

Türkiye'nin Doğu İllerindeki Hava Kalitesinin PM₁₀ Yönüyle İncelenmesi

Aliye DOLAR¹, Hatice Tül Kübra SARAÇ¹

ÖZET: Bu çalışmada Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Sisteminden alınan Doğu illerine ait 2014 yılı günlük PM₁₀ verileri istatistiksel olarak incelenmiştir. 23 istasyondan alınan PM10 konsantrasyonlarının yıllık aritmetik ortalaması 56 µg m⁻³ olup bu değer 2014 sınır değerinin (60 µg m⁻³) altında ve 2019'da geçilecek AB limit değerinin (40 µg m⁻³) üzerinde kalmıştır. Bu illerin çoğunda PM₁₀ kış aylarında ısınma ihtiyacı fazlalığından dolayı yaz aylarına (ısınma olmayan dönem) göre daha yüksek bulunurken, yaz aylarında Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, Doğu Anadolu Bölgesi'ne göre daha yüksek PM₁₀ konsantrasyonu gözlenmiştir. Bu durum bölgede yaz aylarında sıkça görülen güneyden gelen toz taşınımına bağlanmıştır. Bölge illerinde ölçülen PM₁₀ değerlerinin Türkiye ve AB limit aşma gün sayıları bahar aylarında en düşük, kış aylarında en yüksek seviyede bulunmuştur. Özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde aşım gün sayıları kış mevsiminin yanında yazın da fazla çıktığı görülmüştür. Ayrıca bütün illerin ardışık aşma gün sayıları ve bu günlerin ortalama konsantrasyonları da incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: PM₁₀, Türkiye'nin doğusu, limit değer, aşma gün sayısı

Investigation of Air Quality with PM₁₀ in the Eastern Provinces of Turkey

ABSTRACT: In this study, taken from the The National Air Quality Monitoring System of the Republic of Turkey's Ministry of Environment and Urbanization, daily PM₁₀ in 2014 from Eastern provinces were analyzed statistically. Annual arithmetic average of PM₁₀ concentrations from 23 stations was 56 µg m⁻³ which was under the limit value in 2014 (60 µg m⁻³) and remained on limit value in 2019 and the EU limit value (40 µg m⁻³). PM10 concentrations of most of the provinces during winter, due to heating requirements, were the higher than during summer (non-heating period). PM₁₀ concentrations of the Southeastern Anatolia Region in summer have been observed higher than Eastern Anatolia. This is often seen in the summer months in the area was connected to the dust transport from the south. The number of days exceeding the limit Turkey and the EU of the measured values of PM₁₀ in the provinces were low in spring months, it was found the highest level in the winter. Especially the number of days exceeding of Southeastern Anatolia were seen the higher in the summer as well as in the winter. Also in all provinces the number of consecutive days exceeding and the average concentrations of these days were examined.

Keywords: PM₁₀, eastern of Turkey, limit value, number of days exceeding

¹ Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Aliye DOLAR, aliayedolar@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Partikül madde (PM) zamana ve mekâna bağlı olarak değişen fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip asılı katı ve sıvı parçacıkların karışımından oluşan yaygın bir kirleticidir. PM'in genel kimyasal içeriği sülfat, nitrat gibi inorganik türlerden, PAH gibi organik türlerden, organik ve elementel karbondan, toprak kökenli elementlerden ve metallere dayanarak oluşmaktadır. Buna ilaveten biyolojik türlerin de katkısı vardır (WHO, 2013). Atmosferik partikül madde çok çeşitli kaynaklardan yayılır. Toprak ve cadde tozu, deniz tuzu, biyolojik parçacıklar, volkanik emisyonlar ve orman yangınları vs doğal kaynaklardan atıldığı gibi araç emisyonları, fosil yakıt yakma, inşaat ve endüstriyel faaliyetler, katı atık yakma ve biyokütle yakma gibi antropojenik kaynaklardan da atmosfere salınır (Iovino et al., 2014; Alam et al., 2014; Tolis et al., 2014).

Atmosferik partikül maddenin en önemli kısmını oluşturan PM₁₀, aerodinamik çapı 10 µm ve altındaki boyuta sahip partikül madde olarak tanımlanmaktadır. 10 mikron ya da daha küçük (PM₁₀) boyutlu tanecikler vücutta zararlı maddelerin geçişini engelleyen mukoza ve siller tarafından tutunamaz ve böylece bronşlara ve alveollere yerleşebilirler (Iovino et al., 2014; Kim et al., 2015). Aslında 10-mikron boyutu solunabilir ve solunamayan parçacıklar arasında keskin bir sınır değildir, ama yasal kurumlar tarafından havadan partikül madde izlenmesi için en uygun fraksiyon olarak kabul edilmiştir. Çünkü PM₁₀ ile ince parçacıklar da dahil olmak üzere diğer hava kirleticiler arasında çok yüksek bir korelasyon vardır ve bunun sonucunda PM₁₀ seviyesi hava kalitesinin iyi bir göstergesi olarak kabul edilebilir (Iovino et al., 2014).

Dolayısıyla PM₁₀ solunum yoluyla insan vücuduna giren partikül maddeyi temsil eden ve potansiyel zararlı elementlerin daha çok bağlandıkları fraksiyon olarak kabul edilmiştir. Bu nedenle sağlıkla ilgili fraksiyon olarak da sınıflandırılabilir (Boisa et al., 2014). Partikül maddeye maruz kalma prematüre ölüm, hastaneye yatış oranında artış, acil servise başvuru sayısında artış, astım atakları, kronik bronşit, kanser, kalp damar hastalıkları ve diyabet gibi olumsuz sağlık etkilerine neden olmaktadır (Kim et al., 2015). Son yıllarda sürekli izleme teknolojilerinin gelişmesiyle PM₁₀'un kısa vadede ölüm ve hastalık oranını etkilediğine dair güçlü delillerde mevcuttur (Pascal et al., 2014).

İnsan sağlığı üzerine etkileri bir yana PM hem güneş radyasyonunun absorplama-saçma yollarıyla

doğrudan hem de bulut yoğunlaşma çekirdeği şeklinde dolaylı olarak iklimi etkiler (Kabatas et al., 2014). Aynı zamanda atmosferik partikül maddeler, fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak çeşitli süreçlerden sonra çökme yoluyla toprak, su yüzeyi, bina, metal vb. yüzeylerde ciddi çevresel problemlere de neden olabilirler (Bayraktar, 2006).

Hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve oluşturmak, tanımlanmış metotları ve kriterleri esas olarak hava kalitesini değerlendirmek, hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek, hava kalitesi ile ilgili yeterli bilgi toplamak ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamak amacıyla 6 Haziran 2008 tarih ve 26898 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY) Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Yönetmelikte Avrupa Birliğinin (AB) hava kalitesi limit değerlerine uyum sağlanması da hedeflenmiştir.

Bütün dünyada diğer kirleticilerde olduğu gibi Türkiye HKDY Yönetmeliğinde de PM₁₀ için bir sınırlama getirilmiştir. Avrupa birliği (AB), dünya sağlık örgütü (WHO) ve Türkiye için limit değerler Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. AB, WHO ve Türkiye için PM₁₀ limit değerleri (µg m⁻³)

	PM ₁₀ Limit Değerleri	
	Yıllık Ortalama	Günlük Ortalama
Türkiye (2014)	60	100
Türkiye (2019)	40	50
AB	40	50
WHO	20	50

Avrupa Komisyonu Direktifi 2008/50/EC Avrupa için ortam hava kalitesi ve temiz hava mevzuatında (2008) PM₁₀ için yıllık ortalama ve günlük limit değerleri sırasıyla 40 ve 50 µg m⁻³ olarak belirlenmiştir. Ülkemizde ise bu limit değerler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yıllık, kış ve günlük ortalamaları sırasıyla 60, 90 ve 100 µg m⁻³ olarak sınırlandırılmıştır. Ayrıca bu çerçevede ülkemizde 2019 yılına kadar her yıl eşit oranda azaltılarak Avrupa birliği limit değerlerine ulaşılması hedeflenmiştir.

Ülkemizde Ulusal Hava İzleme İstasyonlarından alınan verilerle PM₁₀ emisyonları üzerine yapılmış pek

Çizelge 2. 2014 yılı Doğu illeri PM₁₀ konsantrasyonlarının istatistiksel analizi (µg m⁻³)

İller	Veri Sayısı	Art. Ort.	Std.Sp.	Geo.Ort.	Med.	Min.	Maks.
Ağrı	333	47.3	35.7	38.3	38	9	195
Ardahan	336	32.5	24.5	24.9	23	3	149
Bingöl	211	30.0	23.7	24.8	25	4	254
Bitlis	348	53.0	34.4	43.8	40	8	226
Elazığ	299	31.8	16.9	28.1	27	8	88
Erzincan	351	52.6	33.3	44.3	44	8	197
Erzurum	337	30.3	28.3	23.7	21	5	249
Hakkâri	214	85.5	29.1	80.2	81	22	181
Iğdır	354	106.4	89.5	80.7	73	20	485
Kars	362	47.4	28.7	40.7	40	12	157
Malatya	336	43.0	21.4	38.6	37	11	138
Muş	309	99.4	48.2	89.8	88	29	287
Tunceli	358	18.2	12.6	15.4	16	3	140
Van	353	48.6	25.3	43.1	43	11	166
Adıyaman	346	70.9	35.6	63.0	63	13	279
Batman	319	89.7	45.9	79.0	83	16	353
Diyarbakır	334	61.8	35.6	55.0	57	14	403
Gaziantep	335	57.8	30.6	51.5	49	18	214
Kilis	338	28.9	22.2	25.1	24	8	240
Mardin	343	57.8	72.1	45.1	47	8	1123
Siirt	357	113.1	51.6	102.8	106	24	374
Şanlıurfa	323	48.5	33.3	40.0	36	8	170
Şırnak	286	30.8	17.6	27.1	29	4	148
Ortalama	325	55.9	34.6	48.0	47	12	270

PM₁₀ Konsantrasyonlarının Zamansal Değerlendirilmesi

Bu bölümde, 2014 yılı Doğu illeri PM₁₀ konsantrasyonları ısınma ve ısınma olmayan dönemde iki grupta incelenmiştir. Bütün illerin ısınma dönemi aritmetik ortalaması 66 µg m⁻³ iken ısınma olmayan dönemde aritmetik ortalama 47 µg m⁻³'e düşmüştür.

Her iki dönemin istatistiksel değerlendirilmesi Çizelge 3'te sunulmuştur. Çizelge 3'de görüldüğü gibi ısınma döneminde en yüksek PM₁₀ konsantrasyonu 156 µg m⁻³ değeriyle Iğdır iline en düşük değer ise 17 µg m⁻³ ile Tunceli iline aittir. Isınma olmayan dönemde ise en yüksek PM₁₀ konsantrasyonu 102 µg m⁻³ değeriyle Siirt ilinde en düşük değer ise 18 µg m⁻³ ile Erzurum ilinde gözlenmiştir. Ayrıca Malatya, Diyarbakır, Mardin, Siirt ve Şırnak illerinde en yüksek PM₁₀ konsantrasyonu aynı gün ölçülmüş olup Mardin için bu değer 1123 µg m⁻³ 'tür. Isınma olmayan dönemde görülen bu yüksek konsantrasyonların güneyden ve doğudan gelen toz taşınımlarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Şengün ve Kıranşan, 2012). Bu olay yerel basında da yer almıştır. Doğu Anadolu Bölgesindeki illerin büyük bir bölümünde (Bingöl ve Tunceli şehirleri hariç)

ısınma sezonu verileri diğer sezondan daha yüksektir. Ardahan, Erzurum ve Iğdır illerinde ısınma dönemi PM₁₀ konsantrasyonu, ısınma olmayan dönemdekinden yaklaşık 2 kat daha yüksekken, bazı illerde ise (Hakkâri ve Batman gibi) bu iki değer birbirine oldukça yakındır (Çizelge 3).

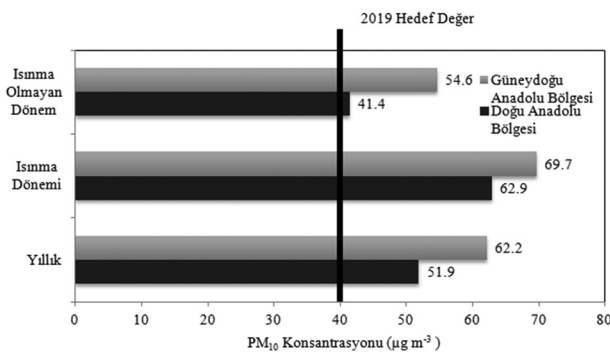
Isınma ve ısınma olmayan dönemlerin bölgesel bazdaki PM₁₀ konsantrasyon değişimi ise Şekil 2'de gösterilmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi PM₁₀ konsantrasyonu her iki dönemde de yüksek çıkmıştır. Isınma olmayan dönemdeki PM₁₀ konsantrasyonunun ısınma dönemine oranı Doğu Anadolu Bölgesi için 0.66 iken Güneydoğu Anadolu Bölgesi için 0.78 bulunmuştur. Bu oranın küçüklüğü PM₁₀'un en önemli kaynağının ısınma olabileceğini gösterirken, bu oranın büyümesi PM₁₀'un ısınma dışında farklı kaynaklardan gelebileceğini göstermektedir. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki bu oranın Güneydoğu Anadolu Bölgesinden daha düşük olması PM₁₀'un bu bölgedeki en önemli kaynağının ısınma olduğunu göstermekte, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ise özellikle yaz aylarında görülen toz taşınımının PM₁₀ için önemli bir kaynak olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca Şekil 2'de bölgelerin ısınma ve ısınma olmayan

Çizelge 3. 2014 yılı Doğu illeri ısınma dönemi (ısınma olmayan dönem) PM₁₀ konsantrasyonları (µg m⁻³)

İller	Art. Ort.	Std.Sp.	Geo.Ort.	Med.	Min.	Maks.
Ağrı	60.6 (33.1)	44.4 (11.9)	47.0 (30.9)	45 (33)	9 (10)	195 (70)
Ardahan	45.0 (21.5)	26.6 (15.7)	37.1 (17.6)	41 (16)	7 (3)	149 (104)
Bingöl	28.0 (34.2)	19.5 (30.5)	23.2 (28.8)	23 (30)	4 (5)	133 (254)
Bitlis	57.1 (48.8)	39.8 (27.3)	44.6 (43.0)	40 (41)	8 (10)	226 (217)
Elazığ	39.7 (26.2)	20.2 (11.1)	34.8 (24.2)	34 (24)	12 (8)	88 (86)
Erzincan	62.4 (41.9)	40.2 (18.7)	51.1 (38.0)	53 (38)	9 (8)	197 (101)
Erzurum	40.7 (18.4)	35.0 (8.0)	31.6 (17.1)	31 (17)	5 (5)	249 (68)
Hakkâri	87.4 (83.7)	33.8 (24.1)	79.8 (80.5)	86 (79)	22 (31)	170 (181)
Iğdır	155.5 (57.9)	104.1 (22.7)	122.7 (53.3)	138 (55)	20 (20)	485 (114)
Kars	59.5 (35.3)	33.4 (15.4)	51.2 (32.4)	49 (32)	15 (12)	157 (99)
Malatya	51.0 (34.3)	24.2 (13.0)	45.6 (32.2)	48 (32)	11 (13)	138 (101)
Muş	118.5 (85.5)	59.4 (31.6)	104.0 (80.7)	106 (81)	29 (29)	282 (287)
Tunceli	16.8 (19.6)	10.6 (14.3)	14.5 (16.3)	15 (17)	4 (3)	97 (140)
Van	58.6 (38.7)	30.6 (12.3)	50.6 (36.8)	53 (38)	11 (13)	166 (98)
Adıyaman	75.4 (66.3)	37.2 (33.4)	66.1 (59.9)	66 (62)	13 (21)	203 (279)
Batman	93.7 (85.9)	52.6 (38.1)	79.1 (78.9)	84 (83)	16 (26)	272 (353)
Diyarbakır	69.0 (54.9)	42.2 (26.4)	59.8 (50.8)	66 (53)	14 (23)	403 (280)
Gaziantep	73.2 (44.3)	33.6 (19.6)	66.4 (41.2)	69 (40)	19 (18)	214 (192)
Kilis	32.1 (26.0)	30.6 (9.4)	25.6 (24.7)	23 (24)	8 (10)	240 (83)
Mardin	64.4 (50.5)	95.7 (27.7)	50.0 (40.4)	45 (50)	19 (8)	1123 (135)
Siirt	123.9 (102.1)	58.9 (40.1)	110.2 (95.8)	116 (99)	24 (29)	374 (322)
Şanlıurfa	62.9 (32.1)	38.7 (13.0)	51.6 (29.9)	51 (29)	8 (9)	170 (80)
Şırnak	32.6 (29.2)	20.5 (14.1)	28.1 (26.2)	29 (28)	4 (7)	148 (115)
Ortalama	65.6 (46.6)	40.5 (20.8)	55.4 (42.6)	57 (44)	13 (14)	256 (163)

dönemlerdeki PM₁₀ değerleri Türkiye 2019 yılı hedef değeri ile de kıyaslanmış ve her iki dönemde de hedef değere ulaşamadığı görülmüştür. Çalışmada ayrıca tüm illerin aylık bazda PM₁₀ konsantrasyonlarının istatistiksel değerlendirilmesi yapılmış ve Çizelge

4'te verilmiştir. Çizelge 4'de görüldüğü gibi PM₁₀ konsantrasyonu genel olarak kış aylarında (Ocak, Şubat ve Aralık) en yüksek değerde gözlenmiştir. Bu aylarda havanın soğumasıyla ısınmaya olan ihtiyaç ve yakıt tüketiminin artması PM₁₀ değerini artırmaktadır.



Şekil 2. 2014 yılı Bölgesel PM₁₀ konsantrasyonlarının yıllık, ısınma ve ısınma olmayan dönem değişimi

Son yıllarda şehirlerin hava kalitesini iyileştirmek amacıyla ısınmada doğal gaz kullanımına geçilmiş olsa da bu kullanımın doğuda yaygın olmaması ve şehirlerde düşük kaliteli kömürlerin kullanılmasının kısıtlanmaması nedeniyle kış aylarında bu yüksek değerler hala görülebilmektedir. 2014 yılı doğal gaz piyasası sektör raporuna göre Hakkâri, Iğdır ve Muş illeri sırasıyla 0.11, 0.18 ve 0.48 m³ ile en az doğal gaz tüketimine sahip iller olup (EPDK, 2014) 2014 yılı Ocak, Şubat ve Aralık PM₁₀ konsantrasyonları da bu illerde en yüksek seviyede ölçülmüştür. Nisan, Mayıs ve Haziran aylarındaki PM₁₀ konsantrasyonları

ise bütün şehirlerde en düşük değerlere sahiptir. Bu durum sıcaklığın artmasıyla yakıt tüketiminin azalmasına ve bu aylarda artan yağışlarla PM₁₀'in çökerek atmosferden uzaklaşmasına bağlanabileceği düşünülmektedir (Bayraktar and Turaliöglu, 2005). Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinin aylık ortalama PM₁₀ konsantrasyonları ile bunların yıllık AB limit değeri ve Türkiye 2019 hedef değeri olan 40 µg m⁻³ karşılaştırılması ise Şekil 3'te gösterilmiştir.

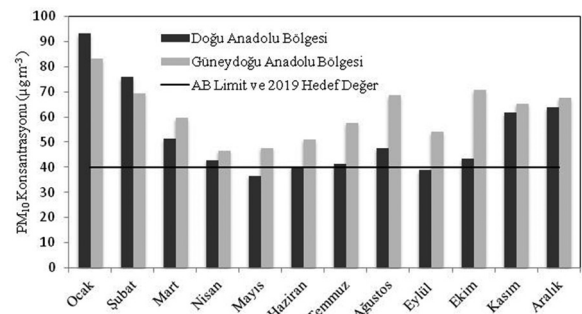
Doğu Anadolu Bölgesinde ısınma dönemi olan Ocak Şubat Mart Kasım ve Aralık aylarında sınır değer yüksek oranda aşılrken, bahar aylarında aşılma pek olmamış fakat yaz aylarında (özellikle Ağustos) yüksek oranda olmasa da hedef sınır değeri aşmıştır. Bu durum Doğu Anadolu Bölgesinde PM₁₀'un kışın yakıttan, kurak geçen yaz aylarında ise rüzgârlarla taşınımından kaynaklanabileceğini düşündürmektedir.

Çizelge 4. 2014 yılı Doğu illeri PM₁₀ konsantrasyonlarının istatistiksel analizi (µg m⁻³)

İller	O.	Ş.	M.	N.	M.	H.	T.	A.	E.	E.	K.	A.
Ağrı	98	94	47	31	26	27	34	42	37	27	54	49
Ardahan	70	68	47	44	22	15	15	17	15	20	37	47
Bingöl	38	39	32	MD	MD	MD	21	43	29	28	20	21
Bitlis	92	91	82	61	49	62	54	34	31	32	25	28
Elazığ	50	40	33	29	25	22	25	29	27	MD	29	40
Erzincan	69	54	35	36	37	43	49	46	41	59	96	61
Erzurum	73	63	24	18	16	16	17	24	18	21	35	33
Hakkâri	135	MD	78	78	78	84	86	88	81	69	86	105
Iğdır	249	158	92	55	46	48	58	76	64	79	185	189
Kars	88	87	48	43	32	40	31	37	29	35	56	47
Malatya	64	50	41	35	32	32	33	40	33	41	49	62
Muş	188	152	88	75	68	77	94	116	85	98	131	137
Tunceli	19	14	14	17	14	19	22	28	19	21	16	16
Van	74	77	60	37	32	36	43	47	37	35	47	59
Adıyaman	89	88	66	55	58	58	59	82	83	55	81	75
Batman	114	91	72	56	68	76	90	117	101	112	99	72
Diyarbakır	87	67	53	46	52	52	53	73	54	81	56	69
Gaziantep	91	75	68	48	40	37	40	53	47	53	76	78
Kilis	26	39	48	24	28	27	28	25	24	21	38	21
Mardin	52	58	53	54	47	60	62	72	9	133	44	45
Siirt	147	96	106	82	82	102	121	119	106	115	119	156
Şanlıurfa	108	85	40	33	35	25	29	41	32	36	51	58
Şırnak	35	28	33	23	22	23	38	37	32	32	26	36
Ortalama	89	73	55	44	41	45	48	56	45	55	63	65

MD: Mevcut Değil

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yıl içinde her ayda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonları hedef sınır değeri aşırsa da aşma oranı kış ve yaz aylarında oldukça yüksekken, Nisan ve Mayıs gibi bahar aylarında aşma miktarı daha düşük olmuştur. Bu bölgede PM₁₀'un kış aylarında ısınma için kullanılan kalitesiz yakıtlardan kurak yaz aylarında ise güneyden taşınımından gelen tozlardan kaynaklanabileceği için yüksek bulunduğu, bahar aylarında ise fosil yakıt tüketiminin bitmesi ve yağışların artması (MGM, 2015) nedeniyle azaldığı düşünülmektedir.

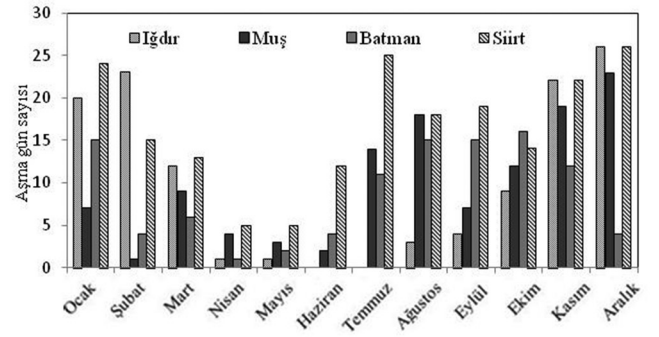


Şekil 3. Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerindeki aylık ortalama PM₁₀ konsantrasyon değişimleri

Ayrıca limit değerlerin üzerinde bulunan veriler, AB uyum sürecinde günlük limit değeri aşma gün sayısı yönünden incelenmiştir. Türkiye ve AB günlük limit değerleri sırasıyla 100 ve 50 $\mu\text{g m}^{-3}$ olup Doğu illerinin bu limitleri aşan gün sayıları hesaplanmış ve Çizelge 5'te verilmiştir. AB limit değeri maksimum aşma gün sayısı yıllık 35 kez/yıl iken bu değer 4 il hariç (Bingöl, Tunceli, Kilis, Şırnak) diğer bütün illerde aşılmıştır. Aşma gün sayısı olarak iller sıralaması Siirt > Muş > Batman > Iğdır > Adıyaman > Diyarbakır > Hakkari > Gaziantep > Mardin > Erzincan > Bitlis > Van > Kars > Şanlıurfa > Malatya > Ağrı > Ardahan > Erzurum > Elazığ şeklindedir. Siirt 2014 yılının 11 ayında AB limit değerini, yaklaşık 7 ayında da Türkiye sınır değerini aşmıştır.

Çizelge 5'den görüldüğü üzere en yüksek ardışık aşma gün sayısı Iğdır ve Siirt illerinde (22 gün) olup bu günlerin ortalama konsantrasyonları sırasıyla 182 ve 176 $\mu\text{g m}^{-3}$ dür. Mardin ilinde ise yalnızca 4 gün ardışık olarak sınır değeri aşılmasına rağmen bu günlerdeki ortalama konsantrasyon oldukça yüksektir (474 $\mu\text{g m}^{-3}$). Ardışık aşma gün sayısı olarak nitelendirilen durum,

ölçüm yapılan o yerdeki PM₁₀'un hiç temizlenmeden o süre boyunca atmosferde kalması anlamına gelmekte olup bu değer büyüdükçe ciddi sağlık etkileri olabileceği tahmin edilmektedir. Bölgede limit değeri aşma sayısı en yüksek olan 4 ilin (Siirt, Iğdır, Muş, Batman) aşma gün sayıları ayrıca aylık bazda incelenmiş ve Şekil 4 de sunulmuştur. Şekil 4'den görüldüğü gibi yılın tüm aylarında PM₁₀ konsantrasyonunun sınır değeri aştığı günler olmasına rağmen bu değer yaz ve kış aylarında oldukça yüksek değere ulaşmıştır.



Şekil 4. Türkiye limit değerini aşan en yüksek illerin aylık PM₁₀ konsantrasyon değişimi

Çizelge 5. 2014 yılı PM₁₀ konsantrasyonlarının limit değerleri aşma gün sayıları

Şehirler	AB Limit Değer Aşma Gün Sayısı	Türkiye Sınır Değer Aşma Gün Sayısı	Ardışık Maks. Aşma Gün Sayısı	Ardışık Maks. Aşma Gün Sayısı Ortalamaları
Ağrı	89	31	11	126
Ardahan	66	4	MD	MD
Bingöl	20	3	2	126
Bitlis	137	40	7	144
Elazığ	40	0	MD	MD
Erzincan	139	29	11	165
Erzurum	43	16	8	147
Hakkari	194	60	8	130
Iğdır	251	121	22	182
Kars	105	27	9	126
Malatya	99	7	2	119
Muş	287	119	10	124
Tunceli	6	1	MD	MD
Van	120	19	5	118
Adıyaman	238	65	8	126
Batman	257	105	10	186
Diyarbakır	196	26	7	121
Gaziantep	158	26	6	121
Kilis	27	4	3	170
Mardin	149	21	4	474
Siirt	333	198	22	176
Şanlıurfa	100	34	11	131
Şırnak	21	4	2	144

MD: Mevcut değil

SONUÇ

Bu çalışmada Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Sisteminden alınan Doğu illerine ait 2014 yılı günlük PM₁₀ verilerinin alansal ve zamansal değişimi incelenmiş, bütün iller için PM₁₀ konsantrasyonlarının yıllık ortalama, ısınma dönemi ortalaması ve ısınma olmayan dönem ortalaması sırasıyla 56, 66 ve 47 µg m⁻³ olarak hesaplanmıştır. Yılın en yüksek PM₁₀ aritmetik ortalaması 113.1 µg m⁻³ ile Siirt ve en düşük ise 18.2 µg m⁻³ ile Tunceli iline aittir. Isınma döneminde en yüksek değer Iğdır ilinde (156 µg m⁻³) en düşük Tunceli ilinde (17 µg m⁻³) gözlenirken, ısınma olmayan dönemde ise en yüksek 102 µg m⁻³ değeriyle Siirt ilinde en düşük 18 µg m⁻³ ile Erzurum ilinde bulunmuştur. Mardin ilinde yılın en yüksek konsantrasyon değeri (1123 µg m⁻³) gözlenmiştir. Bütün verilerin yıllık Avrupa birliği limit ve Türkiye 2019 hedef değeri olan 40 µg m⁻³'ü aştığı görülmüştür. PM₁₀ günlük sınır değerinin üzerinde olan illerin büyükten küçüğe doğru sıralaması Siirt > Iğdır > Muş > Batman > Hakkâri > Adıyaman > Diyarbakır şeklinde olup bu illerin konsantrasyonları sırasıyla 113, 106, 99, 90, 86, 71 ve 62 µg m⁻³'tür. Doğu Anadolu Bölgesinde kış aylarında en yüksek konsantrasyon değerleri bulunmuşken, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yaz aylarında da kış aylarına yakın yüksek konsantrasyonlar gözlenmiştir. Her iki bölgede de en düşük PM₁₀ değerleri yağışın bol olduğu ilkbaharda görülmüştür. Bölgede limit aşma sayıları da bu duruma paralellik arz etmektedir. Ayrıca ardışık aşma gün sayılarının en büyüğü de kışın 22 gün olarak her iki bölgede de (Iğdır ve Siirt illerinde) bulunmuştur. Dolayısıyla Doğu Anadolu Bölgesinde PM₁₀'un en önemli kaynağının ısınma olabileceği, yazları kurak geçen Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ise ısınmanın yanında güneyden gelen toz taşınımının da PM₁₀ için etkin kaynak olabileceği düşünülmektedir.

Kış aylarında görülen yüksek PM₁₀ konsantrasyonu, ısınmada doğalgaz kullanımının yaygınlaştırılması ve şehirlere sadece ısı değeri yüksek, kül içeriği düşük kömürlerin girişine izin verilmesi ve belli büyüklüğün üzerindeki şehirlerin ulaşımında raylı sistemlere geçilmesi ile azaltılabilir. Ayrıca partikül maddelerin kaynaklarını ve bölgedeki etkisini araştıran kapsamlı bilimsel çalışmalara da ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

Agacayak T, Kindap T, Unal A, Pozzoli L, Mallet M, Solmon F, 2015. A case study for Saharan dust transport over Turkey via RegCM4.1 model. *Atmospheric Research* 153: 392-403.

Alam K, Mukhtar A, Shahid I, Blaschke T, Majid H, Rahman S, Khan R, Rahman N, 2014. Source Apportionment and Characterization of Particulate Matter (PM₁₀) in Urban Environment of Lahore. *Aerosol and Air Quality Research* 14: 1851-1861.

Bayraktar H, Turalioglu F, S, 2005. Composition of wet and bulk deposition in Erzurum, Turkey. *Chemosphere* 59: 1537-1546.

Bayraktar, H, 2006. Erzurum Kent Atmosferinde Partikül Madde Kompozisyonu, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, Erzurum, 149s.

Boisa N, Entwistle J, Dean J, R, 2014. A new simple, low-cost approach for generation of the PM₁₀ fraction from soil and related materials: Application to human health risk assessment. *Analytica Chimica Acta* 852: 97-104.

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", Official Journal L152, 11/06/2008 p. 1-44.

EPDK, 2014. T.C. Enerji piyasası düzenleme kurumu 2014 doğalgaz piyasası sektör raporu. http://www.epdk.org.tr/documents/dogalgaz/rapor_yayin/DPD_RaporYayin2014.pdf (Erişim tarihi: Eylül, 2015).

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY) Yönetmeliği 6 Haziran 2008. <http://www.csb.gov.tr/gm/cygm/index.php?Sayfa=sayfahtml&Id=1493> (Erişim tarihi: 28 Ocak, 2015).

Iovino P, Canzano S, Leone V, Berto C, Salvestrini S, Capasso S, 2014. Contribution of vehicular traffic and industrial facilities to PM₁₀ concentrations in a suburban area of Caserta (Italy). *Environ Sci Pollut Res* 21:13169-13174.

Kabatas B, Unal A, Pierce R,B, Kindap T, Pozzoli L, 2014. The contribution of Saharan dust in PM₁₀ concentration levels in Anatolian Peninsula of Turkey. *Science of the Total Environment* 489: 413-421.

Karaca F, 2012. Determination of air quality zones in Turkey. *Journal of the Air & Waste Management Association* 62: 4, 408-419.

Kim K, Kabir E, Kabir S, 2015. A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International* 74: 136-143.

MGM, 2015. Meteoroloji Genel Müdürlüğü <http://www.mgm.gov.tr> (Erişim tarihi: Eylül, 2015).

Pascal M, Falq G, Wagner V, Chatignoux E, Corso M, Blanchard M, Host S, Pascal L, Larrieu S, 2014. Short-term impacts of particulate matter (PM₁₀, PM₁₀-2.5, PM_{2.5}) on mortality in nine French cities. *Atmospheric Environment* 95: 175-184.

Şengün T, Kıranşan K, 2012. Doğu Ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerini Etkileyen Çöl Tozlarının Kaynak Alanları Ve Tane Boyu Analizleri. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi* 25: 14-30.

Tolis E, I, Gkanas E, I, Pavlidou E, Skemperi A, Pey J, Pérez N, Bartzis J, G, 2014. Microstructural analysis and determination of PM₁₀ emission sources in an industrial Mediterranean city. *Cent. Eur. J. Chem.* 12: 1081-1090.

World Health Organization (WHO). Health effects of particulate matter. Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. Copenhagen:WHO Regional Office for Europe; 2013. <http://www.euro.who.int> (Erişim tarihi: 28 Ocak, 2015).