
SERİ

B

CİLT

42

SAYI

1-2

1992

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



HAVZALARDA ORMAN VE OTLAK ALANLARI AMENAJMANININ SU VERİMİNE VE KALİTESİNE ETKİLERİ

Prof. Dr. Ertuğrul GÖRCELİOĞLU¹⁾

Kısa Özet

Hemen hemen bütün ülkelerde, kullanılabilir su gereksiniminin büyük bir bölümü ormanlık havzaların su veriminden karşılanmakta ve bu havzalarda arazi kullanımı, su verimini ve kalitesini olumsuz yönde etkilemeyecek bir düzenleme ile kontrol altında tutulmaktadır.

Ormanla kaplı havzaların daha fazla yağış aldığı, daha fazla ve daha iyi kalitede kullanılabilir su ürettiği dikkate alınarak, ülkemizde de su veriminden yararlanılan havzaların zaman geçirilmeden özel bir statüye kavuşturulması gerekmektedir.

1. GİRİŞ

Orman amenajmanının su verimi ve kalitesi üzerine etkileri konusundaki düşünceler yeni değildir. A.B.D.'de XIX. yüzyılın sonlarında ve XX. yüzyılın başlarında doğanın ve doğal bitki örtüsünün, özellikle ormanların korunmasını savunanlar toprak erozyonu ve bunun su kalitesine etkileri üzerinde durmuşlardır. Örneğin Gifford Pinchot (1910)'a göre "Toprak kaybı, A.B.D.'de etkinliğini sürdürmekte olan tüm kayıplar arasında en tehlikelidir. Kaybedilen (taşınan) toprak da başlıbaşına bir hasar ve masraf nedeni olmakta, bunun kanallardan ve akarsu yataklarından temizlenmesinin yıllık maliyeti çok büyük rakamlara ulaşmaktadır." Ayrıca "Mer'a bitkilerinin aşırı otlatma sonucu tahribini yüzey toprağının erozyonla kaybı, ormanların tahribi ve su veriminin -kalite açısından- gerilemesi izlemektedir."

Bununla birlikte, vejetasyon tahribinin su kalitesi üzerindeki potansiyel ve çok önemli bozucu etkisi konusunda ilgililerin tümünü ikna etmek mümkün olmamıştır. XX. yüzyılın başlarında "ağaç kesimini kısıtlamak ve uygun su akışı koşullarını güvence altına almak" amacıyla ormanlar

1) I. Ü. Orman Fakültesi, Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalı, 80895 Bahçeköy

ulusal orman koruma alanları sistemine dahil edilirken, A.B.D. Jeolojik Etüdler Kurulu'sunun Başkanını "İnsanın ormanlara yaptıklarının erozyona etkisi çok azdır" diyebiliyordu (KITTREDGE 1948).

Ülkemizde ise, su kaynaklarının havzalardaki ormanlarla bağıntısının anlaşılması ve su veriminin güvence altına alınması amacıyla önlemlere başvurulması çok eski tarihlere uzanmaktadır (KUTLUK 1954; 1967). Örneğin, İstanbul'un 1453 yılında Türkler tarafından fethinden sonra başlayan hızlı gelişme sonunda bir yandan nüfusun artması, öte yandan yabancı ülkelerden getirilen göçmenlerin İstanbul ve çevresinde yerleştirilmesi, ayrıca da büyük çapta bayındırlık hareketlerine girişilmesi nedeniyle orman ürünlerine duyulan gereksinme büyük ölçüde artmış, bu durum, kente yakın ormanların önemli derecede tahribine yol açmıştır. Bu tehlikeli gidiş üzerine Fatih Sultan Mehmet'in "Ormanlarımdan bir dal kesenin başını keserim" şeklindeki buyruğu ünlüdür. Bu arada **su bentlerinin, havuzlarının ve ıskaralarının bulunduğu yörelerde mevcut ağaçların kesilip köklenmesinin aynı zamanda su kıtlığını da doğurduğu** sonucuna varılmış, dolayısıyla su azalmasına yol açan hususların giderilmesi amacıyla daha Fatih döneminde "emr-i şerif"ler çıkarılmıştır. Bu emirlerin I. Mahmut zamanında 1733 (11 Rebiülevvel 1146) tarihli ve I. Abdülhamit zamanında da 1781 (10 Cemaziyelâhir 1195) tarihli hükümlerde mealen tekrarlanarak Haslar Mollasına ve Su Yolu Nazırına gönderildiği görülmektedir. Adı geçen emr-i şerif ve hükümlerde:

- "Mai leziz (tatlı su) başlarında ve etraf dağlarında ve ıskaralar ve havuzlarında vâki korulardan ağaç kesilmemesi..."

- Bu gibi yerlerin "... çıplak bırakılmakla suya küllî zararı olduğu..."

- Bazı kimşelerin "... koruları kesip suların bilküllüye kat' olunmasına (kesilip kurumasına) bais ve sebep oldukları..."

belirtilmekte, ağaç kesen ve kökleyenler olur ve bu hareketlerinde inat ederlerse, böyle kişilerle ilgili olarak da;

- "... tenbih ve tekit ve korucular nasp olunup biricik dahi kat' ederlerse (bir tek bile ağaç keserlerse) onların yanlarına adamlar koşup Divan-ı Hümayunuma göndersin ki, arabaların paralayıp kendilerin haklarından geline ve araba ve öküzleri ve beygir ve merkepleri mîrî için kabz olunup ve kendileri taş gemisine müebbet küreğe konula..."

şeklinde ağır cezalara da yer verilmiş bulunmaktadır (KUTLUK 1954; GÖRCELİOĞLU 1985, 1995).

Su verimi ile ormanlar arasındaki sıkı ilişki konusundaki bu bilinçli inanışın tarih boyunca ülkemizin her tarafında yaygın olduğunu gösteren çeşitli belgeler vardır. Örneğin, 1913 yılında Konya Valiliği'nin kendisine bağlı mutasarrıflıklardan ormanlar hakkında bilgi istemesi üzerine Burdur Mutasarrıflığının ilçelerdeki orman örgütüne yaptığı 10 Teşrinisani 1329 tarihli tamimde "İl dahilinde eskiden varolan ormanların büyük bir kısmının tahrip edildiği, kereste ve yakacak odunun yüksek fiyatla Bursa'dan sağlanması zorunluluğunun doğduğu, **ormandan yoksun kalan dağlardaki su kaynaklarının tümüyle kuruduğu**, yağmursuzluktan ot bile bitmediği için hayvancılığın gerilemeye başladığı..." bildirilmektedir (KUTLUK 1967; GÖRCELİOĞLU 1982).

Bütün dünyada havzaların su verimi üzerindeki araştırmalar başlangıçta öncelikle su kıtlığını önleyici, ya da sel ve taşkın zararlarını hafifletici doğrultuda olmuş, su kalitesine ve bitki besin maddeleri çevrimine ilgi gösterilmesi ve önem verilmesi ise ancak son 30 yılda gerçekleşmiştir.

Bu yazıda, havzalardaki ormanların su verimine etkisine kısaca değinilecek, orman ve otlak alanlarının su kalitesine etkileri ise daha ayrıntılı biçimde gözden geçirilecektir.

2. ORMAN ÖRTÜSÜ - SU VERİMİ İLİŞKİLERİ

Orman örtüsü-su verimi ilişkileri, yakın zamanlara kadar -büyük ölçüde farklı araştırma yöntemlerinden kaynaklanan- tartışmalara konu olmuştur. Ancak, özellikle 1950 yılından bu yana eski Sovyetler Birliği'nde, Orta Avrupa'dan Doğu Asya'ya, Kuzey Kutbundan Ekvator Kuşağına kadar

çeşitli bölge ve koşullarda yapılmış yüzlerce araştırma, ormanların havzalardaki su verimlerini artırıcı etkilerini açıkça ortaya koymuştur. Örneğin, alanları 480-12410 km² arasında değişen iki büyük havza grubu için yıllık ortalama akışlarla havzalardaki orman örtüsü yüzdeleri arasında:

$$q = 0,04 f + 3,4$$

şeklinde bir bağıntı olduğu bulunmuştur (Rakhmanov 1970). Burada;

q = yıllık ortalama akış (lt/san/km²)

f = havzanın orman örtüsü yüzdesi

dir. Buna göre -Beyaz Rusya koşullarında- ormanlık havzaların su verimleri, ormansız havzaların su verimlerinden yaklaşık iki kat daha fazladır. Orman örtüsünde her % 10'luk artışa karşılık yıllık ortalama akışta 12-17 mm'lik bir artış meydana gelmektedir.

Bir dizi başka çalışmada, meteoroloji istasyonlarında ölçülen yağış değerleri ile her bir istasyonu merkez kabul eden 30 ve 10 km yarıçaplı daireler içinde kalan orman alanları arasında sıkı bir korelasyon olduğu bulunmuştur. Polonya'da ve Sibirya'da yapılan benzer araştırmalar da, çeşitli iklim ve yükselti kuşaklarında yıllık yağışın artan orman örtüsü yüzdesine bağlı olarak arttığını ortaya koymuştur.

A.B.D.'de H. W. Lull ve W. E. Sopper'in 137 akarsu havzasına ait 17 yıllık akım gözlemlerine dayandırdıkları araştırma da dere akışı ile havzaların orman örtüsü yüzdeleri arasında pozitif ilişkiyi göstermiştir (RAKHMANOV 1970). A.B.D.'de yapılmış başka bir araştırma da, ormanla kaplı yukarı akarsu havzalarının daha fazla yağış aldığı ve daha fazla kullanılabilir su ürettiğini ortaya koymuştur (HOWARD/REINHARD 1963). Nitekim A.B.D.'de, ülkenin 1/3'ünü kaplayan ormanlık havzalar toplam yağışın yaklaşık 1/2'sini almakta, buna karşılık toplam yüzeysel akışın 2/3'ünün bu alanlardan derelere ulaştığı görülmektedir (GÖRCELİOĞLU 1984; ŞENGÖNÜL 1995). A.B.D.'de ormanlık alanların su verimi, ormansız alanların su veriminden ortalama olarak 6 kat fazladır (WOOLDRIDGE 1974).

Bu konuda yurdumuzdaki duruma ilişkin bir ön incelemeye göre, Türkiye akarsularının ekonomik olarak kullanılabilir kapasitesi olan 95 milyar m³/yıl'lık miktarın 48,1 milyar m³/yıl'lık bölümü orman alanlarından gelmektedir (KANTARCI 1993). Bu durumda Türkiye'de kullanılabilir yüzeysel su veriminin % 50,53'ü orman alanlarının ürettiği sudur. Başka bir deyişle Türkiye'nin kullanılabilir yüzeysel akışının en az 1/2'si, ülkenin yaklaşık 1/4'ünü kaplayan orman alanlarından akarsulara ulaşmaktadır.

Burada bazılarına kısaca değinilen yüzlerce araştırma, havzaların su verimi üzerine ormanların olumlu etkilerini açıkça göstermektedir. Bitki örtüsünün, özellikle ormanların, su kalitesi üzerine de önemli etkileri söz konusudur.

3. SU KALİTESİ: GENEL HUSUSLAR

Çok sayıda bileşenle ifade edilen "su kalitesi", bir dizi fiziksel (örneğin asılı sediment), kimyasal (örneğin nitrat) ve biyolojik (örneğin basiller) öğelerin ya da göstergelerin bir fonksiyonudur. Bu öge ya da göstergelerin birçoğu, tipik doğal koşullarda belli düzeylerde suda bulunurlar; fakat bu düzeyler gerek doğal olaylar, gerekse insan etkinlikleri nedeniyle önemli ölçüde değişebilir. Örneğin her akarsuda bir miktar asılı sediment bulunması doğal olmakla birlikte, orman yarıklarını ya da ormanlardan ağaç kesilmesi gibi olaylar bu asılı sediment düzeyini büyük ölçüde artırabilir.

"Su kirlenmesi", tipik olarak insan etkinlikleri ya da kararları nedeniyle su kalitesindeki bozulmayı ifade eder. Kuşkusuz ki, şiddetli yağışlar gibi doğal olaylar da su kalitesinde bozulmaya yol açabilirler. Kirlenme, bir parametrenin düzeyinin insanlar ve balıklar gibi önemli su kullanıcıların etkileneceği noktaya ulaşmasıyla meydana gelir. Bu bakımdan kirlenme olayı, hangi kullanı-

caların ya da kullanımların önemli kabul edildiğine bağlıdır. Bazı su kalitesi belirlemelerinde bunların hangi kullanımlar için uygun olduğu özel olarak belirtilmezken, diğer bazı belirlemelerde bunlar açıkça belirtilmektedir. Örneğin içme suyu standartlarında, bazı parametrelerin hangi düzeyde olduğu belirlidir. Diğer kullanımlar ya da parametreler için ise, kirliliğin ne zaman başladığı konusunda genel bir uzlaşma yoktur.

3.1. SU KİRLİLİĞİ KATEGORİLERİ

Su kalitesi konusundaki karmaşıklığı sadeleştirmek ve orman ve otlak alanlarından sağlanan suyun kirliliğine ilişkin sorunları belli bir çerçeveye oturtabilmek için, önce su kirliliği tiplerini ve kaynaklarını sınıflandırmak uygun olur. Su kirliliği 7 kategoriye ayrılır. Bu kategoriler ve her kategorideki kirliliği yaratan öğeler (parametreler) Tablo 1'de gösterilmiştir. Bu öğelerin ya da bileşenlerin çoğu, nehirlerde ve derelerde doğal olarak vardır ve amenajman etkinlikleri bunların düzeyini arttırabilir ya da azaltabilir. Kirliliğin hangi düzeyde sorun yaratacağı da bileşenden bileşene önemli ölçüde değişmektedir.

3.1.1. Patojenik Organizmalar

Patojenik (hastalık yapıcı) organizmalar arasında, ölçüt olarak sayılan dışkısal koliform ve dışkısal streptokok bakteriler, gibi belirli bakteriler, zararlı virüsler ve bazı mantarlar yer alır.

3.1.2. Organik Materyal

Atık ürünlerden ve ölü bitkilerden oluşan organik materyalin bakteriler tarafından ayrıştırılması için oksijene ihtiyaç vardır. Bu ayrışma (çürüme) süreci, balıkların ve suda yaşayan omurgasızların yararlandığı çözünmüş oksijeni bu canlılar için tehlikeli olacak düzeylere düşürerek "biyokimyasal oksijen talebi" yaratır. Bu süreç aynı zamanda suda renk değişimine ve koku oluşmasına da yol açabilir.

3.1.3. Bitki Besin Maddeleri

Bitki besin maddeleri esas itibarıyla çeşitli formlarda fosfor ve azot içerir. Yeterince yüksek besin maddesi düzeyleri su bitkilerinin ve suda yaşayan havyanların fazlasıyla çoğalıp büyümelerine neden olur; bunun sonucunda yüzen alglerle kaplı ve yoğun su bitkileriyle dolu bulanık bir ortam oluşur. Ötrofikasyon olarak bilinen bu durum suyun rekreasyon, balık ve yaban hayvanları açısından uygunluğunu büyük ölçüde ortadan kaldırır. Organik madde çürüyüp ayrışırken, suda çözünmüş halde bulunan oksijeni de azaltır. Ayrıca forfor ve (nitrat, nitrit ve amonyak halindeki) azot, balık ve insanlarda doğrudan doğruya zehirleyici (toksik) olabilmektedir; nitrat ve nitrit, özellikle çocuklarda toksik etkiye sahiptir.

3.1.4. Asılı Sedimentler

Asılı sedimentler çoğunlukla akan su kütlesi içerisinde dere boyunca taşınan çok küçük boyutlu toprak taneciklerinden oluşur. Asılı sedimentler bulanıklığı artırır ve bitki besin maddelerini, ağır metalleri, pestisitleri, patojen organizmaları ve diğer potansiyel kirlleticileri -toprak taneciklerine yapışmış halde- taşırlar. Asılı sedimenti oluşturan tanecikler dere yataklarında ve rezervuarlarda çöküp kalabilir ve böylece yatakların su taşıma, rezervuarların su depolama kapasitelerinin azalmasına, balıkların yaşama (özellikle yumurta bırakma) ortamlarının bozulmasına neden olabilir.

Tablo 1 : Başlıca Su Kirliliği Kategorileri ve İlgili Su Kalitesi Bileşenleri

Kategori	Başlıca Bileşen (Öge; Ölçüt)ler
Patojenik organizmalar	Dışkısal koliform bakteriler Dışkısal streptokok bakteriler
Organik materyal	Biyokimyasal oksijen talebi (BOT) Çözünmüş oksijen
Bitki besin maddeleri	Azot Nitrat Nitrit Amonyak Fosfor Çözünmüş iyonlar ve inorganik moleküller Sediment ya da organik materyalle askıda duran partiküller
Asılı sedimentler, siltler	Toplam asılı katı tanecikler Bulanıklık (türbidite)
Çözünmüş katı maddeler	Spesifik iyonlar Sodyum Potasyum Kalsiyum Magnezyum Karbonat Klorit Sülfat Demir Manganez Çözünmüş organik maddeler Genel ölçütler Toplam çözünmüş katı maddeler Elektrik iletkenliği
Toksik maddeler	Metaller Kadmiyum Kurşun Arsenik Çinko Bakır Krom Nikel Cıva Pestisitler (insektisitler, herbisitler, fungusitler) Diğerleri (esas itibarıyla poliklor bifeniller gibi organik bileşikler)
Diğerleri	Sıcaklık pH

3.1.5. Çözünmüş Katı Maddeler

Çözünmüş katı maddeler kategorisine bir grup (genellikle tuz denilen) iyonlarla çözünmüş organik bileşikler girer. Toplam çözünmüş katı madde miktarı ve özgül iletkenlik, bu iyonların toplam konsantrasyonunun iki ölçüsüdür. Çözünmüş katı madde düzeyinin yüksek olması boruları ve su tesisatını aşındırır (korozyona neden olur), sulanan bazı tarım ürünlerinde verimi azaltır, sabun ve deterjan tüketimini artırır ve balık ve diğer su canlılarına zarar verebilir.

3.1.6. Toksik (Zehirleyici) Maddeler

Toksik maddeler, fazlasıyla düşük konsantrasyonlarda bile zararlı etkileri görülen kimyasal maddelerdir. Bunlar arasında toksik ağır metaller (örneğin cıva, kurşun, kadmiyum, arsenik), ayrıca çeşitli sentetik -genellikle organik- pestisitler ve sanayi ürünleri (örneğin poliklor bifenil'ler) sayılabilir. Günümüzde kullanılmakta olan onbinlerce ticari kimyasal maddenin -ki A.B.D.'de bunların sayısı 60.000'in üzerindedir- çoğunun su ortamlarındaki zararlı etkileri henüz bilinmemektedir.

3.1.7. Sıcaklık ve pH

Sıcaklık artışları, balıkların ve sudaki omurgasızların yaşama ortamı koşullarını değişikliğe uğratabilir.

Asiditenin artması (pH'nin düşmesi), alüminyum gibi birçok elementi aktive eder; bunlar balıkların ve suda yaşayan diğer canlıların fizyolojik süreçlerini (yaşamsal işlevlerini) engeller.

3.2. SU KİRLİLİĞİ KAYNAKLARI

Su kirliliğine yol açan kaynaklar geniş anlamda noktasal kaynaklar ve noktasal olmayan kaynaklar olmak üzere iki kategoriye ayrılır (Tablo 2).

En önemli noktasal kirlilik kaynakları pis su arıtma tesisleriyle endüstri tesisleridir. Noktasal kirlilik kaynaklarında kirliliğe neden olan atık sıvılar, kaynağı kapalı bir boru ya da küçük bir kanal içinde terkeder. Bu sıvıların su kalitesi sürekli olarak izlenebilir ve kabul edilemeyecek düzeyde bir kalite bozulması doğrudan doğruya kaynağa bağlanabilir. Noktasal olmayan kaynaklardan doğan kirlilik ise daha çok arazi kesimlerinden süzülüp gelen yüzeysel akışla ortaya çıkar. Yüzeysel akışın yoğun olmayan yaygın taşınma mekanizması, kirlilik kaynağının aşağılarındaki (mansabındaki) noktalar dışında su kalitesindeki bozulmanın izlenip belirlenmesini güçleştirir.

Noktasal olmayan kaynaklardan kirlenme, Tablo 2'de görüldüğü gibi hemen her yerden ortaya çıkabilir. Yağışlardan sonraki yüzeysel akışların evsel atıkları, hayvan pisliklerini, endüstride kullanılan kimyasal maddeleri, taşımacılığın yan ürünlerini, inşaat çalışmaları nedeniyle taşınmaya hazır haldeki sedimenti ve diğer atık ve artıkları nehirlere ve derelere taşınması nedeniyle, başlıca su kirliliği kategorileri arasında önemli yer tutarlar. Madenler, arazi dolguları, hayvanların topluca bulunduğu ve beslendiği yerler ve kentsel atıksu sistemleri de bazı kirlilik kategorileri bakımından kaynak durumundadır. Ormanlar ve mer'alar bitki besin maddeleri ve asılı sediment kaynaklarıdır ve bunlar, pestisit ve herbisitler kullanılıyorsa aynı zamanda toksik madde kaynağı da olurlar. Öte yandan orman alanlarında, kesimlerin ya da yangınların ardından su sıcaklığında yükselme de meydana gelebilir.

Tablo 2 : Su Kirliliğinin Arazi Kaynakları ve Bunların Yol Açtığı Başlıca Kirlilik Kategorileri

Arazi Kaynakları	Kirlilik Kategorileri
NOKTASAL KİRLİLİK KAYNAKLARI	
Su arıtma tesisleri ¹⁾	Patojenler, organik materyal, bitki besin maddeleri, toksik maddeler
Endüstri tesisleri	Organik materyal, toksik maddeler
Termik santraller	Su sıcaklığında yükselme
NOKTASAL OLMAYAN KİRLİLİK KAYNAKLARI	
Kentsel alanlar ²⁾	Patojenler, bitki besin maddeleri, asılı sediment, çözülmüş katı maddeler, toksik maddeler
Çiftlik arazileri	Patojenler, bitki besin maddeleri, asılı sediment, çözülmüş katı maddeler, toksik maddeler
Maden alanları ³⁾	Asılı sediment, çözülmüş katı maddeler, toksik maddeler, pH
Dolgu alanları	Toksik maddeler vb.
Hayvan besleme yerleri	Patojenler, organik materyal, bitki besin maddeleri
Foseptik sistemleri	Patojenler, bitki besin maddeleri
Ormanlar	Organik materyal, bitki besin maddeleri, asılı sediment, toksik maddeler, su sıcaklığında yükselme
Otlak alanları	Bitki besin maddeleri, asılı sediment, toksik maddeler

1) Kentlerin taşkın suları dahil edilebilir.

2) İnşaat alanları dahil.

3) Madenler aynı zamanda noktasal kirlilik kaynağı da olabilir.

3.3. SU KİRLİLİĞİNE POTANSİYEL KATKISI OLAN SÜREÇ VE ETKİNLİKLER

Gerek insan etkinlikleri ve gerekse doğal süreçler su kalitesini etkileyebilmektedir (Tablo 3). İnsan ve hayvan dışkıları, patojenik organizmaların ve organik maddelerin su kütleleri içerisinde birikmelerine katkıda bulunur. Orman ve mer'aların buradaki rolleri pek fazla değildir; bunların katkısı bazı çürüyen bitki kısımlarından ve otlak hayvanları ile yaban hayvanlarının dışkılarından ve artıklarından ibarettir.

Bitki besin maddeleri katkısında bulunan doğal süreçler arasında organik materyalin çürüyüp ayrışması, azotun bağlanması (azot fiksasyonu) ve fosfor içeren kayaların çözülmesi sayılabilir. Bitki besin maddeleri konsantrasyonunu etkileyen başlıca insan etkileri ise evsel ve bazı endüstriyel sıvı atıklar, kentsel yüzeysel akış suları, yoğun hayvan dışkıları (örneğin kapalı hayvancılık yapılan yerlerin atıkları), sentetik deterjanların kullanılması, tarımda gübre kullanımı ve hava kirliliği yaratan çeşitli kirleticilerin atmosfere bırakılmasıdır.

A.B.D.'de, 928 lavzanın bitki örtüsü verilerine ve derelerdeki bitki besin maddeleri örneklemesine dayalı olarak ülkenin tümünü kapsayan bir analizde (OMERNİK 1977), tarım alanlarıyla

kaplı havzalarda yıllık bitki besin maddeleri (toplam fosfor ve toplam azot) konsantrasyonlarının, ormanlık havzalardakinden yaklaşık 9 kat, mer'a olarak kullanılan havzalardakinden de kabaca 4 kat yüksek olduğu bulunmuştur.

Tablo 3 : Su Kirliliğine Neden Olabilen Başlıca Doğal Süreçler ve Amenajman Etkinlikleri

Kategori	Etkinlik veya Süreç
Patojenik organizmalar	İnsan ve hayvan dışkıları
Organik materyal	İnsan ve hayvan dışkıları Doğal bitki materyalinin (öneğin dökülen yaprakların) çürüyüp ayrışması Bitkisel üretimde hasat artıkları Endüstriyel sıvı atıklar (örneğin kâğıt fabrikalarından)
Bitki besin maddeleri	Atmosferde birikme Organik bitki materyalinin çürütmesi Azot gazının bitkiler tarafından bağlanması Fosfor içeren kayaların çözülmesi Kentsel sıvı atıklar Tarımsal gübrelerin yüzeysel akıyla taşınması Hayvan dışkıları Kentlerden yüzeysel akış Sentetik (fosforlu) deterjanların kullanılması Ormanlarda kesim ya da yangın sonrasında bitki besin maddelerinin serbest kalması
Asılı sedimentler, siltler	Taşkın nedeniyle kıyılarda erozyon Şiddetli orman yangınları sonrasında meydana gelen erozyon Tarımsal uygulamalardan kaynaklanan erozyon İnşaat alanlarındaki erozyon Ormanlarda kesim ve yol yapımından kaynaklanan erozyon Aşırı hayvan otlatmadan kaynaklanan erozyon Madencilik
Çözülmüş katı maddeler	Kayaç ve toprağın suda çözünmesi Atmosferde birikme Kentsel atık sular ve yüzeysel akış Yollarda tuz kullanımı Sulamanın konsantrasyonu artırıcı etkileri
Toksik maddeler	Çeşitli yerel yönetim ve endüstri etkinlikleri Motorlu araç kullanımı Madencilik Pestisit ve herbisit kullanımı
Diğerleri	Sıcaklık yükselmeleri Termik santrallarda soğutma için su kullanılması Akarsu boylarındaki vejetasyonun kesilerek veya yangınla yok olması Asidite Madencilik ve drenaj

Aslı sedimentlerin büyük bir bölümü erozyondan kaynaklanır. Erozyon ise, bilindiği gibi yağışın ve yüzeysel akışın doğal bir sonucudur. Erozyona yol açan belli insan etkinlikleri tarım topraklarının işlenmesi, inşaat çalışmalarına bağlı olarak arazinin tedirgin edilmesi, ormanlarda üretim (kesim) ve yol yapımı, otlayan hayvan sayısının fazlalığı ve madencilik olarak sıralanabilir.

Tuzların akarsu sistemine girmesi, kaya ve toprakların doğal olarak çözülmesinden, doğal ve fosil yakıtlardan kaynaklanan iyonları içeren atmosferik yağışlardan, kentsel ve endüstriyel su atıklarından, yollarda buzlanmayı önlemede kullanılan tuzdan ve sulamanın etkilerinden kaynaklanır.

Toksik kimyasal maddeler, doğal ve sentetik çeşitleriyle tüm dünyada özellikle endüstri, tarım ve madencilik amacıyla kullanılmaktadır.

4. A.B.D.'DEKİ SU KALİTESİ ARAŞTIRMALARININ SONUÇLARI

Burada, A.B.D. Tarım Bakanlığı Orman Servisi'nin ülkenin tümünü kapsayan ve orman ve mer'alardaki çeşitli işletmecilik uygulamalarının buralardan sağlanan suyun kalitesine etkilerini konu alan bir araştırma raporundan (Binkley/Brown 1993) bazı önemli hususların kısaca özetlenmesi yararlı olacaktır.

Ormanlık havzalardan gelen su, ormanlar ister doğal durumunda (bakir), ister yoğun bir işletmecilik altında bulunsun, tipik olarak en iyi kalitededir. "En iyi amenajman pratikleri" geliştirilip kullanıldığı takdirde, ormancılık çalışmaları genellikle su kalitesinde önemli sayılabilecek bozulmayı önleyebilmektedir. Burada sözü edilen "en iyi amenajman pratikleri", "su kirlenmesini önleyen ya da azaltan, yapısal ve yapısal olmayan kontrolleri içermekle birlikte bunlarla kısıtlı olmayan yöntemler, önlemler ya da pratiklerle operasyon ve bakım prosedürleri" olarak tanımlanmaktadır (WILKINSON/ANDERSON 1985). En iyi amenajman pratikleri, kirlilik yaratan etkinliklerden önce, böyle etkinlikler sırasında ya da bu etkinliklerden sonra, kirleticilerin havza akarsularına ulaşmasını azaltmak ya da tümüyle engellemek amacıyla uygulanabilir. En iyi amenajman pratiklerinin geliştirilmesinde ekonomik, kurumsal ve teknik faktörler göz önünde tutulacaktır.

4.1. ASILI SEDİMENT

Derelerde sediment yükünün artması, ormanlardaki en yaygın su kirliliği sorunudur.

Derelerdeki sediment konsantrasyonlarına en büyük katkı orman yollarından gelmektedir. Yol dizaynı ve bakımı, sediment sorunlarının en aza indirilmesinde kritik önem taşıyan hususlardır.

Ormancılık uygulamalarının sedimentle ilgili özellikler üzerine en önemli ekolojik etkileri, akarsu strüktüründe fiziksel değişiklikler yaratmasıdır. Bu değişiklikler çakıllı dere yataklarında küçük boyutlu taneciklerin (sediment partiküllerinin) artması, dere kıyılarının erozyona uğraması, dere yatağının genişlemesi, yatak derinliğinin azalması ve yatakta yer yer mevcut derin göllenmelerin ortadan kalkması şeklinde gerçekleşir. Dere strüktürünün bu fiziksel özellikleri, ormancılık uygulamalarının olumsuz etkilerinin izlenip belirlenmesinde doğrudan doğruya su kütlesi içindeki sediment konsantrasyonlarının ölçülmesinden daha iyi bir görüş sağlayabilir.

4.2. NİTRAT KONSANTRASYONLARI

Ormancılık pratikleri açısından nitrat, genellikle kritik önem taşıyan tek iyondur. Diğer iyonlar (örneğin fosfat ve kalsiyum), su kalitesi standartlarındaki kritik değerlerin daima altındaki konsantrasyonlarda kalır (MacDONALD *et al.* 1991). En iyi amenajman pratiklerine ilişkin düzenlemeler nitrat konsantrasyonlarını kısıtlamayabilir; çünkü akarsular boyunca bulunan bitki örtüsü şeritlerinin (vejetasyon tamponlarının) her bölgede pik nitrat konsantrasyonlarını azaltacağı konu-

sunda kesin bilgi ve veri yoktur. Fakat çoğu ormanlarda -aşağıdaki istisnalar dışında- çok düşük nitrat düzeyleri görülmektedir.

Kuzeybatı Pasifik bölgesindeki kızılgaç ormanlarını drene eden derelerin hemen tümünde ortalama nitrat - N konsantrasyonları 1 mg/lit düzeyindedir; pik değerler ise 10 mg/lit'lik içme suyu standardının üzerindedir. Bazı kızılgaç ormanlarında kesimden sonra nitrat çıktılarının azaldığı, bazılarında ise arttığı gözlenmiştir; bu farklı sonuçların gerisindeki mekanizma henüz net biçimde açıklanamamaktadır.

Appalachian Dağlarının yüksek kesimlerindeki ladin ve kayın ormanlarıyla kaplı havzalardaki derelerin 1500 m yükseltideki ortalama nitrat-N konsantrasyonları 5 mg/lit düzeyindedir. Toprak çözeltisi konsantrasyonlarının ortalaması 2-4 mg/lit dolayında olup, pik değerler daha yüksektir. Bu ormanlarda kesim ya da zayıflama gibi herhangi bir değişiklik, nitrat konsantrasyonlarını su kalitesi standartlarının yakınlara (kritik düzeye) yükseltebilir.

Arizona ve Kaliforniya'daki makilik ve çayırılık havzalarda da ilginç bir durum dikkati çekmektedir. Nitrat konsantrasyonları makilik havzalarda yüksek olma eğilimindedir ve vejetasyonun çayıra dönüştürülmesi nitrat konsantrasyonunu önemli ölçüde arttırmaktadır (RIGGAN *et al.* 1985; DAVIS 1987).

Başka bir ilginç örnekle A.B.D.'nin kuzeyindeki yapraklı ormanlarda karşılaşılmaktadır. Müdahale görmemiş ormanların bazılarında dere suyunda yüksek nitrat konsantrasyonları ölçülmüş, kesimler sonrasında nitrat konsantrasyonlarında büyük artışlar olduğu saptanmıştır.

İleride de değineceğimiz gibi, ormanda gübre kullanımı da sularda yüksek nitrat konsantrasyonlarına neden olabilmektedir.

4.3. ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN

Derelerdeki oksijen konsantrasyonları, artan su sıcaklığı ve kolayca oksitlenebilen organik maddenin suya katılması nedeniyle azalabilmektedir. Çok küçük boyutlu organik döküntülerin az su akıtan derelere fazla miktarlarda ulaşip karışması, çözünmüş oksijen düzeyini 1 mg/lit'nin altına düşürebilmektedir.

4.4. SU SICAKLIĞI

Dere yataklarına gölge sağlayan orman örtülerinin kesilmesi ya da yok edilmesi, radyasyon girdisini artırarak maksimum dere suyu sıcaklıklarını 5°C ya da daha fazla yükseltebilir. Kış sonlarında ve ilkbaharda su sıcaklığının normalden daha yüksek olması balıkların ve suda yaşayan diğer organizmaların alışılmış yaşam aşamalarını hızlandırabilmekte, yüksek sıcaklıkların yaz sonlarındaki alçak akışlarla aynı zamana rastlaması durumunda ise balık popülasyonları olumsuz yönde etkilenmektedir. Dere kıyılarındaki bitkilere dokunulmaması (tampon şeritler bırakılması), bu sancıya karşı etkili bir uygulamadır.

4.5. ORMANDA KİMYASAL MADDELERİN KULLANILMASI

Azot gübrelerinin uygulanması, dere suyunda azot konsantrasyonlarını artırır; üre ve amonyak düzeyleri çoğunlukla kritik düzeylerin oldukça altında kalmakta, ancak nitrat düzeyleri yüksek konsantrasyonlarda pik değerlere ulaşabilmektedir.

Kurallara uygun herbisit uygulamalarının su kalitesini bozmadığı saptanmıştır; herbisit kullanımının sonrasında derelerdeki herbisit konsantrasyonları genellikle 0.1 mg/lit'den azdır. Dere florasının etkilenmesi ancak 2 mg/lit'den büyük konsantrasyonlarda söz konusudur. Dere kıyıları boyunca vejetasyonu kontrol altına almak amacıyla herbisit kullanımının akarsular üzerinde çeşitli

dolaylı etkileri olabilir; ışığın artması, yatak kıyılarında dengenin zayıflaması, dereye organik madde girdisinin değişikliğe uğraması bunlar arasındadır.

4.6. OTLATMA ETKİLERİ

Ağır otlatmanın akarsu boylarındaki vejetasyona ve erozyon şiddetine etkileri çok sayıda araştırma ile ortaya konmuş olmasına karşılık, bunun su kalitesi üzerine etkilerini belirleyen araştırma çok azdır.

Sediment konsantrasyonları, otlatma yapılan havzalarda diğerlerine göre çoğunlukla daha yüksek olabilir; fakat otlatma yapılan havzalarda suların bakteriyolojik kirlenmesi genellikle daha fazladır. Dere kıyılarını ve buralardaki vejetasyonu koruyan amenajman uygulamaları, otlatmadan kaynaklanan sedimentasyon zararlarının (suların sedimentle kirlenmesinin) en az düzeyde tutulmasına yardımcı olur. Otlatmanın suların mikrobiyolojik kalitesine etkilerini önlemek için ise araştırmalar sürdürülmektedir.

4.7. KÜÇÜK HAVZA ARAŞTIRMA SONUÇLARININ GENELLEŞTİRİLMESİ

Ormanlık uygulamalarının direkt ve gecikmesiz etkileri tipik olarak küçük yanderelerde görülür ve ormancılık uygulamalarına ilişkin bilgi ve verilerin hemen tümü, yüzölçümleri 10-100 ha arasında olan küçük havzalardaki araştırmalardan elde edilmiş bulunmaktadır. Bu havza büyüklükleri dere balıkcılığı açısından önemlidir; ancak içme suyu kalitesine ilişkin sorunlar daha büyük akarsularda önem kazanır. Küçük havzalardan elde edilen araştırma sonuçlarının büyük havzalara ekstrapolasyonu ve bölgesel ölçekte kullanılması doğrultusunda bazı çalışmalar vardır. Ancak, ormancılık uygulamalarının içme suyu kalitesiyle bağlantıya getirilmesinde böyle bir ekstrapolasyon yanıltıcı ve kritiktir (BINKLEY/MacDONALD 1993). Bununla birlikte, "en iyi amenajman pratikleri" uygulandığı takdirde çoğu ormancılık çalışmalarının olumsuz etkileri önemsenmeyecek kadar hafif olmaktadır.

4.8. "EN İYİ AMENAJMAN PRATİKLERİ"

A.B.D.'de arazi işletmecileri, gönüllü olarak ya da hukuki düzenlemeler gereği yasal olarak bir dizi arazi amenajman pratiklerini uygulamaya teşvik edilmekte, eyalet programları ve yerel (lokal) programlar bu teşvik ve yönlendirme esasına dayandırılmaktadır. Bu pratikler çoğunlukla "en iyi amenajman pratikleri" olarak adlandırılmakta, "kabul edilebilir amenajman pratikleri", "ormancılık pratikleri kuralları" ve benzerleri gibi çeşitli terimlerle de ifade edilmektedir. Daha önce tanımladığımız "en iyi amenajman pratikleri" arasında aşağıda sayılanlar, ağaç kesiminden (ormancılıkta tomruk üretiminden) kaynaklanan kirlenmeyi en az düzeye indirmek ya da tümüyle önlemek amacıyla kullanılmaktadır:

1. Sürekli ve kesintili su akıtan dereler boyunca -kesimin yasaklandığı ya da sadece yüksek değerdeki veya arzu edilmeyen ağaçların seçme kesimine izin verildiği- tampon şeritler bırakılması.
2. Dere yatakları üzerinde -onaylanmış menfez ve köprüler dışından- sürütme suretiyle nakliyatın yasaklanması.
3. Ormanlarda kesimin kalifiye bir ormancı ya da orman mühendisi gözetim ve denetiminde yapılması.
4. Üretimin, bir defada tüm işlerin tamamlanabileceği bloklara inhisar ettirilmesi.
5. Üretim artışı tepe ve dalların dere yakınlarında bırakılmasının yasaklanması.
6. Orman içi sürütme ve nakliyat yollarıyla depo yerlerinin, toprak kaybına neden olmayacak şekilde projelendirilip konumlandırılması.

7. Üretim çalışmalarının tamamlanmasından sonra sürütme ve orman içi nakliyat yollarının kullanıma kapatılması.

8. Gereken yerlerde erozyon kontrol yapılarının ve drenaj tesislerinin gerçekleştirilmesi.

9. Bitki örtüsünün sürekliliğini sağlamak üzere ekim/dikim yapılması ve diğer önlemlerin alınması.

10. Üretim (kesim ve taşıma) çalışmalarının çok yağışlı ve toprakların ıslak olduğu dönemlerde yasaklanması (LYNCH *et al.* 1985).

Otlak alanları için resmen belirlenmiş "en iyi amenajman pratikleri", ormanlar için belirlenmiş olanlar kadar yaygın değildir. Bununla birlikte A.B.D.'nin özellikle Batı eyaletlerinde bu konuda adımlar atılmaktadır. Otlaklarda uygulanacak "en iyi amenajman pratikleri",

1) otlatılan hayvan sayılarının,

2) otlatma zamanının,

3) çitleme, çoban denetiminde otlatma, tuzlama ve sulama noktalarını uygun şekilde konumlandırma yoluyla) otlakta hayvan dağılımının kontrol altına alınması suretiyle otlatma şiddetinin kısıtlanması esasına dayanmaktadır (CHANEY *et al.* 1990). Otlak alanlarında "en iyi amenajman pratikleri"nin uygulamaya geçirilmesinde çoğunlukla akarsu boylarına öncelik verilmektedir. Çünkü buralarda otlatmanın su kalitesi üzerindeki potansiyel etkileri en üst düzeydedir. Yukarıda sayılan yollarla otlatma şiddetinin kısıtlanması dışında düşünülen önlemler ise otlak vejetasyonunun ekimle iyileştirilmesi, çalılık (makilik) alanların dikkatle amenajmanı ve kontrollü yakma doğrultusundadır.

"En iyi amenajman pratikleri"nin, hasat, otlatma ve diğer etkinliklerin etkilerini kabul edilebilir sınırlar içinde tutacak şekilde düzenlenmesi de mümkündür. Ancak, belirli bir "en iyi amenajman pratikleri" setinin kullanılmasıyla bir yerde başarılı sonuç alınması, aynı pratiklerin başka bir yerde de başarılı olacağı anlamına gelmez. Yöreye uygun "en iyi amenajman pratikleri"nin seçilmesinde topraklar, eğim, hava halleri ve daha birçok faktörler göz önünde tutulmalıdır.

Bazı durumlarda, örneğin stabil olmayan dik eğimli alanlarda toprak kaybını kabul edilebilir sınırlar içinde kontrol altına almada sadece "en iyi amenajman pratikleri" yeterli olmayabilir. Böyle yer ve durumlarda arazi amenajmanı planlaması sürecinin kamu arazilerinde kullanılması ve yalnız buralarda hasadın yasaklanması ya da kısıtlanması düşünülmelidir.

A.B.D.'de çeşitli arazi kullanımlarında toprak kaybının belirli sınırları aşmamasının zorunlu olduğu düşünülürse (GÖRCELİOĞLU 1988), "en iyi amenajman pratikleri" spesifikasyonlarının toprak kaybı toleransı standartlarına uyum sağlayacak biçimde sürekli izlenmesinin ve değişikliğe uğratılmasının gerekliliği de anlaşılacaktır.

4.9. UYGULAMALARIN DENETİMİ

"En iyi amenajman pratikleri" yerel olarak belirlenip yürürlüğe girdikten sonra uygulanmasının sağlanması, bu pratiklerin kullanılmasıyla amaçların ne ölçüde gerçekleştiğinin saptanması ve buna göre -eğer gerekiyorsa- "en iyi amenajman pratikleri"nin gözden geçirilip yeniden düzenlenmesi söz konusudur. Halen A.B.D.'de 50 eyaletin 36'sında uygulamaların sürekli izlenmesi ve denetimi gerçekleştirilmektedir.

5. SONUÇ

Ormancılık çalışmaları, sıcaklık değişimine yol açmak, çözünmüş oksijen konsantrasyonlarını düşürmek, nitrat-N ve asılı sediment konsantrasyonlarını yükseltmek suretiyle derelerde su kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Akarsu yataklarının kıyıları boyunca mevcut bitki örtüsüne dokunulmaması ve ağaçların kesim dışı bırakılması ile oluşturulacak tampon şeritlerin dere

suyunda arzu edilmeyen sıcaklık artışlarını hemen her durumda engellediği çeşitli araştırmalarda görülmüştür (BINKLEY/BROWN 1993-a). Uygulanan orman kesimleri sonucunda dere suyundaki oksijenin azalması (tüketilmesi) de ender karşılaşılan bir durumdur; ince (çok küçük boyutlu) organik atıkların derelere karışmasının minimumda tutulması, yüksek bir biyolojik oksijen talebi oluşmasını önlemektedir. Ormanda üretim (kesim ve taşıma) çalışmaları nitrat konsantrasyonlarını yükseltebilir, fakat bu artış çoğunlukla kabul edilebilir su kalitesi standartları içerisinde kalmaktadır. Ormanlık çalışmalarıyla bağlantılı olan en önemli su kalitesi parametresi asılı sedimenttir. Bu çalışmalarla ilişkili olarak dere yatağı koşullarında meydana gelen değişimler (örneğin yatak tabanındaki materyal içinde ince sediment oranının artması) da önem taşır. "En iyi amenaajman pratikleri"nin uygulanmasıyla asılı sediment konsantrasyonları genellikle en az düzeye indirilebilmektedir. Bazı durumlarda oldukça masraflı olan bu uygulamaların daha etkili kılınabilmesi için çeşitli ormanlık pratiklerinin özellikle erozyon/sedimentasyon üzerindeki etkilerinin daha entansif şekilde incelenip izlenmesi büyük yarar sağlayacaktır.

Bu yazıda üzerinde durulan hususlardan da anlaşılacağı üzere ormanlık havzaların su verimi büyük önem taşımakta, böyle havzalardan elde edilen suyun kalitesinde herhangi bir bozulma olmaması için ileri ülkelerde yoğun araştırmalara dayalı, özel uygulamalara gidilmektedir. Ülkemizde ise su toplama havzalarındaki akıl ve bilim dışı başıboşluğun giderilmesinden sonra bu doğrultudaki araştırma ve uygulamalara bizde de gereksinme duyulacağı kuşkusuzdur.

KAYNAKLAR

- BINKLEY, D.: BROWN, T.C. 1993: *Management Impacts on Water Quality of Forests and Rangelands*. U.S.D.A. Forest Service, General Technical Report RM-239.
- BINKLEY, D.: BROWN, T.C. 1993/a: *Forest Practices as Nonpoint Sources of Pollution in North America*. *Water Resources Bulletin*, Vol. 29, No. 5, 729-740.
- BINKLEY, D.: MacDONALD, L. 1993: *Forests as Non-point Sources of Pollution, and Effectiveness of Best Management Practices*. National Council for Air and Stream Improvement, Technical Bulletin, New York.
- CHANEY, E.: ELMORE, W.: PLATTS, W. S. 1990: *Livestock Grazing on Western Riparian Areas*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- DAVIS, E.A. 1987: *Chaparral Conversion and Streamflow: Nitrate Increase is Balanced Mainly by a Decrease in Bicarbonate*. *Water Resources Research*, 23: 215-224.
- GÖRCELİOĞLU, E. 1982: *Banı Toros Göller Bölgesinde Özellikle Burdur Gölü Çevresindeki Sedimentasyonun Yaygınlığı, Önemi ve Alınması Gereken Havza İslah Önlemleri*. İstanbul Üniversitesi Yayın No. 2908, Orman Fakültesi Yayın No. 313, İstanbul.
- GÖRCELİOĞLU, E. 1984: *Havzaların Su Verimleri Üzerine Ormanların Etkileri*. İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri B, Cilt 34, Sayı 2.
- GÖRCELİOĞLU, E. 1985: *Belgrat Ormanındaki Tarihî Bentler*. İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 35, Sayı 3.
- GÖRCELİOĞLU, E. 1988: *Toprak Kaybı Toleransı Üzerine Bir İnceleme*. İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 38, Sayı 3.

GÖRCELİOĞLU, E. 1995: *Su Havzaları Kullanımının Su Verimine ve Kalitesine Etkileri. İstanbul Su Kongresi - 21-25 Haziran 1995 - Bildirileri, İstanbul.*

HOWARD, W.; REINHARD, K.G. 1963: *Increasing Water Yield in the Northeast by Management of Forested Watersheds. USDA Forest Service Research Paper NE-1.*

KANTARCI, D. 1993: *Türkiye'nin En Önemli Çevre Sorunu Toprak Erozyonudur. Erozyonun Önlenmesi ve Ülkenin Devamlılığının Sağlanması İçin Yapılacak Ağaçlandırmalara Kaynak Yaratmalıyız. 1. Ormanlık Şurası, Tebliğler ve Ön Çalışma Grubu Raporları, Cilt 1, Orman Bakanlığı Seri No. 13, Yayın No. 006, Ankara.*

KITTREDGE, J. 1948: *Forest Influences. McGraw-Hill, New York.*

KUTLUK, H. 1954: *İstanbul'da Tarih Boyunca Su, Kereste, Yakacak, Ağaçlama ve Kontrol İşleri. Orman ve Av, Yıl 26, Cilt 26, Sayı 5 (Mayıs 1954).*

KUTLUK, H. 1967: *Türkiye Ormanlığı İle İlgili Tarihi Vesikalar. OGM Yayını, Sıra No. 367, Seri No. 19, Cilt 2, Ankara.*

LYNCH, J. A.; CORBETT, E. S.; MUSSALLEM, K. 1985: *Best Management Practices for Controlling Nonpoint Source Pollution on Forested Watersheds. Journal of Soil and Water Conservation. 40: 164-167.*

MacDONALD, L.H.; SMART, A.W.; WISSMAR, R.C. 1991: *Monitoring Guidelines to Evaluate Effects of Forestry Activities on Streams in the Pacific Northwest and Alaska. USEPA/910/9-91-001, Seattle, Washington. United States Environmental Protection Agency.*

OMERNİK, J. M. 1977: *Nonpoint Source-Stream Nutrient Level Relationships: A Nationwide Study. EPA-6 00/3-77-105, Corvallis, Oregon.*

PINCHOT, G. 1910: *The Fight for Conservation. Doubleday, New York.*

RAKHMANOV, V.V. 1970: *Dependence of Streamflow Upon the Percentage of Forest Cover of Catchments. Proceedings of the Joint FAO/USSR International Symposium on Forest Influences and Watershed Management, Moscow.*

RIGGAN, P. J.; LOCKWOOD, R. N.; LOPEZ, E. N. 1985: *Deposition and Processing of Airborne Nitrogen Pollutants in Mediterranean-type Ecosystems of Southern California. Environmental Science and Technology, 19: 781-789.*

ŞENGÖNÜL, K. 1995: *Su Üretimi Açısından Yağış Havzalarının Bitki Örtüsü. İstanbul Su Kongresi -21/25 Haziran 1995- Bildirileri, İstanbul.*

WILKINSON, C. F.; ANDERSON, H. M. 1985: *Land and Resource Planning in National Forests. Oregon Law Review, 64 (1-2).*

WOOLDRIDGE, D. D. (Çeviri: E. GÖRCELİOĞLU) 1974: *Toprak İçinde ve Derelerde Su İletimi. İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 24, Sayı 1.*