



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

İLKÖĞRETİM OKULLARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ VE SAĞLIK ETKİLEŞİMİ

GÜLEN GÜLLÜ
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ

İLKÖĞRETİM OKULLARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ VE SAĞLIK ETKİLEŞİMİ

Gülen GÜLLÜ

ÖZET

Bu çalışmada, çocuklar arasında artan astım ve solunum yolu hastalıkları nedeniyle kreş ve ilköğretim okulları gibi çocukların gündüz vakitlerinin çoğunu geçirdikleri kapalı ortamlardaki hava kalitesi üzerine yapılmış çalışmalar derlenmiştir. Anketler ve ölçüm çalışmaları ile gerçekleştirilen araştırma sonuçları, okullardaki kötü hava koşullarının, çocuklara gözlenen üst solunum yolu rahatsızlıkları, baş ağrısı, hafıza ve konsantrasyon problemleri, astım ve alerjik enfeksiyonlar ile ilişkilendirildiğini göstermektedir. Ülkemizde kapalı ortam hava kalitesi ve sağlık ile ilgili yapılan sınırlı sayıdaki çalışmalar derlenmiş ve sorun ile ilgili durum ortaya konularak, yapılması gereken ilave çalışmalar ve hava kalitesinin iyileştirilmesi için öneriler ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İlköğretim okulu, iç ortam hava kalitesi, sağlık etkisi, CO₂, UOB, PM, biyoaerosol

ABSTRACT

In this study, literature studies related with indoor environmental quality of educational buildings has been underlined by the rising incidence of asthma and respiratory disease among children, who spend a substantial amount of their lives on the school premises. The results of studies performed through questionnaires and measurements evidence that bad indoor air quality is linked with observed children upper respiratory tract disorders, headaches, memory and concentration problems and associated with asthma and allergic infections. Limited number of studies performed at Turkey related to indoor air quality and health are compiled and the level of problem has been identified, additional work needs to be done are summarized and recommendations for the improvement of air quality are given.

Key Words: Primary school, indoor air quality, health impacts, CO₂, VOC, PM, bioaerosols

1. GİRİŞ

Kreşler, anaokulları ve ilköğretim okulları 0-12 yaş düzeyindeki çocukların toplu olarak bilgi, beceri kazandıkları evlerinden sonra vakitlerinin büyük bir kısmını geçirdikleri kapalı mekanlardır. Hızlı büyüme ve gelişme sürecinde buldukları bu dönemde maruz kalacakları olumsuz çevresel koşullar, çocuklarda astım gibi ciddi solunum yolu hastalıkları, konsantrasyon eksikliği ve öğrenme güçlüğü problemlerine neden olabilmektedir. Bu nedenle, okul yöneticilerinin başlıca sorumluluklarından biri de, okulların iç ortam kalitesinin başlıca olarak da iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi olmalıdır.

Okulların kapalı ortamlarında hava kalitesi problemlerine yol açan pek çok kaynak bulunmaktadır; aşırı nem birikiminden kaynaklanan küf gelişimi; döşemeler ve malzemelerden yayılan uçucu organik kimyasallar, temizlik malzeme ve eğitim araçlarının uygunsuz şekilde kullanılmaları ve depolanmalarından kaynaklanan kimyasal maddeler, planlanması ve bakımı uygunsuz şekilde yapılan havalandırma sistemlerinin yetersizliği ve aşırı kalabalık sınıflar vb.. İç ortam hava kalitesi problemleri

aynı zamanda yenileme çalışmaları esnasında yapı malzemelerinden asbest veya kurşun yayılmasından da kaynaklanabilmektedir.

Vücut ağırlığına göre çok daha fazla hava soluyan ve akciğerleri henüz gelişme aşamasında olan çocuklar, hava kirleticilerine karşı en hassas grupta yer almaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde artan çocukluk dönemi solunum yolu hastalıkları insidansı, okullarda iç ortam hava kalitesine yönelik çalışmalara ivme kazandırmıştır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) raporlarına göre astım, çocuklar arasında hastaneye yatırılarak tedavi görülmesi gereken en yaygın görülen kronik hastalıktır. Gelişmiş toplumlarda ISAAC (International Study of Asthma and Allergies in Childhood) yöntemi ile astım prevalansı %4-23 arasında saptanmıştır. Türkiye’de yapılan çocukluk çağı prevalans çalışmalarında ise ISAAC yöntemi ile kümülatif astım prevalansı %4.9-15.3 arasında bulunmuştur (Soyuer ve Per, 2013).

Okulların açıldığı sonbahar mevsiminin gelmesiyle beraber çocuklarda üst solunum yolu hastalıklarının arttığı görülmektedir. Bunun bir nedeni, mevsim değişikliği sırasında ani ısı değişikliğine uyum sağlamak için harcanan fazla enerji ise diğer bir sebebi de okulların açılması sonucu kalabalık sınıflarda kötü iç orta hava kalitesine maruz kalınmasıdır. Pek çok ülkede okula dönüş dönemi olan Eylül ayında astımlı çocukların hastane başvuru sayısının arttığı rapor edilmektedir (Jolious et al., 2007).

Okullarda çocuk başına düşen alan miktarı, sınıfların kalabalıklığını ölçebilmek için kullanılan bir parametredir. Eurostat (2014)’a göre, Türkiye diğer ülkeler arasında en kalabalık sınıfa sahip ülkelerden biridir. Tüm ülkelerde ilköğretim dönemi için 2012 yılı ortalama sınıf başına düşen öğrenci sayısı 19 kişiye, ülkemiz için bu sayı 25 civarındadır (Eurostat, 2014). Sınıflarda öğrenci sayısının artması, artan kimyasal ve mikrobiyolojik emisyonlar nedeniyle iç ortam hava kalitesini bozan en önemli etmenlerden biridir.

Bu makalede, okullarda ölçülen iç ortam hava kalitesine yönelik çalışma sonuçları fiziksel, mikrobiyolojik ve kimyasal parametreler açısından incelenerek, en sıklıkla ölçülen parametreler, gözlenme aralıkları ve gözlenen sağlık sorunları ile ilgili bulgular derlenerek durum tespiti yapılmıştır.

2. OKULLARDA ÖLÇÜLEN İÇ ORTAM HAVA KİRLETİCİ SEVİYELERİ

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, okulları ilgilendiren çalışmaların büyük bir kısmının sınıfların havalandırma hızı ve CO₂ seviyesine yönelik olduğu görülmektedir. Her ne kadar, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) iç ortam kirletici düzeyleri ile ilgili limit değerler tanımlamış olsa da, kirletici ölçümlerinin zor ve masraflı olması nedeniyle ülkemizde olduğu gibi tüm dünyada da işyerlerinin kapalı ortamlarında alınacak sağlık ve güvenlik önlemleri ile ilgili kurallar ölçüm kolaylığı nedeniyle daha çok CO₂ kirleticisi üzerinden tanımlanmaktadır.

Havalandırma hızı ve CO₂

Okullarda gözlenen sağlık sorunları ile ilgili olarak çoğunlukla eksik havalandırma sorunun kaynağı olarak gösterilse de, havalandırma hızı okullarda nadiren ölçülmektedir. Amerikan Tesisat Mühendisleri Derneği (ASHRAE) tarafından belirlenen iç ortam hava kalitesi için kabul edilebilir havalandırma standardında (ASHRAE 62.1-2013), okullar için belirlenen kişi başı minimum havalandırma hızı kreşler için 8.6 Lt/sn, ilköğretim okulları için 6.7 Lt/sn düzeyindedir. Bu düzey tipik olarak 3 m yüksekliğinde 90 m² alanı olan 33 öğrencili bir sınıfın saatte 3 defa havasının değişmesine denk gelmektedir. Literatürde yer alan ABD ve Avrupa’da yapılan çalışmalar incelendiğinde sınıflarda gözlenen havalandırma hızının kişi başına 0.3-13 Lt/sn arasında olduğu, düşük havalandırma hızına sahip ortamlarda sağlık sorunları ile ilgili yakınmaların arttığı tespit edilmiştir (Chatzidiakou et al., 2012). Havalandırma hızının ölçüldüğü çalışmalarda CO₂ düzeyi de çoğunlukla tespit edilmiştir. Dış ortamda bulunan karbon dioksit miktarı 300-500 ppm arasında iken, iç ortamda bu değer çoğunlukla 1000 ppm’den daha büyük olduğu görülmektedir. ASHRAE 62.1-2013’de iç-dış ortamlar arasında CO₂ konsantrasyon farkının 700 ppm’i geçmemesi önerilmektedir. Bu durumda iç ortamda CO₂ seviyesi

1200 ppm'i geçmemesi gerekmektedir. Yapılan araştırmalarda CO₂ seviyesi 1000 ppm düzeyine geldiğinde o ortamda yaşayanlarda yakınmaların başladığı bildirilmektedir. Baş ağrısı, iştahsızlık, göz, burun ve boğaz irritasyonu, üst solunum yolu irritasyon belirtileri ortaya çıkmaktadır (Wargocki et al. 2002, Daisey et al. 2003). Shendell ve diğerleri (2004) tarafından okullarda yapılan bir araştırmada CO₂ konsantrasyonunun 1000 ppm'i geçmesi durumunda okula gelmeyen öğrencilerin oranında %10-20 düzeyinde artış olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, İskoçya'da (Gaihre et al., 2014) yapılan bir araştırmada da, her 100 ppm'lik CO₂ seviyesinde artışın öğrenci devamsızlığını %0.2 oranında artırdığı tespit edilmiştir. Okullarda havalandırma hızı ve CO₂ ölçümlerine yönelik literatürde yer alan çalışma sonuçları Tablo 1'de özetlenmektedir.

Tablo 1. Okullarda gerçekleştirilen havalandırma hızı ve CO₂ ölçüm sonuçları

Çalışma Yeri	Örnekleme Ortamı	Havalandırma Hızı (Lt/sn/kişi)	CO ₂ Kons. (ppm)	Değerlendirme	Referans
Atina, Yunanistan	Doğal havalandırmalı 9 ilköğretim okulu sınıfları	Ort: 11.7	893-2082	Öğrenci sayısı ile artan, havalandırma hızı ile azalan CO ₂ düzeyleri ölçülmüştür.	Dorizas et al., 2015
Gaza, Filistin	Doğal havalandırmalı 12 ilköğretim okulu sınıfları	Kış ort.: 6.6 Sonbahar ort: 9.8	Kış ort: 1155 Sonbahar ort: 785	Düşük havalandırma hızı ile yüksek CO ₂ konsantrasyonlarının gözlemlendiği sınıflarda öğrencilerin sağlık ile ilgili sorunlarında artış gözlemlenmiştir	Elbayoumi et al., 2015
Sırbistan	Doğal havalandırmalı 5 ilköğretim okulu sınıfları	0.826 - 4.146	>1000	Isıtma dönemi boyunca sınıfların havalandırmasının yetersiz olduğu tespit edilmiştir.	Turancanin et al., 2014
Washington, Idaho ABD	Mekanik havalandırma ve klimalı 20, doğal havalandırmalı 2 ilköğretim okulu sınıfları	-	>1000	>1000 ppm CO ₂ seviyesi gözlemlendiği durumda devamsızlık oranında %10-20 artış	Shendell et al., 2004
Beja, Portekiz	Doğal havalandırmalı 1 ortaokul sınıfları	-	684-6223	Öğrencilerin sınıf ortamında CO ₂ seviyesinin yükselmesinden değil sıcaklığa daha duyarlı olduğu tespit edilmiştir.	Pereira et al., 2014
İskoçya	60 doğal havalandırmalı ilköğretim okul sınıfları	-	1086	Her 100 ppm CO ₂ seviyesi artışında öğrenci devamsızlığı %0.2 oranında (=yılda 1 yarım gün devamsızlık) arttığı tespit edilmiştir.	Gaihre et al., 2014
Tulsa, ABD	100 ilköğretim okulu sınıfları	0.9-7.1	-	Her %2.1 cfm havalandırma hızı artışı öğrencilerin matematik testinde %2.9, okuma testinde %2.7 başarı artışı tespit edilmiştir.	Haverinen-Shaughnessy et al., 2011
Ankara, Beytepe	Doğal havalandırmalı Kreş ve ilköğretim okulu sınıfları	-	>2000	Öğrenci sayısı ile artan CO ₂ seviyesi arasında ilişki bulunmuştur.	Menteşe et al., 2009
Ankara, Keçiören	Doğal havalandırmalı 31 ilköğretim okulu sınıfları	-	Öğrenci sayısı < 35: 561 Öğrenci sayısı > 35: 827	Ana caddeye yakın olan okullar ile öğrenci sayısı artışı CO ₂ seviyesinde artışa neden olmaktadır.	Babayiğit vd., 2014

Samsun	Doğal havalandırmalı 5 ilköğretim okulu	-	Kış: >1500 Yaz:	Yaz ve kış aylarında yapılan ölçümler	Öztürk vd., 2011
--------	---	---	--------------------	---------------------------------------	------------------

Amerika'da 100 okulda yapılan bir çalışmada havalandırma hızı ile okullarda yapılan 5. Sınıfların matematik ve okuma standart test performansı arasında ilişkinin varlığı incelenmiştir. Havalandırma hızının artması ile öğrencilerin test performanslarının arttığı tespit edilmiştir. Her %2.1 cfm havalandırma hızındaki artış, matematik testinde %2.9'luk, okuma testinde %2.7'lik bir başarı oranı artışına karşılık gelmektedir.

Türkiye'de okulların havalandırma hızlarının ölçüldüğü herhangi bir çalışma yapılmamıştır. İç ortamda taze hava girişinin bir göstergesi olan CO₂ seviyesi ise sınırlı sayıda yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir. Menteşe et al. (2009) tarafından Ankara'da bir ilkokul ve kreşte yapılan çalışmada, sınıflarda gözlenen ortalama CO₂ seviyesi 2000 ppm'den fazla olarak tespit edilmiş, olup özellikle kış aylarında havalandırma sıklığının önemli ölçüde kısıtlandığı tespit edilmiştir. Babayiğit vd. (2014) ise Ankara Keçiören semtinde bulunan 31 ilköğretim okulunda iç ortam hava kalitesi (CO, CO₂, SO₂, NO₂, formaldehit) incelemesi yapılmıştır. Yapılan inceleme sonucu, ana caddeye yakın okullarda CO ve SO₂ seviyesinin yükseldiği, 35 kişiden daha kalabalık sınıfların CO₂, NO₂, SO₂ ve formaldehit seviyesinin yükseldiği tespit edilmiştir.

Partikül Madde ve Sağlık Etkileri:

İç ortam havasında ısınma kaynağı, bina yapı ve dekorasyon malzemeleri, havalandırma sistemi, fiziksel aktiviteler, temizlik hareketleri, sigara içimi gibi pek çok kaynaktan salınan farklı çap ve boyutta partikül madde bulunmaktadır. Partikül maddeler, aerodinamik çapı 10µm (PM10), 2.5 µm (PM2.5) ve 1 µm'dan (PM1) küçük olanlar şeklinde sınıflandırılmaktadır. 10 µm'den büyük partiküller daha çok mekanik süreçler sonucu oluşurken, ince partiküller yanma proseslerinden direk kaynaklanabildiği gibi, gaz kirleticilerinin yoğunlaşması sonucu oluşmaktadır. Partiküllerin sağlık etkileri, partiküllerin şekli, çapı ve kimyasal kompozisyonuna bağlıdır.

Pek çok ülkede yapılan çalışmalarda, okul ve kreş sınıflarında gözlenen PM10 değerleri 60 ila 492 µg/m³, PM2.5 değeri 19.8-197.9 µg/m³ ile DSÖ tarafından belirlenen PM10 ve PM2.5 için belirlenen sırasıyla 20 ve 10 µg/m³ sınır değerlerini önemli miktarda aştığını göstermektedir (Mohammadyan and Shabankhani, 2013; Halek et al., 2009; Frommea et al., 2007; Madureira et al., 2012; Dorizas et al., 2015; Elbayoumi et al., 2015; Stranger et al., 2008; Rovelli et al., 2014; Rivas et al., 2014; Keskin ve Ekmekçioğlu, 2011; Öztürk ve Düzovalı, 2011; Menteşe et al., 2012). PM açısından, okullarda gözlenen iç ortam değerleri genel olarak dış ortam değerlerinden 2-10 kat arasında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yüksek iç ortam kirletici seviyesinin başlıca sebebi yetersiz bina içi havalandırması ve okul içindeki öğrencilerin gün boyunca süren aktiviteleri sebebiyle, öğrencilerin ayakkabıları ile bina içine taşıdıkları tozların yerden tekrar havaya karışmasıdır.

Sınıfların ortam havasında gün boyu yapılan PM ölçüm sonuçları, sabah saatlerinden itibaren akşama kadar sürekli artan bir eğilim gösterdiği yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir (Menteşe, et al., 2012; Dorizas et al., 2015). Özellikle, ders saati boyunca PM seviyesi hızla yükselmekte, teneffüs saatlerinde camların açılması ile ortam havasında bir miktar iyileşme gözükse de, gün boyu artan PM seviyesinin durdurulması mümkün olmamaktadır. Dorizas ve diğerleri (2015) tarafından Yunanistan'da doğal havalandırmaya sahip 9 ilköğretim okulunda yapılan PM2.5 ve PM10 ölçümleri sonucu, sınıflardaki partikül madde miktarına en fazla tebeşir kullanımının yol açtığı, tahta kalem kullanılan sınıflarda ise UOB'lerin miktarının arttığı tespit edilmiştir.

Tablo 2. Kreş ve İlkokullarda gözlenen PM10, PM2.5 ve PM1 seviyeleri

Ölçüm yeri	Mevsim	İç ortam			Dış ortam			Kaynak
		PM1	PM2,5	PM10	PM1	PM2,5	PM10	
Sari, İran		17,6	46,6	400,9	-	36,9	-	Mohammadyan and Shabankhani, 2013
Tahran, İran		19	42	274	22	38	140	Halek et al., 2009
Münih, Almanya		-	19,8	91,5	-	-	-	Frommea et al., 2007
Porto, Portekiz		91	85	140	-	-	-	Madureina et al., 2012
Attica, Yunanistan	İlkbahar	2.5-14.2	1.2-26.9	92-430	-	-	-	Dorizas et al., 2015
Gaza, Filistin	Sonbahar		55,2	360		26,5	98,1	Elbayoumi et al., 2015
	Kış	-	197,9	492	-	57,4	248,2	
Antwerp, Belçika	Kış	-	57	-	-	53	-	Stranger et al., 2008
	Yaz	-	61	-	-	72	-	
Milan, İtalya		19,2	33,2	133,8	-	46,9	-	Rovelli et al., 2014
Barselona, İspanya		-	37	-	-	29	-	Rivas et al., 2014
İstanbul	İlkbahar	-	70.9	221.5	-	-	-	Keskin ve Ekmekçioğlu, 2011
Samsun		-	-	60-78	-	-	20-44	Öztürk ve Düzovalı, 2011
Ankara (Kreş)	Yaz		11,67			3,83		Menteşe vd., 2012
	Kış	-	39,97	-	-	22,41	-	
Ankara (İlkokul)	Yaz		30,90			25,22		Menteşe vd., 2012
	Kış	-	45,61	-	-	40,35	-	

Sofuoğlu ve Sofuoğlu (2011) tarafından ilköğretim okullarında yapılan partikül madde incelemesinde, ince partiküllerin (PM2,5) çoğunluğunun ultra ince partiküllerden oluştuğu (PM1) ve PM1'in PM2,5'a göre sayıca 2-5 kat daha yüksek derişimlerde olduğu tespit edilmiştir. Partiküllerde Al, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Zn elementleri tespit edilmiş olup, bunların tümü PM1'de de görülmüştür. Bu fraksiyon, solunum sisteminin en derinlerine kadar nüfuz ettiği için önem arz etmektedir. Sadece kapı-pencereye dayalı doğal havalandırma olan binalarda bunlar açılmadığı zaman havalandırma yetersiz düzeylere inmektedir ve içeride kaynağı olan tüm kirleticilerin birikimi ile sonuçlanıp derişimleri artmaktadır. Bu çalışmada ölçülen yüksek CO₂ derişimleri dersliklerde yetersiz havalandırmaya işaret etmektedir.

Biyoaerosol konsantrasyonları ve sağlık etkileri:

Biyoaerosoller; alerjenler, bakteri, mantar, mantar sporları, virüsler ile polen ve onların fragmentlerini içeren biyolojik kökenli havadan kaynaklı tüm organik tozlara verilen genel addir. Genel olarak bu tür biyolojik canlılara ve onların endotoksin, mikotoksinler ve mikrobiyal metabolitlerine maruz kalınması durumunda olumsuz sağlık etkileri oluşabilmektedir (Kalogerakis vd., 2005).

Mikrobiyal kirleticiler iç ortama ısıtma, havalandırma ve soğutma sistemlerinden, kapılardan, pencerelerden, duvar açıklıklarından, su tesisat borularından gelebildiği gibi, ayakkabı veya kıyafetler ile de iç ortama taşınabilmektedir. Mikroorganizmaların iç ortamda büyümesini ise; iç ortamın nem oranı, sıcaklık ve besin (kir, odun, kağıt, boya vs.) varlığı ile oksijen ve ışık miktarı belirlemektedir. İç ortamda en yaygın bulunan mikroorganizmalar, mantar ve bakterilerdir. Mantarların ürettikleri sporlar havaya karışabilmektedir; bazı mantarlar ise zehirli maddeler olan mikotoksin veya uçucu organik bileşikler de üretebilmektedir (Güllü vd., 2008).

Okulların iç ve dış ortamlarında alerjenlere yönelik çalışmalar sınırlı sayıdadır. Yapılan sınırlı çalışmalar ile her ne kadar, allerjen düzeyi sosyoekonomik ve kültürle faktörlere göre önemli ölçüde değişim gösterdiği tespit edilse de, evlerinde evcil hayvanı bulunmayan çocukların allerjene maruz kaldıkları en önemli ortam okullar olduğu rapor edilmiştir (Salo et al., 2009). Avrupa’da okullarda yapılan araştırmalar da (Fromme et al., 2008) bulunan allerjen seviyesinin Asya (Zhao et al., 2006) ve Güney Amerika’daki (Rulio et al., 2002) değerlerden yüksek bulunmuştur. Okul ortamında en yaygın bulunan allerjenler kedi (Fel d 1) ve köpek (Can f 1) olarak bulunmuştur (Arbes et al., 2005; Zhao et al., 2006).

Gülbahar ve diğerleri (2012) tarafından anaokulu ile ilkokullarda kedi ve akar allerjenlerin incelenmiştir. İzmir’de bulunan 19 anaokuluna ait anasınıfı ve oyun bahçelerinden ve aynı okullara ait 19 ilköğretim sınıfından toplam 57 toz örneği toplanmış ve Fel d 1, Der p 1 ve Der f 1 düzeyleri enzimli immünoessey (ELISA) yöntemi ile ölçülmüştür. Anasınıflarının %73,7’sinde duyarlılığa, %21,1’inde astım alevlenmesine neden olabilecek düzeyde Fel d 1, %21,1’inde ise duyarlılığa yol açacak düzeyde akar allerjeni tespit edilmiştir. Ölçülebilir düzeyde kedi ve ev tozu akarı allerjenleri İzmir’deki anaokullarında yaygın bir şekilde bulunmuş ve anaokullarının çocuklar ve anaokulu çalışanları açısından önemli bir allerjen kaynağı olduğu sonucuna varılmıştır.

İzmir, Seferihisar’da bulunan 5 ilköğretim okulunda yapılan bir çalışmada iç ve dış ortamdan alınan hava örneklerinde mantar tayini yapılmış, 17 türe ait 67 alt tür belirlenmiş, okul öğretmenlerine uygulanan deri prick testi sonucu öğretmenleri %20’sinin en az bir ajana alerjisi olduğu tespit edilmiştir (Haliki-Uztan et al., 2010). Okul sınıflarında tespit edilen ortalama toplam mantar seviyesi 35 ila 1000 CFU/m³ arasında salınmaktadır (Menteşe et al., 2009; Önoğlu et al., 2011; Ovet et al., 2012; Aydoğdu et al., 2005; Godwin and Batterman, 2007; Viegas et al., 2010). Genel olarak pek çok çalışmada, iç/dış oranı 1’den büyük olarak tespit edilmiştir. Mantar düzeylerinin iklim, örnekleme lokasyonuna, kırsal veya kentsel bölge olup olmamasına bağlı olarak değişim gösterdiği, en baskın gözlenen mantar türlerinin ise *Penicillium*, *Cladosporium*, *Aspergillus* ve *Alternaria* olduğu bulunmuştur.

Denizli il merkezinde Övet vd., (2012) tarafından yürütülen bir araştırmada ilköğretim okullarında iç ortam havasında küf mantarlarının araştırılarak en sık saptanan küf mantarına karşı öğrenci serumlarında allerjene özgül IgE ölçümleri karşılaştırılmıştır. Sınıfların iç ortam havasından alınan örneklerde en sıklıkla karşılaşılan mantar türleri *Penicillium spp.* %46; *Aspergillus spp.* %18; *Cladosporium spp.* %17; *Alternaria spp.* %15 olmuştur.

Yapılan çalışmaların bazılarında, yüksek mantar düzeyleri ile solunum yolu semptomları arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir (Taskinen et al., 1999; Santili 2002; Mi et al., 2006). Edirne’de 10 ilköğretim okulunda yapılan çalışmada ise (Celtik et al., 2011) allerjik hastalıklar ve solunum yolu semptomları çok yaygın olmasına rağmen, okul içinden alınan toz örneklerinin mantar düzeyleri ile sağlık sorunları arasında bir ilişki tespit edilememiştir.

Okul içi havasında bakteri düzeylerinin gözlemlendiği çalışmalar ya toplam bakteri düzeyini tespit eden (HESE 2006), ya da gram-pozitif veya gram-negatif olmasına göre (Scheff et al, 2000) sonuçlandırılan çalışmalardır. Ortam havasında bulunan bakteri türlerinin belirlendiği çalışmalar sınırlı sayıdadır (Menteşe et al, 2009, 2012; Aydoğdu et al., 2005; Kim et al., 2007). Kreş ve ilkokullarda iç ortam toplam bakteri sayısı 221-2456 CFU/m³ arasında değişmekte, ortalama düzeyi 1250 CFU/m³ olarak tespit edilmiştir (Menteşe et al. 2009). Bu ortamlarda en baskın gözlenen bakteri türleri *S. Auricularis*, *Micrococcus spp.* *Bacillus spp.* dir (Menteşe et al., 2009).

Her ne kadar, nemden ötürü küflenmiş, su baskını olan binalarda yaşayan bireylerde sağlık sorunu artışı olduğu bilinse de, hangi düzeyde biyoaerollere maruz kalınmasının emniyetli olarak kabul edilebileceği ile ilgili değerler bilinmemektedir. Hijyen hipotezine göre mümkün olan en düşük düzey mikrobiyal kirlenmeye maruz kalınmasının astım ve solunum yolu hastalıklarının oluşmasının önüne geçilmesinde pozitif rol oynayacağına inanılmaktadır.

Kimyasal kirlenmeler ve sağlık etkileri:

Önemli sağlık sorunlarına neden olmaları nedeni ile solunabilir partikül maddenin ağır metal içeriği, gaz fazında bulunan uçucu organik bileşikler (UOB) ve formaldehit, NO₂, O₃, CO gibi gaz kirlenmeleri iç

ortam havasında sınırlandırılması gereken kirleticiler arasında sayılmaktadır (WHO, 2010). UOB'ler, özellikle boya, vernik, yapıştırıcı, döşemelik gibi yapı malzemelerinden kaynaklanmaktadır. Okullarda ise, yapı malzemelerine ilave olarak fotokopi makineleri ile diğer bazı ofis malzemeleri UOB'ler için önemli kaynaklardır. (Vural ve Balanlı, 2005; Lee ve Ark, 2006).

Düşük konsantrasyonlarda uyusukluk, baş ağrısı ve yorgunluk gibi özellikle sinir sistemiyle ilgili şikayetlere sebep olan uçucu organik bileşikler ve formaldehit, maruziyetin kronik hale gelmesi ile kanserojenik etkiler göstermektedirler. Ayrıca düşük konsantrasyonlardaki UOB'lere sürekli maruziyet, solunum yolu hastalıklarına ve astıma sebep olmaktadır (Norback ve Ark., 1995). Benzen, toluen, etilbenzen, ksilen ve stiren yüksek toksisiteleri ile en zararlı UOB'ler olarak gruplandırılabilirler (Lee ve Ark., 2001). Maruz kalınan konsantrasyon yükseldikçe etkilerin ağırlaştığı, koma ve ölüme kadar gidebildiği görülmüştür (Sandmeyer, 1982).

Literatürde yer alan, okullarda UOB ölçümüne yönelik çalışma sonuçları Tablo 3'de özetlenmiştir. Bu değerlere göre okul içi ortamlarda gözlenen BTEX bileşikleri dış ortam değerlerine ve mevsimlere bağlı olarak önemli oranda değişim göstermektedir. Gözlenen en düşük benzen seviyesi, 0.41 µg/m³ ile Belçika'nın kırsal bir bölgesindeki ilkökulda gözlenirken en yüksek benzen değeri 19.81 µg/m³ ile Ankara'daki bir ilköğretim okulunda kış mevsiminde gözlenmiştir. Sofuoğlu vd. (2011) tarafından İzmir'de bulunan ilkokullarda yürütülen bir çalışmada, sınıflar, anasınıfı ve oyun bahçesinde formaldehit dahil olmak üzere UOB ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılan tüm ortamlarda en baskın UOB türleri benzen, toluen ve formaldehit olarak gözlenmiştir. Yapılan sağlık risk değerlendirmesi sonucuna göre kronik toksik ve karsinojenik risk değeri en yüksek çıkan bileşik formaldehit olarak tespit edilmiştir.

Tablo 3. İlköğretim okulları ve kreşlerin iç ortamlarında gözlenen BTEX konsantrasyonları

Ölçüm yeri	Mevsim	Ortam	Benzen	Toluen	m-pxylene	Etilbenzen	Kaynak
Kocaeli, TÜRKİYE	Yaz	İç ortam	6,67	44,78	11,93	9,03	Pekey et al., 2008
		Dış ortam	6,58	14,73	7,58	4,44	
	Kış	İç ortam	13,67	62,72	22,05	13,25	
		Dış ortam	8,18	21,37	15,06	5,16	
Arnavutluk		İç ortam	4.06	15.45	5.03	1.24	Csobod et al., 2010
Bosna ve Hersek		İç ortam	6.29	27.58	7.65	1.60	
Macaristan		İç ortam	2.16	4.56	7.04	1.64	
İtalya		İç ortam	1.95	5.01	7.10	1.82	
Sırbistan		İç ortam	5.94	21.94	8.00	1.60	
Slovakya		İç ortam	4.84	29.47	5.07	1.38	
Minnesota, ABD	Yaz	İç ortam	0,60	2,90	2,30	0,60	
		Dış ortam	1,3	2,6	2,3	0,60	
	Kış	İç ortam	0,60	1,6	1,2	0,3	
		Dış ortam	1,1	2,7	2,0	0,5	
Antwerp, BELÇİKA	Kentsel bölge	İç ortam	1,54	5,23	3,58	1,46	Strenges et al., 2008
		Dış ortam	1,87	4,29	2,13	0,68	
	Yarıkırsal bölge	İç ortam	0,41	3,64	1,50	0,68	
		Dış ortam	0,40	1,70	0,88	0,42	
İskenderun, TÜRKİYE	--	İç ortam	1,83-16,4	8,06-14,5	<0,02-2,12	<0,07-1,07	Scheepers et al., 2010
Eskişehir, TÜRKİYE	Şehir dışı	İç ortam	0,83	10,63	0,67	0,32	Demirel vd., 2014
		Dış ortam	0,75	0,39	0,14	0,01	
	Şehir içi	İç ortam	0,92	42,01	0,74	0,39	
		Dış ortam	1,3	22,86	0,56	0,22	
Ankara, TÜRKİYE (İlkokul)	Yaz	İç ortam	3,60	9,32	10,22	3,34	Menteşe et al., 2012
		Dış ortam	N.D	N.D	N.D	2,11	
	Kış	İç ortam	19,81	34,78	--	5,13	
		Dış ortam	13,82	13,66	--	10,02	
Ankara, TÜRKİYE	Yaz	İç ortam	1,93	5,35	N.D	2,56	Menteşe et al., 2012
		Dış ortam	N.D	2,82	10,57	3,24	

(Kreş)	Kış	İç ortam	4,16	19,89	6,69	7,13
		Dış ortam	1,95	4,54	N.D	4,64

Altı ülkede (Arnavutluk, Bosna ve Hırvatistan, Macaristan, İtalya, Sırbistan ve Slovakya), 60 okul (242 sınıf) ve 5242 öğrenciyi kapsayan bir araştırmada sınıflarda PM10, formaldehit, BTEX bileşikleri ve NO₂ ölçümleri yapılmış, anketler ve akciğer fonksiyon testi sonucu, okulların iç ortam hava kalitesi ile sağlık sorunları arasında etkileşim bulunmaya çalışılmıştır (Casobod, et al., 2010). Bu çalışma sonucu, okulların yoğun trafik ve sanayi bölgelerine yakınlığı, öğrencilerin akciğer fonksiyonlarında bozulmaya neden olan en önemli neden olarak tespit edilmiştir.

İlköğretim okulu ve spor merkezi iç ortamında kozmetikten, kişisel bakım ürünlerine, parfümlerden temizlik maddelerine, oda spreylerinden sabunlara ve dış macunlarına kadar oldukça geniş bir yelpazede güzel koku sağlamları için kullanımları olan polisiklik ve nitro musk düzeylerinin incelendiği bir çalışma Sofuoğlu vd. (2010) tarafından yürütülmüştür. Yüzde 95'i gaz fazında gözlenen musk bileşiklerinin sınıf ortamında gözlenen düzeyleri spor merkezindekinden daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Ortamdaki ince partikül miktarının artmasıyla bu kirleticilerin soluma ile maruziyetlerinin arttığı tespit edilmiştir.

UOB'ler gibi kimyasal kirleticilerin başlıca kaynakları okul içinde yer almakta, ancak NO₂, O₃, CO gibi gaz kirleticilerin kaynakları çoğunlukla okul dışından yer almakta, difüzyon yolu ile içeriye taşınmaktadır. Gaz kirleticilerin okul içi ortamlarında seviyelerinin ölçüldüğü çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Trafikten uzakta kırsal bölgelerde yer alan okullarda iç ortam NO₂ seviyesi 10 µg/m³ civarında gözlenirken (Csobod et al., 2010; Chatzidiakou et al., 2012), yoğun trafiğe sahip yolların yakınında bulunan okullarda iç ortam NO₂ seviyesi DSÖ tarafından belirlenen sınır değer olan 40 µg/m³ değerinin üstünde gözlenmektedir (Demirel et al., 2014; Mi et al., 2006; Zhang et al., 2014). Çocuklar arasında yüksek düzeyde azot oksitlere maruz kalınması durumunda solunum yolu semptomları gözlenmesi, alerjik reaksiyon, konjunktivit, hışıltılı öksürük ve deri tahrişi gözlenme sıklığının arttığı rapor edilmektedir (Jansses et al., 2003). Bazı çalışmalar, iç ortamda gözlenen ortalama düzeyden çok, ani ve kısa süreli gözlenen yüksek düzey NO₂ seviyesinin sağlık üzerindeki etkisinin daha önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Pilotto ve diğerleri (1997) sınıflarda 150 µg/m³ 'den fazla gözlenen saatlik NO₂ maruziyeti ile devamsızlık arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir ilişkinin olduğunu tespit etmiştir.

Gül ve diğerleri (2011) tarafından Eskişehir'in sanayi, şehir merkezi ve kırsal alanında yer alan 3 lisede iç ve dış ortam NO₂ ve O₃ seviyesi ölçülmüş ve bu okullarda okuyan 667 öğrencinin anket yolu ile sağlık durumları tespit edilmiştir. Yapılan ölçüm çalışmalarında en yüksek iç ve dış ortam azot oksit ve ozon seviyesi sanayi bölgesinde yer alan okullarda gözlenmiştir. Aynı zamanda kronik akciğer hastalığı, nefes darlığı ve sabah öksürüğü sıklığında sanayi bölgesinde yer alan okulun öğrencileri arasında daha fazla gözlenmiştir.

Turan ve diğerleri (2009) tarafından İzmir ilinde İlköğretim okullarında bina içi çevresel kalite ölçümleri ile ölçümlerin yapıldığı sınıflarda okuyan öğrencilerin velilerine ve öğretmenlere anket uygulaması yapılmış; öğrencilerin mevcut sağlık sorunları ve bina-içi hava kalitesi ile ilgili semptomları belirlenmeye çalışılmıştır. İzmir metropol alanında iki, metropol dışında bir okulda okuyan toplam 356 öğrenci üzerinde, ankette belirtilen 23 adet semptomun son dört hafta içinde gözlenip gözlenmediği, gözlendiyse sıklığı araştırılmıştır. Ayrıca, velilerin bu semptomların sebepleri ve öğrenci performansı üzerindeki etkisi hakkında kişisel düşünceleri sorulmuştur. Alerji ve astımın en çok gözlemlenen sağlık sorunları olduğu görülmüştür. Öğretmenler tarafından doldurulan anketler ise en yaygın belirtilerin boğazda kuruluk, baş dönmesi, sinüslerde tıkanıklık ve hapsirme olduğunu ortaya koymaktadır. Literatür değerleriyle yapılan karşılaştırma sonucu, sırasıyla %14,9 ve %1,4 olan astım ve egzama gözlenme sıklıklarının kıyaslanan değerlere yakın olduğu saptanmıştır. Bina-içi hava kalitesine bağlı olabilecek semptomlar arasında, sinüs tıkanıklığı ve göğüs sıkışması sırasıyla %16,0 ve %3,9'luk yaygınlık oranlarıyla daha önce ofis binaları içerisinde yapılan çalışmalardaki sonuçlarla en çok örtüşen değerler olarak bulunmuştur.

SONUÇ

Çocuklar, kötü hava kalitesinden en fazla etkilenen hassas grupta yer almalarından ötürü vakitlerinin önemli bir kısmını geçirdikleri okulların iç ortam hava kalitesi özel bir önem taşımaktadır. Sınıfların kalabalık olması, mekanik havalandırmanın bulunmayışı, doğal havalandırma sistemine sahip okullarda havalandırma yapılabilecek teneffüs saatlerinin kısa olması, özellikle kış aylarında yeterli havalandırmanın yapılmaması, tavan yüksekliklerinin yeterli olmayışı, pencerelerin sızdırmaz oluşu, vb. nedenlerle okul içi hava kirliliği problemleri yaygın olarak gözlenmektedir. Bu durum çocukların fiziksel gelişimini etkilediği gibi, konsantrasyon eksikliği nedeniyle öğrenme gücüne de neden olarak eğitimlerini de etkilemektedir.

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde yaygın olarak okullarda iç ortam hava kalitesini bozan etmenler aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- Sınıfların kalabalıklığı iç ortam hava kirliliğini (CO₂, PM10, biyoaerosoller, UOB) artıran en önemli etmendirdir
- Eğitim sırasında doğal havalandırmanın etkin bir şekilde yapılmayışı kirletici düzeyinin artmasına neden olmaktadır
- Sanayi veya yoğun trafiğe yakın okulların iç ortam hava kalitesi dış ortamdaki hava kirliliğinden etkilenmektedir.
- Okullarda kullanılan yer kaplamaları ve duvar boyalarının iç ortamdaki UOB seviyesinin artmasına neden olduğu tespit edilmiştir
- Okullarda yeterli temizlik çalışmalarının yapılmaması iç ortam partikül madde seviyesinin artmasına neden olmaktadır
- Okullarda temizlik sırasında kullanılan ağartıcı temizlik maddelerinin iç ortam hava kalitesine olumsuz etkisi olduğu, UOB seviyesini artırdığı bulunmuştur
- Sınıflarda kullanılan mobilyaların iç ortama UOB emisyonuna neden olduğu tespit edilmiştir

Çözüm olarak, okulları mümkün olduğunca yoğun trafiğe sahip yol kenarlarından, sanayi bölgelerinden uzaklaştırmak, sınıf yüzey alanına göre öğrenci kapasitesini belirlemek, 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. Temizlik yapmamak kadar, uygun olmayan malzemelerle temizlik yapılması da okulların hava kalitesini bozmaktadır. Okullarda kullanılan temizlik malzemelerinin düşük solvent içerikli olmasına dikkat etmek, kullanılan temizlik paspaslarının ıslak kalmamasına önem vermek, küf kontrolü yapılarak küflü duvar ve zeminlerin küften arındırılmasının sağlanmalıdır.

Literatürde yer alan çalışmaların değerlendirilmesi sonucu, okulların iç ortam hava kalitesinin önemli ölçüde bozuk olduğu, bu ortamın hem öğrencilerin hem de eğitimcilerin sağlık sorunları yaşamasına neden olabileceği görülmektedir. Toplumun ve okul yöneticilerinin okullarda iç ortam hava kirliliği problemlerinin yaşanabildiğini anlamaları ve gerekli önlemlerin alınabilmesi için karar vericilerce yasal düzenlemelerin oluşturulması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] ADGATE, J.L., CHURCH, T.R., RYAN, A.D., RAMACHANDRAN, G., FREDRICKSON, A.L., STOCK, T.H., MORANDI, M.T., AND SEXTON, K., "Outdoor, Indoor, and Personal Exposure to VOCs in Children", 112(14): 1386–1392, 2004.
- [2] ANSI/ASHRAE, Comfort Standard 55. Thermal Requirements for Human Occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2013.
- [3] ARBES, S.J., et al., "Exposure to indoor allergens in day-care facilities: results from 2 North Carolina counties", Journal of Allergy and Clinical Immunology, 16 (1), 133–139, 2005.
- [4] AYDOĞDU, H., et al., "Monitoring of fungi and bacteria in the indoor air of primary schools in Edirne City, Turkey", Indoor and Built Environment, 14 (5), 411–425, 2005..



- [5] BABAYİĞİT, M.A., BAKIR, B., TEKBAŞ, O.F., OĞUR, R., KILIÇ, A., ULUS, S., “Indoor air quality in primary schools in Keçiören, Ankara”, Turkish Journal of Medical Sciences, 44: 137-144, 2014.
- [6] CELTİK, C., OKTEN, S., OKUTAN, O., AYDOĞDU, H., BOSTANCIĞLU, M., EKUKLU, G., ASAN, A., YAZICIĞLU, M., “Investigation of indoor molds and allergic diseases in public primary schools in Edirne city of Turkey”, Asian Pacific Journal Of Allergy And Immunology, 29(1), 42-49, 2012.
- [7] CHATZIDIAKOU, L., MUMOVIC, D., JAMES SUMMERFIELD, A., “What do we know about indoor air quality in school classrooms? A critical review of the literature”, Intelligent Buildings International, Vol. 4, No. 4, 228– 259, October 2012.
- [8] CSOBOD, E., RUDNAI, P., VASKOVI, E., “School Environment and Respiratory Health of Children (SEARCH)”. Szentendre. 2010.
- [9] DAİSEY, J.M., ANGELL, W.J., AND APTE, M.G., “Indoor air quality, ventilation and health symptoms: an analysis of existing information”, Indoor Air, 13 (1), 53–64, 2003.
- [10] DEMİREL, G., ÖZDEN, O., DÖĞEROĞLU, T., GAGA, O.F., “Personal exposure of primary school children to BTEX, NO₂ and ozone in Eskişehir, Turkey: Relationship with indoor/outdoor concentrations and risk assessment”, Science of the Total Environment, 473–474, 537–548, 2014.
- [11] DORIZAS, P.V., ASSIMAKOPOULOS, M.N., HELMIS, C., SANTAMOURIS, M., “An integrated evaluation study of the ventilation rate, the exposure and the indoor air quality in naturally ventilated classrooms in the Mediterranean region during spring”, 502:557-70, 2015.
- [12] EKMEKÇIOĞLU, D., KESKİN, S.S., “Characterization of indoor air particulate matter in selected elementary schools in Istanbul, Turkey”, Indoor Built Environ, 16(2):169–176, 2011.
- [13] ELBAYOUMİ, M., RAMLİ, N., FİTRİ MD YUSOF, N., AL MADHOUN, W., “Seasonal Variation in Schools’ Indoor Air Environments and Health Symptoms among Students in an Eastern Mediterranean Climate, Human and Ecological Risk Assessment”, An International Journal, 21:1, 184-204, 2015.
- [14] FROMMEA, H., TWARDELLA, D., DİETRİCHA, S., HEİTMANN, D., SCHİERLC, R., LİEBLD, B., RUDENE, H., “Particulate matter in the indoor air of classrooms—exploratory results from Munich and surrounding area”, Atmospheric Environment, 41.854–866, 2007.
- [15] GAIHRE, S., SEMPLE, S., MILLER, J., FIELDING, S., TURNER, S., “Classroom carbon dioxide concentration, school attendance, and educational attainment”, J Sch Health, 84(9):569-74, 2014.
- [16] GODWİN, C., BATTERMAN, S., “Indoor air quality in Michigan schools. Indoor Air”, 17 (2), 109–121, 2007.
- [17] GÜL, H., GAGA, E.O., DÖĞEROĞLU, T., ÖZDEN, Ö., AYVAZ, Ö., ÖZEL, S., GÜNGÖR, G., “Respiratory health symptoms among students exposed to different levels of air pollution in a Turkish city”, International Journal of Environmental Research Public Health 8, 1110–1125, 2011.
- [18] GÜLBAHAR, O., KORKMAZ, M., ERDEM, N., MÇ GÖKMEN, N., SIN, A.Z., ARDENZI, Ö., ULUER, H.A., “Kokuludağ, Kedi ve Ev Tozu Akarı Allerjenleri İçin Önemli Bir Kaynak: Anaokulları, Türkiye Klinikleri”, J Med Sci; 32(3):750-8, 2012.
- [19] GÜLLÜ, G., ARISOY, A., TANER, O., KUNTASAL, O., MENTEŞE, S., GÜNER, E.D., “İç ortam havasında biyoaerosol seviyesinin tespiti ve giderim yollarının belirlenmesi”, 106Y185 Nolu TÜBİTAK Projesi, Final Raporu, 2008.
- [20] HALEK, F., KAVOUSİ, A., and HASSANİ, F., “Evaluation of Indoor-Outdoor Particle Size Distribution in Tehran’s Elementary Schools”, World Academy of Science, Engineering and Technology, 57, 2009.
- [21] HALIKI-UZTAN, A., ATES, M., ABACI, O., et al., “Determination of potential allergenic fungal flora and its clinical reflection in suburban elementary schools in Izmir”, Environ Monit Assess, 168(1-4): 691-702, 2010.
- [22] HAVERINEN-SHAUGHNESSY, U., MOSCHANDREAS, D.J., SHAUGHNESSY, R.J., “ Association between substandard classroom ventilation rates and students’ academic achievement”, Indoor Air, 21(2):121-31, 2011.



- [23] Health Effects of School Environment (HESE). Final scientific report [online], 2006. Available at: [http:// ec.europa.eu/health/ph_projects/2002/pollution/pollution_2002_04_en.htm](http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2002/pollution/pollution_2002_04_en.htm) [Accessed 4 June 2012].
- [24] JANSSEN, N.A., et al., “The relationship between air pollution from heavy traffic and allergic sensitization, bronchial hyperresponsiveness and respiratory symptoms in Dutch school children”, *Environmental Health Perspectives*, 111 (12), 1512–1518, 2003.
- [25] JULİOUS, S.A., OSMAN, L.M., AND JİWA, M., “Increases in asthma hospital admissions associated with the end of the summer vacation for school-age children with asthma in two cities from England and Scotland”, *Public Health*, 121 (6), 482–484, 2007.
- [26] KALOGERAKİS, N., PASCHALİ, D., LEKADİTİS, V., “Indoor air quality - bioaerosol measurements in domestic and office premises”, *Journal of Aerosol Science* 36, 751-761, 2005.
- [27] KİM, J.L., et al., “Indoor molds, bacteria, microbial volatile organic compounds and plasticizers in schools – associations with asthma and respiratory symptoms in pupils”, *Indoor Air*, 17 (2), 153–156, 2007.
- [28] LEE, S.C., LAM, S., FAI, H.K., “Characterization of UOBs, ozone, and PM10 emissions from office equipment in an environmental chamber”, *Build. Environ*, 36:837-842, 2001.
- [29] LEE, C.W., DAI, Y.T., CHIEN, C.H., HSU, D.J., “Characteristics and health impacts of volatile organic compounds in photocopy centers”, *Environmental Research*, 100:139-149, 2006.
- [30] MADUREİRA, J., PACİÊNCIA, I., FERNANDES, E., “Levels and Indoor–Outdoor Relationships of Size-Specific Particulate Matter in Naturally Ventilated Portuguese Schools”, *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A: Current Issues Volume 75, Issue 22-23*, 2012.
- [31] MENTESE, S., RAD, A., ARİSOY, M., GULLU, G., “Multiple comparisons of organic, microbial, and fine particulate pollutants in typical indoor environments: Diurnal and seasonal variations” *Air & waste management association*, 62, 1380-1393, 2012.
- [32] MENTESE, S., RAD, A., ARİSOY, M., GULLU, G., “Seasonal and spatial variations of bioaerosols in indoor urban environments, Ankara, Turkey”. *Indoor and Built Environment*, 21, 797-810, 2012.
- [33] MENTESE, S., RAD, A.Y., ARİSOY, M., GULLU, G., “spatial variation of bioaerosol levels in the urban atmosphere of Ankara”, *Ekoloji* 19, 21-28, 2009.
- [34] Mİ, Y.H., et al., “Current asthma and respiratory symptoms among pupils in Shanghai, China: influence of building ventilation, nitrogen dioxide, ozone, and formaldehyde in classrooms”, *Indoor Air*, 16 (6), 454–464, 2006.
- [35] MOHAMMADYAN, M., SHABANKHANİ, B., “Indoor PM1, PM2.5, PM10 and outdoor PM2.5 concentrations in primary schools in Sari, Iran”, *Arh Hig Rada Toksikol*, 64(3):371-7, 2013.
- [36] NORBACK, D., BJORNSSON, E., JANSON, C., WIDSTROM. J., BOMAN, G., “Asthma and the indoor environment:the significance of emission of formaldehyde and volatile organic compounds from newly painted indoor surfaces”, *Occupational and Environmental Medicine*, 52(69): 388-395, 1995.
- [37] ONOGLU, N., ONAL. A.E., GUNGOR, G., AYVAZ, O., OZEL, S., “Microbiological evaluation of indoor air of kindergartens in Fatih District of Istanbul”, *Indoor and Built Environment* 20, 618- 625, 2011.
- [38] OVET, H., ERGİN, C., KALELİ, I., “Investigation of Mold Fungi in Air Samples of Elementary Schools and Evaluation of Allergen-Specific IgE Levels in Students” *Sera MIKROBIYOLOJİ BULTENİ*, 46 (2), 266-275, 2012.
- [39] ÖZTÜRK, B., DÜZOVALI, G., “Okullarda Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri”, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan 2011.
- [40] PEKEY, H., ARSLANBAS, D., “The relationship between indoor, outdoor and personal VOC concentrations in homes, offices and schools in the metropolitan region of Kocaeli, Turkey”, *Water Air and Soil Pollution* 191, 113-129, 2008.
- [41] PEREIRA, L.D., CARDOSO, E., SILVA, M., “ Indoor air quality audit and evaluation on thermal comfort in a school in Portugal”, *Indoor and Built Environmen*, 10.1177, 2014.



- [42] PİLOTTO, L.S., et al., “Respiratory effects associated with indoor nitrogen dioxide exposure in children”, *International Journal of Epidemiology*, 26 (4), 788–796, 1997.
- [43] RIVAS, I., QUEROL, X., ALASTUEY, A., SUNYER, J., ÁLVAREZ-PEDREROL, M., BOUSO, L., SIOUTAS, C., “Indoor/outdoor relationships and mass closure of quasi-ultrafine, accumulation and coarse particles in Barcelona schools”, *Atmos. Chem. Phys*, 14, 4459–4472, 2014.
- [44] ROVELLÌ, S., ANDREA, C., CAMILLA, P.N., SPINAZZÈ, A., PIAZZA, S., CARRER, P., D.M. cavallo., “Airborne Particulate Matter in School Classrooms of Northern Italy”, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 11, 1398-1421, 2014 .
- [45] RULLO, V.E., et al., “Daycare centers and schools as sources of exposure to mites, cockroach, and endotoxin in the city of Sao Paulo, Brazil”, *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 110 (4), 582–588, 2002.
- [46] SALO, P.M., SEVER, M.L., ZELDİN, D.C., “Indoor allergens in school and day care environments”, *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 124 (2), 185–192, 2009.
- [47] SANDMEYER, E.E., “Aromatic hydrocarbons. S 3253-3431, 1982.
- [48] SANTILLI, J., “Health effects of mold exposure in public schools”, *Current Allergy and Asthma Reports*, 2 (6), 460–467, 2002.
- [49] SCHEEPERS, P.T.J., KONINGS, J., DEMİREL, G., GAGA, E.O., ANZİON, R., PEER, P.G.M., DOGEROGLU, T., ORNEKTEKİN, S., VAN DOORN, W., “Determination of exposure to benzene, toluene and xaylenes in Turkish primary school children by analysis of breath and by environmental passive sampling”, *Science of the Total Environment* 408, 4863-4870, 2010.
- [50] SCHEFF, P.A., et al., “Indoor air quality in a middle school, Part II: development of emission factors for particulate matter and bioaerosols”, *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 15 (11), 835–842, 2000.
- [51] SHENDELL, D.G., et al., “Associations between classroom CO2 concentrations and student attendance in Washington and Idaho”, *Indoor Air*, 14 (5), 333–341, 2004.
- [52] SOFUOGLU, S.C., et al., “An assessment of indoor air concentrations and health risks of volatile organic compounds in three primary schools”, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 214 (1), 36–46, 2011.
- [53] SOYUER, F., M. PER, “Çocuklarda astım ve egzersiz: Derleme”, *Van Tıp Dergisi*: 20(4): 281-287, 2013.
- [54] STRANGER, M., POTGIETER-VERMAAK, S.S., VAN GRIEKEN, R., “Comparative overview of indoor air quality in Antwerp, Belgium”, *Environment International*, 33, 789–797, 2007.
- [55] TASKİNEN, T., et al., “Asthma and respiratory infections in school children with special reference to moisture and mold problems in the school”, *Acta Paediatrica*, 88 (12), 1373–1379, 1999.
- [56] TURAN, D., KOCAHAKIMOĞLU, C., KAVCAR, P., SOFUOĞLU, S.C., “İlköğretim okullarında bina içi hava kalitesi ile ilgili sağlık semptomlarının yaygınlığı”, IX. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi, İzmir, 2009.
- [57] VİEGAS, C., et al., “Air fungal contamination in two elementary schools in Lisbon, Portugal”, In: C.A. Brebbia and J.W.S. Longhurst, eds. *Air pollution XVIII*. Southampton: WIT Press, 305 –311, 2010.
- [58] VURAL, M.S., BALANLI, A., “Yapı ürünü kaynaklı iç hava kirliliği ve risk değerlendirme de ön araştırma”, *Megaron YTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 1(1): 28-39, 2005.
- [59] WARGOCKI, J., et al., “Ventilation and health in non-industrial indoor environments: report from a European Multidisciplinary Scientific Consensus Meeting (EUROVEN)”, *Indoor Air*, 12 (2), 113–128, 2002.
- [60] WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants, WHO European Centre for Environment and Health, Bonn Office, 2010.
- [61] ZHANG, I., QIU, Z., CHUNG, K., HUANG, S., “Link between environmental air pollution and allergic asthma: East meets West”, Vol 7, No 1, 2014.
- [62] ZHAO, J. X., ZHANG, J., ASANO, A., OHNO, Y., OUCHI, T., TAKAHASHI, T., OGAWA, H., IRIKURA, K., THIO, H. K., SOMERVILLE, P. G., FUKUSHIMA, Y., & FUKUSIHMA, Y.,



“Attenuation relations of strong ground motion in Japan using site classification based on predominant period”, Bulletin of the Seismological Society of America, 96(3), 898–913, 2006.

ÖZGEÇMİŞ

Gülen GÜLLÜ

Dr. Gülen Güllü, 1987 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversiteden 1989 yılında Yüksek Mühendis ve 1996 yılında Doktor unvanını almıştır. Orta Doğu Teknik Üniversitesinde 1987-1996 yılları arasında Araştırma Görevlisi, 1996-1999 yılları arasında uzman olarak görev yapmıştır. Doçentlik unvanını 1999 yılında Hacettepe Üniversitesinde Öğretim Üyesi iken alan, Dr. Güllü, 2006 yılında Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde Profesör kadrosuna atanmış, halen Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı olarak görev yapmaktadır. Dr. Güllü, atmosferik kirlilik taşınımı, atmosfer kimyası, iç ve dış ortam hava kirliliği konularında çalışmaktadır. Dr. Güllü, atmosfer kimyası, çevresel veri analizi, çevresel etki değerlendirmesi, çevre kimyası, hava kirliliği kontrol prosesleri ve iklim değişikliği konularında yüksek lisans ve doktora dersleri vermektedir.

