

İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ VE BEBEKLERDE SOLUNUM YOLU HASTALIKLARI ARDASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

**Sanaz LAKESTANI^{1(*)}, Songül ACAR VAİZOĞLU², Bahar GÜÇİZ DOĞAN³, Bülent
ŞEKEREL⁴, Gülen GÜLLÜ⁵**

¹ Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bilimsel Endüstriyel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma
Merkezi (BETUM), Gököy Kampusu, Bolu

² Yakın Doğu Üniversitesi, Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Lefkoşa, Kıbrıs

³ Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Bölümü, 06100 Sıhhiye/Ankara

⁴ Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Pediatrik Alerji ve Astım Ünit, 06100 Sıhhiye/Ankara

⁵ Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Beytepe/Ankara

ÖZET

İç ortam hava kalitesini belirlemek ve muhtemel kirlilik kaynaklarını tespit etmek amacıyla Ankara'nın farklı semtlerindeki yeni doğan bebeklerin evlerinde hava kalitesi izleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Örneklemeler yaklaşık olarak 94 yeni doğan bebek evinde Nisan 2012-Ocak 2014 arasında eş zamanlı olarak iç ortam ve dış ortamda gerçekleştirilmiştir.

Çalışma dört örnekleme dönemince yürütülmüştür; 1. hamileliğinin son 3 aylık döneminde bulunan kadınların evlerinde, bebek doğmadan 3 ay önce (-3, 0), 2. bebek 3-6 aylık olduğu dönem, 3. Bebek 12-14 aylık olduğu dönem ve 4. Bebek 28-31 aylıken.

Evlerin iç ve dış ortamından aktif örnekleme yöntemi ile Tenax TA sorbenti üstüne alınan örneklerde, Termal Desorber- Gaz Kromatografi (TD-GC-MS) sistemi ile Uçucu Organik Bileşikler (UOB) ölçülmüştür.

İç ortamlar içinde havalandırmanın daha seyrek yapıldığı bebek odalarında diğer iç ortamlara göre daha yüksek UOB seviyeleri tespit edilmiştir.

Evde yaşayan bebeklerin örnekleme süresince tutulan sağlık kayıtları sonucu %9'unun herhangi bir sağlık sorunu bulunmadığı, %4'ünün astım, %40'ının alerji, atopik dermatit, egzama, kaşıntı ve %47'sinin bronşit ve bronşiyolit geçirdiği tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucu, ev içinde ölçülen UOB seviyeleri ile astım, alerji, bronşit ve bronşiyolit ile atopik dermatit vakaları arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ilişki bulunduğu tespit edilmiştir. İç ortam hava kirliliği kontrol edilebilir bir parametredir. İç ortamdaki kaynakların tespiti halinde, bunların etkilerinin azaltılması ya da ortadan kaldırılmasına yönelik somut adımlar atılabilir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

İç ortam havası, uçucu organik bileşikler, Bebek sağlığı, Astım, Alerji

(*) sanazlakestani@ibu.edu.tr

ABSTRACT

Air quality monitoring was carried out at the infants homes in Ankara to collect data on the levels of indoor and ambient air constituents, to identify their potential sources. Sampling was conducted simultaneously indoors and outdoors at around 94 infant homes between April 2012-January 2014.

The measurements were performed at four periods; 1. during the third three-master of pregnancy (-3-0), 2. when the babies were 3-6 months old, 3. when the babies were 12-14 months old, and 4. when the babies were 28-31 months old.

VOC samples were collected in Tenax TA sorbent filled tubes with active sampling method and analyzed with Thermal Desorber and Gas Chromatography/Mass spectrometry (TD-GC/MS). Higher VOC levels at the baby's room relative to other indoor environments have been identified due to the less frequent ventilation habits at the baby's room.

From the health records of baby's collected during the entire study period, 9% of the babies are non-sick, 4% diagnosed as asthma, 40% have allergy, atopic dermatitis, eczema, itching and 47% has been diagnosed as bronchitis and bronchiolitis. Results of the evaluation, statistically significant relation between measured VOC levels and asthma, allergies, atopic dermatitis, bronchitis and bronchiolitis cases have been identified.

It is very crucial to identify and minimize the factors that result in early childhood health problems not only to grow health generations but also to minimize health expenditures. Parameters resulting in indoor air pollution are controllable. The mitigation measures to minimize indoor air pollution can easily be applied when the sources are identified.

KEYWORDS

Indoor air, volatile organic compounds (VOCs), Babies health, Asthma, Allergy.

1. GİRİŞ

Çevre ile ilgili hastalıkların görülme sıklığında artış olduğunu gösteren bulgular giderek artmaktadır. Son yıllarda, iç ortam hava kalitesinin insan sağlığı üzerine olan etkileri giderek artan bir ilgi görmektedir. Pek çok kaynaktan iç ortam havasına yayılan kirleticiler, akut ve kronik sağlık sorunlarına sebep olmaktadır. Bebekler ve çocukların çevresel kirleticilere daha duyarlı oldukları çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. Çocukların sürekli büyüme ve gelişme sürecinde olması bunun en önemli nedenlerindendir.

Özellikle bebekler ve çocukların çevresel kirleticilere daha duyarlı oldukları çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. Çocukların sürekli büyüme ve gelişme sürecinde olması bunun en önemli nedenlerindendir. Bebeklerin çevresel kirleticilere daha duyarlı oldukları da çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir.

Anne karnındaki etkilenimler de başta yeni doğanlar olmak üzere bütün bebeklik döneminde etkili olabilecek sonuçlar verebilir. Bebekler zamanlarının yaklaşık %95'ini iç ortamlarda geçirmektedir. Kış aylarında bu süre daha da artabilmektedir. Evlerde bulunan hava kaynaklı kirleticilerden olan parçacık maddeler, gazlar, buharlar, biyolojik kirleticiler ve liflerin sağlığa olumsuz etkileri olabilir. İç ortamlarda yapılacak bazı düzenlemeler ve alınacak bazı önlemlerle iç ortam kirleticilerini ve bu kirleticilerden etkilenimleri, ortaya çıkabilecek sağlık etkilerini azaltmak mümkündür.

Uçucu Organik Bileşiklere (UOB) maruz kalınması durumunda yarattığı sağlık etkileri literatürde yaygın olarak dokümanter edilen hususlardan biridir (Adgate vd., 2004); (Dodson vd., 2007). Yarattığı sağlık riskleri sebebiyle, iç ortam hava kalitesinin tespitinde diğer kirleticiler türlerinin yanı sıra UOB seviyesinin de belirlenmesi önemlidir.

İç ortam UOB seviyesi genellikle dış ortamdan daha yüksek düzeydedir. UOB'ler boya, vernik, yapıştırıcı ve inşaat malzemelerinin yapısında bulunmaktadır (Begerow vd., 1995). Yapılan araştırmalar sonucunda bu malzeme ve ürünlerin kullanıldığı binalarda uçucu organik bileşiklere sıkça rastlandığı bildirilmiştir (Çobanoğlu ve Kipper, 2006); (Spengler vd., 2001).

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Örneklem noktalarının seçimi

Çalışma kapsamında yer alacak evler, hamileliklerinin son 3 ayında bulunan ve araştırmaya katılmayı kabul eden hamile kadınlar arasından seçilmiştir. Gönüllü olmayı kabul eden gebelerin yerleşik adres dağılımı Şekil 1'de görülmektedir. Bu çalışma dört örneklem dönemi ile toplam 94 evde yürütülmüştür. Örneklemelerin büyük bir kısmı Ankara'nın Keçiören, Etlik, Pursaklar, Akyurt semtlerindeki evlerde yapılmıştır. Örneklem grubunda baskın olarak düşük gelir seviyesine sahip kişiler bulunmaktadır.



Şekil 1. Çalışmada yer alan gönüllülerin yaşadığı semtlerin dağılımı

Örnekleme çalışmaları belirlenen evlerde; bebeklerin uyudukları oda, uykuda olmadıkları zamanlarda en çok bulundukları ev içi ortam ve evin dış ortamında eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. İç ortam örnekleme, odanın orta bölümünde yerden 50 cm yükseklikte, dış ortam örnekleme ise örnekleme yapılan iç ortamın dışında binadan yaklaşık 3 m uzakta yerden 1,0 m yükseklikte gerçekleştirilmiştir.

Literatürde yer alan, bebek sağlığı-iç ortam hava kalitesi ilişkisinin tespitine yönelik yapılan çalışmaların eleştirildiği en önemli bölüm, iç ortam örneklemesinin yetişkin seviyesinde yapılan örnekleme sonuçları ile bebek sağlığı ilişkisinin tespit edilmeye çalışılmasıdır (Pediatric Environmental Health, 2nd Ed. Committee on Environmental Health, American Academy of Pediatrics, 2003). Bu çalışmada hedef grup bebekler oldukları için, bu yükseklik bebeklerin yatak yüksekliği veya oyun oynadıkları esnada nefes aldıkları yükseklik olan 50 cm'den gerçekleştirilmiştir.

Örnekleme çalışmaları sırasında konut ve bebek odasının koşullarını değerlendirmek ve daha sonraki ölçümlerde de ev içinde yapılan fiziksel değişiklikleri takip etmek amacıyla bir anket hazırlanmış ve her örnekleme döneminde doldurulmuştur.

Örnekleme dönemlerinin ikisi ilkbahar-yaz dönemine denk gelen Nisan-Temmuz aylarında, diğer ikisi ise sonbahar-kış dönemine denk gelen Ekim-Ocak ayları arasında gerçekleştirilmiştir.

I. Örnekleme Periyodu (-3-0): Bebek daha doğmadan bebeğin odasında yapılacak olan ölçümlerdeki amaç, bebeğin odasında yapılan mobilya, boya vb. değişikliklerin iç ortam hava kalitesine etkilerini tespit etmektir. Bebek odası ile ilgili hazırlıklar genel olarak bu dönemde yapıldığından, hamileliğin son dönemindeki koşulları belirleyebilmek için bu örnekleme periyodu seçilmiştir. Birinci örnekleme çalışması ilkbahar-yaz döneminde tamamlanmıştır.

II. Örnekleme periyodu (3-6 ay): Bu örnekleme dönemi bebeklerin 3 ile 6. ayları arasına denk gelen erken bebeklik döneminin gözlenmesine yöneliktir. Doğumdan sonra örneklemenin gerçekleştirilebileceği en erken zaman olarak bebeklerin 3. ayı seçilmiştir. Bu dönemde doğumu takiben, annenin rahatsızlıkları azalmış, bebeğin günlük rutin düzeni oturmuştur. İkinci örnekleme sonbahar-kış döneminde yapılmıştır.

III. Örnekleme periyodu (12-14 ay): Bu örnekleme dönemi bebeklerin bir yaş öncesindeki yığılımlı etkiyi gözlemek amacıyla seçilmiştir. Üçüncü örnekleme periyodu ilkbahar-yaz aylarında tamamlanmıştır.

IV. Örnekleme periyodu (28-31 ay): Bu örnekleme dönemi bebeklerin 2,5 Yaş öncesindeki yığılımlı etkiyi tespit etmeye yönelik olarak seçilmiştir. Dördüncü ve son örnekleme sonbahar-kış döneminde yapılmıştır.

Hazırlanmış olan 2. anket formu örnekleme dönemleri arasında takip altında olan bebeklerin bu süre zarfında alt solunum yolu hastalığı/enfeksiyonu, alerji ve başka hastalıklar geçirip geçirmediğine, geçirdilerse kaç defa ve hangi aralıklarda geçirdiklerini ve kullandıkları ilaçların ve muayene bulgularının kayıtlarını tutmak amacıyla kullanılmıştır. Takip altında olan bebeklerin annelerinin, bu amaç için geliştirilmiş olan formu doldurmaları istenmiştir.

2.2. UOB örnekleme, kalibrasyon ve analiz yöntemi

Genel olarak, uçucu organik bileşiklerin örneklenmesi ve analizi sırasında US-EPA (Environmental Protection Agency) Metot TO-17 “Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active Sampling Onto Sorbent Tubes” yöntemi esas alınmıştır.

Uçucu Organik Bileşiklerin tayini için, iç ve dış ortam hava örnekleri, 80-85 ml/dk’lık sabit debi ile 45 dakika boyunca bir pompa (SKC-Delux) vasıtasıyla, 500 mg Tenax TA sorbenti doldurulmuş paslanmaz çelik termal desorber örnekleme tüpleri içerisine toplanmıştır.

Toplanan bütün hava örnekleri, TD-GC-MS sistemi kullanılarak, aynı gün içerisinde analiz edilmiştir. Tüpler öncelikle Termal Desorber (TD) cihazında hazırlanan program ile konsantre hale getirilmiş, sonrasında ise konsantre hale gelen uçucu organik bileşiklerin tür ve miktar tayini Gaz Kromatografi-Kütle Seçici Detektör (GC-MS) ünitesi SIM modunda çalıştırılarak yapılmıştır. Örnekleme ve analiz yöntemleri tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Örnekleme ve analiz yöntemleri

Örnekleme	Aktif Tenax tüpü
Örnekleme yöntemi	Aktif örnekleme 45dk
Analitik yöntem (TD-GC/MS)	Termal Desorber-Gaz Kromatografi/Kütle Spektroskopisi Kolon: DB-1 (Agilent J&W Columns, part number 123-1063) ID: 0,32mm, Uzunluk:60m, film 1µm

3. SONUÇLAR

3.1. UOB sonuçları

UOB örnekleme; dört örnekleme dönemi boyunca bebeklerin uyudukları oda ve uykuda olmadıkları zamanlarda en çok bulundukları iki farklı iç ortam ile binanın dışındaki ortamda eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. İç ve dış ortamdaki örnekleme noktalarında ölçülen UOB türlerinin, kaynakları ve ortalama düzeyleri hakkında yapılan değerlendirmeler aşağıda verilmektedir.

3.2 İç ve dış ortam UOB sonuçları

Tüm örnekleme dönemleri süresince ölçümü yapılan; bebek odası, oturma odası, ayrı oda bulunmayan evlerde bebek ve oturma odasının ortak olduğu ve dış ortamlarda gözlenen UOB konsantrasyonları tablo 2’de verilmiştir.

İç ortam UOB kirlenici konsantrasyonlarının standart sapmalarının, ortalamalarından daha büyük olduğu görülmektedir. Literatürdeki çalışmalarda; standart sapma değeri yüksek olan veri setleri normal dağılıma uymadıklarından, bu veri setlerinde ortalama eğilimi tanımlamak için ortanca (medyan) veya geometrik ortalamanın kullanılması önerilmektedir (Pickett ve bell, 2011).

Örnekleme sonucunda en yüksek kirlenici konsantrasyonu, dış ortamda 94,17 µg.m⁻³ ile benzen olarak ölçülmüştür. İç ortam mekanlarına bakıldığında, oturma odasında; toluen 450,99 µg.m⁻³,

n-butilbenzen $59,34 \mu\text{g.m}^{-3}$, oktan $34,02 \mu\text{g.m}^{-3}$, naftalin, $392,65 \mu\text{g.m}^{-3}$, bebek odasında ise etilbenzen $79,3 \mu\text{g.m}^{-3}$, m-p-ksilen $268,05 \mu\text{g.m}^{-3}$, o-ksilen $18,116 \mu\text{g.m}^{-3}$, stiren $121,08 \mu\text{g.m}^{-3}$, hekzan $482,66 \mu\text{g.m}^{-3}$, nonan $67,19 \mu\text{g.m}^{-3}$, n-propilbenzen $78,52 \mu\text{g.m}^{-3}$, 1,2+1,4-dikloro benzen $757,21 \mu\text{g.m}^{-3}$, 2-klorotoluen $16,38 \mu\text{g.m}^{-3}$ ve TUOB $1023,30 \mu\text{g.m}^{-3}$ ile en yüksek konsantrasyon değerlerine ulaşmıştır.

Tablo 2. Evlerin; oturma odası, bebek odası ve oturma bebek odaları aynı olan iç ortalarında yapılan UOB ölçüm sonuçları

Örnekleme	Bebek $\mu\text{g/m}^3$	Oturma $\mu\text{g/m}^3$	Bebek-Oturma $\mu\text{g/m}^3$	Dış Ortam $\mu\text{g/m}^3$
	Ortalama $\pm$ SD*	Ortalama $\pm$ SD*	Ortalama $\pm$ SD*	Ortalama $\pm$ SD*
<i>Aromatik</i>				
Benzen	3,92 $\pm$ 7,00	3,66 $\pm$ 7,29	3,23 $\pm$ 4,90	4,13 $\pm$ 9,71
Toluen	34,54 $\pm$ 50,12	29,32 $\pm$ 44,39	26,80 $\pm$ 56	22,05 $\pm$ 51,36
Etil Benzen	6,17 $\pm$ 8,61	6,32 $\pm$ 8,21	4,81 $\pm$ 5,67	3,37 $\pm$ 4,52
m,p-ksilen	11,84 $\pm$ 20,95	11,37 $\pm$ 15,61	10,00 $\pm$ 11,66	6,36 $\pm$ 9,04
Stiren	6,84 $\pm$ 11,25	6,82 $\pm$ 9,71	7,34 $\pm$ 11,82	2,87 $\pm$ 5,04
o-ksilen	8,59 $\pm$ 11,53	8,43 $\pm$ 9,56	7,17 $\pm$ 8,32	3,86 $\pm$ 5,35
n-propylbenzen	4,40 $\pm$ 6,68	4,17 $\pm$ 6,03	3,23 $\pm$ 3,18	2,04 $\pm$ 2,22
n-butilbenzen	2,06 $\pm$ 2,62	2,25 $\pm$ 4,09	2,14 $\pm$ 3,40	1,97 $\pm$ 3,99
<i>Parafin</i>				
Hekzan	11,49 $\pm$ 48,07	12,73 $\pm$ 49,30	19,30 $\pm$ 53,70	1,03 $\pm$ 8,14
Oktan	3,38 $\pm$ 4,62	3,53 $\pm$ 5,12	2,71 $\pm$ 3,96	1,20 $\pm$ 2,25
Nonan	3,31 $\pm$ 6,97	2,94 $\pm$ 4,72	1,98 $\pm$ 3,03	1,57 $\pm$ 1,58
<i>Poli Aromatik Hidrokarbon</i>				
Naftalin	17,51 $\pm$ 30,48	18,20 $\pm$ 38,36	12,45 $\pm$ 31,92	5,50 $\pm$ 2,35
Halojenler				
1,2+1,4-di cl benzen	14,34 $\pm$ 57,07	13,59 $\pm$ 53,68	10,23 $\pm$ 34,65	1,85 $\pm$ 13,62
2-cl Toluen	0,36 $\pm$ 1,26	0,34 $\pm$ 0,76	0,25 $\pm$ 0,25	0,13 $\pm$ 0,13
TUOB	131,59 $\pm$ 133,43	125,79 $\pm$ 115,39	114,17 $\pm$ 142,00	58,72 $\pm$ 78,33

*Standart Sapma

Toluen ve naftalin tüm evlerde en yüksek konsantrasyona sahip bileşiklerdir ve bu diğer ulusal ve uluslararası çalışmalarla iyi bir şekilde anlaşılmaktadır (Aguilera vd., 2008); (Jia vd., 2008); (Symanski vd., 2009); (Topp vd., 2004).

Dört dönem boyunca farklı mevsimlerde yapılan UOB örnekleme çalışması neticesinde TUOB seviyelerinin mevsimsel olarak değişimi incelenmiştir. Buna göre hem iç ortam hem de dış ortamlara ait verilerin büyük bir bölümünün kış döneminde yaz dönemine oranla daha yüksek

olduğu saptanmıştır. Yaz döneminde ventilasyonun UOB seviyelerinin azalması üzerinde etkili bir mekanizma olduğu yorumunu yapmak mümkündür.

Ölçüm yapılan tüm ortamlarda, en yüksek değerlere II. örnekleme dönemi olan sonbahar-kış döneminde rastlanırken, yaz döneminde TUOB değerleri azalmaktadır. Bebeklerin doğum öncesi dönemde en düşük TUOB değerleri gözlenmiş, en yüksek değerler ise bebeklerin 3-6 ay arasında oldukları kış mevsimine gelen dönemde gözlenmiştir. Bunun nedeninin havaların soğumasıyla birlikte evlerde havalandırmanın en az düzeyde gerçekleştirilmesi olduğu düşünülmektedir. Yapılan anket çalışmalarında eve yeni eşya alımının bebeklerin doğumunu izleyen dönemde olduğu tespit edilmiştir.

Bu nedenle en yüksek değerlerin gözleendiği II. örnekleme dönemi hem yeni eşya alımı, hem kış dönemi olması nedeniyle havalandırmanın en düşük düzeyde tutulması sonucunda olduğu söylenebilir. IV. örnekleme dönemine gelinceye kadar TUOB değerlerinin azalan bir eğilim gösterdiği görülmektedir.

3.3. UOB'lerin iç/dış ortam oranı

Tablo 3'te iç ortam örneklemeleri ile eş zamanlı olarak gerçekleştirilen dış ortam örnekleme çalışmalarının sonuçlarından yararlanılarak elde edilen iç ve dış ortam ortalama konsantrasyon oranları yer almaktadır. Farklı bileşiklerin kaynaklarını tespit etmek için, iç ortam ve dış ortam oranını değerlendirmek yararlı bir yöntemdir. İç ortam/dış ortam oranının birden büyük olması, UOB'lerin iç ortam kaynaklı olduğunu göstermektedir.

Tablo 3. İç Ortam İle Dış Ortam Oranları

Bileşik	B/D*	O/D*	OB/D*
Benzen	0,949	0,886	0,783
Toluen	1,566	1,329	1,215
Etilbenzen	1,829	1,872	1,425
m+p-ksilen	1,861	1,787	1,572
Stiren	2,380	2,373	2,553
o-ksilen	2,222	2,181	1,856
n-propbenzen	2,154	2,041	1,580
n-butbenzen	1,044	1,141	1,088
Naftalin	3,184	3,308	2,262
Hekzan	11,147	12,344	18,715
Oktan	2,827	2,951	2,261
Nonan	2,114	1,878	1,262
1,2+1,4-di klorobenzen	7,756	7,353	5,532
2-kloroToluen	2,759	2,549	1,884
TUOB	2,241	2,142	1,944

*(O: Oturma Odası; B: Bebek Odası; OB: Oturma-Bebek Odası; D: Dış Ortam)

İç ortamda ölçülen kirlenici konsantrasyonları, iç ve dış ortamdaki kaynaklardan etkilenebilir. Özellikle camların açık olduğu, dolayısı ile dış ortam ile etkileşimin fazla olduğu durumlarda, dış ortamdaki kaynaklardan etkilenme ihtimali oldukça yüksektir. Dış ortamda yanma sonucu ve trafiğin etkisi ile hava kirliliği artarken, evlerdeki havalandırma da minimum düzeye indirilmektedir.

İç/Dış ortam konsantrasyon oranları tüm kirleniciler için birden büyüktür ve iç ortamda ölçülen kirlenici konsantrasyonlarının dış ortamda ölçülen konsantrasyonlardan daha yüksek olduğunu görülmektedir. Farklı iç ortam/ dış ortam oranlarına göre; bebek, oturma ve oturma-bebek odalarındaki benzenin dış ortam havasından kaynaklandığı görülmektedir. Ancak iç/dış ortam konsantrasyon oranları, çoğu kirlenici için birden büyük yani iç ortam kaynaklıdır. Örneklemeye yapılan evlerin iç ortamında ölçülen UOB kaynaklarının; temizlik maddesi kullanımı, boya, ısıtma türü (doğalgaz-soba), yün elbiseler için kullanılan naftalin tabletleri ve dış ortamdaki trafik emisyonları olduğu görülmektedir.

4. SONUÇ DEĞERLENDİRME

4.1. Anket değerlendirilmesi ve sonuçları

Bina koşulları, yaşam tarzı, konut ve iç ortam durumları hakkında 30 soru içeren anket, örneklem döneminde katılımcılar tarafından doldurulmuştur.

Ev içinde ölçülen uçucu organik bileşiklerin konsantrasyonları, iç ortamdaki aktivitelere, ev koşulları, yapı malzemeleri, halı, mobilya v.b kirlenici kaynaklarının varlığına göre değişim gösterebilmektedir. UOB konsantrasyonları ile ev koşulları arasındaki ilişki ANOVA analizi ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre UOB konsantrasyonlarına etki eden faktörler; ana caddeye yakınlık, betonarme ev tür yer kaplama türü, mutfak yakıt türü, duvar boya türü olarak tespit edilmiştir. UOB'leri etkileyen diğer faktörler örneklem sırasında pencerelerin açık olup olmadığı, yeni eşyaların olması gibi etmenlerdir.

Binaların şehirlerdeki konumları göz önüne alındığında, bazı kirleniciler için dış ortam kaynaklarının iç ortamdaki konsantrasyon seviyelerine önemli katkısı olabilmektedir. Özellikle endüstriyel bölgelere veya trafiğin yoğun olduğu caddelere yakın binalarda iç ortamdaki kirleniciler için dış ortam önemli bir kaynaktır. Örneklemeye gidilen evlerin %70'inin, ana caddeye yakın olduğu tespit edilmiştir. Hekzanın en önemli kaynaklarından biri trafik olduğu tespit edilmiştir. Ana caddeye yakın olan evlerde benzen, toluen ve hekzan konsantrasyonu yüksek görülmüştür (Tablo 4).

Bu çalışmada, evlerin ısıtma sistemi; % 26 merkezi sistem ile ısınan, %11 odun ve kömürlü soba, %62 kombi (doğalgaz) ve %1 doğal gazlı soba olan evlerden oluşmaktadır. Toluene, m,p-ksilen, stiren, o-ksilen, n-propilbenzen, hekzan, oktan, nonan ve naftalin ile evlerin konut ısıtma türleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Toluene, m,p,o-ksilen, stiren ve hekzan ısıtmak için merkezi sistem bulunan evlerde en yüksek değerlerde görülmüştür. Oktan, n-propilbenzen ve naftalin ısıtmak için doğal gazlı soba kullanılan evlerde ve nonan ısıtma için odun ve kömür kullanılan evlerde yüksek ölçülmüştür.

Evlerin %42'sinde yeni eşya bulunmamaktadır ve %58'inde yeni eşya alınmıştır. 1,2-1,4-dikloro benzen yeni halılardan, döşemelik kumaş ve mefruşattan kaynaklanmaktadır.

Çalışmada evlerin; %60 ahşap ve laminant , %9 PVC ve %31 diğer (boydan boya halı, beton, mozaik ve seramik) ürünler örneğin halıfleks ve benzeri malzemeler ile kaplandığı raporlanmıştır. Toluen, m,p-ksilen, o-ksilen, stiren, n-propilbenzen, hekzan, oktan, nonan ve naftalin ile yer kaplama tipi arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir. m,p,o-ksilen yer kaplama tipi boydan boya halı, beton, mozaik ve seramik olan evlerde yüksek ölçülmüştür. Stiren ve hekzan yer kaplama tipi marley veya PVC olan evlerde ve oktan, nonan ve naftalin ahşap veya laminant olan evlerde yüksek konsantrasyonlarda görülmüştür. Oktan ve nonanı kaynaklarından biri ahşaplar ve parkelerin üzerinde kullanılan cila maddesidir. Yapıştırıcılar stiren ve hekzanın kaynaklarından biri olduğu tespit edilmiştir. Marley ve PVC döşemesi sırasında yapıştırıcı malzeme kullandığından dolayı bu maddelerin konsantrasyonunu etkilemiştir.

Bu çalışmada %33 yeni boyanmış ve %67 boyanmamış ev olduğu bilinmektedir. Boya, vernik, yapıştırıcı, inşaat malzemelerinin yapısında bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda bu malzeme ve ürünlerin kullanıldığı binalarda uçucu organik karbon bileşiklerine sıkça rastlanıldığı ortaya konmuştur (Maroni vd., 1995); (Guo, ve Murray, 2001). Oktan, nonan ile evin yeni boyanma durumu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüştür (Tablo 4). Oktan ve nonan boyalarda çözücü olarak kullandığından dolayı yeni boyanmış evlerde yüksek görülmüştür.

Bazı araştırmalarda evde yaşayan kişi sayısının kirletici miktarlarını etkilediği görülmüştür (Yenisoy Karakaş, 2006). Örneğin dört kişi yaşayan evlerde kullanılan temizlik malzemesi miktarı uçucu organik birleşik konsantrasyonunu etkilemektedir (Samura vd., 2003). Bu çalışmada evlerin %47'sinde 3 kişi, %53'ünde 3'ten fazla kişi bulunmaktadır. Benzen, oktan ve nonan konsantrasyonu ile evde yaşayan kişi sayısı arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Kışa sayısı artıkça aktivitelerde artar, temizlik malzemelerin kullanılması artar ve benzer nedenlerden dolayı UOB'lerin konsantrasyonu 3 kişiden fazla yaşayan evlerde yüksek görülmüştür.

Tablo 4. UOB'lerin Üzerinde Faktörlerin Etkisi

	Ana Caddeye yakın	Konut Isıtma enerjisi	Yani Eşya	Yer kaplama tipi	Yeni boyanmış evler	Evde yasayan kişi sayısı
Benzen	*					*
Toluen	*	*		*		
o-ksilen		*		*		
m,p-ksilen		*		*		
Hekzan	*	*		*		
Stiren		*		*		
Oktan		*		*	*	*
Nonan				*	*	*
n-propilbenzen		*				
1,2+1,4- diklorobenzen			*	*		
Naftalin		*		*	*	

4.2. Bebeklerin sağlık durumu ile UOB'lerin ilişkisinin incelenmesi

Bebeklerin doğumu takiben bebeklerin alt solunum yolu enfeksiyonu ve alerji ile ilintili sağlık kayıtları (hırıltılı solunum, öksürük, besin alerjisi, atopik dermatit ve alt solunum yolu enfeksiyonu) gerek uygulanan anketler ile gerekse de hastaneye başvuruları sonrası doktor kontrolü yolu ile incelenmiştir.

Dört dönem boyunca ölçülen UOB'ler ile 2 yaşına gelen çocuklarda gözlenen bazı hastalıklar arasındaki ilişki ANOVA testi ile karşılaştırılmıştır (Tablo 5). İnceleme için seçilen hastalıklar, doktor tanısı ile kesinleşmiş astım (toplam 3 çocukta gözlenmiştir), alerji (toplam 3 çocukta kesinleşmiştir), atopik dermatit (toplam 17 çocukta gözlenmiştir), bronşit (toplam 7 çocukta gözlenmiştir), ve bronşiolit (toplam 23 çocukta a gözlenmiştir). Uygulanan test sonucunda, astım tanısı konmuş çocukların evlerinde yapılan periyodik ölçümler karşılaştırıldığında, astımlı çocukların soluduğu ortam havasındaki hekzan, diğer evlerden yaklaşık 10 kat daha yüksek olarak gözlenmiştir. Hekzan'nın solunması durumunda neropatik hastalıklara neden olduğu bilinsede literatürde çocukluk döneminde gözlenen astım ile ilişkisi hakkında herhangi bir bilgi mevcut değildir (Cetin vd., 2003). Astımlı çocukların evlerinde hekzan dışında n-propilbenzen ve 2- kloro tolueen konsantrasyonları da 3-5 kat daha yüksek gözlenmiştir. Çeşitli ülkelerde gerçekleştirilen çalışmalarda, düşük dozda uzun süreli UOB'lere (özellikle benzen ve tolueen) maruz kalınması durumunda astım hastalığının arttığına yönelik pekçok çalışma bulunmaktadır (Ojiodu, 2014); (Farrow vd., 2003); (Rumchev vd., 2004).

Alerji gözlenen bazı evlerde aynı zamanda çocuklar astım hastasıdır. Doktor tarafından alerji tanısı konmuş çocukların evlerinde gözlenen 2-kloro tolueen ve hekzan konsantrasyonları, diğer evlere göre 5-10 kat daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Atopik dermatit alerjik hastalıklar grubundan olan bir hastalıktır. Orta ve ağır şiddette atopik dermatitli çocukların %40'ından fazlasında bir alerji vardır. Atopik dermatitin ağırlığı arttıkça alerji riskide artmaktadır.

Çalışmaya katılan çocukların 17 tanesinde (3 tanesi zaten alerjiye sahip çocuklardır) atopik dermatit gözlenmiştir. Bu çocukların evlerinde yapılan ölçümlerde benzen, toluene ve m,p-ksilen konsantrasyonları diğer evlere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek gözlenmiştir.

Bronşit, büyük bronşları, yani soluk borusundan dallanarak akciğerlere yayılan hava borularını örten mukoza dokusunun akut ya da kronik iltihabıdır. İltihap bronşiyol denen küçük bronşlarda oluşursa bronşiolit adıyla anılır. Bronşit tanısı konmuş çocukların evlerinde gözlenen benzen ve n-propilbenzen seviyeleri diğer evlere göre istatistiksel olarak daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bronşiolit geçiren çocukların evlerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek n-propilbenzen gözlenmiştir. Fareler üzerinde yapılan çalışmalarda alkilbenzenlerin (toluen, etilbenzen, n-propilbenzen, p-tert-butiltoluen, vb.) solunum yolu irritasyonuna neden olduğu belirlenmiştir (Su vd., 2013) (Tablo 5).

Tablo 5. İç ortam UOB konsantrasyonları ile çocuk hastalıkları arasındaki ilişki

Hastalık	Parametre	Ortalama Konsantrasyon ($\mu\text{g m}^{-3}$)		Anlamlılık Düzeyi
Astım	Hekzan	+	38,63	P=0,0003
		-	3,38	
	n-propilbenzen	+	7,04	P=0,01
		-	3,09	
	2-klorotoluen	+	6,95	P=0,003
		-	1,09	
Alerji	2-klorotoluen	+	6,33	P=0,009
		-	1,12	
	Hekzan	+	38,22	P=0,0004
		-	3,39	
Bronşit	Benzen	+	5,62	P=0,004
		-	3,96	
	n-propilbenzen	+	3,97	P=0,05
		-	2,93	
Bronşiolit	n-propilbenzen	+	4,82	P=0,04
		-	3,12	
Atopik Dermatit	Benzen	+	5,66	P=0,04
		-	4,08	
	Toluen	+	36,61	P=0,03
		-	24,50	
	m,pksilen	+	14,09	P=0,04
		-	10,5	

(+) Evlerde hasta çocuk var, (-) Evlerde hasta çocuk yok

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın sonucunda vakitlerinin büyük bir kısmını ev ortamında geçiren 0-2 yaş dönemi çocukların kapalı ortamlarda maruz kaldıkları hava kirliliği seviyesinin belirlenmiştir. UOB'lerin ortalama değerlerine göre, bebek odasında ölçülen en yüksek konsantrasyonlar, benzen, toluen, 1,2+1,4-diklorobenzene, oturma odasında ölçülen en yüksek konsantrasyonlar TUOB, n-

butilbenzen, naftalin ve oktana ve oturma-bebek odasındaki en yüksek konsantrasyon ise hegzana aittir.

Çalışma sonucunda, tüm ölçüm dönemlerinde en kirli ortamların bebek odaları olduğu tespit edilmiştir. Bunun en önemli nedeni bebek odalarında yeterli havalandırmanın yapılmamasıdır. Ayrıca, yeni eşya alınması, temizlik malzemeleri ve dezenfektan kullanım sıklığı UOB seviyelerini etkileyen önemli faktörler olarak tespit edilmiştir. İnceleme yapılan dört ölçüm dönemi TUOB konsantrasyonları kıyaslandığı zaman, mevsimsel farklılıklar gözlenmiştir. Ölçüm yapılan tüm ortamlarda, en yüksek değerlere II. örnekleme dönemi olan sonbahar-kış döneminde rastlanırken, yaz döneminde TUOB değerleri azalmaktadır.

Anket çalışmaları kapsamında; evde yaşayan kişi sayısı, duvarlarda kullanılan boya türü, evin bulunduğu kat, konut ısıtma türleri, yer kaplama tipi, örnekleme sırasında pencerenin açık olup olmadığından, yer kaplama tipi, mutfakta yemek pişirmek için kullanılan yakıt türü, yeni eşya, ana caddeye mesafesi ve evin katı gibi faktörler UOB konsantrasyonlarını etkilenmektedirler.

Bebeklerin Sağlık Durumu ile UOB'lerin ilişkisinin incelenmesi sonucu üst solunum yolu hastalığı ve astım belirtisi gösteren çocukların yaşadığı evlerde bir veya bir kaç uçucu organik maddenin konsantrasyonu ortalama değerlerin üzerinde bulunmuştur. Bu hastalıkların UOB'lerle ilişkili olduğu söylenebilir ancak sabit deney koşulları oluşturulmadığı için hangi organik maddenin hangi hastalığa neden olduğunu söylemek mümkün değildir. Aynı şekilde bebeklerde alerji, egzema, atopik dermatit ve döküntü bulunan evlerde yapılan karşılaştırılma benzer sonuçlar vermektedir.

İç ortam havasında seviyeleri ve sağlık etkileri belirlenen kirleticilerin giderilmesi/miktarının azaltılması amacıyla; öncelikle kirleticilerin kaynakları, kullanım amaçları gibi koşullar incelenecek; kirletici yaydığı halde kullanımı kaçınılmaz olan/alternatifi olmayan kaynakların, kirleticiyi ürettikten sonra giderilmesini sağlayacak yöntemler araştırılacaktır. Sağlık etkilerinin giderilmesine ve/veya azaltılmasına yönelik öneriler geliştirilecektir. Bu çalışmada oluşan değerler gelecekte yapılan çalışmalarda referans değerleri olarak kullanılabilir.

Çalışmanın devamında daha büyük bir örnekleme çalışarak bu çalışmada muhtemel sonuçlar olarak verilen sonuçlar kesinleştirilebilir. Kirleticilere uzun süre maruz kalan bireyler ve bu kirleticilere maruz kalmayan benzer cinsiyet ve yaş gruplarında kirleticilere bağlı kronik zehirlenmeler saptanabilir ve alınacak önlemler incelenir. Çalışma daha uzun bir süre ve değişik kirlilik parametrelerine sahip farklı şehirlerde yürütülerek kirleticilerin etkileri daha detaylı bir şekilde incelenebilir.

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK, Proje No: 110Y082) tarafından desteklenmiştir. Özellikle, tüm gönüllü annelere teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Adgate, J. L., Church, T. R., Ryan, A. D., Ramachandran, G., Fredrickson, A. L., Stock, T. H., et al., Oct 2004. "Outdoor, indoor, and personal exposure to VOCs in children," Environ Health Perspect, vol. 112, pp. 1386-92.
- Dodson, R. E., Houseman, E. A., Levy, J. I., Spengler, J. D., Shine, J. P., and Bennett, D. H., 2007. "Measured and Modeled Personal Exposures to and Risks from Volatile Organic Compounds," Environmental Science & Technology, vol. 41, pp. 8498-8505.
- Begerow, J., Jermann, E., Keles, T., Ranft, U., and Dunemann, L., 1995. "Passive sampling for volatile organic compounds (VOCs) in air at environmentally relevant concentration levels," Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, vol. 351, pp. 549-554.
- Çobanoğlu, N. and Kiper, N., 2006. "Bina içi solunan havada tehlikeler," Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, vol. 49, pp. 71-75.
- Spengler, J. D., Samet, J. M., and McCarthy, J. F., 2001. "Indoor Air Quality Handbook," 1 ed: McGraw-Hill Professional.
- Pickett, A. R. and Bell, M. L., 2011. "Assessment of Indoor Air Pollution in Homes with Infants," International Journal of Environmental Research and Public Health, vol. 8, pp. 4502-4520.
- Aguilera I, Sunyer J, Fernandez-Patier R, Hoek G, guirre-Alfaro A, Meliefste K, et al., 2008. Estimation of outdoor NO(x), NO(2), and BTEX exposure in a cohort of pregnant women using land use regression modeling. Environ Sci Technol 42, 815–21.
- Jia C, D'Souza J, Batterman S., 2008. Distributions of personal VOC exposures: a population based analysis. Environ Int 34, 922–31.
- Symanski E, Stock TH, Tee PG, Chan W., 2009. Demographic, residential, and behavioral determinants of elevated exposures to benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes among the U.S. population: results from 1999–2000 NHANES. J Toxicol Environ Health A 72, 915–24.
- Topp R, Cyrus J, Gebefugi I, Schnelle-Kreis J, Richter K, Wichmann HE, et al., 2004. Indoor and outdoor air concentrations of BTEX and NO2: correlation of repeated measurements. J Environ Monit 6, 807–12.
- Maroni, M., Seifert, B., and Lindvall, T., 1995. Indoor Air Quality: A Comprehensive Reference Book: Elsevier Science.
- Guo, H. and Murray, F., 2001. "Determination of total volatile organic compound emissions from furniture polishes," Clean Products and Processes, vol. 3, pp. 0042-0048.

- Yenisoay-Karakaş, S., 2006. "Validation and uncertainty assessment of rapid extraction and clean-up methods for the determination of 16 organochlorine pesticide residues in vegetables," *Analytica Chimica Acta*, vol. 571, pp. 298-307.
- Samura, A., Al-Agha, O., and Tuncel, S. G., 2003. "Study of Trace and Heavy Metals in Rural and Urban Aerosols of Uludağ and Bursa (Turkey)," *Water, Air and Soil Pollution: Focus*, vol. 3, pp. 111-129.
- Cetin, E., Odabasi, M., and Seyfioglu, R., 2003. "Ambient volatile organic compound (VOC) concentrations around a petrochemical complex and a petroleum refinery," *Science of The Total Environment*, vol. 312, pp. 103-112.
- Ojiodu, C. C., 2014. "Seasonal and Temporal Variation of Volatile Organic Compounds (VOCs) Pollution in Isolo Industrial Areas of Lagos State, Southwestern-Nigeria," *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, vol. 7, p. 65.
- Farrow, A., Taylor, H., Northstone, K., and Golding, J., Oct 2003. "Symptoms of mothers and infants related to total volatile organic compounds in household products," *Arch Environ Health*, vol. 58, pp. 633-41.
- Rumchev, K., Spickett, J., Bulsara, M., Phillips, M., and Stick, S., Sep 2004. "Association of domestic exposure to volatile organic compounds with asthma in young children," *Thorax*, vol. 59, pp. 746-51.
- Su, F.-C., Mukherjee, B., and Batterman, S., 2013. "Determinants of personal, indoor and outdoor VOC concentrations: An analysis of the RIOPA data," *Environmental Research*, vol. 126, pp. 192-203.