

Yemekhaneler ve kantinlerde iç hava kalitesi ile ilgili ölçüm sonuçları ve analizi -Tunceli Üniversitesi örneği

Erdem IŞIK, Serkan ÇİBUK*

Tunceli Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 62000, Tunceli

Makale Gönderme Tarihi: 22.12.2014

Makale Kabul Tarihi: 04.02.2015

Öz

İç hava kalitesi günümüzde insanların sağlığı ile çalışma performansı açısından doğrudan ilişkili olduğu için önem kazanmaya başlamıştır. İç hava kalitesi genellikle kapalı mahallerde yaşayan insanlar için önem arz etmektedir. Özellikle üniversitelerin yemekhaneleri ve kantinlerinde öğrencilerin sağlıkları ve öğrenme performansları üzerinde iç hava kalitesinin önemli ve olumlu etkileri vardır. Bu çalışmanın temel amacı, ülkemiz için henüz yeni ve önemi gittikçe artmakta olan iç hava kalitesinin öncelikle yüksek öğretim kurumlarında incelemesini yaparak, konunun önemini ve durumunu tartışmaya açmaktır.

Bu çalışmada, Tunceli ilindeki Tunceli Üniversitesi merkezi kantin ve yemekhanesinde iç hava kalitesi ile ilgili bazı parametrelerin ölçümleri yapılmıştır. İç hava kalitesi parametreleri olarak karbondioksit, iç hava sıcaklığı ve bağıl nem dikkate alınmıştır. Bu ölçümler testo 435 el tipi cihazı ile yapılmıştır. Ölçümler farklı yerlerdeki iki yerleşkede iç ortamlar için alınmıştır. Ölçüm sonuçları analiz edilerek değişik ülkelerde önerilen standartlarla karşılaştırılmıştır. Kış döneminde merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılması sağlanan yemekhane ve kantinde yapılan ölçümler sonucunda iç ortam sıcaklığının ve bağıl nemin, konfor açısından istenen bölge içerisinde bulunduğundan önemli bir sorun teşkil etmediği tespit edilmiştir. Kışın iç ortamdaki karbondioksit miktarı ise içeride bulunan öğrenci sayısının yoğun olduğu zamana bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. Son olarak, ölçüm sonuçlarına göre kantin ve yemekhanenin iç hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik çeşitli çözümler ve öneriler sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: İç hava kalitesi, karbondioksit, nem, sıcaklık, Tunceli

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Serkan ÇİBUK . serkan_cibuk_fb@hotmail.com ; Tel: 0 537 243 98 08

Giriş

İnsanların yaşama alanı çalıştıkları yerlere göre farklılıklar göstermektedir. İç hava kalitesi, genellikle çalışma alanları kapalı mahallerde olan (ofis, yemekhane, kantin vb.) kişiler için oldukça önem arz etmektedir. Mahaldeki havanın partikül madde cinsi ve yoğunluğu, CO₂ oranı, sıcaklığı ve nemi insanı sağlık ve çalışma verimi açısından doğrudan etkilemektedir. Açıkçası iç hava kalitesi ortam havasının temizliği ile ilgili olup detay gerektiren karmaşık bir yapıya sahiptir. İnsanların içinde bulunduğu havadan farklı beklentileri olduğu ve farklı algılamalardan dolayı, iç hava kalitesi için kesin sınırlar çizmek veya tanımlamak zordur. Bundan dolayı, “kabul edilebilir iç hava kalitesi” terimi ortaya çıkmıştır. ASHRAE 62-1989 ve 2001 Standartlarında kabul edilebilir iç hava kalitesi “İçinde, bilinen kirleticilerin, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı konsantrasyonlar seviyelerinde bulunmadığı ve bu hava içinde bulunana insanların %80 veya daha üzerindeki oranın havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği havadır” olarak açıklanmaktadır (Ashrae ,1989;Ashrae, 2001). İç hava kalitesi ile bağlantılı olarak Sick Bulding Seyndrom-SBS (Hasta Bina Sendromu) ve Bulding Related illness-BRI (Bina Bağlantılı Hastalıklar) olarak adlandırılan sağlık problemleri tanımlanmaktadır (Bas,E.,2004; Schramek, E.,1999). Yapılan birçok araştırmada iç ortamdaki kirleticilerin seviyesi, dış ortam seviyesine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. İnsanlar zamanının %90’ı gibi büyük bir kısmını iç hacimlerde geçirdiği ve bu hacimlerdeki kirleticilerin ortamdan uzaklaştırılmadığı dikkate alınırca, iç hava kalitesinin neden önemli ve dikkat edilmesi gereken bir konu olduğu ortaya çıkar.

Bina bağlantılı hastalıklar (Bulding related syndrom)

Bina bağlantılı hastalıklar (BRI) bina iç çevresine bağlı etkenlerdir. Bunları ancak kaynağını ortadan kaldırarak çözebiliriz, havalandırma ile çözülecek etkenler değildir. Örneğin; lejyoner hastalığı. Bu hastalığın bakterilerin yaşama ortamını kısıtlayarak çözebiliriz. Binadaki nemin yaratmış olduğu bakteriler ve mantarlar örnek olarak gösterilebilirler (Çilingiroğlu,2010).

Hasta bina sendromu (Sick bulding seyndromu)

Bina ile ilişkili hastalıklarda farklılık gösterirler çünkü verdiği rahatsızlıklar kolayca fark edilemez ve kolayca bertaraf edilemezler. SBS tipik olarak akut rahatsızlıklar verir, örneğin; yorgunluk, baş ağrısı, kan çekilmesi ve göz siniri sayılabilir. Bina terk edildiği zaman bu rahatsızlıklar geçebilir. Bu rahatsızlıklara tam koymak mümkün değildir. SBS’na neden olan etenler çok değişkendir. Aşırı ısıtma, ses, zayıf ışıklandırma bunlara sebep olabilir. Bu arazlara neden olan psikolojik etkenler de vardır. Örneğin; aşırı kalabalık, mimari ve dekorasyona bağlı rahatsızlıklar. Mimarlar bir mekânı tasarlarken burada bulunacak kişi sayısından-aydınlatmasına kadar her şeyi standartlara uyarak yapmak zorundadır. Tablo 1’de sendromlara bağlı rahatsızlar hakkında bilgiler verilmiştir (Çilingiroğlu,2010).

Tablo 1.Sendroma bağlı rahatsızlıklar

Semptom veya sağlık bozulması	Bilinen Sebepler	Bina ile ilişki	IAQ (Indoor Air Quality) ile Bağlantılı Muhtemel Sebepler
Baş ağrısı	<ul style="list-style-type: none"> • Stres • Göz gerginliği • Sinüzitler • Migren • Boyun kas Gerginliği 	<ul style="list-style-type: none"> • Stres • Göz Gerginliği • Psycho-sosyal 	<ul style="list-style-type: none"> • Hava içindeki kimyasal maddeler
Vücutta meydana gelen kızamık veya lekeler (isilik)	<ul style="list-style-type: none"> • Böcek ısırması • Egzama • Cilt veya deri iltihabı • Diğer cilt hastalıkları 	<ul style="list-style-type: none"> • Sinirsel deri iltihabı (stres ile ilgili) 	<ul style="list-style-type: none"> • Fiberglas ve Camyünü
Gözlerin kaşınması	<ul style="list-style-type: none"> • Contact lens problemleri • Alerji • Enfeksiyon 	<ul style="list-style-type: none"> • Göz gerginliği 	<ul style="list-style-type: none"> • Düşük nem • Küf • Kimyasal maddeler • Toz • Fiberglas
Burun kanaması	<ul style="list-style-type: none"> • Alerji • Enfeksiyon • Çarpma, darbe 		<ul style="list-style-type: none"> • Düşük nem
Yorgunluk	<ul style="list-style-type: none"> • Bir dizi ciddi hastalıklar • Depresyon • Uykusuzluk • Kronik yorgunluk sendromu 	<ul style="list-style-type: none"> • Sıkıntı • İşten doğan tatminsizlik • Aşırı çalışma 	<ul style="list-style-type: none"> • Muhtemel (nadiren buharlaşabilir kimyasallar)
Çocuk düşürme veya düşük	<ul style="list-style-type: none"> • Sebebi bilinmeyen hastalık • Değişik faktörler:Genetik • Bünyevi • Enfeksiyonel • Metabolik vb. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bilinmiyor 	<ul style="list-style-type: none"> • Bilinmiyor
Astım	<ul style="list-style-type: none"> • Alerji • Kedi, Köpek • Evdeki toz, polenler vb. • Egzersiz sebebiyle • Soğuk hava 	<ul style="list-style-type: none"> • Bilinmiyor 	<ul style="list-style-type: none"> • Alerji • Toz, Küf • Nadiren tahriş edici kimyasallar
Kanser	<ul style="list-style-type: none"> • Sigara içme • Soya Çekim 	<ul style="list-style-type: none"> • Bilinmiyor 	<ul style="list-style-type: none"> • Bilinmiyor
Konsantrasyon sıkıntısı	<ul style="list-style-type: none"> • Bir çok ciddi hastalık • Depresyon • Uykusuzluk • Kronik yorgunluk sendromu 	<ul style="list-style-type: none"> • Sıkıntı • İşten doğan tatminsizlik • Aşırı çalışma 	<ul style="list-style-type: none"> • Muhtemel (nadire buharlaşan kimyasallar)
Baygınlık	<ul style="list-style-type: none"> • Kan Basıncı (tansiyon) • Anormalik 	<ul style="list-style-type: none"> • Kuruntu, vevese, huzursuzluk 	<ul style="list-style-type: none"> • Sarhoş edici kimyasallardan (karbon monoksit gibi)

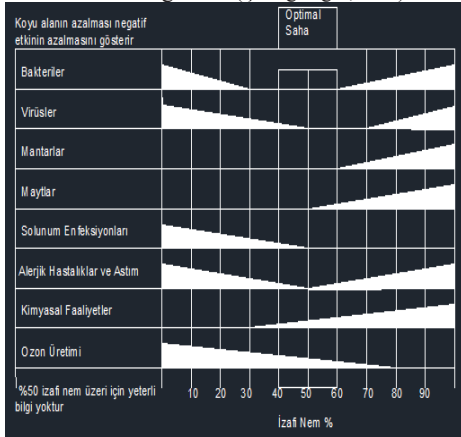
İç hava kalitesini etkileyen faktörler

Havanın izafi nem oranı

Nem, HVAC sistemlerinde hava kalitesini etkileyen en önemli problemlerden biridir. Hava içinde yeteri kadar nem yok ise (%20 civarında veya daha düşük) insanlarda bazı şikâyetlere sebebiyet verebilir.(burun tıkanıklığı)

Düşük izafi nem burun mukozasında ve boğazda buharlaşmaya neden olduğu için kurumaya sebebiyet verebilir. Burundaki kuruma da istenemeyen bazı zararlı zerrelere solunum yoluyla vücuda girdiği görülmektedir. Düşük izafi nem oranı aynı zamanda deri ve saçlarda kurumalara da neden olabilir. Düşük nem oranı kış aylarında meydana gelir dış havanın soğuk olması içinde su miktarının azalmasına neden olur. Dışarıdan aldığımız havayı ısıtarak içeri verir isek ortamı kurutmuş oluruz. Onun için kış aylarında HVAC sistemlerinde nemlendirme yapmak gerekir.

Şekil 1’de de görüldüğü gibi iki uç nokta arasında (%30 ile %70) insan konforunun, üretkenliğinin ve sağlığının müsait olduğu alanlardır. Yüksek izafi nem oranı patojenik ve alerjik organizmaların üremesine neden olurlar. Bu nedenlerden dolayı izafi nemi %30 ile %70 arasında tutmak gerekir (Çilingiroğlu,2010).



Şekil 1. Sağlık yönünden mahallerde sağlanması uygun olan optimal izafi nem sahası

Yaz aylarında nem alma işlemi santrallerde soğutucu serpantinlerle gerçekleştirilir. Bu arada unutulmaması gereken önemli bir hususta soğutucu serpantin tavalarının bakımudur. Bu tavalarda mikropların üremesini önlemek içinde bazı yapım ve bakım tedbirlerinin alınması gerekir. Bu husus Fan-Coil tavaları içinde gereklidir. Nemlendirme ve nem alma sistemleri patojenik organizmaların (mantar ve bakteri) üremesini önleyecek şekilde temiz tutulmalıdır (Çilingiroğlu,2010). Şekil 2’de bakımı yapılmamış Fan-Coil tavası görülmektedir.



Şekil 2. Fan-coil drenaj tavası

-Elektronik ekipmanlar Elektronik data processing ünitelerinde izafi nem kontrolünün yapılması istenir. Yüksek nem oranı ekipmanlarda yoğuşmalara neden olduğu için istenmez, düşük nem oranı ise ortamın statik elektriğini artırır. Keza hızlı izafi nem değişimleri, barcode okuyucularına manyetik teypleri, diskleri ve data processing ünitelerini etkiler. Genellikle, bilgisayar sistemlerinde tavsiye edilen dizayn ve çalışma aralıkları %35 ila %55 arasındadır (Çilingiroğlu,2010).

-Statik elektrik Ortamdaki izafi nemnin artması, elektrostatik akümülayonu azaltır. %45 izafi nem çoğu malzemelerdeki elektrostatik etkiyi azaltır. Fakat yün ve bazı sentetik malzemeler daha yüksek izafi nem ihtiyacı duyarlar (Çilingiroğlu,2010).

İç hava kirleticileri

İç binayı kirleten bazı etkenler vardır. Bunları aşağıdaki kategorilerde özetleyebiliriz.

-*Sigara Kokusu* sigara içenler kendilerini zehirledikleri gibi etrafta bulunan insanları da pasif içici yapmaktadırlar. Araştırmalar sigara yanmasında 4000'den çok bileşiğin açığa çıktığını göstermektedir. Bunlardan 40'ı kanserojen, çoğu sınırlılık yapan bileşiklerdir. Umumi yerlerde sigaranın yasaklanması en iyi çözümdür.

-*Mantar* mantarlar daha çok nemli ortamlarda ürerler hava nemini ayarlayarak nem oranlarını düşürmek ve nem kaynaklarını ortadan kaldırmak mantarların üremesine engel olur. Mantarlar hava içine sporelar yayarak solunum yoluyla insan vücuduna görev ve ciğerlere yerleşerek astmatik ve alerji hastalıkları ortaya çıkarırlar.

-*Buharlaşabilir organik bileşikler(VOCs) ve yarı buharlaşabilir organik bileşikler (SVOCs)* Organik bileşikler daha çok karbon içeren kimyasallardır. Bu kimyasallar temizleme malzemelerinde, kozmetik, boya, solventler, sigara dumanında, sprelerde vb bulunurlar. Temizlik, boya, bina malzemelerinde, ofis ekipmanlarında (fotokopi ve printer) kopya kağıdı vb organik kimyasallarda örnektir.

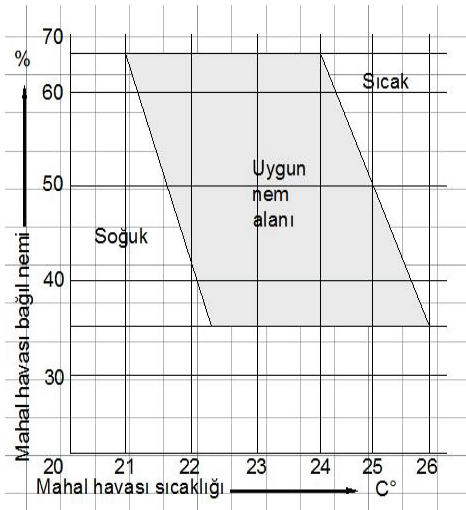
Buharlaşabilir organik bileşenler hava içinde bulunurlar ve bunlar kısa ve uzun süreler içinde insan sağlığına etki ederler.

-*Karbondioksit CO₂* de zehirleyici bir maddedir. Daha çok yanma ve insanların solumasından ortaya çıkar. Bina içinde bunları hava kalite sensörü ile algılamak mümkün ve bu suretle havalandırma santrali karışımı ise dış hava miktarını biraz daha artırarak iç havayı ise kısarak temizleme işlemi yapılır (Çilingiroğlu,2010).

İç hava kalitesi parametreleri

Hava sıcaklığı ve bağıl nem

İç ortam sıcaklığı ve nemi, ısı konforun en önemli parametrelerindendirler. İnsan ancak belirli sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde kendisini konforlu hisseder. Normalin üzerindeki nemli ve sıcak hava, sıkıntı veren havadır. Düşük nemde ise burun ve ağızda kuruluk olur ve vücut hızla su kaybettiğinden, sık sık su içme ihtiyacı hisseder. Sıcaklık ve nem birbirinden ayrı düşünülmediği için sıcaklık ve bağıl neme göre konfor bölgeleri, yaz ve kış durumu için belirlenir. Şekil 3'de sıcaklık ve bağıl neme göre konfor bölgeleri verilmiştir (Doğan,2002; Ashrae,2003). Yaz şartlarında iç hava sıcaklığı daha çok dış sıcaklığa göre seçilmesine rağmen, kış aylarında iç ortam tasarım sıcaklığı ortamın kullanım amacı ve tipine göre de belirlenmektedir. İç ortam sıcaklığı değişik ortamlar için 15-26°C ve iç ortam bağıl nemi ise %30 ile %70 arasında önerilmektedir (Schramek,E., 1999; Ashrae, 2003; Önen, 1985).



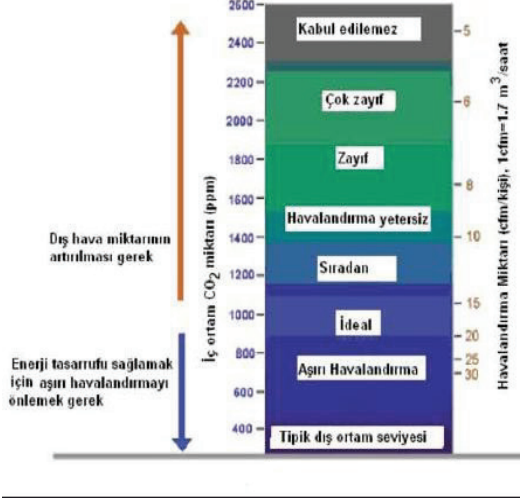
Şekil 3. Sıcaklık ve bağıl neme bağlı konfor bölgeleri

Karbondioksit miktarı (CO₂)

CO₂ iç hava kalitesini kontrol etmek için önerilen önemli bir iç hava kirleticisidir. Normalde atmosfer havasının hacimsel olarak %0.03'ü CO₂'dir. Dış ortam havasında bulunan CO₂, çevre özelliklerine göre 330 ile 500 ppm arasındadır. Dolayısıyla iç ortam CO₂'in olması mümkün değildir.

İnsanlar nefes alıp vermeleri ile iç ortama CO₂ verirler. Normal bir iş ile uğraşan bir insan saatte 20 litre (0.02m³) CO₂ üretir. (Schramek,1999). Bu yüzden iç ortamda havalandırma yapılmazsa insan sayısı arttıkça, CO₂ derişimi artar. 1000 ppm CO₂ konsantrasyonu iç hava kalitesi için temel kabul edilmektedir (Ashrae,1989; Schramek, 1999). Eğer CO₂ miktarı bu seviyeden düşük ise iç ortamdaki hava, kabul edilebilir iç hava kalitesindedir. 1000ppm CO₂ miktarı, Pettenkofer sayısı olarak da bilinmektedir (Schramek,1999). Kabul edilebilir iç hava kalitesi oluşturmak için CO₂ hissedicileri havalandırma sistemleri ile kullanılarak, gerekli temiz dış hava iç ortama sevk edilmektedir.

CO₂ zehirli bir gaz değildir fakat oksijensizlikten boğma tehlikesi ortaya çıkarabilir. Konsantrasyon değeri 35000 ppm'i geçtiğinde, merkezi nefes sinir alıcıları tetiklenir ve nefes alma noksanlığına sebep olur. Daha yüksek konsantrasyonlarda oksijen azlığından dolayı merkezi sinir sistemi görevini yapamamaya başlar. Ofis binaları ve okullar gibi endüstriyel olmayan çevrelerde CO₂ konsantrasyonu sakinlerin yoğunluğu, havalandırmanın dağıtılma şekline ve oturlan ortama dışarıdan sağlanan dış hava miktarına bağlı olarak 400 ile 1500ppm arasında ölçülmesi beklenir (Ashrae,2003). Şekil 4'te kapalı mahallerde karbondioksit ile havalandırma arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 4. Karbondioksit seviyesi ile havalandırma arasındaki ilişki (Bas,2004)

İç hava kalitesi ile ilgili standartlarda önerilen sınır değerler

Dünya'nın birçok ülkesinde, iç hava kalitesi ile ilgili kirleticiler için izin verilebilen maksimum sınırları belirleyen standartlar mevcuttur. Bu standartlar sürekli güncellenmektedir. Tablo 2'de iç ortam ile ilgili değişik ülkelerin standartlarında iç hava kalitesi parametrelerine ait sınır değerler verilmiştir (Guo vd., 2004; Stranger vd., 2007; Berube vd.,2004; Mestl vd.,2007; Ashrae,2003; Hkgcc,2006). Tablodan görüldüğü gibi iç hava kalitesi parametrelerinde önerilen sınır değerler ülkelerde farklılık gösterebilmektedir.

Tablo 2. İç hava kalitesi ile ilgili standartlarda önerilen sınır değerler

	CO ₂	Partikül madde	Bağıl nem	Sıcaklık
ABD ASHRAE	1000 ppm	PM<75 µg/m ³ (yıllık ortalama)	%30-60	20-25,°C
Almanya	5000ppm 9000ppm (15 dakika)	Bilinmiyor	%30-70	20-26°C
Kanada	3500ppm	PM2.5<40 µg/m ³ (8 saat) PM2.5<100 µg/m ³ (1 saat)	%30-80(yaz) %30-55(kış)	Bilinmiyor
Çin	Bilinmiyor	PM10<150 µg/m ³	Bilinmiyor	Bilinmiyor
WHO (Dünya Sağlık Örgütü)	Bilinmiyor	PM10<20 µg/m ³ (yıllık ortalama) PM10<50 µg/m ³ (24 saat)	Bilinmiyor	Bilinmiyor
İngiltere	Bilinmiyor	PM10<50 µg/m ³	Bilinmiyor	Bilinmiyor
Norveç	Bilinmiyor	PM2.5<20 µg/m ³	Bilinmiyor	Bilinmiyor
Avrupa Birliği	Bilinmiyor	PM2.5<35 µg/m ³	Bilinmiyor	Bilinmiyor
Hong Kong	800ppm (1. Düzey) 1000ppm (2.düzey)	PM10<20 µg/m ³ (1. Düzey) PM10<180 µg/m ³ (2. Düzey) (8 saat ortalama)	%40-70	20-25.5°C

Materyal ve yöntem

İç hava kalitesi hakkında bilgi sahibi olmak istediğimiz mahalde testo 435 el tipi cihaz ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sonucunda CO₂, nem ve sıcaklık parametreleri ile ilgili veriler elde edilmiştir. İç hava kalitesi parametrelerine ait ölçümler 27-28 Ocak 2014 tarihleri arasında mesai saatleri içerisinde Tunceli Üniversitesi yemekhanesi ve kantininde gerçekleştirilmiştir.

Tunceli Üniversitesi mekanik bir havalandırma sistemi olmadığından üniversitede doğal havalandırma sistemi kullanılmaktadır.

Yemekhanenin donanım özellikleri şu şekildedir; çift camlı pencere, yerler fayans, iki adet eşiksiz iç kapı, masa ve sandalyeler standart, duvarlar plastik standart boyadır. Kantinin donanım özellikleri şu şekildedir; 2 iç 3 dış eşiksiz kapı, çift camlı pencere, yerler fayans, masa ve sandalyeler standart ve duvarlar standart plastik boyadır. Ayrıca kantin malzemeleri standart (fırın, döner pişirme ocağı, çay ocağı, vb.) aletlerdir. Mahallerin konumu şehir dışında olup trafik yoğunluğu yok denilecek kadar azdır. Şekil 5'te ölçümleri gerçekleştirdiğimiz testo 435 el tipi cihaz görülmektedir. Tablo 3'de ise testo 435 el tipi cihaz ile ilgili bilgi verilmiştir.



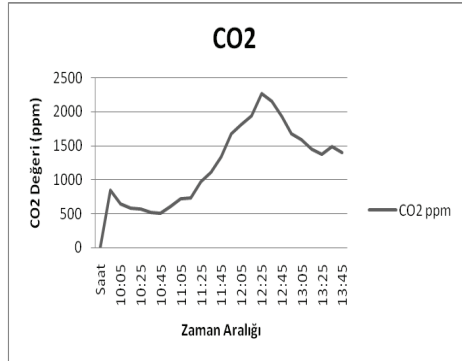
Şekil 5. Testo 435 el tipi cihazı

Tablo 3. Testo 435 ile ilgili bilgiler

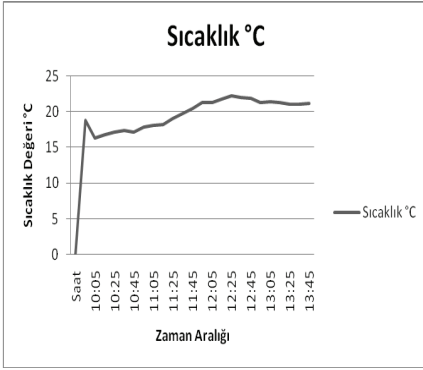
Testo 435	
Ölçüm Aralığı	Hassasiyet
0.....+50°C	+ 3°C
0.....+100%RH	+2%RH(+2...+98%RH)
0.....+1000 ppm CO ₂ +600-+1150 hPa	-(50ppm CO ₂ - +2%ölç.)(0..+5000ppm CO ₂) -(100ppm CO ₂ - +3%ölç.'de) -+3hPa

Tartışma ve değerlendirme

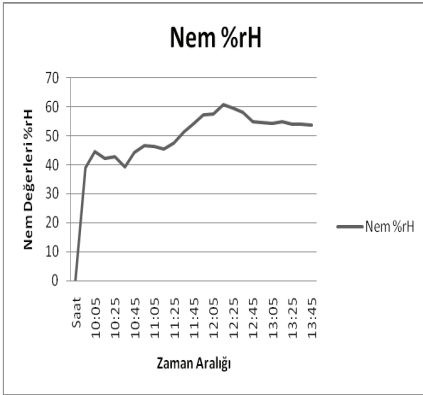
İç hava kalitesi parametrelerine ait ölçümler Ocak 2014 tarihinde yemekhane ve kantinde mesai saatleri içerisinde değişik günler için alınmıştır. Örnek olarak; yemekhane için alınan bazı ölçüm sonuçları şekil 6, 7 ve 8'de verilmiştir.



Şekil 6. Mesai Saatleri İçinde Alınan Karbondioksit ölçümleri



Şekil 7. Mesai Saatleri İçinde Alınan Sıcaklık ölçümleri



Şekil 8. Mesai Saatleri İçinde Alınan Nem ölçümleri

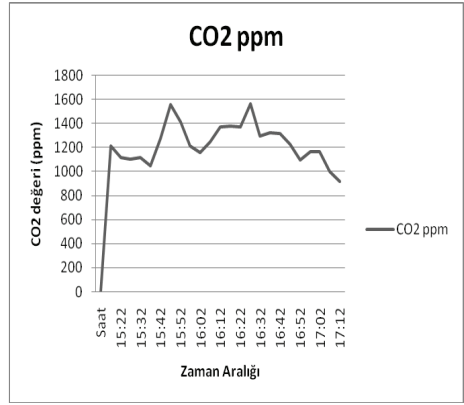
Grafiklerde görüldüğü gibi CO₂ oranı minimum ve maksimum değerleri 509 - 2273 ppm, ortalama değeri ise 1248.58 ppm olarak görülmektedir. Standart değerlere göre CO₂ oranı sıradan havaya sahip olmakla birlikte dış hava miktarının artırılması gerektiğini göstermektedir.

Nem oranı olarak görülen minimum ve maksimum değerler 38.8 - 60.7 %rH, ortalama değeri ise 50.65 %rH olarak okunmaktadır. Bu değerler standart değerlere göre değerlendirildiğinde uygun nem alanına sahip ortam olarak değerlendirilebilir. Ayrıca tabloda görüldüğü

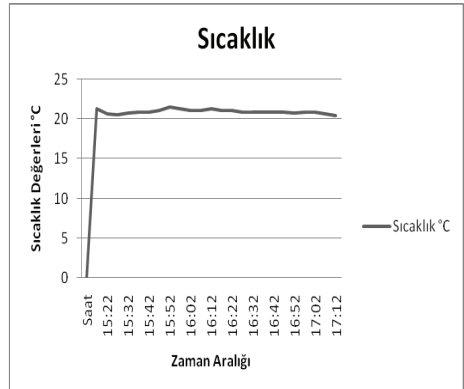
gibi sıcaklık değerleri 15 ila 26 °C arasında değişmekte olup standartlar arasında yer almaktadır.

Tablolardaki dalgalanmalar öğle saatlerine doğru insan sayısının artmasıyla artmakta daha sonra insan sayısının azalışı nedeniyle azaldığı gözlenmektedir.

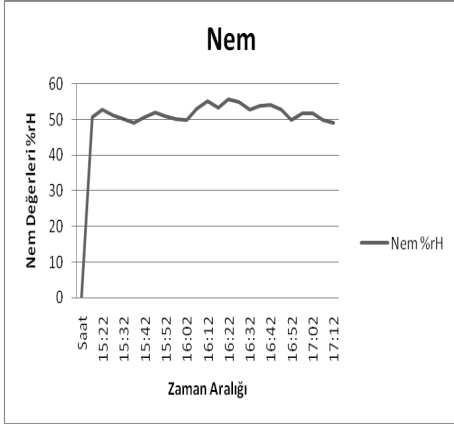
Şekil 9, şekil 10, şekil 11'de ise yemekhanenin akşam yemek saatlerindeki karbondioksit, sıcaklık, nem ölçümleri gösterilmektedir.



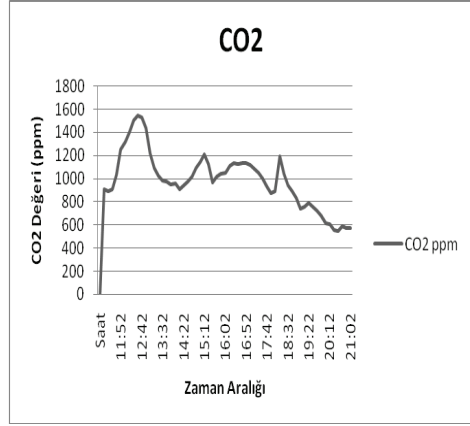
Şekil 9. Akşam Saatlerinde Alınan Karbondioksit ölçümleri



Şekil 10. Akşam Saatlerinde Alınan Sıcaklık ölçümleri



Şekil 11. Akşam Saatlerinde Alınan Nem ölçümleri



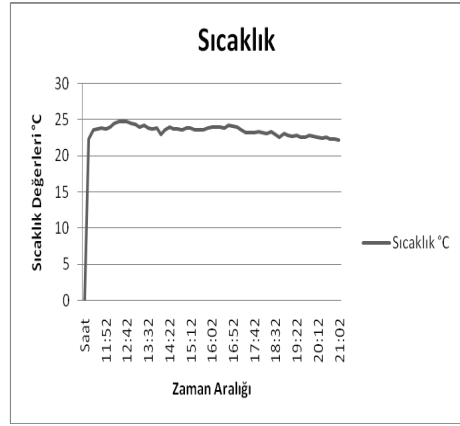
Şekil 12. Kantinden Alınan Karbondioksit Ölçümleri

Yukarıdaki grafiklerde görüldüğü gibi CO₂ oranı minimum ve maksimum değerleri 917-1562 ppm, ortalama değeri ise 1234.16ppm olarak görülmektedir. Standart değerlere göre CO₂ oranı sıradan havaya sahip olmakla birlikte dış hava miktarının artırılması gerektiğini göstermektedir.

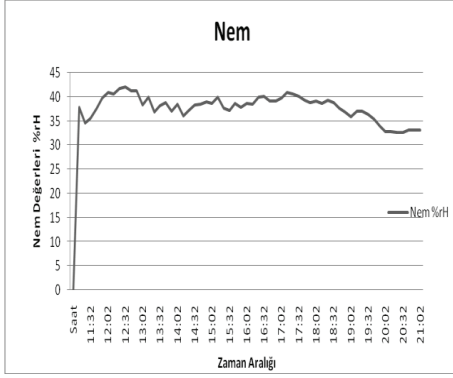
Nem oranı olarak görülen minimum ve maksimum değerler 48.9 – 55.6 %rH, ortalama değeri ise 51.80 %rH olarak okunmaktadır. Bu değerler standart değerlere göre değerlendirildiğinde uygun nem alanına sahip ortam olarak değerlendirilebilir. Ayrıca tabloda görüldüğü gibi sıcaklık değerleri 15 ila 26 °C arasında değişmekte olup standartlar arasında yer almaktadır.

Şekil 9'daki karbondioksit grafiğindeki dalgalanmalar insanların yoğunlukla içeri girip çıktığını gösterir.

Şekil 12, 13 ve 14'de kantin için gün boyu yapılan ölçümlerde 10'ar dakikalık periyotlar için değerler yer almaktadır.



Şekil 13. Kantinden Alınan Sıcaklık Ölçümleri



Şekil 14. Kantinden Alınan Nem ölçümleri

Şekillerde görüldüğü gibi CO₂ oranı minimum ve maksimum değerleri 543-1546ppm, ortalama değeri ise 989.88ppm olarak görülmektedir. Standart değerlere göre CO₂ oranı ideal havaya sahip olmakla birlikte standartlara uygundur.

Nem oranı olarak görülen minimum ve maksimum değerler 33.1–42.1 %rH, ortalama değeri ise 37.88 %rH olarak okunmaktadır. Bu değerler standart değerlere göre değerlendirildiğinde uygun nem alanına sahiptir. Ayrıca tabloda görüldüğü gibi sıcaklık değerleri 15 ile 26°C arasında değişmekte olup standartlar arasında yer almaktadır.

CO₂ ölçümüne baktığımızda günün ilerleyen saatlerinde insan sayısının azalmasıyla birlikte CO₂ oranının azaldığını görüyoruz.

Sonuç ve öneriler

İç Hava Kalitesi kavramı ile yaptığımız çalışmalar neticesinde, mahallerde standartlara göre zaman zaman iyi değerlere rastlanmış olup, zaman zaman ise insan sağlığı bakımından tehlikeli değerlere ulaşılmıştır. Bu gibi tehlikeli durumlarda havalandırma yapılarak mahallerin insan sağlığı bakımından uygun hale getirilmesi gerekir. Tunceli ilinde, Üniversite yerleşkesi içerisinde yemekhane ve kantin mahallerinde elde ettiğimiz grafiklerin analizleri Ashrae standartlarına göre yorumlanmıştır.

Öneri olarak da iç hava kalitesi ölçümlerinin okul mahallerinin tamamı için belirli periyotlarda yapılarak olası problemler için gerekli tedbirler alınmalıdır.

Kaynaklar

- Ashrae, "Standard 62- 1989- Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality", American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 1989.
- Ashrae, 2001, Standard 65-2001-Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta
- Ashrae, "ASHRAE Handbook CD, 2001 Fundamentals, Chapter 8: Thermal Comfort", Atlanta, USA, 2003.
- Ashrae, "Ashrae Handbook CD, 2001 Fundamentals, Chapter 9: Indoor Environmental Health", Atlanta, USA, 2003.
- Bas, E., 2004, Indoor Air Quality-A Guide for Facility Managers, The Fairmont Press, Lilburn, Georgia
- Berube K.A., Sextona, K.J., Jonesb, T.P., Morenoa, T., Andersona, S., Richards, R.J., 2004, The spatial and temporal variations in PM10 mass from six UK homes, Science of the Total Environment, **324**, 41-53.
- Çilingiroğlu, Sarven, İç Hava Kalitesi, 2010
- Doğan, H., "Havalandırma ve İklimlendirme Esasları", Seçkin Yayınevi, Ankara, 2002.
- Guo, H., Lee, S.C., Chan, L.Y., 2004, Indoor air quality in ice skating rinks in Hong Kong, Environmental Research, **94**, 327-335.
- HKGCC, 2006, The Clean Air Charter-A Business Guidebook, Hong Kong General Chamber of Commerce.
- Önen, E., "Havalandırma ve Klima Tesisatı", Bayındırlık ve İskan bakanlığı, Teknik El kitabı No:9, Başbakanlık Basımevi, Ankara, 1985.
- Mestl, H.E.S., Aunan, K., Seip, H.M., 2007, Health benefits from reducing indoor air pollution from household solid fuel use in China- Three abatement scenarios, Env. Int. **33**, 831-840.
- Schramek, E., "Recknagel-Sprenger Schramek-Isıtma ve Klima Tekniği El Kitabı", TTMD, Ankara. 1999.
- Stranger, M., Potgieter-Vermaak, S.S., Van Grieken, R., 2007, Comparative overview of indoor air quality in Antwerp, Belgium, Env. Int. **33**, 789-797.

Indoor air quality of canteens and cafeterias - The sample of Tunceli University

Extended abstract

Indoor air quality has become important today because it's directly related to human health and working performance. Indoor air quality is often important for people living in closed spaces. In particular, indoor air quality has significant and positive effects for health and learning performance of students in university canteens and cafeterias. The main purpose of this study is, primarily through the analysis of indoor air quality in higher education institutions which is new and increasingly important for our country, to open discussion the importance and status of the subject and also aim of increasing the learning performance of students by submitting suggestions for the enhance of air quality in higher education institutions.

Indoor air quality is extremely important for human health. Various diseases occur due to poor indoor air quality. These diseases may be called as building-related and sick building syndrome. Legionnaire disease is an example for building-related disease, and also disorders such as acute, optic nerve are examples for sick building syndrome.

Moisture is one of the most important problems affecting the air quality in the HVAC system. If there is not enough moisture in the air (about %20 or less), it may give rise to some complaints in humans. Low relative humidity can cause dryness due to evaporation in throat and nasal mucosa. If we give the air we take from outside, to inside, we'd have a dry ambiance. Thus, humidification on the HVAC systems is necessary in winter. One of the factors that affects the indoor air quality is indoor air contaminants in the building. These contaminants are substances such as cigarette odor, fungus, of volatile organic compounds and semi-volatile organic compounds, CO₂ etc.

Indoor temperature and humidity are the most important parameters of thermal comfort. Human feels comfortable only in certain temperature and relative humidity values. Humid and hot weather above normal is the distressing air. In low humidity, dryness occurs in nose and mouth, and it's needed to drink water often due to rapid loss of water in body. The comfort zones are defined according to temperature and relative humidity for summer and winter, because temperature and humidity cannot be

dissociated from themselves. Although the indoor air temperature is selected mostly according to outdoor temperature in summer conditions, the indoor design temperature is determined according to the intended purpose and type of the ambiance in winter. Indoor temperature is recommended between 15-26°C and the indoor relative humidity is also recommended between %30 and %70 for different ambiances.

CO₂ is an important air contaminant recommended to control the indoor air quality. Normally %0,03 of the atmospheric air is CO₂. CO₂ in the ambient air is between 330-500 ppm based on environmental attributes. Therefore, it's not possible to exist CO₂ indoor. Humans give CO₂ to indoor by breathing. A CO₂ concentration of 1000 ppm is considered as essential for indoor air quality. If the CO₂ concentration is lower than this level, the indoor air has acceptable air quality. When the concentration values exceeds 35000 ppm, the central breath neuroreceptors are triggered and it causes lack of breathing. In many countries worldwide, the standards for determining the maximum allowable limits for contaminants associated with indoor air quality are available. These standards are constantly updated. These standards include standards such as Germany, Ashrae, China.

In this study, measurements of some parameters related to the indoor air quality of the central canteen and cafeteria of Tunceli University in the province of Tunceli have been made. Carbon dioxide, indoor air temperature and relative humidity have been considered as indoor air quality parameters. These measurements have been made through testo 435 hand-type device. Measurements were taken at different indoor locations. As a result of the measurements made in the cafeteria and canteen provided with central heating during the winter, these have been detected that the indoor temperature and the relative humidity are within the required zone, so they don't constitute a significant problem. Also it's been observed that the indoor carbon dioxide amount in winter is increased with the number of students inside. Finally, a variety of results and suggestions related to enhance the indoor air quality of the canteens and the cafeterias, have been presented according to the measurement results.

Keywords: *Indoor air quality, carbon dioxide, moisture, temperature, Tunceli*