinin, işe yönelim arzusunun ve benzerlerinin bağımsız olarak değerlendirilmesi.
5. Çalışanların kendi üretkenliklerini ölçmesi.
6. Bileşenlerin hız, hassasiyet, hata gibi amaçlar açısından değerlendirilmesi.
7. Daha önceki çalışma gruplarının üretkenliği.
8. Hizmet veya mal için birim maliyet.
9. Prime karşı üretim artışı.
10. Fazla mesai veya ekstra çalışma için gönüllülük.
11. Belli bir işlemin çevrim zamanı.
12. Tüm organizasyon seviyelerinde çoklu ölçmeler
13. İşte, bireysel sağlıklılık, performans ölçümleri
14. Ölçümlerin zaman aralıkları ve değişim hızları.

Bu büyüklüklerin bir çoğunun henüz, ne alan çalışmalarında ne de laboratuvar çalışmalarında, iç iklimin üretim verimliliğine etkisinin belirlenmesi için kullanılmadığı, sadece bazılarını (1,2,5,6,13) kullanan çok az sayıda çalışmanın var olduğu belirtilmektedir [4].

BEDENSEL VE ZİHİNSEL PERFORMANSIN ORTAM SICAKLIĞIYLA DEĞİŞİMİ

Ortam sıcaklığının insanların üretkenliğine ve performansına etkisi Şekil 1' de verilmiştir. Bu sonuçlar WYON[5] tarafından yapılmış çok sayıda deneyden çıkarılmıştır.



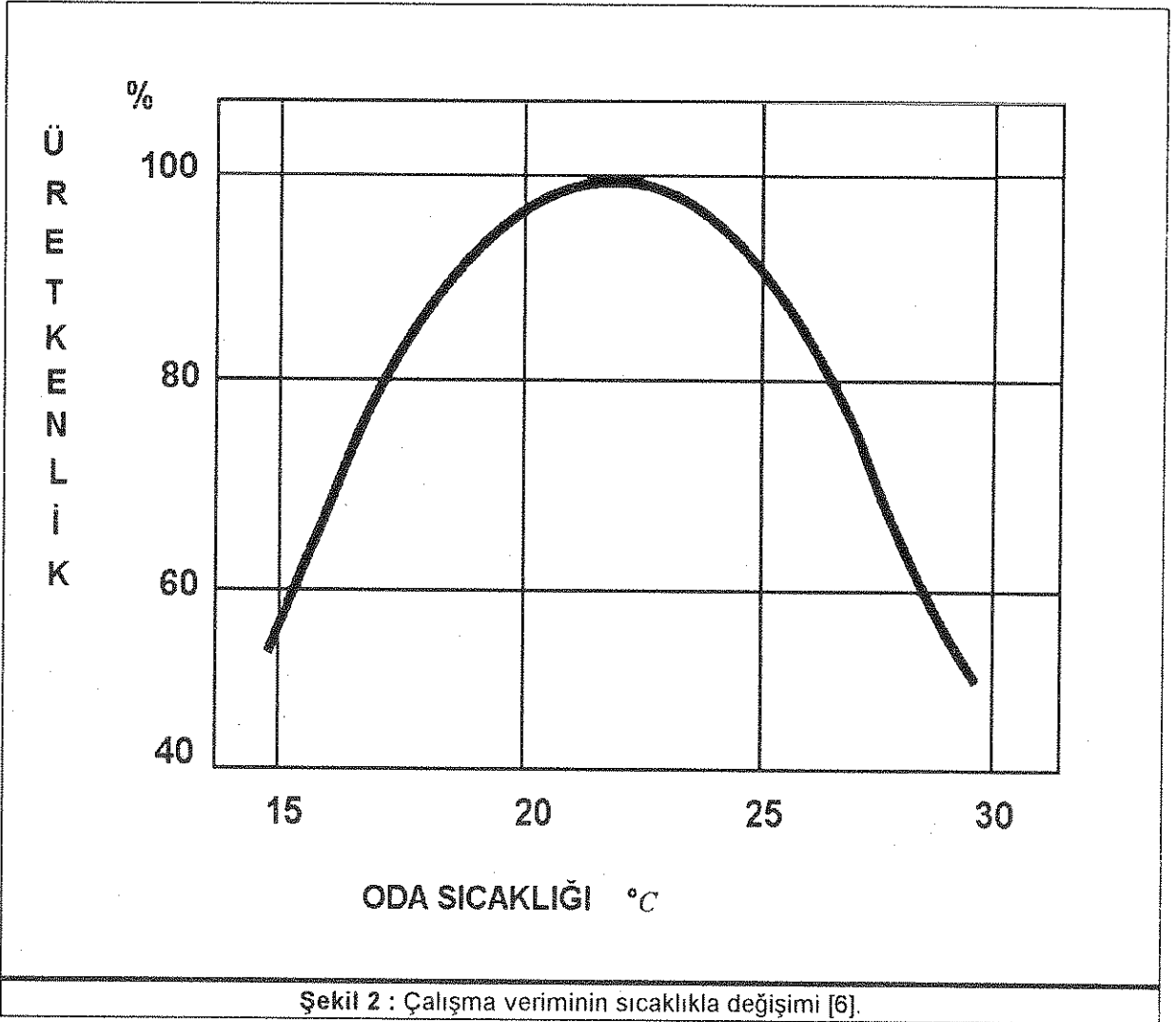
Şekil 1'deki A doğrusu, el becerisinin sıcaklıkla değişimini göstermektedir. Görüldüğü üzere, el becerisi 24°C 'in üstündeki sıcaklıklarda %100 değerindedir. Bu sıcaklığın altındaki değerlerde hızla azalmaktadır. B doğrusu ise, daktilo yazmadaki parmak hızına ait performansın sıcaklıkla değişimini vermektedir. Bu performansın azalan sıcaklıkla A doğrusuna göre daha hızlı değiştiği görülmektedir.

El becerisinin ve parmak hızının sıcaklıkla doğru orantılı olarak değişmesine rağmen, zihinsel performans sıcaklıkla ters orantılı değişmektedir (C doğrusu). 20°C 'in altındaki sıcaklıklar zihinsel çalışmayı etkilememekte, bu sıcaklığın üzerinde hızla azalmaktadır.

D doğrusu ise artan sıcaklıkla, insanların ısı üretimlerini azaltmak üzere çalışma hızlarını azaltmaya yönlenmeleri nedeniyle oluşan verim kaybını göstermektedir.

Görüldüğü üzere, hem bedensel hem zihinsel verimi %100 seviyesinde tutacak ideal bir sıcaklık değeri yoktur. Bu yüzden bir binanın kullanımı planlanırken aynı tür işlerin bir araya getirilmesi ve buna bağlı olarak konfor sisteminde işin cinsine göre farklı sıcaklıklarda zonların oluşturulması gerekmektedir.

KOFOED ve BLOCH[6], David P. WYON'un çalışmalarından bahsederek, ve Henning Horup SORENSEN adlı danimarkalı araştırmacıyı referans göstererek[8], ortam sıcaklığı ile çalışma verimi arasındaki ilişkiyi veren bir başka eğriyi (Şekil 2) vermişlerdir. Çalışma verimi ile sıcaklık arasındaki bu ilişkide bedensel veya zihinsel olarak çalışma türü belirtilmemiştir. Bedensel faaliyetler her ne kadar 24°C 'in üzerinde %100 verime ulaşırsa da, bedensel faaliyetleri kontrol eden zihinsel performans düşüğünden, 20°C 'in altında da performans değişimi tersine olduğundan (Şekil 1), bu eğrinin toplam çalışma verimi için türetilmesi zor değildir.



SICAKLIK SALINIMLARININ PERİODUNUN VE GENLİĞİNİN PERFORMANS ÜZERİNE ETKİSİ

Yine WYON[6]'un çalışmaları referans verilerek, sıcaklığın değerinden başka, sıcaklık kontrolünün neden olduğu salınımların da zihinsel çalışma üzerine etkili olduğu gösterilmektedir[5].

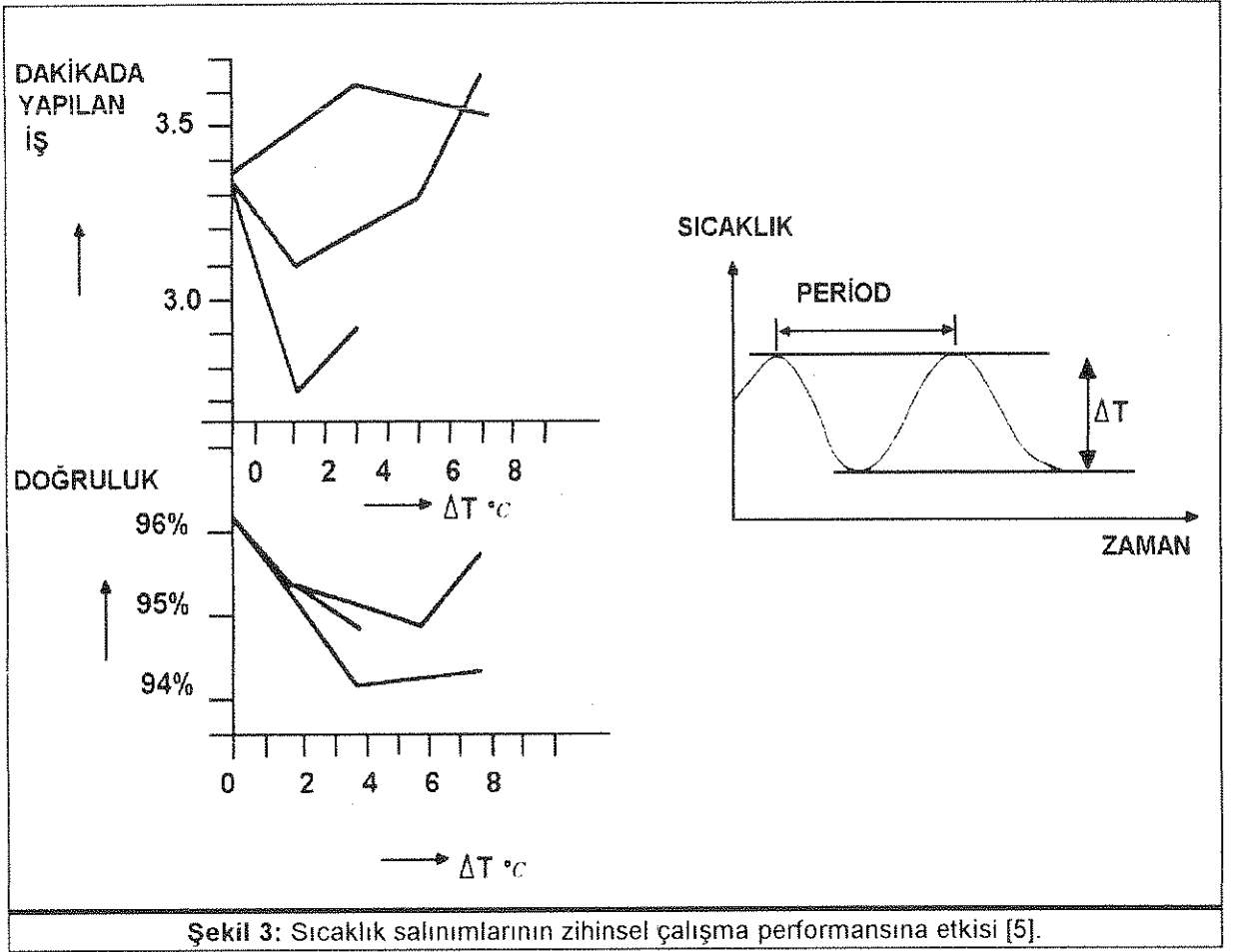
Bu sonuçlar, belli aritmetik işlemleri yapmaları istenen insanların bulunduğu ortamın sıcaklığını salınımlarının kontrolü ile yapılan deneylerden elde edilmiştir. Şekil 3'de bu etkileşim verilmiştir.

Şekilden görüleceği üzere, zihinsel performans sıcaklık salınımlarının hem genliğiyle hemde periyoduyla değişmektedir. Period büyüdükçe birim zamanda yapılan işlem artmaktadır. Ancak genlik büyüdükçe, küçük periodlar için olduğu kadar büyük periodlar içinde hatalar artmaktadır.

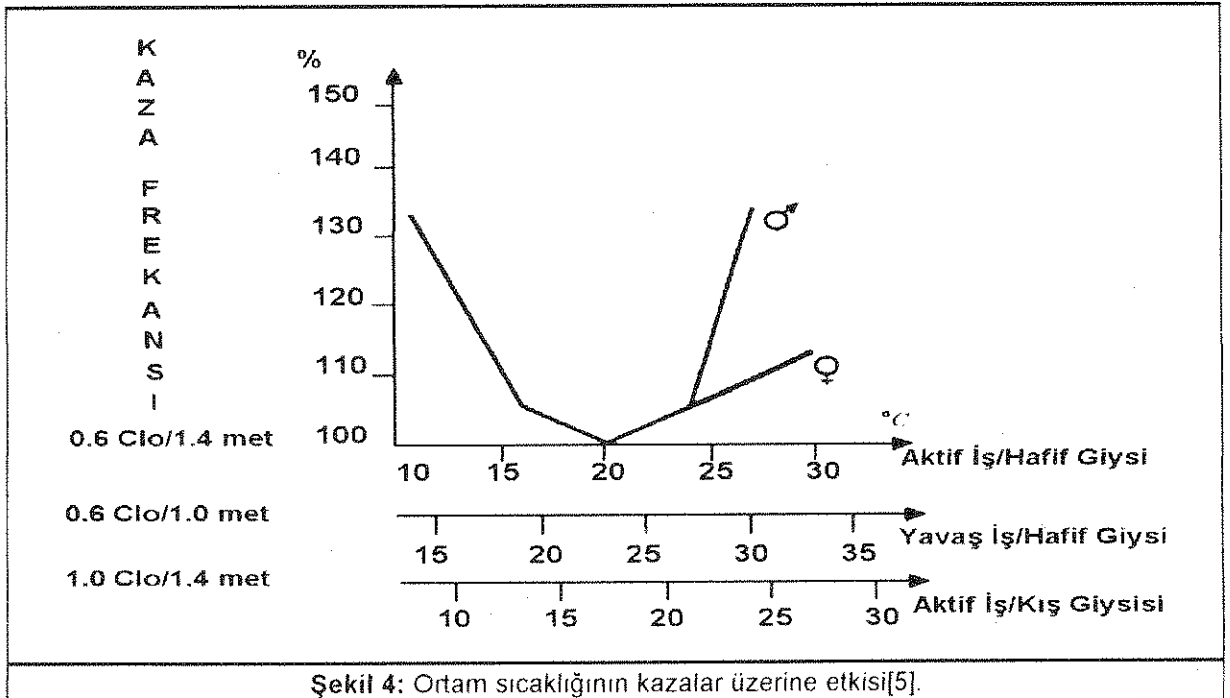
Görüldüğü üzere, en az hata sabit sıcaklıkta tutulan hacimlerde söz konusudur. Salınım aralığının 4°C olduğu hallerde ise hata maksimum olmaktadır.

ORTAM SICAKLIĞININ KAZALARA ETKİSİ

Isıl şartlar ile kaza frekansı arasındaki ilişkinin VERNON[6] tarafından incelendiği ve Şekil 4'deki sonuçların sunulduğu belirtilmektedir[5].



Şekil 3: Sıcaklık salınımlarının zihinsel çalışma performansına etkisi [5].



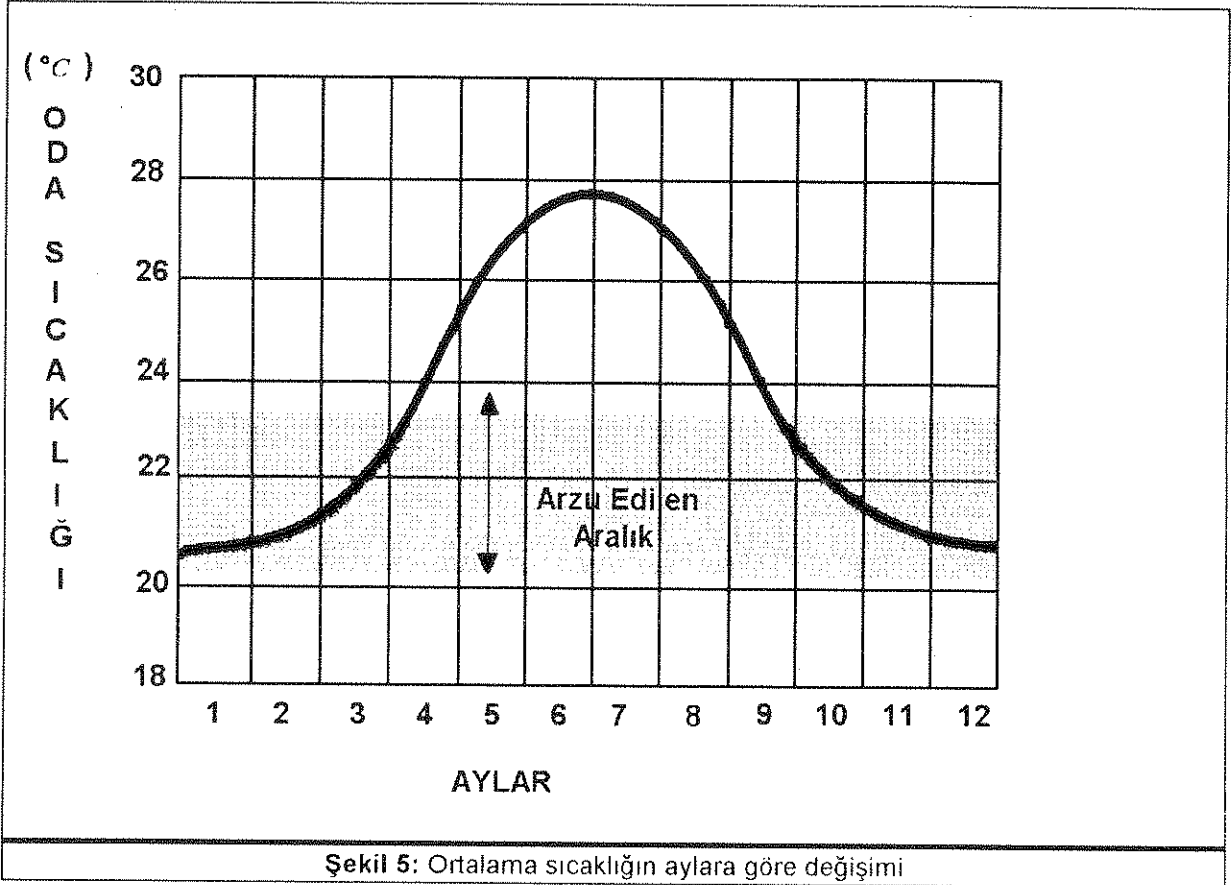
Şekil 4: Ortam sıcaklığının kazalar üzerine etkisi [5].

Şekilde, kaza frekansındaki sıcaklıkla değişimler, 20°C sıcaklıktaki %100 değerine göre verilmiştir. Örneğin, 12°C sıcaklıktaki kaza sayısı, 20°C sıcaklıktaki kaza sayısına göre %30 daha fazladır. Bu artmanın, bir önceki bölümde verilen el becerisinin azalmasına dayandığı görülmektedir. Kazalar, 27°C sıcaklıkta yine 20°C sıcaklıktaki sayıya göre %30 oranında artmaktadır. Buna sebepte aşırı sıcaklığın yarattığı, konsantrasyon eksikliği ve reflekslerdeki yavaşlamadır. Bu şekilden çıkarılabilecek bir başka sonuç da aşırı sıcağa karşı erkeklerin kadınlara göre daha duyarlı olduklarıdır.

UYGUN OLMAYAN İÇ İKLİMİN MALİYETİ : ÖRNEK

Aşağıda, KOFOED ve BLOCH[7]'den aktarılan, 100 kişinin yaşadığı bir ortamda, ortam sıcaklığının aylara göre değişiminin bir varsayımına göre -yarattığı maliyeti veren bir analiz ülkemiz parametrelerine göre tekrarlanmıştır.

KOFOED ve BLOCH'ın verdiği örnekte hacim içindeki sıcaklığın, aylara göre Şekil 5' de gösterildiği gibi değiştiği kabul edilmiştir. Bu değişim bir kabul olsada, Ülkemizdeki iklimlendirme sistemi olmayan bir işyeri için iyimser bir örnek olarak kabul edilebilir.



Şekil 5: Ortalama sıcaklığın aylara göre değişimi

Maliyet hesabı için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır:

$$K = e/100 \cdot n/N \cdot L$$

Bu eşitlikte, K uygun olmayan iklimin Türk lirası olarak kişi başına verimsizlik maliyeti, Şekil 2' den alınmış verim kaybı, n Şekil 5'den alınan düşük verimle çalışılan gün sayısı, N bir yıldaki işgünü sayısı(=250), L'de tüm çalışanların ortalama olarak asgari ücretin iki katı ücretle çalıştığı kabulüyle yıllık ücret'tir(=120.000.000 Türk lirası).

Yukarıda belirtilen değerler kullanarak aşağıdaki maliyet analizi tablosunu yapmak mümkündür.

Sıcaklık	n	e (%)	K (TL)
T>27	15	25	1.800.000
26°C< T < 27°C	20	20	1.920.000
22°C< T < 26°C	95	5	2.280.000
TOPLAM			6.000.000

Tek çalışan için iklimden doğan verimsizliğin kaybı görüldüğü gibi 6 milyon, toplam 100 işçi için ise 600 milyon TL'dir. Bu maliyetlere daha önce belirtildiği gibi iç iklimin ve hava kalitesinin doğurduğu hastalıkların sebep olduğu işgücü kayıpları ve bunlara bağlı maliyetler dahil değildir. Bu hususlar da göz önüne alındığında, böyle bir iş yeri için bir yıllık kayıp, yaklaşık olarak yapılacak konfor sisteminin yatırım maliyetine eşittir.

SONUÇ

Dünya pazarlarındaki rakiplerimizin en önemli üstünlükleri kalite ve üretim verimliliğidir. Üretim verimliliğinin bağlı olduğu parametrelerden iki tanesi ısı konfor ve iç hava kalitesidir.

Isıl konfor ile iç hava kalitesini istenilen optimum koşullar değerlerde sağlayan sistemler, çevresel duyarlılığın (insan sağlığı) gereği olduğu kadar çalışma-üretim verimliliğini maksimum değerlerde tutmak ve dolayısıyla üretim maliyetlerinin düşürülmesi için de vaz geçilmez yapı donanımlarıdır. Binalarda ısı konfor ve iç hava kalitesini sağlayan sistemlerin gerekliliğinin ötesinde, son çalışmalar bu sistemlerin bireysel kontrole imkan vermesi gerektiğini göstermektedir. Danimarka'da ofislerde çalışan çok sayıda insanlar üzerinde yapılan bir araştırmaya göre, kendi ısı çevrelerini kontrol edebilen insanların hasta bina sendromu nedeniyle hastalanmaları ortak kontrollu hacimlerdeki çalışanlara göre %34 daha azdır[4]. Bireysel kontrol kavramı, araştırmacıları, koltuk ve masaların, çalışanın etrafındaki havayı şartlandırıcı sistemlerle donatılması ve böylece bireyin yaşadığı ortamı kendisinin kontrol etmesine imkan vermesi araştırmalarına[4,9,10] yöneltmektedir.

Optimum konforu sağlayan ısı şartları, maksimum verimin gerçekleşmesine imkan vermeyebilir. Tasarımda optimum konfor şartları aranırken üretim verimliliğide göz önüne alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Sanayi Stratejisi. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, II.Sanayi Şurası, Ankara, 15-16 Haziran 1995.
- [2] Fanger, P.O. "Hidden Olf in Sick Buildings", ASHRAE Journal, November, 1988.
- [3] DORGAN,C.E. and TRUELOVE,E.T. "Space Conditioning System Selection Guide", Research Project 298313,Final Report,Electric Power Institute, 1993.
- [4] WYON,D.P. "Healty Buildings and Their Impact on Productivity", Indoor Air'93, Helsinki, 1993.
- [5] JARNHAMMER,L and NOREN, A. "Thermal Indoor Cimate. How It Affects Our Well-Being and Productivity", Tour & Anderson AB, Wasterhaninge, Sweden, February, 1987.
- [6] VERNON,H.M. Accidents and Their Prevention, Cambridge Univ.Press, 1936.
- [7] KOFOED,P. and BLOCH,S. "Passport to Comfort", Sulzer Technical Review, 1/94, 1994.
- [8] Peter KOFOED ile özel görüşme, 21.4,1994.
- [9] MADSEN,T.L."Local Heataing and Cooling by Chairs", ASHRAE, Winter Meeting, Seminar-24, 1995.
- [10]THOMAS,G.B."Putting People First", ASHRAE, Winter Meeting, Seminar-24, 1995.

ÖZGEÇMİŞ

1949 İkkurşun(Ödemiş) doğumludur. 1967 yılında Manisa Lisesini, 1972 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesini bitirmiştir. 1976'da Ege Üniversitesinden Doktor Mühendis ünvanını almış, Dokuz Eylül Üniversitesinde 1985'de Doçent, 1990'da Profesör olmuştur. Halen Aynı üniversitede öğretim üyesi olarak çalışmakta ve Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünü yapmaktadır. Isı iletimi-katılma, enerji depolama, ısı konfor, makina mühendisliği eğitimi ilgi alanlarıdır. 1981-83 yıllarında Makina Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Başkanlığını yapmıştır. Makina Mühendisleri Odası, Tesisat Mühendisleri Derneği ve ASHRAE üyesidir. Evli ve iki çocukludur.