

# Sanayi Kaynaklı Noktasal Emisyonların Hava Kalitesine Katkısı: Kayseri İli Örneği

Zeynep İpek<sup>1</sup>, İbrahim Uyanık<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, Su Arıtma Dairesi Başkanlığı, 06050, Ankara.

<sup>2</sup>Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri.

## Özet

Bu çalışmada Kayseri İl Merkezinde endüstriyel amaçlı enerji üretim tesislerine ait enerji santrallerinin hava kirliliğine katkısı araştırılmıştır. Bu nedenle, Kayseri İli'nde 2015-2019 yılları arasındaki 5 (beş) yıllık dönemde sanayide kullanılan doğalgazın yanı sıra, endüstriyel enerji temini için kömür kullanan santrallerden alınan verilerle emisyon miktarları ortaya çıkarılmıştır. Bu kaynakların, hava kirliliğine katkıları da Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı verileriyle yıllık bazda ayrıca değerlendirilmiştir. Ayrıca, emisyon miktarları ile kirlenici konsantrasyonlarının yıllık bazdaki birbiriyle ilişkisi Pearson korelasyonu ile incelenmiştir. Çalışma süresi olan 2015-2019 yıllarını kapsayan 5 yıllık süre zarfında toplam PM (partiküler madde), SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> parametreleri için hesaplanan emisyon miktarları sırasıyla; 1.540 ton, 500 ton ve 10.328 ton şeklindedir. PM, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> parametreleri için hesaplanan emisyon miktarları (ton/yıl) sonucunda üç kirlenicinin emisyon yüzdeleri sırası ile %14, %4 ve %82 şeklindedir. Endüstrilerde enerji santrallerinde kullanılan kömür ile sanayide kullanılan doğalgazın Kayseri İli hava kirliliğine katkısı karşılaştırıldığında, bu parametrelere, PM %89, SO<sub>2</sub> %97 ve NO<sub>x</sub> %62 ile en fazla katkıyı kömürün yaptığı görülmüştür. 2015 yılından 2019 yılına doğru gerçekleşen PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarında azalma ve NO<sub>x</sub> konsantrasyonlarındaki artışın, kentte doğalgaz kullanımının artması ile ilişkili olabileceği, endüstriyel doğalgaz ve kömür kullanımı ile SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarındaki değişimin ilişkilendirilemediği sonucuna varılmıştır. Sanayi tesislerinde enerji eldesi için kömür kullanımı kaynaklı NO<sub>x</sub> emisyon miktarlarının NO<sub>x</sub> konsantrasyonu ile yüksek korelasyona sahip olduğu bulunmuştur. Sonraki çalışmalarda evsel kaynaklı kömür ve doğalgaz kullanımının da belirlenmesiyle her bir noktasal kaynağın hava kirliliğine katkısı belirlenebilir.

## Anahtar Sözcükler

Noktasal Kaynak, Doğalgaz, Kömür, Emisyon, Endüstri

## The Contribution of Industrial Point Emissions on Air Pollution: A Case Study for Kayseri Province

### Abstract

In this study, the contribution of power plants belonging to industrial power generation facilities in Kayseri City Center to air pollution was investigated. For this reason, in the five-year period between 2015-2019 in Kayseri Province, besides the natural gas used in the industry, the emission amounts have been revealed with the data obtained from the power plants that use coal for industrial energy supply. The contributions of these sources to air pollution are also evaluated on an annual basis with the data of the National Air Quality Monitoring Network. In addition, the relationship between emission amounts and pollutant concentrations on an annual basis was examined using the Pearson correlation. The emission amounts calculated for the total PM (particulate matter), SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> parameters during the five-year period, 2015-2019, are 1,540 tons, 500 tons and 10,328 tons, respectively. As a result of the emission amounts (tons/year) calculated for the PM, SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> parameters, the emission rates of the three pollutants are 14%, 4% and 82%, respectively. When the contribution of coal used in power plants in industries and natural gas used in industry to air pollution in Kayseri is compared, it is seen that coal makes the highest contribution with 89% of PM 97% of SO<sub>2</sub> and 62% of NO<sub>x</sub>. It was concluded that the decrease in PM<sub>10</sub> concentrations and the increase in NO<sub>x</sub> concentrations from 2015 to 2019 may be associated with the increase in natural gas use in the city. The use of industrial natural gas and coal could not be associated with the change in SO<sub>2</sub> concentrations. It has been found that the NO<sub>x</sub> emission amounts originating from the use of coal for energy production in industrial facilities have a high correlation with the NO<sub>x</sub> concentration. In future studies, the contribution of each point source to air pollution can be determined by determining the use of domestic coal and natural gas.

### Keywords

Point Source, Natural Gas, Coal, Emission, Industry

## 1. Giriş

106 ülkeyi kapsayan 2020 Dünya Hava Kirliliği Raporu'nda hava kirliliği açısından, Türkiye 46'ncı sırada yer almaktadır. Rapora göre Türkiye'de hava kirliliğinin en yoğun olduğu kentler Çorum, Erzurum ve Düzce'dir. Kayseri ise hava kirliliği açısından Türkiye'de 7. sırada yer almaktadır (URL-1 2020). Kayseri merkezi topografik yapısı itibariyle çukurda kalmaktadır. Doğu, güney ve güneydoğu tarafları dağlarla çevrilidir. Rüzgarlar hafif ve orta şiddettedir. Bulunduğu bölge ve rüzgar şiddeti nedeniyle Kayseri'de hava sirkülasyonunun gerçekleşmesi zorlaşmakta ve bu nedenle de özellikle kış mevsiminde şehirde hava kirliliği problemi ortaya çıkmaktadır. Bu durum hava akımını engellediğinden ilin hava kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Özellikle kentte son yıllarda yoğun bir sanayileşme, hızlı nüfus artışı ve düzensiz kentleşme mevcuttur. Şehirde yoğun trafik arterleri, çok sayıda sanayi tesisine sahip üç organize sanayi bölgesi (OSB) ve konut ısıtması potansiyel hava kirletici kaynaklarını oluşturmaktadır (Dadaşer-Çelik ve Kırmacı 2011).

2015-2016 yıllarında Kayseri'de il sınırları içinde gerçekleşen çevre problemleri önem ve önceliklerine göre sıralandığında hava kirliliği 4. öncelikli sırada yer almaktadır (Kartal 2018). Kayseri ile ilgili hava kirliliğine yönelik yapılan çalışmalar ile hava kirliliğinin kaynağı olarak özellikle konut ısınması, endüstri ve trafikte kullanılan yakıtlar gösterilmektedir (Dadaşer-Çelik ve Kırmacı 2011).

Geçmiş yıllarda yakıt olarak kullanılan fuel-oil ve kömürün düşük kalitede olması ve kükürt oranının yüksek olması nedeniyle Kayseri'de özellikle SO<sub>2</sub> miktarları yüksek konsantrasyonlarda ölçülmüştür (Kartal 2018). Ayrıca, durgun meteorolojik şartlar, endüstri ve trafik nedeniyle PM (partiküler madde) konsantrasyonları da yüksek oranlarda ölçülmektedir. Kayseri İli SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> derişim miktarları ile hava kirliliği bakımından Türkiye'de bulunan iller sıralamasında genel olarak ön sıralarda bulunmaktadır. Aynı zamanda Kayseri şehirleşme ve endüstrileşme açısından da Türkiye'deki iller arasında önemli bir düzeydedir (Dadaşer-Çelik ve Kırmacı 2011).

Hava kirliliği konusunda dünyada birçok araştırma yapılmakta ve çevre üzerine etkileri araştırılmaktadır Abd Rani vd. (2018) tarafından Malezya'da yapılan bir çalışma ile ülkenin sanayileşme yolunda ilerlediği ve hava kirliliğinin bu ilerlemeye bağlı olarak ülke için endişe kaynağı olduğu belirtilmiştir. Malezya'daki sürekli hava izleme istasyonlarında 2010 yılından 2015 yılına kadar genellikle yüksek endeks değerleri ölçülmüş ve sağlıksız, çok sağlıksız, tehlikeli, çevre ve mülke önemli ölçüde zarar vermesi muhtemel acil durum seviyelerinde ölçümler elde edilmiştir. Pachón vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada Kolombiya'nın en büyük şehri olan Bogoto'da yüksek emisyon seviyelerine sahip bölgelerin endüstriyel ve ticari faaliyetlerin yoğunlaştığı güney ve güneybatı ile ülkenin geri kalanına bağlanan önemli otoyollar olduğunu belirtmişlerdir. Yue vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada Çin'in başkenti Pekin'de, 2015 yılında, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, UOB (uçucu organik bileşikler)ler dahil olmak üzere çoklu hava kirleticilerinin birim bazlı kapsamlı bir emisyon envanteri çıkarılmıştır. 2015 yılında Pekin'deki hem kömür hem de doğalgaz kullanan endüstriyel tesisler karşılaştırıldığında kömürle çalışan kazanlar CO, SO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub> emisyonlarının ana kaynağı iken, doğalgazla çalışan kazanların ise UOB ve NH<sub>3</sub> emisyonlarının ana kaynağı olduğu sonucuna varmışlardır. Guttikunda vd. (2019) tarafından Hindistan'da yapılan çalışmada 22 milyonluk nüfusa sahip Delhi'nin, dünyanın en kirli başkentlerinden biri olduğu ve endüstrilerin aynı zamanda, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve UOB'ler için en büyük emisyon kaynağı olduğu vurgulanmıştır. Kawashima vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, Brezilya'da sabit kirletici kaynaklarından oluşan toplam 16 rafinasyon ünitesi, 1730 termik santral, 96 çimento endüstrisi ve 64 kağıt ve selüloz endüstrisinin emisyon envanteri oluşturulmuştur. Sonuçlar NO<sub>x</sub> için 857.000 ton/yıl, SO<sub>x</sub> için 123.000 ton/yıl, CO için 212.000 ton/yıl, PM için 104.000 ton/yıl, TOC (toplam organik karbon) için 114.000 ton/yıl, CO<sub>2</sub> için 476.000 ton/yıl değerlerini göstermiştir.

Ülkemizde yakıt kullanımının hava kirliliği üzerine katkıları ve özellikle konut ısınması amacıyla kullanılan kömür tüketiminin hava kirletici emisyonları üzerine etkilerinin yüksek olduğu konusunda birçok araştırma mevcuttur. Endüstriyel tesislerde ise kullanılan yakıtların farklılıkları, yakma kazanlarının tipi ve ısıtma kapasitelerindeki farklılıklar nedeniyle, endüstrilerin hava kirliliğine katkısı konusunda çok fazla araştırma bulunmamaktadır. Bu konuda genel veriler üzerinden yürütülen, endüstrilerden kaynaklı hava kirliliği hakkında ülkemizde yapılan birkaç araştırmaya yer verilmiştir. Çetin ve Demirci (2016) tarafından yapılan çalışmada; 1992 yılındaki Erzincan depremi sonrasında düzenli kentleşmeye gidilmesi ve endüstri için uygun yer seçimi yapılması önlemleri kapsamında ilde bulunan organize sanayi bölgesinin şehir dışına kurulmuş olması, valilik ve belediyelerin kalitesiz kömürlerin denetimi konusunda önlemler alması ve doğalgaz kullanımına geçilmesi sonucunda şehir merkezlerinde hava kirliliğinin önlendiği belirtilmiştir. Morcalı ve Akan (2017) tarafından yapılan çalışmada; Kahramanmaraş'ta SO<sub>2</sub> kirleticisinin 3 aylık kış döneminde, diğer dönemlerle karşılaştırıldığında, miktarlarının yüksek olmasının en büyük nedeninin, kış aylarında farklı tür katı yakıtların kullanılması olduğu belirtilmiştir. Kahramanmaraş ili merkez ilçelerinde 59 adet fabrikanın faaliyet gösterdiğinden ve bu tesislerin PM<sub>10</sub> kirleticisini daha çok baca gazı vasıtasıyla yaydığından bahsedilmiştir. Çukurluoğlu ve Besim (2015) tarafından Denizli Organize Sanayi Bölgesinde (DOSB) bulunan sanayi tesislerinin enerji gereksinimlerini karşılamak üzere kullandıkları yakıtlardan kaynaklanan emisyon envanterleri hesaplanmış ve bölgede 2012 yılında toplam 12.100,2 ton/yıl PM<sub>10</sub>, 3.953,5 ton/yıl SO<sub>x</sub>, 750,4 ton/yıl NO<sub>x</sub>, 6,0 ton/yıl NMVOC (metan harici uçucu organik madde) ve 0,99 ton/yıl N<sub>2</sub>O emisyonu olduğu belirlenmiştir. DOSB 2012 yılı emisyonlarının sektörel bazda değerlendirmesi yapıldığında tekstil endüstrisinin toplam emisyon miktarındaki payının %70 civarında olduğu ifade edilmiştir.

Bu çalışmada Kayseri ilinde 2015-2019 yılları arasında endüstrilerde enerji elde edilmesi amacıyla kullanılan kömür ile sanayide kullanılan doğalgaz kullanımı sonucu oluşan emisyon miktarları hesaplanmıştır. Böylece, sanayi amaçlı kullanımlar sonucu oluşan emisyon miktarları ile hava kirliliğine katkı hesaplanmıştır. Ayrıca, Kayseri İli hava kalitesi izleme istasyonlarından alınan veriler ile hesaplanan emisyon değerlerinin istatistiksel ilişkisi ortaya konulmuştur.

## 2. Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler

Bu çalışmada 2015-2019 yılları arasından 5 (beş) yılda; Kayseri merkez ilçelerindeki sanayi tesislerinden kaynaklı enerji santralinde kullanılan kömür verileri, sanayide kullanılan doğalgaz verileri ve hava kalitesi izleme istasyonundan alınan veriler kullanılmıştır. Verilerle ilgili detaylar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Çalışma kapsamında elde edilen veriler ve türleri

VERİ TÜRÜ	VERİ ALINAN YER / KURUM	TARİH ARALIĞI	VERİ TÜRÜ	VERİ İÇERİĞİ
Hava Kalitesi İstasyon Verileri	havaizleme.gov.tr	2015-2019	Yıllık ortalama ölçüm sonuçları	-PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) -SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) -NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Yakıt	KAYSERİGAZ	2015-2019	Yıllık Tüketim Miktarı	-Doğalgaz(Sm <sup>3</sup> )
	Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (Sanayi Kuruluşları)	2015-2019	Yıllık Tüketim Miktarı	-Kömür (kg) -Yakıt Analiz Bilgileri

### 2.1 Kömür ve Doğalgaz Kullanım Verileri

Endüstrilerde kullanılan doğalgaz tüketim verileri (2015-2019 yılları arası) Kayseri Doğalgaz Dağıtım Pazarlama ve Ticaret A.Ş.’den (KAYSERİGAZ) elde edilmiştir. KAYSERİGAZ’dan alınan doğalgaz verileri kapsamında 2015-2019 yıllarına ait endüstrilerde kullanılan doğalgaz kullanım miktarları, Kayseri İl Çevre Durum Raporlarından elde edilen verilere uygun olarak belirlenmiştir (URL-2 2021). Doğalgazın yoğunluğu 0,78 kg/m<sup>3</sup>’tür (URL-3 2021). Endüstrilerde kullanılan doğalgazdan kaynaklı emisyon miktarlarını hesaplamak için tesislerin %20’sinin ısıtma kapasitesinin 29 MW’ın üzerinde, %80’inin ise 29 MW’ın altında olduğu kabul edilmiştir (Dadaşer-Çelik ve Azgın 2020).

Kayseri İlinde 2015-2019 yılları arasında merkez ilçelerde bulunan endüstrilerde enerji eldesi amacıyla kullanılan kömür kullanım miktarları ve yakıt analiz bilgileri Kayseri Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü’nden elde edilmiştir. Endüstrilerde santrallerde kömür kullanımı sonucu oluşan emisyon miktarlarını hesaplamak için, Kayseri Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü’nden alınan Kayseri İlinde faaliyet gösteren fabrikalarda kullanılan yerli ve ithal kömürlerin analiz sonuçlarına göre Tablo 2’de verilen kül ve kükürt yüzdeleri ile ısı değerleri kullanılmıştır. Analiz sonuçları bulunmayan bazı firmaların kullandıkları yakıtlar için benzer yakıt kullanan firmaların analiz sonucu mevcut olan yılların değerleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Ayrıca, bazı sektörlerde 2015-2019 yılları arasındaki 5 (beş) yıllık verinin toplam olarak temin edilmesinden dolayı her yıl eşit miktarda kömür kullanıldığı varsayımı yapılmıştır.

Tablo 2: Endüstrilerde enerji eldesi amacıyla santrallerde kullanılan kömürler için kül ve kükürt yüzdeleri ve ısı değerleri

SEKTÖR ADI	Kül Oranı (%)	Kükürt Oranı (%)	Alt Isıl Değer (kcal/kg)	Alt Isıl Değer (GJ/g)
Süt Ürünleri Endüstrisi-İthal Kömür (Bitümlü)	15,8	0,34	7.538	31,56
Çimento Sanayi –İthal Petrokok	0,29	6,28	8.011	33,54
Çimento Sanayi -İthal Linyit	7,41	0,87	6.902	28,89
Çimento Sanayi -Yerli Linyit	0,27	5,27	8.001	33,49
Yalıtım - Ambalaj Sanayi –İthal Linyit	7,96	0,57	6.902	28,89
Yalıtım - Ambalaj Sanayi –İthal Kömür (Bitümlü)	15,8	0,34	7.538	31,56
Yalıtım - Ambalaj Sanayi –İthal Kömür	5,03	0,21	7.712	32,39
Şeker Endüstrisi -Yerli Linyit	15,88	0,94	6.114	25,58
Şeker Endüstrisi- İthal Linyit	8,51	0,27	6.991	29,27
Kireç ve Tuğla Kimya Sanayi-İthal Kömür	5,03	0,21	7.712	32,39
Yıkama Sanayi – İthal Kömür	5,03	0,21	7.712	32,29
Kağıt Endüstrisi-Yerli Linyit	30,12	1,72	4.242	17,76
Kağıt Endüstrisi- İthal Linyit				

## 2.2 Hava Kirliliği Verileri

Kayseri İl Merkezi olarak tanımlanan Melikgazi, Kocasinan, Talas ve Hacılar ilçelerini kapsayan alanları içine alarak il merkezinde bulunan ve T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ait Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarında ölçülen, kentin hava kirliliği verileri, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'nın web sitesinden tedarik edilmiştir (URL-4 2021).

2007 yılından itibaren ili temsil edecek 3 bölgede, ısınma ve sanayi amaçlı yakıtlardan ve trafikten kaynaklanan kirletici emisyonlarının ölçülmesi amacıyla hava kalitesi ölçüm istasyonu faaliyet göstermektedir. Bunlar Organize Sanayi Bölgesinde, Özel Melikgazi Hastanesi bahçesinde ve Hürriyet Mahallesinde kurulu bulunan hava kalitesi ölçüm istasyonlarıdır. PM<sub>10</sub> (partikül madde), SO<sub>2</sub> (kükürt dioksit), CO (karbon monoksit), NO<sub>x</sub> (azot oksitler) parametreleri; Özel Melikgazi Hastanesi bahçesinde, Organize Sanayi Bölgesinde ve Hürriyet Mahallesinde kurulu bulunan 3 ayrı istasyonda yapılmaktadır (URL-5 2021). Bu istasyonların tipleri, ölçtüğü parametreler ve koordinatları Tablo 3'te verilmiştir. Hava kalitesi ölçüm sonuçları www.havaizleme.gov.tr adresinden online olarak izlenebilmekte ve geçmişe yönelik verilere ulaşılabilir (URL-4 2021).

Tablo 3: Kayseri İli hava kalitesi izleme istasyonları, istasyon tipleri, ölçülen parametreler ve koordinatları

İSTASYON ADI	ÖLÇÜLEN PARAMETRELER	İSTASYON TİPİ	KOORDİNATLAR		ÇALIŞMAYA BAŞLADIĞI TARİH
			Enlem	Boylam	
OSB	SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> ve Meteorolojik Sensörler	Sanayi	38,765583	35,296800	2007
Melikgazi	SO <sub>2</sub> ve PM <sub>10</sub>	Isınma	38,724683	35,490500	2007
Hürriyet	SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO	Isınma	38,740183	35,418367	2007

## 2.3 Emisyon Miktarının Hesaplanması

Kayseri il merkezinde 2015-2019 yılları arasında endüstrilerde kullanılan kömür ve doğalgazdan kaynaklı havaya salınan kirleticiler esas alınarak, endüstrilerde yakıt kullanımı sonucu oluşan PM, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyon miktarları hesaplanmıştır. Bunun için emisyon faktörleri kullanılmıştır. Emisyon faktörü, yıllık olarak tüketilen yakıt miktarı ve yakıtın türüne göre ortalama emisyon miktarını tahmin etmeye yardımcı olan birim yakıt başına havaya verilen kirleticinin kütlesini ifade etmektedir. Emisyon miktarları aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$Emisyon Miktarı = (Yakıt Miktarı) \times (Emisyon Faktörü) \quad (1)$$

Ülkemizde oluşturulmuş özel emisyon faktörleri bulunmadığından önceki çalışmalarda (Elbir ve Müezzinoğlu 2004; Dadaşer Çelik ve Azgın 2020) kullanılan ve uluslararası kuruluşlar tarafından geliştirilen emisyon faktörleri kullanılmıştır. Yakıtlardan kaynaklanan emisyon miktarlarını hesaplamak için kullanılan emisyon faktörleri CORINAIR (CITEPA 1992)'dan ve ABD Çevre Koruma Ajansı'nın (USEPA) kaynak emisyon faktörleri kataloğundan alınmıştır (USEPA 1995). Bu çalışmada endüstrilerden kaynaklanan kirlenici emisyonlarını hesaplamak için kullanılan emisyon faktörleri Tablo 4'te özetlenmiştir.

Tablo 4: Endüstriyel emisyon faktörleri (CITEPA 1992; USEPA 1995; EPA 1996, EPA 1998)

Yakıt Türü	PM	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
Linyit ( kg/ton)	2	19,44*S	8,42
Petrokok (g/GJ)		500*S	300
Endüstri Doğalgaz (kg/ton) <29 MW	0,174	0,014	4,34
Endüstri Doğalgaz (kg/ton) >29 MW	0,174	0,014	2,28

S: Yakıttaki kükürt oranı (%)

Bu veriler ışığında emisyon faktörleri de kullanılarak Denklem 1'deki eşitlik yardımı ile yakıtların yıllık emisyon miktarları hesaplanmıştır. Yakıt kullanımından kaynaklanan emisyon miktarları ile hava kalitesi ölçüm istasyonlarından alınan ölçüm sonuçları tablolar ve grafikler üzerinde gösterilerek yakıt kullanımı ve hava kirliliği arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.

## 2.4 İstatistiksel Analiz

Bir önceki bölümde hesaplanan emisyon miktarlarının, 2015-2019 yılları arasındaki hava kirliliği verileriyle ilişkisinin incelenmesi için SPSS 10.0 programı kullanılmıştır. Veriler yıllık ortalamalar şeklinde programa tanıtılmış olup "Pearson Correlation" aracı kullanılarak negatif ya da pozitif anlamda yüksek korelasyona sahip değişkenler belirlenmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1 Endüstrilerde Yakıt Tüketimi

Kayseri ilinde faaliyet gösteren ve enerji eldesi amacıyla kömür kullanılan fabrikalarda 2015-2019 yılları arasında kullanılan kömür tüketim miktarları Tablo 5'te verilmiştir. Toplam kömür tüketiminde 130-140 bin ton civarlarında seyrederken bunun yaklaşık yarısı çimento sanayisi kaynaklıdır. Şeker ve kağıt endüstrisi ise çimentodan sonra gelen en yüksek kömür tüketimine sahiptir. Türkiye'de çimento sektörü kaynaklı enerji ihtiyacının yüksek olduğu bilinmektedir (Oğulata 2002).

Tablo 5: 2015-2019 yılları arasında fabrikalarda kullanılan kömür miktarları

SEKTÖR ADI	TON				
	2015	2016	2017	2018	2019
Süt Ürünleri Endüstrisi-İthal Bitümlü Kömür	228	269	264	206	141
Çimento Sanayi -Petrokok	76.561	76.561	76.561	76.561	76.561
Çimento Sanayi -İthal Linyit	8.613	8.613	8.613	8.613	8.613
Çimento Sanayi -Yerli Linyit	82	82	82	82	82
Yalıtım - Ambalaj Sanayi -İthal Linyit	300	300	300	300	Doğalgaza geçilmiş
Yalıtım - Ambalaj Sanayi -İthal Bitümlü Taş Kömürü	300	300	300	300	300
Yalıtım - Ambalaj Sanayi -İthal Kömür	720	720	720	720	720
Şeker Endüstrisi -Yerli Linyit	20.748	24.375	20.510	17.965	21.270
Şeker Endüstrisi- İthal Linyit	4.535	2.040	6.677	5.970	4.294
İnşaat Ürünleri ve Kimya Sanayi-İthal Kömür	244	244	244	Üretim yapılmıyor	-
Yıkama Sanayi - İthal Kömür	120	120	120	120	120
Kağıt Endüstrisi-Yerli Linyit	16.773	11.041	26.134	24.706	19.957
Kağıt Endüstrisi- İthal Linyit	9.199	11.533			
<b>TOPLAM</b>	<b>138.426</b>	<b>136.201</b>	<b>140.527</b>	<b>135.544</b>	<b>132.059</b>



2015-2019 yılları arasında endüstrilerde doğalgaz kullanımı miktarları Tablo 6’da verilmiştir. İl Merkezinde çalışma yıllarında toplam doğalgaz tüketimi 3.087.301.856 Sm<sup>3</sup>’tür. 1.286.597.188 Sm<sup>3</sup> ise endüstrilerde kullanılmıştır. İlde toplam doğalgaz tüketiminin % 41’i endüstrilerde kullanılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri’nde doğalgazın %33’ü endüstriyel amaçla kullanılırken, %38’i enerji santrallerinde kullanılmaktadır (EIA 2020).

Tablo 6: 2015-2019 yılları arası doğalgazın endüstrilerde kullanım miktarı

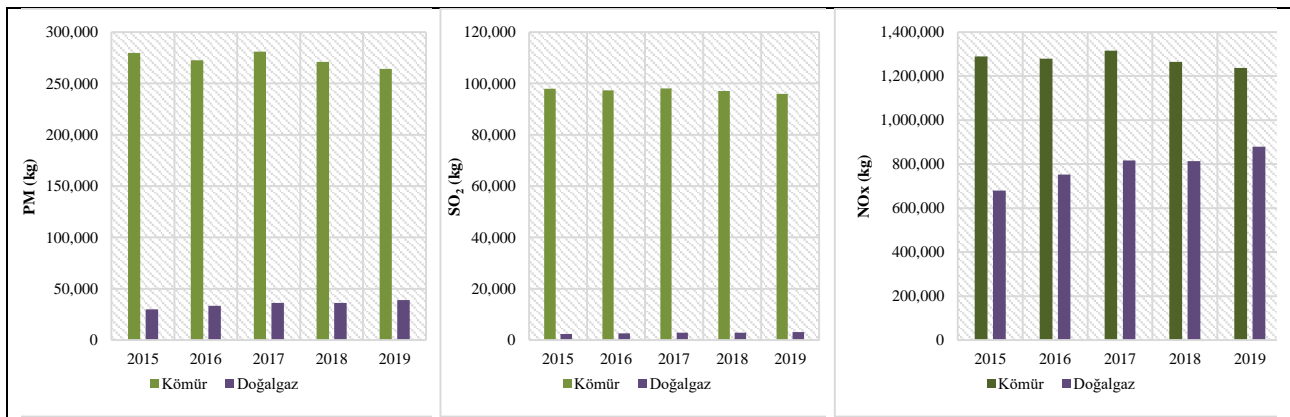
YIL	Doğalgaz (Sm <sup>3</sup> )
2015	221.807.501
2016	245.548.968
2017	266.549.912
2018	265.652.319
2019	287.038.488

### 3.2 Endüstrilerde Yakıt Kullanımı Kaynaklı Emisyon Miktarları

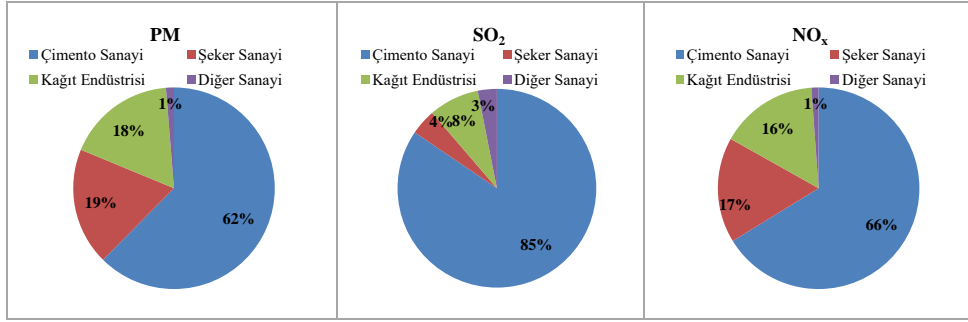
Kayseri İlinde endüstriyel santrallerde kullanılan kömür ve sanayide doğalgaz kullanımı sonucu 2015-2019 yılları arasında oluşan PM, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyon miktarları Şekil 1’de verilmiştir. Şekil 1’de PM, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyon miktarları incelendiğinde kömür kullanımının bu üç parametre üzerine katkısının doğalgaz kullanımına göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Çalışma dönemi olan beş yıllık süreçte emisyon miktarları toplamı alındığından kömür kullanımı sonucu oluşan emisyon miktarları PM, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> için sırası ile 1.368 ton, 486 ton ve 6.386 ton şeklindedir.

Endüstriyel santrallerde kömür kullanımından kaynaklı emisyon miktarları sektörlere göre incelendiğinde, emisyon miktarlarında en yüksek oranlar, Şekil 2’de de görüldüğü gibi, PM için %62, SO<sub>2</sub> için %85 ve NO<sub>x</sub> için %66’lık oran ile çimento endüstrisine aittir. PM ve NO<sub>x</sub> için kağıt ve şeker sanayisi emisyonları sırasıyla %37 ve %33 iken farklı kömür türü (düşük kükürt oranına sahip) kullanıldığından dolayı SO<sub>2</sub> emisyonu bu sektörler için %12’de kalmıştır. Dolayısıyla, emisyonların kullanılan yakıtın kalitesiyle de ilişkili olduğu söylenebilir.

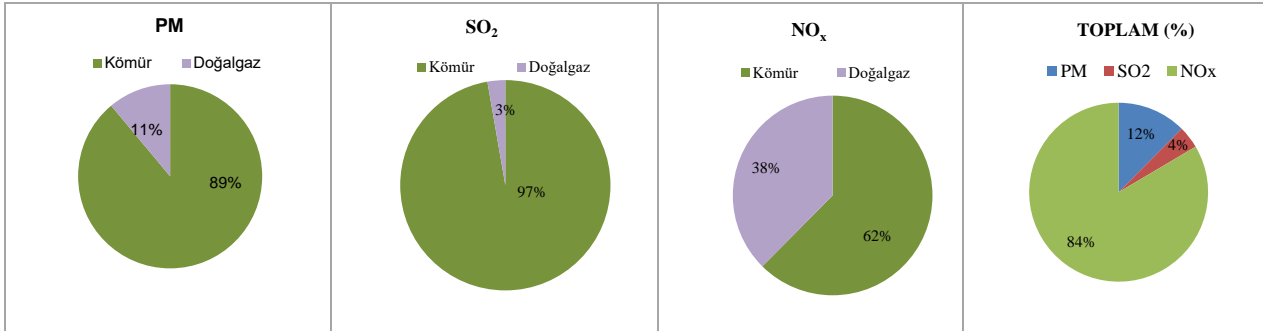
Beş yıllık süreçte endüstrilerde doğalgaz kullanımı sonucu oluşan emisyon miktarları; PM için toplam 174 ton iken, SO<sub>2</sub> için toplam 14 ton ve NO<sub>x</sub> için toplam 3.941 ton şeklindedir. Doğalgaz ve bahsi geçen kömür kullanımı sonucu oluşan emisyon miktarlarından da anlaşılacağı üzere Şekil 3’te görüldüğü gibi kömür kullanımı sonucu oluşan emisyonların oranı doğalgaz kullanımına göre PM için %89, SO<sub>2</sub> için %97 ve NO<sub>x</sub> için %62 oranında gerçekleşmiş ve kömür kullanımının daha yüksek emisyon oluşturduğu görülmektedir. Dolayısıyla, PM ve SO<sub>2</sub> kirleticileri için endüstriyel kaynaklı santrallerde kömür emisyonlarının büyük katkısı olduğu söylenebilir. NO<sub>x</sub> emisyonlarında ise doğalgazın da kirliliğe katkısı belirgin olmakla beraber, hem yakıt içeriğinden kaynaklı hem de yanma şartlarından kaynaklı NO<sub>x</sub> emisyonlarının varlığı göz önünde bulundurulmalıdır (Normann vd. 2008). Endüstrilerde doğalgaz ve santral kaynaklı kömür kullanımı sonucu oluşan emisyon miktarları toplamı PM emisyon miktarı 1.540 ton, SO<sub>2</sub> emisyon miktarı 500 ton ve NO<sub>x</sub> emisyon miktarı 10.328 tondur. Bu nedenle, NO<sub>x</sub> emisyonlarının toplam emisyonlar içinde aldığı pay en yüksek (%84) olmuştur (Şekil 3).



Şekil 1: Endüstrilerde kömür ve doğalgaz kullanımı sonucu oluşan emisyon miktarları grafiği



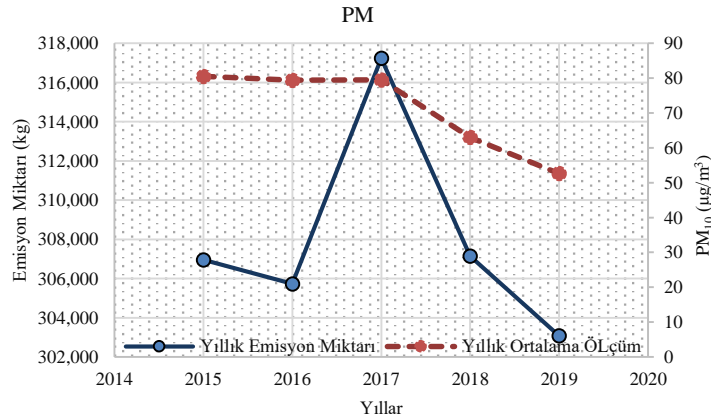
Şekil 2: Endüstrilerde enerji eldesi amaçlı santrallerde kömür kullanımı sonucu sektörlere göre emisyon oranları



Şekil 3: 2015-2019 yılı endüstrilerde kömür ve doğalgaz kullanımı sonucu oluşan emisyon oranları

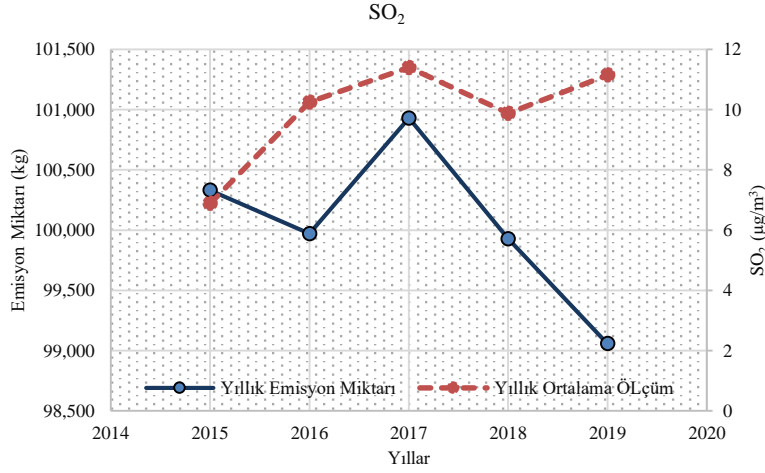
### 3.3 Endüstrilerde Yakıt Kullanımı ve Hava Kirliliği Arasındaki İlişki

2015-2019 yılları arasında Kayseri ili merkez ilçelerinde endüstriyel santrallerde kömür ve toplam doğalgaz kullanımından kaynaklı oluşan yıllık emisyon miktarları ile hava kalitesi ölçüm istasyonlarından alınan yıllık ortalama ölçüm sonuçları arasındaki ilişkiyi incelemek için Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da bulunan grafikler verilmiştir. Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'nın web sitesinde, Kayseri'de bulunan Tablo 3'te belirtilmiş olan üç istasyondan PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> kirleticilerinin 2015-2019 yılları arasındaki yıllık ortalama ölçüm sonuçları alınmıştır. Üç istasyonun yıllık ölçüm sonuçlarının ortalaması alınarak Kayseri için o yılın ölçüm sonuçları elde edilmiştir.

Şekil 4: 2015 -2019 yılları arası yıllık PM emisyon miktarı ve PM<sub>10</sub> ortalama ölçüm sonuçları

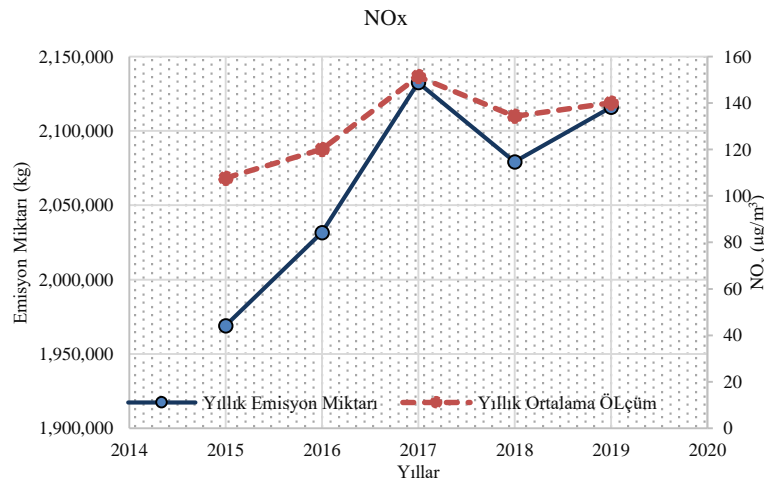
Kayseri ilinde kaydedilen PM<sub>10</sub> ölçüm sonuçları ile endüstrilerde yakıt kullanımı sonucu oluşan PM emisyon miktarları incelendiğinde iki faktörde de genel olarak paralellik olduğu görülmektedir. 2015 yılında parametrenin yıllık ortalama ölçüm sonucu 80,5 µg/m<sup>3</sup> iken 2016 yılında ortalama ölçüm sonucu 79,4 µg/m<sup>3</sup> şeklinde gerçekleşmiştir. Aynı düşüş grafikte görüldüğü gibi emisyon miktarlarında da oluşmuştur. Grafikte 2017 yılında emisyon miktarındaki artışın asıl nedeni olarak bu yılda kömür kullanımının bir önceki yıla göre yüksek olduğudur. 2017 yılı için emisyon miktarında oluşan artış, parametrenin ölçüm sonucuna göre daha yüksek oranda gerçekleşmiş olsa da yıllık ortalama ölçüm sonucu olarak 79,5 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüş ve ölçüm sonucunda da yine bir önceki yıla göre artış olduğu belirlenmiştir.

2017 yılından itibaren ise muhtemelen evsel kömür kullanım miktarındaki azalma ile paralel olarak ölçüm değerlerinin düştüğü görülmektedir. Tablo 6'da verilen doğalgaz kullanım miktarının her geçen yıl artmasının PM parametresi üzerine etkisinin kömüre oranla az olduğu görülmektedir. Kentlerde kömür kullanımının azalması ve doğalgaz kullanımının artmasına paralel olarak 2015-2019 yılı kapsayan dönem içerisinde genel olarak her geçen yıl PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun azaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde başka bir çalışmada, Türkiye'de 2005-2015 yılları arasında PM<sub>10</sub> değerlerinde azalma gerçekleştiği ve bu duruma yıllar içerisinde kentlerde kömür kullanımından doğalgaz kullanımına geçişin etkisinin yüksek olduğu belirlenmiştir (İnanlı vd. 2017).



Şekil 5: 2015-2019 yılları arası yıllık SO<sub>2</sub> emisyon miktarı ve ortalama ölçüm sonuçları

SO<sub>2</sub> parametresi için endüstrilerde yakıt kullanımı sonucu oluşan emisyon miktarları ve yıllık ortalama ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde 2016, 2017 ve 2018 yıllarında iki faktörde de artış ve azalışlar paralellik göstermektedir. Yine endüstrilerde enerji eldesi için kömür kullanımı sonucu oluşan emisyon miktarları ile ölçüm değerleri arasında paralellik beklenirken 2015-2016 yılları arası kömür kullanımındaki azalışa rağmen SO<sub>2</sub> ölçüm sonuçlarında artış gerçekleşmiştir. 2019 yılında ise emisyon miktarında azalış gerçekleşirken parametrenin ortalama ölçüm sonucu bir önceki yıla göre artış göstermiştir. Bu durumun oluşmasında trafik kaynaklı bir girişimin olmayacağı açık olduğu için, yüksek kükürt içerikli bir yakıtın varlığından söz edilebilir. Bu yüzden, özellikle düşük kaliteli evsel kömür tüketiminin SO<sub>2</sub> emisyonlarına etki ettiği düşünülmektedir. Kayseri'de yapılan bir başka emisyon envanteri çalışmasında toplam evsel kömür tüketiminin %10-20'sini düşük kaliteli kömürün oluşturduğu belirtilmiştir (Dadaşer-Çelik ve Azgın 2020). Ancak, PM ve NO<sub>x</sub> emisyonlarındaki paralellik (Şekil 4 ve Şekil 6) burada görülmemektedir. Bunun nedeni olarak, emisyon miktarlarına SO<sub>2</sub> açısından diğer yakıtlara göre daha fazla katkı yapan bir kaynağın varlığından söz edilebilir ya da diğer varsayım hatalarından kaynaklandığı söylenebilir.



Şekil 6: 2015-2019 yılları arası yıllık NO<sub>x</sub> emisyon miktarı ve ortalama ölçüm sonuçları

NO<sub>x</sub> parametresi için emisyon miktarındaki artış ve azalışa paralel olarak konsantrasyon miktarında da artış ve azalış gerçekleşmiştir. Şekil 6'da görüldüğü üzere NO<sub>x</sub> emisyon ölçüm sonuçları üzerinde doğalgaz kullanımının etkisinin diğer parametrelere göre daha yüksek olduğu söylenebilir.



2018 yılında doğalgaz kullanım miktarının 2017 yılına göre daha düşük olması sonucu, NO<sub>x</sub> emisyon miktarındaki düşüş ile birlikte yıllık ortalama konsantrasyonunun da düştüğü görülmektedir. 2019 yılında NO<sub>x</sub> emisyon miktarının artması ile birlikte ölçüm sonucunun da arttığı belirlenmiş olup bu durum doğalgaz kullanımının NO<sub>x</sub> emisyonu üzerine etkisinin yüksek olduğunu göstermektedir. NO<sub>x</sub> emisyonlarının ozon oluşumuna katkı sağladığı düşünüldüğünde bu durumun Kayseri İli için gelecekte yüksek ozon konsantrasyonları ölçülmesine zemin sağlayabileceği düşünülmektedir.

Tüm emisyon miktarlarının ve hava kirliliği konsantrasyonlarının istatistiksel analizi yapılmış olup anlamlı bir korelasyon olup olmadığı belirlenmiştir. Endüstrilerde enerji eldesi amacıyla yakılan kömürlerin ve kullanılan doğalgazın ortaya çıkardığı her bir parametrenin toplam emisyonu ile Kayseri ili hava kirliliği ölçüm istasyonlarından alınan kirlenici parametrelerin ortalama konsantrasyonunun korelasyonu incelenmiştir. Tablo 7'deki sonuçlara göre, PM emisyon miktarı ile SO<sub>2</sub> emisyon miktarı arasında anlamlı bir korelasyon bulunmaktadır. Benzer şekilde, SO<sub>2</sub> emisyon miktarının da PM emisyon miktarıyla ilişkili olduğu görülmüştür. Bu nedenle, endüstriyel enerji eldesi amaçlı yakılan kömürlerin hem SO<sub>2</sub> emisyonlarına hem de PM<sub>10</sub> emisyonlarına etki ettiği söylenebilir. Burada diğer emisyon kaynakları da göz ardı edilmemelidir. Bu yüzden, sadece santrallerde yakılan kömürlerin SO<sub>2</sub> emisyonlarına etki ettiği söylenemez. Ayrıca, NO<sub>x</sub> emisyonlarının da SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> konsantrasyonlarıyla ilişkili olduğu görülmüş olup kömür ve doğalgaz kaynaklı NO<sub>x</sub> emisyonlarının SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> konsantrasyonlarına etki ettiği belirlenmiştir. Bunun nedeni olarak, yakıtta bulunan azotlu bileşikler ile yanma odasının tasarımına bağlı oluşan emisyonlar gösterilebilir (Askarova vd. 2016).

Tablo 7: Emisyon miktarları ile hava kirlenici parametreleri arasındaki ilişki

Parametre	Analiz	PM emis.	SO <sub>2</sub> emis.	NO <sub>x</sub> emis.	PM <sub>10</sub> kons.	SO <sub>2</sub> kons.	NO <sub>x</sub> kons.
PM emisyonu	Pearson Correlation	1	<b>,884*</b>	,373	,540	,258	,515
	Sig. (2-tailed)		,047	,536	,347	,675	,375
SO <sub>2</sub> emisyonu	Pearson Correlation	<b>,884*</b>	1	-,095	,835	-,161	,061
	Sig. (2-tailed)	,047		,879	,078	,795	,922
NO <sub>x</sub> emisyonu	Pearson Correlation	,373	-,095	1	-,498	<b>,922*</b>	<b>,986**</b>
	Sig. (2-tailed)	,536	,879		,393	,026	,002
PM <sub>10</sub> konsantrasyonu	Pearson Correlation	,540	,835	-,498	1	-,393	-,386
	Sig. (2-tailed)	,347	,078	,393		,512	,521
SO <sub>2</sub> konsantrasyonu	Pearson Correlation	,258	-,161	<b>,922*</b>	-,393	1	,877
	Sig. (2-tailed)	,675	,795	,026	,512		,051
NO <sub>x</sub> konsantrasyonu	Pearson Correlation	,515	,061	<b>,986**</b>	-,386	,877	1
	Sig. (2-tailed)	,375	,922	,002	,521	,051	

\*:  $p < 0,05$  anlamlılık düzeyinde iki uçlu test

\*\* :  $p < 0,01$  anlamlılık düzeyinde iki uçlu test

Meteorolojik şartlar ve topografik yapısından dolayı Kayseri ili için hava kirliliği önemli bir sorun olmuştur (Dadaşer-Çelik ve Azgın 2020). Kayseri ilinde 2015 yılı sonunda yapılan çalışmalara göre hava kirliliğine neden olan kaynakların başında %40'lık bir oranla ısınma kaynaklı oluşan emisyonların geldiği tespit edilmiştir. Bunu %30'luk oran ile trafikten kaynaklanan emisyonlar, %20'lik oranla diğer etkenler ve %10'luk oranla topografya ve meteorolojik faktörlerin izlemekte olduğu belirlenmiştir (Kartal 2018). Bu oranlar ile Kayseri İlinde hava kirliliğine neden olan etkenlerin başında, ısınma ve endüstrilerde enerji eldesi amacıyla kullanılan yakıtlar gelmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre PM, NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> emisyonlarının endüstriyel amaçlı enerji santrallerinde doğalgaz ve kömür kullanımı ile birçok yılda ilişkili olduğu hem grafiklerde hem de istatistiki verilerde ortaya çıkmıştır. İlaven, evsel kaynaklı kirliliğin de endüstriyel kaynaklara oranla katkısının önemli bir karşılaştırma olacağı düşünülmekte olup, ilave verilerle yeni çalışmaların yapılması gerekmektedir.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada 2015-2019 yılları arasında Kayseri ili; Melikgazi, Kocasinan, Talas ve Hacılar İlçelerini kapsayan alanlarda bulunan, endüstrilerde kullanılan kömür ve doğalgaz tüketim miktarları üzerinden, PM, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> hava kirliliği parametrelerine ait yıllık emisyon miktarları hesaplanmıştır. Aynı zamanda hava kalitesi ölçüm istasyonlarından alınan; PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> parametrelerinin yıllık ortalama ölçüm sonuçları ile yakıt kullanımı kaynaklı emisyon miktarları arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Kayseri İlinde endüstrilerde enerji üretimi amaçlı kömür kullanımının emisyon miktarları üzerine katkısının doğalgaz kullanımına göre daha yüksek olduğunu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca yakıt kullanımı kaynaklı emisyon miktarları ve emisyon ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde, kentte doğalgaz kullanımının artması ve kömür kullanım miktarındaki azalmanın emisyon miktarlarındaki değişimden kaynaklı olarak özellikle PM<sub>10</sub> miktarında azalışa neden olduğu belirlenmiştir. SO<sub>2</sub> miktarındaki artış ve azalışların nedeni olarak ise doğalgaz ve kömür kullanımı dışında başka etmenlerin de (diğer düşük kalite vb. yakıt kullanımı) önemli etkisinin olduğu düşünülmektedir. NO<sub>x</sub> emisyon miktarındaki artışta ise doğalgaz kullanımının katkısının da yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

## Teşekkür

Bu çalışmada kullanılmak üzere verileri elde etmiş olduğumuz; Kayseri Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ve KAYSERİGAZ'a sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

## Kaynaklar

- Abd Rani N.L., Azid A., Khalit S.I., Juahir H., Samsudin M.S., (2018), *Air pollution index trend analysis in Malaysia, 2010-15*, Polish Journal of Environmental Studies, 27(2), 801-807.
- Askarova A.S., Messerle V.E., Ustimenko A.B., Bolegenova S.A., Maximov V.Y., Yergalieva A.B., (2016), *Reduction of noxious substance emissions at the pulverized fuel combustion in the combustor of the BKZ-160 boiler of the Almaty heat electropower station using the "Overfire Air" technology*, Thermophysics and Aeromechanics, 23(1), 125-134.
- CITEPA (1992), *Corinair Inventory-Default emission factors handbook, 2nd Edition*, Centre Interprofessional Technique de la Pollution Atmospherique, CEC-DGX1, Paris.
- Çetin M., Demirci O.K., (2016), *Erzincan'da doğal gaz kullanımının hava kalitesine etkisi*, Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(1), 8-18.
- Çukurluoğlu S., Besim T., (2015), *Denizli Organize Sanayi Bölgesi Yakıt Kaynaklı Emisyon Envanteri*, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 21(6), 248-253.
- Dadaşer Çelik F., Azgın, Ş.T., (2020), *Forecasting of Primary Air Pollutions: Emission Inventory Sample from Turkey*, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 6(1), 66-75.
- Dadaşer Çelik F., Kırmacı, H.K., (2011), *Kayseri İli Kent Merkezinde Küükürt dioksit ve Partiküler Madde Değerlerindeki Değişimlerin İncelenmesi: 1990-2007*, Ekoloji Dergisi, 20(79), 83-92.
- EIA (2020), *Natural gas explained*, <https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/use-of-natural-gas.php>, [Erişim 10 Ocak 2022].
- Elbir T., Müezzinoğlu A., (2004), *Estimation of emission strengths of primary air pollutants in the city of İzmir, Turkey*, Atmospheric Environment, 38 (2004), 1851-1857.
- EPA (1996), *Air Emissions Factors and Quantification: Chapter 1: external combustion sources*, AP 42, Fifth edition, Volume I, Environmental Protection Agency, <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch01/>, [Erişim 23 Eylül 2017].
- EPA (1998), *Air Emissions Factors and Quantification: Chapter 1: external combustion sources*, Environmental Protection Agency, Volume 1, <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch01/>, [Erişim 14 Ağustos 2018].
- Guttikunda S.K., Nishadh K.A., Jawahar P., (2019), *Air pollution knowledge assessments (APnA) for 20 Indian cities*, Urban Climate, 27, 124-141.
- İnanđı T., Cancıger Eltaş M., Kerem B., (2017), *Türkiye'de Havadaki PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> Düzeyindeki Değişimler, 2005-2015*, Türkiye Klinikleri, J Med Sci 2018, 38(3), 209-217.
- Kartal T., (2018), *Ulusal dan yerele Türkiye'de iklim değişikliği politikaları ve uygulamaları: Kayseri örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir.
- Kawashima A.B., Martins L.D., Abou Rafee S.A., Rudke A.P., de Moraes M.V., Martins J.A., (2020), *Development of a spatialized atmospheric emission inventory for the main industrial sources in Brazil*, Environmental Science and Pollution, 27, 35941-35951.
- Morcalı M.H., Akan D.S., (2017), *Kahramanmaraş hava kirliliği kaynaklarının izlenmesi ve belirlenmesi*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20(2), 105-115.
- Normann F., Andersson K., Leckner B., Johnsson F. (2008), *High-temperature reduction of nitrogen oxides in oxy-fuel combustion*. Fuel, 87(17-18), 3579-3585.
- Oğulata R.T., (2002), *Sectoral energy consumption in Turkey*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 6(5), 471-480.
- Pachón J.E., Galvis B., Lombana O., Carmona L.G., Fajardo S., Rincón A., Henderson B., (2018), *Development and evaluation of a comprehensive atmospheric emission inventory for air quality modeling in the megacity of Bogotá*, Atmosphere, 9(2), 49, doi: 10.3390/atmos9020049.
- URL-1 (2020), *World Air Quality Report*, <https://www.iqair.com/world-air-quality-report>, [Erişim 12 Kasım 2021].
- URL-2 (2021), *Kayseri İli Temiz Hava Eylem Planı 2015-2019*, <http://dozplayer.biz.tr/10112502-T-C-cevre-ve-sehircilik-bakanligi-kayseri-cevre-ve-sehircilik-il-mudurlugu-html>, [Erişim 20 Nisan 2021].
- URL-3 (2021), *BOTAŞ Genel Müdürlüğü*, <http://www.botas.gov.tr/>, [Erişim 20 Eylül 2021].
- URL-4 (2021), *Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (2015-2019)*, <http://www.havaizleme.gov.tr>, [Erişim 29 Eylül 2021].
- URL-5 (2021), *Kayseri İli Temiz Hava Eylem Planı 2014-2019*, <http://dozplayer.biz.tr/10112502-T-C-cevre-ve-sehircilik-bakanligi-kayseri-cevre-ve-sehircilik-il-mudurlugu-html>, [Erişim 15 Nisan 2021].
- USEPA (1995), *Compilation of air pollutant emission factors, Vol. I. Stationary point and area sources, Rep.AP-42*. Fifth Edition, US Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.
- Yue T., Zhang X., Wang C., Zuo P., Tong Y., Gao J., Gao X., (2018), *Environmental impacts of the revised emission standard for air pollutants for boilers during the heating season in Beijing, China*, Aerosol and Air Quality Research, 18(11), 2853-2864.