

2010-2016 YILLARI ARASINDA TÜRKİYE’DE GÖZLENEN KENTSEL HAVA KALİTESİNİN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Elif TOSUN^{1(*)}, Gülen GÜLLÜ²

¹Sağlık Bakanlığı, Türkiye Halk Sağlığı Kurumu, Çevre Sağlığı Daire Başkanlığı, Ankara

²Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara

ÖZET

Fosil kaynaklarının kullanımındaki artış, şehirleşmeyle nüfusun büyük bir oranının şehirlerde yaşamaya başlaması, topografik ve meteorolojik koşullara göre şehirlerin yanlış konumlandırılması atmosfer kompozisyonunda gittikçe artan değişikliklere neden olmaktadır. DSÖ hava kirliliğini, herhangi bir fiziksel, kimyasal veya biyolojik ajan tarafından atmosferin doğal özelliklerinin değişmesi olarak tanımlamakta olup hava kirliliğini sağlığın önemli bir belirleyicisi olarak nitelendirilmektedir. DSÖ tarafından yapılan güncel araştırmalara göre birçok kentsel alandaki hava kalitesinin, insan sağlığını korumak için belirlenmiş eşik değerin üzerinde konsantrasyonlarda seyretmekte olduğu ortaya konmuş, hava kirliliği ve nüfus arasında ilişki bulunduğunu tespit etmiştir. Dünyada her 10 kişiden 9’u sağlık açısından zararlı kabul edilen seviyelerin üzerinde konsantrasyonlara sahip kirleticilere maruz kalmakta olup, bu durum solunum sisteminin olumsuz şekilde etkilenmesinden yaşam kalitesini ciddi oranda etkilenmesine ve ortalama yaşam süresini azalmasına kadar geniş yelpazede etkiler oluşturmaktadır. Hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi verileri izlenmektedir. Ulusal ve uluslararası mevzuatın odak noktası, halk sağlığını tehdit etmeyecek seviyelerde tutulan hava kirliliğinden oluşan olumsuz etkinin en aza indirilmesidir. Hava kalitesi izleme verileri, izleme bölgesinin yakınında yaşayan hedef popülasyonun hava kirliliği kaynaklı maruziyetlerinin tahmininde kullanılabilir.

AirQ+, hava kirletici parametreleri ele alarak, ortamdaki hava kirliliğine uzun veya kısa süreli maruz kalmanın etkilerini değerlendirmeyi amaçlayan DSÖ tarafından geliştirilmiş bir yazılım aracıdır. Çalışmada 2010-2016 yılları arasından hava kalitesi ölçüm istasyonlarından elde edilen hava kalitesi verilerinin zaman içindeki gözlenen değişimi ve bölgeler arası farklılıklar incelenmiş, kirliliğinin yüksek olduğu bölgeler tespit edilmiştir. Bölgeler arasında farklılıklar söz konusu olmakla birlikte Türkiye için mevcut durumda %39,4 olan yetişkinlerde kronik bronşit sıklığının atfedilebilir oranının AB limitlerine uyum halinde %28,2 azalması beklenirken, Muş istasyonu için %60,5 azalacağı öngörülmektedir. Uzun dönem sağlık etkileri arasında yer alan yenidoğan dönem sonrası bebek ölüm sayısının %31,9, çocuklarda bronşitin tekrarlama sıklığı %29,9, astımlı çocuklarda semptomların görülme sıklığının %32,5 oranında azalması beklenirken, DSÖ limitlerine uyum halinde mevcut atfedilebilir oranın dörtte bir oranına kadar düşmesi beklenmektedir.

(*) elif.tosun@saglik.gov.tr



ANAHTAR SÖZCÜKLER

Dış ortam hava kalitesi, Hava Kirliliği, Sağlık Etkileri, AirQ+

ABSTRACT

The increase in the use of fossil resources, urbanization and the fact that a large proportion of the population live in cities and also topographical and meteorological conditions of the cities according to the incorrect positioning are causing increasing changes in the composition of the atmosphere. WHO defines air pollution as a change in the natural properties of the atmosphere by any physical, chemical or biological agent and is described as an important determinant of health. According to recent surveys conducted by WHO, it has been found that air quality in many urban areas is at a concentration above the threshold determined to protect human health, and there is a relationship between air pollution and population. Globally, 9 out of every 10 people are exposed to pollutants with concentrations above the level considered harmful for health for a long time and at high levels. The adverse effects of the air pollution have wide range of effects such as a decrease in the average lifetime, negative way affects on respiratory system and severely affected quality of life. Air quality data are monitored to prevent or reduce the harmful effects of air pollution on the environment and human health and the focus of national and international legislation is to minimize the adverse effect of air pollution, which is kept at levels that do not threaten public health. Air quality monitoring data can be used to estimate air pollution exposures of the target population living near the monitoring site.

AirQ + is a software tool developed by WHO that aims to evaluate the effects of long or short exposure to air pollution in the environment by addressing air pollutant parameters. In the study, observed changes in air quality data obtained from air quality measurement stations over the years 2010-2016 and the differences between the regions were examined. regions where the pollution was high were detected.

It is anticipated that the proportion of chronic bronchitis attributable to adults in Turkey, which is 39.4% in the present case, it will decrease 28.2% by the EU limits, while for Mus stations it will decrease by 60.5%. It is expected that 31.9% of infant deaths, 29.9% of bronchitic recurrences in children and 32.5% of symptom incidence in asthmatic children are expected to be among the long-term health effects by adapt EU limits. It is expected that if it comply with the WHO limits, it will decrease to a ratio of four times the existing attributable rate.

KEYWORDS

Ambient air quality, Air pollution, Health Effects, AirQ+

1. GİRİŞ

Son yüzyılda hızla artan dünya nüfusu ve beraberinde getirdiği enerji ihtiyacındaki artış fosil yakıtların kullanımına, sanayi devrimi ile hızlı endüstrileşmenin etkisiyle kontrolsüz göç ve plansız kentleşmeye sebep olmakla birlikte ciddi düzeyde sağlık ve çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Fosil kaynaklarının kullanımındaki artış, şehirleşme ile nüfusun büyük bir oranının şehirlerde yaşamaya başlaması, topografik ve meteorolojik koşullara göre şehirlerin yanlış konumlandırılması atmosfer kompozisyonunda gittikçe artan değişikliklere neden olmaktadır. İnsan sağlığını veya çevresel dengeleri bozacak şekilde havanın bileşiminin değişmesine ya da havada bulunmaması gereken maddelerin havaya karışması hava kirliliği olarak tanımlanmaktadır. Dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de hava kirliliğinin getirdiği sorunlar ile özellikle kentlerde yaşayan insanları karşı karşıya bırakmaktadır. Ülkemizde %73,9 a ulaşan kentsel nüfus dikkate alındığında yaklaşık 60 milyon insanın hava kirliliğine kaçınılmaz bir şekilde maruz kaldığı anlaşılmaktadır.

Hava kirliliğini herhangi bir fiziksel, kimyasal veya biyolojik ajan tarafından atmosferin doğal özelliklerinin değişmesi olarak tanımlayan Dünya Sağlık Örgütü, hava kirliliğini sağlığın önemli bir belirleyicisi olarak nitelendirilmektedir. Vücudumuzda gerçekleşen çok sayıda reaksiyon ve metabolik olayda oksijen kullanılırken havada bulunan diğer gazlar ve kirleticiler bünyemize dahil olmaktadır. Sağlığın önemli belirleyicilerinden biri olan hava kirliliği ile ilgili yapılan çok sayıda epidemiyolojik çalışma, hava kirliliğinin nüfus üzerinde geniş kapsamlı olumsuz sağlık etkisi olduğunu tespit etmiştir. Son zamanlarda özellikle PM üzerine yapılan çalışmalara önem verilmesinin temel sebebi de bu kirleticinin insan sağlığı ve iklim değişikliği üzerine etkilerinin fark edilmeye başlanmasıdır. Dünya genelinde her 10 kişiden 9'u sağlık açısından zararlı kabul edilen seviyelerin çok üzerinde konsantrasyonlara sahip kirleticilere uzun süre ve yüksek düzeylerde maruz kalmakta olup bu durum solunum sisteminin zarar görmesinden yaşam kalitesini ciddi oranda etkilenmesine ve ortalama yaşam süresini azalmasına kadar geniş yelpazede olumsuz sağlık etkilerini ortaya çıkarmaktadır(DSÖ,2016).

Sağlık üzerindeki risk faktörleri arasında yer alan dış ortam hava kirliliği, 2004 yılı verilerine dayanılarak yapılan Küresel Sağlık Riskleri konulu araştırmada kentsel ölüm ve sağlık etkileri kapsamında yapılan değerlendirmede 14. sırada yer alırken 2016 yılı itibariyle erken ölüm ve sağlık kaybı açısından başlıca sebepler arasında gösterilerek 9. sıraya yükseldiği tahmin edilmekte olup hava kirliliğinin sağlık üzerindeki risklerinin artış gösterdiği anlaşılmaktadır (DSÖ,2009). Hassas gruplar olarak adlandırılan yaşlılar, çocuklar, hamile kadınlar ve astım gibi altta yatan bir hastalığa sahip olan insanlar daha fazla risk altında olup hava kirliliğine maruz kaldığında daha ciddi sağlık etkileri gelişebilmektedir. Ayrıca yoğun trafik güzergahında bulunan ve belirli mesleki ya da sosyoekonomik gruplarda yaşayan insanlar, yoğun endüstriyel faaliyetlerin yakınında bulunan yerleşim yerlerinde yaşayan insanlar dış ortam hava kirliliğine daha fazla maruz kalabilmektedirler (Makri ve Stilianakis, 2008).

DSÖ tarafından yapılan güncel araştırmalara göre birçok kentsel alandaki hava kalitesinin, insan sağlığını korumak için belirlenmiş eşik değerinin üzerinde konsantrasyonlarda seyretmekte olduğu ortaya konmuştur. Hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi verileri izlenmekte olup hava kirliliği ulusal ve uluslararası

mevzuatın odak noktasını oluşturmaktadır. Ülkemizin içinde bulunduğu AB uyum sürecinde çeşitli alanlarda uyum aranmakta olup çevre konusu bu alanlardan birisidir. Yaşam kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla kentlerdeki hava kalitesinin iyileştirilmesi kapsamında HKDY Yönetmeliği ile ulusal kirlilik sınır değerlerinin kademeli olarak azaltılarak AB sınır değerleri ile aynı seviyelere getirilmesi hedeflenmiştir. Hava kalitesinin halk sağlığını tehdit etmeyecek seviyelerde tutulması ile hava kirliliğine maruziyet azalmış olacak böylelikle oluşacak olumsuz etki en aza indirilebilecektir. Hava kalitesi izleme verileri, izleme bölgesinin yakınında yaşayan hedef popülasyonun geçmiş ve mevcut hava kirliliği kaynaklı maruziyetlerinin tahmininde, mevzuat limitlerine kıyasla halk sağlığını tehdit etmeyecek seviyelerin korunup korunmadığının belirlenebilmesinde, kısa ve uzun süreli değerlendirmelerin yapılabilmesinde kullanılabilir.

2. MATERYAL VE METOD

Hava kalitesi izleme ağı kapsamında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı etkin ve verimli bir hava kalitesi izleme ağı yönetimi için Adana, Ankara, Diyarbakır, Erzurum, İzmir, Konya, Marmara ve Samsun olmak üzere 8 Temiz Hava Merkezi belirlenmiştir. Hava Kalitesi İzleme Ağı Web Sitesi'nden (<http://www.havaizleme.gov.tr>) izlenen hava kalitesi verileri online olarak paylaşmakta olup ölçümlerin paylaşılması hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlenmesi veya azaltılması ile ilgili çalışmaların yapılabilmesine imkan sağlamaktadır. Bu çalışmada hava kirleticisi olarak tanımlanan (PM₁₀, SO₂, NO₂, O₃ vb.) parametrelerin, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı aracılığı ile temin edilen 2010-2016 yılları arasındaki ölçüm verileri kullanılmıştır (ÇŞB,2016). Hava kalitesi izleme ağından temin edilen ham verilerin doluluk oranları ve veri kalitesi kontrol edilerek %75 ve üzeri doluluk oranına sahip istasyonlara ait veri setleri oluşturulmuştur. Oluşturulan veri setleri buldukları Temiz Hava Merkezi altında toplanarak parametre bazında gruplandırılmıştır. Değerlendirme yapılabilmesi için Tablo 1 dikkate alınarak parametre bazında saatlik, 8 saatlik maksimum değer ve 24 saatlik ortalamalar baz alınarak mevzuat kapsamında belirlenmiş değerler hesaplanmıştır. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY) Yönetmeliği 06.06.2008 tarih 26898 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanarak yürürlüğü girmiştir. AB hava kalitesi mevzuatının ulusal mevzuata uyumlaştırılması kapsamında yayımlanan yönetmelikte yer alan hava kalitesi limit değerlerinin 2019 yılı sonuna kadar her yıl için belirlenen hedef değerler ile kademeli olarak AB hava kalitesi limit değerlerine indirilmesi hedeflenmekte olup ilgili hava kalitesi standartları Tablo 1'de yer verilmiştir.

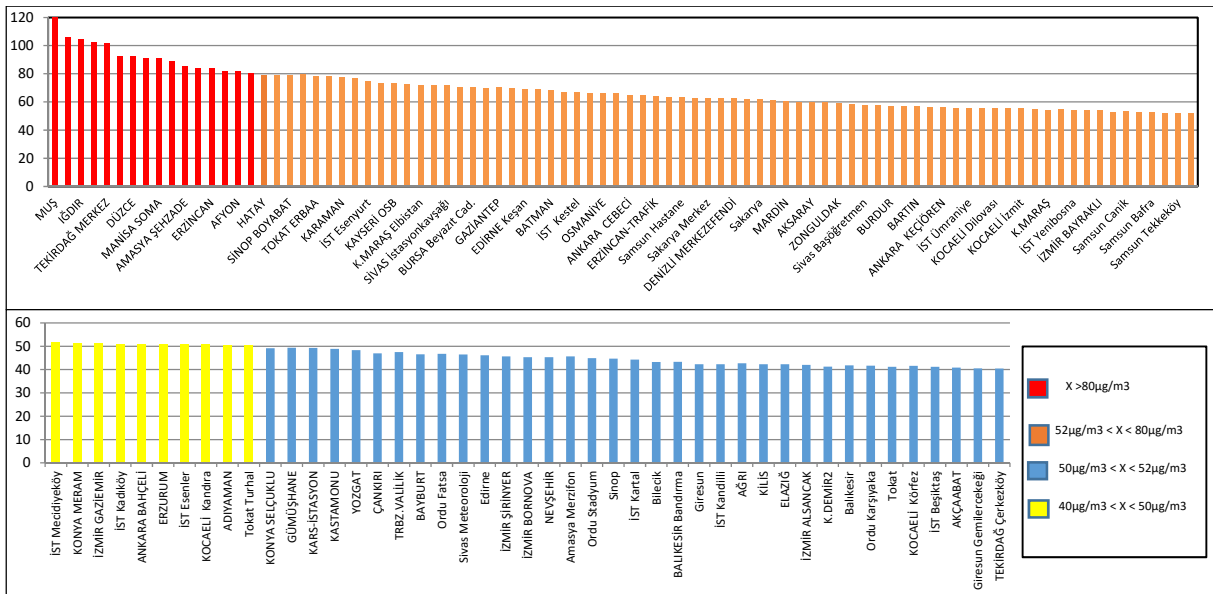
Tablo 1. Hava Kalitesi Direktifi, DSÖ Rehberi HKDY Yönetmeliği 2016 yılına ait azaltım hedefleri kapsamında belirlenmiş hava kalitesi standartları

		HAVA KALİTESİ DİREKTİFİ (EU, 2008)		DÜNYA SAĞLIK ÖRGÜTÜ REHBERİ (WHO, 2006)		HKDY YÖNETMELİĞİ 2016 YILI AZALTIM HEDEFLERİ (ÇŞB, 2008)	
KİRLETİCİ	ORTALAMA SÜRE	KONSANTRASYON	AÇIKLAMA	KONSANTRASYON	AÇIKLAMA	KONSANTRASYON	AÇIKLAMA
PM ₁₀	bir gün	Limit değer 50 µg/m ³	Yılda 35 kereden fazla aşılmamalı	50 µg/m ³	%99'lük dilim (3gün/yıl)	80 µg/m ³	
PM ₁₀	bir takvim yılı	Limit değer 40 µg/m ³		20 µg/m ³		52 µg/m ³	
O ₃	günlük maks. 8saatlik ort.	Hedef değer 120 µg/m ³	Yılda 25 kereden fazla aşılmamalı (3 yıl üzeri için ort)	100 µg/m ³			
NO ₂	bir gün	Limit değer 200 µg/m ³	Bir takvim yılı içerisinde 18 kereden fazla aşılmamalı	200 µg/m ³		280 µg/m ³	(1saatlik)
NO ₂	bir takvim yılı	Limit değer 40 µg/m ³		40 µg/m ³		52 µg/m ³	

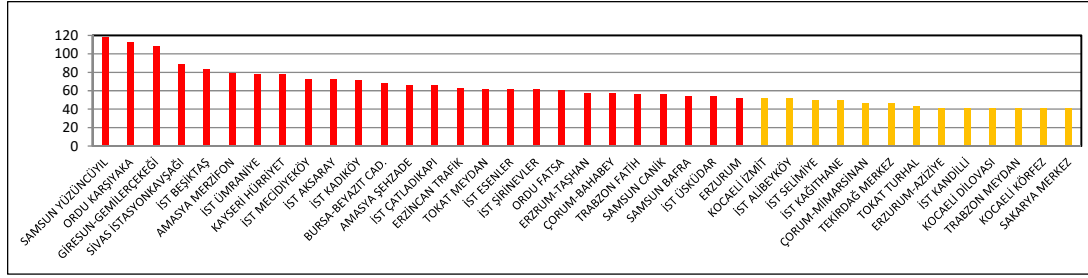
DSÖ tarafından yapılan güncel araştırmalara göre birçok kentsel alandaki hava kalitesinin, insan sağlığını korumak için belirlenmiş eşik değerin üzerinde konsantrasyonlarda seyretmekte olduğu ortaya konmuştur. Hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi verileri izlenmekte olup ulusal ve uluslararası mevzuatın odak noktası halk sağlığını tehdit etmeyecek seviyelerde tutulan hava kirliliğinden oluşan olumsuz etkinin en aza indirilmesidir. Hava kalitesi izleme verileri, izleme bölgesinin yakınında yaşayan hedef popülasyonun geçmiş ve mevcut hava kirliliği kaynaklı maruziyetlerinin tahmininde kullanılabilir. AirQ+, DSÖ Avrupa Bölge Ofisi tarafından geliştirilen hava kirliliğinin sağlık etkilerini ölçmek için kullanılan bir yazılım aracıdır. Hava kirleticilerine dönemsel maruziyet sonucunda akut sağlık sorunlarının ortaya çıktığı ve maruziyet devam ettikçe zamanla bu sorunların kronik hale dönüşebilmektedir. DSÖ tarafından yapılan epidemiyolojik çalışmalar kapsamında oluşturulan AirQ+ yazılım aracı ile PM₁₀, NO₂, O₃ parametreleri ele alınarak ortamdaki hava kirliliğine uzun veya kısa süreli maruz kalınması halinde farklı maruziyet senaryoları ile oluşan sağlık etkileri değerlendirilmiştir.

3. SONUÇLAR

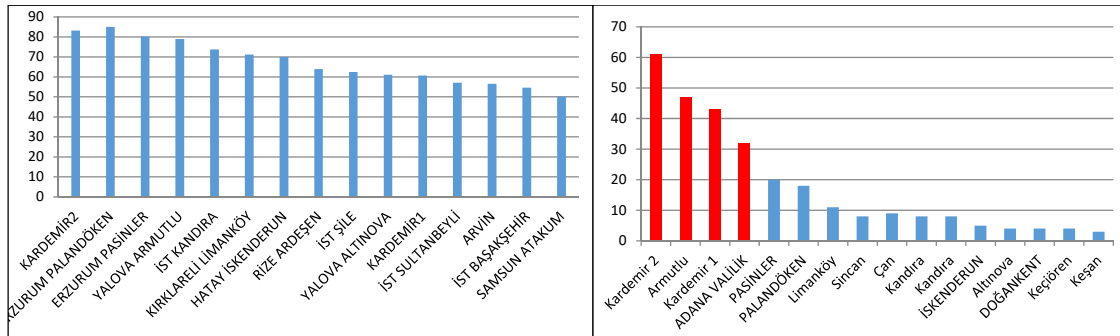
AirQ+ ile hava kalitesinin sağlık verileri üzerindeki atfedilebilir etkisi uzun dönem ve kısa dönem olarak iki grupta incelenmektedir. Hava kalitesinin sağlık etkisinin değerlendirilebilmesinde en önemli basamak bütünü yansıtan, kaliteli ve doğru hava kalitesi verisine ulaşılmasıdır. Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı ile ülkemizin hava kalitesi izlenmekte olup sağlık etkilerinin tespit edilebilmesi için iki ana konuyu bir paydada buluşturacak güvenilir ve karşılaştırılabilir bir değerlendirme aracına ihtiyaç duyulmaktadır. AirQ+ yazılım aracında kullanılacak hava kalitesi verilerinin mevzuat kapsamında değerlendirilmesi ile Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3 ulaşılmıştır. Parametre bazında Temiz Hava Merkezlerinin en kirli istasyonları tespit edilerek sağlık üzerinde atfedilebilir etkinin belirlenebilmesi için ihtiyaç duyulan hava kalitesi verilerine ve ilişkilendirmede kullanılacak verilere bilgilere Tablo 2’de yer verilmiştir.



Şekil 1. 2016 yılına ait PM₁₀ parametresi bazında en kirli istasyonlar(µg/m³)



Şekil 2. 2016 yılına ait NO₂ parametresi bazında en kirli istasyonlar(µg/m³)



Şekil 3. 2016 yılına ait O₃ parametresi bazında en kirli istasyonlar (µg/m³)

Şekil 4. 2016 yılına ait 120 µg/m³ O₃ limit değerini aşan istasyonlar ve aşılan

Tablo 2. PM₁₀, NO₂ ve O₃ parametresine ait en yüksek kirlenme değerine sahip istasyonlar, AirQ+ programı için gereken veriler

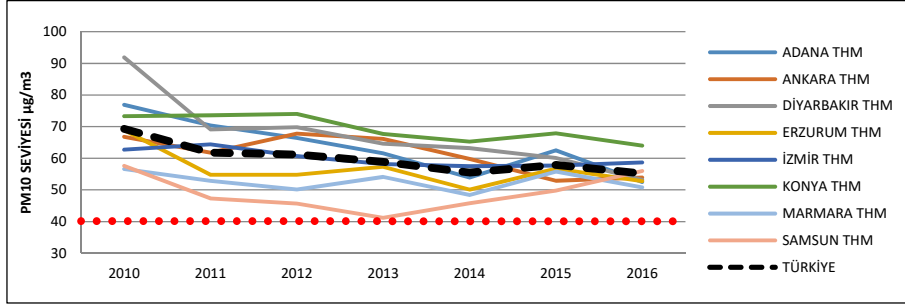
PM10 PARAMETRESİ	ADANA THM	ANKARA THM	DİYARBAKIR THM	ERZURUM THM	İZMİR THM	KONYA THM	MARMARA THM	SAMSUN THM
	Hatay	Düzce	Muş	İğdır	Soma	Hürriyet	Tekirdağ Merkez	Ünye
PM ORT µg/m ³	79,3	92,5	124	104,4	91	102,7	102,5	79,9
LİMİT PM µg/m ³	40 (AB) 20 (DSÖ)	40 (AB) 20 (DSÖ)	40 (AB) 20 (DSÖ)	40 (AB) 20 (DSÖ)	40 (AB) 20 (DSÖ)	40 (AB) 20 (DSÖ)	40 (AB) 20 (DSÖ)	40 (AB) 20 (DSÖ)
NÜFUS	365402	228.470	189.606	134.480	108.213	554.549	176848	122.597
%70 NÜFUS	255781,5	159929	132724,2	94136	75749,1	388184,3	123793	85817,9
INSIDANS	4,50%	6,40%	3,40%	4,10%	7%	5,10%	5,60%	6,90%

NO ₂ PARAMETRESİ	ADANA THM	ANKARA THM	DİYARBAKIR THM	ERZURUM THM	İZMİR THM	KONYA THM	MARMARA THM	SAMSUN THM
	İskenderun	Sihhiye		Erzincan Trafik	Soma	Hürriyet	Beşiktaş	Yüzüncüyıl
NO ₂ ORT µg/m ³	24,1	72,4		113,6	39,4	77,5	83	118
LİMİT NO ₂ µg/m ³	40	40		40	40	40	40	40
NÜFUS	246.639	919.119		154.068	108.213	554.549	189.356	325.666
%5 NÜFUS	12331,95	45955,95		7703,4	5410,65	27727,45	9467,8	16283,3
INSIDANS	4,50%	4,50%		6,80%	7%	5,10%	4,10%	6,40%

O ₃ PARAMETRESİ	ADANA THM	ANKARA THM	DİYARBAKIR THM	ERZURUM THM	İZMİR THM	KONYA THM	MARMARA THM	SAMSUN THM
	İskenderun	Kardemir 2		Palandöken	Soma	Karatay	Armutlu	Ünye
O ₃ SOMO35	5301,3	25002,5		8443,413	2760	1632,9	8618,2	2340
NÜFUS	246.639	134.406		168.430	108.213	308.983	8.688	122.597
%70 NÜFUS	172647,3	94084,2		117901	75749,1	216288,1	6081,6	85817,9
INSIDANS	4,50%	7,10%		5,30%	7%	5,10%	5,4%	6,90%

AirQ+'a ilgili verilerin girilmesi ile elde edilen parametre bazında kısa ve uzun dönem sağlık etkileri ile her bir Temiz Hava Merkezine ait istasyon ve ülke geneli elde edilen sonuçlara Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5'de detaylı bir şekilde yer verilmiştir. Ülke geneli değerlendirme yapılabilmesi için Türkiye'nin PM ortalaması değeri Şekil 5'te yer verildiği gibi 2016 yılı için

55,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ülke nüfusu 2016 yılı TÜİK verilerine göre 79.814.871 kişi, TÜİK İstatistik Bölge Birimleri Sınıflamasına göre 2015 yılı için belirlenmiş kaba ölüm hızı 5,2‰ olarak baz alınmıştır. NO_2 ve O_3 parametreleri ülke genelini temsil edecek boyutta yeterli sayıda istasyon tarafından izlenemediğinden dolayı ülke geneli hesaplaması yapılmamıştır.



Şekil 5. THM bazında 2010-2016 yıllarına ait PM_{10} parametresi seviyesi yıllık ortalamaları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Tablo 3. 2016 yılına ait PM parametresi etki

		UZUN DÖNEM ETKİ									KISA DÖNEM ETKİ		
		yetişkinlerde kronik bronşit insidansı			yenidoğan dönemde bebek ölüm sayısı			çocuklarda bronşitin tekrarlama sıklığı			astımlı çocuklarda sempt. görülme sıklığı		
		Mevcut durum PM etki	limitine uyum halinde PM etki		Mevcut durum PM etki	limitine uyum halinde PM etki		Mevcut durum PM etki	limitine uyum halinde PM etki		Mevcut durum PM etki	limitine uyum halinde PM etki	
			AB	DSÖ		AB	DSÖ		AB	DSÖ		AB	DSÖ
TÜRKİYE	atfedilebilir oran	39,4%	28,3%	10,5%	16,3%	11,1%	3,9%	29,4%	20,6%	7,4%	11,7%	7,9%	2,7%
	atfedilebilir vaka	114335	82065	30431	47197	32249	11174	85358	59897	21520	34	23	8
	risk altında 100000 nüfus için atfedilebilir vaka	205	147	54	85	58	20	153	107	39	61	41	14
	atfedilebilir oran	53,6%	28,2%	10,5%	23,8%	11,1%	3,9%	41,3%	20,6%	7,4%	17,4%	7,9%	2,7%
ADANA (HAATAY)	atfedilebilir vaka	616	325	121	274	128	44	476	237	85	200	92	31
	risk altında 100000 nüfus için atfedilebilir vaka	241	127	47	107	50	17	186	93	33	78	36	12
	atfedilebilir oran	59,9%	28,3%	10,5%	27,6%	11,1%	3,9%	47%	20,6%	7,4%	20,3%	7,9%	2,7%
	atfedilebilir vaka	613	289	107	283	114	39	481	211	76	209	81	28
ANKARA (DUZUCE)	risk altında 100000 nüfus için atfedilebilir vaka	383	181	67	177	71	25	300	132	47	130	51	17
	atfedilebilir oran	71,7%	28,3%	10,5%	36%	11,1%	3,9%	58,4%	20,6%	7,4%	27%	7,9%	2,7%
	atfedilebilir vaka	323	127	47	163	50	17	264	92	33	122	36	12
	risk altında 100000 nüfus için atfedilebilir vaka	244	96	36	123	38	13	199	70	25	92	27	9
DIYARBAKIR (MUS)	atfedilebilir oran	64,8%	28,3%	10,5%	30,9%	11,1%	3,9%	51,6%	20,6%	7,4%	23%	7,9%	2,7%
	atfedilebilir vaka	250	109	40	119	43	15	199	80	29	89	31	11
	risk altında 100000 nüfus için atfedilebilir vaka	266	116	43	127	46	16	212	70	20	94	33	11
	atfedilebilir oran	59,2%	28,3%	10,5%	27,2%	11,1%	3,9%	46,4%	20,6%	7,4%	20%	7,9%	2,7%
ERZURUM (ÜĞÜR)	atfedilebilir vaka	314	105	56	144	59	20	246	109	39	106	42	14
	risk altında 100000 nüfus için atfedilebilir vaka	414	198	73	191	78	27	325	144	52	140	56	19
	atfedilebilir oran	64,2%	28,3%	10,5%	30,5%	11,1%	3,9%	51%	20,6%	7,4%	22,6%	7,9%	2,7%
	atfedilebilir vaka	1220	559	15	603	220	5	1010	408	10	447	157	54
KONYA (HERRAYE)	risk altında 100000 nüfus için atfedilebilir vaka	327	144	53	155	57	20	260	105	38	115	41	14
	atfedilebilir oran	64%	28,3%	10,5%	30,4%	11,1%	3,9%	50,9%	20,6%	7,4%	22,5%	7,9%	2,7%
	atfedilebilir vaka	444	196	73	211	77	27	353	143	51	156	55	19
	risk altında 100000 nüfus için atfedilebilir vaka	359	158	59	170	62	22	285	115	41	126	45	15
MARMARA (TEKİRDAĞ)	atfedilebilir oran	53,7%	28,3%	10,5%	24%	11,1%	3,9%	41,6%	20,6%	7,4%	17,8%	7,9%	2,7%
	atfedilebilir vaka	319	167	54	142	66	20	246	122	38	104	47	16
	risk altında 100000 nüfus için atfedilebilir vaka	372	195	63	165	77	23	287	142	44	121	55	19
	atfedilebilir oran	53,7%	28,3%	10,5%	24%	11,1%	3,9%	41,6%	20,6%	7,4%	17,8%	7,9%	2,7%
SAMSUN (ÜNYE)	atfedilebilir vaka	319	167	54	142	66	20	246	122	38	104	47	16
	risk altında 100000 nüfus için atfedilebilir vaka	372	195	63	165	77	23	287	142	44	121	55	19

Tablo 4. 2016 yılı mevcut ortalama NO_2 parametresine ait etki

		UZUN DÖNEM ETKİ				KISA DÖNEM ETKİ					
		doğal nedenler kaynaklı tüm ölümler		astımlı çocuklarda bronşit semptomlarının görülme sıklığı		günlük max 24 saatlik ort. verilerine göre solunum rahatsızlık. hastane başvuru sayısı		günlük max 1 saatlik ort. verilerine göre solunum rahatsızlık. hastane başvuru sayısı		doğal nedenler kaynaklı tüm ölümler	
		Mevcut	Limit	Mevcut	Limit	Mevcut	Limit	Mevcut	Limit	Mevcut	Limit
ADANA (İSKENDERUN)	atfedilebilir oran	5,5%		2,9%		2,5%		0,3%		0,4%	
	atfedilebilir vaka	3		2		1		0		0	
	risk altında 100000 nüfus için atf. vaka	25		13		12		1		2	
ANKARA (SİHHİYE)	atfedilebilir oran	22,2%	11,4%	12,2%	6,1%	10,5%	5,2%	0,9%	0,5%	1,7%	0,8%
	atfedilebilir vaka	46	23	25	12	22	11	2	1	3	2
	risk altında 100000 nüfus için atf. vaka	100	51	55	27	47	23	4	2	8	4
ERZURUM (ERZİNCAN TRAFİK)	atfedilebilir oran	34,1%	11,4%	19,4%	6,1%	16,9%	5,2%	1,5%	0,5%	2,8%	0,8%
	atfedilebilir vaka	18	6	10	3	9	2	1	0	1	0
	risk altında 100000 nüfus için atf. vaka	232	77	132	41	115	35	11	3	19	6
İZMİR (SOMA)	atfedilebilir oran	11,1%		5,9%		5,1%		0,4%		0,8%	
	atfedilebilir vaka	4		2		2		0		0	
	risk altında 100000 nüfus için atf. vaka	78		42		36		3		6	
KONYA (HÜRRIYET)	atfedilebilir oran	23,8%	11,4%	13,1%	6,1%	11,4%	5,2%	1%	0,5%	1,8%	0,8%
	atfedilebilir vaka	34	16	19	9	16	7	1	1	3	1
	risk altında 100000 nüfus için atf. vaka	121	58	67	31	58	27	5	2	9	4
MARMARA (BEŞİKTAŞ)	atfedilebilir oran	25,4%	11,4%	14,1%	6,1%	12,2%	5,2%	1,1%	0,5%	2%	0,8%
	atfedilebilir vaka	10	5	5	2	5	2	0	0	1	0
	risk altında 100000 nüfus için atf. vaka	104	47	58	25	51	21	5	2	8	3
SAMSUN (YÜZÜNCÜYL)	atfedilebilir oran	35,3%	11,4%	20,1%	6,1%	17,4%	5,2%	1,6%	0,5%	2,9%	0,8%
	atfedilebilir vaka	37	12	21	6	18	5	2	0	3	1
	risk altında 100000 nüfus için atf. vaka	225	73	129	39	112	33	10	3	18	5

Tablo 5. 2016 yılı mevcut ortalama O₃ parametresine ait etki

		solunum rahatsızlık kaynaklı ölümler	inne hariç kardiyovasküler rahatsızlık. için hastane başvurusu	solunum rahatsız. için hastane başvurusu	küçük kısıtlı aktivite gün sayısı	kardiyovasküler rahatsızlık. kaynaklı ölümler	solunum rahatsız. kaynaklı ölümler	doğal nedenler kaynaklı tüm ölümler
		ADANA (İSKENDERUN)	atfedilebilir oran	0,6%	0,4%	0,2%	0,7%	0,2%
	atfedilebilir vaka	5	3	2	5	2	1	1
	risk altında 100000 nüfus için atf. vaka	3	2	1	3	1	1	1
ANKARA (KARDEMİR2)	atfedilebilir oran	7,8%	5,1%	2,5%	8,6%	2,8%	1,7%	1,7%
	atfedilebilir vaka	52	34	17	57	19	11	11
	risk altında 100000 nüfus için atf. vaka	55	36	18	61	20	12	12
ERZURUM PALANDÖKEN	atfedilebilir oran	1,8%	1,2%	0,6%	2%	0,6%	0,4%	0,4%
	atfedilebilir vaka	11	7	4	12	4	2	2
	risk altında 100000 nüfus için atf. vaka	10	6	3	11	3	2	2
İZMİR (SOMA)	atfedilebilir oran	0	0	0	0	0	0	0
	atfedilebilir vaka	0	0	0	0	0	0	0
	risk altında 100000 nüfus için atf. vaka	0	0	0	0	0	0	0
KONYA (KARATAY)	atfedilebilir oran	0	0	0	0	0	0	0
	atfedilebilir vaka	0	0	0	0	0	0	0
	risk altında 100000 nüfus için atf. vaka	0	0	0	0	0	0	0
MARMARA (ARMUTLU)	atfedilebilir oran	1,9%	1,2%	0,6%	2,1%	0,7%	0,4%	0,4%
	atfedilebilir vaka	1	0	0	1	0	0	0
	risk altında 100000 nüfus için atf. vaka	10	7	3	11	4	2	2
SAMSUN (ÜNYE)	atfedilebilir oran	0	0	0	0	0	0	0
	atfedilebilir vaka	0	0	0	0	0	0	0
	risk altında 100000 nüfus için atf. vaka	0	0	0	0	0	0	0

4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada Türkiye 2010-2016 yılları arasından hava kalitesi ölçüm istasyonlarından elde edilen hava kalitesi verilerinin sağlık üzerindeki etkileri ve hastalık yüküne katkıları AirQ+ yazılım aracı ile ortaya konmuştur. Tablo 3'te görüldüğü gibi mevzuat limitlerinin sağlanamaması nedeniyle en çok hastalık yüküne PM10 parametresinin sebep olduğu tespit edilmiştir. PM10 parametresine ait yıllık ortalama verilerinin yıllara göre değişim eğilimine bakıldığında Temiz Hava Merkezi bazında 2010-2016 yıllarına ait yıllık ortalamalarının yer aldığı Şekil 5'te görüldüğü gibi 2010 yılında $69,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olan ülke ortalamasının 2016 yılı itibarıyla %20,3 lük azalma ile $55,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyesine gerilemiş olduğu belirlenmiştir. Ülkemizde genel olarak hava kalitesinde iyileşme görüldüğü ancak Şekil 1'de yer verilen istasyonlarda PM ortalamalarının yüksek seyrettiği ve HKDY Yönetmeliği, Hava Kalitesi Direktifi ve WHO Rehberinde belirtilen limitlerin aşıldığı anlaşılmaktadır. CAFE Direktifi kapsamında $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiş mevzuat limiti ile kademeli azaltım hedefleri kapsamında HKDY Yönetmeliği'nin 2016 yılı limiti olan $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin 35 kereden fazla aşılmaması gerekliliğinin sağlanamadığı anlaşılmaktadır. DSÖ tarafından belirlenen $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ limit değerinin çok üzerinde seyreden ortalamanın insan sağlığını tehdit edebilecek boyutlara ulaşmış durumda olduğu görülmektedir.

Ülke genelinde ozon parametresi ölçümünün yapılabildiği istasyonların Şekil 3'te ve Şekil 4'te kirlilik seviyeleri ve limit aşımalarına yer verilmiş olup Tablo 5'te mevcut duruma ait ortalama O_3 parametresine ait etki hesaplanmıştır. Diğer parametrelere göre etkinin daha az olduğu görülen O_3 maruziyeti güneşin de etkisiyle genellikle yaz aylarında artmakta olup ozonun oluşumunu destekleyen diğer parametrelere bağlı olarak yüksek O_3 seviyesi maruziyete neden olabilmektedir. Bu nedenle ozon ve ozon öncülleri ölçümlerinin yaygınlaştırılması halinde ozon maruziyeti ve sağlık etkileri ile ilgili daha sağlıklı değerlendirme yapılabilecektir.

Kentsel bölgelerde atmosferdeki NO_2 kirleticisinin temel kaynağının trafik olması nedeni ile özellikle trafiğin yoğun olduğu cadde üzerinde bulunan bölgelerde daha yüksek NO_2 seviyeleri gözlenmektedir. Şekil 2'de NO_2 parametresi bazında istasyonların HKDY limiti olan $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve AB limiti olan $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin aşıldığı istasyonlara yer verilmiştir. İstasyonlara ait mevcut NO_2 parametresi yıllık ortalamasına göre uzun ve kısa dönem etkilerine yer verilmiş olup trafiğin ve endüstriyel faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde NO_2 salınımı kapsamında yapılacak iyileşmelerle atfedilebilir sağlık etkisi ve buna bağlı vakaların azaltılabileceği anlaşılmaktadır.

5. TARTIŞMA (VE ÖNERİLER)

Avrupa Çevre Ajansı'nın (EEA) kentsel alanlarda hava kalitesi limit değerlerinin aşılması konusunda yapmış olduğu çalışmalarda hava kirliliğinin sağlık üzerindeki olumsuz etkileri üzerinde durmasının yanı sıra ekonomik etki, yaşam süresinde kısalma, sağlık harcamalarında artış, verimliliğin azalması ile çalışma süresince yaşanan kayıplar nedeniyle özellikle PM, O_3 ve NO_2 parametreleri üzerinde durarak maruziyet kaynaklı etki izlenmesi üzerinde çalışılmaktadır (EEA, 2016). Benzer nitelikte ülkemizde de bu parametrelerinin ve etkilerinin değerlendirilmesi oldukça önemlidir.

Ülkemizde yaygın bir şekilde PM₁₀ ve SO₂ parametrelerine ait ölçümlerin yapılmakta olduğu ancak diğer parametrelerin (O₃, NO₂, PM_{2,5} vb.) ölçümlerinin yeterli oranda yapılamadığı görülmektedir. Özellikle yer seviyesi O₃, PM_{2,5} ve NO₂ parametreleri gibi insan sağlığını tehdit edecek boyutlara ulaşan kirleticilerin izlenebilmesi halk sağlığını tehdit eden kirliliğin yoğunlaştığı bölgelerin tespit edilebilmesi ve müdahale edilebilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu kapsamda ölçüm yapan istasyonların sayısının artırılmalı, bu istasyonların bahsi geçen parametreleri de kapsayacak ölçümlerin sürekliliği sağlanmalıdır.

2016 yılı hava kalitesi izleme verilerine istinaden AB limit değerlerini sağlayabilecek istasyonların sayısı oldukça az olduğu görülmektedir. Bu aşamada uyum kapsamında belirlemiş HKDY kademeli azaltım hedeflerinin tüm istasyonlar tarafından yakalanmasının mümkün olmadığı anlaşılmaktadır. Ülkemizde PM parametresinin en yüksek olduğu illerde kent merkezinin büyük kısmı topografik yapı itibarıyla çukurda kaldığı ve bu nedenle hava kirleticilerinin dağılamadığı görülmektedir. Bazı bölgelerdeki karasal iklim koşulları nedeniyle sert geçen kış aylarında ısınma ihtiyacından kaynaklanan kömür gibi yakıtların kullanımı nedeniyle kirlilik oranlarında artış görülebilmekte olup dönemsel olarak maruziyet ile karşı karşıya kalınmaktadır.

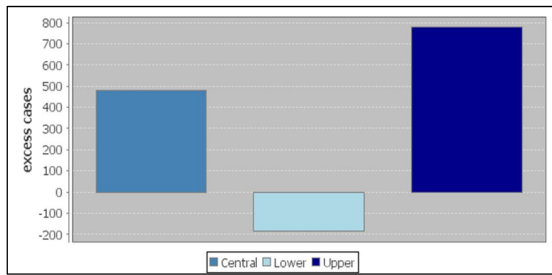
PM parametresi uzun dönem ve kısa dönem etkileri ile çocuklarda ve yetişkinlerde bronşit ve astım semptomlarının görülme sıklığı ve yenidoğan dönem sonrası görülen ölümlerin sayıları ilişkilendirilmiştir. Temiz Hava Merkezlerinin 2016 yılı verilerine göre en kirli istasyonlarına yer verilen Tablo 3'te görüldüğü gibi bölgeler arasında farklılıklar söz konusudur. Türkiye için yapılan değerlendirmede hava kirliliğinin mevcut durumda %39,4 olan yetişkinlerde kronik bronşit sıklığının atfedilebilir oranının AB limitlerine uyum halinde %28,2 azalması beklenirken, kirliliğin en yüksek olduğu bölgelerden biri olan Muş istasyonu için %60,5 azalacağı öngörülmektedir. Uzun dönem sağlık etkileri arasında yer alan yenidoğan dönem sonrası bebek ölüm sayısının %31,9, çocuklarda bronşitin tekrarlama sıklığı %29,9, astımlı çocuklarda semptomların görülme sıklığının %32,5 oranında azalması beklenirken, DSÖ limitlerine uyum halinde mevcut atfedilebilir oranın dörtte bir oranına kadar düşmesi beklenmektedir. Kirliliğin yüksek olduğu bölgelerde mevzuat limitlerinin sağlanması halinde uzun ve kısa dönem etkilerinin mevcut durumda atfedilen oranın ciddi oranda azalması beklenirken, Muş örneğinde görüldüğü gibi risk altında 100000 kişilik nüfus için atfedilebilir yetişkinlerde kronik bronşit vaka sayısının 40 µg/m³ olan AB limit değerinin sağlanması halinde 148, 20 µg/m³ olan DSÖ limitinin sağlanması halinde vakanın 208 kişi azaltılabildiği belirlenmiştir.

DSÖ, belirlediği limit değerleri sağlık etkilerinin en aza indirildiği konsantrasyon değeri olarak tanımlamakta olup PM parametresi için zararsız kabul edilebilecek bir alt sınır değerinin bulunmadığını belirterek sağlık etkilerinin değerlendirilmesinde Tablo 1'de yer verilen limitleri baz almaktadır (WHO, 2014b). Bu kapsamda Tablo 3'te ve Tablo 4'te detaylandırıldığı gibi hava kirliliğinin azaltılması ile hastalık yükünün azaltılmasının mümkün olduğu açıkça görülmektedir.

Temiz Hava Merkezlerinde yapılan ölçümlerde NO₂ parametresine ait en yüksek kirletici değerine sahip istasyonlara bakıldığında ölçüm yapılırken trafik istasyonu ve sabit istasyon olarak farklı istasyon tiplerinin olduğu görülmektedir. Trafik istasyonlarında kaynağa yakınlık nedeniyle daha yüksek miktarda NO₂ ölçümünün yapıldığı görülmektedir. Temiz Hava

Merkezlerinde yapılan ölçümlerde NO₂ parametresine ait en yüksek kirlenme değerine sahip istasyonlara Şekil 2’de yer verilmiştir. Kent merkezindeki nüfus ve trafik yoğunluğunun fazla olduğu noktalarda özellikle cadde üzerinde yaşayanların yüksek oranda NO₂’e maruz kalmaktadır. Solunum yolları rahatsızlıkları ve doğal kaynaklı tüm ölümler ile Tablo 4’te ilişkilendirilen sağlık etkileri ve atfedilebilir vaka sayılarından da görüldüğü gibi NO₂ kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde alınacak önlemler ile mevzuat limiti olarak belirlenmiş 40 µg/m³ değerine indirilerek uzun ve kısa dönem etkileri nedeniyle ortaya çıkan vaka sayısının azaltılabileceği anlaşılmaktadır.

Şekil 3’te görüldüğü gibi özellikle kırsal alanlarda ve endüstriyel faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde yüksek O₃ seviyelerine maruz kalındığı görülmektedir. Ozon ve ozon öncülleri ölçümlerinin meteorolojik faktörler ile birlikte yapılması halinde taşınım veya reaksiyon sonucu oluşan ozon miktarı tespit edilebilecek olup ozon maruziyeti ile ilgili daha sağlıklı değerlendirme yapılabilmesi mümkün olacaktır. Diğer kirlenmelerde olduğu gibi ozonun da hassas gruplar (dış ortamda çalışan yetişkinler, dışarıda oynayan çocuklar, solunum ve kalp rahatsızlıkları olan kişiler) üzerinde olumsuz etkisinin daha ciddi bir şekilde görüldüğü bilinmektedir.



Şekil 6. Atfedilebilir vaka sayısı örneği

Atfedilebilir vaka sayısının Şekil 6’da görüldüğü gibi en az, ortalama ve en çok olmak üzere 3 aşamada değerlendirilen AirQ+ programına göre hassas gruplar üzerindeki etkiler, yaşam koşulları, beslenme alışkanlıkları gibi değişkenlerin etkilerine göre şekillenmekte olup çalışma kapsamında central (ortalama) değerler baz alınmıştır.

Dünya Sağlık Örgütü tarafından 2008 yılında yapılan tahminlerin 2012 yılına ulaşıldığında çok üzerinde seyrettiği belirtilerek maruziyet-cevap ilişkisinin daha kapsamlı bir şekilde incelenmesi ile kirliliğe maruz kalma-sağlık maliyetleri arasında daha yakın kanıt ve ilişkinin kurulabileceği üzerinde durulduğu görülmektedir. Yalnızca kentsel alanların değil kırsal alanlarında maruziyet ve etkinin tespiti ile ilgili yapılacak çalışmalara dahil edilmesi gerekliliği vurgulanmaktadır (WHO,2014a). Epidemiyolojik çalışmalar ve araştırmalar neticesinde hava kalitesinin sağlık etkileri boyutunun önemi günden güne daha iyi anlaşılakta, kirliliğe maruziyet-hastalık yükü ilişkisi üzerine daha kapsamlı çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Hastalık yükü üzerinde hava kirliliğinin atfedilebilir katkısının kanıtlandığı bu çalışma ile hastalık yükünü etkileyen diğer faktörlerin de (hassas gruplar ve yaş dağılımları, kirlenme kaynakları ve limitlerin aşıldığı günler vb.) dikkate alındığı daha detaylı çalışmaların önemi ve gerekliliği ortaya çıkarılmıştır.

KAYNAKLAR

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016. Hava Kalitesi İzleme Ağı <http://www.havaizleme.gov.tr>, Erişim Tarihi: 03 Eylül 2017
- ÇŞB, 2008. Hava Kalitesinin Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete sayı 26898 <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.12188&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=hava%20kalitesi> Erişim Tarihi: 01 Haziran 2017
- EEA, 2016. Air quality in Europe - 2016 report, EEA Teknik Rapor, No. 28/2016, Copenhagen, sf.11-14.
- EU, 2008. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe, OJ L 152, 11.6.2008, pp 1-44 <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0050> Erişim Tarihi: 01 Haziran 2017
- Makri A., Stilianakis N.I., 2008. Vulnerability to air pollution health effects. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 326-336
- WHO, 2016. Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease, Geneva, sf.33. <http://who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/>, Erişim Tarihi: 10 Temmuz 2017
- WHO, 2009. Global Health Risks Mortality and burden of disease attributable to selected major risks, Bölüm 2, sf.10
- WHO, 2006. Air Quality Guidelines: Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf Erişim Tarihi: 01 Haziran 2017
- WHO, 2014a. Burden of disease from Ambient Air Pollution for 2012, Summary of results, http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/AAP_BoD_results_March2014.pdf Erişim Tarihi: 03 Eylül 2017
- WHO, 2014b. Ambient(outdoor) air quality and health, Fact sheet No 313 updated March 2014, World Health Organization <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/> Erişim Tarihi: 07 Eylül 2017