
SERİ

B

CİLT

43

SAYI

1 - 2

1993

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



SU KALİTESİNİN TAYİNİNDE KULLANILAN PARAMETRELER VE ORMAN EKOSİSTEMLERİ İLE ORMANCILIK UYGULAMALARININ BUNLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Prof. Dr. Necdet ÖZYUVACI¹⁾

Kısa Özet

Zamanımızda giderek gelişen endüstri ve hijyenik anlayış, tüketiminde suyun en az miktarı kadar kalitesi üzerine de eğilmeyi zorunlu kılmaktadır. Sularda kalite ayırımı bazı fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametreler esas alınarak yapılmaktadır. Bu konudaki sınıflandırmalarda suların sadece kullanım yerlerinin isteklerine göre değil, birçok kirleticilerin massedilebileceği alıcı bir ortam olarak da değerlendirildikleri görülmektedir.

Su kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili çalışmalarda uygulama birimi olarak genellikle yağış havzaları alınmaktadır. Gelişim potansiyeline sahip havzalarda elde edilecek suyun miktarı, kalitesi ve rejimi üzerinde arazi kullanma şekillerinin olduğu kadar yağışlarla yeryüzüne ulaşan suyun toprak yüzeyi ile taban suyu arasında yer alan ve "Havalanma zonu" olarak tanımlanan katmanlardaki hareketi de etkin bir rol oynamaktadır. Bu havzalar özellikle ormanlık alanların yaygın olduğu kesimlerde yer aldığından, orman ekosistemleri ve ormancılık uygulamaları havza hidrolojisindeki işlevleri bakımından bu konuda büyük bir önem taşımaktadır.

1. GİRİŞ

Yaşamak için günde ortalama olarak en az 2.5 litre su alması gereken insanın günlük su ihtiyacı sadece içme suyundan ibaret değildir. Yemek pişirmek ve temizlik gibi en basit gereksinimlerinin karşılanması bile içilen sudan çok fazlasını gerektirir. En ilkel toplumlarda dahi bu miktar 22.5 litreyi bulabilmektedir. Bugün içinde yaşadığımız uygar ortamda hızlı nüfus artışı yanında, yerine göre günde fert başına 500 litrenin üzerinde su tüketildiği ve bunun yaklaşık 350 litresinin kirlenmiş olarak geri döndüğü gözönünde tutulursa, gerek ihtiyaçların karşılanması, gerekse mevcut doğal su kaynaklarında kirlenme sorunlarına çözüm bulunmasının hiç de kolay olmayacağı

1) İ.Ü. Orman Fakültesi, Havza Amenajmanı Anabilim Dalı.

kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Bunda en az nüfus artışı kadar endüstriyel gelişimin de payı olduğu görülür. Zira, endüstriyel kullanımda büyük boyutlara ulaşan su tüketiminin sonuçta atık deşarjı halinde su kaynaklarını tehdit eden kirletici unsurlara dönüştüğü de bir gerçektir.

Zamanımızda giderek gelişen endüstri ve hijyenik anlayış, tüketimde kullanılan suyun en az miktarı kadar kalitesi üzerine de eğilmeyi zorunlu kılmaktadır. Sular, kullanım yerlerine veya kirlenme yönünden alıcı bir ortam olarak değerlendirildiklerinde kendilerinden beklenen kalite isteklerine göre farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Bu istekler, ülkelerin gelişim durumları ve hayat standartlarına paralel olarak büyük ölçüde değişmektedir. Dolayısıyla, belli bir kullanım alanı veya atık deşarjı için yeterli kalitede olan bir su, diğer alanlar veya atıklar için yetersiz kalabilmektedir. Bu sınıflandırmalarda kalite ayırımı, suların bazı fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerine ilişkin parametreler esas alınarak yapılmaktadır. Bu parametrelerde görülen değişim ise arazi kullanma şekilleri yanında, yeryüzüne ulaşan yağış sularının genellikle toprak yüzeyi ile tabansuyu arasında yer alan ve *Havalanma Zonu* olarak tanımlanan katmanlardaki hareketine bağlı bulunmaktadır.

Ancak su kalitesi, suda bulunan bütün madde ve bileşiklerin bireysel ve birleşik tüm etkilerini kapsayan bir kavramdır. Bu madde ve bileşiklerin bir kısmı kalite yönünden önemsiz olmakla beraber, pekçoğunun olumlu veya olumsuz etki ve özellikleri vardır. Suyun kullanım yerlerine göre değişen etkime derecesi ve tolerans değerlerini, diğer bir anlatımla kalite parametrelerini bu yazının sınırlı hacmi içerisinde tümüyle incelemek mümkün olmadığı için burada doğal koşullarda su kalitesi ve suların kaliteleri yönünden sınıflandırılmalarında kullanılan bazı önemli parametreler kısaca tanıtılmaya ve arazi kullanma şekillerinin, özellikle orman ekosistemleri ve ormancılık uygulamalarının, havza hidrolojisindeki işlevleri bakımından bu parametreler üzerindeki etkileri açıklanmaya çalışılmaktadır.

2. SU KALİTESİ VE SU KALİTESİNİN TAYİNİNDE KULLANILAN PARAMETRELER

Su kalitesi, genellikle suların içme, kullanma, sulama, rekreasyon, enerji üretimi ve ticari vb. amaçlarla değerlendirildikleri muhtemel kullanım alanlarıyla ilişki kurularak geliştirilen bir terimdir. Bu nedenle, kullanım yerlerinin fazlalığı yapılan tanım sayısını da arttırmaktadır. Ancak, ilerdeki muhtemel kullanım alanları dikkate alınmadığı takdirde *Su kalitesi* suyun asılı (süspansiyon) veya çözünmüş halde kapsadığı mineral ve organik maddelerle ilgili fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri olarak tanımlanabilir. Suları belli kullanım amaçlarına göre kalitelendebilmek için bazı fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerin saptanması gerekir. Uygulamada *Kalite Parametreleri* olarak tanımlanan bu özellikleri aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür (USGS 1961; APHA *et al.* 1975; TSE 1986; BROOKS K.N. *et al.* 1993).

Katı Maddeler

Sulardaki tüm yabancı maddelere genel bir tanımlama ile *Toplam Katı Madde* adı verilmektedir. Yapılan analizlerin değerlendirilmesinde *Buharlaştırma Kalıntısı* olarak da nitelendirilen bu maddeler, kimyasal yapılarındaki farklılıklar nedeniyle suda çözünmüş veya asılı halde bulunabilirler. Her iki hal için de organik ve inorganik kökenli unsurlar söz konusu olabilir. Bunlar arasında kimyasal yapıları sonucu çözünmüş halde bulunanlar *Toplam Çözünmüş Madde* olarak tanımlanırlar. Aynı ayrı gözden geçirilmeleri bu yazının boyutlarını aşan çok çeşitli anyon ve katyonlardan oluşan bu maddeler su kalitesinde etkin unsurlar olarak büyük önem taşırlar. Örneğin; az miktarda kalsiyum suya iyi bir tad verdiği halde, aynı miktarda magnezyum tad bakımından istenmeyen bir unsur oluşturur. Yine sulara doğal yollarla karışan en önemli iyonlardan biri olan sülfatlar, koroziv etkileri nedeniyle kullanma sularında sınırlamalara yol açarlar. Bunlardan sodyum ve magnezyum sülfat ise müshil etkisi gösterdiklerinden içme sularında sorun teşkil ederler. Fosfatlar, su kaynaklarının korunmasında istenmeyen bazı mikroorganizmaların gelişmesini önlemek bakımın-

dan belirli konsantrasyonların altında tutulması gereken unsurlardır. Diğer taraftan, tüm doğal veya kullanılmış sulara çok yaygın olarak bulunan klorürler, normal rastlanan konsantrasyonlarda sağlık açısından sakınca yaratmamalarına rağmen 250 mg/l civarına ulaştıklarında tuz tadı oluştururlar. Örnekleri kolaylıkla artırılabilen bu çözünmüş maddelerin konsantrasyonları mevsimlere ve suyun geldiği havzaların karakteristiklerine göre büyük değişim gösterirler.

Çözünmeyen yabancı maddeler ise ya kolaylıkla çökebilen veya boyutlarının çok ufak olması ve elektriksel yükleri nedeniyle suda asılı halde kalan ve *Askı Maddesi* veya *Süspansiyon Halde Materyal* yahut *Asılı Sediment* adı verilen kısmı oluştururlar. Burada, flora ve faunadan kaynaklanan organik kökenli küçük parçacıklar veya yağışlardan sonra erozyonla suya ulaşan kum, toz, kil ve daha küçük boyuttaki kolloidleri kapsayan inorganik kökenli unsurlar söz konusu olabilir. Asılı sediment konsantrasyonu genellikle yağışlardan sonra artar.

Sulardaki yabancı maddelerin yapısı hakkında yeterince bilgiye sahip olmak için, bunlar yanında uçucu maddelerin de gözönünde tutulduğu değerlendirmelerle konsantrasyonlarının ayrı ayrı tayini gerekir. Değişik türdeki katı maddelerin (Toplam katı madde, toplam çözünmüş madde, toplam uçucu madde, askı maddesi, uçucu askı maddeleri, uçucu çözünmüş maddeler) konsantrasyonları dört ayrı yöntemden yararlanılarak tayin edilebilir. Bunlar, *Buharlaştırma* (103-180 °C), *Yakma* (550 °C), *Süzme* (0.45 µ'luk filtrelerle) ve *Elektriksel iletkenlik ölçüm* yöntemleridir. İlk üç yöntemde sonuca gravimetrik yolla ulaşılır ve konsantrasyon değerleri mg/l veya eşdeğeri ppm olarak ifade edilir. Elektriksel iletkenlik ise doğrudan değerlendirme yapılabilen bir yöntemdir ve aşağıda daha genişçe açıklanacaktır.

Bulanıklık (Türbidite)

Suda asılı halde bulunan organik ve inorganik kökenli yabancı maddelerden kaynaklanan bir özelliktir. Kolloidal yapıya sahip yabancı maddeler bu konuda daha fazla önem taşır. İster organik, isterse inorganik kökenli olsun bulanıklık, içme suları için önde gelen sakıncalardan biridir. Sularda mikroorganizmaların, özellikle koliform bakterilerinin konsantrasyonu ile bulanıklık arasında yakın bir ilişki olduğu söylenebilir. Bulanıklığın belli bir konsantrasyonu olmadığı için ölçmelerde SiO₂ konsantrasyonunun esas alındığı değerlendirmelere gidilir. Burada 1 mg/l SiO₂ = 1 bulanıklık birimi olarak alınır. Bulanıklık tayininde su örnekleri, standard çözeltilerle karşılaştırılır. Bu amaçla genellikle *Türbidimetre* adı verilen cihazlardan yararlanır. Bu cihazların çalışma prensibi, su örnekleri içersinden geçirilen ışık demetinin absorbe edilme derecesine dayanır. Örneklerde bulanıklık cihazın ölçüm sınırları dışında kalırsa, ölçümler önce seyreltilmiş örneklerde yapılır sonra gerçek değere geçilir.

Renk

Suyun rengi özellikle içme ve kullanma sularında önem taşır. Renk tayininde de yine belli konsantrasyonlarda renklendirilmiş çözeltilerden yararlanır. Bu konuda standard olarak platin-kobalt yöntemi verilmektedir. Bu yöntemde su örnekleri, potasyum kloroplatinat (K₂PtCl₆) çözeltisi ile elde edilen bir seri renk veya aynı esasa göre kalibrasyonu yapılmış renk diskleri ile karşılaştırılır. Ölçme sonuçlarının değerlendirilmesinde, kloroplatinat iyonu şeklinde çözeltide bulunan 1 mg/l platinin yarattığı renk bir birim olarak kabul edilir.

Koku ve Tad

İçme ve kullanma sularında önem taşıyan özelliklerdir. Suların kokusu temiz bir kap içerisine alınan örneğin koklanarak; çürük, yosun, bataklık, hidrojen sülfür, küf, amonyak vb. kokup kokmadığı şeklinde saptanır. Tad ise su ağıza alınarak ekşi, acı, tuzlu, buruk ve diğer bozuk bir tadı olup olmadığının belirlenmesi yoluyla tayin edilir.

Sıcaklık

Su sıcaklığı, dere sularının biyolojik ve kimyasal karakteristiklerini önemli ölçüde etkileyen bir parametredir. Örneğin, sularda çözülmüş oksijen miktarı sıcaklıktaki artışa bağlı olarak hızla azalır. Sıcaklığın 10 °C'den 15 °C'ye yükselişi oksijenin çözünürlüğünde yaklaşık % 20 oranında bir azalmaya neden olmaktadır (GOLTERMAN *et al.*, 1978). Özellikle sıcaklık ekstremleri sularda belli flora ve faunalar oluşturan canlıların yaşamını doğrudan etkileyebilmekte onların yaşam süreçlerinde belirgin değişikliklere hatta ortadan kalkmalarına bile neden olabilmektedir.

Sertlik

Sudan yararlanmayı amaçlayan pek çok kullanım alanında önem taşıyan ve suyun ekonomik değerinin belirlenmesinde başrolü oynayan bir özellik durumundadır. Sertlik, genellikle sudaki Ca^{++} ve Mg^{++} iyonlarının yüksek konsantrasyonlarda bulunmasından kaynaklanır. Suda kalsiyum ve magnezyum bikarbonatın varlığı *Geçici Sertlik* yahut *Karbonat Sertliği*'ni, yine bu elementlerin klorür, nitrat, sülfat, fosfat ve silikatları ise *Kalıcı* yahut *Daimi Sertliği* meydana getirirler. Her iki sertlik bir arada alındığında *Sertlik Bütünü* veya *Toplam Sertlik*'ten söz edilebilir. Ca^{++} ve Mg^{++} dışında Ba^{++} , Fe^{++} , Mn^{++} ve Sr^{++} gibi katyonlar da daha düşük düzeyde sertliğe neden olabilirler.

Sertlik, suyun sabun tüketme gücü olarak da tanımlanabilir. Nitekim, eskidenberi sabunun iyi köpürmesi *Yumuşak*, köpürmemesi de *Sert Sular*'ın işareti sayılmaktadır. Sertliği tanımlamada değişik birimler kullanılmaktadır: Fransız sertlik derecesi = 10 mg $CaCO_3$ /litre, Alman sertlik derecesi = 10 mg CaO/litre (litrede 17.9 mg $CaCO_3$ 'a tekabül etmektedir), Amerikan sertlik derecesi = 1 mg $CaCO_3$ /litre olarak verilmektedir.

Yurdumuzda bunlardan en yaygını Fransız sertlik derecesi (Fr°) olmakla beraber, Alman sertlik derecesi (As°) de kullanılmaktadır.

Suları sertlik derecelerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür (KLEIN L 1967):

| Sertlik(mg/l $CaCO_3$) | Suyun Tanımı |
|-------------------------|-----------------------|
| 0 - 50 | Yumuşak |
| 50 - 100 | Orta derecede yumuşak |
| 100 - 150 | Sertçe |
| 150 - 200 | Orta derecede sert |
| 200 - 300 | Sert |
| > 300 | Çok sert |

Sularda yumuşaklık pek çok kullanım alanı için uygun ve aranan bir özelliktir. Ancak burada, sertliğin 20 mg/l veya daha az olduğu dere ve göllerin biyolojik bakımdan verimsiz kabul edildiklerini de gözden uzak tutmamak gerekir (HEWLETT / NUTTER, 1969).

Asidite (Asitlik Derecesi)

Doğal özelliklerini koruyan suların büyük çoğunluğu zayıf asitler içerir. Suyun asitliği, genellikle suda az iyonlaşan karbonik asitten kaynaklanır. Ancak, endüstriyel atıklar ve diğer etkenlerle suya ulaşan mineral asitler ve yine demir ve alüminyum tuzlarının hidrolizi de bu konuda önemli rol oynar. Mineral asitlerin bulunması halinde pH'ın çok daha düşük değerlere ulaştığı görülür. Asidite bir parametre olarak genellikle suların koroziv özelliklerinin ortaya konması ve do-

ğal sularında balık ve diğer akuatik organizmaların yaşamlarını etkilemesi bakımından önem taşımaktadır. Nitekim pH'ın 4.5-5 arasına düştüğü tatlı sularında balık yaşamının sona erdiği ifade edilmektedir. Diğer taraftan, biyolojik arıtma tesislerinde pH düzeltmesi için kullanılacak kimyasal katkının belirlenebilmesinde de yine asiditenin bilinmesi gerekmektedir.

Alkalinite (Alkalelik Derecesi)

Alkalinite, sularında kalite kavramını oluşturan en önemli parametrelerden birisidir. Suların *Alkalinite* özelliği; asiti nötralize etme yeteneği veya pH'daki değişmeye karşı direnme derecesi olarak tanımlanır. Suyun kapsadığı titre edilebilen bikarbonat ve karbonat iyonlarının miktarı ile ifade edilir (mg/l).

Suda eriyen CO₂, zayıf bir asit olan karbonik asidi (H₂CO₃) oluşturur ve suya bazı mineralleri eritime yeteneği kazandırır. Reaksiyona girdiklerinde kalsiyum karbonattan bikarbonat (HCO₂⁻) ve karbonatlar (CO₃²⁻) oluşur. Genellikle kalker ve dolomit gibi anakayaların hakim olduğu yerlerden kaynaklanan sularında karbonat ve bikarbonat iyonlarının fazla ve alkalitenin de yüksek bulunduğu görülür.

Alkalinite, içme ve kullanma sularının kalitelendirilmesinde olduğu kadar, bu suların yumuşatılması, kazan sularının düzenlenmesi ve tüm arıtma işlem ve süreçlerinde üzerinde önemle durulması gereken bir parametredir.

Suda Çözünmüş Gazlar

Suda çözünmüş gazları genellikle; Oksijen (O₂), Azot (N₂), Karbondioksit (CO₂), Hidrojen sülfür veya Kükürtlü hidrojen (H₂S), Metan (CH₄), Azot oksitler (Nitrit; NO₂, Nitrat-NO₃), Amonyak (NH₃) ve Kükürt dioksit (SO₂) şeklinde sıralamak mümkündür. Bu gazların bir kısmı doğrudan doğruya atmosferden suya geçebilir. Bir kısmı ise organik maddelerin ayrışmasından veya endüstriyel artıklarla kirlenmiş havadan suya geçerler. Bir gazın suda çözünmesi sıcaklıkla ters, basınçla doğru orantılı olarak değişir. Suda çözünmüş gazlar, akuatik yaşam ve çevre üzerindeki etkileri bakımından büyük önem taşırlar. Bunlar içerisinde aşağıda daha kapsamlı biçimde ele alınacak olan oksijenin ayrı bir yeri vardır. Örneğin; derelerde kendi kendine temizlenme olgusu, suda yeterli miktarda çözünmüş oksijen bulunduğu söz konusudur. Amonyakın balıklar üzerindeki zehirleyici etkisi sudaki oksijen konsantrasyonuna bağlı olarak ortaya çıkar. Aerobik şartlardaki bir suda *Nitrifikasyon*, diğer bir deyimle amonyağın nitrit ve nitratlara dönüşümü yine çözünmüş oksijenin varlığıyla gerçekleşir. Anaerobik şartlarda ayrılan organik artıklar ise organik asitler ve metan gazının açığa çıkmasına neden olurlar.

Diğer taraftan kükürtlü hidrojen, sadece balıklar üzerindeki zehirleyici etkisi değil, kötü koku nedeniyle de istenmeyen bir unsur oluşturur. Ayrıca kurşunlu boyalar, bakır ve pirinç eşyayı karartır ve beton yapılarda korozyona yol açar. Balıklar üzerindeki etkisi araştırılan karbondioksit için birçok türün dayanabildiği konsantrasyon değeri olarak verilen üst sınır 50 ppm'dir. Suda çok kolay çözünebilen kükürt dioksit ise özellikle asit yağışlar sonucu havadan yüzeysel sulara geçerek çevre üzerinde toksik ve koroziv etkisiyle dikkatleri çekmektedir.

Çözünmüş Oksijen

Suların sağlık açısından kalitesini gösteren bir indekstir. Suda biyolojik aktivitenin artışı oksijen azalmasına yol açtığı gibi bunun tersi de olabilir. Suyun bünyesindeki oksijeni tutma yeteneği zayıftır. Bu nedenle özellikle yaz mevsiminde, kirlenmiş sularında ve bakteri faaliyetinin arttığı dö-

nemde oksijen azalır. Çözünmüş oksijen, sudaki canlıların yaşayabilmesi ve organik kirleticilerin giderilmesi bakımından gereklidir. Suda çözünmüş oksijen miktarının ortamdaki organik madde- nin oksidasyonu için yetersiz kalışı, *Anaerobik durum* veya *Oksijensizlik durumunun* meydana gelmesine yol açar. Bu durumda balıklar ve diğer yararlı canlıların yaşamları sona erer. Ayrıca, su- yun çevreye kötü bir koku yaydığı görülür.

Oksijen aktif bir eleman olduğu için korozyona yol açar. Bu nedenle, suyun metal depolarda toplanması veya metal borularla nakli gereken hallerde çözünmüş oksijen miktarının bilinmesi çok yararlıdır. Çözünmüş oksijenin sulardaki normal konsantrasyonu 8-14 ppm arasında değişir. Bu değerler suda aerobik şartların mevcut olduğunu gösterir. Konsantrasyonun 5 ppm'nin altına düş- mesi balıkların çoğunda zehirleyici etki yapar. Bu değer, sularda 20 °C'de takriben % 57 doygun- luğa tekabül eder. Balıklar için doygunluk yüzdesinin^(*) 75 olması arzulanır. Sularda zehirli mad- delerin bulunması halinde, çözünmüş oksijen konsantrasyonunun önemi daha da artar. Zira, bu maddelerin zehirleyici etkisi sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu ile ters orantılı olarak de- ğişmektedir. Diğer taraftan, çözünmüş oksijen kapsamının azlığı kadar fazlalığının da balıklar üze- rinde menfi etkisi olduğu görülmüştür. Nitekim, doygunluk yüzdesinin % 150'nin üzerine çıktığı hallerde balıklarda özellikle maksiller hastalıkların geliştiği gözlenmiştir.

Akarsuların organik kaliteleri yönünden sınıflandırılmalarında çözünmüş oksijen kapsamları- nından yararlanmak mümkündür (Tablo 1). Ancak sulardaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun birçok faktöre bağlı bulunuşu, akarsuyun durumu hakkında kesin bir fikre sahip olabilmek için da- ha ileri kademede bazı testlerin yapılması yanında, biyokimyasal ve kimyasal oksijen ihtiyaçlarının belirlenmesini de gerektirmektedir.

Tablo 1: Akarsularda çözünmüş oksijen kapsamının esas alındığı kalite sınıflaması (KLEIN 1967).

| Akarsuyun durumu | Doygunluk yüzdesi olarak oksijen kapsamı |
|------------------------|--|
| İyi | 90 ve daha fazla |
| Orta | 75-90 |
| Şüpheli | 50-75 |
| Kötü şekilde kirlenmiş | 50'den az |

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)

Suların kirlenme durumlarının belirlenmesinde ve atık suların arındırılma işlemlerinde bilin- mesi gereken bir özelliktir. Çoğunlukla organik kirleticiler yönünden önem taşır. Atık sular, deği- şik konsantrasyonlarda ve rutin ölçümlerle saptanamayacak miktarlarda organik madde içerirler. Uygulamada bunları teker teker ölçmek yerine BOİ deneyinden yararlanılarak, aerobik ortamda bi- yokimyasal yolla ayrışmaları sonucu ortaya çıkan CO₂ ihtiyacının saptanması tercih edilir. Böyle-likle belirlenen oksijen miktarı, suların kalitelendirilmesinde kolektif bir parametre olarak değer- lendirilir. Burada sözkonusu olan ayrışma, genellikle, deney ortamında çoğunluğunu bakterilerin oluşturduğu mikroorganizmaların giderek artışı, zaman içerisinde tüketilen oksijen miktarını da arttırır. BOİ deneyi onbeş günden fazla sürdürülürse, sudaki amonyak azotunun Nitrosomonas ve

(*) Suların çözünmüş oksijen kapsamları; belli hacimde, ağırlık (ppm), belli hacimde, hacim (ml/l) veya doygunluk yüzdesi olarak ifade edile- bilmektedir. Suyun belli sıcaklık ve tuzluluk derecesinde tutulabileceği en yüksek çözünmüş oksijen kapsamı ile ilgili bir terim olan doygunluk yüzdesi;

$$\text{Doygunluk Yüzdesi} = \frac{(\text{Örnekte saptanan çözünmüş oksijen kapsamı (ppm)} \times 100)}{\text{O koşullarda (sıcaklık ve tuzluluk koşulları) suyun tutabileceği oksijen kapsamı (ppm)}}$$

şeklindehesaplanır. Eşitliğin paydasındaki değer, bu konuda geliştirilmiş tablolardan alınmaktadır (KLEIN, 1967).

Nitrobakter türü bakterilerce nitrit ve nitrata dönüştürülerek önemli ölçüde oksijen tüketildiği görülür. Bu nedenle yirmi günlük ilk aşamada organik maddelerin ayrışmasında tüketilen oksijene I. kademe BOİ, daha sonraki aşamada amonyağın yol açtığı oksijen tüketimine ise II. kademe BOİ adı verilir. Deneyin genellikle çok uzun sürede tamamlanması nedeniyle uygulamada 5 günlük süre sonunda saptanan oksijen miktarı (BOİ₅-ppm/20 °C) standart kalite parametresi olarak değerlendirilmektedir. Doğal sularda yaklaşık 2-3 ppm arasında değişen BOİ, arındırılmaya tabi tutulmuş kentsel atık sularda ortalama 200 ppm civarındadır.

Akarsuların kaliteleri yönünden sınıflandırılmalarında sadece bu parametreye yer verilen değerlendirilmelere gidilebilmektedir. Bu konuda bir fikir vermesi bakımından aşağıdaki verilerden yararlanılabilir (KLEIN 1967).

| Yaklaşık BOİ ₅ /20 °C ppm | Akarsuyun Tanımı |
|---|---------------------|
| 1 | Çok temiz |
| 2 | Temiz |
| 3 | Orta derecede temiz |
| 5 | Şüpheli |
| 10 | Kötü durumda |

Kimyasal Oksijen İhtiyaç (KOİ)

Birkaç istisnası dışında hemen tüm organik bileşikler, asidik ortamda kuvvetli oksitleyicilerle oksitlenebilmektedir. Bu durum, kimyasal oksijen ihtiyacının atık suların veya endüstriyel artıkların kirletici potansiyellerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmasına yol açmakta ve bazı avantajlar sağlamaktadır. Nitekim, BOİ sadece biyokimyasal yolla ayrışan organik maddelerin ölçüsü olduğu halde, KOİ biyokimyasal yolla ayrışan organik kirleticiler kadar, zehirli organik kirleticilerin de ölçüsü olabilmektedir. Ayrıca, BOİ'nin tayini için en az beş günlük bir süre gerektiği halde, KOİ'nin tayini için üç saatlik bir süre yeterli olabilmekte ve potasyum dikromat veya potasyum permanganat gibi kimyasal oksitleyiciler, birçok organik kirletici için hemen hemen BOİ'na yakın değerler vermektedir. Diğer taraftan, belli kirleticiler için BOİ/KOİ oranı saptanarak, kaba değerlendirmeler istenen rutin kontrol uygulamalarında BOİ yerine KOİ kullanılarak büyük bir kolaylık sağlanabilmektedir. Ancak, bütün bu avantajları yanında, KOİ deneyinde biyokimyasal yolla ayrışan ve ayrışmayan maddelerin ayırılma olanağının bulunmaması bu parametre için büyük bir sakınca teşkil etmektedir.

Elektriksel İletkenlik (Eİ)

Suyun elektrik akımını iletmesi, içerdiği iyonların konsantrasyonu ve iyonize olma dereceleri ile ortamın sıcaklığına bağlı olarak değişim gösterir. Bu nedenle Eİ, suların korozyon etkilerinin belirlenmesinde ve özellikle sulama sularının kalitelendirilmesinde yaygın şekilde kullanılan bir parametre olarak karşımıza çıkar. Sularda çözünen elemanların toplam konsantrasyonu hakkında bir fikir vermesi ve kolaylıkla tayin edilebilen bir özellik olması bakımından uygulamada büyük yararlar sağlar. Nitekim, gerekli kalibrasyon eğrileri geliştirildiği takdirde, sadece elektriksel iletkenliği ölçmek suretiyle sulardaki toplam çözülmüş madde konsantrasyonunu yahut tuzluluk derecesini saptamak mümkün olabilmektedir. Sıcaklığın bu parametre üzerindeki etkisi dikkate alınarak, ölçümlerde su örneklerinin sıcaklığı, kabul edilen standard sıcaklığa (25 °C) ayarlanmakta ve sonuçlar milimhos cm/25 °C veya mikromhos cm/25 °C şeklinde ifade edilmektedir.

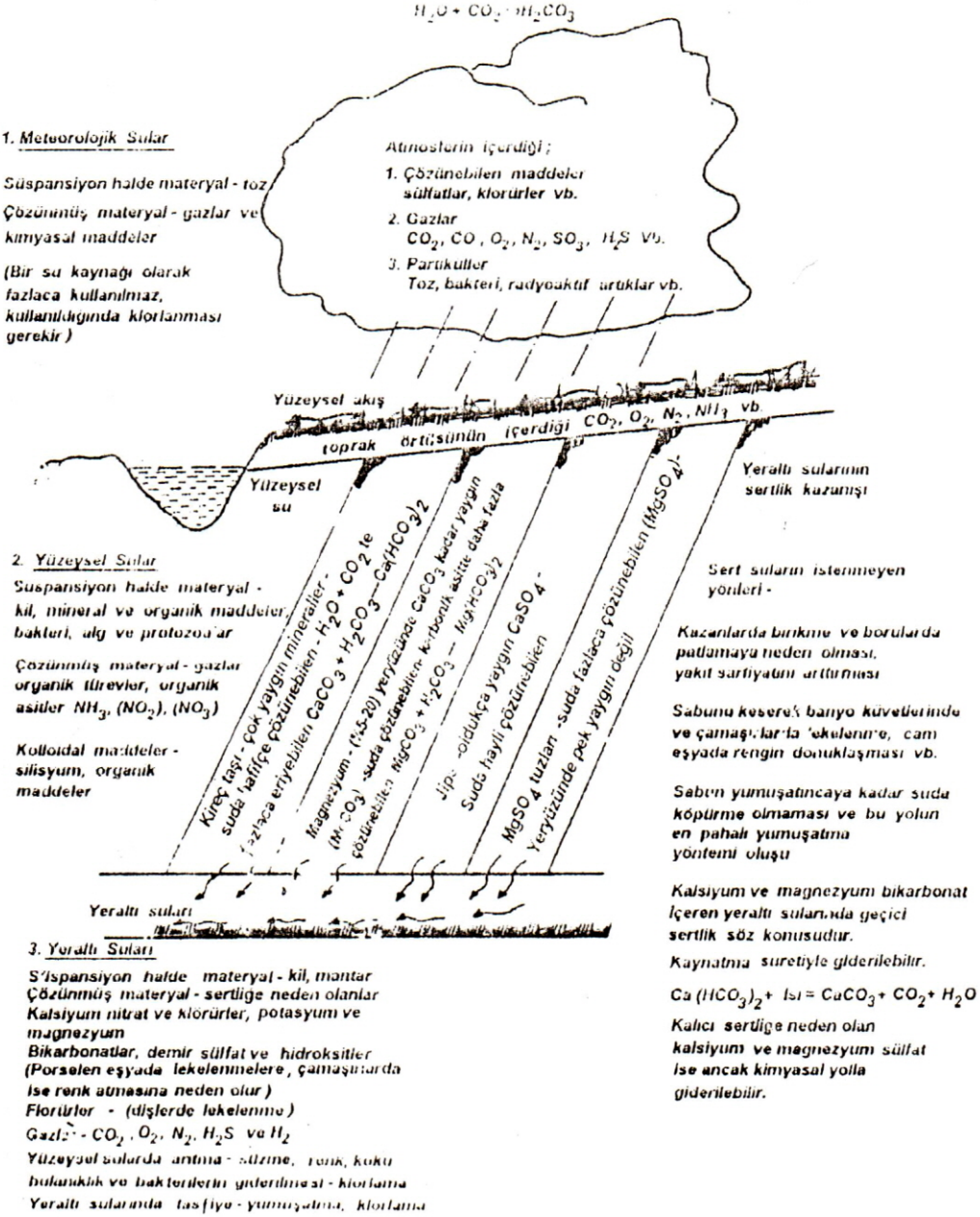
Buraya kadar yapılan açıklamalarla, sularda doğal kalite karakteristiklerinin belirlenmesinde başvurulan parametreler özetlenmeye çalışılmıştır. Doğal koşullarda da değerlendirilse, kaliteden

söz edilince ister istemez su kalitesini etkileyen pestisid, insektisid ve fungusidler, ağır metaller, zehirli kimyasallar, ısı kirlenmesi ve radyoaktif maddeler gibi kirleticiler üzerinde de durmak gerekmektedir. Ancak bu tip kirleticilerden endüstri ve yerleşim alanlarından kaynaklananlar belli noktalarda yoğunlaşırlar. *Noktasal Kaynaklı Kirleticiler* adı verilen bu kirleticilerin etkiye yerleri bellidir. Suya ya bir boru veya bir kanaldan karışırlar. Böylelikle debileri ve konsantrasyonlarının belirlenmesi ve o noktada alınacak önlemlerle bertaraf edilmeleri kolaylıkla mümkündür. Oysa ki, *Alansal Kaynaklı Kirleticiler* için aynı şeyi söyleyebilmek güçtür. Farklı biçimdeki arazi kullanma uygulamaları ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirleticiler, yaygın biçimde etkiledikleri ekosistemde geçtikleri ortamları karşılıklı etkileşim içerisine girmeleri nedeniyle izlenmelerinde ve etkiye derecelerinin ortaya konulmasında genellikle uzun süreli gözlemlere gereksinim gösterirler. Bu nedenle, su üretimi sözkonusu olduğunda konu, alansal bir yaklaşım içerisinde ele alınarak havza bazında yapılan değerlendirmelere gidilmektedir. Bu yaklaşım içerisinde, bir su havzasında doğal drenaj şebekesini oluşturan dereleri, sularını topladıkları alanlardan ayrı olarak düşünmek mümkün değildir. Zira su havzaları, aslında havzacıklar veya havzalar mozayığından oluşan bir bütün oluştururlar. Daha genel anlatımla, yeryüzünde ayağımızı bastığımız her noktanın gerçekte bir havza içerisinde yer aldığı ifade edebiliriz. Su, en etkin eritkenlerden biridir. Kullandığımız suların kaynağı yağışlardır. Yağış yeryüzüne inerken ulaştığı ekosistemin hemen her noktası ile temas halinde hareket eder. Bu hareketi esnasında temas ettiği ortamlarla karşılıklı fiziksel ve kimyasal etkileşim içerisinde doğal kalite özelliklerini kazanır (Şekil-1). Burada en büyük ağırlığı, taban suyu üzerinde kapillar saçakla başlayarak yeryüzü ile sınırlanan katmanlar bir başka deyişle *Havalanma Zonu* içerisindeki hareketi taşır. Önce atmosfer katmanları içerisinde *Meteorolojik Su* olarak tanımlanır. Yağışların infiltrasyonla girdiği havalanma zonu içerisinde perkolasyonla sürdürdüğü hareketi sonucunda taban suyuna ulaşarak *Yeraltı Suyu* adını alır.

Doğal durumlarını koruyan ormanlık havzalardan diğer bir deyimle orman ekosistemlerinden gelen derelerde çözünmüş madde veya besin elementleri çok düşük konsantrasyonlarda seyredir. Bu derelerde biyolojik verimlilik düşük, su kalitesi de genelde pek çok kullanım amacına uyacak yeterlilikte kalite standartlarına sahip bulunmaktadır. Şimdi bu ekosistemlerdeki durumu biraz daha yakından inceleyelim.

3. ORMAN EKOSİSTEMLERİ VE ORMANCILIK UYGULAMALARININ KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Orman ekosistemlerinin yer aldığı yukarı havzalardan gelen sular, çözünmüş kimyasal maddelerin başlıca kaynağını jeolojik ayrışmaya uğrayan anakaya, biyolojik girdiler ve meteorolojik olaylar oluşturur. Dipolar özellik taşıyan su moleküllerinin (ÇEPEL, 1993) koheziv karakteri onun mineral yüzeyleri kolaylıkla ıslatmasına ve en küçük açıklıklardan dahi geçerek bünyelerine işlemesine yol açar. Kayaçların kimyasal ve fiziksel yolla ayrışarak eriyebilir veya taşınabilir forma dönüşmeleri sonucunda dere ve göllere ulaşmaları mümkün olur. Su sistemlerindeki biyolojik girdilerin başlıca kaynağını inorganik elementlerden fotosentez yoluyla organik maddelerin oluşturulması teşkil eder. Ayrıca, organik maddelerin parçalanarak inorganik bileşiklere dönüşmesi ve ekosisteme insanlar ve hayvanlar tarafından dışarıdan getirilerek biriktirilen maddeler de ek girdiler olarak düşünülebilir. Derelere düşen yapraklar önemli bir organik madde kaynağı oluştururlar ve besin elementleri konsantrasyonunda periyodik değişimlere yol açarlar. Bazı bitkiler, özellikle baklagiller atmosferdeki serbest azotu bağlayarak toprağa azotun katılımını sağlarlar. Organik bileşikler ve mineral iyonları da içeren çözünmüş maddelerin ekosisteme katılımları yağışlar, toz ve diğer aerosoller yardımıyla olur. Diğer taraftan, ekseriya yağışlar esnasında veya yağışlar arasında toz ve kuru serpinti şeklinde atmosferden birhayli miktarda azot, kükürt ve diğer elementler de ekosisteme dahil olmaktadır. Ancak, doğal ekosistemlerde çözünmüş kimyasal bileşiklerin yüzeyel akışa katılımlarında en büyük pay topraktan gelmektedir. Böylelikle arazi kullanma faaliyetlerinin toprak özellikleri ve topraktaki işlemler üzerindeki etkisi, dere sularının kimyasal niteliklerini belirleyen en önemli faktör olmaktadır.



Şekil 1: Doğal sularda kalite (Mc. GAUHEY, 1968).

Doğal durumlarını koruyan ekosistemlerde metalik iyonların (Ca^+ , Mg^{++} , K^+ ve Na^+ gibi kanyonlar) göreceli konsantrasyonları genellikle jeolojik temel ve toprak tarafından kontrol edilmektedir. Ancak, dere sularının ihtiva ettiği kimyasal maddelerdeki konsantrasyon değişimleri üzerinde yerel yağış ve akım koşullarının da etkili olduğu gözardı edilmemelidir. Nitekim, ülkemin Marmara bölgesi koşullarında yapılan bir çalışmada hemen tamamına yakın bir kısmı ormanla kaplı bir yağış havzasında örneklenen bazı kimyasal maddelerde (Ca , Mg , Fe , Cl , HCO_3 ve SO_4) konsantrasyon değerlerinin yağış ve akımların yüksek olduğu kış ve erken ilkbahar dönemlerinde azaldığı ve dere akımı ile aralarındaki regresyon ve korelasyon ilişkilerinin ise 0.01 düzeyde önemlilik taşıdığı saptanmıştır (BALCI / ÖZYUVACI 1976).

Ekosistem öğeleri arasındaki karşılıklı etkileşim içerisinde arazi kullanmanın etkisini daha iyi anlayabilmek için şimdi doğal durumlarını koruyan sulardaki önemli çözülmüş kimyasal maddeler ve besin elementleri ile kalite parametrelerini ve orman ekosistemlerindeki uygulamalarla bunlar arasındaki karşılıklı etkileşimi daha yakından inceleyelim (BROOKS, N., K. *et al*, 1991).

Azot

Azot, amonyum, gaz halinde azot, nitrit ve nitrat azotu olmak üzere belli birkaç formda bulunur. Doğal ekosistemlerde azotun kaynağını, azot gazının bazı bitkiler ve bakteriler tarafından bağlanması, su kütlelerine organik madde ilavesi ve az miktarda olmak üzere kayaçların ayrışması oluşturur. Organik azotun amonyuma dönüşmesi, sonuçta oksitlenerek bitkilerin kullanımına açık bir form olarak nitrat azotuna dönüşmesine yol açar. Oksijenin bulunmadığı ortamlarda nitrat, denitrifikasyon yoluyla amonyum ve gaz halindeki azota dönüşür.

Sularda yüksek oranda nitrat azotunun bulunması alglerin ve diğer akuatik bitkilerin gelişimini hızlandırır. Ortamda eğer fosfor (P) mevcutsa, sadece yaklaşık 0.30 mg/l nitrat azotunun varlığı, alglerin gelişimi için yeterli olabilmektedir. Nitrat azotunun 4.2 mg/l'yi geçmesi halinde bazı balık türlerinde yaşamsal fonksiyonlar etkilenmektedir. İçme sularında 45 mg/l'yi geçmesi halinde ise insan sağlığı tehlikeye girmekte ve özellikle *mavi hebek* hastalığına yol açmaktadır.

Doğal durumlarını koruyan ormanlık havzalardan gelen derelerde azot ve nitrat azotu konsantrasyonları diğer kullanım biçimlerine tahsis edilmiş havzalardan genellikle daha düşük olmaktadır. Buna karşın, kentsel yerleşim ve tarımsal gelişim, derelerde nitrat azotu ve toplam azot konsantrasyonlarında sık görülen artışlara neden olmaktadır.

Fosfor

Fosfor, volkanik kayaçların ayrışması, toprakta yıkanma ve organik maddelerden kaynaklanmaktadır. Akuatik yetişme ortamlarında fosforun bitkilerin kullanımına hazır hale gelişimi ayrışma yoluyla olur. Bitkilerce alındıktan sonra organik fosfora dönüştürülür. Bunların çürümesiyle işlem tersine döner.

Dere sularındaki fosfor konsantrasyonu, azotta olduğu gibi arazi kullanma şeklinin yoğun etkisi altında bulunur. Ötrifikasyon sorunu, doğal olarak fosfor açığı bulunan sularda, fosfor yükünün artışına bağlı olarak hızlanır. Kentsel yerleşim ve tarımsal kullanım, sulardaki fosfor yükünün artmasına neden olarak büyük sorunlar yaratan arazi kullanma şekilleridir.

Kalsiyum

Kalsiyum, kayaçların çoğunda başlıca bileşenlerden biri olduğu için asit karakterli turbalık ve bataklik suları dışındaki suların çoğunda bol miktarda bulunur. pH değerlerinin 7-8'den az olduğu sularda çözülmüş halde CO_2 kadar kalsiyum varlığı da gözlenir. Kalsiyum, sertlik, toplam çözülmüş katı madde ve elektriksel iletkenlik gibi kalite parametrelerinde yer alan başlıca iyonlardan bi-

rini oluşturur. Kalsiyum konsantrasyonunun yüksek değerlere ulaşmasının balıklar ve akuatik yaşam üzerinde zararlı etkisi olmamaktadır.

Magnezyum

Magnezyum, kireçtaşı ve mermer gibi karbonat içeren volkanik kayalarda fazlaca bulunur. Düşük pH değerlerinde veya CO₂ konsantrasyonunun yüksek olması halinde çözünürlüğü artar. 100-400 mg/l üzerindeki konsantrasyonlarda bulunması halinde bazı balıklar için zehir etkisi yapabilir. Magnezyum konsantrasyonunun 14 mg/l'nin altında olması genelde balık faunasını destekleyici bir rol oynar.

Sodyum

Tortul ve volkanik kayaların bünyesinde bolca bulunan bir elementtir. Yıkandığında yüzeysel ve yeraltı su sistemlerinde çözünmüş halde kalır. Sodyum ve potasyumun konsantrasyon değerleri 85 mg/l üzerine çıkmadığı sürece balık faunası üzerinde herhangi bir zararlı etkisi bulunmamaktadır. Koşullara bağlı olarak bazı konsantrasyon değerlerinde, alüminyum ve potasyum tuzlarının balıklar üzerindeki zararlı etkisini azaltarak yarar da sağlar.

Potasyum

Volkanik kayalar, killer ve buzul kalıntılarından kaynaklanır. Genelde sodyum kadar bol olmamakla beraber bitki büyümesi için gerekli bir elementtir. Dönüşümü akuatik bitkiler tarafından sağlanır. Ham sular genellikle 1.5 mg/l'den daha az K içerirler. Bu miktar 400 mg/l'nin üzerine çıktığında bazı balıkların öldükleri gözlenir. 700 mg/l'nin üzerine çıktığı takdirde omurgalılarda da ölüme neden olabilir.

Manganez

Volkanik kayalarda bulunan manganez, topraktan yıkanarak gelir. Bitkilerin metabolizması için gerekli olup, dönüşümünü organik yolla yapar. Çürüme sonucu çözünebilir forma dönüşür. pH derecesinin 7 veya daha az olduğu ortamlarda en fazla Mn⁺⁺ formunda rastlanır. Doğal durumlarını koruyan sularda nadiren 1 mg/l'nin üzerine çıkar. İçme sularında Mn için verilen standard değer 0.05 mg/l'dir.

Kükürt

Kükürt sulara doğal olarak jips ve diğer yaygın volkanik ve tortul kayalardan yıkanma yoluyla geçer. Ayrışma esnasında oksitlenerek suda eriyebilir hale dönüşen sülfat (SO₄⁻) iyonları açığa çıkar. Yağmur suyunda 1 mg/l üzerinde sıkça görülen sülfat iyonları, bazen 10 mg/l'nin üzerine de çıkabilir. Atmosferik sülfatın yüksek konsantrasyona ulaşması büyük ölçüde hava kirliliğinden kaynaklanır ve asit yağışların meydana gelişinde en önemli etkenlerden birini oluşturur. İndirgenme koşullarının hakim olduğu durumlarda organik kükürt, sülfite dönüşebilir. pH'ın 7'nin altına indiği ortamlarda metal sülfidler ve H₂S gözlenir. HS⁻ iyonları ise alkalen karakterli sularda görülür. H₂S çürük yumurta kokusu yayar. Genelde balık faunası için sülfat konsantrasyonunun 90 mg/l'nin altında bulunduğu sular tercih edilir. Sülfat konsantrasyonunun 0.5 mg/l'nin altına düştüğü sularda alglerin gelişmesi için gerekli destek ortadan kalkmış olur. İçme sularında sülfat için verilen standard değer 250 mg/l'dir.

Buraya kadar özetlenerek verilen kimyasal maddelere dikkat edilirse, bunların aynı zamanda orman ekosistemlerinde *Besin Elementleri Döngüsü* içerisinde yer aldıkları gözlenir. Dahil olduk-

ları bu karasal sistemde toprak içerisindeki hareketlerini yüzeysel, yüzeysel ve tabansuyu akışları olmak üzere belli başlı üç değişik yolla gerçekleştirerek sistemi ancak bu yolla terkedebilirler. Bu taşınım işlemi, girdiler, çıktılar ve çözülmüş katı maddeler ile gazların yer aldığı sistemin bir parçasını oluşturur. Burada çıktılar olarak ekseriya, yukarı havzalardan gelen dere akımı ve değişik faktörlerin etkisinde gelişen yüzeysel akışların kimyasal özellikleri üzerinde durulur. Konu bu açıdan ele alındığında, ormanlık alanlarda meydana gelen besin elementleri kayıplarının aşağı kesimlerde kullanılan suyun kalitesi üzerinde kirletici bir etkiye neden olabileceğini de düşünmek gerekir. Suyun toprak profili içerisindeki hareketi ve buna eşlik eden biyolojik aktivite yukarı havzaları dere akımı şeklinde terkeden suyun iyonik kompozisyonunu kontrol eder. Toprakların kimyasal bakımdan en aktif unsurlarını kil fraksiyonu ve organik kolloidler oluşturur. Topraktaki kil minerallerinin birim hacimlerinde içerdikleri geniş yüzey alanları ve sahip oldukları negatif elektrik yükleriyle diğer minerallerin peççoğundan yüksek bir katyon mübadele kapasitesine sahip oldukları gözlenir. Organik kolloidler de aynı şekilde geniş adsorbsiyon yüzeyleriyle katyon mübadelesinde etkin bir rol oynarlar.

Burada ormancılık uygulamaları, yukarı havzalardan kaynaklanan dere akımlarının iyonik dengeleri üzerinde etkili olabilen bir unsur olarak karşımıza çıkar. Nitekim, ormanlarda kesim, taşıma ve yangınlar gibi ekosistemde değişmelere neden olabilecek olaylardan sonra derelerin çözülmüş kimyasal madde konsantrasyonlarında meydana gelecek değişimler büyük ölçüde o doğal ekosisteme daniğasını vuran birkaç biyotik ve abiyotik karakteristiğın fonksiyonu olarak ortaya çıkar. Örneğın, topraktaki yıkanmanın derecesi, yağışın şekli, miktarı ve şiddetinden etkilenir. Vejetasyon örtüsünün sahip olduğu karakteristiklerden bilhassa bitki türlerinin kompozisyonu ve sıklığı alınacak besin elementlerinin miktarını belirleyen en önemli unsurlardır. Yine ormanlarda meydana gelen tahribatın ortadan kaldırılması amacıyla yapılan ağaçlandırmalarda sahaya getirilen türlerin kapallılık oluşturma hızları bozulan besin elementleri döngüsünün başlamasında ağırlıklı bir rol oynar. Toprağın porositesi ve tekstürü, suyun hareketi esnasında yeryüzünde veya toprak içerisinde izleyeceği yolu belirleyen en önemli etkenleri oluşturur.

Diğer taraftan, orman ekosistemlerinde etkili olabilecek belli başlı uygulamalar üzerinde dursak; üretim diğer bir deyimle işletme, kesim ve taşıma faaliyetleri, yangın, hayvan otlatma ve çeşitli amaçlarla kullanılan insektisid, pertisid, fungisid vb. kimyasalların etkilerinden ve bakteriyolojik kirlenmeden de söz etmek gerekir. Şimdi kısaca bunlar üzerinde duralım:

İşletme Faaliyetleri

Ormanlık yağış havzalarında uygulanan işletme faaliyetleri havza karakteristiklerinde ve dere suyunun kimyasal madde konsantrasyonunda önemli değişmelere neden olabilmektedir (BINKLEY D./THOMAS C.B., 1993). Bu faaliyetler sonucunda topraktan besin elementlerinin alımı, ağaçlar sahadan uzaklaştırıldığı için durmakta, ekonomik değeri olmadığı için sahada bırakılan artıklar orman ölü örtüsüne katılarak çürüme veya ayrışma yoluyla ekosisteme katkıda bulunmaktadır. Sahadan uzaklaştırılan ağaçların tepe uçlarından geriye kalan açıklıklar yetiştirme ortamında ısınmaya yol açmaktadır. Ayrıca evapotranspirasyonun azalması topraktaki nem kapsamında artışa neden olmakta, bu durum mikroorganizma faaliyetlerini ve organik maddelerin parçalanma veya ayrışmasını hızlandırmaktadır.

Mikroorganizmaların solunumlarındaki artış, toprak havasının kısmi karbondioksit basıncını yükseltmektedir. Bu durum bikarbonat iyonlarının seviyesinde artışa ve dolayısıyla sistemden daha fazla miktarda katyonun yıkanmasına yol açmaktadır. Ayrıca organik maddenin oksidasyonu ile nitrat halinde üretilen azot, sahadan uzaklaştırılan vejetasyon tarafından kullanılmadığı için kayıp şeklinde değerlendirilebilmektedir.

Yapılan çalışmalar, iyi drenajlı topraklar üzerinde uygulanan yoğun kesimlerden sonra üretim yapılan alanlarda besin elementleri kaybının (katyonlar ve nitrat) genellikle arttığını ortaya

koymuştur. Örneğin; New Hampshire'da yapraklı ormanlarda yapılan traşlama kesimlerden sonra kesimi izleyen ilk 4 yıl içerisinde inorganik N'ta 57 kg/ha, Ca'da 71 kg/ha ve K'da 15 kg/ha'lık bir artış olduğu gözlenmiştir (MARTIN *et al*, 1986). En fazla artış kesimden sonraki ikinci yılda saptanmıştır. Dördüncü yılın sonunda besin elementlerinin çoğunda konsantrasyon değerlerinin kesim öncesindeki duruma döndüğü görülmüştür. Ormanların işletilmesinde traşlama kesimlerin yer aldığı havzalarda besin elementleri taşınımında ve su veriminde genellikle artış olduğu izlenmiştir. Kaldı ki, dere akımında besin elemanları konsantrasyonunun fazla artış göstermediği durumlarda dahi, yüzeysel akıştaki artışın getirdiği besin elemanları yükü, dere suyuna ve göllere geçen yükte bir artışa neden olmuştur. Kesim, taşıma, yol yapım ve bakım çalışmaları uygun bir planlama ve çalışma düzeni içerisinde gerçekleştirilirse matematik istatistik anlamda önemlilik gösteren bir yük artışı nadiren gözlenmektedir. Genelde, normal olarak uygulanan ormancılık faaliyetlerinin havzalardan fazla miktarda besin elemanı taşınmasına neden olduğunu söylemek de güçtür.

Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nin güney doğusundaki çam ormanlarında traşlama kesim ve makinalı saha hazırlığından sonra yapılan ağaçlandırma çalışmalarında bu uygulamaların besinmaddesi taşınımında fazla bir artışa neden olmadığı ve bunun iki yıl sonra başlangıçtaki duruma döndüğü gözlenmiştir (HEWLETT *et al*, 1984). Traşlama kesimi müteakip, dere sularının besin maddesi konsantrasyon değerlerinde bir artış olmamış ancak su verimindeki 10-20 mm'lik artış 2 yıllık bu sürede daha fazla maddenin havza dışına taşınmasına neden olmuştur. Kesimi izleyen 2 yıllık süre içerisinde nitrat azotundaki artış 0.3 kg/ha civarında kalmış, P, K, Ca, Mg ve Na'da ise maksimum artış 0.5 kg/ha'dan daha az olmuş ve bitkilerin tekrar gelişimini sürdürmeleri nedeniyle toprakta verim kaybı ve derelerde ötrifikasyon oluşumuna yol açacak bir değişim meydana gelmemiştir. Yine, Kuzey Karolina'da Coweeta hidroloji laboratuvarının deneme havzalarındaki yapraklı ormanlarda yapılan traşlama kesimler sonunda yukarıdaki değerlerden daha fazla besin maddesi kaybı meydana geldiği saptanmıştır. Traşlama kesimi izleyen ilk ve ikinci yıllarda ölçülen net azot kaybı sırasıyla 6.2 kg/ha ve 3.6 kg/ha olmuştur (SWANK / WAIDE, 1979). Ancak bu kayıpların dere suyunda kaliteyi bozacak bir düzeyde olmadığı da ifade edilmektedir.

Yangın

Ormanda kalan üretim artıklarının yanması ile orman ölü örtüsü ve mineral topraktan açığa çıkacak iyonlar üzerinde oluşan etki, üretim işlemlerinin (kesim-taşıma) doğrudan yaptığı etkiden daha fazla olmaktadır. İyonların açığa çıkmasında organik maddenin parçalanarak çözünebilir forma dönüşmesi büyük rol oynamakta ve kolaylıkla yıkanarak taşınmasına yol açmaktadır. Bu yolla derelere ulaşan toplam besin maddesi kaybındaki artış genelde geçici olmaktadır. Ancak, bunun yanında yangın sonucu buharlaşarak havaya karışan azot ve kükürtün yol açtığı kayıplar da gözardı edilmemelidir.

Yangınların etkisi, yangın şiddeti yanında genel ekolojik koşulların da ağırlık taşıdığı bir etkileşim içerisinde ortaya çıkmaktadır. Nitekim, Amerika Birleşik Devletlerinin batı eyaletlerinde ibrelili ormanlarla kaplı yağış havzalarında orta derecede şiddetli yangınların, dere sularının Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} ve HCO_3^{-} konsantrasyonları üzerinde dikkat çeken bir etkisinin olmadığı görülmüştür (HELWEY *et al*, 1985). Ancak bu durum, ilk kar yağışlarından önce meydana gelen düşük şiddetli yağışlarla küllerdeki bileşiklerin eriyerek yıkanması ve geçirgen toprağa intikal etmesi sonucu, asidik karakterli havza topraklarının toprağa geçen katyonları mübadele kompleksi içerisinde tutarak derelere ulaşmasını önlemesinden kaynaklanmıştır.

Diğer taraftan, yangını izleyen şiddetli yağışlar küldeki bileşiklerin erimiş halde aşırı derecede dere suyuna geçmesine yol açabilmektedir. Ancak bu olgu, orman örtüsünün yeniden gelişimini sürdürmesi nedeniyle bir süre sonra başlangıçtaki duruma dönebilmektedir.

Hayvan Otlatma

Mera amenajmanı prensiplerine uyulduğu sürece sorun teşkil etmeyen hayvan otlatma, özellikle aşırı ve düzensiz otlatma şekillerinin yoğun olduğu havzalarda derelerde suyun kalitesini etkileyen önemli değişiklikler meydana getirebilmektedir. Otlatma baskısı sonucu ortaya çıkan sorunlar özellikle ülkemizde hepimizce bilinen ve çözümü giderek güçleşen boyutlara ulaşabilmektedir. Toprakta kompaktlaşmanın artışı yağışların yüzeyel akışa geçmesine, dolayısıyla erozyon ve sediment taşınmasına yol açmakta türbiditesi artan dere sularında kalite hızla düşmektedir. Ayrıca aşırı hayvan nüfusu, özellikle yoğunlaştığı yerlerde suların bakteriyolojik kalitesini de bozmaktadır.

Kimyasal Kullanımı

Yağış havzalarında sürdürülen ormancılık faaliyetleri içerisinde ülkemizde pek yaygın olmasa da gübre, pestisid, insektisid, fungusid ve yangına karşı kullanılan retardantlar vb. çok çeşitli kimyasalların yer alışı, derelere ulaşan ve derelerde akan suların kalitelerinde de ister istemez değişimlere neden olmaktadır.

Ancak hemen şunu söylemek gerekirse, kullanılan hemen tüm kimyasalların etkime dereceleri, kullanım prensipleri ve bunlara uyulduğu takdirde en az zararlı nasıl yarar sağlayabilecekleri kullanma kılavuzlarında en ince ayrıntılarına kadar verilmektedir. Bu nedenle biz burada konunun ayrıntılarından çok fazla ayrıntıya bakımdan üzerinde durulması gereken genel prensipleri belirtmeye çalışacağız.

Kimyasallar işletme amaçlarına ulaşmada birer araç olarak belli bir hedef teşkil eden organizma veya alanı etkileyecek biçimde kullanılırlar. Ancak, ne kadar özen gösterilirse gösterilsin havzaların alansal yaklaşımıyla ele alındığı ekosistem içerisinde özellikle havalanma zonunda bir yolu bu olarak hedef teşkil eden alan veya organizmalar dışında da etkili olabilirler. Bunlar diğer organizmalar açısından hayati tehlike taşıdıklarından dikkatle izlenmeleri gerekir. Ortaya çıkan zehir etkisi akut yahut kronik şekilde gerçekleşebilir. Herzaman öldürücü olmayabilir. Burada *akut* tarzındaki etkiler yüksek dozdaki kimyasala kısa süre maruz kalındığında *kronik* etki ise nisbeten daha düşük dozlara uzun süre maruz kalındığında ortaya çıkar. Bu bakımdan kimyasalların ve organizmaların özellikleri iyice belirlenmeli, kullanım dozu, frekansı, temas süresi ve etkileşimde ortaya çıkacak her türlü durum önceden iyice incelenmelidir.

Kimyasal kullanımında pestisid, insektisid, fungusid, gübre veya yanmaya karşı retardant her ne olursa olsun temel kural, kimyasalın hedef dışı organizma veya alanlarla temasını en az düzeye indirmek ve dereler veya göllere doğru yapılacak uygulamalardan kaçınmaktır. Burada ortaya çıkabilecek sorunları en az düzeye indirebilmek için, iyi bir uygulama talimatının geliştirilmesi, arazinin iyi bir amenajmana tabi tutulması ve izleme sisteminin kurularak çalıştırılması yeterli olabilir. Ayrıca, rüzgar ve sıcaklık koşulları, hedef olarak seçilen alanların derse ve göllere olan uzaklıklarının iyi bir şekilde belirlenmesi gerekir.

Bir havzada, ister ormanlık alanlar isterse mera alanlarında olsun usulüne uygun şekilde kullanılan bir kimyasalın drenaj sistemine ulaşması o kimyasalın kalış süresine diğer bir anlatımla etkime süresine ve ortamda etkin yerel hidrolojik karakteristiklere bağlı kalmaktadır. Uygulamayı izleyen dönemde kullanılan kimyasallar toprağa geçerek veya toprak içinden yahut yüzeyel akışla taşınmak suretiyle yıkanmaya maruz kalırlar. Burada yağış şiddeti ve toprağın infiltrasyon kapasitesi başta olmak üzere hidrolojik özellikleri, derinliği, organik madde kapsamı ve arazinin eğimi önemli bir rol oynamaktadır. Uygulamalarda genellikle su kaynaklarının (göl, gölet, dere vb.) çevrelerinde kimyasal madde kullanımının yasaklandığı bir *Tampon Bölge*'ye yer verilir. Bunun boyları ise yukarıda sıralanan özelliklerin yarattığı yerel koşullara bağlı kalmamak şarttır.

Bakteriyolojik Kalite

Sularda, kalitenin içmeye elverişliliği veya insanlarla direkt temasın yüzme vb. sözkonusu olduğu durumlarda bakteriyolojik göstergeler üzerinde durulur. İhtiva ettiği organizmaların sayısı bu

konuda bir indeks teşkil eder. Değerlendirmelerin çoğunda toplam bakteri veya koliform bakterilerinin sayısı üzerinde durulur. Kullanıma açık veya tahrip görmüş yağış havzalarında doğal suların kalitesini belirleyecek bu gibi kriterlerle, bakterilerin yaşam evreleri ve bunların çevresel faktörlerle olan karşılıklı etkileşimlerindeki değişimler konusunda sağlanan veriler çok değişiktir. Ancak, hemen belirtmek gerekirse nisbeten iyi durumda bulunan alanlarda yapılan araştırmalar bu konudaki yaklaşımlarımıza ışık tutacak bir temel oluşturabilmektedir.

Koliform bakterilerinde görülen mevsimlik değişim trendi deredeki akım karakteristikleri ve hava sıcaklığının da dahil olduğu çevresel faktörlere bağlıdır. Örneğin ABD'de kayalık dağlar (*Rocky mountains*) yöresinde kirlenmeye maruz bulunmayan küçük derelerde bakteri suyundaki küçük değişimlerin genellikle yüzeysel akışa neden olan kısa süreli yaz sağnaklarından kaynaklandığı ifade edilmektedir (BROOKS K.N. et al, 1991). Dere seviyesinin sabit kaldığı yağışsız dönemlerde bakteri sayısı dere yatağındaki su temas yüzeyinin genişliğine bağlı kalmaktadır. Ayrıca, yağışlardan sonra derelerde meydana gelen yükselmeler, daha önce taban suyunda depolanmış bakterilerin tekrar derelere ulaşmasına neden olmaktadır. Bu arada, bakteri sayısındaki değişim su sıcaklığının donma noktasına yaklaştığı kış dönemlerinde dahi gözlenebilmektedir.

Ormanlardaki üretim faaliyetleri ve bunlar sonucu dere sularında bulanıklık (*türbidite*) değerlerinde meydana gelen artışın, sulardaki koliform yoğunluğu üzerinde etkili olmadığı belirlenmiştir. Buna karşın, havzalarda otlama, özellikle derelere komşu bataklık arazilerde yapılan hayvan otlatması dere sularındaki bakteriyolojik yoğunluğun artmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle özellikle yukarı havzalarda dere kenarlarında taban suyundan yoğun şekilde yararlanan bitki örtüsünün (*Riparian vegetation*) hakim olduğu kesimlerde aşırı hayvan otlaktan kaçınmak sularındaki bakteriyolojik kalitenin bozulmasını önlemede etkin bir rol olmaktadır.

Burada bütün bakteri gruplarının mevsimlik değişim eğilimi tüm yıl boyunca benzer bir seyir izlemektedir. En düşük değerler sıcaklığın donma noktasına yaklaştığı, en yüksek sayım değerleri ise erken sonbahar dönemindeki yağmur ve kar erimelerinden kaynaklanan yüksek akımlar esnasında gözlenmektedir. Geç ilkbaharda meydana gelen kısa süreli yüksek akımların bakteri sayısında bir azalmaya neden olduğu, yaz döneminde suların ısınmasıyla bakteri sayısının tekrar arttığı ancak, sonbahar döneminde ise yine azaldığı görülmektedir.

Araştırmalar bazı durumlarda yeryüzünde biriken organik maddenin bir bakteri filtresi gibi işlev gördüğünü ortaya koymuştur. Bakteri sayılarındaki değişimlerin en belirgin nedeni sıcakkanlı hayvanların (büyük ve küçük baş hayvan varlığı, yaban hayvanları) ve insanların derelere yakın yerlerde yoğunlaşmalarıdır. Bu bakımdan yağış havzalarında üzerinde en fazla önem verilerek durulması gereken yerler, taban suyunun yüksek olduğu ve bu yüksek taban suyundan yararlanarak varlıklarını koruyan bitkilerin yer aldığı kesimlerdir.

Yazımızın sınırlı çerçevesi içerisinde buraya kadar açıklamaya çalıştığımız hususları tümüyle özetlersek; kullandığımız su kaynaklarının temelini oluşturan orman ekosistemlerinin yer aldığı yağış havzalarında su üretim işlevinin alansal bir yaklaşımla havzanın tümünü kapsayacak biçimde değerlendirilmesi gerektiğini ve bu amaçla yapılacak çalışmalarda uygulamaların veya meydana gelebilecek değişimlerin dere sularında kaliteyi belirleyen parametreler üzerindeki etkilerini gözard ederek, iyi kalitede, verimi yüksek ve sürekli bir su üretimini gerçekleştirmenin mümkün olamayacağını söyleyebiliriz.

KAYNAKLAR

APHA, 1979. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, Washington D.C.

BALCI, N. VE ÖZYUVACI, N.: 1976. *Variation in Suspended Sediment and Outflow of Some Chemicals as Related to Precipitation and Stream Flow in Arnavutköy Creek Near Istanbul*. Mitteilungen Der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt, Österreichischer Agrarverlag 1014 Wien.

BINKLEY, D. and THOMAS C.B., 1993. *Forest Practices as Nonpoint Sources of Pollution in North America*. Water Resources Bulletin AWRA, Vol. 29, No. 5.

BROOKS, N., K.P.F. FFLOLLIOTT, H.M. GREGERSEN AND J.L. THAMES, 1991. *Hydrology and the Management of Watersheds*. Iowa State University Press, Ames, Iowa 50010 U.S.A.

ÇEPEL, N., 1993. *Toprak-Su-Bitki İlişkileri*. İ.Ü. Yayın No. 3794. Fen Bilimleri Enstitüsü Yayın No. 5. İstanbul.

GOLTERMAN, H., R. CLYMO AND M. OHNSTAD, 1978. *Methods for Physical and Chemical Analysis of Fresh Waters*. Blackwell Scientific, Oxford.

HELVEY, J.D., A.R. TIEDEMANN AND T.D. ANDERSON, 1985. *Plant Nutrient Loss by Soil Erosion and Mass Movement After Wildfire*. J. Soil Water Conserv. 40: 168-173.

HEWLETT, J.D., W.L. NUTTER, 1969. *An Outline of Forest Hydrology*. University of Georgia Press Athens. U.S.A.

HEWLETT, J.D., H.E. POST AND R. DASS, 1984. *Effect of Clearcut Silviculture on Dissolved ion Export and Water Yield in the Piedmont*. Water Resour. Res. 20: 1030-1038.

KLEIN, L. 1967. *River Pollution I. Chemical Analysis (137-112-131-25)* Butterworth x Co. (Publisher) Ltd. London.

MARTIN, C.W., R.S. PIERCE, G.E., LIKENS AND F.H. BORMANN, 1986. *Clearcutting Affects Stream Chemistry in the White Mountains of New Hampshire*. USDA For. Serv. Res. pap. NE-579.

McGAUHEY, P.H. 1968. *Engineering Management of Water Quality*. Mc Graw-Hill Book Company, New York.

SWANK, W.T. and J.B. WAIDE, 1979. *Interpretation of Nutrient Cycling Research in a Management Context: Evaluating Potential Effects of Alternative Management Strategies on Site Productivity*. In *Forest Ecosystems: Fresh Perspectives from Ecosystem Analysis*. ed. R.H. Waring and J. Franklin Corvallis. 137-158 Corvallis, Oregon State Univ. Press.

TSE, 1986. *Türk Standardları-İçme Suları*. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

USGS, 1961. *Quality of Surface Waters*. Pollution Control Commission, Dept. of Conservation U.S.G.S. Wash.