

## BOZÜYÜK YÖRESİNDE YAYILIŞ GÖSTEREN *Pinus nigra* Arn. İBRELERİNDE KÜKÜRT BİRİKİMİNİN İNCELENMESİ

Arzu ÇİÇEK

Anadolu Üniversitesi, Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi, 26470, Eskişehir

### ÖZET

Yoğun endüstriyel faaliyetlerin gerçekleştiği Bozüyük (Bilecik) yöresinde yayılış gösteren *Pinus nigra* Arn. ibrelerinde kükürt analizleri yapılmıştır. Yıkanmış ve yıkanmamış ibrelerde saptanan sonuçlara göre kirliliğin yoğun olduğu bölgelerde ve hakim rüzgar yönünde, temiz alanlara göre yüksek kükürt içerikleri tespit edilmiştir. Ayrıca, elde edilen verilerin morfolojik incelemeler ve havadaki SO<sub>2</sub> seviyesi ile korelasyon gösterdiği saptanmıştır.

### ABSTRACT

We conducted several analyses of sulfur in the needles of *Pinus nigra* Arn. in the vicinity of Bozüyük (Bilecik), a region of heavy industrial activities. According to the results obtained from both washed and unwashed needles, higher levels of sulfur were determined in the environments with intensive pollution as well as in the dominant wind direction compared to clean environments. Besides, a correlation was determined between the sulfur levels in leaves and morphological analyses, and SO<sub>2</sub> levels in the air.

### ANAHTAR SÖZCÜKLER

Kükürt, *Pinus nigra*, Bozüyük

### GİRİŞ

Sınırsız bir şekilde ilerleyen teknolojik gelişmeler çevre kirliliğinin giderek artmasına ve ekosistem öğelerinin geriye dönüşsüz tahribatına neden olmaktadır. Doğal kaynaklardan meydana gelen kirlilik seviyesinin, insanoğlunun yarattığı global boyuttaki kirlilikten çok daha küçük olduğu tüm dünyada bilinen bir gerçektir. Bir yandan yaşam standartlarını artırmaya yönelik teknolojiler, diğer yandan sıcak ve soğuk savaş amacıyla sürekli geliştirilen kimyasal ve biyolojik teknolojiler dünyanın şimdiki biyolojik zenginliklerini de (çoğu günümüze kadar ortadan yok olmuş) kısa sürede kaybetmesine neden olacaktır.

Çevre kalitesini iyileştirme yönünde yapılacak çalışmalarla yeryuvarın tamamını ele almak mümkün olamayacağından, yöresel ve bölgesel olarak hızla ilerleyen araştırma ve uygulamalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla, öncelikle kirletici kaynakları sorun yaratan bölgelerde kirlilik envanteri çıkarılarak, iyileştirme yönünde araştırmalarla yasal sınırlamalar getirilmelidir.

Kirlilik araştırması yapılacak alanlarda mevcut kirlenici elemanları ortaya çıkarmak için pek çok teknik ve yöntem kullanılmaktadır. Günümüzde flora elemanları ile çevre kalitesinin belirlenmesi ve izlenmesi oldukça yaygın ve güvenilir bir yöntem haline gelmiştir. Bitkilerdeki morfolojik, fizyolojik, anatomik ve kimyasal incelemelere dayanan bu yöntem ile kirlilik hakkında fikir edinilmektedir.

Zabunoğlu, Haktanır ve ark. (1989) Samsun'da kurulu bulunan Türkiye Gübre Sanayi A.Ş.'ye ait gübre fabrikaları ile Karadeniz Bakır İşletmeleri bakır izabe fabrikası baca emisyonlarının çevredeki tarımsal alanlarda yaptığı etkiyi belirlemek amacıyla gerçekleştirdikleri araştırma iki yıl sürmüştür. Bu süre içinde çevre çiftçisinin şikayetlerinin yoğun olduğu dönemlerde bütün arazi taranmış, gözlemler yapılmış, bitki ve toprak örnekleri alınmıştır. Arazide yapılan gözlemler sonucunda bölgede tarımı yoğun olarak yapılan ve en değerli ürün olan tütünde, özellikle fabrikalara yakın kesimlerde ve hakim rüzgar yönünde (güneydoğu) zararlanmalar belirlenmiş ve zararların tipik SO<sub>2</sub> zararı olduğu, yanık etkisinin Haziran-Temmuz dönemlerinde çok yüksek bulunduğu belirtilmiştir.

Literatürde, Conifer'lerde SO<sub>2</sub> etkisi ile yaprak hücrelerinin su kaybettiği yeşil renklerinin zarara uğradığı ve bunun sonucu olarak iğne yaprakların uç kısımlarının ya da tümünün etkilendiği belirtilmektedir (Öztürk ve Seçmen, 1992). Ülkemizde son yıllarda yapılan çalışmalarla, hava kirliliğinde büyük payı olan SO<sub>2</sub> gazının bitkilerde birikimi ve zararları ortaya konulmuştur. Kantarcı (2000) tarafından Biga Yarımadası'nda hava kirliliğinin ormanlara etkisi araştırılmış, orman ağaçlarının yapraklarındaki kükürt değerlerinin 1996-97'de 1000-4500ppm arasında iken 1998-99'da 4000-6000ppm miktarlarına yükseldiği belirlenmiştir. Ayrıca, karaçam ve kızılçam iğnelerindeki sarı lekelerin giderek belirginleştiği, klorofil miktarlarının azaldığı, odun hammaddesi üretiminde önemli gerilemelerin ve dolayısıyla ekonomik kayıpların olduğu vurgulanmıştır.

Caner ve Eruz (1995) tarafından İstanbul'da hava kirliliğinin yol açtığı ekolojik sonuçlar incelenmiştir. İstanbul'da yağışların asitlik derecelerinin ölçüldüğü 1990-1991 ve 1991-1992 yıllarına ait kış aylarında (Ekim-Mart) ortalama kükürt dioksit değerlerinin daima sınır değerlerin (250 µg m<sup>3</sup>) üzerinde bulunduğu belirtilmektedir. Yağmur suyunda pH ölçümü dışında, bazı ağaç türlerinin iğne yapraklarındaki kükürt birikimi ile ilgili sonuçlar ve dendrokronolojik olarak elde edilen sonuçlar da İstanbul'da hava kirliliğinin ormanlar ve diğer tüm canlılar için tehdit edici boyutlarda olduğu, dolayısıyla konunun ciddiyetle ele alınması gerektiği, araştırma sonucunda yağışların asidik karakter kazandığı ve ağaçlarda hava kirliliğine bağlı olarak önemli miktarlarda kükürt biriktiği, ağaçların yaş halkalarında belirgin daralmaların olduğu belirtilmektedir.

Bozüyük yöresinde yapılan diğer bir çalışmada endüstriyel ve yerleşim alanlarında özellikle kış mevsiminde (yaprak dökümü periyodu) *Salix babylonica* (salkım söğüt) yapraklarındaki kükürt içeriklerinin temiz alanlara oranla çok yüksek olduğu belirtilmektedir (Çiçek, 2002).

Bu çalışmada, endüstri yoğun bölgelerimizden Bilecik iline bağlı Bozüyük ilçesinde noktasal ve hareketli kaynaklardan açığa çıkan kükürt dioksite bağlı kükürt birikimi *Pinus nigra* (karaçam) ibrelerinde incelenmiş ve morfolojik farklılıklar araştırılmıştır. Kirlenmelerin yoğun olarak bulunduğu istasyonlar ile temiz alan olarak öngörülen bölgeden alınan ibrelerde yapılan analizler mevsimlere bağlı olarak değerlendirilmiştir.

## MATERYAL VE METOD

### Çalışma Alanının Tanıtımı

Bozüyük ilçesi, Frigler dönemine kadar uzanan çok eski bir yerleşim merkezi olup, Marmara bölgesinin güney sınırları ile İç Anadolu bölgesinin kuzeybatı sınırları arasında yer alan son 15 yıllık dönem içerisinde bünyesinde meydana gelen hızlı sanayileşme hareketleri ile dikkatleri üzerine çeken, Marmara bölgesinin bir sanayi kasabasıdır. İstanbul-Eskişehir-Ankara ve Ankara-Bursa karayolları ile demiryollarının kavşak noktaları üzerinde kurulması, merkez ilçe ve merkez ilçeye komşu diğer ilçelerde mevcut yeraltı kaynakları (sanayiye hammadde temini açısından) manganez, linyit ve krom, kil yataklarının yoğunluğu, bunlara ek olarak 1970'li yıllarda Bilecik ili ve ilçelerinin kalkınmada öncelikli yöreler arasına alınması ile ilçede büyük bir sanayi patlaması meydana gelmiş ve bugün irili ufaklı 35 sanayi kuruluşunun faaliyet gösterdiği büyük bir sanayi ilçesi halini almıştır (Anonim, 2001).

İlçe dolayındaki yükseltiler genellikle ilçenin batı ve güneybatısında yer almaktadır. Güneybatısında Kala Dağı (1906 m), batıda Yırce Dağı (1790 m), kuzeyde Kızıltepe (900 m), güney ve güneybatıda ise Osmaniye (1210 m) ve Kızılcaviran (1250 m) tepeleri bulunmaktadır ve ilçenin rakımı 743 m'dir. İklim, Marmara ile İç Anadolu ikliminin karışık olduğu geçit tipi özelliği göstermektedir. Genellikle İç Anadolu'nun yayla iklimi hüküm sürmekte, yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı geçmektedir. Sıcaklık  $-12,3^{\circ}\text{C}$  ile  $37^{\circ}\text{C}$  arasında, yağış miktarı metrekareye 430 mm'dir. İlçede hakim rüzgar yönü kuzey-kuzeybatıdır (Anonim, 1998).

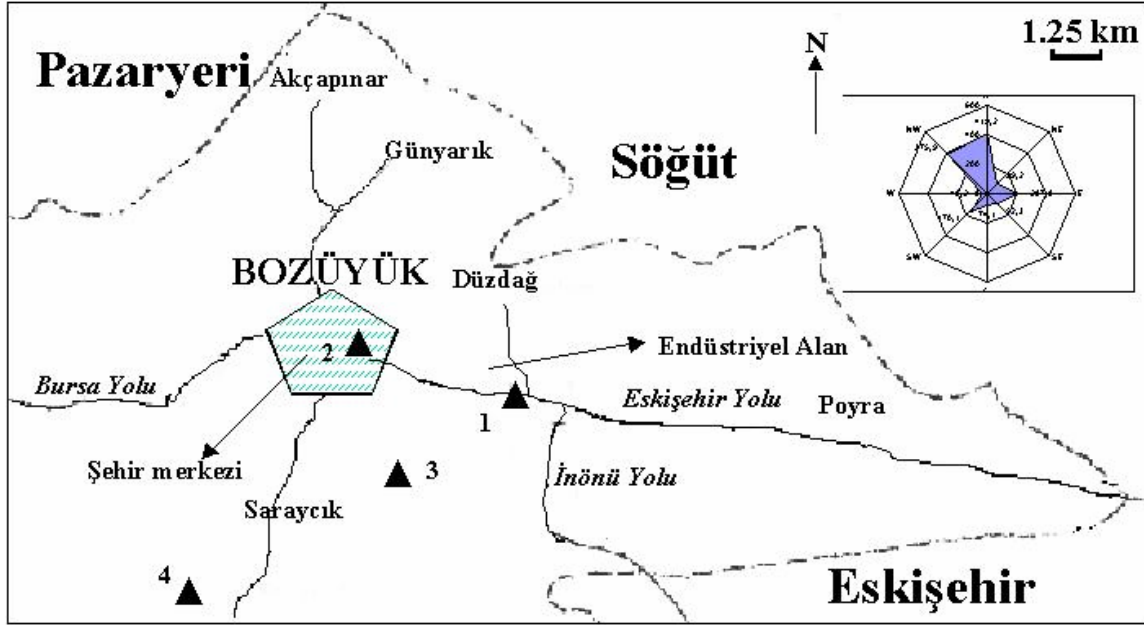
Bozüyük yerleşim alanı içerisinde günlük olarak Meteoroloji Müdürlüğü tarafından ölçülen sıcaklık, basınç ve nisbi nem miktarlarının aylık ortalamaları ile Halk Sağlığı Laboratuvarı tarafından iki istasyonda (Yenimahalle ve Ertuğrulgazi Mahallesi) yapılan  $\text{SO}_2$  ve partikül madde miktarlarının aylık en düşük ve en yüksek değerleri Tablo 1'de verilmektedir (Anonim a, 2001-2002, Anonim b, 2001-2002).

**Tablo 1.** Çalışma alanındaki 2001-2002 yılına ait  $\text{SO}_2$ , partikül madde, sıcaklık, basınç ve nisbi nem miktarları

| Aylar |         | $\text{SO}_2$<br>( $\mu\text{g m}^3$ ) | Par. Mad.<br>( $\mu\text{g m}^3$ ) | Sıcaklık<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | Basınç<br>(mb) | Nisbi Nem<br>(%) |
|-------|---------|--|------------------------------------|------------------------------------|----------------|------------------|
| 2001  | Mart    | 32-80                                  | 14-48                              | 18.5                               | 926.9          | 53               |
|       | Nisan   | 16-80                                  | 14-27                              | 17.4                               | 925.6          | 65               |
|       | Mayıs   | 10-32                                  | 10-14                              | 21.2                               | 928.2          | 70               |
|       | Haziran | 10-16                                  | 10-14                              | 30.1                               | 929.5          | 52               |
|       | Temmuz  | 10-16                                  | 10-14                              | 32.2                               | 929.3          | 60               |
|       | Ağustos | 10-16                                  | 10-14                              | 30.4                               | 930.8          | 67               |
|       | Eylül   | 10-16                                  | 10-14                              | 26.7                               | 930.4          | 63               |
|       | Ekim    | 10-64                                  | 14-41                              | 19.8                               | 933.0          | 73               |
|       | Kasım   | 32-96                                  | 18-53                              | 11.3                               | 929.4          | 79               |
|       | Aralık  | 48-112                                 | 32-53                              | 4.2                                | 927.8          | 80               |
| 2002  | Ocak    | 48-128                                 | 27-60                              | -5.0                               | 935.3          | 83               |
|       | Şubat   | 48-128                                 | 27-53                              | 4.0                                | 931.9          | 76               |

### Deneysel Çalışma

Araştırmada kullanılan *Pinus nigra* Arn. yaprakları Mart 2001-Şubat 2002 tarihleri arasında Bilecik iline bağlı Bozüyük ilçesinde yer alan 4 istasyondan (Şekil 1 ve Tablo 2) toplanmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının haritası

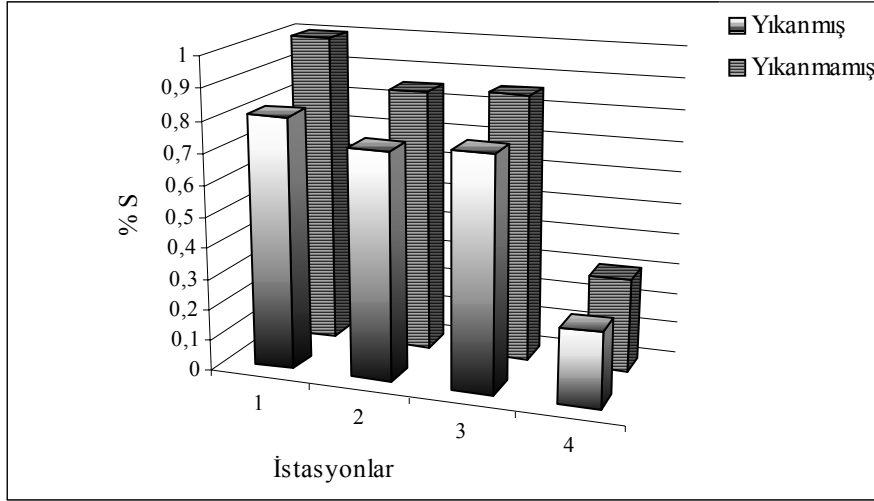
Tablo 2. Çalışma alanındaki istasyonların özellikleri

| İstasyon No | İstasyon Özellikleri   |
|-------------|--|
| 1           | Bozüyük-Eskişehir karayolu 4. km, 755m (Endüstri ve trafik yoğun böl.) |
| 2           | Bozüyük yerleşim alanı, 754 m (Konut ve trafik yoğun bölge)            |
| 3           | Bozüyük yerleşim alanınının 3 km güneyi, 759 m (Hakim rüzgar yönü)     |
| 4           | Dodurga Barajı, 827 m (Temiz bölge)                                    |

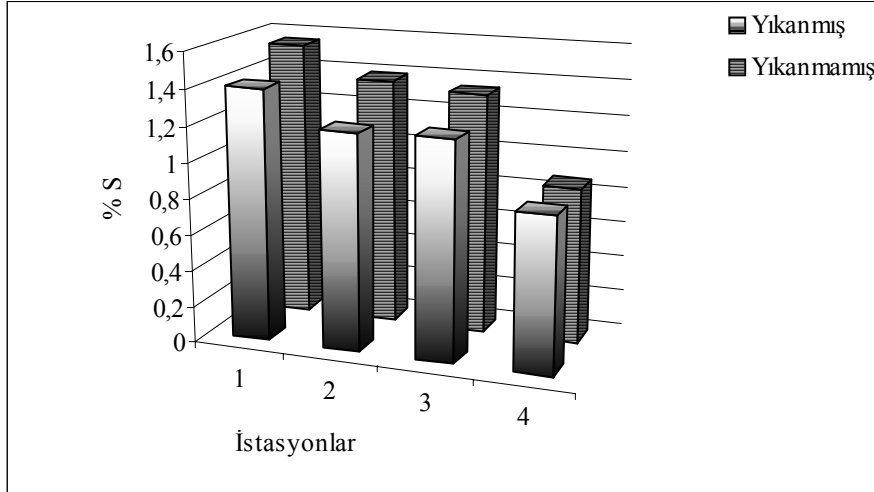
*Pinus nigra* ibreleri torbalar içerisinde laboratuvara getirilmiş, bir kısmı distile su ile yıkanarak ortam havasında kurutulmuştur. Daha sonra yıkanmış ve yıkanmamış ibreler 105°C'de 24 saat kurutulmuş ve öğütülmüştür. 0.5 mm'lik eleklerden geçirilen örnekler yaş yakma (nitrik/perklorik asit) ile sindirme işlemi uygulanmış ve kükürt analizleri türbidimetrik baryum sülfat yöntemi ile yapılmıştır (Butters ve Chenery, 1959; Kacar, 1970).

### SONUÇLAR

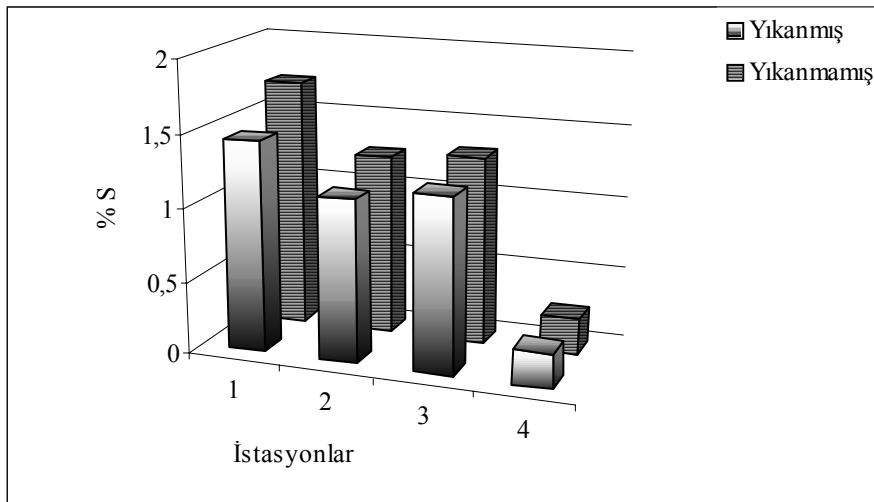
Bu çalışmada kapsamında, Bozüyük yöresindeki endüstriyel faaliyetlerden, trafik ve yerleşim alanından kaynaklanan SO<sub>2</sub> gazının karaçam ibrelerinde birikimi ve zararları araştırılmıştır. Bu amaçla Mart ayında yeni çıkan ibreler kullanılmış ve bir yıl boyunca her ay toplanarak bir yaşına kadar ibrelerdeki birikim incelenmiştir. Yapılan kükürt analizlerinden elde edilen sonuçlar Şekil 2-5'de, karaçam ibrelerindeki (yıkanmamış) kükürt birikiminin yıllık değişimi Şekil 6'da verilmiştir.



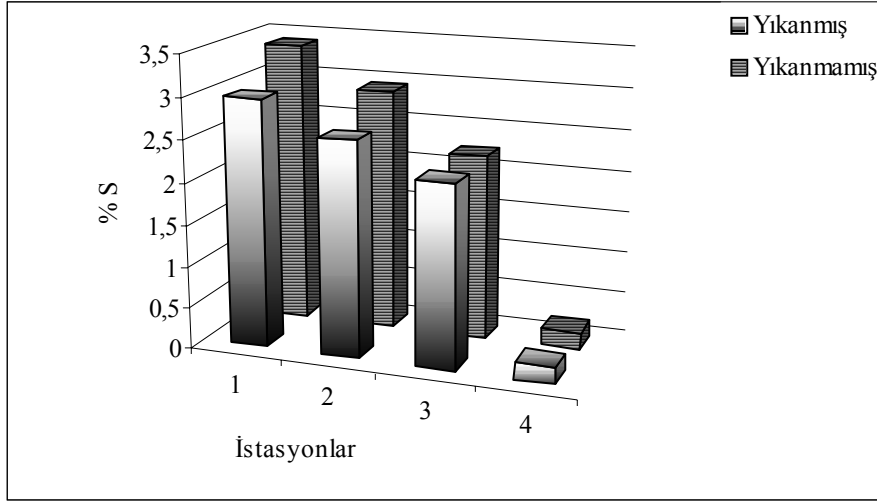
Şekil 2. Bahar aylarında *Pinus nigra* ibrelerindeki ortalama kükürt miktarları (% kuru madde)



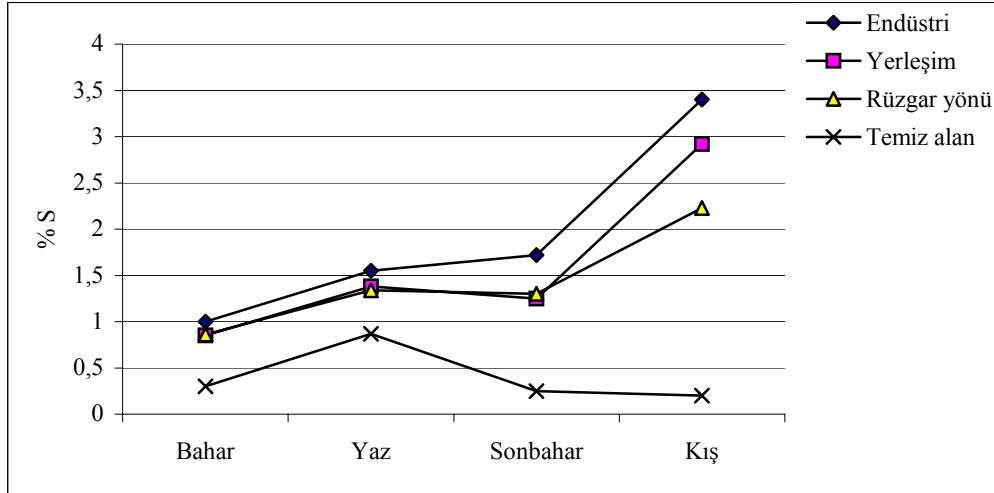
Şekil 3. Yaz aylarında *Pinus nigra* ibrelerindeki ortalama kükürt miktarları (% kuru madde)



Şekil 4. Güz aylarında *Pinus nigra* ibrelerindeki ortalama kükürt miktarları (% kuru madde)



Şekil 5. Kış aylarında *Pinus nigra* ibrelerindeki ortalama kükürt miktarları (% , kuru madde)



Şekil 6. Yıkanmamış *Pinus nigra* ibrelerindeki kükürt miktarlarının yıllık değişimi

## SONUÇ DEĞERLENDİRME

Bahar aylarında (Şekil 2) *Pinus nigra* ibrelerindeki kükürt birikimi incelendiğinde en yüksek değerler endüstriyel alanda görülmektedir. Yerleşim alanında ve hakim rüzgar yönünde birbirine yakın değerler saptanmıştır. Hakim rüzgar yönünde bulunan istasyonda trafik, endüstri ve yakıt kullanan herhangi bir konut olmasına rağmen hem endüstriyel alandan hem de trafik ve yerleşim bölgesinden kirliliğin 3-4 km uzağa taşındığı belirlenmiştir. Temiz alan olarak seçtiğimiz istasyonda ise diğerlerine göre çok düşük kükürt içeriği tespit edilmiştir. *Pinus nigra* ibrelerinde temiz bölgeye oranla endüstriyel alanda 3.33, yerleşim alanında 2.83, hakim rüzgar yönünde 2.86 kat daha fazla kükürt içeriği olduğu saptanmıştır. Ancak, morfolojik gözlemlerde yapraklar arasında fark görülmemiştir.

Şekil 3 ve 4 incelendiğinde endüstriyel alanda bulunan *Pinus nigra* ibrelerindeki kükürt miktarının literatürde belirtilen (Kacar, 1970) % 1.5 sınırının üzerine çıktığı görülmektedir. Temiz alandan alınan örneklerde de bitkinin fizyolojik aktivitesinden dolayı en yüksek kükürt

içeriği yaz aylarında görülmektedir. Temiz alanda % 1'lere yaklaşan kükürt miktarı sonbaharda tekrar azalma göstermektedir. Morfolojik yönden bakıldığında sonbahar aylarında temiz alana oranla diğer istasyonlarda % 25-30 büyüme geriliği tespit edilmiştir.

Kış aylarında (Şekil 5) temiz alan dışında tüm istasyonlarda belirgin kükürt artışı saptanmıştır. Temiz alanda ise tam tersi durum söz konusudur ve fizyolojik aktivitelerinin azalması ile burada bulunan ibrelerde kükürt içeriği minimum seviyeye inmiştir. Ayrıca, yıkanmış ve yıkanmamış ibreler arasında fark görülmemiştir. *Pinus nigra* ibrelerinde temiz bölgeye oranla kış aylarında endüstriyel alanda 19.7, yerleşim alanında 14.6, hakim rüzgar yönünde 11.1 kat daha fazla kükürt içeriği olduğu saptanmıştır. Diğer mevsimlerde yerleşim alanına göre daha fazla kükürt miktarına sahip hakim rüzgar yönündeki ibrelerde kış aylarında biraz azalma olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi, kış ayları boyunca özellikle sisli, puslu hava ve kar yağışının etkisi ile kirleticilerin kaynak çevresinde yoğunlaşmış hakim rüzgar ile daha az taşınması olarak düşünülebilir.

Yıkanmış ve yıkanmamış örnekler arasında yıl boyunca kükürt miktarı açısından farklılık olduğu tespit edilmiştir. Yapraklar üzerinde biriken partikül maddeler farklılığı meydana getiren etmenlerdir. Kurak mevsimlerde partikül madde birikimi daha fazla olduğu için yıkanmış ve yıkanmamış ibreler arasındaki fark daha da artmaktadır. Yağışlı mevsimlerde ise partikül maddelerin ibrelerin yüzeyinden akıp gitmesi farkın azalmasına neden olmaktadır. Ancak, o dönemlerde asidik yağışın artması bitki tarafından kirletici parametrelerin alımını arttırmaktadır.

Aynı yörede daha önceden salkım söğüt yaprakları ile yapılan çalışmada (Çiçek, 2002) elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında geniş yapraklı ağaç türlerinin kükürdü daha fazla (yaprak dökümü periyodunda % 10-15 kuru ağırlık) biriktirdikleri gözlenmiştir. İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçların anatomik yapılarından (özellikle kütikula kalınlığı) kaynaklanan bu farklılık bir yaşındaki yapraklar için geçerlidir. Kışın yapraklarını döken ağaçlarda yaklaşık 8 ay boyunca kirleticiler birikirken, yaprak dökmeyen iğne yapraklılarda her yıl giderek birikim artmaktadır. Özellikle üç ve daha fazla yaşta olan ibrelerde aşırı kükürt birikimi nedeniyle görülen renk değişimleri ve kurumalar temiz alan dışındaki tüm istasyonlarda dikkat çekmektedir. Ancak, ağaçlarda gözlenen zararlanmalar da sadece SO<sub>2</sub>'nin etkisi olmayıp, diğer kirleticilerle birlikte oluşan sinerjistik etkininde varlığı söz konusudur. Yörede bulunan seramik endüstrilerinin (sağlık gereçleri, duvar ve yer karoları, tuğla-kiremit, alçı ve mermer işletmeleri, kireç taşı, manyezit kalsinasyon vb.), gıda, halı, kağıt, kablo, metal işlem, otomotiv, ambalaj, enerji çevrim tesisi ve küçük ölçekli atölyelerin açığa çıkardıkları farklı kirleticiler birleşerek tüm canlı ve cansız çevrede etkili olmaktadır.

Yörede yapılan hava kirliliği analizleri ile iki ayrı merkezden günlük olarak kükürt dioksit seviyesi izlenmektedir. Ancak bu iki merkezde yerleşim alanında olduğu için endüstriyel alan hakkında herhangi bir fikir yürütmek söz konusu değildir. Yerleşim alanında yapılan emisyon ölçümleri ile karaçam ibrelerindeki kükürt miktarı arasında saptanan korelasyona ve canlılarla kirliliğin takip edilmesi metoduna dayanarak, yöredeki endüstriyel alanda daha kirli bir atmosferin olduğunu söylemek mümkündür.

## ÖNERİLER

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar Bozüyük yöresinde endüstri, trafik ve konutlardan kaynaklanan kirliliğin mevcut olduğunu göstermektedir. Ülkemiz ekonomisi açısından önemli

bir yere sahip ilçede verimli üretimin yanı sıra mevcut ekosisteme daha fazla zarar vermeyecek tedbirlerin alınması gerekmektedir. Fosil yakıtların kullanımının azaltılması, yerleşim alanından geçen ana yolun şehir merkezinin dışına taşınması, yerleşim alanı ile içiçe geçmiş irili ufaklı atölye ve küçük sanayinin insanların oturma alanlarından uzaklaştırılması, endüstri ve trafik ile sınır çizmiş tarım alanlarının içerilere çekilmesi ve kirliliğe dayanıklı bitki türleri ile tüm alanın zenginleştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, bazı endüstriyel faaliyet gösteren kuruluşların kendilerini denetlemek amacıyla yaptıkları atık kontrol işlemlerinin, sahadaki tüm kuruluşlara yaygınlaştırılması ve yasal olarak denetlenmeleri gerekmektedir.

### **Teşekkür**

Bu çalışmayı destekleyen (Proje No: 01 29 23) Anadolu Üniversitesi Fon Saymanlığı'na teşekkür ederim.

### **KAYNAKLAR**

Anonim. Bilecik İli Arazi Varlığı, T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 1998.

Anonim. <http://www.bozuyuktso.org.tr>, 2001

Anonim a. Bilecik İli Bozüyük İlçesi Meteoroloji Müdürlüğü Aylık Rasat Değerleri Raporu, Bozüyük, 2001-2002.

Anonim b. Bozüyük İlçesi Halk Sağlığı Laboratuvarı Hava Kirletici Parametreler Aylık Ölçüm Raporu, Bozüyük, 2001-2002.

Butters, B. and Chenery, E.M. A Rapid Method For The Determination Of Total Sulfur In Soils And Plants, *Analyst* 84, 239-245, 1959.

Caner, H. ve Eruz, E. İstanbul'da Hava Kirliliğinin Yol Açtığı Ekolojik Sonuçlar, II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Ankara, 1995.

Çiçek, A. *Salix Babylonica* L. (Salkım Söğüt) Yapraklarındaki Kükürt İçeriklerinin Belirlenmesi: Bozüyük Örneği, I. Ulusal Çevre Sorunları Sempozyumu, 81-89, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 2002.

Kacar, B. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları:453, 1970.

Kantarıcı, M.D. Biga Yarımadası'nda Hava Kirliliğinin Ormanlara Etkisi, I. Ulusal Çevre Kirliliği Kontrolü Sempozyumu, 174-183, ODTÜ, Ankara, 2000.

Öztürk, M.A. ve Seçmen, Ö. Bitki Ekolojisi, Ege Üniversitesi, İzmir, 1992.

Zabunoğlu, S., Haktanır, K., Karaçal, İ. ve Oskay, K. Samsun Azot Sanayi ve Karadeniz Bakır İşletmeleri Baca Emisyonlarının Çevredeki Tarım Alanlarına ve Bitkisel Ürüne Etkilerinin Araştırılması, *Doğa TU Müh. ve Çev.* 13 (2) 139-161, 1989.