



Kükürt dioksit analizi için West-Gaeke ve hidrojen peroksit yöntemlerinin uygulanabilirliğinin araştırılması

Investigation of the applicability of West-Gaeke and hydrogen peroxide methods for sulfur dioxide analysis

Sibel ÇUKURLUOĞLU^{1*}, Elif Gözde TEMÜR²

¹Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye.

scukurluoglu@pau.edu.tr

²Fen Bilimleri Enstitüsü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye.

e.gzdtemur@hotmail.com

Geliş Tarihi/Received: 12.04.2017, Kabul Tarihi/Accepted: 28.06.2017

* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2017.40221

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Atmosferik kükürt dioksit (SO_2) konsantrasyonları West-Gaeke ve hidrojen peroksit (H_2O_2) yöntemleri ile Pamukkale Üniversitesi Kınıklı Yerleşkesi'nde eş zamanlı örnekleme ve analiz yapılarak belirlenmiştir. 2015 yılı bahar döneminde ortalama SO_2 konsantrasyonları West-Gaeke ve H_2O_2 yöntemleri ile Denizli 1 hava kalitesi ölçüm istasyonu için sırasıyla 19.7 ± 16.1 , 62.8 ± 22.0 ve 20.6 ± 40.3 $\mu g/m^3$ olarak bulunmuştur. West-Gaeke yöntemi ile elde edilen SO_2 konsantrasyonları H_2O_2 yöntemi ile belirlenen değerlerden daha düşüktür. Bu çalışma kapsamında iki farklı yöntemle elde edilen SO_2 veri setinin istatistiksel ilişkisi incelendiğinde regresyon katsayılarının doğrusal eğilim için 0.21, polinom eğilim için 0.25 düzeyinde olduğu görülmektedir. H_2O_2 yöntemi ile elde edilen SO_2 konsantrasyonlarının Denizli 1 hava kalitesi ölçüm istasyonu SO_2 konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu, West-Gaeke yöntemi ile belirlenen SO_2 konsantrasyonlarının hava kalitesi ölçüm istasyonu SO_2 konsantrasyonları ile belirgin bir değişim göstermediği görülmüştür. Belirlenen SO_2 konsantrasyonları Türkiye için öngörülen sınır değerlerin altındadır.

Anahtar kelimeler: Hava kirliliği, Hidrojen peroksit yöntemi, Kükürt dioksit, West-Gaeke yöntemi

Abstract

The atmospheric sulfur dioxide (SO_2) concentrations were determined by performing simultaneous sampling and analysis with West-Gaeke and hydrogen peroxide (H_2O_2) methods at Pamukkale University Kınıklı Campus. In the spring of 2015, average SO_2 concentrations were found to be 19.7 ± 16.1 , 62.8 ± 22.0 and 20.6 ± 40.3 $\mu g/cubic\ meter$ for the West-Gaeke and H_2O_2 methods and for the Denizli 1 air quality monitoring station, respectively. The SO_2 concentrations obtained by the West-Gaeke method are lower than the values determined by the H_2O_2 method. When the statistical relation of the SO_2 data set obtained by two different methods in this study is examined, it is seen that the regression coefficients are 0.21 for the linear trend and 0.25 for the polynomial trend. It has been found that the SO_2 concentrations obtained by the H_2O_2 method are higher than the SO_2 concentrations of the Denizli 1 air quality monitoring station and the SO_2 concentrations determined by the West-Gaeke method do not show a distinct change with the SO_2 concentrations of the air quality monitoring station. The determined SO_2 concentrations are below the limit values for Turkey.

Keywords: Air pollution, Hydrogen peroxide method, Sulfur dioxide, West-Gaeke method

1 Giriş

Çevrenin doğal yapısını bozan, canlı ve cansız varlıkları olumsuz yönde etkileyen kirletici maddelerin çevresel ortamlara bırakılması sonucu çevre kirliliği oluşur. Çevre kirliliği hava, su, toprak gibi doğal bileşenleri olumsuz yönde etkilemektedir. Hava kirlenmesi bina dışı açık havada bir veya daha fazla türden kirleticinin insan, bitki ve hayvan yaşamına; ticari veya kişisel eşyalara ve yaşamaktan zevk duyulabilecek bir çevre kalitesine zarar veren bir miktarda belli bir sürenin üstünde bulunması şeklinde tanımlanmaktadır [1].

Hava kalitesi ısınma, ulaşım ve sanayi kaynaklı hava kirletici maddelerin atmosferdeki miktarına göre değişmektedir. Hava kalitesini sıcaklık, basınç, yağış, rüzgâr, nem ve güneş radyasyonu gibi meteorolojik faktörler, konum ve topografik yapı etkilemektedir. Plansız kentleşme, yeşil alanların yetersizliği ve kullanılan düşük kaliteli yakıtlar da hava kirliliğine büyük ölçüde etki etmektedir.

Hava kirliliği insan sağlığını etkileyerek yaşam kalitesini düşürmektedir. Bir bölgede meydana gelen hava kirliliği sadece o bölgede görülme yetmez meteorolojik olaylara bağlı

olarak yayılım göstermektedir. Hava kirliliği nedeniyle yerel, bölgesel ve küresel düzeyde sorunlar görülmektedir [2]. Yerel hava kirliliği topografya, nüfus, meteoroloji, sanayileşme seviyesi ve hızı ile sosyo-ekonomik gelişme gibi faktörler sebebiyle farklılık göstermektedir [3].

Isınma ve enerji elde etme amacı ile fosil kökenli yakıtlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Fosil kökenli yakıtlar kömür, linyit ve petrol ürünleri olarak sayılabilir. Düşük kaliteli yakıtların kullanılması sonucu oluşan gaz ve partikül madde şeklindeki hava kirletici maddeler kontrolsüz bir şekilde atmosfere deşarj edildiklerinde hava kalitesi bozulmaktadır [4].

Hava kirletici bir madde olan SO_2 endüstriyel prosesler, termik santraller ve evsel ısınma amacıyla fosil kökenli yakıtların kullanılması gibi antropojenik faaliyetler sonucu açığa çıkmaktadır. Kükürt dioksit konsantrasyonları genellikle evsel ısınma amacıyla kömür kullanımının yaygın olduğu şehirlerde çok yüksektir. Kükürt dioksitin dış ortam konsantrasyonları genellikle şehir merkezinde ve endüstriyel alanların çevresinde fazladır. Yüksek SO_2 konsantrasyonları öksürük ve bunun sonucunda akciğer fonksiyonlarında azalmaya neden

olarak solunum sisteminin zarar görmesine yol açmaktadır [5]. Kükürt dioksit atmosferde kalış süresi iki ile dört gün arasında değiştiğinden çok uzun mesafelere taşınabilmektedir. Dolayısıyla SO₂ sadece bulunduğu bölgelerde değil taşındığı yerlerde de önemli olumsuz etkilere sebep olmaktadır [6],[7].

Kükürt dioksit atmosferdeki su buharı ile birleşerek bir dizi reaksiyon sonucunda asit yağışı şeklinde canlılara ve materyallere zarar vermektedir [4]. Asit yağışı toprağın kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkileyerek yerüstü ve yeraltı sularını kirletmekte, birçok canlı türünü yok etmekte, tarım alanlarını ve doğal örtüyü yıpratmaktadır [8].

Atmosferik ortamda SO₂'nin ölçümü için West-Gaeke (TCM) yöntemi, H₂O₂ yöntemi, UV floresans yöntemi, alev iyonizasyon yöntemi, elektriksel iletkenlik yöntemi, sürekli ölçüm cihazları gibi yöntemler kullanılmaktadır. Uygulanan yöntemlerden bazıları SO₂ için spesifik olmakla beraber, bazıları havadaki kükürdü içeren diğer gazları da kapsadıklarından spesifik değildir. Bu yöntemler arasında West-Gaeke ve H₂O₂ yöntemleri ile SO₂ çok düşük konsantrasyonlardan çok yüksek konsantrasyonlara kadar test edilebilmektedir. Söz konusu yöntemler çok hassas ve güvenilir olması ve mevcut girişimlerin kolaylıkla yok edilmesi gibi özellikleri nedeniyle standart yöntemler olarak kabul edilmektedir [9].

Çalışma kapsamında West-Gaeke ve H₂O₂ yöntemleri ile eş zamanlı örnekleme gerçekleştirilerek Pamukkale Üniversitesi Kınıklı Yerleşkesi'nde dış ortam SO₂ konsantrasyonları belirlenmiştir. Her iki yöntemle elde edilen SO₂ verisi ve örnekleme bölgesine en yakın Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Denizli 1 hava kalitesi ölçüm istasyonu SO₂ verisi karşılaştırılarak örnekleme ve analiz yöntemlerinin verimi değerlendirilmiştir.

2 Materyal ve yöntem

2.1 Örnekleme bölgesi

Çalışma kapsamında eş zamanlı SO₂ örneklemeleri Pamukkale Üniversitesi Kınıklı Yerleşkesi Mühendislik Fakültesi A Blok binasının bulunduğu alanda gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Çalışma alanının bir bölümü yerleşim alanları diğer bölümü ise dağlarla çevrilidir. Alanda kentsel ölçekte ısınma ve ulaşım kaynaklı hava kirletici maddeler bulunmakla birlikte herhangi bir endüstriyel kaynak bulunmamaktadır. Örnekleme noktası baca çıkışı, cadde üzeri gibi doğrudan bir kirletici kaynağa maruz kalmayacak şekilde seçilmiştir.



Şekil 1: Pamukkale Üniversitesi Kınıklı Yerleşkesi SO₂ örnekleme bölgesi.

2.2 Örnekleme dönemi

Çalışma kapsamında 2015 yılı Mayıs ayında West-Gaeke ve H₂O₂ yöntemleri kullanılarak eş zamanlı 10 örnekleme gerçekleştirilmiştir.

Örnekleme süresi 8 sa./gün olarak belirlenmiş, 09:00-17:00 saatleri arasında örnekleme yapılmıştır. Örnekleme sırasında sıcaklık ve nem değerleri ile örnekleme süresine ilişkin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Denizli 1 hava kalitesi ölçüm istasyonu SO₂ verisi kaydedilmiştir.

2.3 Örnekleme

Kükürt dioksit örneklemeleri West-Gaeke ve H₂O₂ standart yöntemlerine uygun olarak yapılmıştır [10].

Kullanılan tüm kimyasallar analitik safliktadır. Örnekleme, örnek hazırlama ve analiz aşamalarında herhangi bir kirlenme olup olmadığını belirlemek üzere şahit örnekleme yapılarak kalite kontrol analizleri gerçekleştirilmiştir.

Örneklemeden önce tüm cam ve polietilen malzemeler 1:1'lik yıkama çözeltisi ile yıkanmış, şebeke suyu ve distile su ile durulanmış ve kurutulmuştur. Akım yönündeki akış ölçerler deneysel olarak atmosfer koşullarına göre ayarlanmıştır.

2.3.1 West-Gaeke yöntemi ile örnekleme

West-Gaeke yöntemi dış ortamdaki konsantrasyon aralığı 0.005 ile 5.0 ppm olan SO₂'nin belirlenmesi için kullanılır. Bu yöntemde SO₃, H₂SO₄, NH₃ ve CaO gibi diğer asidik ya da bazik gazlar ya da katılar girişime sebep olmamaktadır.

Akış hızı 2.5 L/dk. olarak ayarlanmıştır. Absorplama reaktifi olarak 0.1 M sodyum tetrakloromercurat kullanılmıştır. 10 mL absorplama çözeltisi gaz yıkama şişesine alınmıştır. Hava örneğindeki SO₂ sodyum tetrakloromercurat çözeltisinde absorplanmakta ve bu aşamada uçucu olmayan diklorosülfidomercurat iyonu oluşmaktadır [10].

2.3.2 Hidrojen peroksit yöntemi ile örnekleme

Hidrojen peroksit yöntemi dış ortamdaki konsantrasyon aralığı 0.01 ile 10.0 ppm olan SO₂'nin belirlenmesi için uygundur. Alkali gazlar, NH₃ ve CaO gibi reaktif katılar ve SO₃ bu yöntemde girişim meydana getirebilmektedir.

Akış hızı 1.5 L/dak olarak ayarlanmıştır. Absorplama çözeltisi olarak 75 mL 0.03 N H₂O₂ gaz yıkama şişesine alınmıştır. Hidrojen peroksit yönteminin esası havadaki SO₂'nin absorplanarak kararlı ve uçucu olmayan sülfirik aside yükseltgenmesine dayanır. Kükürt dioksit sülfirik aside yükseltgenmesi sonucu çözeltinin asitliği artmakta ve dolayısıyla pH'ı düşmektedir [10].

2.4 Analiz

Analizler West-Gaeke ve H₂O₂ standart yöntemlerine uygun olarak yapılmıştır [10]. Çalışma kapsamında analizler Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

West-Gaeke yöntemi ile örnekleme yapıldıktan sonra laboratuvara getirilen örnek buharlaşma kaybı meydana gelmesi durumunda distile suyla 10 mL'ye tamamlanmıştır. Karışıma 1 mL pararosanilin ve 1 mL formaldehit çözeltisi eklenip karıştırılmıştır. Bu aşamada kırmızı-mor renkli pararosanilin metilsülfonik asit oluşmaktadır. Maksimum renk oluşumu için 20 dk. beklenmiş ve 560 nm'de Shimadzu UV-1800 spektrofotometre ile ölçüm gerçekleştirilmiştir.

Kalibrasyon eğrisinin hazırlanması için 2.0 mL standart sülfid çözeltisi sodyum tetrakloromercurat reaktifıyla 100 mL'ye seyreltilmiştir. Oluşan çözeltinin her mililitresi 3.0 µL SO₂ içermektedir. Bu çözelti farklı oranlarda seyreltilerek kalibrasyon çözeltileri hazırlanmıştır. 10 mL'lik kalibrasyon çözeltilerine karşılık gelen µL SO₂ miktarlarına göre kalibrasyon eğrisi çizilerek kalibrasyon denklemi elde edilmiştir.

Hidrojen peroksit yöntemi ile gerçekleştirilen örnekleme sonunda örneğin pH değeri ölçülmüş ve 0.002 N'lik HNO₃ çözeltisi ile pH 5 olacak şekilde ayarlanmıştır. Üzerine 3 damla karışık indikatör çözeltisi (brom krezol yeşili ve metil kırmızısı) eklenmiştir. Karışım standart 0.002 N NaOH ile rengi kırmızıdan yeşile dönene kadar titre edilmiştir.

West-Gaeke ve H₂O₂ yöntemleri kullanılarak alınan örnekler ile birlikte şahit örnekler için de aynı işlemler gerçekleştirilmiştir.

2.5 Hesaplamalar

West-Gaeke ve H₂O₂ yöntemleri ile örneklenen hava hacmi Denklem 1 kullanılarak standart koşullardaki (25 °C, 760 mm Hg) hava hacmine (V_s) dönüştürülmüştür.

$$V_s = V \times \frac{(P - P_m)}{29.97} \times \frac{298.2}{(T + 273.2)} \quad (1)$$

V_s = Standart koşullarda havanın hacmi (L),

V = Ölçülen havanın hacmi (L),

P = Barometredeki civa basıncı (inç Hg),

P_m = Akış ölçerdeki civa basıncı (inç Hg),

T = Hava sıcaklığı (°C).

West-Gaeke yönteminde kalibrasyon denklemi aracılığıyla örnekteki SO₂'nin kaç µL'ye karşılık geldiği belirlenmiştir. Hidrojen peroksit yönteminde örnek titrasyonunda kullanılan 0.002 N NaOH'in her 1 mL'si 24.47 µL SO₂'ye karşılık gelecek şekilde µL SO₂ miktarı hesaplanmıştır.

West-Gaeke ve H₂O₂ yöntemlerinde SO₂ konsantrasyonlarının hesaplanması için Denklem 2 kullanılmıştır [10].

$$SO_2 \text{ (ppm)} = \frac{(\mu\text{L } SO_2)}{V_s} \quad (2)$$

ppm biriminde hesaplanan SO₂ konsantrasyonları Denizli 1 istasyonu SO₂ verisi ile karşılaştırmak üzere µg/m³ birimine dönüştürülmüştür.

2.6 Denizli 1 hava kalitesi ölçüm istasyonu SO₂ verisi

Denizli'de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait iki adet hava kalitesi ölçüm istasyonu bulunmaktadır. Çalışma kapsamında örnekleme alanına en yakın olan, kentsel yerleşim alanında bulunan ve kirletici kaynaklar yönünden çalışma alanı ile benzerlik gösteren Denizli 1 hava kalitesi istasyonunun verisi ele alınmıştır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Denizli 1 hava kalitesi ölçüm istasyonunun örnekleme gün ve saatlerindeki SO₂ değerleri kaydedilmiştir. Saatlik SO₂ konsantrasyonlarının ortalaması alınarak 8 saatlik ortalama SO₂ konsantrasyonu hesaplanmıştır.

2.7 Meteorolojik parametreler

Örnekleme süresince sıcaklık ve nem değerleri ölçülerek 8 saatlik ortalama değerler hesaplanmıştır. Sıcaklık ölçümü için ± 1 °C doğrulukta bir termometre kullanılmıştır.

2.8 İstatistiksel değerlendirme

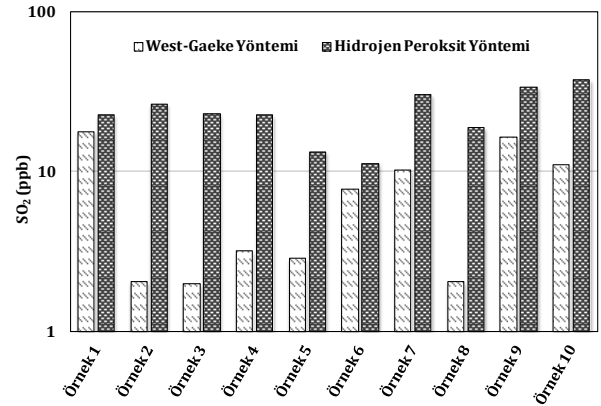
Kükürt dioksit verisinin istatistiksel analizi SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 16.0 versiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel ilişkiler p<0.05 düzeyinde belirlenmiştir.

3 Sonuçlar

3.1 West-Gaeke ve hidrojen peroksit yöntemleri ile belirlenen SO₂ konsantrasyonları

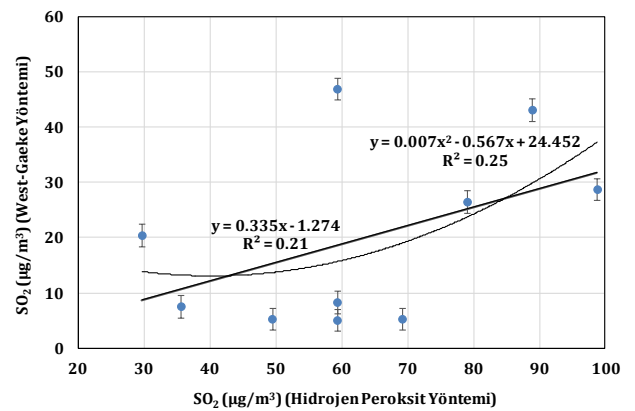
Ortalama SO₂ konsantrasyonu West-Gaeke yöntemi ile 7.6±5.8 ppb, H₂O₂ yöntemi ile 24.1±8.0 ppb olarak belirlenmiştir. Kükürt dioksit konsantrasyonları West-Gaeke yöntemi için 1.98-17.9 ppb, H₂O₂ yöntemi için 11.4-37.8 ppb aralığında değişmektedir.

Örneklere ilişkin SO₂ konsantrasyonları değerlendirildiğinde West-Gaeke yöntemi ile elde edilen SO₂ konsantrasyonlarının H₂O₂ yöntemi ile belirlenen değerlerden daha düşük olduğu görülmüştür. Hidrojen peroksit yöntemi ile belirlenen SO₂ konsantrasyonlarının ortalaması, West-Gaeke yöntemi ile elde edilen değerlerin ortalamasından 3 kat fazladır (Şekil 2).



Şekil 2: West-Gaeke ve H₂O₂ yöntemleri ile belirlenen SO₂ konsantrasyonları.

Çalışma kapsamında iki farklı yöntemle elde edilen SO₂ veri setinin istatistiksel ilişkisi incelendiğinde regresyon katsayılarının doğrusal eğilim için 0.21, polinom eğilim için 0.25 düzeyinde olduğu görülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3: West-Gaeke ve H₂O₂ yöntemleri ile belirlenen SO₂ konsantrasyonlarının istatistiksel ilişkisi.

Hidrojen peroksit yönteminin kolay ve ucuz olup yaygın olarak kullanıldığı bilinmekle birlikte, West-Gaeke yönteminin

SO₂ için spesifik olduğu ve örnek alındıktan sonra kararlı halde saklanabildiği için referans yöntem olarak geniş bir kullanım alanı bulunduğu belirtilmektedir [5]. Ayrıca alkali gazlar, NH₃ ve CaO gibi reaktif katılar, SO₃ gibi bileşenlerin H₂O₂ yönteminde girişim yapma olasılığı da farklılık sebeplerinden biri olarak değerlendirilebilir.

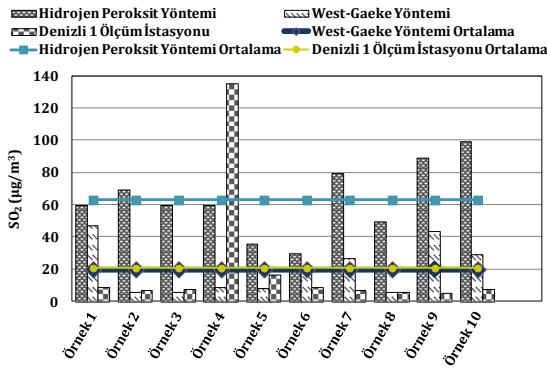
Çalışmada belirlenen SO₂ konsantrasyonları Türkiye için öngörülen sınır değerlerin altındadır. Bunun en önemli nedeni örneklemelerin bahar mevsiminde gerçekleştirilmiş olması ve bu dönemde SO₂ konsantrasyonlarının kış mevsimine göre düşük olmasıdır.

Literatürde SO₂ konsantrasyonunu belirlemek üzere West-Gaeke yöntemi ile gerçekleştirilmiş olan çalışmalar bulunmaktadır. Dhanbad, Hindistan'da 2013-2014 döneminde atmosferik SO₂ konsantrasyonu 3.4-4.6 ppb aralığında belirlenmiştir [11]. Balashanmugam vd. [12] tarafından Chidambaram, Güney Hindistan'da 8 farklı noktada 2007 yılı Mart ayında gerçekleştirilen bir çalışmada SO₂ konsantrasyon aralığı 39.5 ile 56.9 µg/m³ arasında bulunmuştur. 2006 yılı Mart ayından 2007 yılı Şubat ayına dek yapılan ölçümler sonucunda Helwan, Mısır'da SO₂ konsantrasyonu ortalaması 67.0±12.9 µg/m³ olarak belirlenmiştir [13].

3.2 West-Gaeke ve hidrojen peroksit yöntemleri ile belirlenen SO₂ konsantrasyonları ve Denizli 1 istasyonu SO₂ verisi

West-Gaeke ve H₂O₂ yöntemleri ile belirlenen SO₂ konsantrasyonları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Denizli 1 hava kalitesi ölçüm istasyonu SO₂ konsantrasyonları ile karşılaştırılmıştır (Şekil 4).

Ortalama SO₂ konsantrasyonları West-Gaeke ve H₂O₂ yöntemleri ile Denizli 1 hava kalitesi ölçüm istasyonu için sırasıyla 19.7±16.1, 62.8±22.0 ve 20.6±40.3 µg/m³ olarak belirlenmiştir.



Şekil 4: West-Gaeke ve H₂O₂ yöntemleri ile belirlenen SO₂ konsantrasyonları ve istasyon SO₂ verisi.

Hidrojen peroksit yöntemi ile elde edilen tüm örneklerin (Örnek 4 hariç) SO₂ konsantrasyonları, Denizli 1 hava kalitesi ölçüm istasyonu SO₂ konsantrasyonlarından daha yüksek bulunmuştur.

West-Gaeke yöntemi ile belirlenen SO₂ konsantrasyonlarının Denizli 1 hava kalitesi ölçüm istasyonu konsantrasyonlarından bazı örneklem günlerinde daha yüksek, bazı günlerde ise daha düşük olduğu görülmüştür.

Üç ayrı veri seti incelendiğinde minimum ve maksimum SO₂ konsantrasyonlarının gözlemlendiği günlerin farklı olduğu görülmüştür. Örneklem ve analiz yöntemlerinin farklılığı,

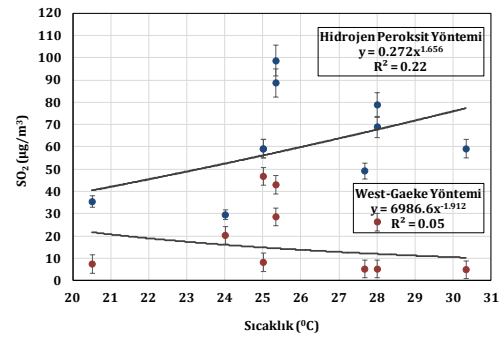
ölçüm istasyonundaki cihazların bakımı ve kalibrasyonu gibi etkenler bu farklılığın temel nedenleri olarak belirtilebilir.

Denizli 1 hava kalitesi ölçüm istasyonu verisi incelendiğinde 4 No.lu örnekleme gününe ilişkin SO₂ konsantrasyonunun maksimum değere (134.7 µg/m³) sahip olduğu görülmüştür. Ancak, mevsimsel özellikler ve diğer günlere göre 8-27 kat fazla olan bir oran dikkate alındığında, maksimum istasyon değerinin bir arıza, hata vb. nedenle ortaya çıkmış olma olasılığı yüksek görülmektedir. Bununla birlikte veri orijinal hali ile değerlendirmeye alınmıştır.

3.3 West-Gaeke ve hidrojen peroksit yöntemleri ile belirlenen SO₂ konsantrasyonları, sıcaklık ve nem değerleri

Çalışma kapsamında örnekleme gün ve saatlerindeki sıcaklık değerleri kaydedilerek ortalama değerler belirlenmiştir. Çalışma dönemindeki ortalama sıcaklık 25.9±2.7 °C olarak hesaplanırken minimum sıcaklık 20.5 °C, maksimum sıcaklık ise 30.3 °C olarak gözlemlenmiştir.

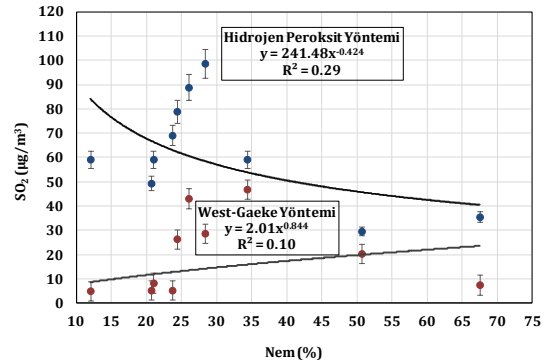
West-Gaeke ve H₂O₂ yöntemleri ile belirlenen SO₂ konsantrasyonları ile örnekleme günlerine ilişkin sıcaklık değerleri incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmadığı görülmüştür (Şekil 5).



Şekil 5: West-Gaeke ve H₂O₂ yöntemleri ile belirlenen SO₂ konsantrasyonları ve sıcaklık değerleri.

Çalışma periyodunda minimum nem değeri %12.0, maksimum nem değeri ise %67.5 olarak gözlemlenmiştir. Ortalama nem %30.9±16.4 olarak hesaplanmıştır.

Örneklem günlerine ilişkin nem değerleri ile West-Gaeke yöntemiyle elde edilen SO₂ konsantrasyonları arasında istatistiksel yönden önemli bir ilişki bulunmamıştır. Nem değerleri ve H₂O₂ yöntemi ile belirlenen SO₂ konsantrasyonları arasında R²=0.29 düzeyinde bir istatistiksel ilişki bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6: West-Gaeke ve H₂O₂ yöntemleri ile belirlenen SO₂ konsantrasyonları ve nem değerleri.

4 Tartışma

Çalışma kapsamında Pamukkale Üniversitesi Kınıklı Yerleşkesi'nde dış ortam SO₂ konsantrasyonları West-Gaeke ve H₂O₂ yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. West-Gaeke yöntemi ile elde edilen SO₂ konsantrasyonları H₂O₂ yöntemi ile belirlenen konsantrasyonlardan daha düşüktür.

West-Gaeke ve H₂O₂ yöntemleri kullanılarak belirlenen SO₂ konsantrasyonları, hava kalitesi ölçüm istasyonu SO₂ konsantrasyonları ile karşılaştırılmıştır. H₂O₂ yöntemi ile elde edilen SO₂ konsantrasyonlarının hava kalitesi ölçüm istasyonu SO₂ konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu, West-Gaeke yöntemi ile belirlenen SO₂ konsantrasyonlarının hava kalitesi ölçüm istasyonu SO₂ konsantrasyonları ile belirgin bir değişim göstermediği görülmüştür.

Çalışmanın gerçekleştirildiği dönemde hava sıcaklığının yüksek olması, evsel ısınma amacıyla yakıt tüketimi olmaması gibi nedenlerle SO₂ konsantrasyonunun düşük olması, West-Gaeke ve H₂O₂ yöntemlerinin uygulanmasında çok daha hassas davranılmasını gerektirmiştir.

Çalışma konusunda gelecekte uzun dönemli bir çalışma gerçekleştirilmesi değerlendirmelerin daha sağlıklı yapılabilmesini ve mevsimsel değişimleri izleme olanağını sağlayacaktır. İstatistiksel değerlendirmeler, mevsimsel farklılıkların da dikkate alınabileceği yıllık periyotlarda belirlenen SO₂, sıcaklık ve nem parametreleri için yapılması durumunda daha anlamlı hale gelecektir.

5 Teşekkür

Bu çalışma 1919B011402830 No.lu proje ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Proje çalışmalarındaki katkılarından dolayı, Dr. Tufan TOPAL, Damla SALTİK ve Sinem SAVAS'a teşekkür ederiz.

6 Kaynaklar

- [1] Müezzinoğlu A. *Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları*. İkinci baskı. İzmir, Türkiye, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, 2000.
- [2] Erbaşlar T, Taşdemir Y. "Kentsel bir atmosferdeki bazı hava kirleticilerin meteorolojik parametrelerle ilişkilendirilmesi". *Uludağ Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi Dergisi*, 12(2), 1-8, 2007.
- [3] TÜBİTAK. "Vizyon 2023: Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Tematik Paneli Raporu". Ankara, Türkiye, 2003.

- [4] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. "Türkiye Çevre Durum Raporu". <http://www.csb.gov.tr/turkce/dosya/ced/TCDR2011.pdf> (15.10.2014).
- [5] Yeşilyurt C, Akcan N. "Hava Kalitesi İzleme Metodolojileri ve Örneklem Kriterleri". T.C. Sağlık Bakanlığı Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 2001.
- [6] Janick J. *Horticultural Science*. 4th ed. New York, USA, WH Freeman and Co Ltd., 1986.
- [7] T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü. "Asit Yağmurları ve Hava Kirliliği Değerlendirme Raporu". Ankara, Türkiye, 2006.
- [8] Kant C, Kızıloğlu T. "Asit yağmurlarının canlılar üzerine etkileri". *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(2), 217-221, 2003.
- [9] İlim M. Havadaki Kükürt Dioksit Tayin Metotlarının Uygulanabilirlik ve Hassasiyetlerinin Karşılaştırılması İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 1987.
- [10] Hochheiser S. *Methods of Measuring and Monitoring Atmospheric Sulfur Dioxide*. 1st ed. Ohio, USA, U.S. Department of Health Public Health Service, 1964.
- [11] Singh S, Elumalai SP, Pal AK. "Rain pH estimation based on the particulate matter pollutants and wet deposition study". *Science of the Total Environment*, 563-564, 293-301, 2016.
- [12] Balashanmugam P, Ramanathan AR, Kumar VN. "Assessment of ambient air quality in Chidambaram a South Indian town". *Journal of Engineering Science and Technology*, 7(3), 292-302, 2012.
- [13] Hameed AAA, Khoder MI, Ibrahim YH, Saeed Y, Osman ME, Ghanem S. "Study on some factors affecting survivability of airborne fungi". *Science of the Total Environment*, 414, 696-700, 2012.
- [14] Balashanmugam P, Ramanathan AR, Kumar VN. "Assessment of ambient air quality in Chidambaram a South Indian town". *Journal of Engineering Science and Technology*, 7(3), 292-302, 2012.
- [15] Hameed AAA, Khoder MI, Ibrahim YH, Saeed Y, Osman ME, Ghanem S. "Study on some factors affecting survivability of airborne fungi". *Science of the Total Environment*, 414, 696-700, 2012.