



Bir Ofis Yapısı Örneğinde Isıl Konfor ve İç Hava Kalitesinin İncelenmesi

Research On Thermal Comfort and Indoor Air Quality: A Case Study On An Office Building

Melek ÖZDAMAR,¹ Filiz UMAROĞULLARI²

ÖZ

İnsanların zamanlarının büyük bir kısmını geçirdiği iç ortam havası dış ortamdan daha kirli olduğu düşünüldüğünde iç ortam havasına verilen önem artmaktadır. Çalışma kapsamında Edirne İl merkezinde bulunan bir ofis yapısında, ısı konforu ve iç hava kalitesini araştırmak amacıyla deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Dikdörtgen planlı KD-GB yönünde konumlanan yapıda farklı yönlere bakan iki ofis birimi seçilerek ortam sıcaklığı, bağıl nemi, hava akış hızı, CO₂ miktarı, PMV duyum ölçeği ve PPD memnuniyetsizlik yüzdesi ve farklı çaplarda partikül madde miktarları ölçülmüştür. Ölçümler; iki aylık süreçte, her ofis biriminde 8 ölçüm olacak şekilde düzenlenmiştir. Ayrıca dış ortamda da ölçümler alınmıştır. Elde edilen sayısal veriler tablo ve grafikler yardımıyla ASHRAE Standart 55 sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Veriler incelendiğinde iç hava kalitesi üzerinde ofis birimlerinin güneşlenme yönünün etkili olduğu ancak bina kabuğu, ofis alanı ve hacmi, ısıtma sisteminin türü, kullanıcı sayısı, mevcut mobilya ve donanımlar vb. faktörlerin etkilerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca sigara kullanımı, ortamdaki CO₂ seviyesini ve partikül madde miktarlarını çok fazla artırmakta hatta sigara içilen ofislerde sigara kullanılmadığı zamanlarda bile CO₂ seviyelerinin yüksek çıktığı görülmektedir.

Anahtar sözcükler: Isıl konfor; iç hava kalitesi; partikül madde; PMV; PPD.

ABSTRACT

Indoor air quality rises in importance when considering that people spend large part of their time in enclosed spaces where indoor air is more polluted than outdoor environment. In the scope of this study, experimental research was done to investigate the thermal comfort and indoor air quality at an office building in the central district of Edirne. By choosing two office units, which facing different directions, in the rectangular formed building located at NE and SW directions, environment temperature, relative humidity, velocity of air flow, amount of CO₂, PMV (predicted mean vote), PPD (predicted percentage of dissatisfied) and particle matter quantities at different diameters were measured. Measurements were organized so that each office unit has 8 measurements in two-month period. Besides that, measurements were taken at outdoor environment. With the help of tables and graphs, obtained numerical data were compared with limit values of ASHRAE Standard 55. As the result of investigation, it is understood that insolation direction of the office units has the importance on indoor air quality. However, building envelope, office area size and volume, type of heating system, number of user, existing furniture and equipment etc. factors are more important than insolation of the building. Moreover, smoking causes large amount of increase in the level of CO₂ and quantity of particle matter in the environment. In fact, it is seen that level of CO₂ is so high when also there is not smoking activity in the office.

Keywords: Thermal comfort; indoor air quality; particle matter; PMV; PPD.

¹Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Edirne

²Trakya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Edirne

Başvuru tarihi: 20 Haziran 2016 - Kabul tarihi: 08 Şubat 2017

İletişim: Filiz UMAROĞULLARI. e-posta: filizu@trakya.edu.tr

Giriş

Günümüzde insanlar zamanlarının önemli bir bölümünü çalışma mekânlarında geçirmektedir. EPA(Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı)'nın çalışmalarına göre mücadele edilmesi gereken sağlık problemleri arasında ilk 10 içerisinde 4. sırada olan "Hasta Bina Sendromu" daha çok ofis çalışanlarında görülmektedir.^{1,2,3,4}

Yapılan bazı çalışmalarda iç ortamdaki kirlilik düzeyinin dış ortama oranla 2-10 kat fazla olduğu ileri sürülmüştür.⁴ İç hava kirliliği sorunu sadece konutlar için geçerli değildir. Aksine çalışma mekânları gibi kontrol dışındaki yapılarda iç hava ile ilgili sorunlarla daha çok karşılaşmaktadır. Ofis yapıları yetersiz havalandırma koşullarına sahip olabilmektedir. Dolayısıyla ofis yapılarındaki ısı konfor ve hava kalitesi; çalışanların iş verimini etkilemekte, kullanıcı üzerinde bir takım fiziksel ve psikolojik rahatsızlıkları da beraberinde getirmektedir. Bu sebeple kirlenici kaynakları belirlenerek gerekli tedbirler alınmalıdır.^{5,6}

Yaşamsal faaliyetler için solunulan havanın önemi çok büyüktür. 1999 yılında ASHRAE'nin çıkardığı havalandırma standardında ortamın kabul edilebilir iç hava kalitesi; içinde zararlı madde oranı limit değerleri aşmamış ve havayı soluyan insanların büyük çoğunluğunun (en az %80) bu durumdan memnun hissettiği hava olarak tanımlanmıştır. Standartlarda istenilen koşulları sağlamak için gerekli limit değerleri verilmektedir.

Kişinin yaşamını konforlu bir şekilde devam ettirebilmesi için kişi ile çevresi arasındaki ısı dengesinin kurulması gereklidir. Isıl konfor his ve duygular ile de ilgilidir. Bu sebeple ısı dengesi ile konfor şartları farklı kavramlardır. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers); "kullanıcının bulunduğu ortamdaki şartlardan hoşnut olma hali" şeklinde tanımlanmaktadır. Isıl konfor; kullanıcının yaşı, cinsiyeti, beslenmesi, vücut biçimi, deri altı yağı, boy ve kilosu, yapılan eylem, giyinme durumu ve kişisel farklılıklar gibi birçok parametreye bağlıdır. Bu sebeple insanın konfor sınırları kesin olarak çizilemez. Genel anlamda ısı konforu etkileyen parametreler kişisel ve çevresel parametreler olarak sınıflandırılabilir. Ortam sıcaklığı, bağıl nemi, hava hızı ve ortalama ışınım sıcaklığı çevresel parametreler olarak adlandırılırken, kişisel parametreleri ise kişinin metabolik aktivite düzeyi ve giyinme durumu oluşturmaktadır.^{7,8,9,10,11,12,13}

Isısal konfor, fiziksel çevre dışında kişilerin hissettikleri, duyguları ve kararları ile de ilgilidir.¹⁴ Böyle durumlarda

PMV (Tahmini ortalama oy /Predicted Main Vote) ve PPD (Isıl tatminsizlik yüzdesi /Predicted Percentage of Dissatisfied) gibi ısı his ölçekleri kullanılmaktadır. Tahmini ortalama oy ya da ortalama ısı duyumu indeksi olarak adlandırılan PMV; kullanıcıların vücutları ile buldukları çevre arasındaki ısı geçişinin stabil olduğu düşünülerek, ortam konforunu ifade etmek için kullanılan ölçektir. PPD; ısı tatminsizlik yüzdesi olarak ifade edilmektedir.^{15,16}

Fanger yasasına göre bir ortamda en az %5'lik bir kesim ısı açısından konforlu hissetmemekte olup tatminsizlik limiti en fazla %10'a kadar izin verilmektedir.^{17,18,19}

Bu çalışma, ofis çalışanlarının verimlilik ve etkinlik durumlarının istenilen düzeyde olması ve çalışma mekânlarının kullanıcılar için konforlu bir ortam oluşturması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında bir ofis yapısı örneğinde farklı yönlerde konumlanan iki ofis biriminde ısı konfor ve iç hava kalitesi araştırılmıştır.

Yöntem

Çalışma kapsamında iç hava kalitesi Edirne İl merkezinde bulunan bir ofis yapısı üzerinde incelenmiştir. Ofis yapısının kent içi konumu Şekil 1'de gösterilmiştir. Yapı, Sanayi, Adliye Sarayı, DSİ ve konut bölgelerinin yakınında konumlanmaktadır.

Seçilen ofis yapısının cephesi ısı ve ses yalıtımlı strüktürel silikon giydirme cephe sisteminden oluşmaktadır. Binada ısıtma merkezi kalorifer sistemi (doğalgaz) ile sağlanmaktadır. A ve B olmak üzere iki bloktan oluşan yapıda ölçümlerin alındığı B Blok; 2 bodrum kat+1 zemin kat+5 normal kattan oluşmaktadır. Yapı dikdörtgen olarak planlanmış olup uzun kenarı Kuzeydoğu (KD)-Güneybatı (GB) yönüne paralel olarak konumlanmıştır. Yapının vaziyet planı Şekil 2'de, yapıya ait modelleme görseli ve fotoğrafı ise Şekil 3'de verilmektedir.

Ofisler merkezi sistemle ısıtılmakta olup her ofis biriminde pay ölçer bulunmaktadır. Ayrıca klima, vantilatör gibi iklimlendirme cihazları da tercihe bağlı olarak kullanılmaktadır. Ofislerin pasif havalandırılması genellikle dış havanın soğuk olduğu günlerde yapılmazken, sıcak günlerde sabah saatlerinde yapılmaktadır. Ofislerde çalışanların aktivite durumu genellikle pasif ve yarı aktiftir. 1. Katta yer alan iki ofis biriminin normal kat planı düzleminde konumları Şekil 4'de gösterilmiştir, genel özellikleri ise Tablo 1'de verilmiştir.

Ölçüm çalışmasında hem dış iklim verileri hem de iç iklim verileri ölçülmüştür. Aynı zamanda yapılan ölçümlerin sonuçları, dış kabağa ait bazı veriler yardımıyla değerlendirilmiştir. Dış iklim koşullarının etkilerini değiştirerek iç iklim koşullarının oluşumunda etkili yapı bileşeni olarak kabul

¹ Norhidayah, 2013, s. 94.

² Abdul-Wahab, 2015, s. 752.

³ Hess-Kosa, 2011, s. 3.

⁴ url 1. 2016.

⁵ Tan, 2012, s. 2.

⁶ Norhidayah, 2013, s. 94.

⁷ Bulut, 2008, s. 28.

⁸ Akman, 2005, s. 89.

⁹ Michael, 2006, s. 17.

¹⁰ Nicol, 2002, s. 564.

¹¹ Sekhar, 2016, s. 138.

¹² Kaynaklı, 2003, s.9.

¹³ Bauman, 2001, s.18.

¹⁴ Azizpour, 2011, s. 208.

¹⁵ Sun, 2015, s. 553.

¹⁶ Hamdi, 1999, s. 168.

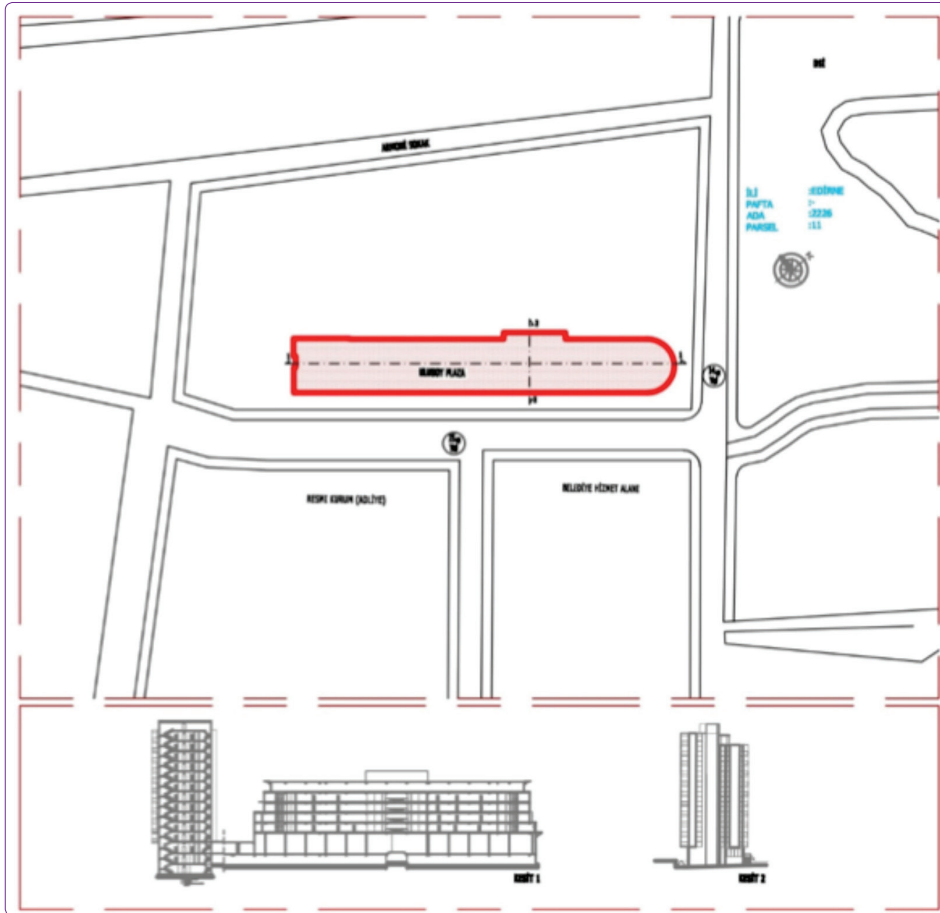
¹⁷ ANSI/ASHRAE, 2013.

¹⁸ Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, 1986.

¹⁹ Sun, 2015, s. 553.



Şekil 1. Ulusoy Plaza kent içi konumu.²⁰



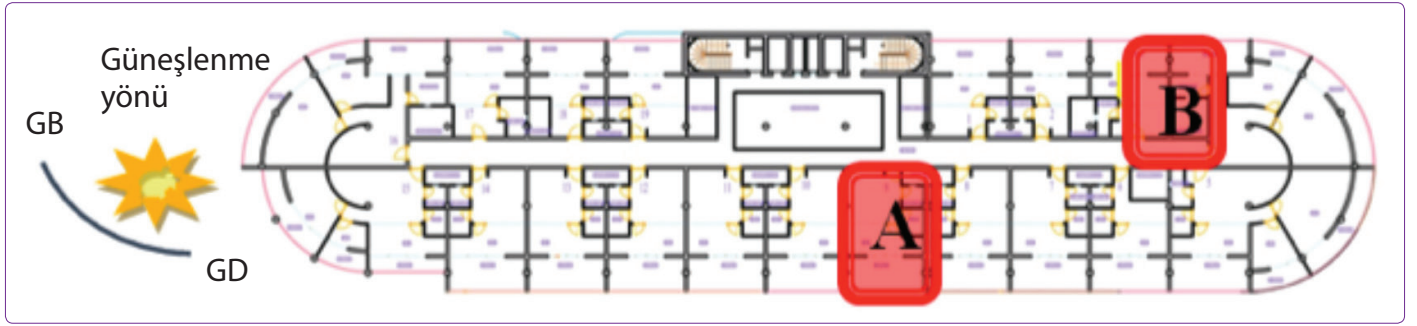
Şekil 2. Ulusoy Plaza vaziyet planı.²¹

²⁰ url 1. 2016.

²¹ Kraft Arşiv, 2015.



Şekil 3. Seçilen ofis yapısının modelleme ve güncel fotoğrafı.²²



Şekil 4. Seçilen ofislerin plan düzleminde konumları.

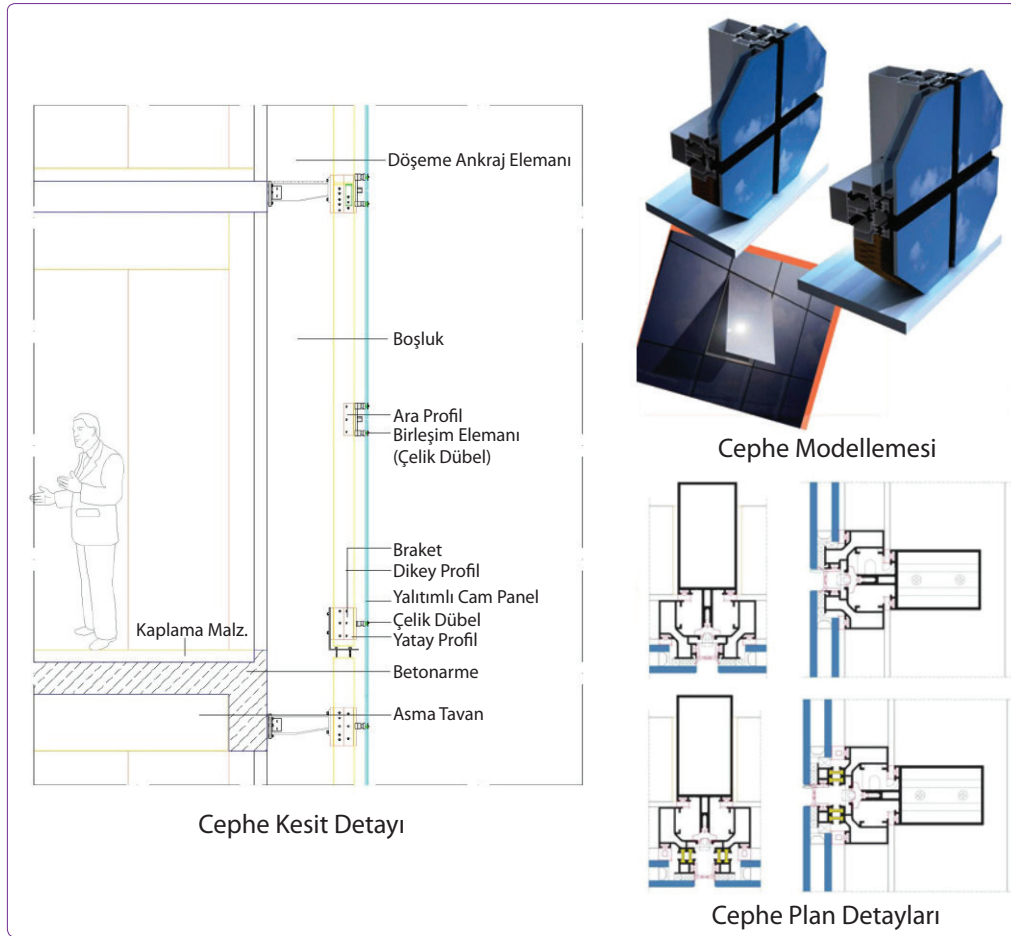
Tablo 1. Ofislerin genel özellikleri

Kriterler		A Ofisi	B Ofisi
Yönü	GD	KB	
Alan (m ²)	Duvar (m ²)	5,916x2,4=14,19 m ²	4,30x2,4=10,32 m ²
	Döşeme (m ²)	51,47 m ²	39,65 m ²
	Tavan (m ²)	51,47 m ²	39,65 m ²
	Kaplama malzemeleri	Duvar	Alçı siva + Duvar kağıdı
Hacim (m ³)	Döşeme	Laminant + Seramik	Laminant + Seramik
	Tavan	Taş yünü asma tavan	Taş yünü asma tavan
	Kat yüksekliği	3 m (60 A.T+240)	3 m (60 A.T+240)
	Taban alanı	51,47 m ²	39,65 m ²
Pencere alanları	Toplam hacim	123,528 m ³	95,16 m ³
	(3+2.7)x2.4=13,68 m ²	(2.8+2.8)x2.4=13,44 m ²	
Dış cephe alanı	5,80 x 2,4=13,92 m ²	5,80 x 2,4=13,92 m ²	
Kullanıcı sayısı	2-3	1-2	
Pencere alan/hacim	%11	%14	
Sigara kullanımı	Var	Yok	

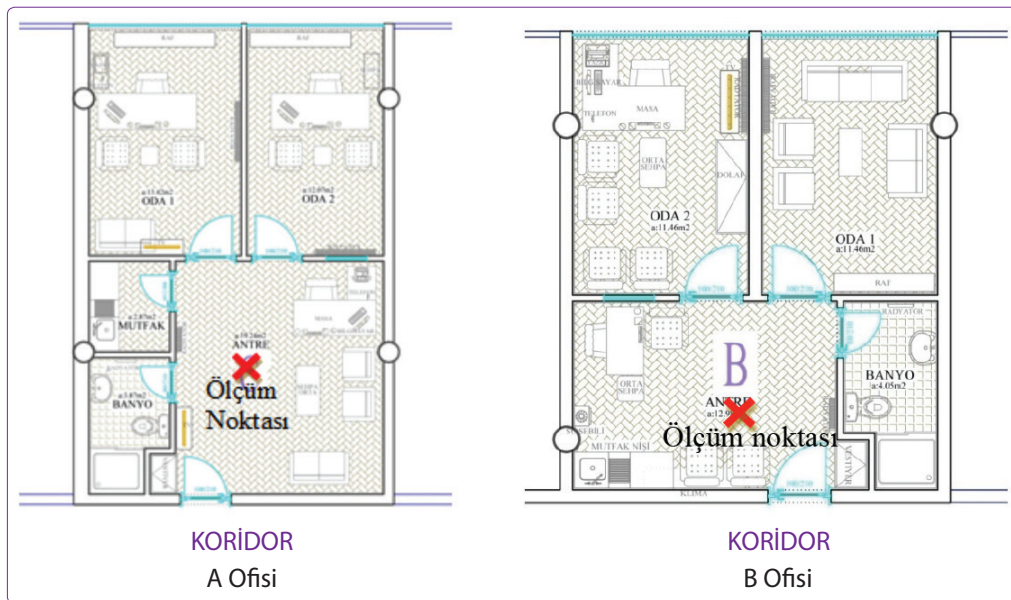
edilen bina kabuğuna ilişkin bilgiler ve sistem detayları Şekil 5'de verilmektedir.

Seçilen ofislerden A ofisi güneydoğu yönünde B ofisi kuzeybatı yönünde konumlanmıştır. Her iki ofis 2 oda, banyo, mutfak ve antreden oluşmaktadır. A ofisi yaklaşık 50 m² B ofisi ise 40 m²

²² Kraft Arşiv, 2015.



Şekil 5. Ofis yapısında uygulanan giydirme cephe detayı.



Şekil 6. Ofislere ait plan krokisi ve ölçüm noktaları.

alana sahiptir. Ofislerde; odalar ve antre lamine ahşap, mutfak ve banyo seramik döşeme kaplaması ile kaplıdır. Duvarlarda genellikle alçı sıva kullanılmış olup A ofisinde kısmen

duvar kâğıdı da mevcuttur. Tavan için; taş yünü asma tavan yapılmış ve aydınlatma armatürü olarak spot lambalar kullanılmıştır. Kullanıcı sayısı genelde 1-3 kişidir. Dikdörtgen

Tablo 2. ASHRAE Standart 55'e göre ısı konfor ve iç hava kalitesi sınır değerleri^{23,24,25}

Ashrae Standart 55	Kışın konfor aralığı	Yazın konfor aralığı
Sıcaklık	20°C ile 23,6°C arası	22,8 °C ile 26,1°C arası
Bağıl nem	%30-65 arası	%20-60 arası
CO ₂		1000 ppm
Hava akış hızı	<30 fpm (0,15 m/sn)	>50 fpm (0,25 m/sn)
PM		<75µg/m ³

Tablo 3. Dış ortama ait ortalama ısı parametreleri ve CO₂ ölçümleri

Ölçüm sayısı	Sıcaklık (°C)	CO ₂ (ppm)	Bağıl Nem (%)	Hava Akış Hızı (m/s)	Hava durumu
1 (23.12.2016)	19,72	696,6	40,68	0,648	Sisli
2 (25.12.2016)	23,62	531,8	42,3	0,078	Sisli
3 (04.01.2016)	15,88	604,2	32,84	0,314	Kar +Yağmur
4 (07.01.2016)	13,76	489,6	60,5	0,398	Yağışlı
5 (11.01.2016)	17,02	455	60,82	0,118	Bulutlu
6 (14.01.2016)	26,1	416,2	36,2	0,374	Bulutlu
7 (18.01.2016)	10,76	386	38,24	0,68	Karlı
8 (21.01.2016)	29,7	766,4	21	0,384	Hafif Karlı

planlı ofislerin sadece bir kenarı dış cepheyi oluşturmaktadır. Bu cepheyi oluşturan dış duvarlarda da silikonlu cam giydirmeye cephe uygulanmış olup Şekil 5 ile bilgi sağlanmaktadır. 2 ofis de eşit dış cephe alanına sahiptir. Kapalı alanlarda sigara kullanımı 4207 sayılı kanun ile yasaklanmış olmasına rağmen bireysel kullanıma sahip işletmelerin birçoğunda bu yasaya aykırı davranışlar söz konusu olabilmektedir. Çalışma kapsamında incelenen ofislerden A ofisinde de pencereler açık durumda sigara kullanılmaktadır. Ofislere ait plan krokileri ve ölçüm aletinin konumu Şekil 6'da gösterilmektedir.

Çalışma kapsamında ölçümler; 2015 Aralık-2016 Ocak aylarında benzer alan ve özelliklere sahip 2 farklı ofiste ve her ofis için 8 ölçüm olarak düzenlenmiştir. Çalışma saatleri baz alınarak 9.00-17.00 saatleri arasında ölçümler yapılmış ve her ofis için her saat aralığında bir ölçüm olacak şekilde düzenlenmiştir. Ölçümlere ait ortalama değerler ve ölçümlerin alındığı tarihler Tablo 2'de verilmektedir.

Ayrıca ölçüm alınan her gün için dış ortam koşullarında da ölçümler alınmıştır. Ölçümlerde; sıcaklık, bağıl nem, CO₂, radyan sıcaklık, hava akış hızı, PMV-PPD memnuniyet oranı ve farklı boyutlarda partikül madde miktarı incelenmiştir. PMV-PPD modeli öncelikle çok sayıda insandan oluşan bir grubun ısı duyarlılığını tahmin etmek için tasarlanmış olsa da bu çalışma kapsamındaki az sayıda kullanıcının memnuniyeti ile ortam sıcaklığını karşılaştırabilmek için PMV-PPD ölçümleri yapılmıştır.

İç hava kalitesi ve ısı konfor ölçümleri Testo 480 model çok fonksiyonlu cihaz ve partikül madde ölçümleri ise TSI Dusttrack 8532 model cihazı kullanılarak alınmıştır.

Isı konfor parametreleri, memnuniyet durumu ve partikül madde konsantrasyonları ölçülerek, tablo ve grafikler yardımıyla karşılaştırılmıştır. Testo ve TrackPro arayüzleri kullanılarak elde edilen veriler Microsoft Excel programı ile oluşturulan grafiklerle ifade edilmiştir. Ayrıca alınan ölçümlerde; sıcaklık, hava hızı, nem, ışınım sıcaklığı gibi ısı konfor parametrelerinin etkileri ayrı ayrı değerlendirilmiş, her birinin önemine dikkat çekilmiştir. Ölçüm sonuçları ASHRAE 55 standardındaki limit değerler ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir (Tablo 2).

Dış Ölçümler

Dış ortam ölçümleri, 5 dakika süre ile dakikada bir ölçüm olmak üzere alınmıştır. Ölçüm sonucu elde edilen sayısal değerler Tablo 3'de yer almaktadır.

Genellikle sabah saatlerinde alınan dış ortam ölçümlerinde meydana gelen sıcaklık değişimlerinde; dış hava koşulları ve güneşin gün içindeki geliş açısının etkili olduğu söylenebilmektedir. Dış ortamda ölçülen değerlere bakıldığında sıcaklığın 10,76°C ile 29,7°C arasında değiştiği, bağıl nem değerinin % 21 ile % 61 arasında seyrettiği ve hava akış hızının 0,078 ile 0,648 m/sn CO₂ değerlerinin ise 386 ile 697 ppm olarak değiştiği görülmektedir.

A Ofisi Ölçümleri

A ofisi için ortam sıcaklığı 20-24°C arasında değişmek-

²³ Atmaca, 2009, s. 545. ²⁴ Yurtseven, 2007, s. 23. ²⁵ Kurutaş, 2009, s. 23.

tedir. Ölçülen sıcaklık değerleri, genellikle üst limite yakın olup hatta birkaç ölçümde üst limiti aşmaktadır. A ofisi için bağıl nem aralığı; %25-55 arasında değişmektedir. Bağıl nem, genellikle alt limite yakın olmakla beraber, alt limitin altına düştüğü de görülmektedir. Hava akış hızı aralığı; 0,08-0,10 m/sn arasında, standartta belirtilen maksimum sınır değeri olan 0,15 m/sn'yi geçmemekte olup konfor şartları açısından uygundur. A ofisindeki CO₂; 500-1250 ppm arasında değişmektedir. Ölçümler, genellikle maksimum değere yakın olmakla beraber 4. ve 7. ölçümlerde maksimum değeri de aşmaktadır. Bu ani yükselişin sebebi, ofisteki sigara kullanımınıdır. Odada pencere açık halde içilmesine rağmen; ofisin küçük oluşu, yoğun sigara kullanımı ve yetersiz havalandırmadan dolayı maksimum seviyeyi aşmaktadır. 2. ve 8. ölçümlerde ise ölçüme başlamadan önce havalandırılma yapılmıştır (Şekil 7). Ölçümler sırasında pencereler kapalı durumda olup bu esnada sigara kullanımı söz konusu değildir. Kapalı alanlarda tütün kullanımı yasak olmasına rağmen ofis içinde sigara kullanımı sırasında pencere açık durumda tutulmaktadır.

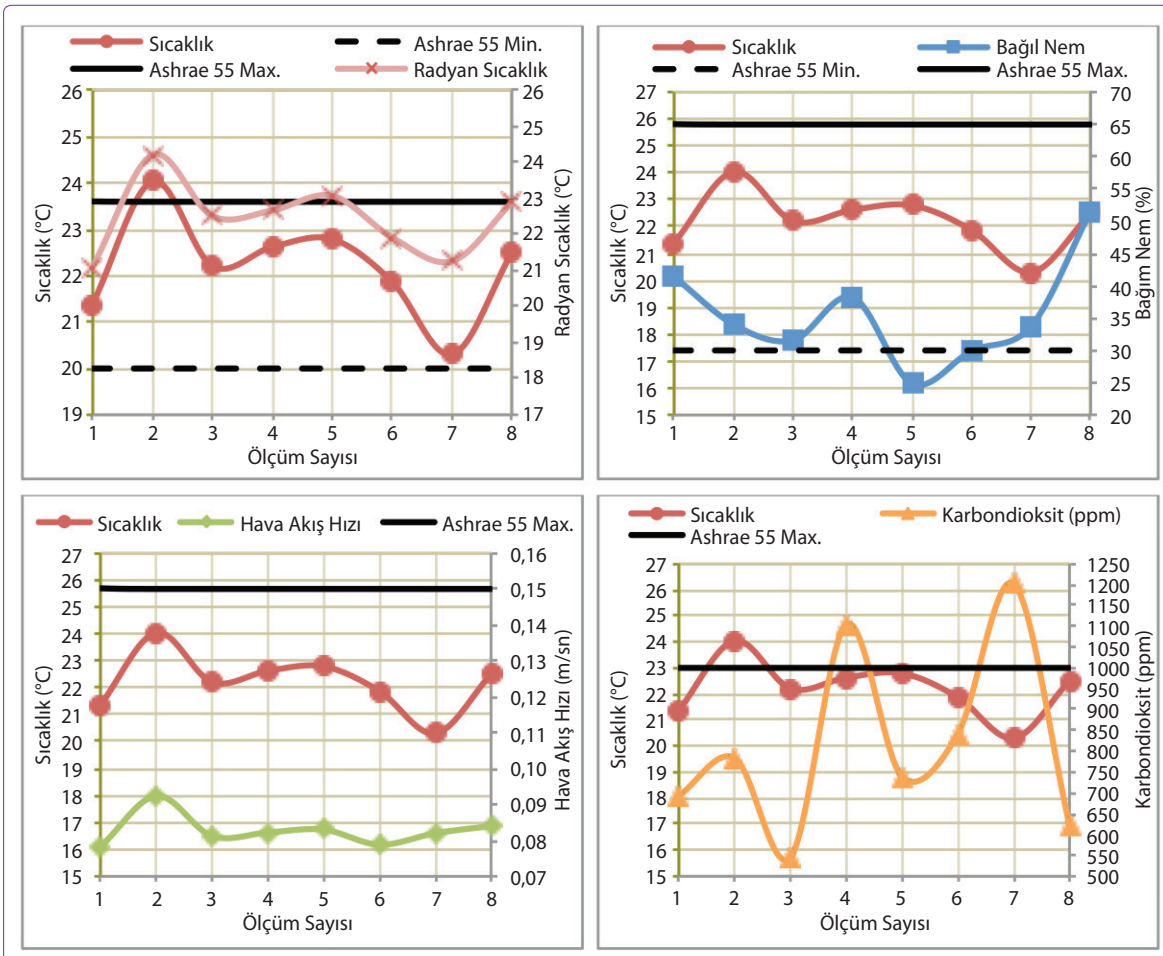
A ofisindeki PMV aralığı; -1 ile +1 arasındadır. PMV ölçeğinde bu aralıklar; hafif serin, nötr ve hafif ılık olarak ni-

telendirilmektedir. Genel anlamda durağan seyreden PMV değişimi konfor aralığındadır. Sıcaklık ve PMV değerleri benzer eğriler oluşturmakta, sıcaklık artışı ile PMV ölçeği de artmaktadır. A ofisinde PPD aralığı; %5-16 arasında olmaktadır. Genellikle alt limite yakın olmakla beraber 7. ölçümde ani bir değişiklik meydana gelmiştir. Dış hava koşullarının karlı ve sıcaklıklarının düşük olmasının memnuniyetsizlik yüzdesini etkilediği söylenebilmektedir (Şekil 8).

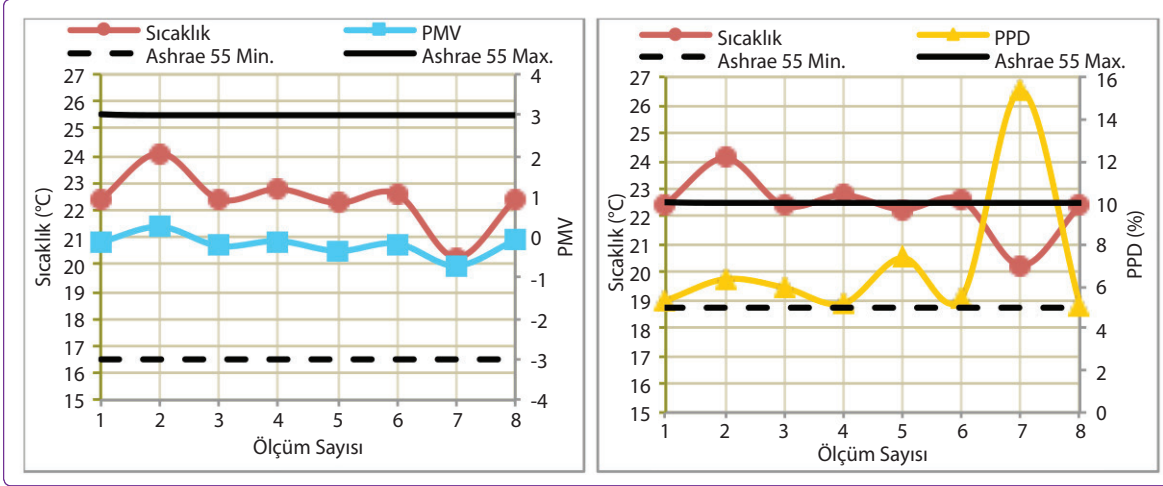
B Ofisi Ölçümleri

B ofisinin sıcaklığı; 17-25 °C arasında olup, ASHRAE 55 standardının belirlemiş olduğu minimum ve maksimum değerleri genellikle aşmaktadır. B ofisi ile A ofis arasında %20 alan farkı oluşu, Kuzeybatı yönünde konumlanması, daha az mobilya ve elektronik cihaz bulunması ve sık kullanılmayan mekânların ısıtılmaması gibi etkenlerden dolayı sıcaklık eğrisi değişken özelliktedir. Isıl konfor açısından olumsuz bir durum söz konusudur. Ayrıca A ofisinin aksine B ofisinde ortam sıcaklığı; yüzeylerden yansıyarak gelen radyan sıcaklıktan daha yüksek çıkmaktadır (Şekil 9).

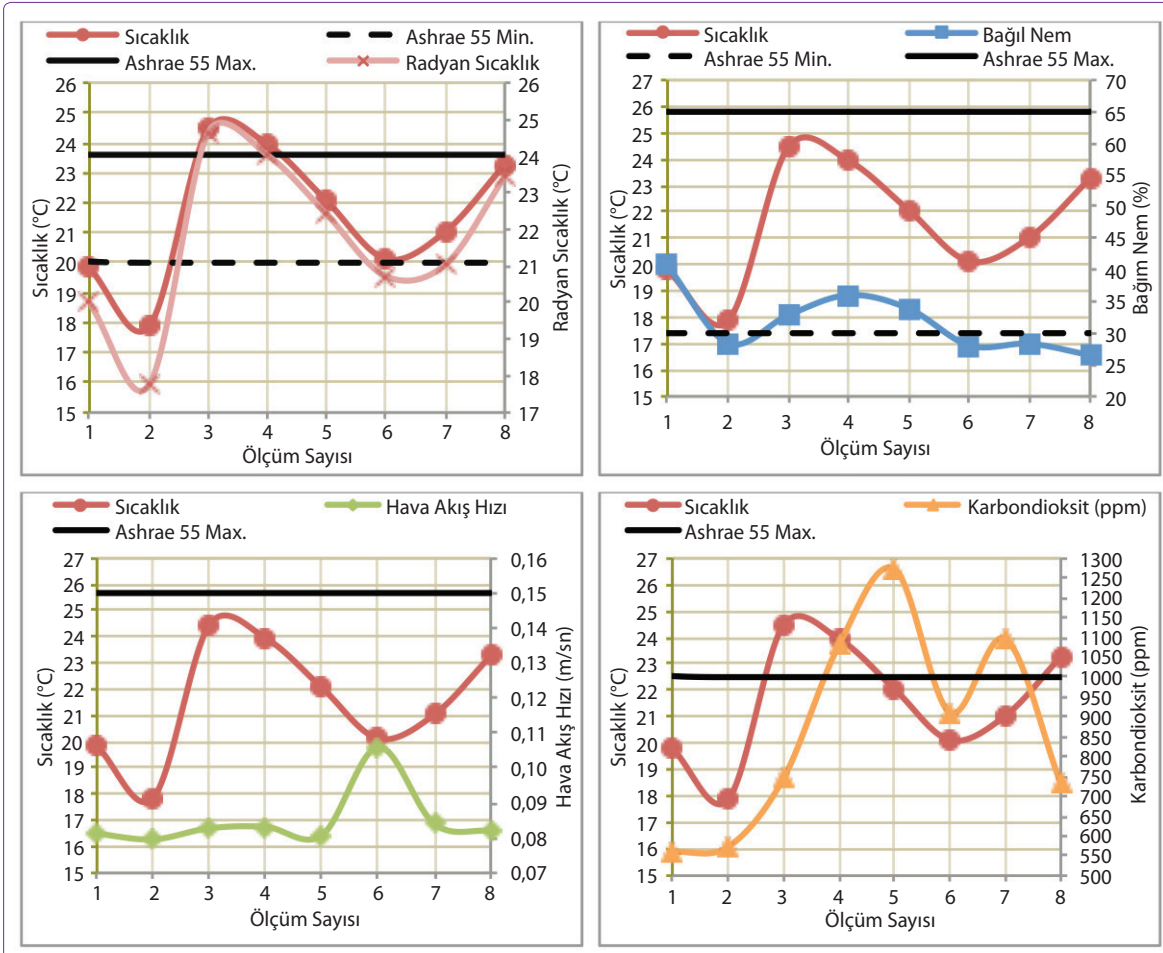
B ofisine ait bağıl nem aralığı; %25-45 arasında olduğu görülmektedir. Bağıl nem değerleri, alt limit değere yakın



Şekil 7. A ofisi ortalama ısıl konfor ve CO₂ değerlerine ait grafikler.



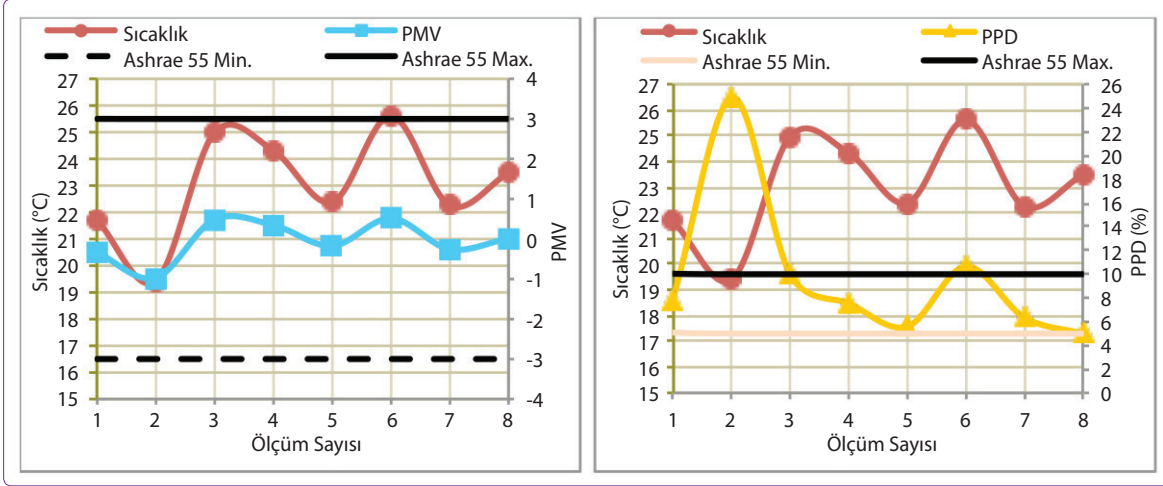
Şekil 8. A ofisi ortalama PMV-PPD grafikleri.



Şekil 9. B ofisinden elde edilen ortalama ısıl konfor ve CO₂ değerlerine ait grafikler.

olmakla beraber alınan ölçümlerin yarısında alt limit değerinin de altına düşmektedir. Ayrıca çalışanlar; düşük sıcaklık ve bağıl nemden şikâyetçi olduklarını belirtmekte, ofisteki sıcaklığın pay ölçerde ayarlanan değerlere çıkılmadığını ve cam yüzeylerdeki ısı kaybından dolayı gerekli

ısının sağlanamadığını açıklamaktadırlar. Hatta dış cephede uygulanan alüminyum doğramalı silikonlu cam giydirmeye cepheden zaman zaman içeriye su sızıntısı olduğu ve soğuk günlerde içeriye giren suyun buz tuttuğu da belirtilmektedir (Şekil 9).



Şekil 10. B ofisi ortalama PMV-PPD grafikleri.

B ofisi için hava akış hızı; 0,08-0,11 m/sn aralığında olmakla beraber standartta belirtilen sınır değerler içerisinde olup konfor şartlarına uygundur.

CO₂ aralığı; 500-1300 ppm arasında değişmektedir. Standartta belirtilen üst limite yakın olup, bazı ölçümlerde üst limiti de aştığı görülmektedir. Sigara içilmeyen bu ofiste CO₂ miktarının fazla çıkması, yetersiz havalandırmadan kaynaklı olduğu söylenebilir (Şekil 9).

B ofisinde -1 ile +1 arasında değişen PMV; konfor açısından uygun veya tolere edilebilir bir ortamdır. PPD yüzdesi, % 4-26 aralığında limit değerlere yakın olmakla beraber bazı noktalarda limit değeri aşmaktadır (Şekil 10).

Değerlendirme

Tablo 4'de 2 farklı ofis ve dış ortamdaki ısı konfor parametreleri ve ısı duyumu ölçümleri sonuçları verilmektedir.

Tablo 4. Alınan ortalama ısı konfor ve ısı duyumu ölçüm sonuçları

Ölçüm	1	2	3	4	5	6	7	8
	(23.12.2015)	(25.12.2015)	(04.01.2016)	(07.01.2016)	(11.01.2016)	(14.01.2016)	(18.01.2016)	(21.01.2016)
Sıcaklık (°C)								
A	22,63	24,04	20,3	21,35	22,49	22,21	21,87	22,79
B	22,06	23,94	20,12	24,46	19,85	21,04	17,87	23,27
Dış	19,72	23,62	15,88	13,76	17,02	26,1	10,76	29,7
Bağıl Nem (%)								
A	38,24	34,01	33,76	41,56	51,58	31,57	29,93	24,88
B	33,86	36,02	28,05	32,85	40,77	28,33	28,42	26,52
Dış	40,68	42,3	32,84	60,5	60,82	36,2	38,24	21
CO ₂ (ppm)								
A	1104,22	783,74	1201,36	692,56	623,74	546,06	841,54	738,74
B	1272,66	1080,02	910,74	744,32	560,6	1096,1	572,14	731,64
Dış	696,6	531,8	604,2	489,6	455	416,2	386	766,4
Hava Akış Hızı (m/sn)								
A	0,082	0,092	0,082	0,078	0,084	0,081	0,079	0,083
B	0,081	0,083	0,106	0,083	0,081	0,084	0,079	0,082
Dış	0,648	0,078	0,314	0,398	0,118	0,374	0,68	0,384
PMV (Calc)								
A	-0,092	0,256	-0,7	-0,124	-0,07	-0,216	-0,154	-0,338
B	-0,174	0,346	0,516	0,486	-0,354	-0,256	-0,97	0,014
PPD (%)								
A	5,2	6,36	15,34	5,3	5,12	5,96	5,5	7,38
B	5,6	7,54	10,66	9,94	7,72	6,36	24,88	5

Aynı gün alınan ölçüm verileri incelenerek birbiri ile kıyaslandığında çoğunlukla A ofisinde ölçülen sıcaklık değerlerinin B ofisinden daha yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Aynı zamanda A ofisi sıcaklık eğrisi daha durağan seyrederken B ofisine ait sıcaklık eğrisi genellikle değişken durumdadır. A ofisinden %3 daha fazla pencere yüzey alanı/hacim oranına sahip B ofisi; Kuzeybatı yönde oluşu, ısıtılmayan mekânların bulunması, kişi sayısının az olması ve Şekil 5’de detaylandırılan yapının dış cephesinde uygulanan giydirme cephe sisteminden kaynaklanan su ve hava sızdırmazlığı problemlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 11).

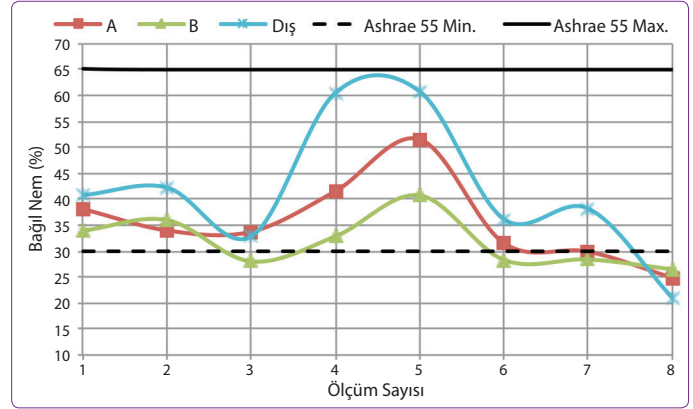
Beklendiği üzere dış ortamın bağıl nem değerleri 3. ölçüm dışında çoğunlukla ofislerden yüksek çıkmıştır. 3. ölçüm esnasında kar yağışının bu etkiye sebep olabileceği düşünülmektedir. Genel anlamda ofisler için de benzer eğriler oluştuğu ve değerlerin %25-50 arasında değiştiği görülmektedir. A ofisi B ofisine göre daha yüksek bağıl nem oranına sahiptir. Her iki ofiste de, ısı konfor açısından bağıl nem değerleri alt sınır değere çok yakın ve çoğunlukla altında seyretmektedir. Bu kadar düşük nemin çalışanlar üzerinde olumsuz etkisi dikkate alınarak etkin bir doğal havalandırmanın sağlanması ve gerekirse hava nemlendirici cihazlarla ek tedbirler alınması gerekmektedir (Şekil 12).

Dış ölçümlerde karbondioksit seviyesi ort. 550 ppm civarında olup en fazla 750 ppm’lere çıkmıştır. A ofisi için 3. günde ve B ofisi için 6. günde meydana gelen artış, havalandırmanın yapılmamasından kaynaklanmaktadır. A ofisi sigara içilen bir ofis olduğu için sonuçlar limit değere yakın olmakla beraber bazı ölçümlerde limit değeri aşmaktadır. B ofisinde ise A ofisine göre daha değişken ve yüksek değerler söz konusudur (Şekil 13).

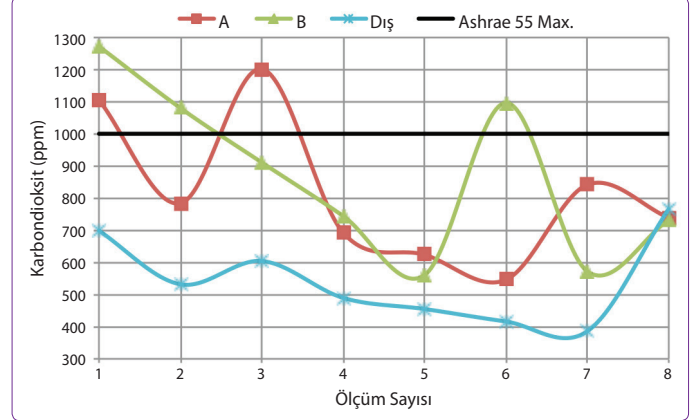
Şekil 14’de ofislere ait hava akış hızı verileri grafik yardımı ile gösterilmektedir. A ofisi ölçümler esnasında durağan bir eğri oluşturmakta olup B ofisi 3. ölçümde bir yükseliş göstermekle beraber bunun dışındaki ölçümlerde ise durağan bir eğride seyretmektedir. B ofisinde 3. gün meydana gelen artış için bir etki tespit edilememiş olup, ölçüm esna-

sında ofisteki kullanıcıların etkinlik durumlarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

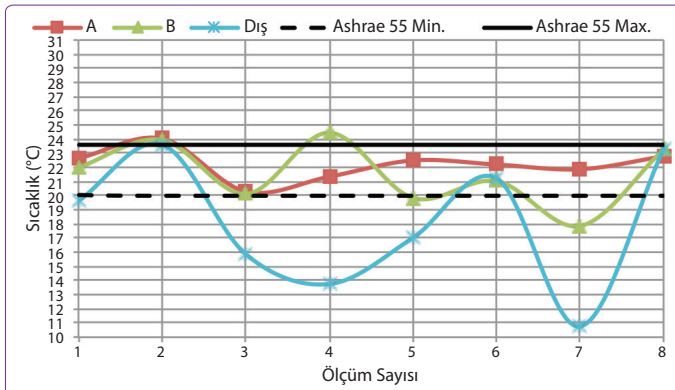
Ofisler arasındaki PMV ölçüğü incelendiğinde; A ofisi çoğunlukla nötre yakındır. B ofisinin, A ofisine oranla daha düşük sıcaklıklara sahip olması ile PMV değerlerinin genellikle -1’e yani hafif soğuğa daha yakın çıkması birbiriyle ilişkilidir (Şekil 15). Bilindiği üzere bir ortamdaki kullanıcıların ortam koşullarından memnun olamama durumu % 5 iken A ofisinde bazı ölçümlerde bu oran %5’in altında olduğu görülmektedir. B ofisinde izin verilen maksimum değere daha



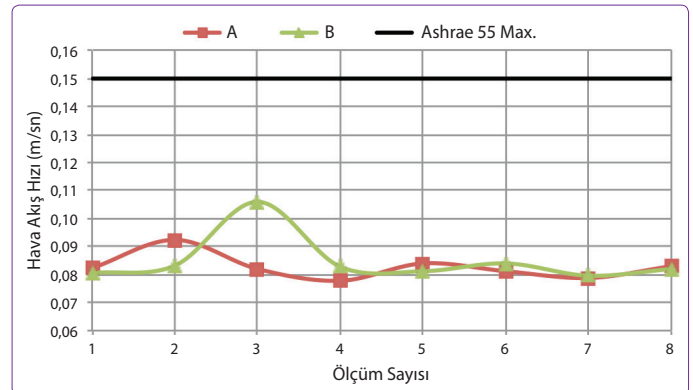
Şekil 12. Ofisler ve dış ortamda alınan ortalama bağıl nem verileri.



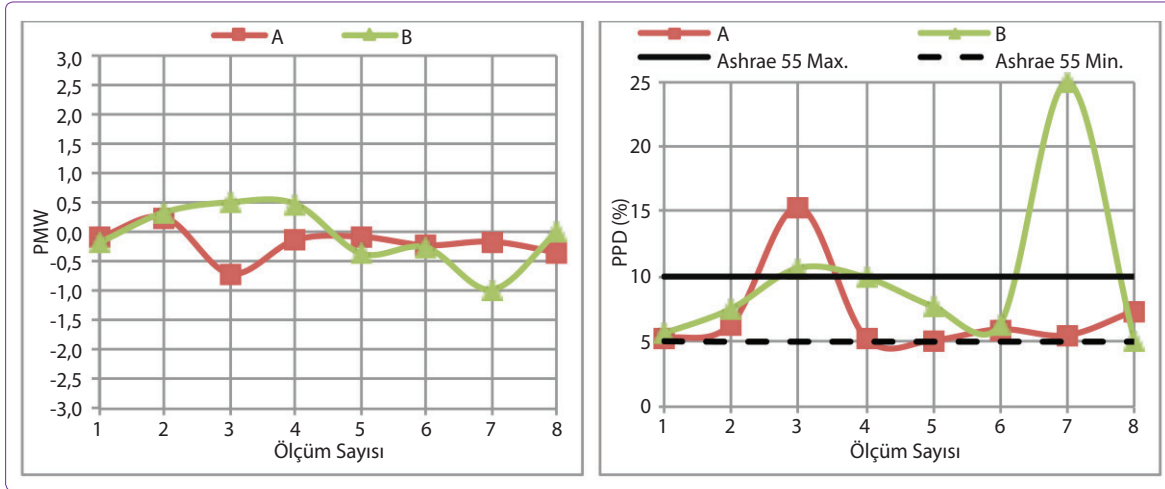
Şekil 13. Ofisler ve dış ortamdaki alınan ortalama CO₂ verileri.



Şekil 11. Ofisler ve dış ortamda alınan ortalama sıcaklık verileri.



Şekil 14. Ofisler ve dış ortamda alınan ortalama hava akış hızı verileri.



Şekil 15. Ofislerin ortalama PMV ve PPD değerleri ve karşılaştırılması.

yakın sonuçlar çıkmakta ve hatta bazı ölçümlerde sınırı da aşmaktadır. Özellikle 7. ölçümde bir yükseliş görülmekte ve memnuniyetsizlik yüzdesi %25'lere çıkmaktadır. B ofisinin 7. ölçümdeki ısı konfor parametreleri incelendiğinde PPD oranını artıracak bir etki bulunamamıştır (Şekil 15).

Ofisler ve dış ortamdan alınan farklı boyutlardaki partikül madde miktarları Tablo 5'de verilmektedir.

En yüksek toz parçacık miktarı A ofisinde çıkmıştır. Bu durum üzerinde B ofisine göre duvar kağıdı ile kaplı yüzeylerin bulunması, daha fazla mobilya ve elektronik cihaz donanımına sahip olması nedeniyle yüzeylerinde toz tutması, sigara kullanımı, küçük alana sahip oluşu ve soğuk havalarındaki yetersiz havalandırmanın etkisi olduğu düşünülmektedir. Özellikle 4., 5. ve 7. ölçümlerde meydana gelen yüksek artışa içilen sigaranın sebep olduğu bilinmektedir. A ofisinde kişi sayısının daha fazla oluşu, A ofisinin daha büyük alana sahip olmasına ek olarak B ofisinde sigara tüketiminin olmayışı ve genellikle sabah saatlerinde yapılan

havalandırma etkisiyle PM miktarı daha az çıkmaktadır. 7. ölçümde dış ortam PM miktarları iki ofisten de az çıkmıştır. Bunun sebebi olarak yağın kar yağışı gösterilebilmektedir (Şekil 16).

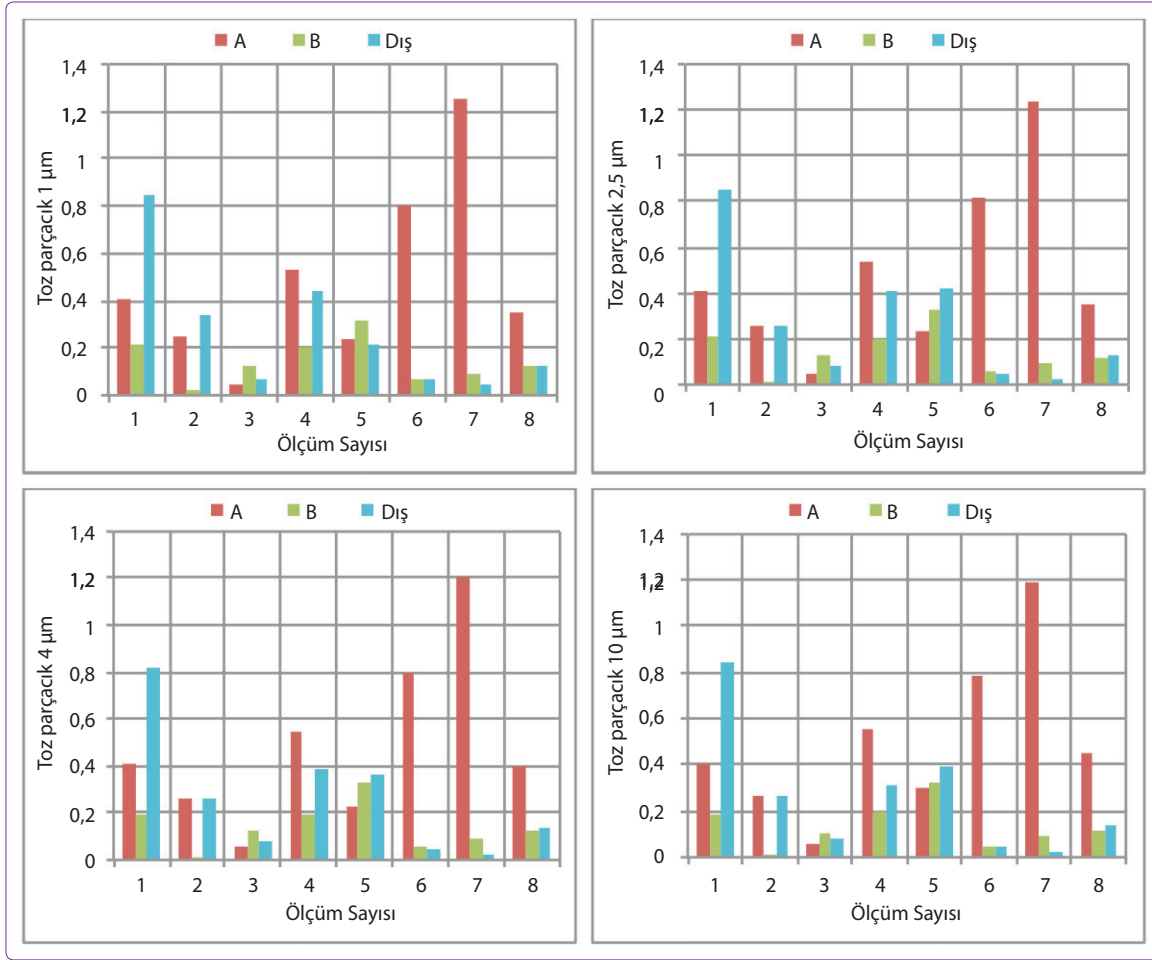
Ayrıca partikül madde çapı küçüldükçe sağlık üzerindeki olumsuz etkisinin artacağı düşünüldüğünde, ortamdaki PM miktarını azaltmak için gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir (Şekil 16).

Sonuç

Bir ofis yapısında iki farklı yönde konumlanan ofis birimlerinde ısı konfor ve iç hava kalitesini araştıran bu çalışma kapsamında ısıtma sezonunda yapılan ölçümlerle, sıcaklık, bağıl nem, hava akış hızı, CO₂ ve partikül madde miktarları belirlenmiştir. Isıl konfor açısından güneydoğu yönünde konumlanan A ofisi için ASHRAE tarafından önerilen sınır değerlerin içerisinde kaldığı ancak kuzeybatı yönündeki B ofisinde sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin alt sınıra çok ya-

Tablo 5. Alınan ortalama PM ölçüm sonuçları

Parçacık Boyutu	Ölçümler	1	2	3	4	5	6	7	8	Ortalama
1 µm	A	0,404	0,249	0,048	0,528	0,232	0,797	1,25	0,346	0,48
	B	0,214	0,017	0,124	0,202	0,317	0,073	0,088	0,127	0,15
	Dış	0,843	0,336	0,069	0,44	0,209	0,067	0,043	0,123	0,843
2,5 µm	A	0,408	0,259	0,051	0,54	0,233	0,812	1,23	0,351	0,49
	B	0,209	0,015	0,123	0,195	0,325	0,055	0,09	0,119	0,14
	Dış	0,851	0,259	0,079	0,405	0,423	0,049	0,024	0,133	0,851
4 µm	A	0,404	0,258	0,055	0,547	0,228	0,8	1,21	0,394	0,49
	B	0,198	0,016	0,127	0,195	0,326	0,054	0,091	0,122	0,14
	Dış	0,816	0,26	0,078	0,387	0,366	0,05	0,023	0,131	0,816
10 µm	A	0,402	0,262	0,056	0,55	0,304	0,786	1,19	0,453	0,50
	B	0,19	0,014	0,106	0,193	0,323	0,051	0,091	0,111	0,13
	Dış	0,848	0,266	0,086	0,309	0,392	0,051	0,023	0,139	0,848



Şekil 16. Ofislerden ve dış ortamdan alınan PM miktarlarının parçacık boyutuna göre kıyaslanması.

kın ve bazı ölçümlerde sınır değerinin altında kaldığı tespit edilmiştir. A ofisi B ofisinden yaklaşık %23 daha büyük bir hacme sahipken ısı kaybeden yüzey alanlarının eşit olması da bu durumu açıklamaktadır. Bu durum yapılan PMV-PPD memnuniyet oranlarında da görülmektedir. Bir ortamın geniş bir insan topluluğu tarafından konforlu olarak algılanıp algılanmadığını ifade eden PMV-PPD değeri bu çalışmadan sınırlı sayıda kullanıcı bulunan ortamlar için sadece cihaz ile ölçülerek değerlendirilmiştir. Ofislerin PMV değerleri; -1 ile +1 arasında değişmekte olup konfor açısından uygun veya tolere edilebilir bir ortamdır. B ofisi sahip olduğu olumsuz koşullardan dolayı en yüksek PPD yüzdesine sahip olmakta ve %26'lara çıkmaktadır. Çıkan sonuçlar kullanıcıların şikâyetlerini doğrular niteliktedir. Bu durum ısı konfor açısından yön faktörünün önemini de ortaya koymaktadır.

CO₂ miktarının ise kabul edilebilir değerin çoğunlukla altında ancak üst sınıra yakın değerlerde olduğu görülmüştür. A ofisindeki CO₂ değerlerinin çoğunlukla B ofisinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yapının mevcut konumu düşünüldüğünde sanayi bölgesine çok yakın konumda olduğu ve yakınında pek çok yapı bulunduğu için fosil yakıt tüketiminin sonucu ortaya çıkan mevcut kirlilikten de

etkilenmektedir. Ayrıca trafik yoğunluğu nedeniyle egzoz gazlarından çıkan kirleticilerin etkisi olabileceği de düşünülmektedir.

Partikül madde miktarları açısından A ofisindeki her durumda B ofisinden daha yüksek değerlere sahiptir. Bu durumda sigara kullanımı ve yetersiz havalandırmanın etkili olduğu söylenebilmektedir. B ofisinin ısı konforu açısından olumsuz koşullarına rağmen en az PM miktarına sahip olmasında; sigara kullanılmaması ve kişi sayısına bağlı olarak biyolojik kirliliğin az olması gibi etkenler daha olumlu sonuçlar ortaya çıkarmaktadır.

Isıl konfor parametreleri ve iç ortam havasının kullanıcı üzerindeki psikolojik ve fiziksel etkileri de göz ardı edilmemelidir. Çalışanların verimli olmasında ofis ortamının ergonomik, konfor koşullarına uygun olması ve yeterli oranda iklimlendirilmiş olmasının büyük etkisi vardır. Isıl konfor açısından tasarım aşamasında yön faktörünün dikkate alınması, farklı yöne bakan yüzeylerde şeffaf yüzey alanı/opak yüzey alanı oranlarının dikkate alınması gerekmektedir.

Enerji tüketimini azaltmak, ekonomik fayda sağlayabilmek, doğayla uyumlu olmak ve sağlık problemlerini en aza

indirebilmek için tasarım aşamasında yapıda ortaya çıkabilecek iç hava kirliliği kapsamındaki sorunların öngörülmesi ve bu doğrultuda mimari planlamada etkin bir şekilde yer alması gerekmektedir.

Yapının biçimi, yönelişi, konumu, hâkim rüzgâr-güneş yönü gibi doğal ve yapay çevre verileri iyi bir şekilde analiz edilerek bu doğrultuda mimari planlama, ürün seçimi, havalandırma vb kararların oluşturulmasında, yapıdaki iç hava kirliliğinin düşük düzeyde tutulması amaçlanmalıdır.

Yapıda doğal havalandırmanın etkin bir biçimde sağlanabilmesi için kapı ve pencere açıklıklarının yeterli ve doğru bir şekilde konumlandırılması önem kazanmaktadır. Ancak doğal havalandırmanın yetersiz olduğu durumlarda iklimlendirme cihazlarından yararlanılmalıdır. Özellikle kış sezonu dolayısıyla ortamların ısıtılması esnasında kuruyan havanın nem oranını artırmak için etkin bir havalandırmanın sağlanması ve gerekirse hava nemlendirici cihazlarla ek tedbirler alınması gerekmektedir.

Planlama aşamasında, içinde yakma sistemi (pişirme cihazları, soba)bulunduran hacimler (Mutfak, banyo) vb. mekânların kapı-pencere boyutları ve yeri uygun olmalıdır. Yanma sırasında ortaya çıkan hava kirleticileri dikkate alınmalıdır.

Sağlıksız ve kimyasal yapı malzemesi kullanımı azaltılmalı, özellikle bitirme malzemelerinin seçimine dikkat edilmeli, kurşun içeren boya ve asbestli yalıtım malzemelerinden kaçınılmalıdır. Duvar kâğıdı gibi yüzeylerinde toz tutma özelliği bulunan kaplama malzemelerinden uzak durulmalıdır. Yapı malzemelerindeki ürün bilgilerinin detaylandırılarak iç hava kirleticileri bağlamında içeriklerin düzenlenmesi ve bu konudaki yasal düzenlemelerin geliştirilmesi gerekmektedir. Sektörde yer alan mimar, mühendis vb. teknik kişilerin bu konu hakkında bilinçlendirilmesi de ayrıca önemlidir.

Yeterli havalandırma olmasına rağmen, yoğun mobilya ve elektronik eşya kullanımı sonucu bunların bünyelerinde tuttukları toz ve akarları etrafa yayacağı unutulmamalı ve periyodik temizlik işlemleri yapılmalıdır. Ofis gibi kapalı alanlarda sigara yasağına uyulmalıdır ve denetiminin düzenli bir şekilde yapılması gerekmektedir.

Sağlıkla ilgili problemleri minimuma indirmek için yapıların uluslararası ısı konfor standartlarına göre düzenlenip tasarlanması gerekmektedir. Yapı tasarımında mevcut standartlara uyulması, ısı konforu sağlayacak ve sorun teşkil edebilecek ısı ve nem sorunlarına çözüm getirecektir.

Elde edilen veriler değerlendirildiğinde güneşlenme yönünün ısı konfor ve iç ortam hava kalitesi üzerinde etkili olduğu ancak yapı kabuğu, kullanılan iklimlendirme cihazları, mevcut mobilya ve donanımlar, kişi sayısı, kullanıcı aktiviteleri vb. faktörlerin etkisinin çok daha fazla olduğu görülmektedir. Çalışanların sağlığında ve verimliliğinde

önemli etkileri olan ısı konfor ve iç hava kalitesinin önemi vurgulanmalı ve bu konuda farkındalığı arttıracak çalışmalar desteklenmelidir. Enerjiden tasarruf elde etmek, kişi sağlığını korumak ve çalışma verimini artırmak için toplum İHK hakkında bilgilendirilmelidir.

Kaynaklar

- Abdul-Wahab, S.A., En, S.C.F., Elkamel, A., Ahmadi, L., Yetilmesoy, K., (2015) "A Review Of Standards and Guidelines Set By International Bodies For The Parameters Of Indoor Air Quality", Atmospheric Pollution Research 6, p.751-767.
- ANSI/ASHRAE Standard 62.1 (2013) "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality".
- Akman, A. (2005)."İnsan Sağlığı, Sağlıklı Yapı ve Yapı Biyolojisi", Yapı Dergisi, Sayı 279, s. 89.
- Atmaca, İ., Yiğit, A. (2009) "Isıl Konfor ile İlgili Mevcut Standartlar ve Konfor Parametrelerinin Çeşitli Modeller ile İncelenmesi", IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, s. 543-555.
- Azizpour, F., Moghimi, S., Mat, S., Lim, C., & Sopian, K. (2011, December). "Objective and subjective assessment of thermal comfort in hot-humid region" In Proceedings of 5th WSEAS International Conferences on Recent Researches in Chemistry, Biology, Environment and Culture, Montreux, Switzerland, p. 207-210.
- F. Bauman, T. Webster, Outlook for Underfloor Air Distribution, ASHRAE Journal, Volume: 43(6), pp. :18-27, June (2001).
- Bulut, H. (2008) "Isıtma Sezonunda Ofislerde İç Hava Kalitesinin Araştırılması", Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 105, s. 28-37.
- Hamdi, M., Lachiver, G., Michaud, F. (1999) "A New Predictive Thermal Sensation Index of Human Response", Energy and Buildings 29, Issue 2, p. 167-178.
- Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, (1986) Sayı:19269.
- Hess-Kosa, K. (2011) "Indoor Air Quality-The Latest Sampling and Analytical Methods" Taylor&Francis Group, LLC, New York, p.3-5.
- Ö. Kaynaklı, A. Yiğit. (2003) "İnsan Vücudu İçin Isı Dengesi ve Isıl Konfor Şartları", DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt No:5, Sayı 2, s. 9-17, Mayıs.
- Kraft Restorasyon, Dekorasyon Ltd. Şirketi Proje Arşivi
- Kurutaş, B. (2009) "Bir Metal Endüstrisindeki Çalışma Ortamlarının İç Hava Kalitesinin Belirlenmesi", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Michael, L. Chan, A.H.S. (2006) "Control and Management of Hospital Indoor Air Quality", Medical Science Monitor Journal, Volume:12(3), s.17-23.
- Nicol, J.F., Humphreys, M.A. (2002) "Adaptive Thermal Comfort and Sustainable Thermal Standards for Buildings", Energy and Buildings 34, p.563-572.
- Norhidayah, A., Chia-Kuang L., Azhar, M.K., Nurulwahida, S. (2013) "Indoor Air Quality and Sick Building Syndrome in Three Selected Buildings", Procedia Engineering, Volume 53, p. 93-98.
- Sekhar, S.C. (2016) "Thermal Comfort in Air-Conditioned Buildings in Hot and Humid Climates – Why Are We Not Getting it Right?", Indoor Air, Volume:26, Issue:1, p.138-152.
- Sun, Y., Wang, P., Zhang, Q., Ma H., Hou, J., Kong, X. (2015) "Indoor Air Pollution and Human Perception in Public Buildings in

Tianjin, China, Procedia Engineering Volume:121, p. 552-557.
Tan, C.C.L., Finney, K. N., Chen, Q. Russell, N.V., Sharifi, V. N., Swithenbank, J. (2012) "Experimental Investigation of Indoor Air Pollutants in Residential Buildings" Indoor and Built Environment Journal, p. 1-19.
Yurtseven, E. (2007) "İki Farklı Coğrafi Bölgedeki İlköğretim Okullarında İç Ortam Havasının İnsan Sağlığına Etkileri Yönünden Değerlendirilmesi", Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, İstanbul.

İnternet kaynakları

- url.1. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/office-building-occupants-guide-indoor-air-quality-printable-version> (Son Erişim Tarihi:16.3.2016).
url.2. <https://www.google.com.tr/maps/place/Ulusoy+Plaza/@41.6635949,26.5719708,142m/data=!3m1!1e3!4m3!1m7!3m6!1s0x14b32f88a753c5ef:0x9d817886760e45e8!2sUlusoy+Plaza!3b1!8m2!3d41.6636374!4d26.5722262!3m4!1s0x14b32f88a753c5ef:0x9d817886760e45e8!8m2!3d41.6636374!4d26.5722262?hl=tr> (Son Erişim Tarihi: 25.10.2016).