

KÜTAHYA'DA BAZI İNORGANİK BİLEŞENLERİN (NO₂, SO₂ ve O₃) MEVSİMSEL VE ALANSAL DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ

Narin POLAT^(*) Özlem ÖZDEN ÜZMEZ, Akif ARI, Hicran ALTUĞ,
Ozan Devrim YAY, Tuncay DÖĞEROĞLU, Eftade O. GAGA

Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Anadolu Üniversitesi,
İki Eylül Kampüsü, 26555 Eskişehir

ÖZET

Kütahya, Türkiye'de hava kirliliği seviyesi yüksek düzeyde olan kentler arasında yer almaktadır. Bu çalışma kapsamında, Kütahya ve yakın çevresini de içine alan 130 km x 120 km'lik bir alanda azot dioksit (NO₂), kükürt dioksit (SO₂) ve ozon (O₃) ölçümleri pasif örnekleme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Örnekleme çalışmaları 110 noktada, yaz ve kış olmak üzere iki ayrı mevsimde iki haftalık periyotlarda yapılmıştır. Bileşenlerin mevsimsel ve alansal dağılımlarını incelemek için Coğrafi Bilgi Sistemi yardımıyla kirlilik haritaları oluşturulmuştur.

Kış döneminde, en yüksek SO₂ konsantrasyonları şehir merkezinde ve termik santrallerinin yakınındaki örnekleme noktalarında ölçülmüştür. En yüksek SO₂ konsantrasyonu 139,1 µg m⁻³ ve ortalama değer 69,3 µg m⁻³ olarak ölçülmüştür. En yüksek NO₂ konsantrasyonu (56,9 µg m⁻³) şehir merkezinde görülmüştür. Ortalama değer ise 12,8 µg m⁻³ olarak bulunmuştur. NO₂'nin aksine, O₃ konsantrasyonları şehir merkezinde, trafiğin yoğun olduğu örnekleme noktalarında düşük ve kırsal noktalarda daha yüksektir. En yüksek ozon konsantrasyonu 133,8 µg m⁻³ ve ortalama değer 55,9 µg m⁻³'tür. Yaz döneminde elde edilen sonuçlar incelendiğinde, en yüksek NO₂ seviyelerinin Kütahya şehir merkezinde ölçüldüğü görülmektedir. En yüksek NO₂ konsantrasyonu 21,4 µg m⁻³ ve ortalama konsantrasyon seviyesi ise 5,0 µg m⁻³ tür. En yüksek ozon konsantrasyonu 176,1 µg m⁻³ ve ortalama konsantrasyon değeri 82,7 µg m⁻³ olarak ölçülmüştür. Şehir merkezinde gözlenen yüksek NO₂ konsantrasyonları, bu noktadaki düşük O₃ seviyeleri ile ilişkilendirilebilir. SO₂ konsantrasyonlarına bakıldığında, en yüksek konsantrasyon seviyesi (111,1 µg m⁻³) Seyitömer Termik Santrali civarındaki örnekleme noktalarında ölçülmüştür. Ortalama SO₂ konsantrasyon değeri ise 54,8 µg m⁻³'tür.

SO₂ yaz ve kış konsantrasyon seviyeleri incelendiğinde, kışın SO₂ kirlilik değerlerinin evsel ısınmanın da katkısıyla çok daha yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Yaz mevsiminde, termik santrallerin civarında kışın elde edilen değerlere yakın ve bazı noktalarda daha yüksek SO₂ konsantrasyonlarına rastlanmaktadır. Bu durum termik santrallerden kaynaklı SO₂ konsantrasyonunu ön plana çıkarmaktadır. NO₂ konsantrasyon seviyeleri incelendiğinde, yaz mevsiminde kışa nazaran daha düşük değerler ölçüldüğü görülmektedir. Bu durum, yaz mevsiminde özellikle trafik yoğunluğunun azalmasıyla ilişkilendirilebilir. Ozon için, yazın fotokimyasal reaksiyonlar sonucu genel olarak daha yüksek konsantrasyonlar gözlenmiştir.

* narinp@anadolu.edu.tr

Çalışmadan elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, termik santrallerin bölge hava kalitesine olan etkisi, oluşturulan kirlilik dağılım haritaları ile görülmüştür.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

Azot Dioksit, Kükürt Dioksit, Ozon, Pasif Örnekleme, Mevsimsel Ve Alansal Dağılım, Kütahya

ABSTRACT

Kütahya is one of the cities with high air pollution in Turkey. In this study, gaseous inorganic air pollutants; nitrogen dioxide (NO₂), sulfur dioxide (SO₂) and ozone (O₃) were measured at 110 points covering an area of 130 km x 120 km within Kütahya, for winter and summer seasons by using passive samplers. Spatial distribution of the pollutants were investigated by a geographical information system and the pollution profile of the city was mapped.

In winter season, highest SO₂ concentrations were measured around the city center, and also the sampling points around the power plants. The highest SO₂ concentration was 139.1 µg m⁻³ and average value was 69.3 µg m⁻³. The highest NO₂ concentration was 56.9 µg m⁻³ obtained in the city center. The average value was 12.8 µg m⁻³. Contrary to NO₂, O₃ concentrations were found to be lower around the city center, and higher at the rural points. The highest ozone concentration was 133.8 µg m⁻³ and average value was 55.9 µg m⁻³. According to summer season results, highest NO₂ concentrations were measured around the city center. The highest NO₂ concentration was 21.4 µg m⁻³ and average value was 5.0 µg m⁻³. The highest ozone concentration was 176.1 µg m⁻³ and average value was 82.7 µg m⁻³. The highest values of NO₂ concentrations which were observed around the city center can be associated with the lowest value of O₃ concentrations at the same points. The highest SO₂ concentration was observed around the Seyitömer Thermal Power Plant and this value was 111.1 µg m⁻³ and average concentration was 54.8 µg m⁻³.

When summer and winter SO₂ concentration levels were compared, winter SO₂ levels were observed to be quite high with the contribution of domestic heating. Summer SO₂ concentrations close or even higher than winter values around the power plants indicate that the main source is the power plants. Lower NO₂ values were observed in summer, compared to winter. This might be attributed to less traffic load in summer. Higher summer ozone concentrations were generally observed as a result of photochemical reactions in high concentrations. Effect of the power plants on air quality was seen by spatial analysis after mapping.

KEYWORDS

Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide, Ozone, Passive Sampling, Spatial And Temporal Variation, Kütahya

1. GİRİŞ

Sanayileşme ve nüfus artışı gibi nedenlerle kentsel hava kalitesindeki bozulmaya karşı alınacak önlemler günümüzün önemli sorunları arasındadır. Kömürden doğalgaza geçiş gibi

önlemler her kentsel alanda hava kalitesinde aynı oranda iyileşme sağlayamamaktadır. Bu çalışmanın çıkış nedeni ise, bu tür önlemlerle Eskişehir, Bursa gibi civar illerde hava kalitesinde sağlanan iyileşmenin aynı oranda gözlenemediği Kütahya ili için kapsamlı bir hava kalitesi değerlendirmesinin gerçekleştirilmesidir. Ayrıca, kentin sınırları içerisinde yer alan termik santraller hava kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Özellikle partikül madde (PM) ve kükürt dioksit (SO₂) düzeylerindeki azalma, Kütahya ilinde, diğer illerle karşılaştırıldığında beklenenin çok daha altında gerçekleşmiştir. Kütahya'daki hava kalitesinin değerlendirilmesine yönelik geçmişte yalnızca kent merkeziyle sınırlı kısıtlı sayıda çalışma gerçekleştirilmiş, ancak kirlenici kaynakların tespitine ve kirliliğin sağlık etkilerinin araştırılmasına yönelik özel çalışmalar yapılmamıştır. Bu durum, kentin hava kalitesini araştırmak için tüm il sınırlarını kapsayacak şekilde kapsamlı bir örnekleme çalışmasının gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu amaca yönelik olarak da, bu çalışma kapsamında, pasif örnekleme yöntemi kullanılarak NO₂, SO₂ ve ozon gibi inorganik bileşenlerin tüm il sınırlarını kapsayacak şekilde 110 noktada ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamındaki örneklemler pasif örnekleme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Aktif örnekleme sistemlerine göre ucuz ve kullanımının kolay olması, elektrik bağlantısı ve yoğun insan gücü gerektirmemesi, eşzamanlı olarak çok sayıda noktada örnekleme imkanı sağlaması, pasif örnekleme yöntemlerinin kullanımını diğer örnekleme yöntemlerine göre daha yaygın hale getirmektedir (Bush vd., 2001; Buffoni 2002; Namiesnik vd., 2005; Lin vd., 2011).

Hava kalitesini olumsuz etkileyen kirlenici arasında yer alan azot dioksit (NO₂) gazı, özellikle yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen yanma süreçlerinin ürünü olan NO gazının oksitlenmesi sonucunda oluşmaktadır. Motorlu taşıtlar ve yüksek sıcaklıklarda yanma süreçlerine sahip endüstriyel aktiviteler bu kirlenicinin en önemli atmosferik kaynakları arasında yer almaktadır (Löbblod vd., 1997). Atmosferik ozonun yaklaşık % 10'luk kısmını oluşturan troposferik ozon, özellikle azot oksit (NO_x) ve Uçucu Organik Bileşik (UOB) kaynaklarının yoğun olarak bulunduğu büyük şehirlerde fotokimyasal reaksiyonlar ile oluşmaktadır (Özden, 2005). Kükürt oranı yüksek yakıtların yanması sonucu açığa çıkan kükürt dioksit (SO₂) gazı da, kentsel hava kalitesi açısından yüksek öneme sahip birincil kirlenici arasında yer almaktadır (Hecq vd., 1997).

Bu çalışmanın amacı, (i) kış ve yaz olmak üzere iki ayrı mevsimde NO₂, SO₂ ve ozon O₃ konsantrasyonlarının pasif örnekleme yöntemiyle belirlenmesi ve (ii) 130 km*120 km'lik bir çalışma alanı içerisinde bileşen konsantrasyonlarının alansal ve mevsimsel dağılımlarının incelenmesidir.

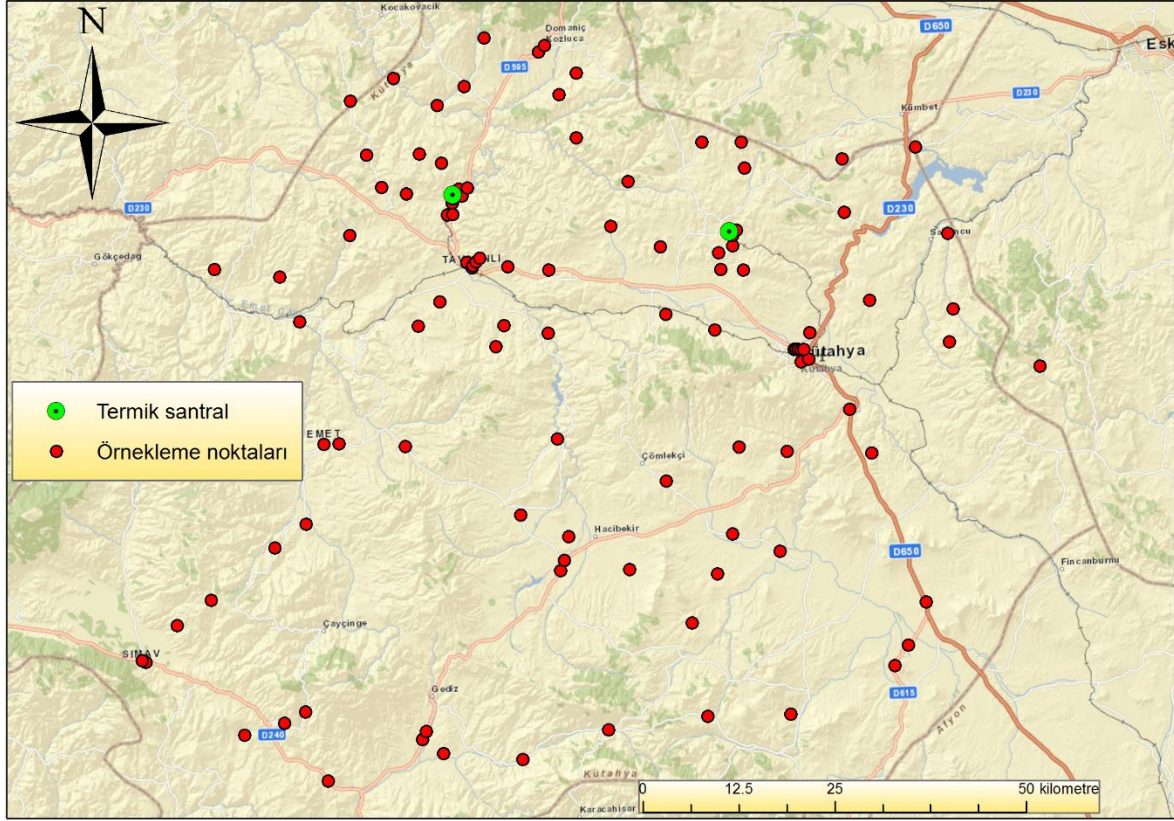
2. MATERYAL VE METOD

2.1. Çalışma alanı ve örnekleme noktaları

Bu çalışma kapsamında, Kütahya'da 130 × 120 km²'lik bir alanda kentsel, kırsal ve endüstriyel olarak nitelendirilmiş 110 noktada inorganik bileşenlerin (NO₂, SO₂ ve ozon) konsantrasyonları pasif örnekleme yöntemi ile ölçülmüştür. Kış mevsimi örneklemleri 20 Ocak-4 Şubat 2014 tarihleri arasında ve yaz mevsimi örneklemleri 2-16 Haziran 2014 tarihleri arasında iki haftalık periyotlarda gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanı içerisinde ve yakınında 3 adet termik santral bulunmaktadır. Seyitömer Termik Santrali (600 MW kurulu güç) şehre 20 km, Tunçbilek Termik Santrali (365 MW kurulu güç)

50 km ve Orhaneli Termik Santrali (210 MW kurulu güç) 105 km uzaklıktadır. Örnekleme noktalarının seçiminde kirlilik kaynaklarının türleri (termik santral, evsel ısınma, trafik v.b.) dikkate alınmıştır. Şekil 1’de çalışma alanı ve örnekleme noktaları gösterilmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanı ve örnekleme noktaları

2.2. Pasif örnekleycilerin hazırlanması ve analizi

Pasif örnekleme çalışmalarında Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Hava Kalitesi Araştırma Ekibi tarafından geliştirilen pasif örnekleyciler kullanılmıştır. NO₂-SO₂ pasif örnekleycisi teflon malzemeden, ozon pasif örnekleycisi ise delrin malzemeden üretilmiştir. Örnekleycilerin boyutları aynı olup, uzunlukları 2,5 cm ve iç çapları 2 cm’dir. Örnekleme çalışması öncesi örnekleyciler rüzgar, yağmur, kar gibi meteorolojik koşulların olumsuz etkilerinden korunmak amacıyla koruyucu ekipmanlar içerisine yerleştirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışmada kullanılan pasif örnekleyiciler ve örnekleme esnasındaki konumları

NO₂ ve SO₂ bileşenleri aynı pasif örnekleyicide, aynı tutma ortamında (% 20 TEA çözeltisi ile kaplanmış fiber glass filtre kağıdı) tutulmaktadır. Ozon pasif örnekleyicisinde tutma ortamı olarak; Whatman GF/A fiber glass filtre kağıdı %1 NaNO₂ (sodyum nitrit) + % 2 Na₂CO₃ (sodyum karbonat) + % 2 gliserin çözeltisi ile kaplanmıştır. Örneklerin hazırlanışına yönelik teknik ve analitik açıklamalar daha önceki çalışmalarda detaylı olarak yer almaktadır (Özden 2005; Gül vd., 2011; Özden ve Döğeroğlu, 2012).

Örnekleme çalışması sonrasında, örnekleme noktalarından toplanan örnekleyiciler laboratuvara ağızları kapalı bir şekilde getirilerek iyon kromatografi cihazında analizleri gerçekleştirilmiştir. Örnekleme süresince NO₂, nitrit (NO₂⁻), SO₂ sülfat (SO₄²⁻) ve ozon ise nitrat iyonu (NO₃⁻) olarak filtre ortamında tutulur ve örnekleme sonrasında bu iyonların analizleri gerçekleştirilir. Analizler öncesi, NO₂⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻ iyonlarını içeren standart çözeltiler ile kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Gazların moleküler difüzyonunu esas alan 1. Fick Yasası dikkate alınarak bileşenlerin atmosferik konsantrasyonları hesaplanmıştır.

3. SONUÇLAR

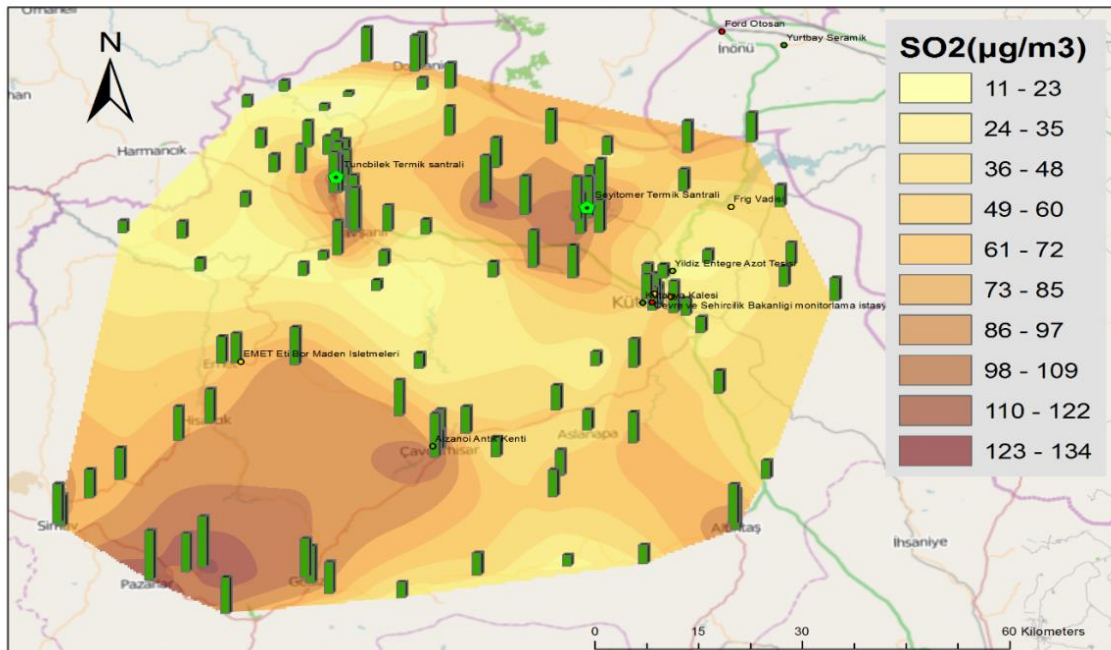
3.1. Kış mevsimi pasif örnekleme sonuçları

Kış mevsiminde 110 noktada ölçülen inorganik bileşenlerden SO₂ konsantrasyon dağılım haritası Şekil 3'de gösterilmektedir. Kütahya'da kış ayları soğuk geçtiği için tüm yerleşimlerde kömür kullanımı yaygındır. Yüksek kükürlü yerel kömürlerin evsel ısınmada kullanıldığı bilindiğinden, özellikle yerleşim yerlerinde ve yakınlarında alınan örneklerde yüksek SO₂ seviyeleri gözlenmektedir. Ancak, çok daha fazla nüfusa sahip olmasına rağmen, Kütahya il merkezinde ilçelere göre daha düşük SO₂ seviyelerinin ölçüldüğü görülmüştür. Kütahya il merkezinde son yıllarda evsel ısınma için kömürden doğalgaza geçişin bu sonucun elde edilmesinde etkili olduğu düşünülmektedir. Tüm örnekleme noktalarında ölçülen en yüksek SO₂ konsantrasyonu 139,1 µg m⁻³ ve ortalama konsantrasyon değeri 69,3 µg m⁻³'tür.

NO₂ seviyelerinin yüksek ölçüldüğü noktalar, Tunçbilek Termik Santrali, Kütahya il merkezi ve örneklerin şehir içlerinden alındığı ilçe merkezleridir. Tüm bu noktalarda kömür kullanımı ve araç trafiği ana kaynaklar olarak dikkat çekmektedir. Ayrıca, Seyitömer Termik Santrali'nin civarında SO₂ seviyeleri yüksek olmasına rağmen, NO₂ seviyelerinin belirgin şekilde yüksek olmadığı görülmüştür. Bu durum, bu santralin yakın çevresinde yüksek

nüfuslu yerleşim ve yoğun araç trafiği bulunmamasına bağlanabilir. Tunçbilek Termik Santralinin hem daha yüksek nüfuslu yerleşimlerine (Tunçbilek ve Tavşanlı) yakın olması hem de Kütahya'yı diğer illere bağlayan ana yollara yakın olması nedeniyle, Tunçbilek Termik Santrali civarında daha yüksek NO₂ seviyeleri gözlenmiştir. En yüksek NO₂ konsantrasyonu şehir merkezinde 56,9 µg m⁻³ olarak ölçülmüştür ve elde edilen ortalama konsantrasyon değeri ise 12,8 µg m⁻³'tür.

Ozon derişim dağılımları incelendiğinde, literatürle de uyumlu olarak, NO₂'nin düşük olduğu yerlerde ozon seviyelerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Örneklemelerin gerçekleştiği günlerin Kütahya'nın kış ayları için güneşli sayılabilecek günler olması nedeniyle, kış ayları için yüksek sayılabilecek ozon seviyelerinin ölçüldüğü söylenebilir. Seyitömer Santrali civarında, ozonu titre edecek trafik kaynaklı yoğun NO₂ emisyonları bulunmadığından, bu santralin emisyonlarından kaynaklı ozon oluşumu santrale daha yakın bölgelerde gözleniyorken, Tunçbilek Termik Santralinde benzeri bir durum söz konusu değildir. Ölçülen en yüksek ozon konsantrasyonu 133,8 µg m⁻³ ve ortalama konsantrasyon değeri ise 56,0 µg m⁻³'tür.



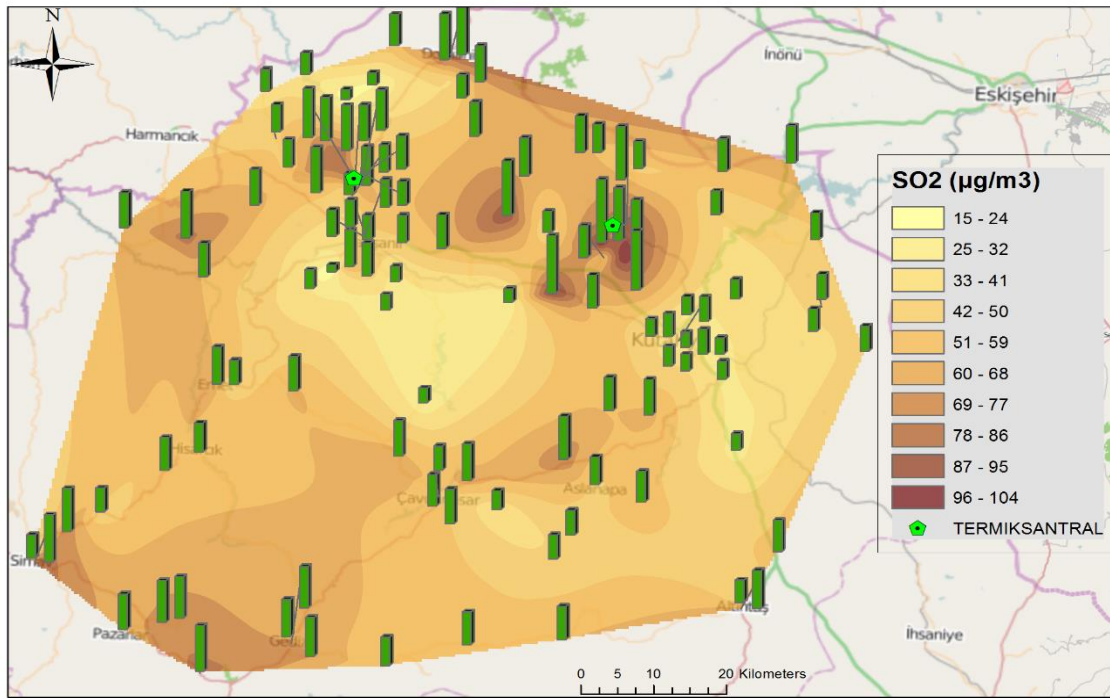
Şekil 3. Kış mevsiminde SO₂ için elde edilen konsantrasyon dağılım haritaları

3.2. Yaz mevsimi pasif örnekleme sonuçları

Aynı noktalarda gerçekleştirilen yaz örnekleme döneminde ölçülen SO₂ derişim dağılım haritası Şekil 4'de yer almaktadır. En yüksek SO₂ seviyelerinin Seyitömer Termik Santrali civarında ölçüldüğü görülmektedir (en yüksek değer 111,1 µg m⁻³). Bu durum, söz konusu santralin çalışma kapasitesinin diğer santrallerden daha yüksek olması ile açıklanabilir. Tüm örnekleme noktaları için elde edilen ortalama SO₂ konsantrasyon değeri ise 54,8 µg m⁻³ tür.

NO₂ dağılımına bakıldığında, kış örnekleme sonuçlarına benzer şekilde yüksek derişim seviyelerinin görüldüğü yerler Kütahya il merkezi, ilçe merkezleri ve yerleşimin bulunduğu noktalar olarak belirlenmiştir. Tüm bu yerlerde yaz dönemi için NO₂ kaynağı teşkil

edebilecek tek faktör araç trafiği olarak dikkat çekmektedir. En yüksek NO₂ konsantrasyonu şehir merkezinde 21,4 µg m⁻³ olarak ölçülmüştür. Ortalama NO₂ konsantrasyonu ise 5,0 µg m⁻³ tür. Ozon dağılımı incelendiğinde ise, yüksek seviyelerin görüldüğü yerler özellikle Seyitömer Termik Santrali, Aslanpala kırsalıdır. Kütahya'nın topoğrafik yapısına ve meteoroloji verilerine bakıldığında, kuzey- kuzeybatıdan esen rüzgarların ozonun taşınmasına yardımcı olduğu ve bu nedenle özellikle Aslanpala kırsalında yüksek seviyelerin görüldüğü söylenebilir. Ozon konsantrasyonları, kış pasif örnekleme kampanyasında ölçülen değerlerden çok daha yüksek seviyelerde elde edilmiştir. Özellikle kırsal özellik gösteren noktalarda çok daha yüksek seviyeler ölçülmüştür. Bu durum, yaz mevsiminde güneş ışığının da varlığında gerçekleşen fotokimyasal reaksiyonlar ile açıklanabilir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, en yüksek ozon konsantrasyonu 176,1 µg m⁻³ ve ortalama konsantrasyon değeri ise 82,7 µg m⁻³ tür.



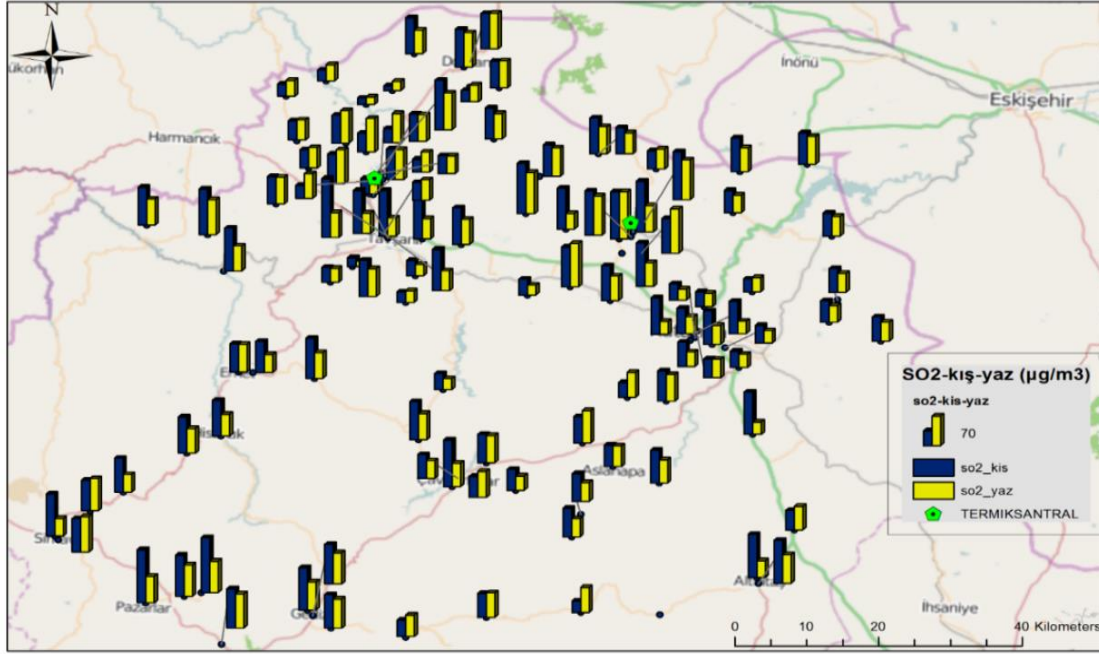
Şekil 4. Yaz mevsiminde SO₂ için elde edilen konsantrasyon dağılım haritaları

3.3. Kış ve yaz mevsimi örnekleme sonuçlarının karşılaştırılması

Şekil 5'de, kış ve yaz mevsiminde elde edilen SO₂ örnekleme sonuçları aynı dağılım haritaları üzerinde yer almaktadır. Kış mevsiminde ölçülen SO₂ derişim değerlerinin evsel ısınmanın da katkısıyla çok daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Yaz mevsiminde Tunçbilek ve özellikle Seyitömer termik santrali civarında ölçülen seviyelerin kış mevsimi ölçüm değerlerine yakın ve bazı noktalarda daha yüksek olması, termik santrallerin SO₂ bileşeni için önemli bir kaynak teşkil ettiğini göstermektedir.

Her iki mevsim için NO₂ konsantrasyon seviyeleri incelendiğinde, kış mevsiminde ölçülen NO₂ seviyeleri yaz mevsimine göre çok daha yüksek seviyelerdedir. Yaz mevsiminde daha düşük seviyelerin ölçülmesi, yazın trafik yoğunluğunun kışa nazaran azalması ve etkin karışma yüksekliğinin artmasıyla açıklanabilir.

Ozon konsantrasyonları ise yazın fotokimyasal reaksiyonlara bağlı olarak çok daha yüksek seviyelerde ölçülmüştür.



Şekil 5. Yaz ve kış mevsiminde ölçülen SO₂ seviyelerinin karşılaştırma haritaları

4. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, Kütahya’da 110 noktada pasif örnekleme yöntemi ile örnekleme yapılarak ölçümü gerçekleştirilen NO₂, SO₂ ve ozonun mevsimsel ve alansal dağılımları incelenmiştir. Özellikle termik santrallerden kaynaklı SO₂ konsantrasyonlarının belirlenmesi ve dağılımlarının incelenmesi, çalışmanın başlatılmasının temelinde yer alan en önemli etkenlerden biri olmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, özellikle termik santrallerin civarındaki noktalarda kış ve yaz mevsimlerinde ölçülen SO₂ derişim seviyelerinin birbirine yakın olması, termik santrallerin bu bileşen için önemli bir kaynak teşkil ettiğini göstermektedir. Kütahya’da bugüne kadar alınan önlemlere rağmen yüksek kirletici konsantrasyonlarının kaynağı tam olarak belirlenememiş ve etkili çözümler bulunamamıştır. Geniş ölçekli olma özelliğine sahip bu çalışmadan elde edilen verilerin, Kütahya’daki yerel karar verici mercilerin bölgeye yönelik oluşturacakları hava kalitesini iyileştirme planlarında önemli bir yol gösterici özellik taşıyacağı düşünülmektedir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 112Y305 no’lu “Kütahya’da Hava Kalitesi Belirleme Çalışmaları: Kaynakların Tespiti, Ölçümler ve Sağlık Riski Analizi” başlıklı TÜBİTAK Projesi ve 1306F272 no’lu “Kütahya Hava Kalitesinin ve Partikül Madde Genotoksitesinin Araştırılması” başlıklı Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Buffoni, A., 2002. Ozone and nitrogen dioxide measurements in the framework of the National Integrated Programme for the Control of Forest Ecosystems (CONECOFOR). J. Limnol. 61 (suppl 1), 69–76.
- Bush, T., Smith, S., Stevenson, K. ve Moorcroft, S., 2001. Validation of nitrogen dioxide diffusion tube methodology in the UK. Atmos. Environ. 35, 289–296.
- Gül, H, Gaga, E.O., Döğeroğlu, T., Özden, Ö., Ayvaz, Ö., Özel, S. ve Güngör, G. 2011. Respiratory Health Symptoms among Students Exposed to Different Levels of Air Pollution in a Turkish City. Int J Environ Res Public Health 8(4), 1110-1125.
- Hecq, P., van Aalst, R., Barnes, R., Bauman, R., Edwards, L., van den Hout, D., Hauer, A., de Freitas, C.C.L., van Leeuwen, R., Rea, J., Rudolf, W. ve De Saeger, E. November 1997. SO₂ position paper.
- Lin, C., Becker, S., Timmis, R. ve Jones, K.C., 2011. A new flow-through directional passive air sampler: design, performance and laboratory testing for monitoring ambient nitrogen dioxide. Atmos. Pollut. Res. 2, 1-8.
- Löublod, G., Palmgren, F., Aalst, R., Allegrini, I., Bauman, R., Derauone, A., Edwards, L., Fiala, I., Hauer, A., Hawkins, M., Lahtinen, T., Leeuwen, R., Nilsson, M., Pohjola, V., Saeger, E. ve De Santis, F. 1997. Position Paper on Air Quality. Nitrogen Dioxide. European Commission Directorate.
- Namiesnik, J., Zabiegala, B., Kot-Wasik, A., Partyka, M. ve Wasik, A., 2005. Passive sampling and/or extraction techniques in environmental analysis: a review. Anal. Bioanal. Chem. 381, 279–301.
- Özden Ö., *Hava kalitesinin monitorlanmasında pasif örnekleyicilerin kullanılması*. Yüksek lisans tezi: Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 2005.
- Özden, Ö., Döğeroğlu, T. 2012. Performance Evaluation of a Tailor-Made Passive Sampler for Monitoring of Tropospheric Ozone. Environ. Sci. Pollut. Res. 19, 3200-3209.