

Hakemli Makale
Reviewed Article

Coğrafi Faktörlere Bağlı Olarak Erzurum Kentinde Hava Kalitesinin Zamansal ve Mekânsal Değişiminin Belirlenmesi

Determination of Temporal and Spatial Distribution of Air Quality in Erzurum City Depending on Geographic Factors

İbrahim KOPAR^a, Murat ZENGİN^b

a)Atatürk Üniversitesi Edebiyat Fakültesi
Coğrafya Bölümü, Erzurum.
(ikopar@atauni.edu.tr)

b)Kahramanmaraş Sütçü İmam
Üniversitesi Orman Fakültesi Peyzaj
Mimarlığı Bölümü, Kahramanmaraş
(мурatzengin@ksu.edu.tr)

Geliş/Received : 18.05.2009
Kabul/Accepted: 21.12.2009

Sorumlu yazar/Corresponding author
(İ. Kopar) ikopar@atauni.edu.tr

ÖZET

Erzurum şehrinin sahip olduğu çevre sorunlarının başında hava kirliliği gelmektedir. Doğal ve beşeri coğrafya faktörlerinden kaynaklanan kirlilik sorunu, 2005–2006 yanma döneminde doğalgaza geçilmesinin ardından istatistiksel olarak anlamlı azalmalar gösterse de, hala insan sağlığını tehdit eden boyutlardadır. Erzurum kentinde hava kalitesinin zamansal ve mekânsal gelişimini belirlemek amacıyla 1990–2008 yılları arasındaki SO₂ (Kükürt dioksit) ve PM (Partikül Madde) konsantrasyonlarının, coğrafi faktörler ve ölçüm değerlerine bağlı kalınarak analizi yapılmış ve değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, diğer çalışmalardan farklı olarak, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tekniklerinden yararlanılarak kent merkezli, belli dönemleri esas alan SO₂ ve PM ölçüm değerlerine ait mekânsal analiz haritaları oluşturulmuştur. Sonuçta, 1990-2008 yılları arasında kent merkezinde SO₂ miktarının yaklaşık 3,7 kat, PM miktarının ise 4 kat azaldığı tespit edilmiştir. Erzurum kentinde hava kalitesinin hissedilir şekilde iyileşmesinde doğalgaza geçiş ve alınan yasal tedbirlerin etkili olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hava kirliliği, Hava kalitesi, Erzurum, Türkiye

ABSTRACT

Among the most important environmental problems, air pollution is in the first rows in the city of Erzurum. Even though there was a statistically significant decrease in air pollution caused by natural and anthropological factors with the beginning of natural gas use in the fuel – burning term of 2005–2006, the extent of air pollution is still at a level, which threatens public health. In order to determine the temporal and spatial distribution of air quality in Erzurum, concentrations of SO₂ (Sulfurdioxide) and PM (Particle Materials) between 1990 and 2008 were analyzed and evaluated considering geographic factors and measurement values. This study is unique since from the findings of the study, spatial analysis charts belonging to measured SO₂ and PM values were drawn using GIS (Geographical Information Systems) techniques and considering only the urban area and certain periods. It was determined that between 1990 and 2008 concentration of SO₂ decreased 3.7 folds while this rate is four folds in PM concentration. The reason for this improvement may be the extensive use of natural gas and effective legal measurements.

Key words: Air pollution, Air quality, Erzurum, Turkey

GİRİŞ

Kısa bir tanımla hava kirlenmesi; renksiz ve kokusuz bir gaz karışımı olan atmosferin, insan faaliyetleri sonucu bo-

zulmasıdır (NİŞANCI, 1986a: 313). Kirli hava kentsel sorunlar arasında insan sağlığını doğrudan ilgilendirmesi nedeniyle en başta gelen konudur. Çünkü sağlıklı bir insan gün-

de 16 kg hava solumaktadır ve kirleticiler havadaki oksijeni azaltarak hava kalitesini düşürmektedir (AVVANAVAR ve MANİ, 2007: 250). Çalışmaların çoğunda kalabalık şehirlerdeki temiz havanın özellikle SO₂ ve PM (Kükürtdioksit ve Partiküler Madde) gibi ajanlar tarafından kirletildiğine vurgu yapılmaktadır (ŞAHİN, 1987; BONCUKCUOĞLU vd., 1992; FENGER, 1999; KOCADAĞISTAN vd., 2002; BAYRAKTAR vd., 2002; TURALIOĞLU ve BAYRAKTAR, 2004; BAYRAKTAR vd., 2005; SEVER, 2008).

Genellikle kent havasındaki SO₂ ve PM emisyonlarının yönetmelikle belirlenmiş düzeylerin üzerinde seyretmesinde ısıtmaya yönelik yanma olayı en önemli etken olarak gözükmektedir¹. Kalitesiz yakıt kullanımı ve doğalgaza geçiş sürecindeki gecikmelerin sorunun içinden çıkılmaz boyutlara ulaşmasına yol açtığı ve bu süreçte alınan kurumsal tedbirlerin ise tam olarak sorunları çözemediği tespit edilmiştir. Şehirsel hava kirliliğinde daha büyük bir sorun olarak topografik özellikleri hava akımlarını engelleyen şehirlerde kaliteli yakıt kullanılsa dahi belli hava durumlarında kirlilik kaçınılmaz olmaktadır. Konutlar ve endüstriyel alanlarda soğuk dönemdeki yanma olayına paralel olarak şehir trafiğine katlanarak ilave olan motorlu taşıtlardan bırakılan ekzos gazları, sorunun daha da büyümesine neden olmaktadır.

Erzurum şehri hava kirliliği problemini, uzun zamandır yaşayan kentler arasındadır (Şekil 1). Şehir halkı da bu kirliliğin farkındadır. Nitekim Erzurum kentinde hava kirliliğine karşı halkın duyarlılığını belirlemek amacıyla 300 kişiyle karşılıklı görüşülerek yapılan bir ankette, katılımcıların % 66 sı, şehrin en önemli çevre sorununun hava kirliliği olduğunu, %94 ü ise kirlilikten etkilendiklerini ve kirlilik probleminin ısınma amacıyla kullanılan yakıttan kaynaklandığını belirtmiştir (YILMAZ ve SEZEN (ÖZ) 2004: 199)

İklim koşullarının yılın büyük bir bölümünde elverişsiz şartlar göstermesi, topoğrafik özelliklerin uygun olmaması ve beşeri coğrafya etmenleri hava kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır.

Türkiye'nin topoğrafik bakımdan en yüksek yerinde kurulmuş şehirlerinden biri olan Erzurum, daha 2004 yılına kadar kirlilik düzeyinin en yüksek olduğu iller sıralamasında SO₂ konsantrasyonları bakımından iki, PM bakımından ise üçüncü sırada yer almaktaydı (KIRIMHAN, 2005: 118–119). Soğuk dönemde tüm çabalara rağmen SO₂ ve PM madde konsantrasyon oranı yönetmeliklerle belirlenen kısa ve uzun vadeli sınır değerlerin altına düşürüleliyordu. Doğalgazın 2005 yılı sonunda alt yapısı tamamlandıktan ve 2006 yılından itibaren konut ve işyerlerinde, hedeflenen ölçekte olmasa bile, kullanılmaya başlanmasının ardından hava kalitesinde istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler kaydedilmiştir. Bugün itibarıyla hedeflenen kalite değerlerine ulaşamaması, üzerinde önemle durulması gereken bir sorun olarak varlığını sürdürmektedir.

Bu çalışmada, Erzurum'un emisyon (SO₂ ve PM) değerlerine ve şehir hava kalitesini doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen coğrafi faktörlere bağlı olarak hava kirliliğinin zamansal ve mekansal değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

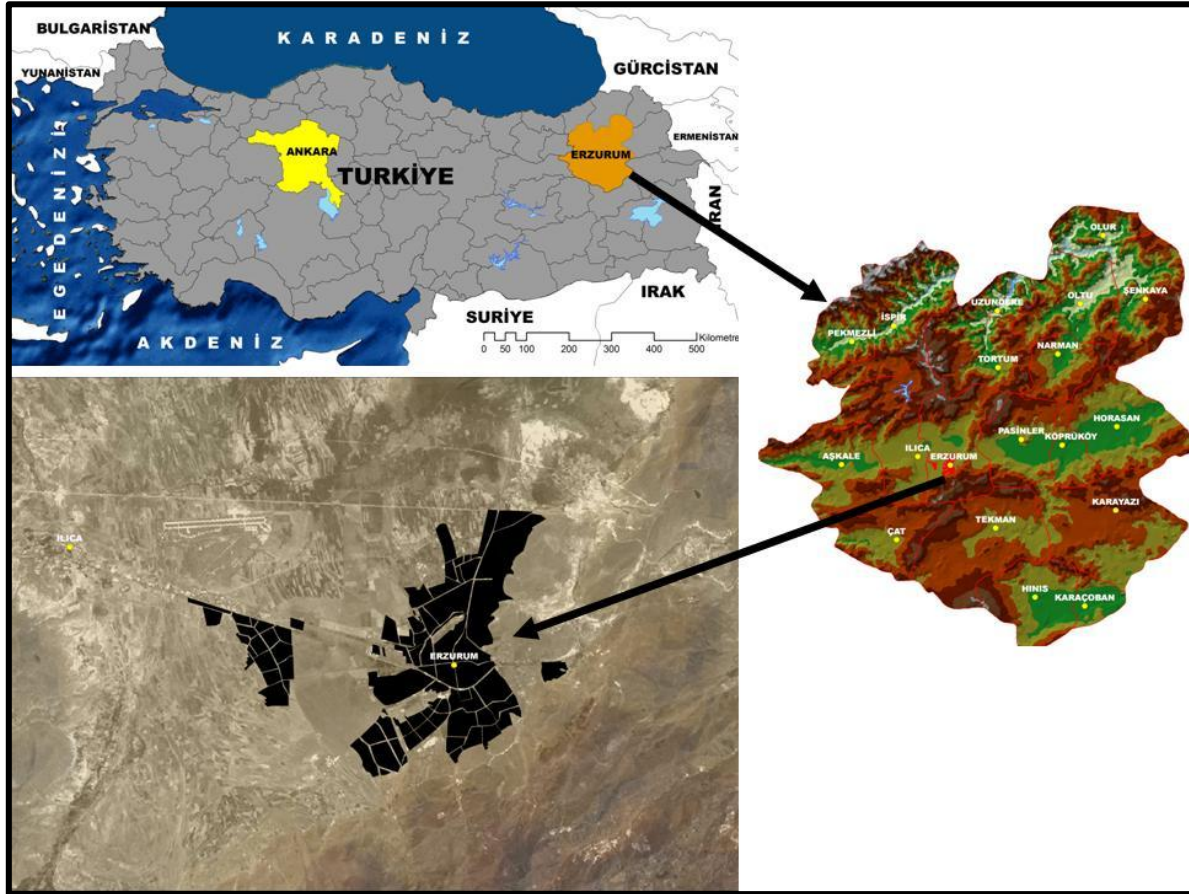
Çalışmanın materyalini, Erzurum kentinde SO₂ ve PM ölçümü yapan istasyonların ölçüm değerleri ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden sağlanan meteorolojik veriler oluşturmaktadır. Erzurum'da şehir hava kalitesini etkileyen SO₂ ve PM ölçümleri Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi ve Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Erzurum Bölge Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Ölçümlere 1979 yılında 9 istasyonla başlanmış olup halen 6 istasyonla (Atatürk Üniversitesi, Aziziye İlköğretim Okulu, 12 Mart İlköğretim Okulu, Devlet Demir Yolları, Yakutiye Belediyesi, Hıfzıssıhha Enstitüsü Bölge Müdürlüğü) devam edilmektedir. Çalışmada kullanılan verilerin önemli bir bölümü Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi, Refik Saydam Erzurum Hıfzıssıhha Merkez Bölge Müdürlüğü ve İl Çevre ve Orman Müdürlüğü'nden sağlanarak, çalışmanın amacına uygun olarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) araç olarak kullanılmıştır. İlk olarak ölçüm istasyonları için ulusal koordinat sistemine göre (UTM - 37 Zone) ArcGIS 9,1 yazılım programı yardımıyla noktasal veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanına 1990 yılından 2008 yılına kadar temin edilen SO₂ ve PM ölçüm değerleri girilmiştir. Bu ölçüm değerlerine bağlı kalınarak, SO₂ ve PM mekansal analiz haritaları ArcGIS 9.1 programındaki Spatial Analyst modülü altındaki "Inverse Distance Weighted (IDW)" komutu kullanılarak hazırlanmıştır. IDW; belirli bir lokasyon ve bu lokasyona yakın olan noktaların tahmin hesaplamasında daha ağırlıklı rol alması ve daha uzak olan noktaların ise daha az etkili olması ilkesine dayalı olan bir enterpolasyon tekniğidir (İŞLEM ŞİRKETLER GRUBU, 2008). Bu tekniğe bağlı olarak hazırlanan haritalar ile mekânsal analizler gerçekleştirilmiş ve kentsel gelişime bağlı olarak değişim gösteren SO₂ ile PM miktarlarının yayılış alanları belirlenmiştir.

HAVA KALİTESİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİNİ ETKİLEYEN COĞRAFİ FAKTÖRLER

Hava kalitesini doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen coğrafi faktörler; Doğal ve beşeri faktörler olmak üzere iki kategoride değerlendirilebilir. Doğal faktörler; topografik ve iklimsel özellikler (sıcaklık, nispi nem ve yağış, inversiyon, basınç ve rüzgârlar), beşeri faktörler ise; hızlı nüfus artışı, düzensiz kentleşme, gecekondulaşma, fosil yakıtlar, motorlu taşıtlar, şehir merkezli alternatifsiz ulaşım güzergâhları, bireysel duyarlık ve kurumsal denetim faktörleridir.

¹ 02.11.1986 tarih ve 19269 sayılı Resmi Gazete de yayınlanan Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği.



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası.

Figure 1. Location map of study area

Doğal coğrafya faktörleri

a. Topografik Faktörler: Hava kirliliğinin derecesi ve yerleşme biriminde kalma süreleri üzerinde topoğrafik faktörler etkili olmaktadır (Özdemir ve Boyraz, 2002; 176). Erzurum şehri, 3000 metrenin üzerinde yükseltiye sahip dağ ve platolarla kuşatılmış tektonik kökenli bir depresyonun güneydoğusundaki birikinti yelpazesi üzerinde kurulmuştur. $40^{\circ} 15' - 42^{\circ} 35'$ doğu boylamları ve $40^{\circ} 57' - 39^{\circ} 10'$ kuzey enlemleri arasında yer alan depresyonunun tabanı 1859 metre ortalama yükseltiye ve yaklaşık 825 km^2 yüzölçüme sahip olup ova karakteri göstermektedir. Depresyonun doğusu kısmen bataklıklarla kaplı olup, havzanın fazla suları Fırat Nehri'nin yukarı havzasındaki Karasu Irmağı ile drene edilmektedir. Şehir yerleşme alanı depresyonun sadece 25.066 m^2 lik kesimine tekabül etmektedir (Şekil 2). Depresyon, güneyden SW-NE doğrultulu Palandöken Dağları (Büyük Ejder T. 3176 m), kuzeyden ise Kargapazarı (Dumlu T. 3169 m) ve Allahuekber Dağları ile kuşatılmıştır (Şekil 3). Aynı depresyonun WNW 'da Mescit Dağları (3239 m.), doğusunda ise depresyonun doğal uzantısı olan ve volkanik kökenli Deveboynu sırtı (2030 m) ile ayrılan Pasinler Depresyonu yer almaktadır. Neredeyse *sekiz ay* bulan yanma döneminde sık sık sınır değerleri aşan kirli havayı batıdaki Aşkale Boğazı'ndan ya da doğudaki Deveboynu Eşiği'nden depresyon dışına taşıyacak kuvvetli hava akımla-

rının olmaması yüzünden şehrin hava kalitesi bozulmakta ve kirli hava yerleşme üzerinde kalmaktadır.

Bunların dışında topoğrafik özelliklerden yükselti ve bakının hava kalitesine yönelik önemli etkileri bulunmaktadır. Palandöken Dağlarının kuzey eteğinde kurulmuş olan Erzurum şehri ile dağlık kesim arasında yükselti ve bakı özelliklerinden kaynaklanan sıcaklık farklılıkları mevcuttur. Daha çok sıcaklık, yağış türü, yağış miktarı, karın yerde kalma süresi, soğuk ve etkili rüzgârlara maruz kalma gibi birbiriyle ilintili hususlarda belirginleşen bu farklılıklar şehirdeki ayrı kesimler için aynı dönemlerde sarf edilen yakıt miktarlarını denetlemesi yönüyle önemlidir.

b. İklimsel Faktörler: İklim koşullarını tayin eden sıcaklık, nem, yağış, basınç ve rüzgâr gibi iklim elemanları ile şehir hava kalitesi arasında yakın bir ilişki vardır.

b1. Sıcaklık: Türkiye'de konumsal özelliklere göre değişmekle birlikte dışarıda hava sıcaklığının 12 ila $18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ nin altına düştüğü günlerde yanma dönemi başlamaktadır (Şahin, 1989, 28; Koç, 1998, 325; Farımaç Garipağaoğlu, 2008; 695). Yanma döneminin başlangıç sıcaklık değeri olarak verilen değer bu çalışmada Erzurum için $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak alınmış ve bu sıcaklık değerine bağlı kalınarak ısınma gün sayıları belirlenmiştir.

Yanma dönemindeki her ısıtma gününde sıcaklığın seyri, doğal olarak fosil yakıt kullanımını denetlemekte ve kirlilik

oranları buna göre şekillenmektedir. Soğuk dönemlerde fosil yakıt kullanımının miktar ve süreleri artmakta, atmosfere daha fazla kirletici yayılmaktadır. Gerçekten, Erzurum'un sıcaklıkla ilgili meteorolojik verileri incelendiğinde Temmuz-Ağustos dönemi hariç, yıl içinde ya sürekli ya da belli sıcaklıklarda ısıtmaya gereksinim duyulduğu görülür (Tablo 1). Özellikle kış mevsiminden yaz'a ve yaz mevsiminden kış'a geçiş dönemlerinde yüksek yerlerde kurulmuş olan semtlerde ısınma ihtiyacı erken başlamakta ve geç bitmektedir.

Karasal iklim koşullarının hüküm sürdüğü sahada, yanma döneminde sıcaklıklar oldukça düşük seyrederken, ısıtma gün sayıları da buna paralel olarak yükselmektedir. Öyle ki günlük ortalama sıcaklıklara göre, yanma dönemi Eylül sonlarından Haziran ayı başlarına kadar yaklaşık olarak 230 günü bulmaktadır (Şekil 4). Yıllık ortalama 171,8 gün don

olayının etkili olduğu şehirseld alanlarda ortalama karla örtülü gün sayısının 113,1 güne ulaşması da Erzurum ikliminin sert koşullarını ortaya koymaktadır. Depresyon tabanını kaplayan kar örtüsünün Mart-Nisan gibi erimesine rağmen, depresyonu kuşatan dağlık kesimde Haziran başlarına kadar kalması şehrin soğuk rüzgârlara maruz kalmasına ve sıcaklıkların düşmesine yol açmaktadır. Bu durum, yakıt sarfiyatını artıran ve dolayısıyla atmosfere hala kirletici yayılmasına neden olan önemli bir faktör olarak gözükmektedir.

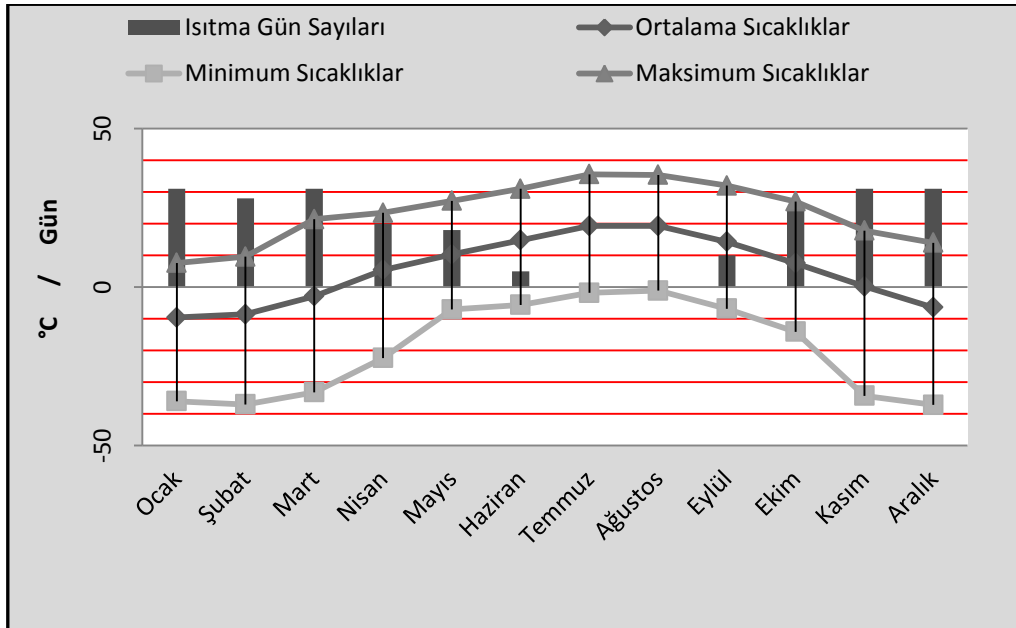
Erzurum'da hava kalitesinde en riskli aylar, ortalama minimum sıcaklıkların $-33,2^{\circ}\text{C}$ ile $-37,0^{\circ}\text{C}$ arasında seyrettiği Kasım-Mart dönemini kapsamaktadır. Bu aylar, aynı zamanda tam gün yakıt kullanımı gerektiren sıcaklıklara sahip olduğu için şehir hava kalitesinde sınır değerlerin sık sık aşıldığı aylar olarak görülmektedir.

Tablo 1: Erzurum'un sıcaklıkla ilgili meteorolojik verileri ve yanma dönemleri.
Table 1. Meteorological data of temperature and combustion periods in Erzurum.

Unsur	Ölüm Yapılan Aylar												Yıllık Ort.
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	Ek	K	A	
Ort. Sic.(°C)	-9,6	-8,6	-2,9	5,4	10,3	14,8	19,3	19,3	14,3	7,5	0,2	-6,,4	5,3
Min. Sic..(°C)	-36,0	-37,0	-33,2	-22,4	-7,1	-5,6	-1,8	-1,1	-6,8	-14,1	-34,3	-37,2	-37,2
Yanma Dönemi	Çok Etkili Yanma			Etkili	Dönem dışı ve Düşük Etkili				Etkili	Çok Etkili Yanma			
Max. Sic.(°C)	7,6	9,6	21,4	23,4	27,2	31,0	35,6	35,4	32,0	27,0	17,8	14,0	35,6
DGS	30,8	27,7	27,6	13,9	3,3	0,5	-	-	2,5	12,5	23,5	29,5	171,8
KÖGS	27,7	27,1	21,0	3,3	0,2	-	-	-	-	1,3	8,1	24,4	113,1
YGS* <15 °C	31	28	31	30	20	5	-	-	10	31	31	31	248

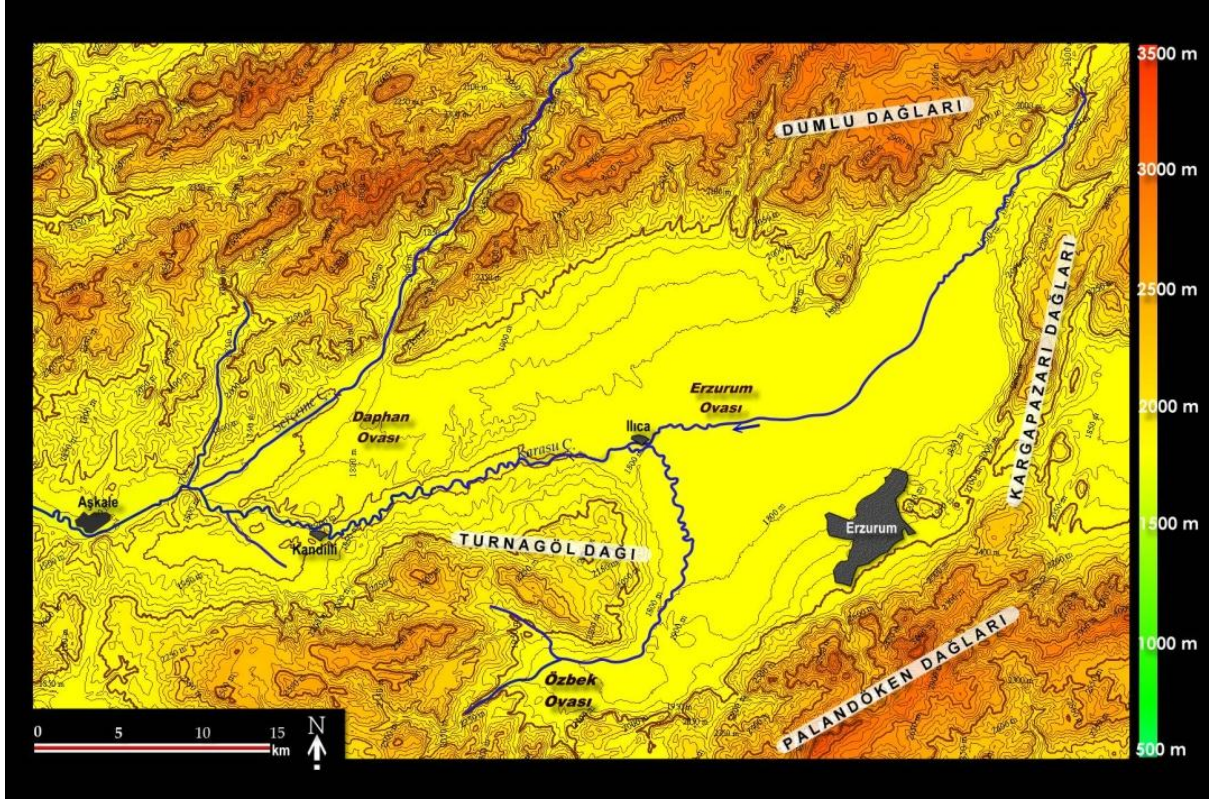
Kaynak: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Verilerinden

Kısaltmalar; YGS: Isıtma araçlarının kullanıldığı gün sayısı, DGS: Ortalama don olaylı gün sayısı, KÖGS: Ortalama kar örtülü gün sayısı

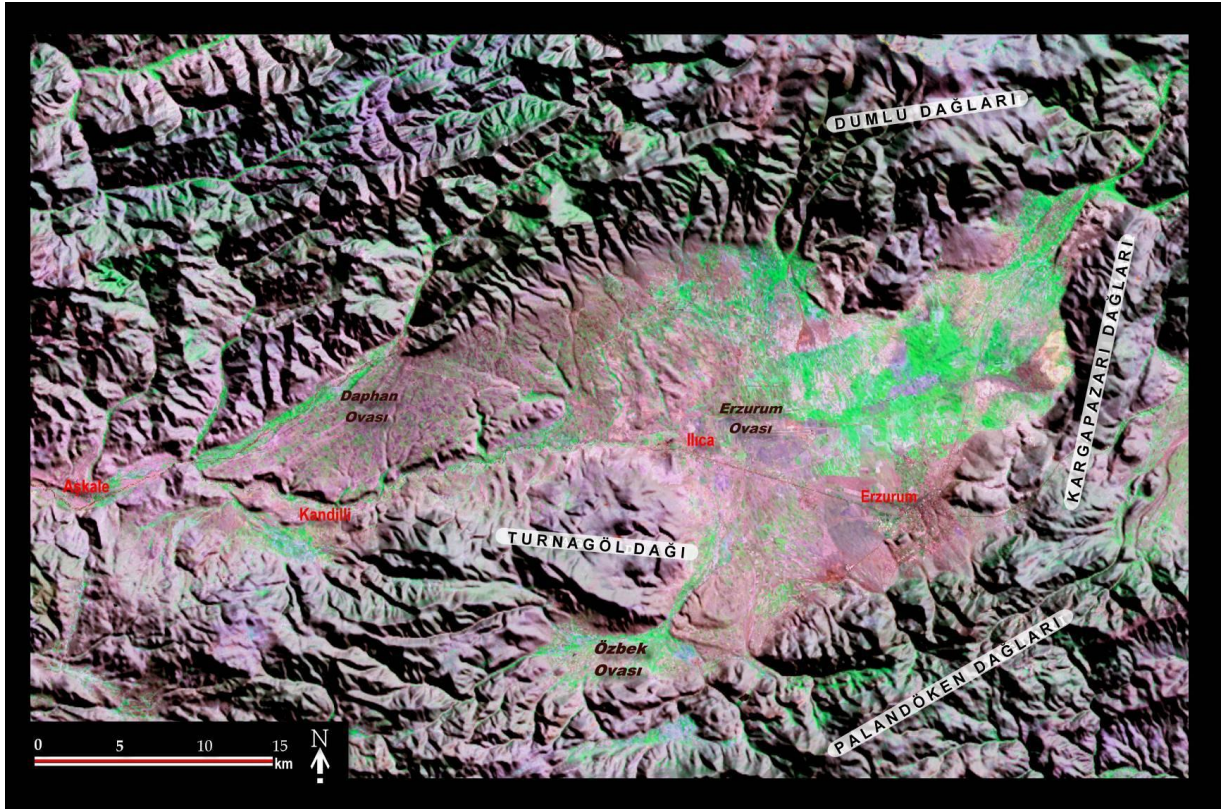


Şekil 4: Aylık ortalama sıcaklıklar, minimum sıcaklıklar, maksimum sıcaklıklar ve ısıtma gün sayıları diyagramı (1975-2005).

Figure 4. Diagrams of monthly average temperature, minimum temperature and number of the days heating is active.



Şekil 2. Erzurum ovası ve çevresi'nin topografya haritası.
Figure 2. Topographical map of Erzurum plain and surrounding places.



Şekil 3. Erzurum ovası ve çevresi'nin sayısal yükseklik modeli.
Figure 3. Digital Elevation Model of Erzurum plain and surrounding places.

b2. Basınç: Erzurum'da yanma dönemleri içinde genelde yüksek basınç koşulları egemendir. Yıllık ortalama basınç

değeri 818,6 hPa dır. Yanma dönemlerini kapsayan aylarda ise bu değerler 816,1 ile 821,3 hPa arasında değişmektedir

(Tablo 2). Yüksek basıncın etkili olduğu kış mevsiminde kuvvetli ışımaya nedeniyle ortaya çıkan kuru soğuklar yakıt

tüketimi artırmakta ve inversiyon tabakası kalınlaşmaktadır.

Tablo 2. Erzurum'da ortalama basınç ve Ortalama en yüksek basınç değerlerinin aylık değişimi (hPa).

Table 2. Monthly changes in average air pressure (hPa) and highest values of air pressure in Erzurum.

Meteorolojik Unsur	Ölçüm yapılan aylar												Yıllık
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	Ek	K	A	
Ort. Basınç (hPa)	817,6	816,5	816,1	816,7	818,1	817,9	817,6	818,4	820,7	822,2	821,3	819,5	818,6
En yüksek Basınç (hPa)	833,6	834,6	834,5	833,0	923,1	829,7	827,9	829,3	831,3	834,3	835,4	834,6	923,0

Kaynak: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Verilerinden.

b3. Rüzgâr: Hava kalitesini etkileyen bir diğer iklim elemanı rüzgârdır. Rüzgârların esme hızı ve hakim yönü, şehir üzerinde yoğunlaşan kirli havanın uzaklaştırılması bakımından son derece önemli bir faktördür (TÜRKEŞ, 1996: 214). Erzurum'da tüm yönlerden esen rüzgâr sayısı ortalama 28710'dur (Tablo 3). Bu sayının yanma dönemindeki payı 21052 (% 73) dür. Söz konusu rüzgârların toplamdaki payı yüksektir.

Hakim rüzgâr yönlerinin Erzurum depresyonundaki hava çıkış koridorlarına tam olarak uygun olmaması ve rüzgâr hızının düşük olması, hava kalitesine etkileri bakımından değerlendirildiğinde rüzgârın etkisiz bir iklim elemanı olduğunu göstermektedir. Nitekim, sahada esen rüzgârların

yanma dönemi içindeki hakim yönü ENE ve WSW 'dir. En yüksek frekansa sahip rüzgâr yönü ise ENE (%10,7) sektördür. İki sektörden alınan toplam esme sayısı 5889, frekansları ise % 10,7 (ENE) ve % 9,8 (WSW) dir. Kirliliğin en yüksek seyrettiği dönemler içindeki ortalama rüzgâr hızları 2,1 ile 2,6 m/sn. arasında değişmektedir. Rüzgâr hızının özellikle yanma dönemlerinde düşük olması kirli havanın şehir atmosferinde dağılmadan kalmasına yol açmaktadır. Kirli havayı depresyondan uzaklaştıracak en hızlı esen rüzgârların, yanma döneminde daha çok S (güney) sektörden alınması ve kirli havanın uzaklaşacağı çıkış koridorları doğrultusuna ters esmesi yüzünden etkisi sınırlıdır (Tablo 4).

Tablo 3. Erzurum'da rüzgârların mevsimlere göre ortalama esme sayıları ve frekansları.

Table 3. Average blow numbers and frequencies of winds during season in Erzurum.

Rüzgâr Yönleri	Kış		İlkbahar		Yaz		Sonbahar		Yıllık Ortalama	
	Esme Sayısı	Frekans %	Esme Sayısı	Frekans %	Esme Sayısı	Frekans %	Esme Sayısı	Frekans %	Esme Sayısı	Frekans %
N	324	5,0	301	4,0	368	4,8	196	2,8	1189	4,1
NNE	273	4,2	228	3,9	453	5,9	220	3,1	1174	4,1
NE	290	4,5	325	4,8	554	7,2	282	4,0	1451	5,1
ENE	540	8,3	645	8,7	1272	16,6	625	8,8	3082	10,7
E	569	8,7	557	7,5	837	10,9	556	7,8	2519	8,8
ESE	299	4,6	256	3,4	278	3,6	328	4,6	1161	4,0
SE	322	4,9	230	3,1	208	2,7	387	5,4	1147	4,0
SSE	224	3,4	223	3,0	218	2,8	304	4,3	969	3,4
S	267	4,1	432	5,8	414	5,4	474	6,7	1587	5,5
SSW	443	6,8	875	11,8	569	7,4	764	10,7	2651	9,2
SW	550	8,5	785	10,6	497	6,5	695	9,8	2527	8,8
WSW	676	10,4	793	10,7	556	7,3	782	10,2	2807	9,8
W	651	10,0	706	9,5	522	6,8	622	8,7	2501	8,7
WNW	388	6,0	451	6,1	349	4,6	463	6,5	1651	5,7
NW	401	6,2	350	4,7	277	3,6	197	2,8	1225	4,3
NNW	290	4,5	278	3,7	286	3,7	215	3,0	1069	3,7
Toplam	6507	22,7	7435	25,9	7658	26,7	7110	24,8	28710	100

Kaynak: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Verilerinden

Tablo 4. Erzurum'da Aylık Ortalama Rüzgâr Hızları ve En Hızlı Rüzgâr Yönü.

Table 4. Average monthly wind speed and the fastest wind direction in Erzurum.

Unsur	Ölçüm Yapılan Aylar												Yıllık Ort.
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	Ek	K	A	
Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sec)	2,1	2,3	2,6	3,3	3,1	2,8	3,1	2,9	2,7	2,5	2,3	2,1	2,7
En Hızlı Rüzgar ve Yönü	24,4 S	27,9 ENE	27,2 S	28,8 S	30,1 W	29,8 SSW	26,6 N	22,3 E	26,0 S	25,8 W	25,0 WSW	22,4 S	30,1 W

Kaynak: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Verilerinden

Yanma dönemi içinde etkili olan rüzgârların şehir üzerinde kümelenen kirli havayı uzaklaştırmasına yardımcı olmak amacıyla şehirdeki cadde ve sokakların ana doğrultularının bu yöne uygun düzenlenmesi önerilmektedir (FARIMAZ GARİPAĞAOĞLU, 2008: 697). Ancak, Erzurum'da bu hususa çok fazla dikkat edilmediği görülmektedir.

b4. Nispi Nem ve Yağış: Kükürtdioksit konsantrasyonlarının fazla olduğu yanma dönemlerinde atmosferdeki mevcut nispi nem, sülfürik asit (H_2SO_4) oranını yükselterek kükürtdioksitin zararlı etkilerini artırmaktadır (Kırımhan ve Boyabat, 1983; 9). Buna karşılık kar ve yağmur şeklinde alınan yağışlar hava kirliliğine neden olan maddeleri yere indirerek havayı temizlemektedir. Erzurum'da yanma dönemi içinde ortalama nispi nem miktarlarının dönem içi payı, sıcak döneme göre oldukça yüksektir (Tablo 5).

Çok etkili yanma dönemi içinde aylık ortalama nispi nemin % 63 ile 78 arasında olduğu, en yüksek nispi nemin tam gün ısıtmaya ve dolayısıyla en yüksek kirlilik yaşandığı aylara denk geldiği görülmektedir. Yanma dönemi içinde yağışların büyük bir bölümünün kar ve kısmen de yağmur şeklinde alındığı Erzurum'da yıllık ortalama toplam yağış tutarı 411,1 mm dir. Bu tutarın tüm yanma dönemi (Ekim-Mayıs dönemi) içindeki payı 308,2 mm.dir. Ancak en fazla

kirliliğin yaşandığı Kış aylarında (Aralık-Ocak ve Şubat) yağışın toplam tutar içindeki ortalama payı sadece 79 mm olduğu için bu aylarda alınan yağışların hava kalitesi üzerinde önemli bir role sahip olmadığı anlaşılmaktadır (Şekil 5).

Geçiş mevsimlerinde yağış tutarlarının yüksek seyretmesi ve Kış'a göre yanma sürelerinin nispeten kısa olmasının hava kalitesine olumlu yansıdığı kirlilik düzeylerinin seyrinden kolaylıkla anlaşılabilir.

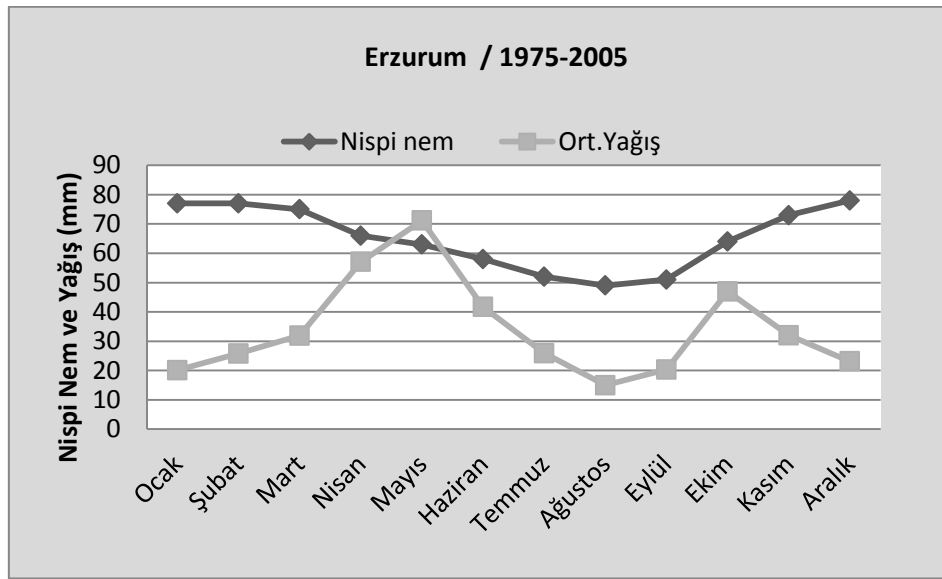
b5. İnversiyon (sıcaklık terselmesi): Bazı koşullar altında yerden yükseldikçe sıcaklığın azalacağı yerde belirli bir düzeyden sonra artması şeklinde gerçekleşen olaya İnversiyon (sıcaklık terselmesi) denir (EROL,1999: 91). Bu olay kış mevsiminde uzun süreli devreler halinde Doğu Avrupa ve Balkanlar üzerinden yahut Sibiryaya Yüksek Basıncı ile bağlantılı olarak Anadolu'nun iç ve doğusunda yüksek basınç koşullarının egemen olmasıyla ilişkilidir. Erzurum depresyonunda hafif rüzgârlı, durgun, nemli fakat yağışsız bir hava ve kuvvetli yer radyasyonuyla gerçekleşen ve kuru soğuklarla kendini gösteren yüksek basıncın yerleştiği ve kısa sürede uzaklaşma imkânı bulamadığı kış aylarında İnversiyon olayı görülmektedir (NİŞANCI, 1986b: 322).

Tablo 5. Erzurum'da Nispi nem, aylık ortalama yağış ve günlük en çok yağışla ilgili meteorolojik veriler ve yanma dönemleri.

Table 5. Meteorological data relating relative humidity, monthly precipitation and daily precipitation as well as combustion periods in Erzurum.

Meteorolojik Unsur	Ölçüm Yapılan Aylar												Yıllık Ort.
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	Ek	K	A	
Ortalama Yağış (mm)	20,1	25,8	31,9	57,1	71,2	41,7	25,9	15,0	20,3	47,0	32,0	23,1	411,1
Yanma D.	Çok Etkili			Etkili	Dönem Dışı ve Düşük Etkili				Etkili	Çok Etkili			
Günlük En Çok Yağış (mm)	29,9	59,6	31,7	31,0	38,3	29,7	58,2	20,2	23,6	38,3	21,3	14,2	59,6
Nispi Nem (%)	77	77	75	66	63	58	52	49	51	64	73	78	65

Kaynak: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Verilerinden.



Şekil 5. Erzurum'da nispi nem ve aylık ortalama yağış tutarı ortalamalarının yıl içindeki seyri.
Figure 5. Yearly course of relative humidity and monthly average precipitation in Erzurum.

İnversiyonun Erzurum'da görülen tipi; depresyonal etkilerin kuvvetle hissedildiği alanlarda görülen zemine yakın atmosferin karışma (türbülans) yeteneğini henüz kaybetmediği yüksekliklerdeki inversiyondur (DAYAN, 1993: 11). Hava içindeki kirleticilerin en fazla yükselebildiği seviyenin (karışma derinliği), şehirselleşme etkisi nedeniyle açık araziye göre biraz daha yüksek olması Erzurum şehri üzerinde kirli havanın yoğunlaşarak yere yakın mesafede bulunmasına, sonuç olarak da kirleticilerin zeminde kümeleşerek geniş çaplı kirlenmeye neden olduğu anlaşılmaktadır. Bu noktada İnversiyon etkisinin artmasında ise atmosfere katılan kirleticilerin İnversiyon tabakasının altına kadar ulaşarak tabakayı beslemesi etkili olmaktadır (SUNGUR ve GÖNENÇGİL, 1997: 342). İnversiyon günlerinde Palandöken Dağları'ndan (3176 m) şehre bakıldığında gri renkli, kalın, kirli inversiyon tabakasının yerleşme üzerindeki etkisi kolayca görülebilmektedir. Şehri kuşatan yüksek kütlelerin hava dolaşımını engellemesi yüzünden İnversiyon tabakası şehrin üzerine bir kâbus gibi çökerek nefes almayı zorlaştırmaktadır.

Beşeri coğrafya faktörleri

a. Hızlı Nüfus Artışı: Doğu Anadolu Bölgesinin en yüksek il merkezi nüfusuna sahip olan Erzurum'da hava kalitesini olumsuz etkileyen beşeri faktörlerin başında hızlı nüfuslanma gelmektedir. İl merkezindeki nüfus gelişimine bakıldığında 1990 yılı hariç nüfus miktarının sürekli artış eğiliminde olduğu görülmektedir. 2007 ve 2008 yıllarında Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemine (ADNKS)² geçilmesiyle birlikte 2000 nüfusuna göre nüfus miktarında hafif bir düşüş izlenmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (1927–

2000) veritabanına göre Erzurum şehrinin nüfusu 1927 yılında 31.457, 1935 yılında 33.104, 1955 'te 75.381 kişi iken bu sayı 2000 yılında 361.235 kişiye ulaşmıştır (Tablo 6).

Tablo 6. Erzurum kent nüfusunun 1927-2008 yılları arasındaki gelişimi.

Table 6. Development of Erzurum city population between in 1927 and 2008.

Yıllar	Nüfus (Kişi)	Yıllık Nüfus Artış Hızı (%)	Yıllar	Nüfus (Kişi)	Yıllık Nüfus Artış Hızı (%)
1927	31457	-	1975	162973	44,2
1935	33104	6,5	1980	190241	34,4
1940	47613	87,6	1985	246053	58,6
1945	50875	13,6	1990	242391	-3,0
1950	53353	9,6	1997	298735	33,1
1955	75381	82,4	2000	361235	29,8
1960	90069	38,8	2007	361160	-0,029
1965	105317	33,8	2008	359752	-4,0
1970	133444	53,4			

Kaynak: TÜİK (1927–2008)

1990–2000 yılları arasındaki dönemde yıllık nüfus artışı binde 39,8 gibi yüksek bir değere ulaşarak bu dönem içinde binde 18,3 olan Türkiye ortalamasının üzerine çıkmıştır (ÜNAL, 2007: 77). Erzurum'da şehirselleşme nüfusun hızla artmasının temel nedeni olarak "şehirselleşme nüfusunun hem doğal olarak kendi içinde ve hem de kırsal kesimden ve küçük şehirselleşmelerden göç alması" gösterilmektedir (DOĞANAY, 1986: 7). 2007 adrese dayalı nüfus sayım göstergelerinde ise bizzat şehirde ikamet edenlerin 361.160 kişi olduğu, 2008 de ise bu sayının 359.752 kişiye düştüğü görülür (TÜİK, 2007–2008). Buna göre şehir nüfusunun artacağı yerde sekiz yılda 1483 kişi azalması nüfusun artmadı-

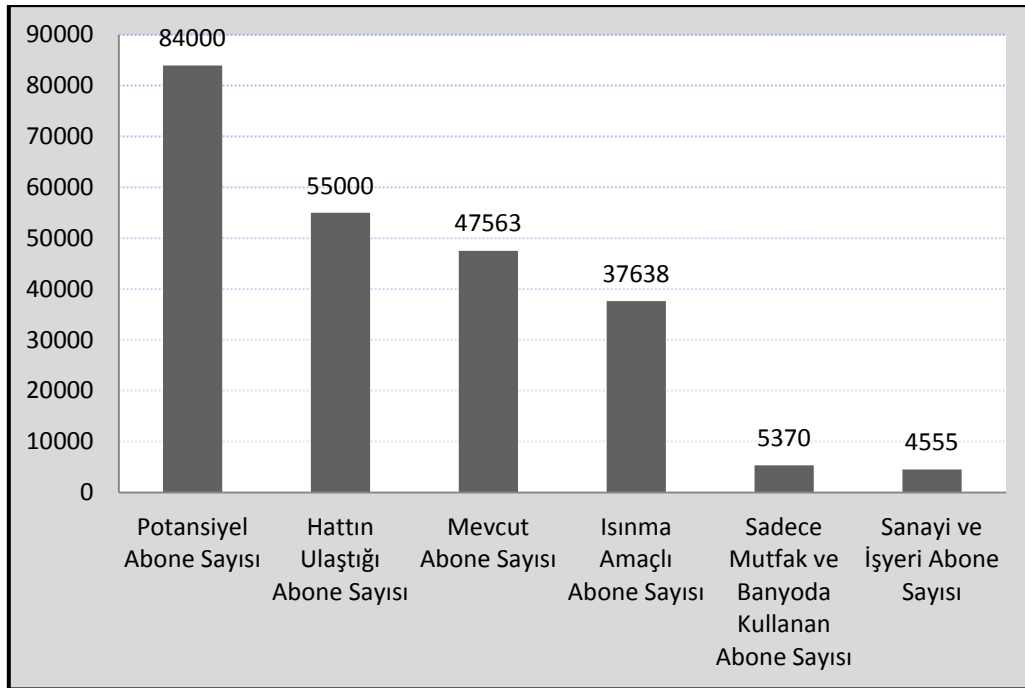
² Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi: Kişilerin yerleşim yerlerine göre nüfus bilgilerinin güncel olarak tutulduğu, nüfus hareketlerinin her an izlenebildiği, MERNİS kayıtlarındaki TC Kimlik Numarasına göre kişiler ile ikamet adreslerinin eşleştirildiği bir kayıt sistemidir (<http://www.tuik.gov.tr/jsp/duyuru/adnks/adnksIndex.html>.)

ğini gösteren bir durum değil, eski geleneksel sayım sistemlerinden Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi'ne geçilmesiyle sürekli güncel ve yeni bir veri tabanı oluşturulmasının doğal sonucudur. Yoksa sürekli gelişme eğiliminde olan bir şehrin ortada hiçbir neden yok iken nüfusunun azalması söz konusu edilemez.

b. Düzensiz Kentleşme: Hızlı nüfuslanma beraberinde düzensiz bir kentleşme sürecini de getirmektedir. Nitekim Erzurum, ikinci dereceden deprem kuşağında yer almasına rağmen, çok katlı binaların tesisiyle dikey, depresyon tabanını oluşturan ovalık kesime ve Palandöken Dağları'nın eteklerine doğru da yatay olarak problemlili gelişmesini sürdürmektedir. Yenişehir, Yıldızkent, Hilalkent, Dadaşkent gibi yerleşmeler bu gelişmede yerini alan yeni yerleşmelerdir. Nüfusla paralel artan konut sayısı ve bu konutların büyük bir bölümünde gerek iklime bağlı alışkanlıklar ve gerekse de ekonomik ve politik nedenlerden dolayı ısınma amacıyla fosil yakıtların tercih ediliyor olması hava kirliliğini artırmaktadır.

c. Gecekondulaşma: Hızlı nüfus artışının ortaya çıkardığı düzensiz kentleşmede hava kalitesiyle yakın ilişkisi olan bir başka sorun *gecekondulaşma*dır. Çekim gücü yüksek kentlerin genellikle merkeze uzak dış semtlerinde gecekondu basit bir yerleşme şekli olarak boy göstermektedir (DOĞANAY, 1989: 138-140). Daha çok kırsal alanlardan gelen ve genelde ekonomik düzeyi düşük vatandaşların ikamet ettiği gecekondularda ucuz ve kalitesiz kömür ya da devlet tarafından sağlanan kömürler kullanılmaktadır. Bu durum hava kalitesi açısından olumsuz sonuçlar oluşturmaktadır.

d. Fosil Yakıtlar: Erzurum'da düşük kalorili ve kükürt nispeti yüksek fosil yakıt kullanılması ve doğalgazın henüz kömüre üstünlük sağlayamamış olması, hava kirliliğini tetikleyen en önemli olaydır. Eskiden olduğu gibi evsel ısıtmada kömür, doğalgaza göre hala daha fazla tercih edilmektedir (Şekil 6). Kullanılan kömürler ithal ve yerli sınıf kömürlerdir. 2005 yılında doğalgaz altyapı çalışmalarının tamamlanması ve 2006 yılından itibaren de doğalgazın kullanılmaya başlanması ve abone sayısının dereceli şekilde artmasına rağmen kömürün doğalgaza göre daha fazla kullanılması dikkat çekmektedir.



Şekil 6. Erzurum'da 10.02.2009 tarihi itibarıyla doğalgaz kullanımının mevcut durumu (Erzurum İl Çevre ve Orman Müdürlüğü)
Figure 6. Present situation of the use of natural gas in Erzurum dated 10.02.2009 (Provincial Department of Environment and Forestry)

Bugün itibarıyla doğalgaz hattının ulaştığı abone sayısı 55000 (% 65,5) olmasına rağmen aktif doğalgaz abone sayısı 47563 dir. Kentin henüz % 34,5 lik kısmına doğalgaz ulaşmamıştır. Doğalgazı sadece ısınma amaçlı kullanan abone sayısı 37638 dir Sanayi ve diğer iş kollarında doğalgaz abone sayısı da oldukça önemsiz gözükmektedir. Yani mevcut abone, hedeflenen abone sayısının (84000) çok altında kalmıştır. Bunda kömürden doğalgaza geçişteki dönüşüm masraflarının yüksek olması ve doğalgaz ücretlerindeki değişkenliğin payı vardır. Ayrıca doğalgazın dış bağlantılı bir yakıt olması ve sert kışların yaşandığı kentte

doğalgazın kesilme ihtimalinin kamuoyunda tedirginlik oluşturması da aboneliği engelleyen etkenler arasındadır.

Erzurum'da tezek dâhil hemen her türden yakıt kullanılmaktadır (Tablo 7). Halkın özellikle fosil ya da biyolojik yakıt için ısrar etmesinde geleneksel ısınma alışkanlıklarının payı büyüktür. Şehrin dış semtlerinde ve gecekonduların egemen olduğu kesimlerde evsel ısıtma için en fazla yerli kömür kullanılırken, Şehir merkezinde ve yeni kurulan Yenişehir, Yıldızkent, Dadaşkent vb yerleşmelerde hem kömür (ithal ve yerli) hem de doğalgaz tüketilmektedir.

Tablo 7. Erzurum'da kullanılan ısınma amaçlı yakıtların cins ve miktarları ile oluşturabileceği kirlenici miktarları.
Table 7. Kind of amount of fuel used for heating and probable pollution they cause in Erzurum

Yakıt Cinsi	Nem %	Kül %	Yanma. S. %	SO ₂ ⁻¹ (ton/yıl ⁻¹)	PM ^{*-1} (ton/yıl ⁻¹)
Balkaya	3,53	23,42	2,45	2450	7026
Sütkans	6,24	50,80	1,44	864	9090
Briket	4,21	44,04	1,86	1674	11890
Askale	1,80	27,72	4,43	2658	4990
Eleskirt	2,50	30,00	2,20	1760	7200
İspir	3,70	45,00	3,00	300	1360
Zonguldak	1,00	7,50	0,2	180	2025
Diğer Yerli Kömür	2,50	30,00	2,00	3000	13500
İthal Taşkömürü	1,37	2,55	3,37	225	465
İthal Linyit	4,00	15,00	0,8	1306	7346
4 nolu Fuel Oil	-	-	1,5	309	-
5 nolu Fuel Oil	-	-	2,00	52	-
6 nolu Fuel Oil	-	-	2,8	1060	-
Özel kalorifer Yakıtı	-	-	1,5	315	-

*Kül miktarının % 60'ının uçucu kül olduğu varsayımından hareket edilmiştir.

Kaynak: Erzurum İl Çevre ve Orman Müdürlüğü verilerinden.

Kömür sarfiyatı yıllara göre değişmekle birlikte gittikçe artmaktadır 2005 yılında 98254 ton/yıl kömür kullanılırken 2006 yılında bu miktar 269.183 ton/yıl'a yükselmiştir. 2007–2008 yıllarında kömür kullanım miktarı doğalgaz faktörü nedeniyle bir miktar azalma eğilimi gösterse de

(2007; 210.442 ton/yıl; 2008; 214.000 ton/yıl) etkisini kaybetmemiştir (Tablo 8). Bununla birlikte alınan kurumsal tedbirlerle düşük kalorili ve kükürt nispeti yüksek kaçak kömürün şehre girişi son yıllarda büyük ölçüde engellenmiştir.

Tablo 8. Isınma amaçlı yakıtların cins, temin şekli ve evsel tüketim miktarlarının 2005–2008 yılları arasındaki gelişimi.
Table 8. Situation of kins provision and homely combustion amounts of fuel used for heating in Erzurum between 2005-2008.

Yanma Yılı	Yakıt Cinsi	Temin Şekli	Evsel Tüketim
2005	Kömür	İthal/Yerli	98254 ton/yıl
	Doğalgaz	İthal	4773126 m ³ /yıl
2006	Kömür	İthal	221935 ton/yıl
	Kömür	Yerli	47248 ton/yıl
	Kömür	Yerli (Toz)	
Doğalgaz	İthal	7733126 m ³ (01.01.2006–27.09.2006)	
2007	Kömür	İthal	188542 ton/yıl
	Kömür	Yerli	21900 ton/yıl
	Kömür	Yerli(Toz)	
	Doğalgaz	İthal	Veri Yok
2008	Kömür	İthal	190000 ton/yıl
	Kömür	Yerli	24000 ton/yıl
	Kömür	Yerli(Toz)	
	Doğalgaz	İthal	Veri Yok

Kaynak: Erzurum İl Çevre ve Orman Müdürlüğü verilerinden

Kömürün doğalgaza göre kullanım üstünlüğünün daha uzun yıllar değişmeyeceği ve doğalgaz politikasında yeni iyileştirmeler yapılmadığı takdirde doğalgaz dönüşümü yaptıran abonelerin yeniden kömüre döndüğü /döneceği

tespit edilmiştir. Ancak 2005-2006 yanma döneminden itibaren doğalgazın kullanılmaya başlanmasıyla SO₂ ve PM miktarlarında anlamlı istatistiksel azalmalar kaydedilmiştir. Bununla birlikte mevcut iyileşmeler hedef düzeylerin altın-

dadır. Bu konuda yeni uygulamaların yürürlüğe sokularak doğalgazı kömüre göre cazip yapacak tedbirlere başvurulması ve buna ilave olarak kükürt oranı düşük kaliteli kömürlerin evsel ısıtmada kullanılması sağlanmalıdır.

e. Motorlu Taşıtlar: Her geçen gün ulaşımda daha fazla ihtiyaç duyulan motorlu taşıtlar doğaya bıraktıkları ekzos gazlarıyla hava kalitesini bozmaktadır. Hem gündüz hem de gecenin ilerleyen saatlerine kadar yoğun bir trafiğe sahne olan Erzurum'da fosil yakıtlardan oluşan kirliliğe hidrokarbonların eklenmesiyle gözle görülür bir kirlilik yaşanmaktadır. Özellikle ana arterlerde araç trafiğinin yoğunlaşmasıyla kirlilik daha da belirgin hale gelmektedir. Elde edilen verilere göre Erzurum'da 1997 yılında şehir trafiğinde tescilli 36.126 araç mevcut iken 2008 yılında bu sayı neredeyse yarı yarıya artarak 66.074 rakamına ulaşmıştır. 1997 yılından itibaren son onbir yılda şehir trafiğine 29.948 araç daha ilave olmuştur (Tablo 9). Trafiğe her geçen gün yeni araçların ilavesi de göz önüne alındığında gelecek yıllarda ekzos gazlarının şehir havasını daha da kötüleştireceği öngörülebilmektedir. Şehirdeki ulaşım ağına yeni yolların ilave edilmesiyle belli merkezlerdeki yoğunluğun azaltılması sorununun, başlangıç olarak, çözülmesinde etkili gibi gözükse de sorunu bütünüyle yok edemeyeceği ortadadır. Özellikle inversiyon olayının gerçekleştiği günlerde trafiğe çıkan araç sayısını azaltmaya yönelik önlemlerin geliştirilmesi ve yetkililerin ekzos muayenelerini belli dönemler dışında da yaparak sıklaştırması atmosfere bırakılan ekzos gazlarının düzeyini aşağıya çekecektir.

Tablo 9. Erzurum'da motorlu taşıt sayısının 1997–2008 yılları arasındaki gelişimi.

Table 9. Development of the number of vehicles in Erzurum between 1997-2008.

Unsur	Yıllar				
	1997	2005	2006	2007	2008
Motorlu Taşıtlar Sayıları	36.126	45.613	49.382	62.087	66.074

Kaynak: Erzurum İl Çevre ve Orman Müdürlüğü verilerinden

f. Şehir Merkezli Alternatifsiz Ulaşım Güzergahları: Erzurum'un ulaşım güzergâhlarıyla ilgili problemleri son yıllarda yapılan yeni alternatif yollara (Bosna caddesi vb) rağmen devam etmektedir. Yolların hemen tamamının şehir merkezli alternatifsiz güzergâhlardan oluşması ulaşım sorununun giderek büyümesine yol açmaktadır. Örneğin Cumhuriyet Caddesi hala popüleritesini sürdüren ve yoğun şekilde motorlu taşıt trafiğine sahne olan alternatifsiz bir yol güzergâhıdır. Bu cadde kentsel fonksiyonları yüzünden hem gündüzleri hem de geceleri yoğun şekilde nüfuslanmakta, yayalar, esnaf ve sürücüler ekzos gazlarını solumaktadır. Şehir için artık ana arterlere paralel yeni yolların açılması önemli bir gereklilik olmuştur. Bu çözüm hem trafiği rahatlatacak hem de belli güzergâhlara kanalize olan araçların ekzoslarından çıkan gazların belirli noktalarda kümelenmesi engellenmiş olacaktır.

g. Bireysel Duyarlıklar ve Kurumsal Denetimler: Kaliteli bir havaya sahip olma isteği öncelikle bireysel duyarlık ve

kurumsal denetimle olmaktadır. Hissedilen kirlilik anında bireylerin tutumları, kontrole dönük olmadıkça hava kirlilik düzeyi yükselecektir. Doğaldır ki daha iyi ısınmanın yolu daha fazla yakıt tüketmekten geçmektedir. Ayrıca kurumsal uyarı ve önleme çabalarına yüksek katılım eğer bireysel olursa başarı ölçülebilir düzeylere gelir. Görülen o ki; Erzurum'da abonelerin önceliği havanın temiz kalması değil ekonomik fakat iyi derecede ısınma olduğu için kalite ölçümünde hedefler tutturulamamaktadır. Bunun yanında kurumlar da kendilerinden beklenen performansı göstermemektedir. Örneğin, Erzurum'da ısıtma amaçlı yakma işleminde resmi kurumlar daha cimri davranacakları yerde israfa varan ölçeklerde yakıt tüketimi yapılmaktadır. Aynı şekilde belediye yetkilileri düzenli şekilde baca temizliği yapıldığını ifade etseler de şehir halkı aynı görüşte değildir.

ERZURUMDA HAVA KALİTESİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİ

Erzurum kentini temsil eden altı ölçüm istasyonunda 1990–2008 yılları arasında yapılan ölçümler hava kalitesinin hem zamansal hem de mekânsal dağılımında önemli farklılıklar olduğunu ortaya çıkarmıştır (Tablo 10-11). 1990–2008 yılları arasındaki yanma dönemlerinde limit değerlerin ortalama süresi ile bağlantılı olarak önemli bir süre için nüfusun dolaylı veya da doğrudan kirlenmeye maruz kalma ihtimalinin olduğu ve en yüksek konsantrasyonların görüldüğü alanların şehir yoğunlaşma merkezinden çevreye doğru geliştiği anlaşılmıştır³. Yakutiye Belediye örgütü sınırları içindeki mahalleler en yüksek SO₂ ve PM konsantrasyonuna sahip iken üniversite yerleşke alanı en düşük konsantrasyonların belirlendiği alan olmuştur (Şekil 7-8). Doğalgazlı merkezi ısıtma sistemine sahip olan ve hava akımlarının engellenmesine yol açan yüksek binalara sahip olmayan üniversitede yeşil alan yoğunluğu hava kalitesini olumlu etkilemektedir. Aziziye İlköğretim Okulu, 12 Mart İlköğretim Okulu, Devlet Demiryolları ve Hıfzıssıhha ölçüm istasyonlarının bulunduğu alanlarda evsel ısıtma için ağırlıklı olarak fosil yakıtların kullanılıyor olması, taşıt yoğunluğu yüksek cadde ve sokakların varlığı, SO₂ ve PM konsantrasyonlarının yüksek değerlere erişmesinde en önemli rolü oynamıştır.

1990–2008 yılları arasında tüm ölçüm istasyonlarında SO₂ ve PM konsantrasyonlarına ait değerler gittikçe düşüş eğilimi göstermektedir. 1990 yılında oldukça yüksek seyreden oranlar yanma döneminde hava kalitesinin ne denli olumsuz etkilendiğini açıkça göstermektedir. Sevindirici olan durum geçen süre içinde kalite ibresinin beklentilere dönük seyretmesidir. Bunda yetkili kurumların hava kalitesini iyileştirmeye dönük çabaları yanında 2005 yılında altyapısı tamamlanan ve 2006 yılından itibaren de dereceli şekilde kullanılmaya başlanan doğalgaz kullanımının etkileri açıkça görülebilmektedir.

³Yakutiye Belediye binası ve yakın çevresi fonksiyonel olarak şehir yoğunlaşma merkezi olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 10. Erzurum'da *çok etkili yanma döneminde* (Kasım -Mart) kent merkezli belirli istasyonlarda ölçülen SO₂ nin yıllık ortalama değerleri.

Table 10. Yearly average values of SO₂ in Erzurum in periods of the most active combustion (November-March) as measured in certain station in city centre.

Aralıklı Yanma Dönemleri	Atatürk Üniversitesi	Aziziye İÖO	12 Mart İÖO	TCDD	Yakutiye Belediyesi	Hıfzıssıhha Merkezi
1990-91	169	432	390	513	648	396
1995-96	89	195	158	192	306	207
2001-02	95	155	127	147	278	179
2005-06	80	170	165	160	222	190
2007-08	57	174	114	142	171	138

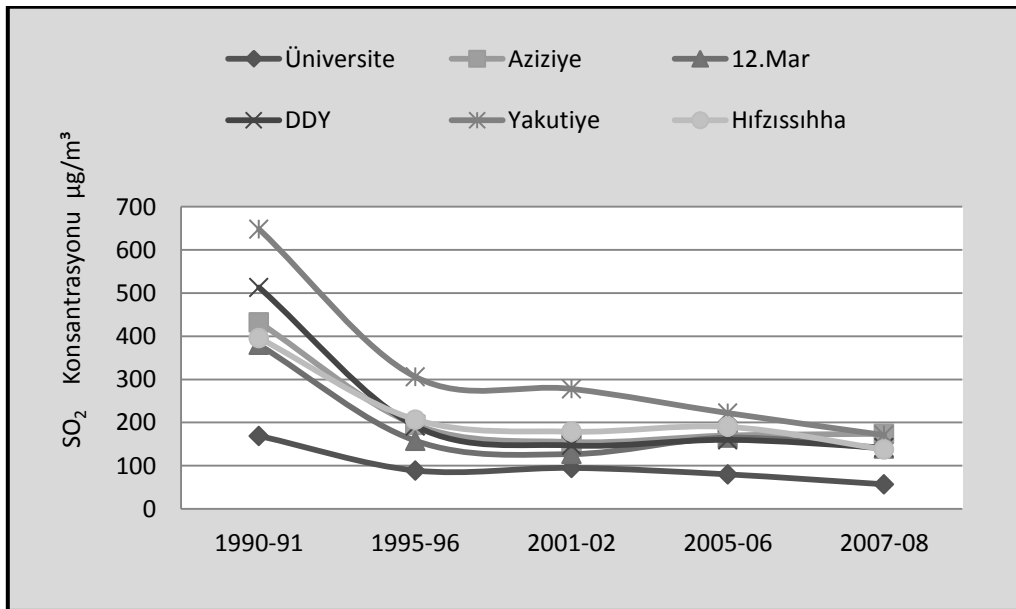
Kaynak: Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi Müdürlüğü verileri.

Tablo 11. Erzurum'da *çok etkili yanma döneminde* (Kasım-Mart) kent merkezli belirli istasyonlarda ölçülen PM'nin yıllık ortalama değerleri.

Table 11. Yearly average values of PM in Erzurum in periods of the most active combustion (November-March) as measured in certain station in city centre.

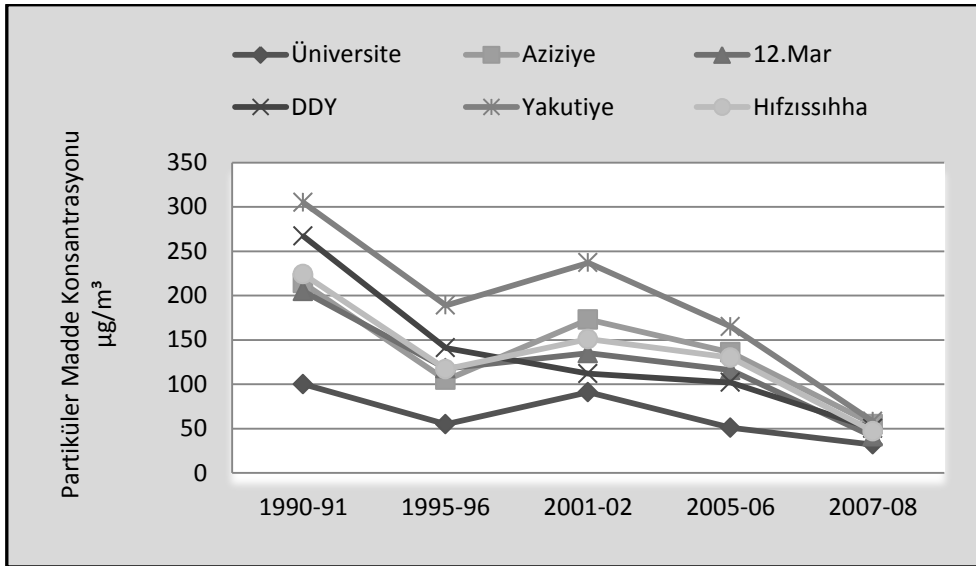
Aralıklı Yanma Dönemleri	Atatürk Üniversitesi	Aziziye İÖO	12 Mart İÖO	TCDD	Yakutiye Belediyesi	Hıfzıssıhha Merkezi
1990-91	100	214	205	267	305	224
1995-96	55	105	118	141	189	117
2001-02	91	173	135	112	237	151
2005-06	51	136	116	102	165	130
2007-08	32	55	41	50	58	47

Kaynak: Atatürk Üniversitesi, Çevre Sorunları Araştırma Merkezi Müdürlüğü verileri.



Şekil 7. SO₂ konsantrasyonunun yanma dönemlerine göre değişimi.

Figure 7. Changes in SO₂ concentration according to combustion periods during years.



Şekil 8. Partiküler madde konsantrasyonunun yanma dönemlerine göre değişimi.

Figure 8. Changes in PM concentration according to combustion periods during years.

Çalışmalar hava kalitesinin insan sağlığına uygun sınırlara ulaşması yönünde gelişse de bazı nedenlerden dolayı SO₂ ve PM nin kısa vadeli sınır değerleri ve kış sezonu sınır değerlerinin aşıldığı zamanların süresi fazladır. Başka bir ifadeyle sınır değerler zaman zaman belli semtlerde aşılmaktadır ancak zaman içinde sınır değerlerin aşıldığı süre ve miktarların düzeyi, geçmiş yıllardaki kirlilikle aynı seviyelerde değildir.

Erzurum'da hava kalitesindeki düzelmenin istenilen noktaya taşınamamasında relief ve buna göre şekillenmiş iklim koşullarının Erzurum'da oldukça sert seyretmesi yanında nüfuslanmanın bölgesel ölçekte şehir kapasitesinin üzerinde gerçekleşmesi gösterilebilir. Reliefin kirli havanın uzaklaşmasına etkileri ancak beşeri önlemler alınabilirse azaltılabilir. Bununla birlikte düzensiz kentleşmenin bir sonucu olarak binalaşmanın belli kesimlerde yoğunlaşması da önlenmelidir. Erzurum'da şehir merkezinden uzaklaşmama isteği yüzünden eskiden 2 ve 3 katlı olan apartmanlar yıkılarak yerine 8 hatta 12 katlı binalar tesis edilmekte ve apartman içindeki daire sayısının artması da atmosfere bırakılan kirleticilerin miktarını önemli ölçüde artırmaktadır. Bu hususu daha iyi görebilmek için 2000–2008 yanma dönemlerine ait SO₂ ve PM konsantrasyonlarının kısa ve uzun vadeli sınır değerlerle, Kış sezonu ortalamaları göz önüne alınarak **sınır değerlerin aşıldığı gün sayıları** şehirdeki farklı ölçüm istasyonuna ait günlük ortalamalardan hareketle hesaplanmıştır (Tablo 12–13).

Ekim-Mart ayları arasında bir gün içinde SO₂ ve PM sınır değerlerin en fazla aşıldığı aylar, en şiddetli yanma dönemini temsil eden Aralık Ocak ve Şubat aylarıdır. Özellikle Ocak ayında SO₂ konsantrasyonunun yönetmelikle belirlenmiş uzun vadeli sınır değeri olan 150 mg/m³ ün üzerinde olduğu gün sayısı 2000–2005 yanma döneminde 16 ile 31 gün arasında değişmektedir. 2005–2007 sezonlarında ise sınır değerlerin aşıldığı gün sayıları sayısal azalma eğilimine geçmiştir. SO₂ konsantrasyonunun yönetmelikle belirlen-

miş kış sezonu sınır değeri olan 250 mg/ m³ ün üzerinde olduğu gün sayısı da buna paralel seyretmektedir. Burada hemen belirtilmelidir ki: hava kalitesi bakımında doğalgaza geçişle birlikte sınır değerlerin aşıldığı gün sayılarında anlamlı bir azalma eğilimi vardır. Diğer aylardaki sınır değerlerin aşıldığı gün sayılarının düşük gözükmesi bu aylarda hava sıcaklıklarının nispeten yüksek seyretmesine bağlı olarak daha az yakıt kullanılmasından ileri gelmektedir.

Partiküler madde konsantrasyonları bakımından sınır değerlerin aşıldığı gün sayıları Aralık, Ocak ve Şubat ayları dışında yüksek değildir. Bu aylarda kısa vadeli sınır değerlerin aşıldığı gün sayısı 2000–2005 sezonunda 1–18 gün arasında olup en yüksek gün sayısı 2001–2002 yanma sezonunda ve Ocak ayında gerçekleşmiştir. Kış sezonu sınır değerine göre ise, 2000–2005 yanma dönemlerinde sınır değerin aşıldığı gün sayıları Aralık ve Ocak aylarında yüksektir. Aşılma Aralık ayında 5 ila 22 gün arasında gerçekleşirken Ocak ayında 5 ila 21 gün olarak kaydedilmiştir. 2005–2008 yanma dönemleri aralığında ise SO₂'de olduğu gibi sınır değerlerin aşıldığı gün sayılarında azalma gözlenmiştir.

Hava kirliliğinin 1990–2008 yılları arasındaki gelişimine bakıldığında kirliliğin dış semtlerden şehir merkezine doğru 16 yıl boyunca hep arttığı fakat 2006 yılından itibaren son birkaç yılda doğalgaza geçişle birlikte nispeten olumlu değişimlerin gerçekleştiği tespit edilmiştir. Hazırlanan kirlilik dağılım haritasında da bu durum açıkça görülmektedir. Haritada konturların kapalı eğriler oluşturduğu kesimlerde kirlilik birikimi ve yoğunlaşması görülürken, konturların arasının açıldığı kesimlerde yoğunluk bakımından homojenlik göze çarpmaktadır. Kirlilik birikiminin fazlaştığı kesimlerde kısa ve kış sezonu değerlerinin aşıldığı gün sayıları yüksek çıkmaktadır. Kirleticilerin etkinliği ve derecesi aynı olmadığı için mekânsal dağılım da tekdüze bir dağılım oluşmamıştır.

Tablo 12. Erzurum'da yanma dönemlerinde kükürtdioksit konsantrasyonlarının Uzun Vadeli Sınır Değer (UVS) ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Kış Sezonu Sınır Değerleri'ne ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) göre sınır değerlerin aşıldığı gün sayıları.

Table 12. Number of days on which concentrations of sulphur dioxide exceed the limits of long-term limit values (UVS) ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) and winter season limit values ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in Erzurum according to combustion periods.

Yanma Dönemleri	Ekim		Kasım		Aralık		Ocak		Şubat		Mart	
	UVS	KIŞ	UVS	KIŞ	UVS	KIŞ	UVS	KIŞ	UVS	KIŞ	UVS	KIŞ
2000–2001	1	0	23	4	28	9	31	18	22	1	5	0
2001–2002	24	15	27	14	31	5	31	22	28	25	23	10
2002–2003	16	3	30	14	29	20	31	20	28	27	31	25
2003–2004	Veri Yetersiz				26	15	29	25	22	11	22	3
2004–2005	11	0	27	6	31	29	16	12	Veri Yetersiz			
2005–2006	2	0	11	2	11	4	25	8	12	5	1	0
2006–2007	0	0	12	1	25	2	16	2	11	1	2	0
2007–2008	Veri Yetersiz											

Kaynak: İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi Müdürlüğü ve Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Erzurum Bölge Müdürlüğü verilerinden derlenmiştir.

Tablo 13. Erzurum'da Yanma dönemlerinde Partikül madde konsantrasyonlarının Kısa Vadeli Sınır Değer ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Kış Sezonu Sınır Değerlerine ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) göre sınır değerlerin aşıldığı gün sayıları.

Table 13. Number of days on which concentrations of particle material exceed the limits of long-term limit values (UVS) ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) and winter season limit values ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in Erzurum according to combustion periods.

Yanma Dönemleri	Ekim		Kasım		Aralık		Ocak		Şubat		Mart	
	KVS	KIŞ	KVS	KIŞ	KVS	KIŞ	KVS	KIŞ	KVS	KIŞ	KVS	KIŞ
2000–2001	0	0	1	4	6	16	15	21	1	5	0	0
2001–2002	0	0	1	3	4	5	18	20	6	15	4	7
2002–2003	0	2	4	6	8	13	8	14	1	4	1	2
2003–2004	0	0	0	5	7	14	9	16	0	7	0	1
2004–2005	0	1	2	3	15	22	7	12	Veri Yetersiz			
2005–2006	0	0	0	3	3	9	1	5	2	3	Veri Yetersiz	
2006–2007	Veri Yetersiz											
2007–2008	0	2	0	1	2	5	5	15	5	18	0	9

Kaynak: İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Atatürk Üniversitesi, Çevre Sorunları Araştırma Merkezi Müdürlüğü ve Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Erzurum Bölge Müdürlüğü Verilerinden Derlenmiştir.



Fotoğraf 1. Şehir Merkezinde 05 Aralık 2008 Cuma günü saat 17:47:38 de gerçekleşen kirliliğinden iki estantane.

Photo 1. Two snapshots of polluted air in city centre on December 5th, 2008, Friday, at 17:47:38.

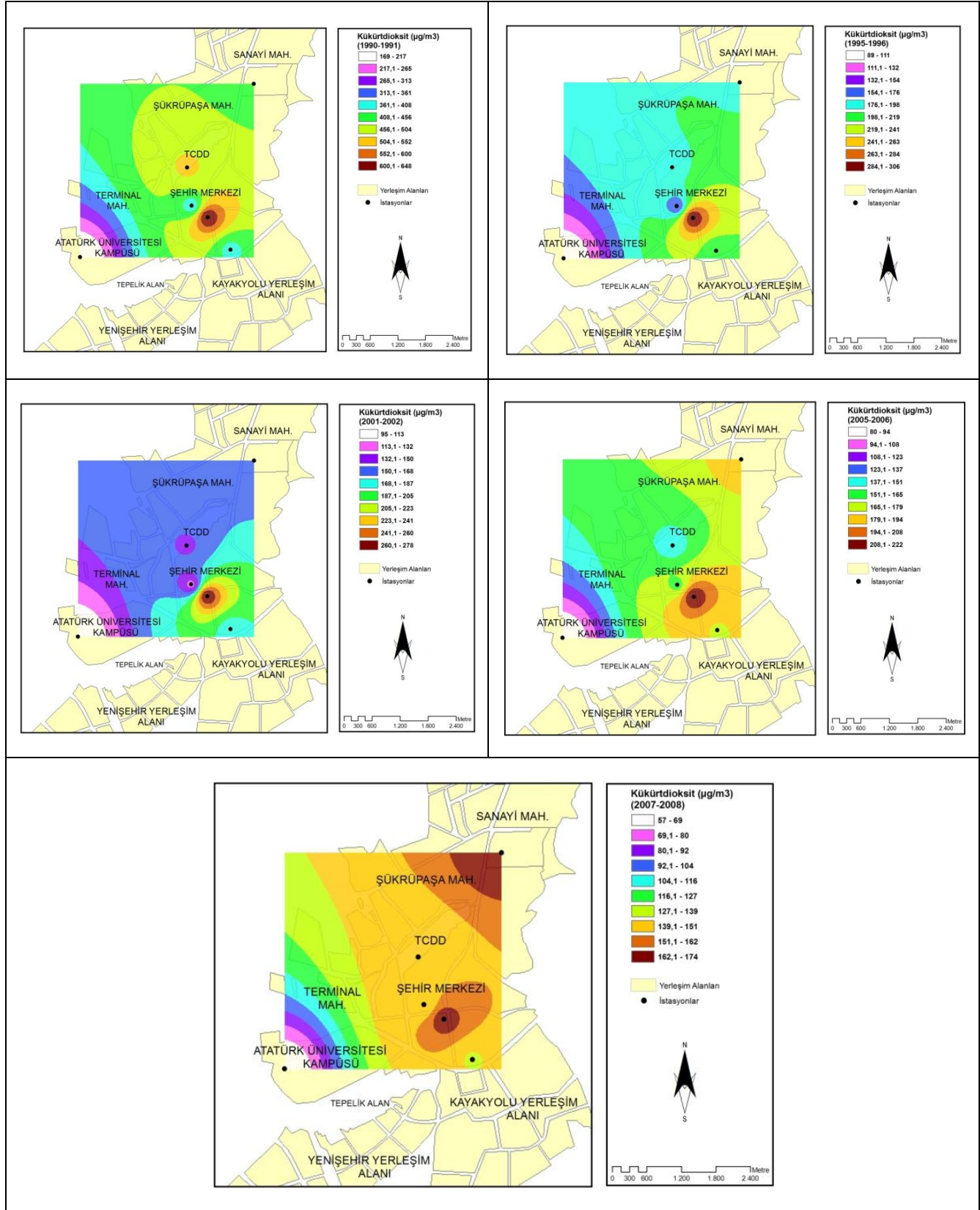
Elde edilen sonuçlar içinde dikkati çeken en önemli husus; hem SO_2 ve hem de PM konsantrasyonları bakımından bütün yıllar için havası en temiz kesim Üniversite kampüsü alanı, Terminal mahallesi ve yakın çevresi olurken, havası en kirliliği şehir merkezi durumundaki Yakutiye Belediyesi yönetim binasının yakın çevresi, İstasyon, Gürcükapı ve Gez mahalleleriyle yakın çevreleri olmuştur (Şekil 9-10). Aslında elde edilen sonuç sürpriz olmamıştır. Çünkü Üniversite kampüsü alanı, Terminal mahallesi ve yakın çevresi hava kalitesini olumsuz etkileyen parametreler bakımından (yüksekti, rüzgâr yönü ve hızı, nüfus yoğunluğu, çarpık kent-

leşme, yüksek yapılaşma, motorlu taşıt yoğunluğu, yeşil alan durumu, doğalgaz tüketimi, fosil yakıt tüketimi, gece-kondulaşma nispeti, vb) ne kadar olumlu şartlara sahipse, Yakutiye, Gürcükapı ve Gez mahalleleriyle yakın çevresi de o kadar olumsuz şartlara sahiptir (Fotoğraf 1). Bu nedenle Yakutiye, İstasyon, Gez ve Gürcükapı mahalleleri tipik birer kirlilik birikim sahası olarak kabul edilebilir.

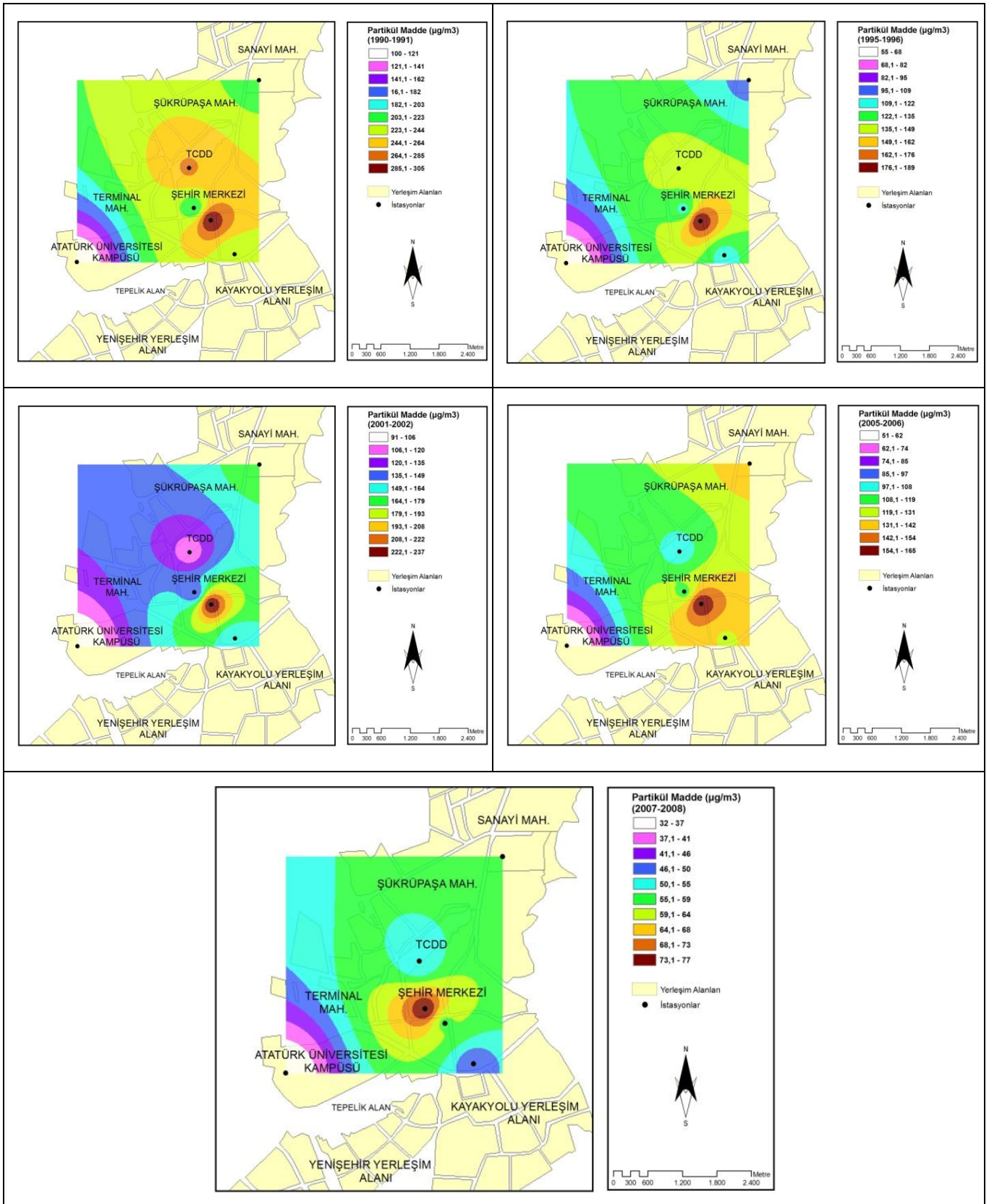
Şehir merkezinden dış semtlere (Güneyde; Yıldızkent, Yenışehir, Kayakyolu, Karayolu Kazımyurdalan, Yunusemre, Abdurrahmangazi Mahalleleri vb, Kuzeyde; Şükrüpaşa, Aşağı Sanayi, Aziziye, Şehitlik Mahalleleri vb, Doğuda; Gü-

lahmet, Mahallebaşı Mah. vb) geçildiğinde konturların gittikçe açılma eğiliminde olduğu görülmektedir (Şekil 9 ve 10). Bunda merkezde görülen kümeleşmenin (nüfus, bina

ve taşıt yoğunluğu) dış semtlere geçildikçe seyrelmesi etkili olmuştur denilebilir.



Şekil 9. Erzurum'da 1990–2008 yanma dönemlerinde Kükürtdioksit konsantrasyonlarının zamansal ve mekânsal analiz haritası.
Figure 9. Temporal and spatial analysis maps of sulphur dioxide concentrations in periods of combustion in Erzurum between 1990-2008.



Şekil 10. Erzurum'da 1990–2008 yanma dönemlerinde partiküler madde konsantrasyonlarının zamansal ve mekânsal analiz haritası.

Figure 10. Temporal and spatial analysis maps of particle material concentrations in periods of combustion in Erzurum between 1990-2008.

1990–2008 yanma dönemlerine ait ölçüm değerlerine göre hazırlanan mekânsal analiz haritalarında görüleceği gibi, değerlendirilen yanma dönemlerinde kent merkezi ve dış semtlerde paralel şekilde SO_2 ve PM miktarları birkaç

kat azalmıştır. Kent merkezinde SO_2 nin 1990-91 yanma dönemindeki maksimum değeri $648 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den 2007-2008 yanma dönemine gelindiğinde 3,7 kat azalarak $174 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e düşmüştür. Şehrin hava kalitesi bakımından en iyi yerle-

rinden olan üniversite kampus alanında azalma miktarı sadece 3 kat gerçekleşmiştir.

Kent atmosferindeki PM miktarları da son yıllarda önceki yıllara göre azalma göstermiştir. Şehir merkezinde 1990-1991 yanma döneminde $305 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olan maksimum partiküller madde miktarı, 2007-2008 yanma döneminde 4 kat gerileyerek $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e düşmüştür. Üniversite yerleşkesindeki azalma miktarı ise 3,1 kat olmuştur. Şehirdeki diğer ölçüm noktalarında da SO₂ ve PM miktarları birkaç kat azalmıştır.

Yıllardır kirli hava ile mücadele edilen Erzurumda, eğer çalışmalar bu seviyede sürdürülürse gelecek yanma dönemlerinde belki de havası kirli kentler sıralamasında hiç yer almayacaktır. Aksi durumda şehir nüfusu kirli hava solumaya devam edecektir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

1990-2008 yılları arasında kent merkezinde SO₂ miktarının yaklaşık 3,7 kat, PM miktarının ise 4 kat azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte Erzurum şehrinde yanma dönemlerinde endüstri ve sanayi kaynaklı büyük bir kirlilik bulunmamasına rağmen ısınmadan kaynaklanan hava kirliliği hala insan sağlığını tehdit eden boyutlardadır. Ancak iklimin soğuk geçmesine bağlı olarak yaklaşık 8 ay boyunca kullanılan fosil yakıtlar nedeniyle belli dönemlerde iyice ağırlaşan kirlilik yaşanmaktadır. Kirliliğin maksimuma ulaştığı dönemlerle iklim koşulları arasında sıkı bir bağ olduğu anlaşılmıştır. Nitekim kış mevsiminde zaman zaman etkili olan yüksek basınç nedeniyle ısımaya bağlı olarak havanın aşırı soğuması daha fazla yakıt kullanımını tetiklemekte ve aynı günlerde sıcaklık terselmesi oluşarak havadaki kirlilik düzeyleri anormal boyutlara ulaşmaktadır. Kirlilik kaynağının diğer önemli bir faktörü de artan araç sayısıdır. Doğalgaz henüz hava kirliliğini azaltacak yeterlilikte kullanılmamaktadır. Şehirde evsel yakıt olarak fosil yakıt kullanımı yerine doğalgazın teşvik edilmesi kirliliği azaltacaktır. Özellikle 2001 kış olimpiyatlarına hazırlanan Erzurum şehrinin havası kirli büyük şehir imajından ivedilikle kurtulması

KAYNAKÇA

- AVVANNAVAR, S. M. ve MANİ, M. (2007). "Air Pollution Control, Science of the Total Environment", *Science Direct* 383: 250-251.
- BAYRAKTAR, H., TURALIOĞLU, F. S. ve ÖZGÜN, B. (2002). "Kükürtdioksidin, Atmosferik Çökeltme Tahmini", *Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi, I.Ulusal Çevre Sorunları Sempozyumu, 16-18 Ekim 2002*: 347-351, Erzurum.
- BAYRAKTAR, H. ve TURALIOĞLU, F. S. (2005). "Average sulphur dioxide concentration estimation by percentage weighting polygon method in Erzurum urban centre, Turkey", *Atmospheric Environment* 39: 5991-5999.
- BONCUKCUOĞLU, R., TOSUNOĞLU, V. ve ÖZBAY, O. (1992). "Hava Kirliliğine Etki Eden Etmenler Arası ilişkiler ve

gerekmektedir. Bu yüzden öncelikli olarak fosil yakıt ve motorlu taşıt denetimi gibi kısa vadeli tedbirlere önem verilmelidir. Daha sonra kurulacak yeni yerleşmelerin bina ve cadde düzenlemelerinin meteorolojik koşullar dikkate alınarak planlanması gibi orta ve uzun vadeli tedbirler hayata geçirilmelidir. Zaten son yıllarda hava kalitesinde yaşanan olumsuzluklar alınan yasal önlemlerle değişime uğramaya başlamıştır. Bunda etkili olan önlemler ana başlıklar halinde şu şekilde sıralanabilir;

- Tedrici şekilde doğalgaza geçilmesi
- Kaliteli fosil yakıt kullanımı, kaçak yakıt kullanımının önlenmesi ve kalorifer ateşçilerinin eğitilmesi
- Hava durumlarındaki değişime paralel yakıt kullanımının teşvik edilmesi
- Baca filtrelerinin kullanılmasının zorunluluğu ve bakımlarının kontrolü
- Ekzos emisyon kontrol ağının yaygınlaştırılması ve özelleştirilerek devlet tekelinden kurtarılması
- Kurşunsuz benzin kullanımının zorunlu olması
- Ulaşım açısından çevre yolunun kent dışına çıkarılması
- Ağaçlandırma çalışmalarının ve açık-yeşil alanların artırılmasının hız kazanması.

Hava kirliliğinin önlenmesinde bireysel ve kamusal duyarlılık faktörü de çok önemlidir. Her yaşta bireye hava kirliliğinin olumsuz etkileri öğretilir ve kurumsal işbirliği de en üst düzeyde sağlanırsa her zaman faydalı sonuçlar alınacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanmasında desteklerini esirgemeyen başta eski Erzurum valisi Sayın Sami BULUT olmak üzere Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi müdürü Sayın Doç. Dr. Ergün YILDIZ'a, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü mühendislerinden Sayın Halis GÜNEŞ'e, Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Erzurum bölge müdürü Sayın Erhan DUDU ve kimyager Sayın Kenan YAKAR'a ayrı ayrı çok teşekkür ediyoruz.

- Erzurum Örneği", *Marmara Üniversitesi 8.Kimya ve Kimya Mühendisliği Sempozyumu* 5: 209-214, İstanbul.
- DAYAN, E. (1983). "Kent iklimi ve Erzurum Örneği", Erzurum: Atatürk Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü Ders Notları.
- DOĞANAY, H. (1986). "1980 Genel Nüfus Sayımına Göre Türkiye'de Şehirli Nüfus ve Şehir Sayılarındaki Artışlar (1960-1980)", *Atatürk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Araştırma Dergisi* 15: 1-22.
- DOĞANAY, H. (1989). "Erzurum'da Gecekondulaşma Sorunu ve Başlıca Çözüm Yolları", *Coğrafya Makaleleri*: 136-165, Erzurum.
- EROL, O. (1999). *Genel Klimatoloji* (Genişletilmiş 5. Baskı), İstanbul: Çantay Kitabevi.

- FARIMAZ GARİPAĞAOĞLU, N. (2008). "Çorum'un Hava Kalitesinin Yıl İçindeki Değişimi ve Yanma Döneminin Değerlendirilmesi", 23-25 Kasım Uluslararası Osmanlı'dan Cumhuriyete Çorum Sempozyumu: 685-702, Çorum.
- FENGER, J. (1999). "Urban air quality", *Atmospheric Environment* 33: 4877-4900.
- İŞLEM ŞİRKETLER GRUBU (2008). ArcGIS (ESRI) 3D Analiz, Ankara: İşlem Şirketler Grubu Eğitim Dökümanları (ArcView, ArcEditor ve ArcInfo için).
- KIRIMHAN, S. (2005). *Çevre Yönetimi (Nüfus, Kaynak ve Çevre İlişkileri)*, Ankara: Turhan Kitabevi.
- KIRIMHAN, S. ve BOYABAT, N. (1983). "Erzurum'da Hava Kirliliği", *Atatürk Üniversitesi, Çevre Sorunları Araştırma Merkezi, 6-8 Haziran Çevre Sorunları Sempozyumu* 5: 1-12, Erzurum.
- KOCADAĞISTAN, M., BONCUKCUOĞLU, R., KESKİNLER, M., TURALIOĞLU, F. S. ve KOCADAĞISTAN, E. (2002). "Erzurum Şehir Merkezinde Kullanılan Fosil Yakıtlar ile Hava Kirliliği Arasındaki İlişki", *1. Ulusal Çevre Sorunları Sempozyumu*: 492-501, Erzurum,
- KOÇ, T. (1998). "Isıtma Dönemi Özellikleri ve Balıkesir'de Uygulaması", *Türk Coğrafya Dergisi* 33: 319-335.
- NİŞANCI, A. (1986a). "Erzurum'da Halkın Hava Kirliliğine Bakışı", *Atatürk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Araştırma Dergisi* 15: 313-317.
- NİŞANCI, A. (1986b). "Belli Hava Durumlarında Erzurum'da Hava Kirliliği", *Atatürk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Araştırma Dergisi* 15: 319-324.
- ÖZDEMİR, M. A. ve BOYRAZ, Z. (2002). "Elazığ Şehir Merkezinde Hava Kirliliğini Doğuran Nedenler ve Kirlilik Parametrelerinin Zaman İçindeki Değişimine Coğrafi Bir Yaklaşım", *Doğu Coğrafya Dergisi* 7(8): 163-182.
- SEVER, R. (2008). "Malatya'da Hava Kirliliğine Coğrafi Bakış", *Doğu Coğrafya Dergisi* 13(20): 59-77.
- SUNGUR, K. A. ve GÖNENÇGİL, B. (1997). "Çeşitli İklim Elemanlarının Hava Kirliliği Üzerine Etkileri", *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi* 6: 337-345.
- ŞAHİN, C. (1987). "Hava Kirliliği ve Hava Kirliliğini Etkileyen Doğal Çevre Faktörleri", *Atatürk Kültür Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Coğrafya Araştırmaları Dergisi* 1(1): 194-208.
- TARIM ve ORMAN BAKANLIĞI (2005). Erzurum'un Meteorolojik Verileri, Ankara: T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, İstatistik Yayın Şube Müdürlüğü.
- TUİK (Türkiye İstatistik Kurumu) (2008). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi, 2007-2008 Nüfus Sayımı Sonuçları Veritabanı, Ankara: TC. Başbakanlık, Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr/jsp/duyuru/adnks/adnksln-dex.htm>; <<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.d> o?id=306>, son erişim 10 Mayıs 2009.
- TURALIOĞLU, F. S. ve BAYRAKTAR, H. (2004). "Erzurum Şehir Merkezi Üzerinde Hava Kirlenmelerin Zamansal ve Bölgesel Dağılımı", *İTÜ 9. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu*: 581-587, İstanbul.
- TÜRKEŞ, M. (1996). "Kent ve Bölge Planlamasında Topoğrafyaya Bağlı Yerel Rüzgârlar", *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi* 5: 213-227.
- ÜNAL, Ç. (2007). "Erzurum Nüfusu'nun Sosyoekonomik Göstergeleri ve Doğu Anadolu'daki İl Merkezleriyle Karşılaştırılması", *Türk Coğrafya Dergisi* 48: 73-94.
- YILDIRIM, U. ve KORKMAZ, H. (1998). "Kahramanmaraş'ta Coğrafi Faktörlerin, Hava Kirliliğine Etkileri", *Türk Coğrafya Dergisi* 33: 389-411.
- YILMAZ, S. ve SEZEN ÖZ, I. (2004). "Erzurum Kentinde Hava Kirliliğine Karşı Halkın Duyarlılığının Belirlenmesi", *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 17(2): 199-206.

Yazarlar hakkında

Yrd. Doç. Dr. İbrahim KOPAR
Atatürk Üniversitesi
Edebiyat Fakültesi
Coğrafya Bölümü
Erzurum

Volkan jeomorfolojisi, Flüvyal jeomorfoloji, Karst jeomorfolojisi ve uygulamalı jeomorfoloji konuları üzerinde çalışmaktadır. Son yıllardaki çalışmaları; Biyoklimatik konfor, hava kirliliği ve antropojenik jeomorfoloji konuları üzerinde yoğunlaşmaktadır

Yrd. Doç. Dr. Murat ZENGİN
Kahramanmaraş Sütçü İmam
Üniversitesi
Mimarlık Fakültesi
Peyzaj Mimarlığı Bölümü
Kahramanmaraş

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama, Çevre Kirliliği, Kentsel Alan Kullanımları ve Alan Kullanım Değişimleri konularında çalışmaktadır.

