

# OKULLARDA HAVA KİRLİLİĞİ VE SAĞLIK ETKİLERİ

**Bahtiyar ÖZTÜRK**  
**Gülcan DÜZOVALI**

## ÖZET

Bu makalede okullardaki kapalı ortamların hava kalitesinin hangi faktörler tarafından etkilendiği, sebepleri ve bu ortamları kullananlarda oluşturabileceği muhtemel sağlık etkilerine değinmektedir. Okullardaki kapalı ortam hava kalitesini bozan tipik kirleticiler partikül madde, karbon dioksit, karbon monoksit, nem, sıcaklık, uçucu organik bileşikler ve alerjenlerdir. Samsun'da tabakalı örnekleme ile tespit edilmiş farklı bölgelerdeki beş ilköğretim okulunda Ocak-Haziran 2007 tarihleri arasında sınıflarda karbon dioksit, partikül madde (PM<sub>10</sub>), karbon monoksit, nem ve sıcaklık ölçümleri gerçekleştirilmiş ve söz konusu okulların iç hava kalitesinin bozulmasına genelde yetersiz havalandırma ve hijyenik şartlara uyulmamasının neden olduğu görülmüştür.

**Anaktar Kelimeler:** okul içi hava kalitesi, karbon dioksit, partikül madde.

## ABSTRACT

This article deals with indoor air quality in schools and factors affect it, causes and possible health effects on people whose use this environments. Typical pollutants contaminate indoor air quality in schools are particle materials, carbondioxide, carbon monoxide, moisture, temperature, volatile organic compounds and allergens. In Samsun, between January-June 2007, carbondioxide, particle matter (PM<sub>10</sub>), carbonmonoxide, moisture and temperature were measured in classrooms of five primary schools determined in different districts by stratified sampling, and it was observed that inadequate ventilation and disobeyed hygienic conditions cause contamination of indoor air quality in schools stated.

**Key Words:** Indoor air quality of schools, carbondioxide, particle matter.

## GİRİŞ

Kapalı ortam, insanlar tarafından yapılmış olan ve onları dış çevreden ayırarak, dış çevreye oranla daha uygun bir iç ortam meydana getirmek amacıyla yapılan yapıların tümüne denir. Kapalı ortam havası ise konutlar, ev, kamu binaları, okullar, oteller, tiyatro, sinema, kütüphane, hastane, alış-veriş merkezleri, taşıtlar ve bekleme odaları v.b. kapalı alan içindeki hava olarak tanımlanmaktadır [1]. Konutlarda ve endüstri dışı diğer yapılarda iç ortam havasında insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot oksitler (NO<sub>x</sub>), çeşitli mikroorganizmalar ve alerjenler gibi biyolojik, fiziksel ve kimyasal zararlı etkenlerin görülmesi "kapalı ortam hava kirliliği" olarak tanımlanır [2].

Günümüzde endüstrileşmiş ülkelerde nüfusun %85'inden fazlası kentlerde yerleşmiştir. Ülkemizde 2005 yılı nüfusunun %64.9'u kentlerde yaşamaktadır [2]. Kentte yaşayan insanlar ise zamanlarının %90'nından fazlasını kapalı ortamlarda geçirmektedir [3]. Özellikle kış aylarında bu ortamlarda

geçirilen zaman daha da artmaktadır. Kapalı ortamların hava kalitesi, içeride kullanılan eşyalardan, bina malzemelerinden, insan aktivitelerinden ve dışarıdan bina içerisine giren kirletici katı ve gaz gibi maddelerden kaynaklanmaktadır. Son yıllarda bina yapım teknolojisinde enerjinin korunması ve ısı yalıtımının sağlanması amacıyla oluşan gelişmeler binanın içi ile dışı arasında hava sirkülasyonunu engellediğinden bina iç ortamlarında zamanla artan bir hava kirliliği problemi doğurmuştur. İç ortamdaki kirleticilere karşı maruziyet, dış ortamdaki kirleticilere karşı maruziyetle karşılaştırıldığında sağlık açısından daha fazla risk taşımaktadır. Çünkü kişiler yaşamlarının büyük bir çoğunluğunu iç ortamda geçirmekte ve bazı kirleticilerin bina içi atmosferindeki konsantrasyonları çoğunlukla dış ortamdaki düzeyleri geçmektedir [4]. Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından yürütülen çalışmalar insanların kapalı alanlarda açık alanlara oranla 2-5 kat daha fazla zararlı bileşiklere maruz kaldığını göstermiştir [5]. Fakat, kapalı ortam hava kirliliği olumsuz etkileri genellikle uzun sürede ortaya çıktığından ve yaşamı ve sağlığı doğrudan ya da acil olarak tehdit etmediğinden çok fazla önemsenmemektedir.

Okullar yerel topluluklar ve tüm bir ulusun geneli için yaşamın merkezi konumundadır. Okullar öğrenci ve personelin sağlık, refah ve verimliliğini olumsuz yönde etkileyen çevresel sorunlara sahiptir. Bu sorunların başında okul içindeki kirli hava gelmektedir. Okul ve binalar içinde hava kalitesi problemleri birçok kaynaktan ortaya çıkmakta olup, bunlar arasında aşırı nem birikiminden kaynaklanan küf gelişimi; döşemeler ve malzemelerden yayılan uçucu organik kimyasallar, bakım ve eğitim araçlarının uygunsuz şekilde kullanılmaları ve depolanmalarından kaynaklanan kimyasal maddeler, planlanması ve bakımı uygunsuz şekilde yapılan havalandırma sistemleri ve aşırı kalabalıktan kaynaklanan temiz hava teminindeki yetersizlik, havalandırma sisteminin uygunsuz şekilde yerleştirilmesi ve planlanması nedeniyle dış ortamdan kirletici unsurların girmesi ve yüksek radon seviyeleri bulunmaktadır [6]. İç ortam hava kalitesi problemleri aynı zamanda yenileme çalışmaları esnasında yapı malzemelerinden asbest veya kurşun yayılmasından da kaynaklanabilmektedir.

Hem öğrenciler hem de okul personeli yetersiz iç ortam hava kalitesinin olumsuz etkilerinden zarar görebilir. Sınıftaki kimyasal toksinler ve biyolojik maddeler sağlıkla ilgili tehlikelerin ve olumsuz eğitim koşullarının ortaya çıkmasına yol açabilir. Bunlar birçok farklı vücut sistemlerini etkilemeleri yanında sağlık, öğrenme derecesi ve verimliliği de etkilemektedir. Etkiler geçici veya uzun süreli olabilir. Bu etkiler hafif rahatsızlık veren belirtilerden ciddi ve sürekli rahatsızlıkların ortaya çıkmasına kadar uzanabilmektedir.

Çocuklar hava kirliliğinin olumsuz etkilerine erişkinlere göre daha duyarlıdır. Çünkü alveollerin % 80'i postnatal olarak oluşur ve akciğerin tam gelişimi 6-8 yaşına dek devam eder. Çocukların dakikadaki solunum sayılarının daha hızlı olması ve fiziksel aktivitelerinin daha çok olması nedeniyle erişkinlere kıyasla daha fazla solunumsal toksik maddeyle karşılaşır. İç havada yüksek seviyede bulunan ajanların astım ataklarını tetiklemesi nedeniyle çocuklar arasında astım riski artar. EPA'nın verilerine göre okul çağındaki hemen hemen her onüç çocuktan birinde astım görülmekte ve bu oran okul öncesi çağıdaki çocuklarda diğer gruplara göre daha hızlı artış göstermektedir. Kronik astım okul devamsızlığının temel sebepleri arasındadır. Duman ve toz akarları okullarda astım tetikleyiciler arasında yer almaktadır [7-9]. Anaokulu ve ilköğretim okullarında çocuklar zamanlarının %60-80'ini iç ortamlarda (örn. bir okul günü) geçirmektedirler ve iç ortam kirleticilerine yüksek oranda maruz kalabilmektedirler. Üst ve alt solunum enfeksiyonları, az düzeyde solunum yolu kirleticileri bulunan ortamlarda yaşayan çocuklarda bile olasıdır. Ayrıca, çocuklar solunum sistemini etkileyen sigara dumanı, ısıtmada gaz kullanımı, nüfus yoğunluğu gibi diğer faktörlere karşı da duyarlıdırlar [10]. İç hava kirleticilerine maruz kalan öğrenci ve öğretmenlerde belli bir konuya odaklanma (konsantrasyon) kabiliyeti azalır, tüm öğrenme ve öğretme süreçleri zarar görür.

Bu çalışmada Samsun'da farklı semtlerde beş ayrı ilköğretim okulunda iç ortam hava kalitesinin hangi düzeyde olduğu 2007 yılının kış ve bahar aylarında ders saatlerinde ve ders aralarında sınıflarda sürekli olarak karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), karbon monoksit (CO), partikül madde (PM<sub>10</sub>), nem ve sıcaklık ölçümleri yapılarak tespit edilmeye çalışılmıştır.

## MATERYAL METOD

Bu çalışmada okul iç ortamında CO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, ısı ve nem parametreleri ölçülerek bu ortamların hava kalitesi tespit edilmeye çalışılmıştır. Okullarda bina içinde CO kaynağı olmamasına rağmen içeride ölçülecek CO değeri dışarıdan içeriye kirletici girdiğini göstereceğinden, CO indikatör bir parametre olarak seçilmiştir.

Okulların seçiminde, Samsun İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nün istatistiksel bilgilerinden yararlanılarak, yörelere göre okul mevcudu, dolayısıyla sınıf mevcudu yüksek olan okullar seçilmiştir. Ölçüm yapılacak olan okullar tabakalı örnekleme yöntemine göre belirlenmiştir. Samsun ili şehircilik açısından göz önüne alındığında, dört ayrı bölge ve bu bölgeleri temsil edebilecek nitelikte beş okul seçilmiştir. Üzerinde çalışılacak olan merkez bölgesinin, şehircilik açısından heterojen bir özellik göstermesinden dolayı, homojen olabilecek dört ayrı bölge belirlenmiştir. Böylece, her bölgenin gösterdiği farklılıkların incelenecek olan o bölgeye etkisi de ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu okullar aşağıda belirtilmiştir.

- Trafik ve sanayinin yoğun olduğu Canik Bölgesi'nde Fatih İlköğretim Okulu
- Şehir merkezinden uzak İlkadım Bölgesi'nde Mehmet Akif Ersoy İlköğretim Okulu
- Trafiğin yoğun olduğu Gazi Bölgesi'de 23 Nisan ve İstiklal İlköğretim Okulları
- Trafiğin seyrek ve sanayinin olmadığı Atakum Bölgesi'nde Denizevleri İlköğretim Okul

Ölçüm takvimi olarak Aralık-Mart arasını kapsayan kış ve Nisan-Mayıs arasını kapsayan bahar dönemleri seçilmiştir. Ölçümlerde sürekli aynı sınıflar referans alınmamış, farklı sınıflarda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçları ders esnasında her 5 dakikada bir kaydedilmiştir. Teneffüslerde de ölçüm yapılmaya devam edilmiştir. Ölçüm yapılan tüm okullarda sınıfların özellikleri, derslerde pencerenin veya kapının açılması, öğrenci aktarımı gibi iç ortam hava kalitesini etkileyecek fiziksel değişimler kaydedilmiştir.

Toz Ölçümü: PM<sub>10</sub> ölçümleri mobil infrared (IR) toz monitör cihazı (SPLIT2 Direct Reading Dust Monitör, SKC, USA) ile gerçek zamanlı olarak yapılmıştır. Bu cihaz içinde infra-red (IR) ışığının bulunduğu hazneye giren hava içindeki tozlar bu ışığı dağıtır. Dağılan ışık bir foto dijital üzerine düşer, buraya düşen ışık bir elektrik akımı oluşturur. Partikül konsantrasyonu oluşan elektrik akımıyla orantılıdır. IR toz monitörü, üretici firma tarafından 0.10–10 µm boyutundaki toza göre kalibre edilmiştir. Duyarlılık aralığı 10–20,000 µg/m<sup>3</sup> tür. Cihazın hassasiyeti ± 10 µg/m<sup>3</sup> tür.

Karbon monoksit Ölçümü: CO ölçümü TESTO (Testo 315–2 model, TESTO, Germany) marka mobil ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir. 0–2,000 ppm arasında ölçüm yapabilen aletin temel mekanizması bir CO sensöründen ibarettir. Cihazın hassasiyeti ± 1 ppm'dir.

Karbon dioksit, Sıcaklık ve Nem Ölçümleri: Karbondioksit, Sıcaklık ve Nem Ölçümleri TESTO (TESTO-435-2 model, TESTO, Germany) marka mobil ölçüm cihazı ile gerçek zamanlı olarak yapılmıştır. Sıcaklık sensörü vasıtasıyla sıcaklık ölçümü, nem sensörü ile nem değerini ve karbondioksit değeri okunmaktadır. Cihazın hassasiyeti CO<sub>2</sub> için ± 1 ppm, sıcaklık için ± 0.30 °C' Ölçümler yerden 1.00 m yukarıda, oturan kişinin solunum yaptığı seviyede, yan yüzeylerden 1.50 m ve ölçücünün vücudundan 50 cm uzaklıklarda gerçekleştirilmiştir.

Ölçüm Takvimi: Ölçümlere 2006 yılı Aralık ayında başlanılmış olup 2007 yılı Mayıs ayı sonuna kadar devam edilmiştir. Ölçüm yapılan okullara ait özet bilgiler Tablo 1' de verilmiştir.

**Tablo 1.** Ölçüm Yapılan Okullara Ait Bilgiler

İlköğretim okulunun adı	Ölçüm Tarihleri	Isınma Şekli	Ölçüm Yapılan Sınıf Sayısı	Sınıfların Öğrenci Sayısı	Sınıf Hacimleri (m <sup>3</sup> )
İstiklal	19.12.2006 14.05.2007	Kalorifer	18	31-40	108-134
Fatih	20.12.2006 16.05.2007	Soba	15	20-10	147
23 Nisan	21.12.2006 15.05.2007	Kalorifer	17	38-46	137
Denizevleri	25.12.2006 18.05.2007	Kalorifer	15	29-45	117
Mehmet Akif Ersoy	26.12.2006 17.05.2007	Kalorifer	14	20-43	90-117

## SONUÇ

Samsun'da dört ayrı bölgede beş ayrı ilköğretim okulunun sınıflarında ders esnasında ve ders aralarında CO, CO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, nem ve sıcaklık ölçümleri Aralık 2006-Şubat 2007 kış ayları ve Mart-Mayıs 2007 bahar aylarında yapılmıştır. Ayrıca okul içinde ölçüme başlamadan önce okulun hemen dışında da aynı değerler ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları kirletici konsantrasyonlarının ölçümün yapıldığı bölgeye, binaya, sınıflarda derslere ve mevsimlere göre değişiklikler gösterdiğini ortaya koymuştur.

Yapılan ölçümler göstermiştir ki sınıf içinde kirletici konsantrasyonları dersin türüne, süresine, ders esnasında kapı veya pencerenin açılıp açılmamasına, teneffüslerde sınıfın havalandırılıp havalandırılmamasına, ikili öğretim durumunda sabahçıların öğlencilere bıraktığı bakiye kirletici miktarına göre değişmektedir. Tablo 2'de kış aylarında sınıflarda alınmış olan ölçümleri okul dışında alınmış olan ölçüm değerleri ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

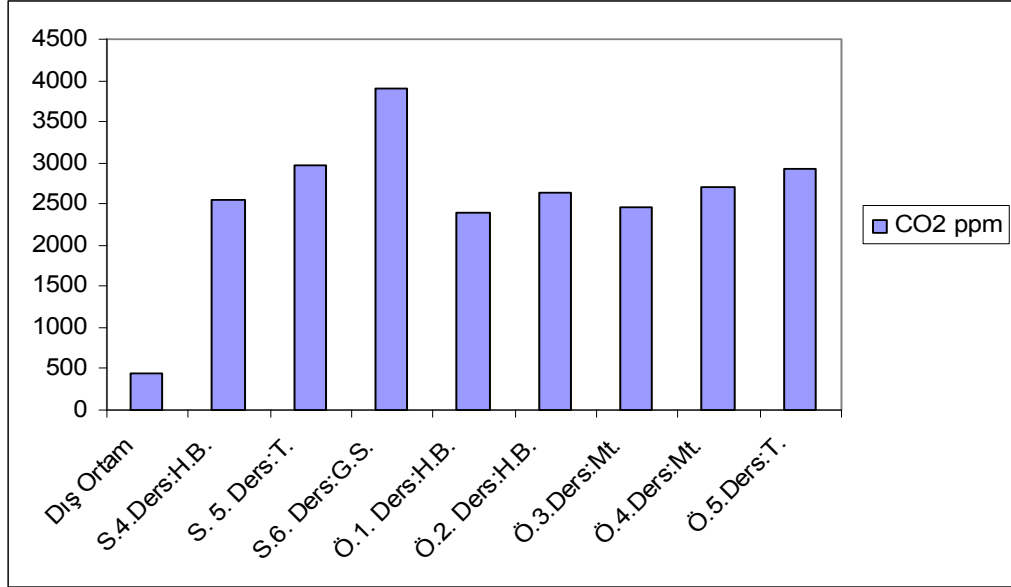
**Tablo 2.** Kış Dönemi Ölçüm Sonuçları Ortalaması.

İlköğretim Okulu	CO, ppm		CO <sub>2</sub> , ppm		PM <sub>10</sub> , µg/m <sup>3</sup>		Sıcaklık, °C		Nem, %	
	Dış	İç	Dış	İç	Dış	İç	Dış	İç	Dış	İç
İstiklal	2.7	1.5	504	2040	30	61.7	10.1	22.1	60.2	51.4
23 Nisan	2.6	1.4	470	1952	43.7	78.4	10.8	22.6	56.3	47.9
Fatih	4.0	3.3	463	1711	39	60	13.1	22.6	52.3	44.7
Mehmet Akif Ersoy	1.6	0.8	535	1411	20.6	70.7	11.6	23.2	43.0	42.5
Denizevleri	1.6	0.8	473	1527	25.6	76.8	12.3	20.8	39.6	40.6

Tablo 2'deki değerler farklı zamanlarda, farklı sınıflardan yapılan ölçümlerin ortalama değeridir. Yukarıda da belirtildiği üzere kirletici konsantrasyonlarının dersten derse ve zamanla değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Örneğin, 19.12.2006 tarihinde İstiklal İlköğretim Okulunda iç ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonu sabah grubunda 6. ders sonunda en yüksek 4407 ppm olarak ölçülmüş ve öğlenci öğrenciler derse girdiklerinde 2400 ppm lik bir CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ile derse başlanmıştır (Şekil 1). Aynı tarihte ve aynı sınıfta ölçülen CO, PM<sub>10</sub>, sıcaklık ve nem değerleri de Şekil 2'de görülmektedir. Şekil 2'de PM<sub>10</sub> değerinin matematik dersinde maksimum değere ulaştığı görülmektedir. Buna sınıfta tebeşirle yazılan tahta kullanılıyor olması ve matematik dersinde de tahtanın fazlaca yazılıp silinmesi neden olmuştur. Daha sonra görülebileceği gibi bahar döneminde teflon tahtalar kullanılmasıyla birlikte sınıfta ölçülen PM<sub>10</sub> değerinde azalma gözlemlenmiştir. PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun yüksek olarak kaydedildiği diğer bir ders de Beden Eğitimidir.

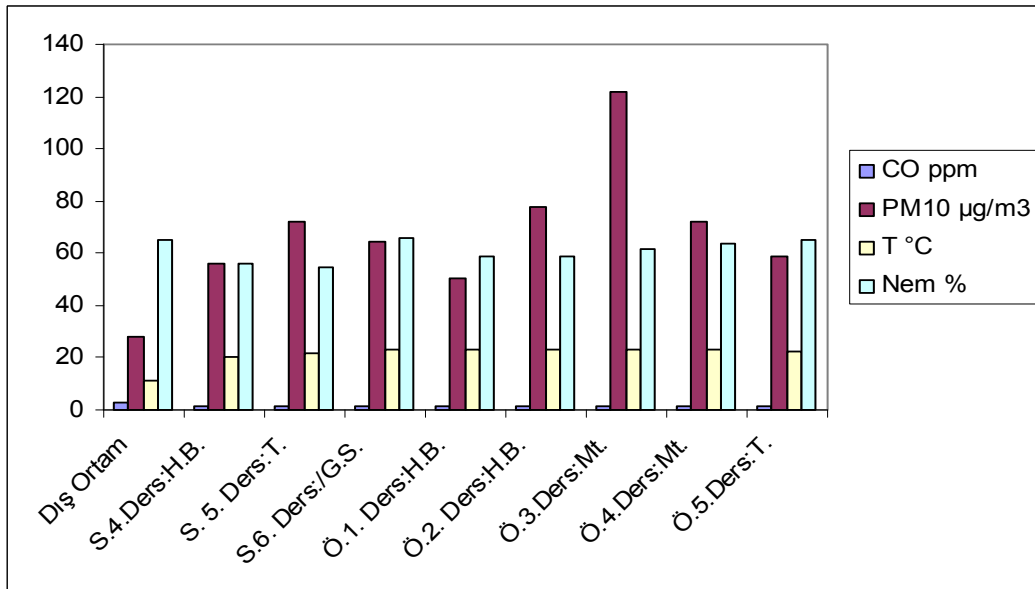
Seçilen bu okulların tamamında ikili eğitim yapılmaktadır ve sabahçı öğrencilerin sınıfı terk etmesinden yaklaşık 20 dakika sonra öğlenci öğrenciler sınıfa alınmaktadır. Hemen hemen incelenen okulların

tamamında geçen bu 20 dakikalık kısa süre içinde sınıftaki kirletici konsantrasyonunda çok fazla bir azalma gözlenmemiş ve sabahtan akşama kadar sürekli yapılan CO<sub>2</sub> ölçümlerinin sonucu açıkladığımız bu durumu özetlemektedir. Küçük oynamalar kısa süreli pencere açılmasından, teneffüslerden veya bazen de pencere ve kapı açılmasından kaynaklanmaktadır.

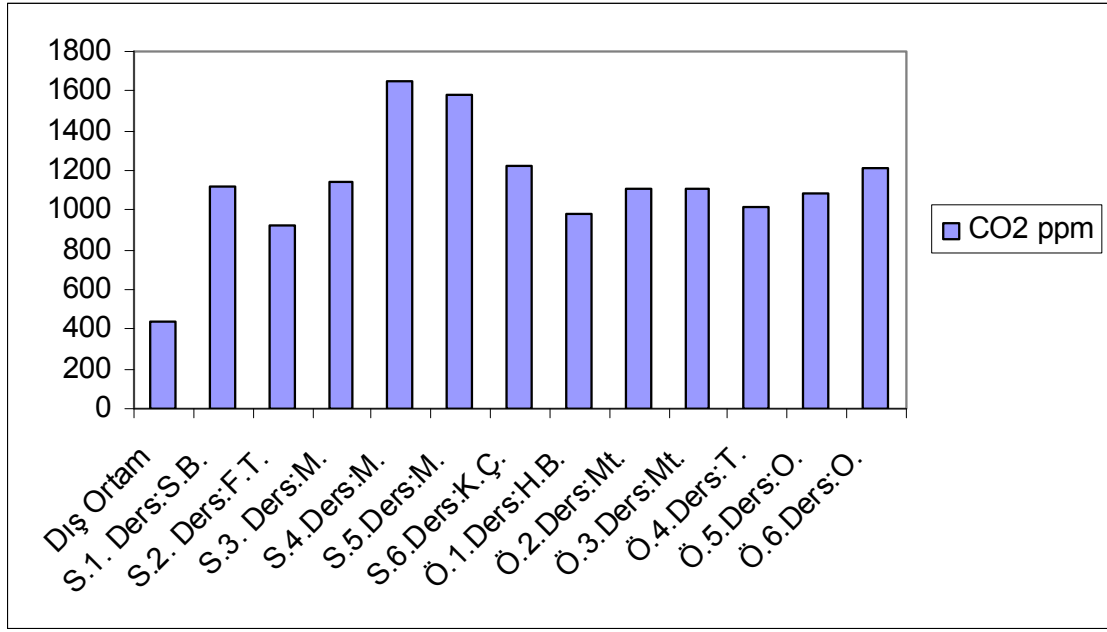


Şekil 1. İstiklal İ.O.'nun 19.12.2006 Tarihindeki CO<sub>2</sub> Ölçüm Sonuçları.

Öğrencilerin nefes alıp vermeleri ile sınıf ortamına yayılan nemin yüzdesinde artış beklenirken, tam tersi sınıflarda dış ortama göre nem miktarının daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni iç ortamda dışarıya göre daha yüksek sıcaklık değeri olmasıdır. Yüksek sıcaklık nemin yoğunlaşmasını engelleyecektir. Diğer okullarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 2. İstiklal İ.O.'nun 19.12.2006 Tarihindeki CO, PM<sub>10</sub>, Sıcaklık ve Nem Ölçüm Sonuçları.

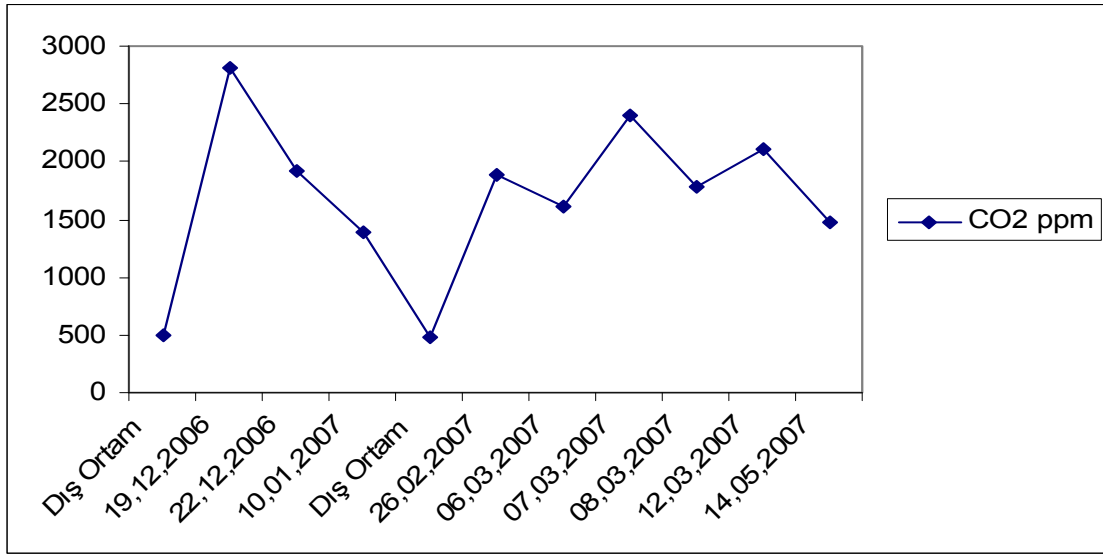


**Şekil 3.** Fatih İ.O.'nun 16.05.2007 Tarihindeki CO<sub>2</sub> Ölçüm Sonuçları.

Tablo 3'de bahar dönemine ait okullarda ölçülen kirletici konsantrasyonlarının ortalama değerleri görülmektedir. Baharla birlikte ısınan hava pencerelerin açılmasında etkili olduğundan karbon dioksit gibi kaynağı genellikle bina içindeki kişilere bağlı kirleticilerin konsantrasyonlarında kışa göre azalmalar tespit edilmiştir. Bahar aylarında sınıflarda ölçülen karbon monoksit konsantrasyonundaki azalma soba ve kaloriferlerin yakılmaması ve CO kaynağı olarak sadece taşıtların egzozu olmasından dolayıdır. Kış ve bahar aylarında sınıf içindeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun değişimine örnek olarak Şekil 4'de İstiklal İlköğretim Okulundaki durum ve CO konsantrasyonunun değişimine örnek olarak da Şekil 5'de 23 Nisan İlköğretim Okulundaki durum verilmiştir. Benzer grafikler diğer okullar için de elde edilmiştir. PM<sub>10</sub> için de elde benzer grafikler elde edilmiş, fakat sıcaklık ve dış ortamdaki nemin artması sınıf içindeki sıcaklığın bahar aylarında artmasına neden olmuştur.

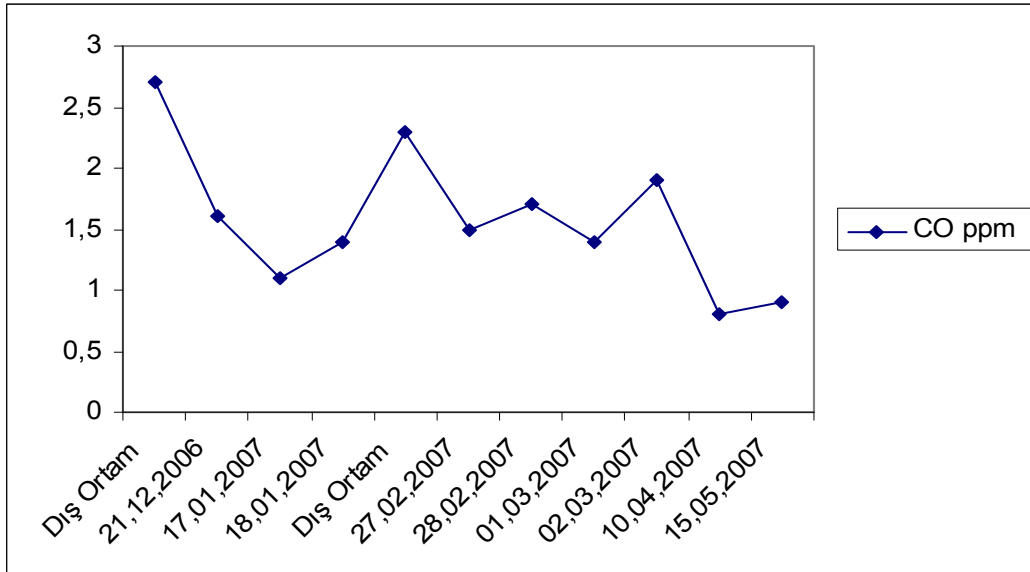
**Tablo 3.** Bahar Dönemi Ölçüm Sonuçları Ortalaması.

İlköğretim Okulu	CO, ppm		CO <sub>2</sub> , ppm		PM <sub>10</sub> , µg/m <sup>3</sup>		Sıcaklık, °C		Nem, %	
	Dış	İç	Dış	İç	Dış	İç	Dış	İç	Dış	İç
İstiklal	2.3	1.1	473	1873	28.7	43.9	10.4	22.1	43.2	52.9
23 Nisan	2.3	1.3	426	2392	32.7	68.6	15.4	23.1	50.7	58.6
Fatih	2.4	1.5	474	2058	38.8	51.0	13	20.2	47.8	58.9
Mehmet Akif Ersoy	1.2	0.5	443	2072	23.9	81.4	20.3	23.2	43.2	53.3
Denizevleri	1.2	0.4	418	1598	34.6	70.9	19.0	22.6	49.4	55.5

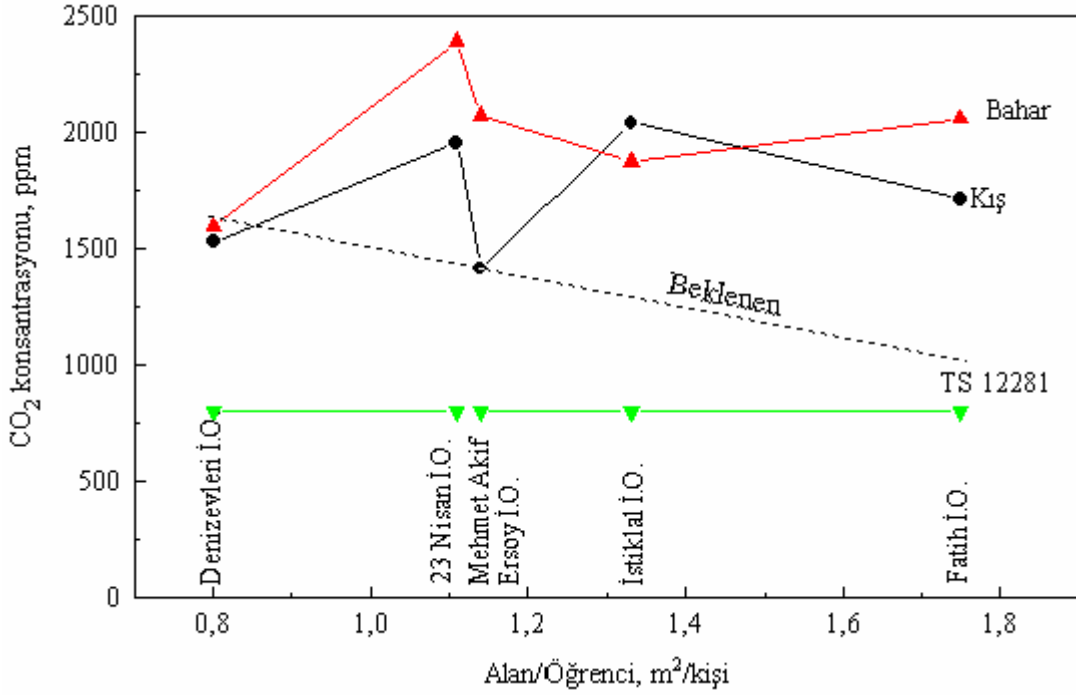


Şekil 4. İstiklal İ.O.'nun Kış ve Bahar Dönemi CO<sub>2</sub> Ölçüm Sonuçları Ortalaması.

Beklenenin aksine, ölçüm sonuçları sınıflarda tespit edilen kirletici konsantrasyonu ile öğrenci sayısı, sınıf hacmi ve kişi başına düşen alan arasında doğrusal bir ilişki olmadığını göstermiştir (Şekil 6). Bunun nedeni sınıflara kapı altından, pencere kenarından, çalışan veya çalışmayan aspiratörden taze hava girişlerinin olmasıdır. Bir sınıfın kapısı ve penceresi açılrsa bile havanın sirkülasyonu için koridorun bağlı olduğu dış kapının da açık olması gerekmektedir.



Şekil 5. 23 Nisan İ.O.'nun Kış ve Bahar Dönemi CO Ölçüm Sonuçları Ortalaması.



Şekil 7. Sınıflarda Kişi Başına Düşen Alan ile Ölçülen CO<sub>2</sub> Konsantrasyonu Arasındaki İlişki.

## SONUÇ

Samsun'da farklı bölgelerdeki okulların sınıflarında 2006 yılının Aralık ayından 2007 yılının Mayıs ayına kadar farklı zamanlarda yapılan CO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, nem ve sıcaklık ölçüm sonuçları Türk Standartları Enstitüsü ve Amerikan Isıtma Soğutma ve Klima Mühendisleri Birliği (ASHRAE) standartlarına göre değerlendirildiğinde şu sonuçlara varılabilir:

CO<sub>2</sub> konsantrasyonu standart 800 ppm değerinin oldukça üzerinde tespit edilmiştir. Sınıflara teneffüslerde bile yeterince taze hava sağlanamadığından CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun dersten derse artış gösterdiği belirlenmiştir.

Okullarda ölçülen CO konsantrasyonlarının 25 ppm olarak verilen standart değerinin altında olduğu görülmüştür.

PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun işlenen derse bağlı olarak zaman zaman 100 µg/m<sup>3</sup>'lük sınır değeri aşmış olduğu tespit edilmesine karşın ortalama olarak standart değerinin altında olduğu görülmüştür.

Nem için TS 12281'de bir standart değer belirtilmemiştir, fakat ASHRAE standartlarına göre ölçülen nem değerleri sınır değerler içindedir.

Tespit edilen sıcaklık değerleri ise TS 12281'de verilen 18–24 °C standart aralığı içindedir.

Çocuklar kötü hava kalitesine karşı hassas olduklarından sınıflardaki hava kalitesi özel bir önem taşımaktadır. Kapalı ortam hava kirliliği problemleri güç algılanabilmekte ve her zaman sağlık üzerinde kolayca teşhis edilebilir etkiler ortaya çıkarmamaktadır [11].

Her öğrenci ilköğretimden üniversiteyi bitirinceye kadar okul binaları içinde yaklaşık 20.000 saat hava teneffüs etmektedir. Bunu oran olarak ele aldığımızda yaşam süresinin en az %23'ünü kapsamaktadır. Sınıfların kalabalık olması, ikili öğretim nedeniyle teneffüslerin kısa tutulması, sınıfların teneffüs esnasında havalandırılmaması, tavan yüksekliklerinin yeterli olmayışı, mekanik havalandırmanın



bulunmayı, pencerelerin sızdırmaz oluşu, vb. nedenlerle sınıf ve okul ortamları aşırı kirlenmektedir. Bu durumun çocukların bünyelerini dış etkenlere karşı hassaslaştırabileceğini, çocuklar arasında hastalığın yayılma riskini artırabileceğini, çocuklarda dikkat dağılmasına ve derse karşı ilgiyi azaltabileceğini söylemek mümkündür.

Çözüm olarak, okulları mümkün olduğunca şehir dışına çıkarmak ve trafikten uzak tutmak, koridor tavanlarına hava kanalları yapmak, sınıfları yeterince yüksek ve kişi başına 1.2 m<sup>2</sup> alan düşecek şekilde inşa etmek, kalabalık sınıflardan kaçınmak, ikili öğretim yerine tekli öğretim yapmak ve bu şekilde daha uzun teneffüs süreleri ayarlayarak sınıfları teneffüs süresince havalandırmak ve uygun bir şekilde inşa edilecek havalandırma sistemi ile sınıfa kişi başına saniyede 8 litre taze hava vermek gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] TS 12281, Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası ile İlgili Tedbirler, 1997.
- [2] Soysal, A. ve Demiral, Y., Kapalı ortam hava kirliliği, TAF Prev. Med. Bull. **6(3)**, 221–226, 2007.
- [3] Jenkins, P.L., Phillips, T.J., Mulberg, J.M. ve Hui, S.P., Activity patterns of Californians: Use of and proximity to indoor pollutant sources, Atmospheric Environ. **26A**, 2141–2148, 1992.
- [4] Davidson, C. I., Lin, S. F., Osborn, J. F., Panday, M.R., Rasmussen, R.A. ve Khalil, M.A., Indoor and outdoor air pollution in the Himalayas, Environ. Sci. Technol. **20(6)**, 561–567, 1986.
- [5] Su, W., Indoor air pollution, Resources, Conservation and Recycling **16**, 77-91 1996.
- [6] Healthier Schools: A Review of State Policies For Improving Indoor Air Quality, Environmental Law Institute Research Report Washington 50, 2002.
- [7] Çobanoğlu, N. ve Kiper N., Bina İçi Solunan havada Tehlikeler, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi **49**, 71-75, 2006.
- [8] www.edfacilities.org/rl/iaq.cfm, Indoor air quality in Connecticut schools: Executive summary, Erişim tarihi:25.04.2007
- [9] Mendell, M. J. and Heath, G.A., Do Indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature, Indoor Air **15(1)**, 27–52, 2005.
- [10] Gonzi, M., Indoor air and respiratory health in preadolescent children, Atmospheric Environment **33**, 4081-4086, 1999.
- [11] Lee, S.C. ve Chang, M., Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Hong, Chemosphere **41**, 109-113, 2000.

## ÖZGEÇMİŞ

### Bahtiyar ÖZTÜRK

1966 yılı Trabzon doğumludur. 1987 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 1991 yılında Yüksek Mühendis ve Salford Üniversitesinden 1997 yılında Doktora unvanını almıştır. 1989–1997 yılları arasında Araştırma Görevlisi, 1997–2008 yılları arasında Yardımcı Doçent olarak görev yapmış olan Dr. Öztürk halen Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünde Doçent olarak görev yapmaktadır. Çalışma alanları Hava Kirliliği, Membran Teknolojisi ve Biyogaz üretimidir.

### Gülcan DÜZOVALI

1969 Samsun doğumludur. 1990 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı üniversitede 1993 yılında Yüksek Lisans ve 2007 yılında da doktora eğitimlerini tamamladı. 16 yıl Samsun İl Çevre ve Orman Müdürlüğünde görev yaptı. Halen Samsun TED Kolejinde idari müdür olarak görev yapmakta.