



II. ULUSAL AKDENİZ ORMAN VE ÇEVRE SEMPOZYUMU

“Akdeniz ormanlarının geleceği: Sürdürülebilir toplum ve çevre”
22-24 Ekim 2014 - Isparta

Orman Ekosistemleri Açısından Hava Kalitesinin İzlenmesi, Önemi ve Yöntemleri

Hayati TEKİN^{1,*}, Feyza ÖZDEMİR HELVACI²

¹ Orman Genel Müdürlüğü, Marmara Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İstanbul

²Fatih Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 34500, Büyükçekmece, İstanbul

*İletişim yazarı: hayatitekin@ogm.gov.tr

Özet

Ülkemiz ormanlarının önümüzdeki dönemde iklim değişikliği, kentleşme, hava kirliliği, fragmentasyon, vb. çevresel ve olumsuz insan kaynaklı aktivitelerin etkilerine maruz kalması beklenmektedir. Bu etkilere karşı orman ekosistemlerinin uyum kapasitesi yanında olumsuz etkileri azaltma yönündeki yetenekleri ancak Uzun Dönemli Ekosistem İzlemeleri (UDEİ) ile gerçekleştirilebilir. Birçok ülkenin UDEİ ağı mevcut olup uzun yıllardır orman ekosistemlerini izlemektedirler. Bu ulusal ağlar birbirleriyleILTER sayesinde birleşmektedir. Ülkemizde ICP Forests Projesi yürütülmekte olup en son gelişme olarak Seviye II noktaları belirlenmiş ve faaliyetlere başlanılmıştır. ICP Forests Projesi, Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesine dayalı olarak geliştirilmiş olup ana amacı hava kirliliğinin orman ekosistemleri üzerindeki etkilerinin zaman-mekan düzleminde izlenmesidir. Seviye II “Yoğun İzleme Programlarında” hava kalitesi ölçümlerinin yapılması zorunludur. Dış ortamda hava kalitesinin izlenmesi iki nedenden dolayı önemlidir. Öncelikle, hava kirleticileri orman ağaçları ve orman ekosistemleri üzerinde doğrudan etkilere sebep olmaktadır. Ayrıca atmosferdeki kirletici konsantrasyonlarının bilinmesi orman arazilerinde kuru çökelmelerin miktarının tahmin hassasiyetini artırabilecektir. Vegetasyon üzerinde direk etkisi olan hava kirleticiler; ozon(O₃), azot dioksit (NO₂), kükürt dioksit (SO₂) ve amonyak (NH₃) tır. Bir bölgenin hava kalitesi; pasif örnekleyiciler, aktif örnekleyiciler, otomatik analizörler ve uzaktan algılayıcılar kullanılarak saptanabilmektedir. Bu makale kapsamında pasif örnekleyiciler kullanılarak hava kalitesi ölçümlerinin nasıl yapılacağı, nelere dikkat edilmesi gerektiği konusundaki yol ve yöntemler anlatılmaya çalışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Ekosistem izlemeleri, Hava kalitesi, Pasif örnekleyiciler, Kuru çökelme

Air Quality Monitoring of Forest Ecosystems, Significance and Methods

Abstract

In the next period expected to Forests of our country exposed to of climate change, urbanization, air pollution, fragmentation, and so on adverse effects of environmental and human-induced activities. Against these effects, adaptive capacity and ability to reduce the negative effects of forest ecosystems to perform by Long-Term Monitoring of Ecosystems(LTME) .In many countries have their independent LTME auditor network and pursuing forest ecosystems for many years. These national networks are coupled with each other throughILTER. ICP Forests Project is being implemented in our countryand determine of Level II plots as the latest developments, activities have been initiated. ICP Forests Project has been developed based on United Nations Economic Commission for Europe Convention on Long-range Transboundary Air Pollution and the main objective of monitoring the air pollution effects on forest ecosystems in the plane of the space-time. Air quality measurements have to be made in Level II

"Intensive Monitoring Program". Monitoring of outdoor ambient air quality is important for two reasons. First, air pollutants will lead to the direct effects on forest trees and forest ecosystems. In addition, known to the concentration of pollutants in the atmosphere increase the sensitivity of the ability to estimate the amount of dry deposition in forest land. Direct effects of air pollutants on vegetation are; ozone (O₃), nitrogen dioxide (NO₂), sulfur dioxide (SO₂) and ammonia (NH₃). A region's air quality may be determined using; passive samplers, active samplers, automated analyzer and the remote sensor. Scope of this article will be explained of air quality measurements by using passive samplers, what should be paid attention to ways and methods.

Keywords: Monitoring of ecosystem, Air quality, Passive samplers, Dry deposition

1. GİRİŞ

Türkiye; çeşitli iklimik, edafik ve fizyografik faktörlerin etkisiyle dünyanın bitki çeşitliliği açısından zengin coğrafyalarından birinde yer almaktadır. Ülkemizdeki bitki çeşitliliğinin Avrupa kıtasının neredeyse tamamına eşdeğer olduğu söylenebilir. Biyolojik çeşitliliğin karasal ekosistemler içerisinde en zengin olduğu alanlar hiç şüphesiz ki orman alanlarıdır. Ormanlar, insanlara birçok ürün ve hizmet sunduğu gibi doğal yaşamın önemli bir parçası olan bitki, hayvan ve diğer canlılarında yaşam alanlarıdır.

Ormanların insanlara sağladıkları faydalara ekosistem hizmetleri adı verilmektedir. Orman ekosistemlerinin sunmuş olduğu ürün ve hizmetler üç ana başlık altında toplanabilir. Bunlar; ekonomik, ekolojik ve sosyal fonksiyonlardır. Orman ekosistemlerinin ekolojik fonksiyonları ise kendi içerisinde; erozyonu önleme, iklimik (iklim koruma) ve doğayı koruma fonksiyonu şeklinde tasnif edilebilir. Ormanların sağladıkları bu ürün ve hizmetlerin etkinliği orman ekosistemlerinin sağlık durumu ile doğrudan ilişkili olduğu yapılan bir çok araştırma ile ortaya konmuş durumdadır.

Hızlı nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme, düzensiz ve çarpık yapılaşmanın sonucu olarak insanların arazi üzerindeki baskıları artmış, ormanlar, çayır ve otlak gibi yeşil alanlar, tarım arazileri, su havzaları yapılaşmaya açılmıştır. Özellikle sanayi tesisleri ve nüfusun yoğun olduğu illerimizde tahammül edilemez hava kirliliği önemli bir çevre sorunu olarak sıklıkla zikredilmeye başlanılmış ve tüm doğal ekosistemler bu durumdan olumsuz yönde etkilenmiştir.

Ülkemiz yüzölçümünün yaklaşık 21.6 milyon hektarlık kısmı (\cong % 27,6), orman örtüsü ile kaplı olup bu orman örtüsünün yukarıda ifade edilen olumsuz çevresel faktörlerden etkilenmemesi düşünülemez. Dolayısı ile orman ekosistemlerinin sağlık durumlarının ayrıntılı bir şekilde incelenmesi ve izlenmesi orman yönetiminin sürdürülebilirliği açısından ayrıca önem kazanmaktadır.

Orman ekosistemleri üzerinde olumsuz etkilere sahip olan hava kirliliğinin ormanların sağlık durumlarına nasıl etkiler yaptığı merak edilen konular arasında yer almaktadır. Bu maksatla ülkemizde ve yurtdışında birçok çalışma yapıldığı görülmektedir. Yapılan bu çalışmalar da havadaki kirleticilerin ağaçlar üzerinde birçok olumsuz etkiye sebep olduğu görülmektedir. İstanbul şehir merkezindeki ağaçlar üzerindeki Cd, Zn, Pb, Ni gibi ağır metaller araştırılmış ve elde edilen bulgular benzeri Avrupa'da yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Çıktılar incelendiğinde; özellikle Pb ve Zn derişimlerinin İstanbul şehir merkezindeki ağaçlar üzerinde daha yüksek olduğu ve bunun yoğun trafiğin neden olduğu emisyonlardan kaynaklandığı belirtilmiştir. Bu elementlerin peroksisite değerini arttırarak bitkilerin klorofil sentezlemesinde olumsuz etkileri olduğu vurgulanmıştır (Baycu ve ark., 2006).

Biga yarımadasında yürütülen diğer bir çalışmada, SO₂ konsantrasyonunun 1996 yılında 1000-4500 ppm, 1999 yılında ise bu oranın 4000-6000 ppm seviyelerine çıktığı belirlenmiştir. Bu değerlerin 30-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyelerine indirilmesi gerektiği aksi durumda ormanların, tarım

alanlarının ve mevcut ekosistemin bu kirlilikten oldukça etkileneceği belirtilmiştir (Kantarıcı, 2001). Yine Kantarıcı tarafından İzmir ormanlarında yürütülen başka bir çalışmada SO₂ konsantrasyonunun 2000-8000 ppm seviyelerinde olduğu ve iğne yapraklı ağaçların ibre kısımlarında mikroskop altında yapılan incelemede hücre yapılarında bozulmaların olduğu tespit edilmiştir (Kantarıcı, 2003).

Ayrıca Japonya da; NO_x, SO₂, PM ve O₃ emisyonlarının orman ekosistemleri ve özellikle vejetasyon üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, bu kirleticilerin oluşturduğu asit kümelerinin ağaçlar üzerinde aşındırıcı etkilerine vurgu yapılmıştır (Igawa M., ve ark., 2002).

Ormanlarda görülen sağlık problemlerinin tek nedeninin hava kirliliği olduğu söylenemez. Hava kirliliğinin yanında diğer birçok faktörün(İklim değişikliği, böcek, mantar vb.) de ormanların sağlık durumu üzerinde etkili olduğunu bilinmektedir. Ormanlardaki hastalıkların oluşmasında neden olan tüm faktörlerin ve sebep oldukları tahribatların ortaya konması ancak ayrıntılı araştırma ve gözlemlerle ortaya konulabilmesi mümkündür. Hava kirliliğinin orman ekosistemleri üzerindeki etkilerinin izlenmesi, Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UNECE) öncülüğünde 1983 yılında yürürlüğe giren Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi (CLRTAP) kapsamındaki Uluslararası İşbirliği Programı (ICP Forests) ile başlamıştır.

Bu çalışma kapsamında hava kirliliğinin ormanlar üzerindeki etkilerinin izlenmesi ve değerlendirilmesinde önemli bir parametre olan hava kalitesi izlemeleri konusu tüm yönleri ile ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. KAVRAMLAR VE GENEL BİLGİLER

Kavramlar

Hava: Yer küreyi saran gaz kütesine atmosfer, atmosferi meydana getiren gazların karışımına hava denir. Havada yaklaşık olarak; %78 azot, %21 oksijen, %1 oranında karbondioksit ve asal gazlar bulunur.

Havada Bulunan Gazlar;

- Havada devamlı bulunan ve yoğunlukla miktarları değişmeyen gazlar (azot, oksijen ve diğer asal gazlar)
- Havada devamlı bulunan ve miktarları azalıp çoğalan gazlar (karbondioksit, su buharı, ozon)
- Havada her zaman bulunmayan gazlar (kirleticiler) şeklinde sınıflandırılabilir.

Hava Kirliliği: Havada katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zarar verecek miktar, yoğunluk ve sürede bulunması şeklinde tarif edilebilir.

Hava Kirletici Kaynaklar: Hava kirleticilerin havaya atıldığı yere veya faaliyete kirletici kaynak adı verilmektedir. Havayı kirletici kaynakları iki ana grupta toplam mümkündür. Bunlar; orman yangını, volkan püskürmesi vb. **doğal kaynaklar** ile evsel ısınma araçları, sanayi kuruluşları, taşıtlar gibi **yapay kaynaklar** şeklindedir.

Genel Bilgiler

Hava kirliliği ile ilgili yapılan birçok çalışmada kirleticilerin; insan sağlığına, bitkilere, çevreye ve yapılar üzerine olası etkileri ortaya konmaktadır. Bu çalışmalarda özellikle azot dioksit (NO₂), kükürt dioksit(SO₂) , ozon (O₃), karbondioksit (CO₂) ve partikül maddeler

(PM) gibi birincil kirleticiler ile klor (Cl), flor (F), metan (CH₄), amonyak (NH₃) ve hidrojen sülfür (H₂S) gibi kirletici gazlarında bitkiler ve dolayısıyla orman ekosistemleri üzerinde muhtelif zararlı etkilerinin olduğu ortaya konmuştur.

Bu kirletici gazlar içerisinde asit yağmurlarına da neden olması sebebiyle SO₂ ve NO₂ ile birincil bir kirletici olmayıp fotokimyasal tepkimler sonucunda oluşan ve oldukça oksitleyici özelliğe sahip O₃ gazı bitkiler üzerinde oldukça etkili olan kirleticiler olarak ön plana çıkmaktadır. SO₂, NO₂ ve O₃ gibi gazlar endüstriyel faaliyetler, ısınma amaçlı yakma, trafik kaynaklı emisyonlar ile havada diğer kirleticilere nazaran daha yüksek konsantrasyonlarda bulunan ve buna bağlı olarak vejetasyon üzerinde etkisi daha yüksek olan kirleticilerdir. Özellikle son 20 yılda yapılan çalışmalarda tosisite seviyelerinin yüksek olması ve ekosistem üzerindeki zararlı etkileri nedeniyle; SO₂, NO_x ve O₃ gibi kirletici gazlara yönelik yapılan çalışmalarda önemli artışlar olduğu görülmektedir (Ashenden ve ark., 1996).

Hava Kirliliğinin Ormanlar Üzerindeki Etkilerinin değerlendirilmesi ve İzlenmesi Hakkında Uluslararası İşbirliği Programı (ICP Forests) kapsamında vejetasyon üzerinde direk etkili ve izlenmesi gerekli olan hava kirleticiler; O₃, NO₂, SO₂ ve NH₃ olarak belirlenmiştir. Bu gazlar ve bitkiler üzerinde meydana getirdikleri etkiler;

Ozon (O₃):

Atmosferin stratosfer ve troposfer kısımlarında bulunan ozon troposfer tabakasında insan faaliyetleri ve fotokimyasal tepkimeler sonucunda oluşmaktadır (Dursun A. ve ark.,1998). Yeryüzüne yakın atmosfer tabakalarındaki O₃ bitki ve ağaçlarda klorofilin yapısını bozmakta, klorozlara neden olmakta, yaprak alanını azaltmakta ve yaprakların yaşlanmasını hızlandırarak yaprak dökümüne neden olmaktadır. Yürütülen birçok çalışma ozon derişiminin bitkilerin büyüme hızlarını ve gelişimini etkilediğini ortaya koymaktadır (Reiling ve Davison 1992, Mills ve ark. 2011). Ozon bitkilerde çiçeklenmeyi ve tomurcuklanmayı baskılayarak gelişimine engel olmaktadır. Ayrıca ozonun genç bitkilerde daha fazla zarara neden olduğu ve mantarların ölmesine sebep olduğu çalışmalarca ortaya konulmuştur (Sikora E.J.,2004).

Kükürt dioksit (SO₂):

Bitkiler fotosentez sırasında havadaki SO₂ gazını yaprakları vasıtasıyla ile alır. Yaprak içerisindeki SO₂ gazı; sülfat, sülfid, sülfüroz ya da sülfürik aside dönüşür. Yaprak içinde oluşan bu asitler yaprak dokularının zarar görmesine, çok yoğun SO₂ etkisi altında ise ağaçların ölmesine neden olur. Çok yoğun olmayan durumlarda ise ağaçların meyvelerinde zararlar, tepelerinde seyrilmeler ve erken yaprak dökümü, büyümede yavaşlama gibi olaylar görülebilir (Tolunay, 2013).

Azot dioksit (NO₂):

Fosil kökenli yakıtların yakılması, trafik emisyonları, endüstriyel faaliyetler ve katı atıkların yakılması sonucunda oluşan NO₂ vejetasyon üzerine etkileri olan hava kirleticilerindendir. NO₂ gazı yaprakların stoma kısımlarından girerek kloroplast üzerinde asidik bir etki oluşturur ve kloroplast yapısına zarar verir. Yapılan bir çalışmada SO₂ gazı varlığında NO₂ gazının yaprak ölümlerini hızlandırdığı tespit edilmiştir. Aynı çalışmada NO₂ gazının SO₂ ve O₃ varlığında interaktif veya başka bir deyişle sinerjik etki oluşturarak bitkiler üzerinde daha fazla etkili olduğu vurgulanmıştır(T.W. Ashenden ve ark., 1996).

Asit Yağmurları (NO₂-SO₂):

Azot dioksit ve Kükürt dioksitlerin vejetasyon üzerindeki dolaylı etkileri asit yağmurları şeklinde gerçekleşir. Azot dioksitlerin ve kükürt dioksitlerin havada su ile reaksiyonu sonucunda sülfürik aside ve nitrik aside dönüşmesiyle asit yağmurları meydana gelir. Asit yağmurları, pH 5,5-6,0 seviyelerinde olan yağmur suyunun pH seviyesini 2,5 değerlerine kadar düşürebilmektedir. Asit yağışlar doğrudan doğruya ağaçları öldürmez. Dolaylı olarak önce toprakların asitleşmesine yol açar, asitleşen topraklarda alüminyumlu, demirli ya da magnezyumlu bileşikler asit koşulları nedeniyle çözünür. Ağaçlar da çözünen bu bileşiklerden oluşan alüminyum, demir veya magnezyum iyonları ile beslenmek zorunda kalırlar. Bu iyonların fazla alınması zehir etkisi yapar ve bitkiler zamanla ölebilir (Tolunay, 2013).

Yapılan bir çalışmada havada oluşan asit sisinin özellikle göknar ve kayın ağaçlarını etkilediği belirtilmiştir (Shigihara ve ark., 2008). Diğer bir çalışmada ise, ağaçları etkileyen asit sisinin oluşumunda SO₂ ve NO₂ kaynaklı sülfat ve nitrit iyonlarının olduğu vurgulanmıştır (Igawa ve ark., 2002).

Amonyak (NH₃)

Atmosferik NH₃ gazının en temel kaynağı tarımsal aktivitelerdir. Ayrıca, sentetik gübre ve hayvansal atıkların buharlaşması, biyokütlelerin yakılması sonucunda da NH₃ gazı oluşmaktadır. Fosil yakıt kaynaklı NH₃ emisyonu ise oldukça azdır (Olivier ve ark., 1998). NH₃ emisyonunun olduğu bölgelerdeki bitkilerde özellikle yaprak yüzeyleri üzerinde hasarların olduğu saptanmıştır. Orman ve tarım ürünlerinin NH₃ gazından önemli ölçüde etkilendiği ortaya konmuştur (Krupa ve Moncrief, 2002). Her ne kadar azot bitkilerin gelişiminde önemli bir element olsa da yapılan araştırmalarda NH₃(g) varlığında bitki büyümesinin baskılanarak engellendiği belirlenmiştir. Ayrıca toprakta NH₃, nitrifikasyon sonucunda nitrata indirgenmekte bu proses sonucunda ise topraktaki asidifikasyon değerinde artış olmaktadır (Tomlinson, 1991).

ICP FORESTS PROJESİ HAVA KALİTESİ İZLEME PROGRAMI

1960'lı yıllarda endüstriyel emisyonların artmasına bağlı olarak meydana gelen asit yağışları nedeniyle Avrupa ormanlarında ağaçlarda kurumalar ve ölümler meydana gelmiştir. Ortaya çıkan bu çevre felaketi karşısında Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UNECE) önderliğinde, 1983 yılında Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi (CLRTAP) yürürlüğe girmiştir. Bu sözleşme kapsamında çeşitli işbirliği programları oluşturulmuştur. İş programlarının paketi içerisinde yar alan, Hava Kirliliğinin Ormanlar Üzerindeki Etkilerinin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi Uluslararası İşbirliği Programı (ICP Forests) 1985 yılında başlatılmıştır.

Ülkemiz 1990' lı yılların başında ICP Forests programına katılım sağlamış ve program kapsamında orman ekosistemleri izleme çalışmalarına ilk 2006 yılında başlamıştır. İzleme çalışmalarının ilk 2 yılında örnek alanların kurulumu ve ilgili personelin eğitimleri yapılmıştır. 2008 yılından itibaren ise Seviye I ve Seviye II programları şeklinde iki kategoriye ayrılan gözlem alanlarından ilk veriler alınmaya başlanmıştır.

ICP Forests programı kapsamında iki seviyede izleme faaliyetleri gerçekleştirilmektedir. Seviye I alanlarında ormanların sağlık durumları, Seviye II alanlarında ise ormanların sağlık durumlarında görülen olumsuz etkilerin neden sonuç ilişkileri ortaya konmaya çalışılmaktadır. Seviye I alanlarında; ağaçların tepe çatılarından ibre ve yaprak kaybı,

sararmalar ve orman toprağına ait çeşitli parametreler incelenirken; Seviye II alanlarında ise, Seviye I de yapılan faaliyetlere ilaveten yağmur-kar suyu, toprak, toprak suyu, ibre-yaprak ve döküntü analizleri, biyolojik çeşitlilik-vegetasyon, ozon zararı, fenolojik gözlemler ile hava kalitesi, meteoroloji ve artım-büyüme ölçümleri yapılmaktadır.

Bugün itibari ile ICP Forests programında, aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 39 Avrupa ülkesi ile birlikte ABD ve Kanada'nın bulunduğu 41 ülke yer almaktadır. İzleme yapılan ülkelerin tamamında 7000 noktada Seviye I izlemeleri ve 603 noktada Seviye II izlemeleri yapılmaktadır. Ülkemizde ise 500 farklı noktada Seviye I ve 52 farklı noktada Seviye II izlemeleri yapılmaktadır.

Hava kirleticiler (ozon, azot dioksit, kükürt dioksit, amonyak) orman ekosistemleri ve orman ağaçları üzerinde direkt etkili oldukları gibi, orman arazilerinde kuru çökelmeleri de artırmaktadır. Bu gerekçeler ışığında ICP Forests projesi kapsamında Seviye II "Yoğun İzleme Programlarında" Hava kalitesi izlemeleri zorunluluk arz etmektedir. Ülkemizdeki 52 adet seviye II alanı içerisinde ilk etapta 15 farklı noktada hava kalitesi izlemelerine 2014 yılı içerisinde başlanacaktır.

HAVA KALİTESİ ÖLÇÜM YÖNTEMİ

Orman ekosistemlerinde hava kalitesi izlemeleri kapsamında Seviye II bölgelerinde amonyak, azot dioksit, kükürt dioksit ve troposferik ozon konsantrasyonlarının ölçülmesindeki ana hedef, Avrupa orman ekosistemlerinde bu kirleticilerin maruziyetlerinin iyi bir şekilde belirlenmesi ve anlaşılmasıdır.

Hava kalitesi izleme çalışmaları 4 ana metot kullanılarak yapılabilmektedir bunlar; pasif örnekleyiciler, aktif örnekleyiciler, otomatik analizörler, uzaktan algılayıcılardır.

Pasif örnekleyiciler atmosferdeki gaz ya da buhardan örnekler alabilen bir çeşit tüptür. Sistem spesifik kirleticinin difüzyon yolu ile örneklenmesi prensibi ile çalışmaktadır. Bu sistemlerde her kirleticiye uygun olarak seçilen maddeye absorblanması ile yapılan örnekleme yine her bir gaz kirleticiye uygun bir çözücü içinde çözülmesi ile analiz edilerek konsantrasyon belirlenir. Pasif örnekleme sistemleri rüzgar, nem, sıcaklık ve basınç gibi meteorolojik olaylardan etkilendiğinden dolayı konsantrasyon hesaplamalarında bu faktörlerde göz önünde bulundurulur. Literatürde farklı kirleticiler için bir dizi farklı pasif örnekleyici tipi tanımlanmıştır. Esas olarak; plaka tipi (yığın örnekleyici), tüp tipi (palmas tüpleri), radyal örnekleyici türleri mevcuttur. Pasif örnekleyicilerin avantajları; maliyetlerinin düşük olması, elektrik enerjisine gereksinim duymamaları, kalibrasyon sorunu olmaması, örnekleyicinin kurulumu ve örnek alımı sırasında uzman personele gereksinim duyulmaması şeklinde sıralanabilir. ICP Forests Programı kapsamında ana metot olarak pasif örnekleyiciler tavsiye edilmektedir (ozonun aktif analizörler ile ölçülmediği alanlar için).

Örnekleme ve Ölçümlerin Yeri

Genel itibari ile meteoroloji istasyonunun kurulması için uygun alanlar, hava kalitesi konsantrasyonu ölçümü için de uygun alanlardır. Örnekleme ve ölçüm yeri seçiminde dikkat edilecek hususlar;

- Ölçümler ormanlık alanın dışında ancak yakınında yapılmalı.
- Örnekleyiciler, ıslak çökelme için konuşlandırılan örnekleyicilerin olduğu yerde veya meteorolojik ekipmanların kurulu olduğu açık alanlara kurulmalıdır.
- Olası çevresel tehlikeleri azaltmak için koruyucu siperler kullanılmalıdır (pasif örnekleyiciler sıcaklık, rüzgara yağış ve bağıl neme karşı hassastırlar).

Örnekleme Yüksekliği

Örnekleyiciler yerden en az 2 m yükseğe (yüzey vejetasyonunun temizlendiği yerde) ve hava difüzyonunu engelleyecek her hangi bir engelin bulunmayacağı bir yere monte edilmelidir. Eğer çökme veya meteorolojik parametreler orman örtüsünün üstünde ölçülüyor ise, pasif örnekleyiciler de orman örtüsü üzerinde kurulabilir. İsteğe bağlı olarak, tamamlayıcı ölçüm noktaları farklı yükseklikte kurulabilir. Aktif izleme araçlarının yükseklikleri 2008/50 CE AB Direktifi tavsiyelerine uygun olmalıdır. Örneklemenin daha güvenilir olması için duplikasyonun yapılması tavsiye edilmektedir.

Örnekleme Aletleri

Ülkeler, kalite koşullarını sağlamak koşulu ile kullanılan pasif örnekleme cihaz türünü seçmekte serbesttir. Kalite kontrolünün sağlanması için; Avrupa İzleme ve Değerlendirme Programı İstasyonları (EMEP) Kılavuzuna göre bir EMEP sahasında cihazların yerleştirilmesi, farklı tiplerdeki pasif örnekleyicilerin uluslar arası testlere tabii tutulması önemli görülmektedir.

Örnekleme Sıklığı ve Örneklemenin Periyodu

Ozon örnekleme, 1 Nisan - 30 Eylül dönemini kapsar ve 2 haftada bir yapılır. Akdeniz bölgesi koşullarında yılın 12 ayında da yapılması tavsiye edilir. Diğer kirleticiler için, minimum örnekleme frekansı tercihen 4 haftalık / aylık, tercihen birikim örneklerinin toplanması ile koordineli olarak yılın her ayını kapsamalıdır.

Örnek Toplama, Nakliye ve Depolama

Pasif örnekleyicilerin taşınması ve depolanması öncesi ve sonrasında uzun süre beklemesi kimyasal analiz sonuçlarını etkileyebilir. Bu yüzden, pasif örnekleyici imalatçısının talimatlarını yerine getirmek, sıcaklık gibi olası istenmeyen etkileri minimize etmek açısından önemlidir. Kalite kontrolü için, her mevsim (ozon) veya her yıl (diğer kirleticiler) en az 4 boş (temiz) örneğin taşınma ve depolanma prosedürüne dahil edilmesi gerekmektedir. Eğer pasif örnekleyiciler taşınacak veya farklı pilot bölgelere postalanacak ise her seferinde farklı yollardan biri rastgele seçilmelidir.

Ölçülen Değişkenler ve Raporlama Birimleri

Ozon konsantrasyonları, pasif ve /veya aktif örnekleme ile (ikinci metot tercih edilir) Seviye II deki merkez parsellerde ölçülmelidir. Geri kalan standart Seviye II parselleri için, bu kirlilik ölçümleri isteğe bağlıdır. Seviye II parsellerindeki diğer kirleticilerin (NO₂, SO₂, NH₃) ölçümü (hem aktif hem de pasif örnekleyiciler için) ise isteğe bağlıdır. Pasif ve aktif örnekleyiciler kullanılarak ölçülen çeşitli parametreler ve birimleri aşağıdaki tablodadır.

Tablo 1. Hava kalitesinin izlenmesi için pasif örnekleyiciler ile ölçülen değişkenler ve birimleri

Değişken	Raporlama birimi
O ₃ konsantrasyonu	ppb
NH ₃ konsantrasyonu	µg m ⁻³
NO ₂ konsantrasyonu	µg m ⁻³
SO ₂ konsantrasyonu	µg m ⁻³

Tablo 2. Hava kalitesinin izlenmesi için aktif örnekleyiciler ile ölçülen değişkenler ve birimleri

Değişken	Raporlama birimi
Saatlik O ₃ konsantrasyonu	ppb
Saatlik NH ₃ konsantrasyonu	µg m-3
Saatlik NO ₂ konsantrasyonu	µg m-3
Saatlik SO ₂ konsantrasyonu	µg m-3
AOT40	ppb h

Kalite Güvencesi ve Kalite Kontrol

Kalite güvenliğinin ana amacı, sistematik izleme hatalarından ve örnekleyicilerden kaynaklanan hatalardan mümkün olduğunca uzaklaşmaktır. Her ülke kalite güvencesini sağladığı sürece pasif örnekleyiciler için kendi metodolojisini seçmede serbesttir. ICP Forests programında elde edilen verilerin anlam düzeyinin artırılması için sonuçların karşılaştırılabilir olması gerekmektedir. Bu maksatla farklı örnekleyiciler arasında düzenli karşılaştırma testleri yapılmalıdır. Ayrıca farklı çevresel koşullar (sıcaklık, rüzgar hızı, kirletici konsantrasyonları) altında örnekleyiciler arasında önemli farklılıkların olup olmadığını tanımlamak içinde farklı metotlar gerekmektedir.

Hava Kalitesi İzlenmesi İçin Üst ve Alt Geçerlilik Sınırları

Pasif örnekleyiciler için geçerlilik limitleri tablo 3'de sunulmuştur.

Tablo3. Seviye II alanlarında hava kalitesi izlenmesi için pasif örnekleyiciler için geçerlilik sınırları

Kirletici madde	Alt Limit	Üst Limit
O ₃ (ppb)	5	100
NH ₃ (µg m-3)	0,2	40
NO ₂ (µg m-3)	0,2	30
SO ₂ (µg m-3)	0,2	40

3. TARTIŞMA ve SONUÇ

Orman ekosistemleri, doğal kaynaklarımızın önemli bir kısmını teşkil etmekte ve diğer bir çok ekosistemle iç içe ve etkileşim halinde bulunmaktadır. Etkileşim halinde bulunduğu tüm sistem ve kaynakların ormanlar üzerinde meydana getirdiği etkilerin ortaya konması ancak uzun dönemli izleme programları ile gerçekleştirilebilir. Sürdürülebilir orman yönetimi açısından bu husus ayrı bir önem arz etmektedir.

Ormanların sağlığı, çeşitli ekolojik sorunların etkisiyle bozulabilmektedir. Bu ekolojik sorunlar içerisinde; hızlı nüfus artışı, sanayileşme, kentleşme ve doğal kaynakların kontrolsüzce kullanılmasına bağlı olarak oluşan hava kirliliği konusu günümüzde ayrı bir önem arz etmektedir.

Hava kirliliğinin insan sağlığına olan etkileri kadar orman ekosistemleri üzerindeki olumsuz etkileri yadsınamaz bir gerçektir. Hava kirliliği çoğu kere orman ağaçları üzerinde doğrudan öldürücü etkiye neden olmasa da, yapraklarda nekrozlara ve klorofil miktarında azalmalara

neden olmakta ve buna bağlı olarak bitkide büyüme ve gelişim problemlerinin meydana gelmesine yol açmaktadır. Netice itibari ile gelişiminde sıkıntılar olan bitki ve ağaçlar biyotik ve abiyotik zararlara karşı daha az dirençli olmaktadır.

İnsan yaşamına sunduğu ürün ve hizmetlerin çeşitliliği, ekolojik dengenin korunmasına katkısı ve birçok bitki/hayvan türüne yaşam alanı oluşturması bakımından orman alanları, diğer tüm doğal alanlar içerisinde önemli bir yer edinmektedir. Tüm canlı yaşamı açısından bu denli önemli olan orman kaynaklarının varlıklarını sağlıklı bir şekilde devam ettirebilmelerinin önünde ciddi bir risk faktörü olan hava kirliliğinin sistematik bir şekilde izlenmesi, etkilerinin saptanması ve bu konuda gerekli tedbirlerin alınması zorunluluk arz etmektedir.

Ülkemiz ormanlarında bugüne kadar sistematik ve uzun vadeli bir hava kalitesi izlemeleri çalışmaları ne yazık ki yapılamamıştır. ICP Forests programı Seviye II yoğun izleme alanlarında yapılması zorunlu olan hava kalitesi izleme çalışmaları kapsamında, 2014 yılı içerisinde ülke ormanlarının farklı 15 noktasında başlanacak olması bu açıdan önemlidir. Bu çalışmalara zaman kaybetmeden ivedilikle başlanılmalı ve örnekleme alanları mümkün olduğunca artırılmalıdır. Örnekleme noktaları seçilirken kirliliğin yoğun olduğu ve ormanlar üzerinde ciddi baskılar meydana getirdiği alanlara öncelik verilmesi de ayrıca önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Ashenden W., Bell S.A., Ra C.R, 1996. Interactive effects of gaseous air pollutants and acid mist on two major pasture grasses Agriculture, Ecosystem and Environment 57, 1-8.
- Baycu G., Tolunay D., Ozden H., Günebakan S., 2006 Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn, and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul Environmental Pollution 143, 545-554.
- Dursun A., Aslantaş R., Pırlak L., Hava Kirliliğinin Bahçe Bitkileri Yetiştiriciliği Üzerine Etkileri, Ekoloji, 27, 11-14.
- Igawa, M., Matsumura, K., Okochi, H., 2002. High frequency and large deposition of acid fog on high elevation forest. Environ. Sci. Technol. 36, 1-6.
- Kantarci, M.D. 2001, The Effect of Air Pollution on Forests in Biga Peninsula, Journal of Environmental Protection and Ecology 4, 806-818.
- Kantarci, M.D. 2003, The Effect of SO₂ on Forests Tree Needles at Mountainous Land Araoun Izmir, Journal of Water, Air and Soil Pollution: Focus 3, 221-231
- Krupa, S., Moncrief, J.F, 2002, An integrative analysis of the role of atmospheric deposition and land management practices on nitrogen in the US agricultural sector, Environmental Pollution 118, 273-283
- Mills, G., Pleijel, H., Braun, S., Büker, P., Bermejo, V., Calvo, E., Danielsson, H., Emberson, L., González Fernández, I., Grünhage, L., Harmens, H., Hayes, F., Karlsson, P.E., Simpson, D., 2011. New stomatal flux-based critical levels for ozone effects on vegetation. Atmos. Environ. 45, 5064-5068.
- Olivier, J.G.J., Bouwman, A.F., Van der Hoek, K.W., Berdowski, J.J.M., 1998. Global air emission inventories for anthropogenic sources of NO_x, NH₃ and N₂O in 1990. Environmental Pollution 102, 135-148
- Reiling, K. and Davison, A.W., 1992a. Spatial variation in ozone resistance of British populations of *Plantago major*. 699-708.
- Sikora E. J., 2004 Air Pollution Damage to Plants. Forestry and Wildlife Sciences, both at Auburn University
- Shigihara, A., Matsumoto, K., Sakurai, N., Igawa, M., 2008. Growth and physiological responses of beech seedlings to long-term exposure to acid fog. Sci. Total Environ. 391, 124-134.
- Tolunay, D., 2013, Ormanlar ve İklim Değişikliği, İstanbul
- Tomlinson, G.H., 1991. Nutrient disturbances in forest trees and the nature of the forest decline in Quebec and Germany. Water, Air and Soil Pollution 54, 61-74