

**ATMOSFERİK PARTİKÜL MADDELERİN KURU ÇÖKELME AKILARININ
ÖLÇÜMÜ: BERGERHOFF METODUNUN UYGULANMASI****Yücel TAŞDEMİR*, Tuncay ERBAŞLAR, Hüseyin GÜNEZ***Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,
Görükle-BURSA***Geliş /Received: 27.05.2003 Kabul/Accepted: 17.02.2004****DRY DEPOSITION FLUX MEASUREMENT OF ATMOSPHERIC PARTICULATE MATTERS:
APPLICATION OF BERGERHOFF METHOD****ÖZET**

Bu çalışma kapsamında Uludağ Üniversitesi Kampüsü'nde kuru çökeltme örnekleri toplanmıştır. Partikül maddelerin kuru çökeltme akıları, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nde (HKKY) tavsiye edilen Bergerhoff metodu kullanılarak belirlenmiştir. Yarı kırsal bir alan olan Kampüs'teki akı değerleri 17 örnek için ~300 ile 7860 mg/m²-gün arasında değişmiştir. Gündüz ölçülen akı değerleri ortalamasının (3078 ± 2412 mg/m²-gün), gece ölçülenlerinden (524 ± 149 mg/m²-gün) yaklaşık 6 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ölçülen kuru çökeltme akıları literatür değerleri ile karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Partikül madde, Kuru Çökeltme, Bergerhoff Metodu

ABSTRACT

In this study, dry deposition samples were collected from the Uludag University Campus which is located in a semi-rural area. Dry deposition fluxes of particulate matter were determined by applying the Bergerhoff Method which is suggested by the Turkish Air Quality Prevention Regulation (TAQPR). The flux values ranged between about 300 and 7860 mg/m²-d for 17 samples. Average of the fluxes seen during the day (3078 ± 2412 mg/m²-d) was about 6 times higher than the ones measured during the night (524 ± 149 mg/m²-d). The measured dry deposition flux values were compared with the ones cited in literature.

Keywords: Particulate matter, Dry deposition, The Method of Bergerhoff

1. GİRİŞ

Hava kirlenmeler, özellikleri göz önüne alınarak çeşitli şekilde sınıflandırılabilirler. Örneğin, fiziksel durumlarına göre kirlenmeler gaz ve partiküller olarak ikiye ayrılırlar. Maddenin yoğunluğuna bağlı olmakla birlikte en iri partikülün 500 µm çapı aşmaması gerekir [1]. Partikül şeklindeki kirlenmelerin tanımları iriliklerine, yoğunluklarına ve kimyasal yapılarına bağlı olarak aerosol, duman, is ve toz şeklinde isimlendirilmektedir.

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: e-mail: tasdemir@uludag.edu.tr ; tel: (0224) 442 8177/164

Atmosferik Partikül Maddelerin Kuru Çökme...

0,1 µm'den ince partiküller molekül gibi davranır ve rastgele hareketler (Brownian hareketleri) yaparlarken çapları 1-20 µm olan tanecikler kendilerini taşıyan gaz kütesinin hareketine tabi olurlar [2]. Ancak, çapları 20 µm'den büyük olan partiküller yerçekim kuvvetinin etkisiyle havada uzun süre askıda kalamazlar [2, 3].

Partikül maddelerin atmosferden uzaklaşma mekanizmaları arasında kuru ve ıslak çökme önemlidir. En genel anlamda kuru çökme, hava ile taşınan kirleticilerin toprak, su veya bitki yüzeylerine transfer edilerek giderilmesidir [4]. Genelde kuru çökme prosesi üç evrede açıklanır: Aerodinamik taşınım, sınır tabaka taşınımı ve yüzeydeki etkileşimler [5]. Kuru çökme, oldukça kompleks olup bir çok parametreden etkilenir. Bu parametreler partikülün özelliğine, meteorolojik parametrelere ve çökme yüzeyine bağlıdır [5]. Öte yandan diğer bir atmosferik çökme türü olan ıslak çökmede ise kirleticilerin bir yüzeye hidrometeor (Kar, çığ, yağmur vb.) yoluyla transferi esastır.

Kuru çökme akıları, doğrudan ölçme yada hesaplama yöntemiyle belirlenebilir. Kuru çökme örneklerinin toplanması ve analizi için üzerinde uzlaşmış herhangi bir metod literatürde mevcut değildir [6]. Doğrudan ölçme yöntemi ile akı belirleme daha gerçekçi bir yaklaşım olup maruz kalma periyodu, meteorolojik değişimler, uygulama bölgesi, yüzey geometrisi gibi çeşitli etmenleri göz önüne alır [4, 7]. Yapılan bilimsel çalışmalarda kullanılan başlıca kuru çökme örnekleyicilerinden bazıları aşağıda özetlenmiştir [8, 9, 10]:

- BS örnekleyicisi (İngiliz Standart Ölçüm Aleti),
- Frizbi tipi toz toplayıcılar,
- Su yüzeyi örnekleyicisi,
- Yağlı yüzey örnekleyicisi,
- Petri kapları,
- Pleksiglas kaplar ve Bergerhoff örnekleyicisi.

Hesap yönteminde ise atmosferdeki kirleticinin konsantrasyonu (C) esas alınır. Literatürden bulunan kuru çökme hız değeri (V_d) ile konsantrasyon değeri çarpılarak kirleticinin kuru çökme akısı (F) hesaplanabilir. Bu yaklaşım (1) nolu bağıntı ile ifade edilebilir.

$$F = V_d \cdot C \quad (1)$$

Burada, F= Akı ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{-gün}$), V_d = Çökme hızı (m/gün), C= Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ifade etmektedir.

Bu çalışma kapsamında, (a) Bergerhoff örnekleyicisi kullanılarak partikül maddelerin kuru çökme akılarının belirlenmesi, (b) Akıların ölçüm periyodu boyunca olan değişimleri, gece-gündüz ölçümleri arasındaki farkların ortaya konulması, (c) Ölçülen akı değerlerinin Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) değerleri ve literatür verileriyle mukayese edilmesi amaçlanmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Örnekleme Programı

Örnekleme bölgesi olarak Uludağ Üniversitesi'nin Görükle Kampüsü'ndeki Ziraat Fakültesi'ne ait meteoroloji istasyonu kullanılmıştır. Bu bölgenin seçilme nedenleri arasında istasyonun civarında rüzgarı engelleyecek ağaç ve bina gibi yükseltilerin bulunmaması, arazinin nispeten düz yapıda olması ve trafik akışının sınırlı olması başlıca etkenlerdir.

2.2. Örnekleme Süresi

Nisan, Mayıs ve Haziran 2001 aylarında yağışın olmadığı günlerde partikül madde kuru çökme örnekleri toplanmıştır. Gece ve gündüz olmak üzere toplam 17 numune alınmıştır. Örnekleme süre ve tarihleri bazı meteorolojik verilerle birlikte Tablo 1'de özetlenmiştir.

2.3. Bergerhoff Örnekleyicisi

Bu örnekleyicinin kullanılması Türk Çevre Mevzuatı'nda (HKKY) tavsiye edilmektedir [11]. Bergerhoff örnekleyiciler, yapısı en basit olan sistemlerden birisi olup, genelde çapının iki katı derinliğe sahip kaplar şeklindedir. Plastik, cam veya metalden imal edilmiş kaplar arazide atmosfere maruz bırakılır. Belirli süreler sonunda kap içinde biriken tozlar yıkanarak çökelekler üzerinde analizler yapılır. Bu örnekleyicilerin en büyük dezavantajı, çöken tozların rüzgarların etkisiyle tekrar atmosfere karışma olasılığıdır [12].

Bu çalışma kapsamında pleksiglas malzemeden yapılmış 14 cm iç çapında, 30 cm yüksekliğinde, 5 mm kalınlığında altı kapalı silindir şeklinde bir Bergerhoff örnekleyicisi kullanılmıştır.

Tablo 1. Örnek Alma Süreleri ve Meteorolojik Veriler

No	Tarih	Süre (dk)	Sıcaklık (°C)	Rüzgar Hızı (m/s)
1	25/04/01	355	16,6	2,58
2	01/05/01	420	14,5	1,72
3	04/05/01	380	9,0	V.Y.
4	11/05/01	300	14,7	2,00
5	21/05/01	325	18,4	1,64
6	25/05/01	308	15,4	0,31
7	28/05/01	327	22,1	2,00
8	29/05/01	323	19,3	1,56
9	30/05/01	357	22,8	1,42
10	31/05/01	350	25,7	1,72
11	01/06/01	373	V.Y.	V.Y.
12	04/06/01	305	V.Y.	V.Y.
13*	01-02/05/01	1080	18,0	3,61
14*	21-22/05/01	938	18,4	1,56
15*	28-29/05/01	1041	19,6	1,03
16*	30-31/05/01	1025	23,5	2,22
17*	31/05-01/06/01	1100	V.Y.	V.Y.

V.Y. : Veri yok

* : Gece Örnekleri

2.4. Örnekleme Metodu

Numune alınmadan önce silindir şeklindeki pleksiglas örnekleyicinin iç yüzeyi saf su ile iyice yıkanmış ve toz bırakmayan bir bezle kurulanmıştır. Örnekleyici, ağzı açık bir şekilde dış ortama bırakılarak numune alımları gerçekleştirilmiştir. Örnekleme periyodu sonunda silindirin iç yüzeyi saf su ile yıkanmıştır. Böylece silindirin iç çeperlerinde toplanan partiküller suya alınmış olmaktadır. Bu su, filtreden geçirilmiş ve filtreler etüvde 105°C'de 1 saat süre ile kurutulmuştur. Bir süre desikatörde bekletilerek sabit tartıma getirilen filtre kağıtları tekrar tartılarak filtreden tutulan partikül madde miktarı (AKM) hesaplanmıştır.

Atmosferik Partikül Maddelerin Kuru Çökme...

Filtreden süzölmüş olan yıkama suyunun toplam hacmi bir mezür yardımıyla ölçölmüştür. Bu su numunelerinde ise toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) ve iletkenlik ölçömleri gerçekleştirilmiştir. AKM ve TÇKM birbirlerine ilave edilerek örnekteki toplam katı madde (TKM) miktarları belirlenmiştir.

Bu verilerden hareketle partikül madde kuru çökme akısı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$AKM = (B-A) / V \quad (2)$$

$$TÇKM = (D-C) / V \quad (3)$$

$$F = m / (t \times A) \quad (4)$$

Burada, A= Filtrasyondan önceki sabit tartıma getirilmiş filtre kağıdının ağırlığı (g),

B= Filtrasyondan sonraki sabit tartıma getirilmiş filtre kağıdının ağırlığı (g),

V= Numune hacmi (L),

D= Süzöntü suyunun buharlaştırdıktan sonraki sabit tartıma getirilmiş beher ağırlığı (g),

C= Sabit tartıma getirilmiş beherin ağırlığı (g),

m= AKM+TÇKM (g),

t= Örnek alma süresi (dakika),

A= Örnekleme yüzey alanı (cm²)'dir.

2.5. İletkenlik Tayini

Bergerhoff örnekleme numunelerinin ve şahidin filtrasyondan sonra iletkenlik ölçer (Conductivity Meter 4310, Jenway) ile iletkenlik tayini yapılmıştır.

3. SONUÇLAR VE YORUM

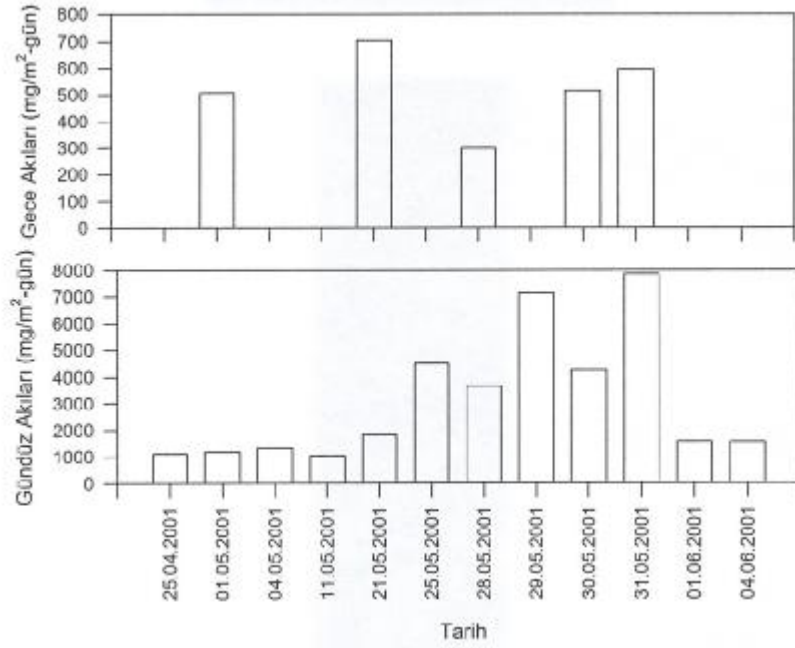
3.1. Genel

Bergerhoff örnekleme numuneleri ile elde edilen akı değerleri Şekil 1'de ve örnekleme periyodundaki hava durumuna ait bilgiler de Tablo 1'de sunulmaktadır.

Partikül madde için hesaplanan akı değerleri askıdaki katıların ve çözünmüş katı maddelerin toplamından oluşmaktadır. Alınan 12 adet gündüz numunesinin akı değerleri 1100 ile 7860 mg/m²-gün arasında değişmiş ve ortalama akı değeri 3078,43 ± 2412,29 mg/m²-gün olarak belirlenmiştir. Gece alınan örnekler ise 5 adet olup, bunların salınım aralığı 300 ile 700 mg/m²-gün olarak tespit edilmiş ve ortalama değeri olarak da 524,45 ± 149,47 mg/m²-gün hesaplanmıştır.

Gece ve gündüz ortalama akı değerleri arasında önemli farklılıklar göze çarpmaktadır. Aynı tarihte gündüz ölçülen ortalama akılar, gece ölçülen ortalama akılardan yaklaşık 7,5 kat daha fazladır. Bunun sebepleri; gece nispeten türbülansın ve daha önemlisi antropojenik faaliyetlerin oldukça azalmasıdır. Tai ve ark.'nın (1999) yaptıkları çalışmalar da gece ve gündüz örnekleri arasında benzer farklılıkları ortaya koymuştur (Tablo 2). En büyük akı değeri, rüzgarın gündüz karadan estiği durumlarda görölmüştür (526,18 ± 324,86 mg/m²-gün) [14]. Buna karşın en düşük akı değeri 129,10 ± 44,93 mg/m²-gün olup, gece alınan numunelerde ve rüzgarın göl tarafından estiği durumda ortaya çıkmıştır (Tablo 2) [14].

Akı, partikül madde özelliklerine, meteorolojik parametreler ve çevre ile ilgili bir çok parametreye bağlıdır. Bu nedenle, aynı noktadan değişik zamanlarda ölçölmüş akı değerlerinde farklılıklar görölebilmektedir. Örneğin, Chicago'daki partikül madde akı ölçümünde, aynı noktadan ve aynı tür örnekleme ile 35 – 530 mg/m²-gün arasında değişen farklı değerler rapor edilmiştir [14, 15, 16]. Bu sonuçlara paralel olarak, bu çalışmada kapsamında belirlenen akı değerleri arasındaki farkların makul seviyelerde kaldığı sonucu çıkarılabilir. Chicago'da ölçölen akılar arasındaki farkların oranı, 15'ten fazlayken bu çalışmada bu oranlar, gece ve gündüz akı değerleri için sırasıyla 2,5 ve 7,5 olarak hesaplanmıştır.

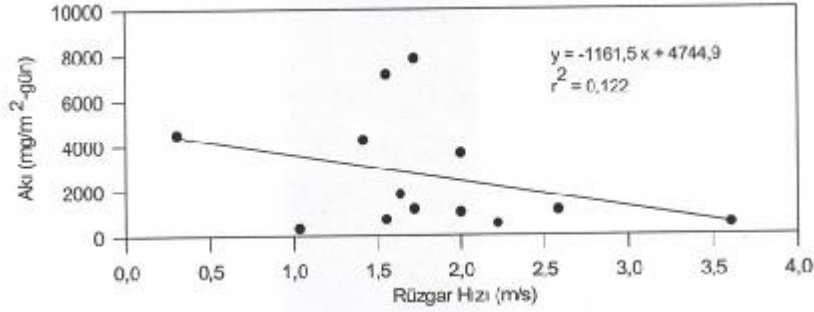


Şekil 1. Bergerhoff Örnekleycisi ile Toplanan Gece ve Gündüz Akı Değerleri

Tablo 2. Chicago, ABD'nde Ölçülmüş Bazı Kuru Çökme Akı Değerleri (mg/m²-gün)

Bölge	Ortalama Akı	Ort. Rüzgar (m/s)	Yüze	Referans
Chicago, IL Gündüz-Kara	526,18±324,86	6,1±1,9	Apezion L	14
Chicago, IL Gündüz-Göl	343,01±196,13	5,4±1,4	Apezion L	14
Chicago, IL Gece-Kara	255,74±124,42	4,9±1,1	Apezion L	14
Chicago, IL Gece-Göl	129,10±44,93	2,5±1,8	Apezion L	14

Rüzgar, kuru çökme miktarı üzerinde önemli bir parametredir. Rüzgarın arttığı durumlarda, türbülansın artışına paralel olarak sıvı veya gres yüzeyli örnekleyciler üzerinde partikül madde birikiminin arttığı görülmüştür [12, 17]. Ancak, Bergerhoff örnekleycisinde, çökelen partiküllerin tekrar atmosfere karışmasını önleyecek bu tür yüzeyler (Sıvı, gresli vb) kullanılmadığından rüzgar hızının artışına paralel olarak ölçülen partikül madde akılarında bir azalma gözlenmiştir. Rüzgar hızı ile akı arasındaki ilişki Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2'den de görüldüğü gibi Bergerhoff metodu ile toplanan partikül madde kuru çökme akıları ile rüzgar hızları arasında bir ters orantı vardır. Ancak bu ilişki çok kuvvetli olmayıp bulunan r^2 değeri (0,122) düşük çıkmıştır.



Şekil 2. Rüzgar Hızları ile Akılar Arasındaki İlişki

3.2. Önceki Ölçümler

Aynı bölgede Bergerhoff örnekleycisi ile başka bir çalışma daha gerçekleştirilmiştir [13]. Çağlar, (2000) tarafından Bergerhoff örnekleycisi ile alınan numunelerdeki partikül madde kuru çökme akı değerleri $33,44 \pm 7,66$ mg/m²-gün seviyesinde tespit edilmiştir. Yine aynı çalışmada, gresli yüzey örnekleycisi ile alınan numuneler partikül madde kuru çökme akı değerleri $136,25 \pm 15,52$ mg/m²-gün gibi bir ortalama değer vermiştir. Numuneler alınırken göz önüne bulundurulmuş süre günler (1-5 gün) mertebesindedir.

Bu çalışma ile Çağlar'ın (2000) çalışması sonucu bulunan değerler arasındaki en önemli farklılığın örnekleme noktası civarındaki antropojenik faaliyetlerin olduğu açıktır. Bu çalışmada gözlenen başlıca faaliyetler aşağıda özetlenmiştir:

- Yakın bir bölgedeki gölet (Göbelye Göleti) inşaatı için yürütülen hafriyat çalışmaları,
- Üniversite içerisinde yürütülen inşaatlar ve Görükle toplu konut bölgesi inşaatları,
- Örnekleme bölgesi etrafındaki tarım arazilerinin çalışma boyunca traktör ile sürülmesi (Özellikle 25-31 Mayıs 2001 tarihleri arasında),
- Örnekleme bölgesi içindeki otların çalışma süresince birkaç kez biçilmesi,
- Örnekleme bölgesinin tam stabilize olmamış bir yolun kenarında bulunması.

Bu çalışma kapsamında bulunan değerler, daha önce aynı örnekleme noktasından Çağlar (2000) tarafından alınan örneklerden elde edilen akı değerlerine göre daha yüksek olup bunun nedenlerinden bir tanesi de ortalama ölçüm sürelerindeki farklılıktır. Nitekim, bu çalışmadaki ölçüm süresi Çağlar'ın sürelerine göre yaklaşık 5 kat daha düşüktür. Sürenin uzamasına paralel olarak, Bergerhoff örnekleycisinde tutulan tozların tekrar havaya karışmaya başlayacağı göz önüne alındığında, bunun ölçüm sonuçlarını değiştireceği kuşkusuzdur.

3.3. HKKY ile Değerlendirme

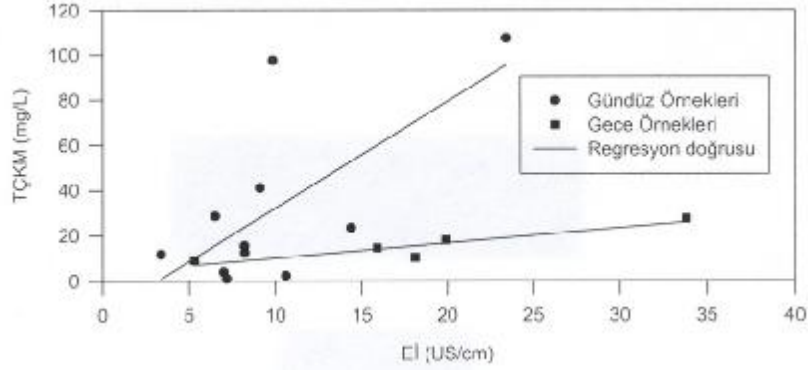
Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nde (HKKY) çöken tozlar için öngörülen metot Bergerhoff metodudur. HKKY'nde genel ve endüstri bölgeleri için verilen uzun vadeli sınır (UVS) değerleri sırasıyla 350 ve 450 mg/m²-gün'dür. Öte yandan kısa vadeli sınır (KVS) değerler ise 650 ve 800 mg/m²-gün olarak genel ve endüstri bölgeleri için belirlenmiştir. Ancak çöken tozlar için HKKY'ndeki aylık ortalama değerler göz önüne alınmaktadır.

Bu çalışma kapsamında belirlenen kuru çökme akıları 300 ile 7860 mg/m²-gün seviyesinde olup, özellikle gündüz örneklerinde (3078 ± 2412 mg/m²-gün) HKKY'nin verdiği sınır değerler aşılmaktadır. Bunun en büyük sebebi de örnekleme noktası civarında gözlenen antropojenik faaliyetlerdir. Çünkü gece bu tür faaliyetler azalınca akı değerleri yaklaşık 6 kat daha düşüp, 524 ± 149 mg/m²-gün mertebelerine inmektedir. Bu değer ise HKKY'nin tavsiye ettiği KVS sınırlarının altında kalmaktadır.

3.4. Elektriksel İletkenlik (Eİ) ve Toplam Çözünmüş Katı Madde (TÇKM) İlişkisi

Bu çalışmada hedeflenen bir amaç da Eİ ve TÇKM arasındaki ilişkinin araştırılmasıdır. Bu nedenle, örnekleme periyodu sonunda Bergerhoff örnekleyicisi saf su ile yıkanmış ve bu su bir filtre yardımıyla süzülmuştür. Süzüntü suyunda, Eİ ve TÇKM ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sırasında filtrasyondan sonraki Eİ ve TÇKM değerleri belirlenmiştir. Buna göre gece ve gündüz numuneleri için Eİ değerleri sırasıyla $18,6 \pm 10,21$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve $10,11 \pm 5,17$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak tespit edilmiştir. Gece ve gündüz numuneleri için TÇKM değerleri ise sırasıyla $15,9 \pm 7,4$ mg/L ve $21,8 \pm 29,9$ mg/L 'dir. Gündüz alınan numunelerin TÇKM miktarının daha fazla çıkması, gündüz akıllarının daha yüksek olması sebebiyle olağan bir sonuçtur.

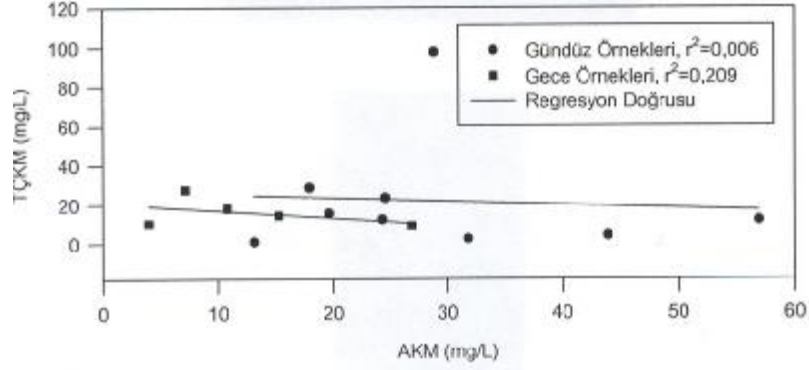
Gündüz ve gece numunelerine ait Eİ-TÇKM ilişkisini belirlemek üzere lineer regresyon kullanılmıştır (Şekil 3). Gündüz numuneleri için $y = 4,711x - 14,831$ denklemi, gece numuneleri için $y = 0,6632x + 3,516$ denklemi bulunmuştur. x (Eİ) bağımsız değişkeninin katsayısı, doğrunun eğimini vermektedir. Sabit sayı ise doğrunun y - eksenini kestiği noktadaki TÇKM değeridir. r^2 'ler her iki numune türü için 0,8376 (Gece) ve 0,4493 (Gündüz)'dür. Gece numunelerine ait regresyon denklemi daha yüksek r^2 değeri (0,8376) vermiştir. Bu sonuç da, gündüz çeşitli antropojenik faaliyetlere (Kaynaklara) bağlı olarak Eİ ve TÇKM oranlarının değiştiği, ancak gece numunelerinde kaynaklar açısından nispeten homojenlik gözlemlendiğine işaret etmektedir.



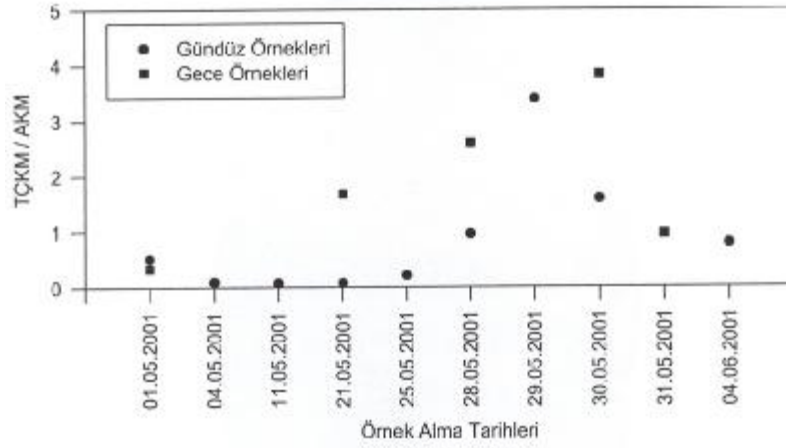
Şekil 3. Gece ve Gündüz Örneklerinde Ölçülen TÇKM – Eİ İlişkisi

Süzme sırasında filtre üzerinde tutulan kısım yardımıyla askıda katı madde (AKM) tayini yapılabilmektedir. AKM ve TÇKM değerleri, gündüz numunelerinde gece numunelerinden daha büyük olarak tespit edilmiştir. Gece ve gündüz numunelerinde AKM değerleri sırasıyla $12,8 \pm 8,9$ mg/L ve $29,0 \pm 13,8$ mg/L 'dir. AKM ve TÇKM değerleri arasında nispeten düşük r^2 değerleri bulunmuştur (Şekil 4) (Gündüz örnekleri için: 0,006 ve Gece örnekleri için: 0,209). Şekil 5'te örneklerdeki TÇKM/AKM oranları gösterilmektedir. TÇKM ve AKM değerleri birbirlerine oranlandığında, gece örneklerinde bu oranın (TÇKM/AKM) $1,88 \pm 1,38$ ve gündüz örneklerinde de $0,85 \pm 1,08$ olduğu hesaplanmıştır. Bu sonuçlar nispeten birbirlerine yakın olsalar da, gündüz örneklerinde oran ortalamasının daha düşük olması insan ve meteorolojik etkilerle türbülansın arttığını ve suda daha az çözünen partiküllerin (Muhtemelen iri boyuttaki parçacıklar) örneklerde daha ağırlık kazandığını ortaya koymaktadır.

Atmosferik Partikül Maddelerin Kuru Çökelme...



Şekil 4. Gece ve Gündüz Örnekleri için AKM ve TÇKM Değerleri Arasındaki İlişki



Şekil 5. Gece ve Gündüz Örnekleri için Belirlenen TÇKM/AKM Oranları

KAYNAKLAR

- [1] Tırıs, M., Kalafatoğlu, E., Okutan, H., Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü, Tübitak Marmara Araştırma Merkezi Kimya Mühendisliği Araştırma Bölümü, Gebze-Kocaeli, 7-8, 1993.
- [2] Müezzinoğlu, A., Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, 165-167, İzmir, 1987.
- [3] Başkaya, H. S., "Çevre Mühendisliği'ne Giriş" Ders İçeriği, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa, 1997.
- [4] Taşdemir, Y., Modification and Evaluation of a Water Surface Sampler to Investigate The Dry Deposition And Air Water Exchange of Polychlorinated Biphenyls (PCBs), Doktora Tezi, Illionis Institute of Technology, 23-29, Chicago, ABD, 1997.
- [5] Taşdemir, Y., Çağlar, Ö., Uludağ Üniversitesi Kampüsü'nde Ölçülen Partikül Madde Kuru Çökelme Akıları, Ekoloji Çevre Dergisi, İzmir, 2001.
- [6] Odabaşı, M., Sofuoğlu, A., Vardar, N., Taşdemir, Y., Holsen, T.M., Measurement of Dry Deposition and Air-Water Exchange of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons with the Water

- Surface Sampler, Environmental Science and Technology, 33, 3, 426-434, 1999.
- [7] Seyidoğlu, A., Gresli Bir Tabaka Yüzeyinin Atmosferik Partiküllerin Toplanması İçin Geliştirilmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Bitirme Çalışması, 14-15, Bursa, 1999.
- [8] Zırhloğlu, N., Bir Su Yüzeyi Örnekleyicisinin Atmosferik Partiküllerin Çökmesinin Belirlenmesi İçin Geliştirilmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Bitirme Çalışması, 20-22, Bursa, 1999.
- [9] Taşdemir, Y., Payan, F., Atmosferik Çökme Örneklerinin Toplanması, Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu III, 18-19 Kasım 1999, Kocaeli, Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu III Bildirileri, Cilt-I, 553-558, Kocaeli, 1999.
- [10] Taşdemir, Y., Kirleticilerin Atmosferik Kuru Çökelmeleri: Mevcut Metodlar, Marmara Denizi 2000 Sempozyumu 11-12 Kasım 2000, İstanbul, Marmara Denizi 2000 Sempozyumu Bildirileri, 402-407, İstanbul, 2000.
- [11] Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY), Türk Çevre Mevzuatı Cilt-II, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Ankara, 1999.
- [12] Günez, H., Atmosferik Partikül Maddelerin Kuru Çökme Ölçüm Alternatiflerinin Belirlenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Bitirme Çalışması, 20-22, Bursa, 2001.
- [13] Çağlar, Ö., Partikül Maddelerin Kuru Çökme Akılarının Ölçümü İçin Su Yüzeyi, Gresli Tabaka Yüzeyi ve Bergerhoff Metodunun Kullanılması, Bitirme Çalışması, Bursa, 2000.
- [14] Tai, H.S., Lin, J.J., Noll, K., Characterization of Atmospheric Dry Deposited Particles at Urban and Non Urban Location, Aerosol Science, 30, 1057-1068, 1999.
- [15] Franz, T.P.; Eisenreich, S.J.; Holsen., T; Dry Deposition of PCBs and PAHs to Lake Michigan, Environmental Science and Technology, 32, 3681-3688, 1998.
- [16] Holsen, T.M., Noll, K.E., Feng, G-C, Lee, W-J., Lin, J-M., Dry Deposition and Particle Size Distributions Measured During the Lake Michigan Urban Air Toxic Study, Environmental Science and Technology, 27, 1327-1333, 1993.
- [17] Erbaşlar, T., Atmosferik Partikül Maddelerin Kuru Çökme Ölçüm Alternatiflerinin Belirlenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Bitirme Çalışması, 20-22, Bursa, 2001.