

SİLİSYUM KÖKENLİ KIZILÖTESİ SICAKLIK DUYARGALARI

Uğur KÖKTÜRK

Yozgat doğumludur, ilk, orta, lise öğrenimini memleketi olan bit kentte, yükseköğrenimini ise İ.T.Ü. Makina Fakültesi'nde tamamlamıştır.

İ.T.Ü. Yapı İşleri Başkanlığı, Alarko Holding A.Ş. ve Uzel Makina Sanayi A.Ş. kurumlarında yaptığı görevler dışında İTÜ'de önce asistan daha sonra da öğretim görevlisi olarak çalışmıştır. ISITMA, HAVALANDIRMA ve İKLİMLENDİRME TESİSLERİ konusundaki RIEISCHEL-RAISS çevirisi ile önemli bir kaynağı meslektaşlarımıza kazandırmıştır.

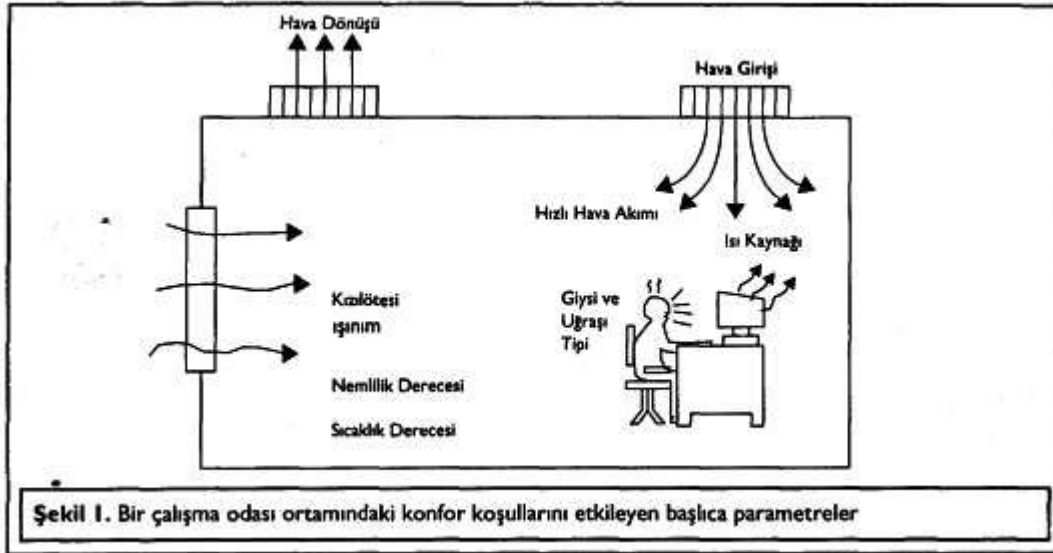
Tesisat konularıyla yakından ilgilenmiş, bu alanda ve makina mühendisliğinin çeşitli uzmanlık dallarında konu ile ilgili, 23 cilt kitap yayınlamıştır.

Halen İ.T.Ü'deki görevini sürdürmekte, yayın çalışmalarına devam etmektedir.

GİRİŞ

Yapı içlerinde tatmin edici bir konfor duygusunun sağlanması gitgide artan oranda önem kazanmaktadır. Bugün konfor duygusunun kontrolü denilince mahal koşullarının denetim altına alınması amacıyla mahal sıcaklığının ayarlanması anlaşılmaktadır. Oysa gerçekte böyle olmaması gerekir. Yakın bir gelecekte, konfor duygusunun kontrolü hem duyulur sıcaklık derecesinin, hem ışınım sıcaklık derecesinin, hem havanın nemlilik derecesinin, hem hava hızının ayarlanması anlamını içerecek, bütün bunların bileşkesi olan bir konfor değerinin hesaplanması ve mahal koşullarının böylece denetim altına alınması gerekecektir.

ŞEKİL 1'de mahal işinde çalışan bir insanın konfor duygusunu etkileyen başlıca faktörler tanıtılmıştır. Bu faktörlerden bazıları diğerlerine oranla daha kolay ölçülür. Örneğin radyasyon veya ışınım sıcaklık derecesinin ölçümü daha güçtür ve daha pahalıya malolur. Bunun nedeni ışınım duyargalarının daha pahalı aygıtlar olmasıdır. Bu yazıda silisyum kökenli mikroyapı teknolojisine dayanan düşük maliyetli kızılötesi ışınım duyargalar tanıtılacaktır. Işınım sıcaklığının konfor duygusu için taşıdığı önemi açıklamaktan da geri kalmayacağız. Yazının bir başka amacı da budur.



2. KONFOR DUYGUSUNUN ÖLÇÜLMESİ

1960'lı yıllarda Fanger isimli araştırmacı ASHRAE'nin maddi desteği altında Amerika Birleşik Devletleri KANSAS DEVLET ÜNİVERSİTESİ'nde konfor duygusunun nicelikli bir genel tanımı konusunda çalışmalarda bulunmuş, daha sonra bu araştırmasını Danimarka'da sürdürmüştür. ASHRAE Handbook EI Kitabı'nın FUNDAMENTALS adını taşıyan ve 1972 yılında yayımlanan cildinde ASHRAE konfor standartları ıslak havaya ilişkin bir psikrometrik diyagram üzerinde gösterilmiştir. Bu diyagramın yaklaşık sınırları Bağıl Nemlilik Derecesi olarak % 20 ila % 60

aralığını, kuru termometre sıcaklığı olarak da 23 (°C) ila 25 (°C) aralığını kapsamaktadır. Bu yaklaşık sınırlar hafif giysiler içinde belirli konumlarda çalışan insanlarla ilgilidir. ASHRAE Handbook El Kitabı'nın Fundamentals adını taşıyan ve 1985 yılında yayımlanan cildinde kış ve yaz mevsimleri için psikrometrik diyagram üzerinde daha duyarlı ve daha ayrıntılı bir konfor bölgesi tanımlanmıştır. Bu konfor bölgeleri sadece hafif ve normal giyimli insanlar için hava sıcaklığı ortalama ışıınım sıcaklığına eşit olduğu zaman geçerlidir.

Günümüzde insanların duyduğu konfor duygusuyla ilgili standartların sayısı fazla değildir. ASHRAE Standard 55-1981, ISO Standard 7730-1984 ve ISO Standard 7243 bunlar arasındadır. Bu standartlar ortam sıcaklığı, ışıınım sıcaklığı, bağıl nemlilik derecesi, hava hızı, uğraşı tipi ve giysi durumu gibi değişkenleri kapsamaktadır.

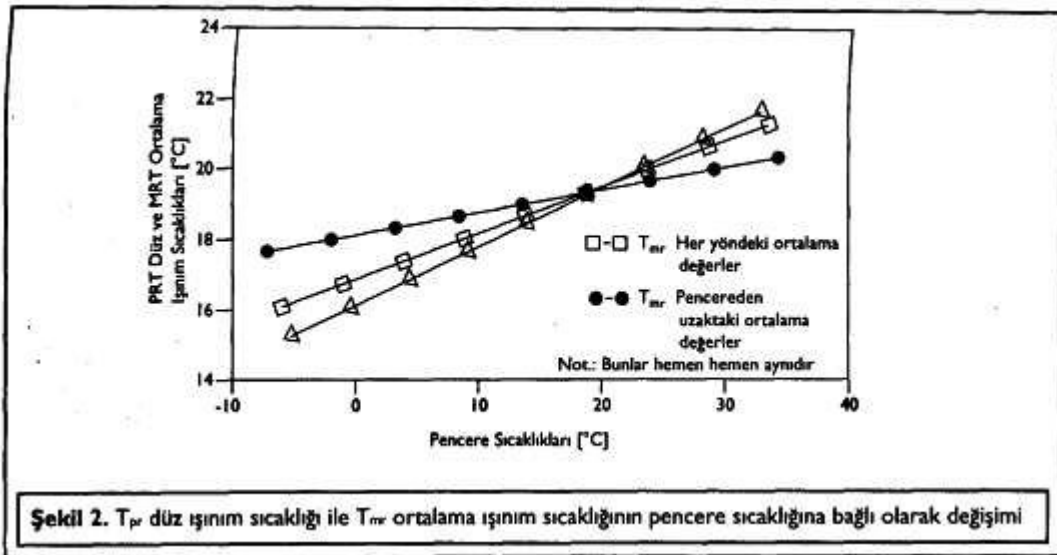
Konfor duygusu belirlenirken uğraşı tipi ile giysi özelliği için genellikle bazı kabuller yapılır. Konfor duygusu özelliğinin ölçülme yönteminin en yaygın nedenlerinden biri kızılötesi ışıınım sıcaklığı ölçümünün günümüzde çok pahalı olmasıdır.

Brager ASHRAE desteği altında yürüttüğü bir iş merkezi çalışmasını henüz yeni tamamlamıştır. Bu çalışmanın sonuçlarından anlaşıldığına göre konfor özelliğinin hesaplanması amacıyla uygulanan yöntemlerin gerçek koşullarda yeniden incelenmesi zorunludur. Mesela, iç sıcaklık derecelerinin daha yüksek olması durumunda rahatsızlık duygusunun daha sık dile getirildiği görülmüştür. Bir başka sonuç da, bağımsız çalışan çevre kontrol sistemlerinin konfor duygusu yaratmada doğal olarak başarılı olamadığıdır. Bu gibi sistemlerin ancak bireysel düzeyde uygulanması daha doğru olur. Böyle olmadığı zaman çalışan kişilerin tahminlerin üstünde şikayetçi olduğu gözlemlenmiştir.

3. IŞINIM SICAKLIĞI VE KONFOR DUYGUSU

Bina sakinlerinin bir konfor kriteri olarak ışıınım sıcaklığına giderek artan ölçüde önem verdiği anlaşılmaktadır. Gerçekten de, ışıınım sıcaklığının konfor duygusu üzerinde büyük bir etkisi vardır. PMV kısa adıyla anılan ve Predicted Mean Vote deyiimiyle anılan bir yöntemle konfor duygusunu etkileyen faktörlerin değerlendirilebilmesi mümkün olmaktadır. Sıfırın nötr ya da en konforlu hal sayıldığı en sıcaktan yani +3'ten en soğuğa yani -3'e kadar sıralanan yedi basamaklı bir sıcaklık skalası hakkında görüşleri sorulan hayli kalabalık bir grup insanın verdiği oyların ortalaması Ortalama Tahmin Değeri anlamına gelen PMV kısa adıyla anılmaktadır. Fanger fizyolojik konfor değişkenlerini belirlemiş ve bu değişkenleri tek bir denklem aracılığı ile değerlendirmiştir. Bu PMV denklemi belirli bir ortam koşulunda bedenden yayılan gerçek ısı debisinin belirli bir uğraşı tipi ve belirli bir giysi durumunda konfor için gereken ısı debisinden ne kadar farklı olduğunu ortaya koymaktadır. Aşağıdaki hesaplarda bireysel parametre değerlerinin değişimi PMV Ortalama Tahmin Değeri denklemi aracılığı ile belirlenmiş, bu durumun sonucu olarak PMV değerinde de benzer bir değişim gözlemlenmiştir.

Temel değerler şunlardır: Ortalama radyasyon sıcaklığı 24 (°C) = 75 (°F), ortam sıcaklığı 25 (°C) = 77 (°F), bağıl nemlilik derecesi %50, hava hızı 0,15 (m/s) = 30 (fpm), metabolizma ve giysi faktörü I olarak belirlenmiştir. PMV Değerinde -0.8 düzeyinde bir değişim gerçekleşmesi için ortam sıcaklığının 2 (°C) = 4 (°F), ortalama radyasyon sıcaklığının 2,8 (°C) = 5 (°F) azaltılması gerekmiş, nemlilik derecesi %40 oranında değişimle % 10 değerine inmiş, hava hızı 0.25 (m/s) 49 (fpm)'lik artış göstermiştir.



PMV Ortalama Tahmin Değeri denklemi aşağıda açıklanmıştır.

$$\begin{aligned}
PMV &= (0,028+0,3033 \cdot e^{-0,033M}) \cdot [(M-W)-3,05 \cdot \\
&10^{-3} \cdot (5733-6,99 \cdot (M-W)-P_a)]-0,42 \cdot \\
&[(M-W)-58,15] \\
&- 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867-P_a)-0,0014 \cdot M \cdot (34-T_a) \\
&- 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(T_{cl}+273)^4-(T_{mrt}+273)^4] \\
&- f_{cl} \cdot h_c \cdot (T_{cl}-T_a)
\end{aligned}$$

Bu denkleme ilişkin kısmi eşitliklerse şu şekildedir.

$$\begin{aligned}
T_{cl} &= 35,7-0,028 \cdot (M-W)-I_{cl} \cdot [3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \\
&\cdot [(T_{cl}+273)^4-(T_{mrt}+273)^4]] \\
h_c &= 2,38 \cdot (T_{cl}-T_a)^{0,25} \quad < 12,1(V_{hava})^{0,5} \text{ için} \\
h_c &= 12,1 \cdot (V_{hava})^{0,5} \quad > 12,1(V_{hava})^{0,5} \text{ için} \\
f_{cl} &= 1+1,29 \cdot I_{cl} \quad I_{cl} < 0,078 \text{ [m}^{20}\text{]} \text{ için} \\
f_{cl} &= 1,05+0,645 \cdot I_{cl} \quad I_{cl} > 0,078 \text{ [m}^{20}\text{]} \text{ için}
\end{aligned}$$

PMV Sembolü ortalama tahmin değerini;

M Sembolü uğraşı tipini belirten metabolizma faktörünü (46 ~ 232 W/m²);

W Sembolü dış işi (normal olarak 0'dır);

I_{cl} Sembolü giysi durumunu belirten ısı direnç özelliğini (m² °C/W);

f_{cl} Sembolü giyimli beden alanının açık beden alanına bölümünü;

T_a Sembolü (°C) birimi cinsinden ortam havası sıcaklığını;

T_{mrt} Sembolü (°C) birimi cinsinden ortalama ışınım sıcaklığını;

V_{hava} Sembolü (m/s) birimi cinsinden havanın bağıl hızını;

P_a Sembolü (Pa) birimi cinsinden kısmi su buharı basıncını;

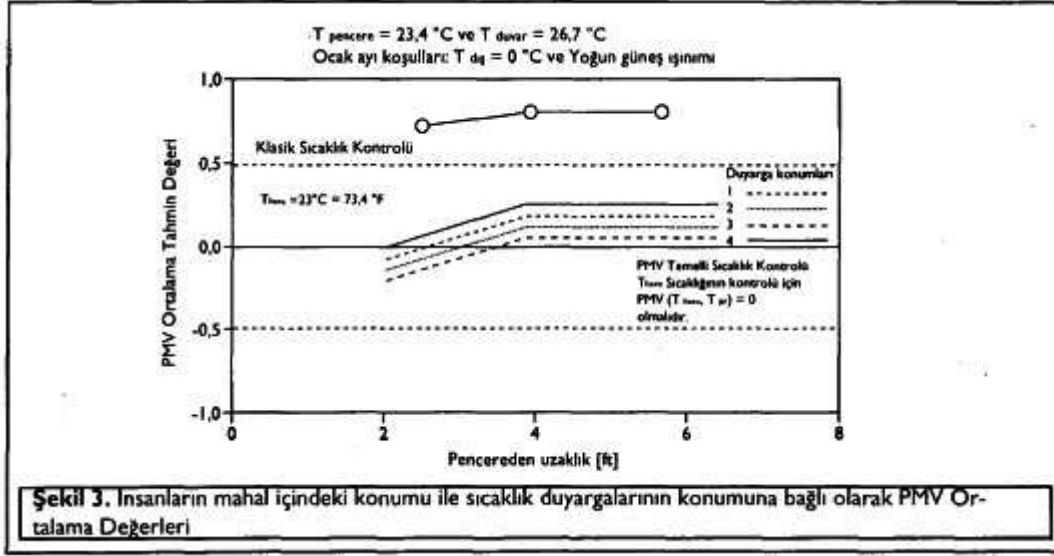
H_c Sembolü (W/m².°C) birimi cinsinden devinim veya konveksiyon yolu ile oluşan ısı iletim katsayısını;

T_d Sembolü ise (°C) birimi cinsinden giysilerin yüzey sıcaklığını göstermektedir.

T_{mrt} sembolüyle gösterilen ortalama ışınım sıcaklığı, insan bedeninden ışınım yoluyla aldığı ısı miktarı gerçek ortam koşullarıyla aynı olan siyah bir kapalı hacmin sıcaklığı olarak tanımlanır. Dış duvarları ve dış pencereleri olan odalarda güneşten ısı enerjisi alındığı veya dış ortama ısı enerjisi bırakıldığı için duvarların ve pencerelerin yüzey sıcaklıkları mahal ortamındaki hava sıcaklığından farklı olabilmektedir. Yazın güneşten alınan ısı enerjisi nedeniyle binaların duvarları ve pencereleri ısınır. Mahallerin özellikle bu bileşenlere yakın bölümlerinde sıcaklığın arttığı söylenir. Buna karşılık soğuk ve bulutlu günlerde bir üşüme duygusu hissedilir. Işınım ortamında oluşan bu değişiklikler mahaller içindeki ısı konfor duygusunu etkiler. Bundan dolayı, dar ışınım sıcaklıklarının ölçümü ve bu ölçümlerin ısı konfor duygusunun kontrolünü amaçlayan bileşenler arasına dahil edilmesi yaşamsal derecede önemlidir.

Bireylerin konfor duygusunu hissetmesi yoluyla sağlanan maddi yarar gözlem sonuçlarına dayanan enerji kontrol sistemlerine oranla çok daha karlı olabilir. Mesela, mahal sıcaklığı yüksekse rahatsızlık duygusu hisseden insanlar bir vantilatörü çalıştırabilir. Mahal sıcaklığının düşük olması halinde ise rahatsız olduğunu hisseden kişiler bir ısıtıcıyı çalıştırarak ısınmayı deneyebilir. Bu bireysel tutumlar masrafların daha da artmasına neden olur. Konfor duygusu ortam tesisat tarafından gerçekleştirilmeli, mahalde bulunan insanların rahatsızlık hissi duymasına yol açılmamalıdır.

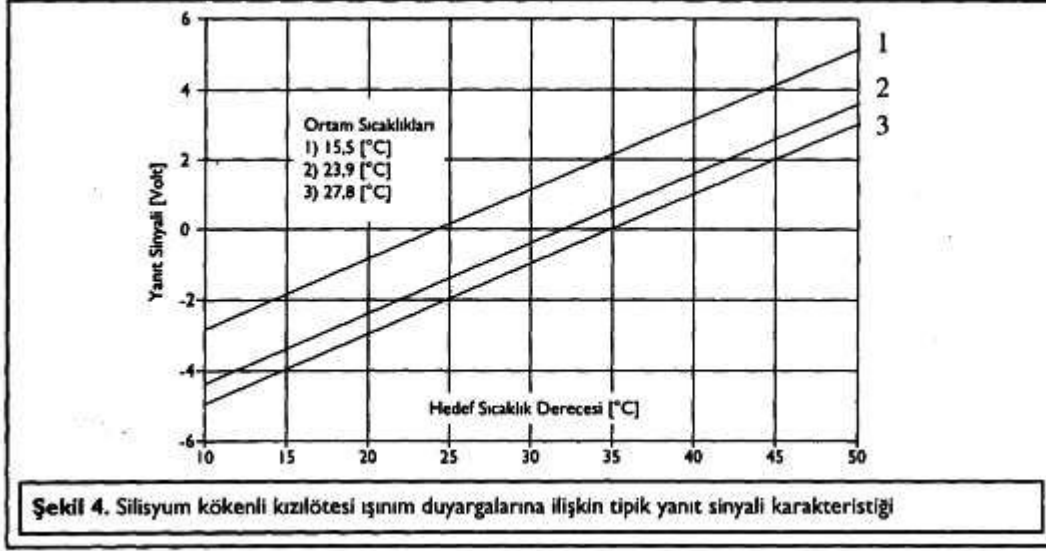
Henderson kontrol işleminin bir binadaki PMV veya Ortalama Tahmin Değerlerine göre yapılması durumunda bazı koşullar altında enerji tüketiminin azaltılabileceğini belirtmektedir. Konfor ortamının sağlanması sonunda üretkenlikte de artma görülmektedir.



Şekil 3. İnsanların mahal içindeki konumu ile sıcaklık duyurgalarının konumuna bağlı olarak PMV Ortalama Değerleri

4. ÇALIŞMA ODALARI SİMÜLASYON YA DA BENZEŞİM KOŞULLARI

Kızılötesi duyurgaların verdiği sinyaller bu duyurgaların mahal içindeki yerine bağlıdır. Mahale ilişkin geometrik özelliklerle bireye ilişkin radyasyon özelliklerinin duyurgaların mahal içindeki yeri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla bir simülasyon ya da benzeşim programından yararlanılmıştır. Örnek olarak alınan çalışma mahalli güneye bakan bir pencere ile donatılmış bulunmaktaydı. Simülasyon veya benzeşim mahallinin pencere cephesindeki uzunluğu 3,4 (m) = 11 (ft), derinliği 2,4 (m) = 8 (ft), yüksekliği ise 2,7 (m) = 9 (ft) idi. İç duvar üzerine bir kapı yerleştirilmişti. Pencerenin uzunluğu 3,4 (m) = 11 (ft), yüksekliği 1,7 (m) = 5,5 (ft) olarak öngörülmüştü. Duyurgalar için seçilen yerleşim yerleri mahallin tavanı ile üzerinde termostat bulunan bir duvardı. Kızılötesi ışınımlı duyurgalar üzerindeki mevsim etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla iç ve dış sıcaklık koşulları değiştirilmişti. ŞEKİL 2'de daha önce açıklanan çalışma odası için elde edilen simülasyon ya da benzeşim sonuçları gösterilmiştir. Gerçek bir mahalde kızılötesi ışınımlı duyurgalar aracılığı ile ölçülen ışınım sıcaklıklarının ortalaması hesap yoluyla bulunması gerekir. Düz ışınım sıcaklıkları ile bileşke ortalama ışınım sıcaklıkları arasındaki sapmaların değişik pencere sıcaklıkları altında değerlendirilmesi amacıyla simülasyon ya da benzeşim yöntemine başvurulmuştu. Mukayese sonucundan anlaşıldığına göre düz ışınım sıcaklıkları ile ortalama ışınım sıcaklıkları birbiriyle orantılıdır. Ortalama ışınım sıcaklıklarının hesabında iki farklı konfigürasyondan yararlanılmıştı. Pencereden uzaktaki ortalama değerlerle her kesimdeki ortalama değerlerin hemen hemen birbirine eşit olduğu anlaşılmıştır. Düz ışınım sıcaklıkları üç ayrı konumda hesaplanmıştı. Kapının üstünde, termostatın bulunduğu yerde ve tavanın tam ortasında. En büyük sinyal termostatın bulunduğu bölgede alınmıştır. Bütün simülasyon veya benzeşim sıcaklıklarının geniş bir pencere sıcaklıkları aralığında hemen hemen doğrusal bir değişim gösterdiği izlenmiştir. Daha sonra, Hem PMV kontrolü hem de klasik sıcaklık kontrolü esas alınarak mahal içinde geçerli olan PMV veya Ortalama Tahmin Değeri bulgularının saptanması amacıyla bir simülasyon çıkış programı uygulanmıştır. Sonuçlar ŞEKİL 3'te tanıtılmıştır. Simülasyon veya benzeşim koşulları olarak soğuk, açık bir kış gününü nitelendiren 0 (°C)'lik bir dış sıcaklık derecesi ile yoğun güneş ışınımı etkisi dikkate alınmıştır. PMV Temelli sıcaklık kontrolü yönteminde PMV konfor değeri sıfıra çok yakın bir değerde tutulabilmiştir ki bu yüksek bir konfor düzeyinin göstergesidir. Klasik sıcaklık kontrolünde ise yaklaşık olarak 0,8 düzeyinde bir PMV değeri gerçekleşmiştir.



PMV Ortalama Tahmin Değeri sıfıra eşit olduğu zaman mahal içinde bulunanların %5 kadarı konfor koşullarından şikayetçi olmaktadır. Bu duruma göre, PM değerinin 0,8'e eşit olması durumunda mahal ortamından rahatsızlık hissedenlerin oranı %20'ye yükselecek demektir. O halde, sıcaklık kontrolü işleminin PMV esasına dayandırılması mahal içinde daha yüksek düzeyde bir konfor duygusu hissedilmesi anlamını içermektedir.

5. SİLİSYUM KÖKENLİ KIZILÖTESİ DUYARGALAR

Diğerlerine oranla daha ekonomik olan ışınlı duyarlar günümüzde hızla gelişim halindedir. Bu duyarlar hem ışınlı sıcaklığını ölçmekte ve hem de bu ölçüme bağlı olarak ortalama ışınlı sıcaklığının hesaplanmasına olanak vermektedir. Bir mikrobolometre (*) olarak görev yapan mikroskopik yapı silisyum malzeme birçok uygulama alanında kızılötesi ışınlı ışınlarının saptanması içinde ideal bir gereçtir. Silisyumlu kızılötesi duyarlar konut ve işyerlerindeki ortam koşulları için özellikle uygundur. Nitrik asit aracılığı ile oyulan bir çentik yuvasının üstüne çok ince bir köprü atılması yoluyla silikon bir mikrobolometrenin yapılması mümkündür. Bu gözenekler hemen hemen kare biçimlidir ve ayrı uzunlukları 0,076 (mm) dolayındadır. Bu tip köprüler gelen kızılötesi ışınlı ışınlarını yutarak ısı enerjisi şekline dönüştürür. Alınan enerji nedeniyle köprü sıcaklığı yükselir. Silisyumun ısı iletim özelliği çok iyi ise de havanın ve köprü elemanı olan filamanın ısı iletim özellikleri silisyuma oranla zayıftır. Bundan dolayı da, köprü etrafındaki silisyuma karşı ısı bakımından yalıtılır. Bu ısı yalıtım özelliğinden ve mikroskopik yapıdan kaynaklanan düşük ısı kitle niteliğinden ötürü köprü tarafından yutulan az miktardaki ışınlı enerji ölçülebilen sıcaklık değişimlerine yol açar. İşte silisyum kökenli kızılötesi sıcaklık duyarlarının çalışma yöntemi budur. Köprüye yapılan bir termoelektrik bağlantı aracılığı ile bu sıcaklık değişiminin ölçülmesi olanaklıdır. Böylece sıcaklık ölçümü köprü üzerine etkileyen radyasyon gücünü değerlendirebilecek biçimde ölçeklendirilebilir. Bu kızılötesi ışınlı dedektörünün duyarlılığının artırılması amacıyla mikroskopik yapı elemanlar bir araya getirilerek bir grup oluşturulur, termokupl devreleri de birbirine seri olarak bağlanır. 1024 adet mikroskopik yapı elemanın tek bir cip veya yonga üzerinde toplanması yoluyla üretilen bu tip sıcaklık dedektörü veya duyarı aracılığı ile 0,2 (°C) gibi hayli küçük ışınlı sıcaklık farklarının ölçülebilmesi mümkün olabilmektedir.

Ayrıca, çok sayıda mikroskopik silikon ünitesinin birbirlerine seri olarak bağlanması her dedektörün ısı kütlesinin son derecede düşük düzeyde kalmasına da olanak vermektedir. Bu dedektörlerin yanıt aralığı süreleri 5/1000 (s) (saniye) ile 10/1000 (s) (saniye) arasında değişmektedir.

(*) Fazla yoğun olmayan radyasyon enerjisinin tutulmasına ve ölçülmesine olanak veren aygıtlar BOLOMETRE adıyla anılmaktadır. Yıldızların enerjileri de bu yolla ölçülmektedir.

ŞEKİL 4'te 1024 adet mikroskopik yapı silisyumlu ünitelerden oluşan bir mikrobolometre dedektörünün yanıt grafiği tanıtılmıştır. Deney sonuçları siyah cisim kaynağının değiştirildiği bir ortam sıcaklığında alınmıştır. Böylece ortam sıcaklığı değiştirilerek deney yenilenmiştir. Üç değişik ortam sıcaklığında yapılan deneyler sırasında elde edilen çıkış voltajlarının hemen hemen doğrusal bir yörünge izlendiği gözlenmektedir. Böylece çıkış sinyallerinin farklı ortam sıcaklıklarına kolaylıkla uyarlanabilmesi mümkün olur.

Silisyumlu mikrobolometlerin birçok avantajları vardır. Geniş bantlı, sağlam yapı kızılötesi ışınlı duyarlarıdır. Küçük boyutlu, ucuz ve kullanımı kolay olan aygıtlardır. Duyarlılıkları orta düzeydedir. Silisyumlu duyarlar 8 ila 14 mikron bölgesindeki kızılötesi ışınlı ışınlarını çok iyi yakalayabilme özelliğine sahiptir. Bu özellik oda sıcaklığındaki cisimlerden yayılan maksimal 10 mikronluk siyah cisim yayını için son derecede uygundur.

6. SİLİSYUM KÖKENLİ OLMAYAN KIZILÖTESİ SICAKLIK DUYARGALARI

Kızılötesi ışınım sıcaklığının ölçülmesi amacıyla uygulanan farklı iki teknolojik yöntem daha vardır. Bunlardan biri civa-kadmiyum-tellür gibi yarı iletken demetlerden yararlanmak, diğeri de piroelektrik aygıtlar kullanmaktır. Civa-kadmiyum-tellür gibi yarı iletken elementlerden yararlanılarak yapılan aygıtlar silisyum kökenli mikrobolometrelere oranla çok daha duyarlıdır. Bu tip detektörler aracılığı ile 0,01 (°C)'nden bile daha düşük sıcaklık farklarının ölçülebilmesi olanaklıdır. Ancak bazı sakıncaları da vardır. Genellikle çok düşük sıcaklık derecelerine kadar soğutulma gereksinimi duydukları gibi verdikleri sinyaller inişli çıkışlıdır ve üstelik de hayli pahalıya malolurlar. Piroelektrik detektörler deyimiyle anılan diğeri tip duyarlı aygıtlar kızılötesi sıcaklık ölçümlerinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu tip sıcaklık duyarlı aygıtları kristal yapılı malzemelerle plastik malzemelerden yapılabilmektedir. Piroelektrik, kristalli sıcaklık duyarlı aygıtlarının sinyal yanıt karakteristikleri silisyum kökenli mikrobolometrelerde olduğu gibidir. Piroelektrik plastik sıcaklık duyarlı aygıtları daha ucuza malolursa da kristal duyarlı aygıtlara ve silisyum kökenli mikrobolometre esaslı delectörlere oranla duyarlılıkları daha zayıftır. Piroelektrik sıcaklık detektörlerinin bir başka sakıncası daha vardır. Bu aygıtlar sadece değışken nitelikte yoğunluk düzeylerini seçebilme yetisine sahip olduğu için kızılötesi enerjinin algılanabilmesi amacıyla bu duyarlı aygıtların mekanik kesicilerle veya çok yüzeyli mercekle donatılması gerekir. Bundan dolayı da sisteme bir mekanik kesici eklenmediği sürece bu delectörlerin mahal ortamı kızılötesi ışınımın ölçülmesi maksadıyla kullanılması uygun olmaz. Silisyum kökenli mikrobolometre teknolojisi mahal ortamındaki kızılötesi ışınım sıcaklığının doğrudan doğruya okunabilmesine olanak verdiği gibi fiyatları da kristal piroelektrik duyarlı aygıtlara oranla fazla değıldir.

7. SONUÇ

Gelecekle bugün yapıldığı gibi sadece sıcaklık derecesini değıil muhtemelen konfor özelliğini ölçebilecek ve kontrol altında tutulabilecek duruma geleceğiz. Bu değışimi hızlandıran faktörlerden bazıları aşığıda açıklanmıştır.

- 1) Konfor duygusu üzerinde ne gibi parametrelerin etkili olduğu konusunda gerekli teorik çalışmalar yapılmış ve standard altyapısı hazırlanmıştır.
- 2) Sıcaklık derecesinin değıil konfor özelliğinin kontrol edilmesinin ne denli yararlı olduğu görüşü gitgide daha yaygın şekilde benimsenmektedir.
- 3) Silisyum kökenli kızılötesi duyarlı aygıtlar hem ucuza mal olan hem de güven içinde uygulanan mikroskopik makina teknolojilerinden yararlanılmak yoluyla üretilmektedir.

KAYNAKÇA

- 1) Fanger P. 1967 - Calculation of Ithermal com-forl.
- 2) Fanger P. 1970 - Thermal Comforl.
- 3) ASHRAE 1972 - ASHRAE Handbook - Fundamentals.
- 4) ASHRAE 1985 - ASHRAE Handbook - Fundamentals.
- 5) ASHRAE 1981 - ASHRAE Standard 55-1981. Thermal Environments for Human Occupants.
- 6) ISO 1984 - International Standard 7730. Moderalc Thermal Environments.
- 7) ISO 1982 - International Standard 7243. Hot Environments.
- 8) Brager G. 1992 - Using laboratory-based models lo predict comfort in office buildings.
- 9) Henderson H.1992-The impact of comfort control on air conditioner energy usage in humid climates.
- 10) University of Wisconsin 1988 - TRNSYS. version 12.2 software program.