

# HAVA KİRLİLİĞİ, ASİT YAĞIŞI VE TOPRAK

## 1 Giriş

Toprak başta olmak üzere ormanlar, diğer tabii kaynaklar, yaban hayatı ve atmosfer süratle kirlenmekte, bu yüzden insan, hayvan ve bitkiler için tehlikeli hale gelmektedir. Orman kirliliğinin sonuçları ağırdır. Oluşan zararların telafi edilmesi çok zor olduğu gibi, çok uzun da, zaman istemektedir.

## 2 Kirlilik Kaynakları

Hava kirliliğini oluşturan başlıca unsurlar, endüstri merkezlerinden çıkan kirli dumanlar, kalorifer ve bacalardan dağılan isler ve dumanlar ile motorlu araçların eksozlarından çıkan Co, Pb, NO<sub>x</sub> gibi kimyasal maddelerdir.

Farklı kaynaklardan çıkan bu unsurlar ayrıca güneş ışığının etkisiyle kimyasal bazı değişimlere uğramakta, böylece SMOC denilen fotokimyasal reaksiyon maddeleri de atmosfere dağılmaktadır.

Kirliliğe sebep olan en önemli gaz olan SO<sub>2</sub>; sanayi, motorlu araçlar ve meskenlerde kullanılan kömür ve petrol gibi katı yahut sıvı haldeki fosil menşeli yakıtların yanmasıyla ortaya çıkmaktadır. Keza CO<sub>2</sub> ve CO'in de kaynağı hemen hemen aynıdır. SO<sub>2</sub> kuru ve ince tozlara bağlanarak rüzgârla kalkıp yapraklar ve toprak üzerine çökmektedir.

Meselâ yatağan termik santralinde, günde yaklaşık 15.000 ton linyit kömürü yakılmakta ve çevreye günde 600 ton civarında CO<sub>2</sub> gazı verilmektedir. Bir klorofil zehiri olan SO<sub>2</sub> gazının etkisi ile santral bacasından 4 - 6 km. uzaklıkta,

\* K.T.Ü. Orman Fakültesi Araştırma Görevlisi

2000 ha'lık bir alana yayılan kızılcam ormanlarında her yaşta-ki fertlerin kuruması üzerine 150.000 m<sup>3</sup> lük damga yapılarak zorunlu üretime geçilmiştir.

NO<sub>x</sub> gaz olarak SO<sub>2</sub> ye nazaran bitkiler üzerinde daha az zararlı olmasına rağmen Nitrik asit veya Nitrat asit haline geldiğinde çok etkilidir.

NO<sub>x</sub> emisyonunun, taşıt araçlarının artmasına paralel olarak arttığı tesbit edilmiştir.

NO özellikle yağlı maddelerin yanmasıyla oluşur. Ayrıca endüstri gazları, ateş tesisleri ile kimyasal endüstri artıklarında bulunmaktadır. Taşıt araçlarının eksoz gazlarıyla; CO, kurşun, karbonlu hidrojenler ve aldehitlerle beraber NO de atılır. NO, ozonu tahrip edenlerin başında gelir.

## 3 Kirlenici Maddeler

Ormanların azalmasına ve ölmesine neden olan hava kirlenici olarak SO<sub>2</sub>'i hemen azot oksitler (NO<sub>x</sub>) izlemekte ve ardından fotooksidantlardan ozon (O<sub>3</sub>), klorlu hidrojen (HCl), Florlu hidrojen (HF), ağır metaller, organik bileşimler ve tozlar gelmektedir

Fotooksidantlar, NO<sub>x</sub> ve hidrokarbonlar, güneşin ultraviyole ışığının etkisiyle O<sub>3</sub> ve Peroxiazetilnitrat (PAN)'a dönüşür. Bu durum daha ziyade endüstri merkezleri yakınlarında olur. O<sub>3</sub> bitkiler için şiddetli bir zehirdir. O<sub>3</sub> nedeniyle elverişsiz topraklarda ve uzun kuraklık dönemlerinde kök zararları artmaktadır.

Ağır metallerden Mangan, Çinko ve Civa; kömürün yanması veya metallerin elde edilmesi sırasında açığa çıkarlar. Bunların özellikle Ladin kökle-

rinin gelişmesinde olumsuz etkileri görülür.

## 4 Asit Yağmurları

Fosil yakıtların yanması sonucu, fabrika ve ev bacaları ile arabaların eksoz borularından salınan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> gibi gazlar, inversiyon olayı ile yükselmekte ve baskın rüzgârlar yönünde taşınmaktadır. Taşman ve havada birkaç gün kalabilen bu gazlar, su buharının nisbeten yoğun olduğu bulutlar içinde su ile birleşip sülfirik veya nitrik aside dönüşürler. Sonuç olarak da, yağmur şeklindeki yağışlarla atmosferden yeryüzüne inip toprak, yapılar, göller, akarsular, denizler üzerine düşerler. Bu olaya "Asit yağmur" denilmektedir.

Çeşitli kaynaklardan çevreye yayılan SO<sub>2</sub>, önce atmosfer içinde oksitlenerek SO<sub>3</sub>-1'e döner. Ardından atmosferik su buharı (H<sub>2</sub>O) ve güneş ışığı ile etkileşerek, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in sulu solüsyonunu meydana getirir. Yağmurlu bir havada sülfirik asit; (H<sup>+</sup>) ve sülfat (SO<sub>4</sub>-2) iyonlarına ayrışır. Böylece asitli yağmurlar meydana gelmektedir. Asitlenmenin anlamı hidrojen iyonlarının miktarının yükselmesidir. Aynı şekilde NO<sub>x</sub>'in kimyasal reaksiyonları sonucu ise nitrik asit oluşmaktadır.

Asit oluşmasına elverişli nemli şartların bulunmaması halinde de, oksitler yüzlerce km. uzağa taşınabilecek kadar havada kalabilirler. Meydana gelen asit zerrecikleri ise fizyografik yapıya ve hava hallerine bağlı olarak yollarına devam eder ve belli yerlerde toprağa düşerler. Yoğunluk fazla olduğu zaman yakın çevreye doğrudan zarar veren bu asitler, aksi halde yükselerek bulutlara ka-

rişmektedir. Sülfirik asit yağmur sularında (H<sup>+</sup>) ve (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>) iyonlarına, nitrik asit ise (H<sup>+</sup>) ve (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) iyonlarına ayrılmakta, böylece yağmur sularında çözülmüş olarak taşınmaktadır.

Asit yağmurlar, aynı zamanda hava kirliliğinin indirekt göstergesidir. Ankara'da yapılan bir araştırmada, yağmurun ortalama pH'sının 5.4 olduğu tesbit edilmiştir.

## 5 Asit Yağmurların Yayılışı

Atmosfere yayılan kirleticilerin T7£>r\n'iv\mi pfkil^m\*=>cn iki yolla olmaktadır:

1) Kirleticilerin bir kısmı ilk birkaç gün içerisinde kaynağın yakınında, gaz ve partikül halinde yoğunlaşarak ağaçların yaprakları ve toprağın üzerinde birikirler. Buna kuru serpinti veya kuru birikinti (kuru depolanma) denir.

2) H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> ve HNO<sub>3</sub> atmosferde daha uzun süreli kalırlar. Bu süre zarfında çok uzak mesafelere kadar taşınan asitler, tekrar asit yağmurları halinde orman, göl, akarsu ve toprağa ulaşmaktadır. Buna da yaş serpinti (ıslak depolanma) denir.

Yaş ve kuru depolanmadaki en büyük pay H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>'e aittir. Birikimin yaklaşık 1/3'ü ise HNO<sub>3</sub>'den hasıl olmaktadır.

Kirleticilerin çözünmesiyle, vejetasyon ve toprak üzerine ıslak kirli tortular çökmektedir. Asit ve asit karakterli bileşikler, gaz veya aerosol halinde taşındığı gibi, partiküller yani katı parçacıklar halinde de etkili olmaktadır. Kuru birikintiyi oluşturan partiküller, rüzgârla yine partikül olarak orman içinde veya toprağa yakın tabakalarda taşınmaktadır. Bu tür kuru birikim genellikle kısa mesafelerde etkili olmaktadır. Kuru birikintiler de bilahare yağışlarla aside dönüşür.

## 6 Asit Yağmurların Etkileri

Asitlenmenin etki derecesi bazı faktörlere bağlıdır. Birin-

cisi, kuru ve/a ıslak birikintinin miktarı, ikincisi ise ormanın, toprağın ve suyun asitlenmeye karşı yapısal hassasiyeti, yani asidi bağlama özelliğidir.

Asit yağışlarının neden olduğu zararlar 4 grupta toplanabilir:

- 1) Toprakta oluşan zararlar
- 2) Göl, akarsu ve taban suyundaki zararlar
- 3) Ormanlardaki zararlar
- 4) Ziraat bitkilerindeki zararlar

## 7 Asit Yağışı ve Toprak

Gaz zararları üzerinde araştırmalar yapan muhtelif bilim adamları, bazı teorilerle konuya açıklık getirdiler. Bunlardan toprak içinde cereyan eden olayları açıklayan URLİCH'in "Sürekli Stress Teorisi" ne göre, asit yağmurları, ormanda hidrojen iyonlarının dolaşımındaki dengeyi değiştirmiştir. (H<sup>+</sup>) iyonlarının artmasıyla, asitli mıntıklarda bulunan orman toprağının pH değeri H<sup>+</sup> vüks^lmistir "Ru n<r|prile, bitki zehiri olan alüminyum iyonları çözünerek ince köklere bağlanmış ve kökler ölmüştür. Hava akımlarıyla taşınan kurşun ve kadmiyum partikülleri, asiditeyi aktif ve etkili kılarak toprakta yaşayan mikroorganizmaların zehirlenmelerine neden olmakta, hem humusun havalanmasına engel olmakta ve humusun parçalanmasıyla ortaya çıkan bitki gıda maddelerinin oluşumunu zorlaştırmaktadır. Serbest H<sup>+</sup> iyonlarıyla çabuk çözünen bitkisel gıda maddeleri, su damlacıklarıyla taban suyunda birikmektedir. İnce kökler gıda alımında zorlandığı için daha derinlere doğru uzanmaktadır.

SCUT'a göre, ormanlarda "Kaybolan Vitalite" nedenlerine bağlı olarak, pek çok hava kirletici maddeler yıldan yıla, asimilasyon organlarının çalışmasının karışık bir etkisiyle bo-

zularak azaldığını savunmaktadır. Böylece bitkilerdeki madde yapımı gittikçe gerilmekte, organların normal büyümesi azalmakta, toprak ve ibreler küçülmekte ve ince kökler yenilenememektedir. Tahrip olan yaşlı köklerde oluşan ve ağaçlarla karşılıklı faydalanan simbiyoz mikorize (Mykorrhiza) mantarları sindirilememektedir. Mantarların kaybolması ile bitki köklerinin üst yüzeylerinde oluşan boşluklara, hastalık etmeni bakteri ve mantarlar girmektedir. Bunlar ham besi suyuyla hareket ederek canlı odun tabakasına girmekte ve su dolaşımını engellemektedir. Böylece bitki, iklim faktörlerine ve böceklere karşı zayıf düşmektedir.

Toprak reaksiyonu; minerallerin kimyasal ayrışması, sekonder minerallerin oluşumu, humuslaşma, mikroorganizma aktivitesi ve kil yıkanması gibi pedolojik olaylar üzerinde önemli etkilere sahiptir. Böylece toprak pH derecesi düştükçe, kimyasal ayrışma hızlanmaktadır.

Toprağın asidifikasyonu ile kastedilen, topraktaki hidrojen iyonlarının miktarca artmasıdır. Topraktaki asit oranının yani H<sup>+</sup> iyonlarının artması (pH'nın düşmesi), toprak kimyası ve toprağın biyolojisini değiştirmeye başlar. Bu değişimle yüksek derecede zehirli elementler besin maddelerinde ortaya çıkar, bilahare serbest kalır ve tekrar sirkülasyona girerek yeniden ortaya çıkar. Bu suretle, eğer asitleşme devam ediyorsa, zehirli elementlerin zehirli etkisi gittikçe artarak devam eder.

Bazı besin maddeleri, düşük pH derecelerinde o kadar fazla alınırlar ki, bitkiye zehir etkisi yapabüirler. Bazı besin maddeleri ise düşük pH derecelerinde hiç alınamazlar. Bu defa da beslenme noksanlıkları meydana gelir. Meselâ orman

ağaçlan için optimum toprak reaksiyonu 5.5-6.5 dur.

Toprak reaksiyonu asit ise yani pH derecesi 5'in altına düşerse, toprak çözeltisi içindeki AL ve ağır metallerin konsantrasyonu (yoğunlaşması) artar. Bu takdirde bitkiler topraktan Al, Fe ve Mangan elementlerini bol miktarda alırlar. Aym zamanda toprağın şiddetli asit olması durumunda çözünüp açığa çıkan Al, Fe topraktaki fosforla kimyasal reaksiyona girip çözünmez bileşikler yaparlar. Bu sebeple şiddetli asit reaksiyonda fosforun alınması engellenmiş olur. Ayrıca Ca, Mg, K ve Mo'in alınması da, çok zorlaşır ve beslenme noksanlıkları meydana gelir.

Toprakta bulunan önemli besin maddelerinin kolaylıkla almabileceği durumda bulunmasını sağlayan optimal pH sınırları şöyledir:

Azot ve kükürt	5 - 8
Fosfor ve bor	5-7
CaveMg	>6-5
K	6
Demir ve mangan	< 5
Bakır ve çinko	5-7
Molibden	> 5

Toprak besin maddeleri ile toprak reaksiyonu arasındaki ekolojik ilişkilerden biri de bazı besin maddeleri ve humusun şiddetli asit derecesinde toprakta yıkanmasıdır. Aşırı derecede asit reaksiyonda, besin maddeleri ve humus, koruyucu kolloid halinde üst horizontan alt horizontlara taşınır, ve podsolleşme olayı meydana gelir. Topraktaki pH derecesi 3'den aşağıya düşünce Al ve Fe toprağın alt tabakalarına doğru şiddetle yıkanır ve derinlerde tekrar çökerler. Makro besin elementlerinin bu yolla yıkanmaları, toprağın verim gücünün azalmasına neden olduğu gibi, toprakta oluşan yüksek asitlik bir kısım mikro besin elementlerinin de olumsuz

yönde etkilenmesine sebep olmaktadır.

## 8 Topraktaki Zararı Etkileyen Faktörler

Toprak içinde birtakım kimyasal reaksiyonların cereyan etmesi sebebiyle, zarar üzerinde toprağın yapısı, mevsim, asit türü ve iyon miktarının etkileri vardır.

Normal şartlar altında bir toprağın pH değeri, asit ve bazların etkisiyle stabil durumda tutulur.  $CaCO_3$  bakımından zengin topraklarda pH derecesi yüksektir. Asit yağmurlar ise pH değerinin düşmesine sebep olur. Diğer taraftan toprağın asitlere karşı koyma kabiliyeti (tamponlama kapasitesi) onun ihtiva ettiği kolay çözünebilir minerallere ve bazlara bağlıdır. Kireç bulunan topraklarda tamponlama kapasitesi yüksektir.  $CaCO_3$  asitlerin H-iyonlarıyla toprak için zararsız olan ve suyla temas ettiğinde  $CO_2$  veren  $H_2CO_3$ 'e dönüşür. Ancak, pek çok toprakta  $CaCO_3$  yoktur. Bu yüzden ki,  $H_2SO_4$  özellikle Ca yönünden fakir bu tip topraklarda etkili olmaktadır.

Silikatlar, asitlerin tamponlanmasında çok yavaş kimyasal reaksiyon gösterirler. Kil mineral parçalarının asit miktarı ise kısa zamanda ortadan kalkmaz. Bu özelliklerinden dolayı kumlu ve killi topraklar, toprak asidifikasyonuna daha fazla uğrarlar.

Toprak çözeltisinde Ca ve Mg iyonlarının bulunması kation mübadele kapasitesinin oluşmasını sağlar. Kil minerallerinin yüzeyindeki  $Ca^{++}$  ve  $Mg^{++}$  iyonları, H- iyonları tarafından sıkıştırılır ve zorlanarak yer değişimi olayı meydana gelir. Eğer asit, toprakta bağlanmaz ve geriye yer değiştirme olayı olmazsa, kil minerallerinin üzerinde toplanan asit miktarı artar. Bu suretle hakiki be-

sin maddeleri olan  $Ca^{++}$  ve  $Mg^{++}$  iyonları, topraktan çözününceye kadar zorlanırlar. Çözünen bu maddeler toprak suyuyla yıkanılır ve yitirilen bu maddeleri kökler yeteri kadar alamazlar. Bu yüzden, kuru ve yaş birikinti halinde toprak yüzünde depolanan sülfat ve nitrat iyonlarının sürekli neşredilmesi, Ca, Mg ve K gibi elementlerin devamlı azalmasına sebep olacaktır.

Kil mineralleri yamnda toprağın kolloidal komplekslerinden birisi de humus kolloidleridir. Toprağa düşen asitler sebebiyle yoğunluğu artan aktif H- iyonları, kil minerallerinde olduğu gibi humus kolloidlerinin yerine geçerek, bu elementlerin topraktan taban suyuna karışmasına sebebiyet vermektedirler.

Asit yağmuruna maruz kalmasa bile, özellikle az geçirgen topraklarda Mg, Ca gibi başlıca elementlerin yağmur sularıyla yıkanıp taşınması dolayısıyla oluşan bir asitleşme olayına rastlanır. Bu bakımdan asit yağmurlar ve yağmurların indirekt etkileri tek başına değil, diğer iklim ve toprak faktörlerinin etkileriyle beraber ele alınmalıdır. Meselâ  $CaCO_3$  bakımından zengin topraklar, iyi bir kırıntı bünyesine sahip olur. Çünkü  $Ca^{++}$  kationları, negatif elektrikle yüklü kil taneciklerini çekerek bir araya getirirler ve böylece bol miktarda Ca kationunun bulunduğu topraklar, iyi bir kırıntı bünyesi kazanmış olur. Bu da toprağa iyi bir fiziksel özellik verdiği için, havalanma ve suyun geçirgenliği kolaylaşır. Böylece drenaj güçlüğü yüzünden meydana gelen yıkanmayla Mg ve Ca gibi kationların azalması ve dolayısıyla asitleşme olayı,  $CaCO_3$  ihtiva eden topraklarda nisbeten daha az olmaktadır.

Toprak vejetasyon sistemi tarafından yukarı çekilen N ve  $HNO_3$ , bir müddet için büyü-

meyi uyarıp teşvik edebilir. Mg ve Ca gibi önemli gıda maddelerinin kaybı özellikle topraklardaki N miktarı arttığı zaman kritik olabilir. Zira tabii denge bozulduğu için, artan N miktarı ile büyüme ve dolayısıyla besin talebi artar.

Orman topraklarının çoğunda Mg kaybı en büyük tehlikedir. Toprağın pH derecesi 5'den daha aşağı düştüyse toprak içindeki Al ve ağır metallerin konsantrasyonu artar ve kökler üzerinde zehir tesiri meydana gelir.

Kurak mevsimlerde toprak rutubeti azalır ve zehirli maddeler su ile buharlaşamaz. Böylece zehirli maddelerin konsantrasyonu artar. Eğer bu topraklar üzerinde vejetasyon mevcutsa, kombine tesirli ozon ve diğer çeşitli kirleticiler tarafından bu zehir etkisi artırılarak ağaçlar zayıf düşer.

Ormanlardaki ölü organik maddeler genellikle bakteri ve mantarlar tarafından ayrıştırılmaktadır. Asit ortamlarda bu faaliyet çok azalır. Toprak rutubetindeki metal konsantrasyonunun artması da bu organizmaların orman ekosistemindeki hayatietini doğrudan veya dolayısıyla etkiler. Canlıların en iyi barındığı pH dereceleri 5.6-7 dir. pH dereceleri 4.5-6 olduğu zaman ortam canlılar için kritik bir kuşak oluşturmaktadır. pH, 5'den aşağı düşürse pratik olarak toprak ve suda canlı kalmamaktadır.

## 9 Sonuç ve Öneriler

Toprak üzerine inen asit yağışına karşı alınacak tedbirler iki kısımda toplanabilir: Birincisi; Asit yağışların netice veren hava kirletici gazları kaynağında azaltmak; İkincisi, kirlenmiş toprak ve suların ıslahıdır.

1) Asit yağışlarını ve zararlarını azaltmanın en makul ve kestirme yolu, atmosfere yayılan zararlı gazları kaynağın-

da azaltmak, mümkünse yoketmektir. Zira bu, göllerin ve açık alanların Kireçlenmesi gibi çalışmalara göre daha pratik ve tavsiye edilen bir yoldur. Zararlı gaz emisyonunun azaltılmasına yönelik tüm tedbirler, dolayısıyla topraktaki asitleşmeyi de azaltacaktır. Bu tedbirler kısa ve uzun vadeli olabilir.

2) Asit yağmurlarına maruz kalmış yerler için ise, kireçleme veya diğer bazik maddeler kullanılması, gübreleme gibi öneriler getirilmiştir.

Asitli göllerin ve toprakların, kireç ve diğer alkali ürünler uygulanarak nötrleştirilmesine gidilmektedir. Doğrudan kireç tozu verilebileceği gibi  $HN_3$  (amonyak) gibi bazik maddeler de kullanılabilir.

Orman topraklarındaki asitleşmeye karşı kalsiyum fosfor (CaP), Thomesfosfat (% 45 CaO), kalsiyumfosfor azot (CAPN) ve kalsiyumfosforpotasyumazot (CAPKN) gibi maddeler kompoze gübreler olarak toprağa verilmektedir. Ca azlığı çekilen mıntıklalarda hektara atılan miktar 400 - 800 kg'dır. Kök sistemi zarar görmüş ağaçların bulunduğu ormanlarda ise, Mg, Zn ve Mo çözültisi veya süspansiyon hektara 10 - 20 kg olmak üzere, yaprak üzerine püskürtülmektedir.

## XAYNAXLAR

AYBERK, S.

1985. Yönetim ve Ekoloji Bilimlerinin Çevre Sorunlarının çözümüne Olan Katkıları. Tabiat ve İnsan dergisi, Yıl: 19, Sayı: 3

ÇANAĞÇIOĞLU, H.

1981. Orman Koruması. İstanbul Üniversitesi Yayınları, İ. Ü. Yayın No: 2838 XV - 296 s.

ÇEVİK, C. ve DİĞERLERİ

1988. Ankara'da Yağmurların Asitliğinin Tayini ile ilgili Bir Çalışma. Çevre ve İnsan Dergisi, Yıl: 3, Sayı: 8.

DEMETÇİ, E.

1984. Asit Yağmurlarının Orman Ürünlerine Etkileri. Tabiat ve İnsan Dergisi, Yıl: 18, Sayı: 4

ERASLAN, İ.

1984. Orman Ölümü. Tabiat ve İnsan Dergisi, Yıl: 18, Sayı: 4

HUN, E.

1988. Hava ve Deniz Kirliliği, Çevre Kirletici Bileşikler. Orman 88 Paneli, 23 Mart 1988, İzmir.

ORUÇ, N.

1988. Yatağan - Muğla Termik Santrali Bacasından Çıkan  $SO_2$  Gazının Hava Kahtesinin Korunması Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi. Çevre 88 Paneli, 99 Eylül Üniversitesi, MMF, 5 - 9 Haziran 1988, İzmir.

OZAN, K.

1985. Termik Santraller Doğayı Kirletir mi? Tabiat ve İnsan Dergisi, Yıl: 19, Sayı: 1.

ÖZGÜL, M.C.

1983. Asit Yağmuru. Tabiat ve İnsan Dergisi, Yıl: 17, Sayı: 1.

ÖZGÜREL, A.

1985. Gökova'dan "İsova" ya. Bilim Dergisi, Ocak 1985 Sayısı.

ÖZKAN, N.

1988. Asit Yağmurları ve Orman Tahribatı. Orman Mühendisliği dergisi, Yıl: 25, Sayı: 2

ÖZTAN, Y.

1985. Çevre Kirlenmesi. Karadeniz Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Genel Yayın No: 94, Fakülte Yayın No: 7

SARIBAŞ, M.

1984. Hava Kirliliği (Pollusyon) ve Hava Kirliliğinin Orman Etkisi. Tabiat ve İnsan Dergisi, Yıl: 18, Sayı: 3.

SEREZ, M.

1984. Hava Kirliliği. Tabiat ve İnsan Dergisi, Yıl: 18, Sayı: 3.

1985. Asit Yağmurlarıyla Gelen Orman Ölümleri. Tabiat ve İnsan Dergisi, Yıl: 19, Sayı: 1.

1986. Hava Kirletici Maddelerin Orman Ürünlerindeki Etkilerinin Önlenmesinde Almanya Federal Cumhuriyeti Örneği. Tabiat ve İnsan Dergisi, Yıl: 20, Sayı: 4.

SIRTLI, A.

1984. Asit Yağmurları. Orman Mühendisliği Dergisi, Yıl: 21, Sayı: 2.