

SERİ B CİLT 33



SAYI 1 1983

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ  
DERGİSİ



## ALMANYA'DA ASİT YAĞIŞLARIN ORMANLAR ÜZERİNE ETKİLERİ

Dr. Ertan ERUZ<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Son yıllarda Batı Almanya'da kamuoyunun yakından ilgilendiği, bilim adamları ve politikacıların çareler aradığı sorunlar arasında «ormanların içine girdiği yokolma süreci» en önemli konu olarak gündemde bulunmaktadır. Özellikle 1950'den sonraki yıllarda teknolojik gelişimin sonucu olarak ısıtma, ulaşım ve endüstriyel kaynaklı artıkların ortama yayılmasıyla doğal dengenin olumsuz yönde etkilendiği bu ülkelerde açıkça gözlenmektedir. ULRICH (1981 a), hava kirliliği nedeniyle yağışların asit olarak toprağa ulaşması ve toprak asitliğinin giderek artması yoluyla ormanlar üzerinde indirekt zararlar meydana geldiği biçiminde bir teori ortaya atmış ve bu teori tüm dünyada ilgiyle karşılanmıştır. Ancak bugüne değin yapılan çalışmalar bu teorinin doğruluğunu kanıtlayamamıştır. Halen orman ekosistemlerinde gözlenen çeşitli zarar belirtilerinin ortaya çıkış nedenleri, sistemin hangi noktadan itibaren bozulmaya başladığı ve nasıl bir değişim çizgisi izlediği tartışılmakta ve bozulmanın dayandığı çok yönlü faktörlerin bilimsel açıklamalarının yapılabilmesi için çaba gösterilmektedir.

Batı Almanya'da ciddi olarak ilk zarar belirtileri yetmişli yılların başında göknar (*Abies alba*) meşcerelerinde gözlenmiş ve 1980 yılından itibaren ladin (*Picea abies*) ve sarıçam (*Pinus silvestris*) meşcereleri, 1981 yılından itibaren de kayın (*Fagus sylvatica*) ve meşe (*Quercus spec.*) meşcereleri hastalık belirtileri göstermeye başlamıştır. Bu gelişim toplumun her kesiminde «ormanların yokolacağı korkusunu» yaratmaktadır. Toplumun tümüyle bu korkuya kapılması doğaya duyduğu çok yönlü gereksinimlerden ve bu gelişme sonunda kendi yaşamının da olumsuz yönde etkileneceğinin bilincine varmakta oluşundan kaynaklanmaktadır. Basın da görevini tam anlamıyla yapmakta ve konu hemen hemen hergün çeşitli yönleriyle kamuoyuna duyurulmaktadır. Ayrıca bu alanda topluma öncülük yapan kişi ve kurumların sayısı ve etkinliği giderek artmaktadır. Böylelikle ortaya çıkan kamuoyu baskısı siyasi çevreleri ve siyasi karar mekanizmalarını daha etkin bir biçimde çevre sorunlarına gereken önem vermeye zorlamaktadır. Nitekim son yıllarda ekonomik kriz içinde bulunan Batı Almanya'da çevre sorunlarına çözüm getirmek amacıyla hazırlanan projeler hükümetlerce öncelikle desteklenmektedir. Ülkemizde ise Yüksek Okul eğitimi görmüş olanların büyük bir kısmı dahi, ormanı yalnızca odun üretilen bir kaynak olarak görmektedirler. Bu durum kuşkusuz, sosyo-ekonomik yapımıza bağlı olarak biçimlenen eğitim yetersizliğimizden kaynaklanmaktadır. Ne

<sup>1</sup> I.Ü. Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, Bahçeköy - İSTANBUL.

var ki, ülkemizde çevre kirliliğinin doğal sistemler üzerindeki etkileri lokal bazı olumsuz gelişmelere rağmen, Orta Avrupa ülkelerinde olduğu gibi yaygın olarak doğa tahribini önlemek için kirletici maddelerin kaynaklarında zararsız hale getiren doğa tahribini önlemek için kirletici maddelerin kaynaklarında zararsız hale getirilmeleri bilim adamları tarafından önerilmektedir. Oysa, asit yağışların asıl kaynağı olan kükürt dioksit ve azot oksit gazlarının zararsız duruma getirilmeleri büyük yatırımları gerektirmekte ve bugün yaşanmakta olan ekonomik bunalım da bunu oldukça güçleştirmektedir. Bu nedenle başta Batı Almanya olmak üzere Orta Avrupa'nın içinde bulunduğu durumu gözönüne alarak - bu konuda şanslı olduğumuzun bilincinde - sözkonusu sorunların ülkemizde tehlikeli boyutlara ulaşmasını önlemek amacıyla gerekli çalışmaların yapılması yollarını aramak, gelecekte zor durumda kalmamak için zorunlu sayılmaktadır.

Bu çalışmada Batı Almanya'daki hava kirliliğinin etkisiyle oluşan asit yağışların orman ekosistemlerinde yarattığı olumsuz gelişmeler anlatılarak, kalkınma yolundaki ülkemizde henüz sorunlar ortaya çıkmadan akılcı bir tutumla ivedi önlemlerin alınması gereği vurgulanmak istenmiştir.

## 1. ASİT YAĞIŞLAR

Bilindiği gibi hava kirliliğinin ortaya çıkmadığı ortamlarda yağış suyunun pH'sı 5.5-5.8 (nötröl noktanın altında) arasında değişen değerler göstermektedir. Yağış suyunun bir miktar asitleşmesi havanın bileşiminde karbondioksit'in bulunmasından kaynaklanmaktadır. Karbondioksit yağış suyuyla reaksiyona girerek karbonik asit oluşmaktadır ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ ). Yıllık yağış miktarı 700 mm olarak alınan bir ortamda yağış suyundaki hidrojen iyonu miktarı 0.021 kmol (=0.021 kg) ha<sup>-1</sup>yıl<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır (BAUM 1981)<sup>1</sup>.

Öte yandan 1978 yılında tüm Batı Almanya'daki yağış ölçme istasyonlarından alınan örneklerde yapılan pH ölçmelerinin ortalama değeri 4.1 olarak belirlenmiştir. Bu pH değerindeki yağışlarda ise 700 mm yağışta 0.42 kmol ha<sup>-1</sup>yıl<sup>-1</sup> hidrojen iyonu miktarı hesaplanmıştır. Yağış suyunun bu derece asitleşmesi özellikle son yüzyılın ortasından itibaren hızla artan endüstrileşmenin sonucudur (ULRICH, 1981a ve REHFUESS, 1981). Endüstriyel üretim ünitelerinin kullandıkları fosil yakıtların yanma ürünleri ve bu ünitelerin çeşitli işlem kademelerinde ortama yayılan gaz ve sıvı komponentler, kirlil havanın ve asit yağışların kaynağını oluşturmaktadırlar. Bunlardan asit yağışlar için kayda değer olanları kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>), azot oksitleri (NO<sub>x</sub>), klor asidi (HCl) ve hidrojen fluorür (HF) dir. Bunlardan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> gazları yağış suyu, sis, bulut ile reaksiyona girerek aside dönüşür; SO<sub>2</sub>'den sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), azot oksitlerinden ise nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) oluşur. Öte yandan çeşitli fiziksel - kimyasal olaylar sonucunda oluşan sülfürik asit aerosolü havada amonyakla reaksiyona girerek amonyum sülfat ([NH<sub>4</sub>]<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ya da amonyum hidrojen sülfat (NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>)'a dönüşebilir (REHFUESS, 1981). Bu bileşikler ise, yağmur suyunun çözünerek yağış'ın asidleşmesini artırıcı rol oynarlar. Ayrıca gazlar bitki ve toprak üzerinde tutularak daha sonra gelen yağışlarla aside dönüşürler. Bu nedenle orman toprağına ulaşan proton (H<sup>+</sup> katyonu) ve diğer antropojen madde miktarları açık alana göre daha fazla olmaktadır. BAUM (1981)'a göre, Batı Alman-

<sup>1</sup> «Münih Üniversitesi Orman Fakültesi Haftası» nda tebliğ olarak sunulmuş ve henüz yayınlanmamıştır.

ya ormanlarında H<sup>+</sup> iyonu girdisi 0.5-3 kmol ha<sup>-1</sup>yl<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. Öte yandan ağaç cinsi de toprağa varan madde miktarlarını önemli düzeylerde etkilemektedir. Gene BAUM (1981)'dan alınan değerlere göre, açık alandaki kükürt miktarı 7.9 kg ha<sup>-1</sup>yl<sup>-1</sup> iken kayın altında 10.6 kg ha<sup>-1</sup>yl<sup>-1</sup> ve ladin altında 46.3 kg ha<sup>-1</sup>yl<sup>-1</sup> dir. Bu sonuç, yağışın ve gazların tutulduğu yüzeyin ağaç cinslerine göre önemli farklar göstermesinden kaynaklanmaktadır.

Kükürtdioksit havada 2-5 gün ve sülfat ise 5-8 gün asılı kalabilmektedir (LÖBEL, 1978; REHFUESS, 1981). Sülfat 1000 km. den daha fazla bir uzaklığa taşınabilmektedir. Bu nedenle üretim kaynaklarından çok uzaklarda da daha düşük düzeyde olmakla birlikte asit yağışlar oluşabilmektedir. Nitekim Batı Almanya komşu ülkelerle böyle bir etkileşim içindedir. Böylece Orta Avrupa üzerinde asit yağışlara kaynak oluşturan maddelerle yüklü sürekli bir hava sahası oluşmuştur. 1972'de yapılan değerlendirmelere göre, 1 ha.'lık alana asit yağışlarla gelen kükürt miktarı Orta Avrupa'da 50 kg olarak hesaplanmıştır. Bu değer Batı Almanya için 80 kg bulunmuştur (ULRICH, 1980).

## 2. ORMAN EKOSİSTEMLERİNDE ORTAYA ÇIKAN DEĞİŞİMLER

Bugün Batı Almanya'da orman ekosistemleri genel sayılabilecek bir düzeyde olumsuz gelişmeler ve buna bağlı olarak da ağaçlar hastalık belirtileri göstermektedirler. Ancak gözlenen belirtiler her bölgede ya da her ağaç türünde aynı şiddette ve karakterde olmamaktadır. Buna neden olarak kirleticilerden uzaklık, yağış miktarı, hakim rüzgâr yönü, bakı, toprak özellikleri, havadaki silikat ve karbonat içeren tozların miktarı vb. yetiştirme ortamı farklılıklarıyla ağaç türlerinin farklı fizyolojik özelliklere sahip olmaları gösterilmektedir. Öte yandan bugün Almanya'nın her tarafında rastlanan zarar belirtilerinin sadece çevre kirliliğinin bir sonucu olarak ortaya çıkmadığı; daha önceleri ormanlara yapılan yanlış müdahalelerin ve 1976 yılında görülen şiddetli kuraklığın da rolleri olabileceği üzerinde durulmaktadır. ULRICH (1981b ve 1981c), sözkonusu olaylarla orman ekosisteminin besin maddesi dolaşımındaki dengenin bir ölçüde bozulduğunu ve çevre kirliliğinin bu olayı hızlandırdığını yazmaktadır. Hava kirliliğinin yoğun olduğu yerlerde orman ekosistemlerinin daha şiddetle etkilenmesi bugün ortaya çıkan hastalık belirtileri üzerinde hava kirliliğinin, dolayısıyla asit yağışların baskın rol oynadığı varsayımını kuvvetlendirmektedir. Burada Batı Almanya'daki orman ekosistemlerinde çeşitli araştırmacılar tarafından dengenin bozulması yönünde belirlenen gelişmelerden sözü edilecektir.

### 2.1. Asit yağışların toprakta meydana getirdiği değişimler

Havadaki ya da toprak ve vejetasyon üzerinde tutulan antropojen gazların yağmur sularıyla aside dönüşmesi toprağın giderek asitleşmesine neden olmaktadır. Ancak bu olayın etki şiddeti toprağın kimyasal yapısıyla sıkı bir ilişki içinde bulunmaktadır. Çünkü toprağın karbonat, kil, humus, söskioksit ve toprak kolloidlerindeki kalsiyum, magnezyum miktarına bağlı olarak oluşan tampon gücü, asit girdileriyle meydana gelen değişimlerin hızını etkiler. ULRICH (1981a) toprakların tampon gücünü, tampon reaksiyonlarının oluş şekline göre yaptığı «tampon bölgeleri» sınıflandırmasında göstermiş ve bu sınıflandırmada pH değerlerini esas almıştır.

Buna göre toprakların tampon gücü, pH değerlerindeki değişime koşut bir değişim göstermektedir. Asit yağışlarla toprağa giren ya da doğal yollarla toprakta oluşan asitler artık tamponlanmadığı takdirde, pH değerleri düşüşler gösterir. Bu yüzden özellikle kireçsiz topraklarda asit girdileriyle pH değerinin daha hızlı düşüşler göstermesi doğaldır. Nitekim ULRICH (1981a) ve BUTZKE (1981) yağışlarla toprağa ulaşan asitlerin protonu ( $H^+$  katyonu) yüksek konsantrasyonlarda olduğundan toprağın pH değerlerinin giderek düştüğünü belirtmektedirler. Öte yandan ULRICH (1981a), son zamanlardaki asit yağışlar nedeniyle birçok siltkat topraklarında pH değerlerinin hızla düştüğünü ve düşüş sonucunda pH değerlerinin suda yapılan ölçmelere göre 3 ve 4 düzeyine indiğini yazmaktadır. Kuvvetli asidik bir ortamda aşağıda açıklanacağı üzere bitkilerin sağlıklı yaşamını bozan gelişmeler ortaya çıkmaktadır :

a). Asit yağışlarla toprağa giren yüksek konsantrasyondaki hidrojen katyonu ile yerdeğiştiren bazik etkiye sahip - kalsiyum ve magnezyum başta olmak üzere - alkali ve toprak alkali katyonları sızıntı suyuyla taşınırlar. Bu taşınma sırasında bir kısım katyonlar gene asit yağışlarla toprağa giren nitrat ve sülfat anyonlarıyla birlikte hareket ederler.

b). Toprağın asitleşmesi sonucunda toprak faunası ve mikroorganizmaların aktivitesi azalmaktadır. Bu olaya bağlı olarak ölü örtünün ayrışma hızında önemli düşüşler meydana gelir. İskandinav Ülkelerinde çam ve ladin kültürlerinde yapılan deneysel çalışmalarla da belirlendiği gibi, toprak asitliğinin azalmasıyla mikroorganizmaların tür ve sayısında azalmalar olmuştur (REHFUESS, 1981). Bu da ölü örtünün ayrışmasındaki hızı düşürerek ham humusun oluşumuna ortam hazırlar. Bu koşullarda ayrışma, esas olarak mantarlar aracılığıyla gerçekleşmekte ve dolayısıyla suda çözünür organik asitler oluşmaktadır. Organik asitlerin etkisiyle ve düşük pH'da Alüminyum, Mangan ve Demir bileşikleri çözünür ve bir kısmı serbest kalırlar. Bu sırada fosfat anyonları da serbest hale geçmektedir. Toprak çözeltilisine geçen yüksek miktarlardaki alüminyum, mangan ve demir adsorbe edilmiş durumdaki kalsiyum ve magnezyum'un değişim olayı sonucunda yıkanmasını sağlarlar. Böylelikle sözkonusu katyonlar asit yağışlarla giren hidrojen katyonu yanında bazik etkili katyonların yıkanma olayında ek bir güç oluştururlar. Ayrıca bu katyonlar suyla asit gibi reaksiyon gösterirler. Aslında bu olaylar podsolleşme olayı için uygun olan doğal koşullarda da gerçekleşebilir. Ancak asit yağışlar podsolleşmeye uygun ortamlarda sözkonusu olayı hızlandırdığı gibi, podsolleşme için uygun olmayan ortamlarda bu olayın tek nedeni olmaktadır. Nitekim Orta Avrupa'da birçok ormanlarda 1968-1979 yılları arasında kayın ve ladin meşcerelerinde ölü örtü ayrışmasının önemli ölçülerde yavaşladığı belirlenmiştir (ULRICH, 1981a). Yüksek konsantrasyonlarda toprak çözeltilisine geçen sözlü edilen katyonlar, köklerde toksik etki yaratırlar (SÜCHTING, 1948). ULRICH (1981a)'ın ortaya attığı teoriye göre asit yağışların etkisiyle yukarıda sözü edilen olaylar sonucunda özellikle alüminyum'un toksik etkisiyle ağaçlardaki ilk zararlar köklerde meydana gelmekte ve toprak üstü kısımlarda gözlenen zarar belirtileri buna bağlı olarak gelişmektedir. Ne var ki, ortaya çıkan arazilerde yalnızca alüminyum'un rolü olmadığı, toprak çözeltilisindeki kalsiyum/alüminyum oranının asıl etkiye sahip olduğu görüşü de vardır. ROST' a göre, Ca/Al oranı 2'nin altına düştüğünde büyüme depresyonları başlamaktadır.

## 2.2. Ağaçlarda ortaya çıkan zarar belirtileri

Batı Almanya'da hava kirliliğinin yarattığı olumsuz koşullar önce göknar ormanları üzerinde etkili olmuştur. Bu ormanlarda 1970 yılından itibaren gözlenen ciddi zarar belirtileri nedeniyle daha o yıllarda «göknar ölümü»nden söz edilmeye başlanmıştır. Daha sonra 1980 yılında ladin ve çam ormanları hastalık belirtileri göstermeye başlamışlardır. Sözü edilen iğne yapraklı ormanlardan sonra 1981 yılında kayın ve meşe ormanlarında zarar belirtileri ortaya çıkmıştır. Ayrıca bu ormanların doğal gençleşme yeteneğini de kaybettikleri gözlenmiştir. Göttingen'de 1982 yazında yapılan bir ekskursiyonda ULRICH, 10 yıl içinde Almanya'da tüm ormanların asit yağışlar nedeniyle tahrip olacağını söylemiş ve bu gelişmeyi son derece tehlikeli bulduğunu ifade etmiştir. Zarar belirtilerinin öncelikle ibrellerde ortaya çıkması fizyolojik özelliklerinin yanında bu ormanlarda antropojen atık zararlı maddelerin yapraklı ormanlara göre daha yüksek düzeyde depo edilmesinden kaynaklanabilir.

Orman ekosistemlerinde belirlenen arazlar özellikle ağaç türlerine ve zarar kaynağına göre farklar göstermektedir. Burada özel durumlara değinilmeden - sadece bu çalışmanın amacı doğrultusunda - Batı Almanya ormanlarında ortaya çıkan bazı genel sayılabilecek bozulmalardan sözedilecektir :

Hava kirliliği ve asit yağışların ormanlar üzerinde yarattığı çok yönlü baskıların sonucunda en çarpıcı zarar belirtileri ibre ve yapraklardaki renk değişimleri olmaktadır. Genelde sararma olarak niteleyebileceğimiz bu değişimler erken yaşlanmanın bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Çünkü daha çok 6-7 yaşındaki ibreler ve yaz ortasında yapraklar fonksiyonlarını tamamen yitirerek dökülmektedirler (KNABE, 1981; REHFUESS, 1981 ve ULRICH, 1981c). Ladin meşcerelerinde ibreleri dökülen sürgünlerin de öldüğü saptanmıştır (SCHÜTT, 1981). Böylelikle fotosentez engelleneğinden vejetasyon süresi kısalmakta ve buna bağlı olarak zayıf taç gelişimiyle birlikte artımda düşüşler ortaya çıkmaktadır.

Gayet bellirgin olarak gözlenen diğer bir hastalık belirtisi de gövde kabuklarında çatlaklar ve dökülmeler sonucunda meydana gelmektedir. SCHÜTT (1981)'e göre, ladinde sisin etkili olduğu yerlerdeki meşcere kenarlarında gövde kabuklarında sözü edilen belirtiler gözlenmektedir. Kayında ise, meşcere içlerinde benzer belirtilere daha şiddetle rastlanmakta ve hatta gövde çürükleri dahi oluşmaktadır. Buna neden olarak da kayında gövdeden akışın çok yüksek oluşu ve akış suyunun düşük pH değerlerine (ortalama 2.75) sahip olması gösterilmektedir. Dokular üzerinde pH değerlerinin düşmesi buralarda tahribat meydana getirmekte ve bu, don çatlaklarıyla şiddetlendirilmektedir; buralardan gövdeye giren sporlar kayında gövde çürükleri, göknarda ise ıslak yürek oluşumuna neden olmaktadır (ULRICH, 1981a). ULRICH (1981a)'e göre yukarıda değinilen tüm olumsuz gelişmeler toprakta asit yağışlar etkisiyle meydana gelen değişimler sonucunda indirekt olarak ortaya çıkmaktadır. Şöyle ki; asit yağışlarla toprak pH'sı 4.2 ve daha düşük değerlere ulaştığı zaman başta alüminyum olmak üzere ağır metallerin toprak çözeltisindeki konsantrasyonu köklerde üzerinde toksik etki yaratacak düzeylere yükselmektedir. Bu şekilde önce ince kökler daha sonra da uzun kökler zarar görmektedirler. Öte yandan düşük pH değerlerinde mikroorganizma faaliyeti de düştüğünden mineralizasyon yavaşlamaktadır. Bu olumsuz gelişmeler sonucunda madde dolaşımındaki den-

ge bozulmakta ve kabukta, ibre ve yaprak yüzeyinde meydana gelen asitleşme tamponlanamadığından yukarıda sözü edilen zarar belirtileri ortaya çıkmaktadır. Ancak ULRICH'in teorisi kanıtlanmadığından ve hatta zıt yönde bulgular ortaya çıktığından halen tartışılmaktadır. Örneğin ULRICH (1981d), sulu süspansiyon (Gleichgewichtsbodenlösung) haline getirilmiş toprak örneğinden elde edilen çözeltinin alüminyum konsantrasyonu 2-5 mg/lt olması halinde göknarda ciddi hastalık belirtileri meydana geleceğini yazmaktadır. ULRICH (1981d), bu sonucu ölüm tehlikesiyle karşı karşıya olan bir göknar ormanında yaptığı çalışmaya dayandırmıştır. Oysa REHFUESS (1981), sağlıklı bir göknar meşceresinden aldığı örneklerde alüminyum konsantrasyonunu 2-4 mg/lt bulmuştur. Ayrıca BERCHTOLD ve arkadaşları (1981) tarafından yapılan doku analizleri sonucunda alüminyum ya da mangan zehirlenmesine dair bir belirti saptayamamışlardır. Buna karşılık ibrelerde magnezyum noksanlığı saptanmış ve bunun göknar ölümü için bir neden olabileceği üzerinde durulmaya başlanmıştır. REHFUESS (1981), İskandinav Ülkelerinde yapay olarak asit yağmurlama yapılan çam meşcerelerine ait toprak ve ibre örneklerindeki magnezyum miktarında düşüşler saptandığına işaret etmektedir. REHFUESS'un henüz yayınlanmamış olan bir çalışmasında ise, hastalıklı bir göknar meşceresinin ibrelerinde yüzeyden doku içlerine nüfuz eden tuz kristalleri tesbit edilmiş ve ibrelerde magnezyum noksanlığı saptanmıştır. Ayrıca kalkerden gelişmiş topraklar üzerindeki meşcerelerde de benzer belirtiler gözlenmiştir. Bu ise, hastalık belirtilerinin köklerden başlayarak değil, direkt toprak üstü kısımlarda ortaya çıkabileceği varsayımını da doğurmaktadır.

Öte yandan Batı Almanya ormanlarında ortaya çıkan zarar belirtileri üzerinde asit yağışlarla ya da kuru olarak ekosisteme giren ağır metallerin de bir etkisi olabileceği düşünülmektedir. MAYER (1981)'e göre, meşcereye ulaşan krom, kobalt ve nikel'in 2/3'sine yakın bir miktarı meşcerenin topraküstü kısımlarında depo edilmektedir. Ancak bu metallerin toksik etkileri konusunda henüz yeterli bir bilgi edilememiştir. Diğer taraftan aynı araştırmacı çinko ve kadmiyum'un dışındaki ağır metallerin ölü örtüde biriktigine de işaret etmektedir. Bu durum MAYER (1981) tarafından ladin meşcerelerinde belirlenmiş ve köklerde alüminyum'dan daha yüksek miktarda kurşun saptanmıştır. Ayrıca ölü örtüde biriken ağır metallerin organizmaların aktivitesi üzerinde de etkili olabileceği sanılmaktadır. Ancak ağır metal analizlerinde halen bazı sorunlar olduğundan yukarıda değinilen yöndeki çalışmalar yoğun bir biçimde gerçekleştirilememektedir.

### 3. ASİT YAĞIŞLAR KONUSUNDAKİ EN YENİ ARAŞTIRMALAR

Orman ekosistemlerinin yukarıda değinildiği gibi ciddi zarar belirtileri göstermesi ve bugüne değin yapılan çalışmaların henüz zararların nedenlerini açıklayamamış olması bilim adamlarını daha geniş kapsamlı projeler üzerinde çalışmalar yapmaya zorlamıştır. Burada, soruna çözüm için konunun çok yönlü olarak ele alınması gerektiğini vurgulamak amacıyla, sadece Baviera Eyaleti'nde yürütülen projelerden (Prof. KREUTZER'in yürüttüğü proje üzerinde yapılacak kısa açıklama dışında) yalnızca proje adlarının verilmesiyle yetinilmiştir. Bu projelerden ladin ve kayın'a ait olanlar 1982 yılında başlatılmıştır.

Ağları verilebilecek olan önemli projelerin başlıcaları şunlardır :

1. Asit yağışların ve kireçlemenin ladin meşcereleri üzerindeki etkilerinin deneysel olarak araştırılması
2. Lâdinde ortaya çıkan zararlarla ilişkili olarak meşcere içindeki havanın antrojen maddeler miktarındaki değişimlerin incelenmesi

3. Lâdin meşcerelerinde büyüme zararlarının belirlenmesi
4. Gökmar ölümleriyle havanın zararlı maddelerle yüklenme derecesi arasında ilişkiler
5. Gökmar ölümleriyle beslenme durumu arasındaki ilişkiler
6. Gökmar ölümleriyle iklim arasındaki ilişkiler
7. Asit yağışların, bazık ve asit topraklar üzerindeki kayıpların gelişimi üzerine etkileri
8. Çeşitli pH değerlerine sahip topraklarda bulunan kayın meşcerelerinin büyümesi, beslenme durumu ve kök yayılışı üzerine araştırmalar
9. Renkli hava fotoğrafları yardımıyla, ormanlarda meydana gelen değişimlerin incelenmesi
10. Gökmar ölümlüyle böcek zararlarının ortaya çıkışı arasındaki ilişkiler
11. Ormanlarda ortaya çıkan zararların hasılat yönünden belirlenmesi.

Bunların dışında yukarıda anılan Kreutzer'in çalışması ise temelde deneysel bir araştırmaya dayanmaktadır. Bilim çevrelerince çok ilginç bulunan ve bu satırların yazarının da 6 ay süreyle katıldığı «Asit yağışların ve kireçlemenin lâdin meşcereleri üzerindeki etkilerinin deneysel olarak araştırılması» konulu proje özetle şöyledir :

Bu çalışmanın amacı, asit yağışların orman ekosistemindeki dengeyi nasıl bozduğunu ve toprağa kireç verilmesinin bir çözüm olup olmayacağını, ölü örtü, toprak, ibre ve toprak sızma suyu örneklerinde yapılacak periyodik ölçmelerle kantitatif olarak ortaya koymaktır. Ayrıca ULRICH'de teorisinin doğru olup olmadığını kanıtlamak amacıyla bu projeye, köklerdeki gelişmeyi inceleyerek katılmaktadır. Projede amacı gerçekleştirmek üzere, asit yağışların bileşimi ve madde konsantrasyonları esas alınarak depolanacak sular yapay yağmurlama sistemleriyle toprak üzerine verilecektir. Ancak biyomas üzerinde direkt bir etkinin olup olmadığını ortaya çıkarmak amacıyla meşcere üzerinden de yağmurlama yapılması düşünülmüş, ne var ki bunun gerçekleştirilmesi mali zorluklar nedeniyle henüz kesinlik kazanmamıştır. Ekim 1982 tarihine kadar deneme alanı seçilmiş, toprak erüdlü ve hasılat ölçmeleri yapılmıştır. Ekim 1982 tarihinde ise yağmurlama sistemlerinin tesisi çalışmaları başlatılmıştır. Mayıs ya da Haziran 1983 tarihinden itibaren ise denemenin başlatılması planlanmıştır. Dört ya da beş yıl sürmesi planlanan sözkonusu araştırmanın bundan sonraki aşamaları önümüzdeki yıllarda tarafımızdan izlenerek kamuoyuna yansıtılmaya çalışılacaktır.

## S O N U Ç

Son yıllarda Batı Almanya ormanlarında asit yağışların etkisiyle ortaya çıkan zararlar bu ülkenin önemli bir sorunu olarak toplumun her kesiminde hissedilmektedir. Bilim adamlarının tüm çabalarına karşın zarar nedeninin halen teoride kalmış olması da soruna direkt bir çözüm bulmayı güçleştirmektedir. Bu nedenle 1982 yılında bu konudaki araştırmalar yoğunlaştırılmıştır. Ancak çözüm için, zarara yol açan maddeleri ve madde miktarlarını tüm sistemi ele alarak belirlemek eğilimi de giderek ağırlık kazanmaktadır. Özellikle zararın sistemin hangi noktasında, nasıl başladığı ve ne şekilde bir gelişme gösterdiği sorularına yanıt bulunması gerekmektedir. Bunun için de deneysel araştırmalar yapmak zorunludur. Nitekim böyle bir araştırma daha önce de sözedildiği gibi, Prof. Kreutzer tarafından başlatılmıştır. Yalnız bu yöndeki araştırmalar uzun vadeli çabaların harcanmasını zorunlu kılar



niteliktedir. Bu nedenle öncelikle alınması gereken önlem olarak zararlı maddelerin kaynaklarında zararsız hale getirilmesi görüşü büyük bir etkinlik kazanmaktadır. Bu da büyük yatırımları gerektirdiğinden oldukça güç ve dolayısıyla soruna kısa vadede çözüm getirci olmaktan uzaktır. Görüleceği üzere durum endişe vericidir. Ülkemiz, bu açıdan oldukça şanslı görülmektedir. Çünkü Türkiye'de çevre kirliliği henüz Batı Almanya başta olmak üzere Orta Avrupa ülkelerinde olduğu gibi tehlikeli boyutlarda değildir. Bu nedenle vakit henüz geçmemişken bu tehlikeyi Ülkemizde aynı şiddette görmemek için gerekli tüm önlemleri almamız gereği kaçınılmaz olmaktadır. Özellikle halkımızın bu konularda yeterince aydınlatılması ve eğitimi; endüstrileşmenin ülke ve bölge planlama çerçevesinde çevre bilinci içinde gerçekleştirilmesi ve uluslararası ilişkilere gereken ağırlığın verilmesi ülkemiz için gerçekten büyük önem taşımaktadır.

#### K A Y N A K L A R

- BAUM, U. *Saure Niederschläge (Yayınlanmadı).*
- BERCHTOLD, R., M. ALCUBILLA, F.H. EVERS ve K.E. REHFUESS, 1981. *Standortkundliche Studien zum Tannensterben: Nadel und Bastanalytischer Vergleich zwischen befallenen und gesunden Bäumen. Forst. Cbl., 100. Jahrgang, Heft 3-4.*
- BUTZKE, H., 1981. *Versauern unsere Wälder, Erste Ergebnisse der Überprüfung 20 Jahre alter pH - Wert - Messungen in Waldböden Nordrhein - Westfalens. Forst - u. Holzwirt 36.*
- KNABE, W., 1981. *Immissionsökologische Waldzustandserfassung. Sonderheft der Mitteilungen 1982. Herausgeber: Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung. Nordrhein - Westfalen.*
- LÖBEL, J., 1978. *Neue Erkenntnisse bei SO<sub>2</sub>: Vorkommen, Umwelt*
- MAYER, R., 1981. *Natürliche und anthropogene Komponenten des Schwermetal-Haushalts von Waldökosystemen. Göttinger Bodenk. Ber., 70.*
- REHFUESS, K.E., 1981. *Über die Wirkungen der Sauren Niederschläge in Waldökosystemen. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 100. Jahrgang, H. 6.*
- ROST, K. *Toxicität von Aluminium bei Keimpflanzen (Yayınlanmadı).*
- SCHÜTT, P., 1981. *Folgt dem Tannensterben ein Fichtensterben? Holz - Zentralbl. 107.*
- SÜCHTIN, H., 1948. *Untersuchungen über die Ernährungsverhältnisse des Waldes X. Über die Wirkung des löslichen (reaktionsfähigen) Aluminiums zweier Waldböden auf die Kiefer. Z. Pflanzenernährung, Düng., Bodenk. 87.*
- ULRICH, B., 1980. *Die Wälder in Mitteleuropa: Messergebnisse ihrer Umweltbelastung, Theorie ihrer Gefährdung, prognose ihrer Entwicklung. Sonderdruck aus Allgemeine Forst Zeitschrift Nr. 44.*
- ULRICH, B., 1981a. *Gefahren für das Waldökosystem durch saure Niederschläge. Sonderheft der Mitteilungen 1982. Herausgeber: Landesanstalt für Ökologie, Landschafts - entwicklung und Forstplanung Nordrhein - Westfalen.*
- ULRICH, B., 1981b. *Theoretische Betrachtung des Ionenkreislaufs in Waldökosystemen. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 144. Band, Heft 6.*
- ULRICH, B., 1981c. *Destabilisierung von Waldökosystemen durch Akkumulation von Luftverunreinigungen. Forst - und Holzwirt, 36. Jahrgang, Heft 21.*
- ULRICH, B., 1981d. *Eine ökosystemare Hypothese über die Ursachen des Tannensterbens. Forstw. Cbl. 100.*