

Göller, Besin Zinciri Yıkımı ve Biyomanipulasyon

Eymir ve

Mogan Gölleri

Derin göller son 20 yıldır bilimsel araştırmaların ve turizm endüstrisinin odağı. Ancak gerçekte derin göllerin toplam yüzey alanı, dünyadaki toplam tatlısu göllerinin küçük bir kısmını oluşturur. Sığ göllerse birkaç metrelik derinlikleriyle hem sayı hem de toplam alanda çok daha fazla. Ayrıca sığ göller barındırdıkları doğal hayatın zenginliği ve insan kullanımı açısından, çok daha önemliler. Sığ göller, günlük protein gereksinimi için balıkçılık, saz ve kamışın kesimiyle barınak yapımı, tarım için turba (organik toprak) çıkarılması gibi yararlarıyla, yaşamın önemli parçalarından. Bir çoğumuz içinse bu ekosistemlerin önemi, barındırdıkları doğal yaşamın çeşitliliği ve zenginliğidir. Sığ göller dünyanın en verimli, karmaşık ve zengin ekosistemleri olarak en çok bilinen sulakalanları.

Göl ekosisteminin nasıl çalıştığını anlayabilmek için, öncelikle su toplama havzasının doğal yapısı, jeoloji, meteoroloji, hidrolojisi, toprak yapısı ve havzadaki insan etkinliği gibi özelliklerin bilinmesi gerekiyor. Bu etmenlerin tümü göle ulaşan su miktarını, suyun kalitesini ve biyolojik besin zinciri ilişkilerini belirler. Gölün derin veya sığ olmasıysa göldeki biyolojik besin ağı ilişkisiyle yakından ilgili. Bu yüzden, gölleri incelerken derin ve sığ ayrımının yapılması kaçınılmaz oluyor.

Gölün derinliği genelde 3 m'den fazlaysa ve yaz aylarında, ısınan havanın oluşturduğu ısı tabakalaşmasıyla göl suyu, sıcak üst tabaka ve soğuk alt

tabaka diye ikiye ayrılıyorsa bu göl derin göl diye tanımlanıyor (Şekil 1). Yaşanan bu ısı tabakalaşması gölün bulunduğu boylam ve rakımla farklılaşıyor. Sığ göllerin derinlikleri ise 3 m kadar oluyor ve derinlik fazla olmadığından derin göllerin tersine ısı tabakalaşması oluşmuyor (Şekil 2).

Derin Göllerde Besin Ağı:

Besin ağının ilk halkasını bitkisel-plankton (tek hücreli bitki) oluşturur. Yoğun bulunan bu planktonlar, azot ve fosforlu inorganik besin tuzlarını kullanarak fotosentez yapan birinci üreticiler. Derin göllerde, morfolojileri gereği, sualtı bitkilerinin büyüebilecekleri "sığ kıyılar" çok az olduğundan, birinci üretici olan sualtı bitkilerin rolü fazla önemli değil. Bitkisel-planktonu yiyen, farklı büyüklüklerdeki hayvansal-plankton (su piresi gibi) ise ikinci halkayı oluşturuyor. Su ve göl dip çamurunda yaşayıp, bitkisel ve hayvansal plankton yiyen omurgasızlar (salyongoz, sinek ve böcek larvaları vb.) ise üçüncü halkayı oluşturuyor. Sonraki halkadaysa hayvansal-plankton, omurgasız ve yüksek bitki yiyen otçul balıklar (sazan, kadife v.b) var. Besin zincirinin en üstünü de küçük balıklarla beslenen yırtıcı balıklar (sudak, tatlısu levreği, alabalık vb.) oluşturuyor. Burada doğrudan suda yaşamayan fakat beslenmeleri suya bağlı, küçük balık yiyen, su kuşlarını (karabatak, bahri, vb.) da unutmamak gerekir (Şekil 3a).

İnsan etkinliğiyle doğal besin ağı bozulmamış derin göllerde bitkisel-planktonlar (birinci üreticiler) baskın durumda. Ancak, hayvansal planktonlarca denetlendiklerinden, bunların biyokütleleri az ve gölün su ışık geçirgenliği yüksek olduğundan su genellikle berrak olur.

Sığ göllerde besin ağı:

Derin göllerin tersine, sığ göllerde sualtı bitkilerinin büyüyebileceği alan çok geniş. Öyle ki, gölün tamamı sualtı bitkileriyle kaplı olabilir.

Bunlarda besin ağının ilk halkasını, azot ve fosfor kullanarak fotosentez yapan sualtı bitkileri (birinci üreticiler) oluşturur. Sığ göllerde sualtı bitkileri yoğun bulunurken, derin göllerin tersine, bitkisel-plankton önemli ölçekte bulunmaz. Suüstü bitkileri (sazlar) göl kıyı kuşağının vazgeçilmez parçasıdır. İkinci halkayı, bitkiler üzerindeki organik biyofilm ve bitkisel-planktonu yiyen, çok zengin tür çeşitliliği ve farklı büyüklüklerdeki hayvansal-plankton oluşturuyor. Sualtı bitkilerine bağlı yaşayan, bitkisel ve hayvansal plankton yiyen omurgasızlar da çok zengin bir grup olarak üçüncü halkayı oluşturuyor (sığ göllerde omurgasızlar grubu, derin göllere göre çok zengindir). Sonraki halkadaysa hayvansal-plankton, omurgasız ve yüksek bitki yiyen otçul balıklar vardır. Besin zincirinin en üstünde de, küçük balıklarla beslenen ve sualtı bitkileri arasında yaşayan yırtıcı balıklar yer alıyor.

Sığ göllerdeki etçil balık biyokütlesi yüksektir ve otçul balık biyokütlesini denetler. Ayrıca göl içi su bitkileri, birçok omurgasızın büyümesine ortam sağlayarak balık üretimini etkiler. Bitkisel-plankton biyokütlesi hem hayvansal-plankton avlanma baskısı hem de su bitkilerinin neden olduğu besin sınırlaması ile çok az düzeyde bulunur.

Sığ göllerde zengin sualtı ve suüstü (sazlıklar) bitki türleri farklı mikrohabitatlar oluşturarak farklı beslenme özelliğindeki su kuşlarına ev sahipliği de yapıyorlar. Sığ göller, bitkiler üzerinden beslenen kuğu ve sakarmeke gibi sokuşları, omurgasızlar üzerinden beslenen çeşitli ördek türleri (patka, elmbaşı vb.) ve küçük balıklar üzerinden beslenen dalıcı su kuşlarıyla (bahari, pelikan v.b) çeşitliliği çok yüksek zengin bir ekosistem oluşturuyor (Şekil 4a). Sığ göllerde görülen bu biyolojik zenginliğin en önemli nedeni, sualtı ve suüstü bitkilerinin yoğunluğu. Özellikle sualtı bitkilerinin sucul ortamda yüklendiği bir çok görev, bu ekolojik zenginliğin ana nedeni. Sualtı bitkilerinin en önemli görevleri şöyle sıralanabilir; oluşturdukları mikrohabitatlarda azotu atmosfere çıkararak su kalitesini korurlar, kökleriyle dip çamurunu sabitleyerek suyun ışık geçirgenliğini artırır, turna ve tatlısu levreği gibi balıklara beslenme ve barınma ortamı sunarlar, suda bulanıklık nedeni bitkisel-plankton üremesini sınırlarlar, sayıca çok zengin omurgasız türlerine yaşama ortamı sağlarlar.

Derin veya sığ göllerde yukarıda açıklanan farklı beslenme gruplarına bağlı türleri, tür sayılarıyla belirtildiğinde bu beslenme ilişkisinin bir ağ gibi olduğu daha iyi anlaşılır: Bir gölde, birinci üreticilerden sualtı ve suüstü bitkilerinin tür sayısı 20-30, bitkisel plankton tür sayısı birkaç yüz ile bin düzeyinde olabilir. Hayvansal-plank-



ton ve diğer omurgasızlar tür sayısıysa, yine birkaç yüz ile binin üzerindedir. Otçul balıkların sayısı 10-20 düzeyindeyken etçil balıklar 10'dan azdır. Su kuşlarının tür sayıları ise bir kaç yüz olabilir. Farklı beslenme gruplarındaki türlerin sayıca fazla olması, bir gölde bulunan farklı mikrohabitatların zengin olmasıyla doğru orantıya sahip. Bu nedenle tür sayısı, özellikle su bitkilerince zengin sığ göllerde derin göllere göre çok daha fazla oluyor.

Besin Zinciri Yıkımı:

Canlılar, var olabilmek için 20 elemente gereksinim duyar. Su kalitesini ve göl içi canlı yaşamıysa fosforlu bileşikler (P) ve azot (N) gibi önemli elementlerin göl suyundaki yoğunlukları belirliyor. Doğal koşullarda bu bileşiklerin (özellikle fosfor) yoğunlukları az olduğundan göl ekosisteminin verimliliğini sınırlayan en önemli anahtar besin tuzları oluyor. Su toplama havzası doğal ormanla kaplıysa sınırlayıcı bu tuzlar ağaçlarca kullanılacağından, N ve P karasal ekosistemde kalmaya mahkum. Çünkü doğal yapıları bozulmamış ekosistemler, bu besin tuzlarını, buldukları ekosistemde tutma yöntemini evrimle geliştirmiş bulun-

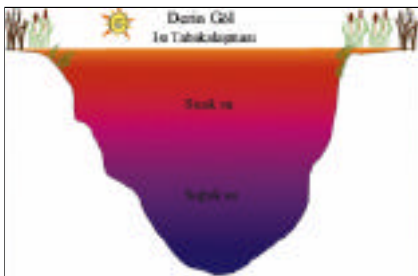
yorlar. İnsan etkinliğinden etkilenmemiş doğal bir göl ekosisteminde toplam fosfor miktarı 1 ile 20 mikrogram/litre arasında değişirken, toplam azot miktarıysa bunun 10 ila 20 katı.

Su toplama havzasında tarım, hayvancılık, sanayileşme ve kentleşme gibi insan etkinlikleri arttıkça göllere ulaşan N ve P de artıyor. Yoğun tarım yapılan alanlarda kullanılan sentetik gübrelerde bolca bulunan ve suda çözünürlüğü yüksek N, toprakta tutulmadığı için yüzey su akışlarıyla göllere ulaşır. Sanayi, hayvancılık, evsel atık su, gıda ve deterjan, su sistemlerine aşırı P ulaşmasının başlıca nedeni.

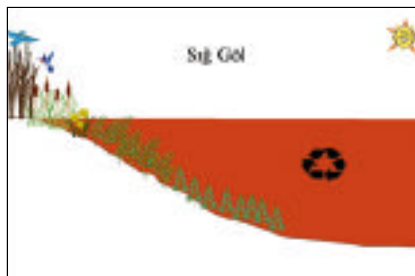
Yukarıda belirtilen insan etkinlikleri sonucu yüzey sularına (nehir, göl ve deniz kıyı kuşakları) canlı yaşamın kullanabileceğinden çok daha fazla N ve P ulaşıyor. Bu aşırı beslenme, birincil üretici, bitkisel-plankton biyokütlesinin aşırı artmasına, suyu bezelye çorbası gibi yeşil yapıp, besin zinciri yıkımına neden olur (Şekil 3b ve 4b).

Derin ve Sığ Göllerde Besin Zinciri Yıkımı:

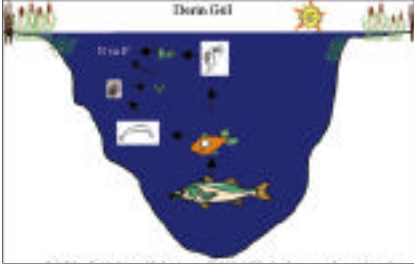
Derin göllerde besin zinciri yıkımı, bitkisel-plankton biyokütlesinin az durumdan orta veya yüksek duruma geçmesi ve göl suyunun bezelye çorbası gibi yeşilleşmesiyle oluşur. Artan bitkisel-plankton biyokütlesi su berraklığını azaltır ve göl taban suyunu oksijensizleştirerek koku ve tat sorunları yaratır. Artan organik bitkisel-plankton biyokütlesi göl dip suyuna çökerken mikroorganizmal parçalanma işleminde aşırı oksijen kullanımı sonucunda göl oksijensizleşir. Bu ortamda alabalık ve somon gibi yüksek oksijen gereksinimindeki balıklar yaşayamaz (Şekil 3b).



Şekil 1- Derin bir gölde yaz aylarında oluşan ısı tabakalaşması, suüstü ve sualtı bitkilerinin yayılımı.



Şekil 2- Sığ bir gölde yaz aylarında ısınan su sürekli karıştığından ısı tabakalaşması oluşmaz. Göle suüstü ve sualtı bitkilerinin yayılımı.



Şekil 3a- Derin bir gölde besin ağı ilişkileri. Her beslenme grubuna ait canlı türü sadece bir tür ile gösterilmiştir. Şekil 3b- Derin bir göle aşırı azot ve fosfor verilmesiyle besin zinciri yıkımı. Şekilde verilen türlerin birey sayıları besin ağındaki değişimle orantılıdır.

Besin zinciri yıkımı sığ göllerdeyse çok daha farklı değişikliklerle sonuçlanır (Şekil 2b). Artan fosforlu inorganik besin tuzları yüklemesi, bitkisel-plankton biyokütlesini artırarak suda bulanıklık yaratır. Bulanıklık, yeterli güneş ışığını göl dibine ulaştırmaz ve sualtı bitkilerinin büyümesini engeller. Artan bitkisel-plankton biyokütlesinin mikroorganizmal parçalanma işlemi aşırı oksijen kullanıldığından sudaki çözülmüş oksijen yoğunluğu azalır. Oksijen gereksinimi yüksek, turna gibi etçil

balık biyokütlesi, bu durumda azalır ve otçul balık biyokütlesini denetleyemez. Sualtı bitkileri yok olduğu için omurgasızlar azalır. Bitki ve omurgasızlardan beslenen su kuşları beslenemedikleri için yok olurlar. Böyle bir göl, yalnızca küçük otçul balıkla beslenen dalıcı su kuşlarının yaşayabildiği, suyu bezelye çorbası gibi yeşil ve ekolojik zenginliği yok olmuş duruma geçer.

Görüldüğü gibi sığ göllerde besin zinciri yıkımı, sualtı bitki ve tür çeşitliliği yüksek, berrak su özelliğinin kay-

bolup bitkisel-planktonun baskın olduğu bulanık su durumuna geçiş anlamına geliyor (Şekil 4b).

İyileştirme (Restorasyon)

Yöntemleri:

Bozulan su kalitesi ve ekolojik özelliklerin iyileştirilmesi için üretilen çözüm önerileri göl içi ve göl bütünü diye ayrılabilir.

Göl-içi Çözümler:

- Göl içi fosfor miktarının çöktürülmesi: Göl suyunda biriken fosfor miktarını azaltmak için suya alüminyum ve/veya demir tuzu atılarak fosforun dibine çöktürülmesi işlemidir. Bu yöntem kısa sürede iyileşme verir fakat uzun vadede hiç bir kalıcı çözüm üretmez. Havzadan göle fosfor girdisi sürdükçe işlemin sürekli yinelenmesi gerekir.

- Göl taban suyunun havalandırılması: Taban suyunun oksijenlenmesiyle besin tuzu ve metan gibi gazların salınımını engellemek için yapılabilir.

Eymir ve Mogan Gölleri'nin Ekolojik Yapıları

Tektonik olaylara dayalı çökme sonucu oluşmuş Mogan-Eymir-Incesu deresini izleyen çukurluk vadi, başlangıçta bir akarsu vadisiyken, derelerin getirdiği materyalin 1900'li yıllarda Mogan çukurluğunu (bugün Gölbaşı yerleşiminin bulunduğu bölge) doldurması sonucu Mogan Gölü ve Eymir çukurluğunun önünü doldurması sonucu ise Eymir Gölü oluşmuş bulunmaktadır (Şekil 5). Bu göllere, oluşum biçimlerinden dolayı alüvyonel baraj gölleri deniyor. Eymir ve Mogan Gölleri'nde Mart 1997 yılında başlattığım ve hala süren izleme çalışmasında, göllerde, göllere su girdisi olan dereler ve çıktılarında, fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişkenler, haftalık ve aylık sıklıkla belirleniyor (Şekil 5). Mogan ve Eymir Gölleri Ankara ili sınırları içinde, il merkezinden 20 km güneyinde yer alıyorlar. Göller aynı su toplama havzası içinde bulunmaktadır. Mogan Gölü kotu 3m daha yüksek olduğundan, su akış yönü Mogan Gölü'nden Eymir Gölü'ne doğrudur. Her iki göl ve havzadaki insan etkinlikleri küçük ölçekli sanayi bölgelerinin bulunması, toprağın tarımsal amaçlı kullanımı, Gölbaşı Belediyesi'nin ve TEAŞ'in artmış evsel atıksu deşarjı, denetimsiz balıkçılık (Mogan Gölü) ve rekreatif kullanımı biçiminde özetlenebilir.

Mogan

Mogan Gölü yüzey alanı büyük (5.4 km²) sığ bir göl (maksimum derinlik: 4 m, ortalama derinlik: 2.8m).

Mogan Gölü'ne akan derelerde (özellikle Gökçük ve Yavrucağ dereleri) çok yüksek düzeyde azot ve fosforlu bileşikler bulunmaktadır (ortalama toplam fosfor: 428 mikrogram/litre, çözülmüş inorganik azot: 2386 mikrogram/litre). Bu dereler, gölün güney, güneybatı ve batı kıyılarındaki çok geniş sulak alanlardan geçerek göle ulaştıklarından derelerdeki besin tuzu yüklerinin göle etkisi fazla değil (Şekil 5). Çünkü bu sulak alanların filtreleme işlevi (azotu atmosfere uzaklaştırma; fosforlu ve azotlu bileşikler sazların kullanması) oldukça düşük. Mogan Gölü'nün bir diğer önemli azot ve fosfor girdisiyse Gölbaşı kasabasının içinden geçerek gelen Suksen deresi (ortalama toplam fosfor: 830 mikrogram/litre, çözülmüş inorganik azot: 2482 mikrogram/litre). Bu dere, gölün kuzey ucunda, göl ayağına yakın bölgedeki sazlık alanı geçerek göle ulaşıyor. Suksen deresine kasabadan kaçak evsel atıksu deşarjı yapılmaktadır.

Mogan Gölü'nün doğal yapısının korunmasında bu sulak alanların önemi çok büyüktür. Fakat göle havzadan derelerle ulaşan tarımsal ve evsel atıksu kaynaklı, azotlu ve fosforlu bileşik girdisinin engellenmesi gerekli çünkü bu doğal sulak

alanların taşıma kapasiteleri sonsuz değil ve zaman içinde bu özelliklerini kaybedebilirler.

Mogan Gölü'nde belirlenen bulgularımız sırasıyla:

- Toplam fosfor miktarı düşük: 3.5 yıllık ortalama: 74 mikrogram/litre.
- Suda bulanıklığa neden olan bitkisel-plankton yoğunluğu düşük: 3.5 yıllık ortalama: 12 mikrogram/litre.
- Yaz aylarında ışık geçirgenliği çok yüksek: göl tabanı: > 3 m.
- Su kalitesini koruyan sualtı bitkileri çok zengin: göl alanının %80'i kadar.
- Hayvansal-planktonca zengin.

Mogan Gölü'nün yeni balık stok çalışması yok. Fakat son yıllarda etçil turna balığının baskın tür olduğu belirtiliyor. Etçil balık turna, sualtı bitkileri arasında yaşayan bir balık. Gölün sualtı bitkilerince zenginliği dikkate alındığında turna balığının baskın olması beklenen bir sonuç. Göl ve gölü çevreleyen sulak alanlarda farklı beslenme gruplarında toplam 160 kuş türü belirlenmiş. Ekosistem, Macar ördeği (50 çift), alaca balıkçıl (30 çift), pasbaş patka (10 çift) ve dikkuyruk (2 çift) üreyen popülasyonlarıyla Önemli Kuş Alanları statüsü kazanıyor. Mogan Gölü, bu özelliklerinden dolayı B sınıfı sulak alan sınıfında yer alıyor. B sınıfı sulak alanlarda tüm dünyada nesli tükenen türlerin yeterli ve düzenli sayıda gözlemlendiği alanlar. Ayrıca Mogan Gölü'nün batı kı-

yısında endemik tür, yarı dörner peygamber çiçeği (*Centaurea tchichatcheffi*), saptanmış bulunuyor. Mogan Gölü, günümüz tatlısu ekolojisi kriterleriyle eldeki veriler değerlendirildiğinde, sualtı bitkileri yoğun, ışık geçirgenliği yüksek, berrak su özelliğinde, zengin tür çeşitliliğine sahip bir sığ göl olarak ortaya çıkıyor.

Mogan Gölü'nün geçmişteki ekolojik yapısını 1974 yılı öncesi ve sonrası olarak değerlendirmek gerekir. Çünkü Mogan Gölü'nün çıktısına 1969-1971 döneminde taşkın koruma amacıyla regülasyon yapılmış ve regülasyon işletmeye 1974 yılında başlamasıyla, göl doğal su rejiminde değişimler olmuş (su seviyesinde ortalama 0.44 m, göl alanında 40.98 ha'lık azalma).

Regülasyon öncesi, 1972-73 döneminde yapılan çalışmada, gölde azot ve fosfor yoğunluğu ölçülemeyecek kadar az olsa da, ışık geçirgenliğinin çok düşük (35-107 cm) olduğu belirlenmiş bulunmaktadır. Aynı dönemlerde, göl sualtı bitki yayılımının yalnızca kıyı kuşağı boyunca, 8-10 m'lik bir kemer oluşturduğu da belirlenmiş. Gözlenen bu düşük ışık geçirgenliği bitkisel-plankton üremesi kaynaklı değil; çünkü bitkisel-plankton biyokütlesi aynı çalışmada ölçülemeyecek kadar az belirlenmiş durumda. Bütün bu bulguların nedeni, göl su düzeyinin daha yüksek olması ve bunun yanında rüzgârın neden olduğu dalgaların dip çamurunu karıştırmasıyla oluşan bulanıklıkla açıklanabilir.



Havzadan göle fosfor girdisi sürdürükçe işlemin sürekli yinelenmesi gerekir ve çok pahalıdır. Uzun vadede kalıcı çözüm üretmez.

- **Dip çamuru uzaklaştırılması (sediment removal, dredging):** Tabandan besin tuzu (özellikle fosfor) salınımını denetlemek için özellikle sığ göllerde uygulanmış bir yöntem. Fakat son yıllarda yapılan çalışmalar, dip çamuru çıkarılan göllerde besin tuzu salınımının sürdürüğünü ve bu yöntemin her hangi bir iyileşme sağlamadığını göstermiş bulunuyor. Yüze dip çamuru uzaklaştırıldıktan sonra fosfor salınımı daha alt tabakalardan sürer. Bu işlem ekolojik koruma amacına doğrudan ters düşüyor. Çünkü çamur uzaklaştırılmasıyla sualtı bitki tohumları ve bir çok canlı yumurtası (omurgasız, bitkisel ve hayvansal-plankton gibi) da uzaklaştırılacak. Ayrıca bu ok pahalı bir uygulama.
- **Riplox yöntemi:** Göl tabanına nitrat eklenip oksijenleştirilerek, tabanda-

ki demir, ferrik (Fe+3) iyonuna yükseltgenir. Bu da tabandan fosfor salınımını engeller çünkü ferrik demir iyonu, fosforla bağ yaparak fosforu dip çamurunda tutar. Göle kalsiyum ve demir tuzları ekleyerek ortamdaki azot uzaklaştırılması (denitrifikasyon) da sağlanabilir. Ancak bu da yüksek uzmanlık gerektiren ve oldukça pahalı bir yöntem. Havzadan göle fosfor ve azot girdiği sürece kalıcı çözüm üretilmesi düşünülemez.

Göl içi yöntemlerin bir bölümü yukarıda da anlatıldığı gibi, kısa vadede sorunlara çözüm getiriyormuş gibi görünmekle birlikte kalıcı yaklaşımlar değil. Göllere havzadan besin tuzu yüklemesi sürdürükçe, bu çözüm önerileri ancak sorunun belirtileri ile uğraşmaktan öteye gitmez.

Bütünsel Çözümler:

Göllerde besin zinciri yıkımının nedeni aşırı azot ve fosfor yüklemesi olduğu için çözüm, azot ve fosforun hav-

zada göllere ulaşmadan denetlenmesinden geçer. Burada nokta kaynağı durumundaki evsel atıkların artımdan geçirilmesi zorunlu. Ancak ikincil artımdan çıkan su, inorganik besin tuzları (özellikle fosfor; 10 ile 30 miligram/litre arasında) bakımından çok zengin olduğundan, suyun göllere ulaşması göl suyunun aşırı besinlenmesine neden olur.

- **Tampon bölge oluşturulması ve korunması:** Göllere su taşıyan dere ve nehirlerin doğal bitki örtüsünün (sualtı ve suüstü), yani onların taşkın bölgelerindeki sulak alanların korunmasıyla azot ve fosforun uzaklaştırılmasıdır. Oluşturulan tampon bölgelerin ge-

1974 yılı sonrası yürütülen çalışmalarda göl içi fosfor, azot ve bitkisel plankton biyokütlesi düşük, ışık geçirgenliği yüksek ve sualtı bitkilerinin yayılımı göl yüzey alanının %80'ni olarak belirtiliyor. 1974 yılında regülatörün işletmeye açılmasıyla göl su seviyelerinde yaşanan düşüş, sualtı ve suüstü bitkilerinin yayılımını arttırmış. Bu yayılım da ışık geçirgenliğinin artmasına ve daha fazla sualtı bitkilerinin büyümesine neden olmuş. Artan sualtı bitki yayılımı gölün tür çeşitliliğini ve ekolojik özelliklerini zenginleştirmiş bulunuyor. Mogan Gölü'nde 1967-90 yılları arasında dip çamur birikim hızının (86 000 m³/yıl) ülkemizdeki ortalama birikim hızının altında olduğu saptanmış durumda. İncelenen dip çamurundaysa canlı yaşamı tehdit edebilecek radyoaktif ve çeşitli ağır metallerin kirlenmesine rastlanmadığı kaydedilmiş.

Mogan Gölü, şu günlerde Ankara ve Türkiye'nin gündeminde. Gölle ilgili iddia edilen sığlaşma ve bataklıklaşma gibi yakıştırmalar eldeki bilimsel veriler değerlendirildiğinde asılsız kalyor. Gölede regülatörün işletmeye açıldığı 1974 yılını izleyen yıllarda, su seviyesinde düşme yaşanmış. Çünkü regülatör ile göl, düşük su seviyelerinde işletilmiş (regülatör öncesi maksimum derinlik: 5.25 m). Öteyandan 1981-1988 yılları arası yapılan Dikilitaş ve İkizce göletleri (toplam su depolama hacmi 12 milyon m³) göl su bütçesine önemli katkısı olan Çölova deresinin suyunu azaltmış. Bu da göl su bütçesinde daha fazla azalmaya neden olmuş.

Göldeki sığlaşma, gölün hidrolojisindeki değişimin sonucu. Mogan Gölü'nün, dip çamurunun artmasıyla sığlaşması gibi savlara dayanan "gölü kurtarmak için dip çamurunun temizlenmesi gerekir" gibi yaklaşımlar çağdaş tatlısu ekolojisinin bilimsel gerçekleriyle ters düşüyor. Mogan, bulunduğu haliyle (sualtı bitkileri yoğun, ışık geçirgenliği yüksek, berrak su özelliğinde ve çok zengin tür çeşitliliğiyle) zengin bir sığ göl özelliğini koruyor. Gölün, canlı yaşamca zengin, organik

dip çamuru, çok sayıda omurgasız türün erginlerinin barındığı, beslendiği, yumurtalarının bulunduğu, bitki tohumlarının saklandığı ve balıkların beslendiği bir alan. Dip çamurunda canlı yaşam buldurmamayan bir göl, yapay bir havuzdan öte değildir ve ekolojik özelliklerini kaybetmiş demektir.

Eymir

Eymir, uzun kıyı şeridiyle, görece büyük ve sığ bir göl (alan: 1.25 km², maksimum derinlik: 6 m, ortalama derinlik: 3.1 m, kıyı şeridi: 13 km).

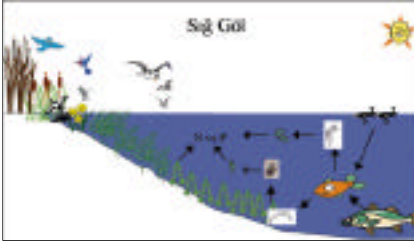
Eymir Gölü'nün en önemli su kaynağı Mogan Gölü'nün taşkın suları. Bunlar göle bir kanalla ulaşıyor. Bu kanal Gölebaşı kasabasının evsel atıksuyunu, çevredeki küçük ölçekli sanayi atıklarını 1995 yılına kadar göle taşımış bulunuyor. 1995 yılında işletmeye açılan bypass bu kirleticileri Eymir Gölü'nün ayağına İmraroh Vadisine taşıyor. Eymir Gölü'nün girdisine TEAŞ lojmanlarının yetersiz arıtım sisteminden çıkan atıksular veriliyor (Şekil 5). Yaptığımız 3.5 yılı aşkın ölçümlerde TEAŞ lojmanlarının atıksuyunda çok yüksek düzeyde toplam fosfor ve çözünmüş inorganik azot (ortalama 5413 mikrogram/litre, 7880 mikrogram/litre, sırasıyla) belirlenmiş bulunuyor. Eymir Gölü'nün diğer bir su girdisiyse göle kuzey ucundan giren Kışlakçı deresi. Kışlakçı deresi, sadece kış ve bahar aylarında akar ve göle çok yüksek miktarda toplam fosfor ve çözünmüş inorganik azot (ortalama 1072 mikrogram/litre ve 2559 mikrogram/litre, sırasıyla) taşır. TEAŞ lojmanlarının atıksuyu ve Kışlakçı deresi, Eymir Gölü'nün su kalitesinin bozulmasına neden olmuş durumdur.

Eymir Gölü'nde Mart 1997- Ağustos 1998 dönemine ait bulgular: Toplam fosfor (304 mikrogram/litre) ve bulanıklığa neden olan bitkisel-plankton (19 mikrogram/litre) yoğunluklarının çok yüksek, ışık geçirgenliği (107 cm) çok düşük olduğu belirlenmiş bulunuyor. Su kalitesini koruyan

ve biyolojik çeşitliliği arttıran sualtı bitkilerinin yayılımı sadece göl yüzey alanının %2.5'idi. Yine aynı dönemde Eymir Gölü'nde toplam balık stoğu 200 ton (1600 kg/ha) idi. Besin zinciri yıkımına uğramış göllerde su kalitesini bozan kadife balığı (%89) ve sazan (%10), toplam stoğun %99'unu oluşturmaktaydı. Temiz sularda yaşayan ve oksijen gereksinimi yüksek turna balığı ise göl balık stoğunun yalnızca %1'di. Bu veriler, Eymir Gölü'nün, havzadan gelen yüksek fosfor girdisiyle aşırı beslendiğini ve gölede besin zinciri yıkımına neden olarak su kalitesini bozduğunu ve göl suyunu bulanıklaştırdığını gösteriyor.

Eymir Gölü'nün bozulan su kalitesi ve besin zinciri ilişkilerini iyileştirmek amacıyla Ağustos 1998 yılında biyomanipülasyon (bkz. yukarı) başlattık. Şu ana kadar gölden kadife ve sazan balıklarının %40'ni çıkarttık. Gölede biyomanipülasyon sonrası (Ağustos 1998-Haziran 2000 arası dönemde) kaydedilen durum şöyle: Göl suyunda bulanıklığa neden olan bitkisel-plankton (11 mikrogram/litre) yoğunluğu azalmış ve ışık geçirgenliği (400 ila 500 cm) çok artmıştır. Gölede sualtı bitkileri, 2000 yılında göl toplam yüzey alanının %40'ına ulaşmış bulunuyor. Eymir Gölü'ne ait yeni kuş sayımları yok; fakat göle dalıcı ve balıkçı sukuşlarının sayısı ve çeşidinde (bahri, balaban, balıkçı gibi) artma gözlenmektedir.

Biyomanipülasyon, Türkiye'de ilk kez Eymir Gölü'nde uygulanmış bulunuyor. Bu uygulama sonucunda Eymir Gölü'nde artan ışık geçirgenliği, göl kıyı şeridinde sualtı bitkilerini arttırmış durumda. Göl, maviye dönüşen su rengi, akvaryum gibi kıyı şeridinde büyüyen sualtı bitkileriyle, iyileşmiş görünümde. Bu çalışma, göl ekosistemini tanımlayıp, bozulan besin zinciri ilişkisine müdahaleyle, besin zinciri yıkılmış göllerin su kalitesini iyileştirilmesinde ülkemizde tek örneği oluşturuyor. Eymir Gölü, göl ekosistemlerinin tanınması, sorunlara akılcı ve kalıcı çözümlerin üretilmesinin ancak ekolojik yaklaşımla mümkün olabileceğine de iyi bir örnek.



Şekil 4a- Sığ bir gölde besin ağı ilişkileri. Her beslenme grubuna ait canlı türü sadece bir tür ile gösterilmiştir. **Şekil 4b-** Sığ bir göle aşırı azot ve fosfor verilmesiyle besin zinciri yıkımı. Şekilde verilen türlerin birey sayıları besin ağındaki değişimle orantılıdır

nişliği sudan ne kadar azot ve fosfor uzaklaşacağını belirler. Örneğin Amerika'da yeniden oluşturulan 262 m genişliğindeki bir tampon bölgeyle suda azot ve fosforun %80'ni başarıyla uzaklaştırılmış. Tampon bölgeler, özellikle kimyasal gübre kullanımıyla yoğun tarım yapılan bölgelerdeki akarsuların her iki kıyısında oluşturularak hem doğal hayat desteklenir hem de su kalitesi iyileştirilir. Ekolojik açıdan su kalitesini koruyan akıllı bir yöntemdir. Mogan Gölü'nü çevreleyen doğal sulak alan bu duruma iyi bir örnek oluşturuyor.

- **Nokta kaynakların uzaklaştırılması:** Göle doğrudan veya göle su taşıyan derelere yapılan atıksu (fosfor ağırlıklı) deşarjının, göle ulaşmasının engellenmesi. Atıksu, göl ayağına yapılacak bir bypasla ucunda göl olmayan herhangi bir nehir sistemine veya denize akıtılabilir. Bu yöntem sorunlu bir göl için iyi bir çözümdür. Ancak soruna genel bir çözüm bulmaktan çok onu başka bir yere taşır.

- **Su kaynaklarında fosfor çöktürülmesi:** İkincil arıtma işleminden çıkan suya demir tuzu, kalsiyum hidroksil ve alüminyum sülfat atarak suda kalan fosforun çöktürülmesi. Bu işlem %80 ile %90 başarıyla, bir çok Avrupa ülkesindeki atıksu arıtım sisteminin bir parçası olarak kullanılmakta.

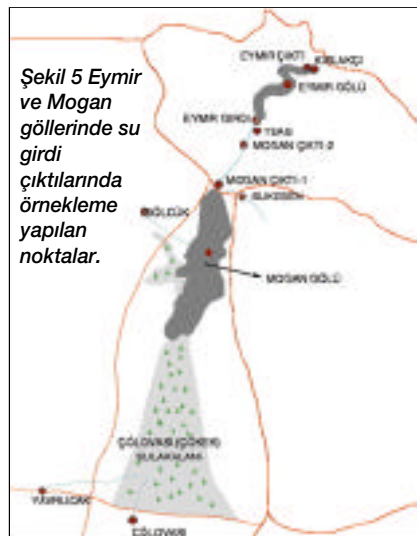
- **Fosfor içermeyen deterjan kullanımının desteklenmesi:** Avrupa Birliği ülkelerinde 1950 ile 1980 arası yüzey sularında ölçülen fosforun %50'sinin kaynağı deterjan (sodium tripolyphosphate) kullanımıydı. 1980'li yıllarda Avrupa Topluluğu ülkelerindeki deterjanlarda fosfor kullanımının yasaklanmasıyla yüzey sularına bu kaynakla ulaşan fosfor miktarı %20'ye düşmüş bulunuyor.

Göllere ulaşan fosfor ve azotun, havzada, yukarıda belirtilen bir veya birden çok yöntemle denetlenmesi,

bütünsel iyileştirmenin ilk aşamasını oluşturuyor. Çünkü bu denetimlerden sonra göl içi fosfor yoğunluğu göl dip çamurunda biriken fosforun dip çamurundan salınımıyla yıllarca çok yüksek düzeylerde kalabilir. Bu durum özellikle sığ göllerde büyük bir kısır döngüye neden olabilir. Søbygaard Gölü'nde (Danimarka), atık su uzaklaştırılışından 18 yıl sonra bile bitkisel-plankton biyokütlesinin fazlalığının neden olduğu bulanık bezelye çorbası durumu hâlâ görülüyor. Bu durum, tabandan fosfor salınımı sonucu sürüyor. Göle yürütülen araştırmalar fosfor salınımı ve aşırı bitkisel-plankton üremesinin önümüzdeki 25 yıl daha süreceğini öngörüyor.

Havzadan ulaşan fosfor engellense de yaşanan bu kısır döngünün özellikle sığ göllerde kırılabilmesi, ekosistemde bozulan besin ağı ilişkilerine müdahale edilerek sağlanabilir:

- **Biyomanipulasyon:** Bir ekosistemdeki biyolojik toplulukların veya bozulan besin ağı ilişkilerinin ayarlanması işlemine biyomanipulasyon deniyor. Aşırı azot ve özellikle fosfor yüklemesi sonucu artan otçul balıklar ekosistemde hayvansal-planktonu azaltarak, suya yeşil renk veren bitkisel-planktonun artmasına neden oluyor. Ayrıca bu



Şekil 5 Eymir ve Mogan göllerinde su girişi yapılan noktalar.

balıklar dip çamurundan beslendikleri için çamuru karıştırarak suyu bulandırıyor ve ışık geçirgenliğini iyice azaltıyor. Azalan ışık geçirgenliğinin sonucu sualtı bitkileri yok oluyor. Azalan ışık geçirgenliğini artırmak ve yok olan sualtı bitkilerini geri kazanmak için biyomanipulasyon iki yolla yapılabilir:

- **Otçul balık çıkartılması:** Sazan ve kadife gibi balıkların gölden çıkartılması. Burada amaç bu balıkların biyokütlesini azaltarak göl içi ışık geçirgenliğini ve sualtı bitki yayılımını yeniden arttırmaktır. Genelde bu balıkların biyokütlesinin %75'inin çıkarılması ve göl suyundaki fosforun 100 mikrogram/litre düzeylerine indirilmesiyle kalıcı iyileşme sağlanmaktadır.

- **Etçil balık eklenmesi:** Ekosistemde azalan etçil balık (turna, tatlısu levreği) stoğunun artırılmasını hedefler. Göl etçil balıkla stoklanır ve bu balıklar da otçul balıkları denetleyerek bitkisel-plankton üremesi denetlenir. Böylece su ışık geçirgenliği artırılır.

Bu iki yöntem birbirlerine alternatif değil ve birlikte uygulanmalı. Biyomanipulasyon, Avrupa ülkelerinde 1985'lerden bu yana başarıyla uygulanıyor. Biyomanipulasyonun başarısı, göllere ulaşan azot ve fosforun havzada iyi denetlenmesiyle doğrudan ilgili. Sistemde bu besin tuzlarının yoğunluğu fazlaysa otçul balık stokları yeniden artar ve etçil balık stokları da azalır; sistem aşırı bitkisel-plankton üremesiyle yeniden bulanık durumu geri döner.

Meryem Beklioğlu

Yrd. Doç. Dr., ODTÜ Biyoloji Bölümü

Kaynaklar

- Altımbek, D., Usul, N., Yazıcıoğlu, H., Kutuğu, Y., Merzi, N., Göğüş, M., Doyuran, V., Günayak, V., 1995, Gölbaşı-Mogan-Eymir gölleri için su kaynakları ve çevre yönetim planı projesi, Mogan ve Eymir gölleri 1, Çevre Kurultayı, 13-21.
- Beklioğlu, M., Carvalho, L. ve Moss, B., 1999, Rapid recovery of a shallow hypertrophic lake following sewage effluent diversion: lack of chemical resilience, Hydrobiologia, 412:5-15.
- Beklioğlu, M., Burnak, L. ve İnce, Ö., 2000, Benthic-planktivorous fish-induced low water quality of Lake Eymir before biomanipulation, Tr. J. of Zoology.
- Burnak, L. ve Beklioğlu, M., 2000, Macrophyte-dominated clearwater state of Lake Mogan, Tr. J. of Zoology.
- DSI, 1993, Mogan gölü limnolojik etüd raporu, DSI.
- HÜ, UKAM, 1998, Mogan Gölü dip çamuru inceleme proje raporu.
- İnce Ö., Beklioğlu M., Burnak, L., Mülük, C., Tuzun, L. and Tan, O.C., 2000, First Biomanipulation case in a warm-temperate Turkish lake, American Society of Limnology and Oceanography (ASLO) 2000 Conference, Copenhagen, Denmark, 4-9 June, 2000.
- Jeppesen, E., 1998, The ecology of shallow lakes-trophic interactions in the pelagial. Doctor's dissertation, NERI Technical Report No:247.
- Karauz, S., 1995, Mogan Gölü'nün kuş yaşamı açısından önemi, Mogan ve Eymir gölleri 1, Çevre Kurultayı, 190-195.
- Meijer, M-L., 2000, Biomanipulation in the Netherlands: 15 years of experience. PhD thesis, Wageningen University.
- Moss, B., 1998, Ecology of Fresh Waters: Man & Medium, Past to Future, Third edition, Blackwell Science.
- Moss B., Madgwick J., Phillips G., 1996, A guide to the restoration of nutrient enriched shallow lakes, Environment Agency, Broads Authority.
- Scheffer, M., Scheffer, M., 1997, Ecology of Shallow lakes, Chapman & Hall.
- Tanyolac, J. ve Karabatak, M., 1974, Mogan Gölünün biyolojik ve hidrolojik özelliklerinin tespiti, TÜBİTAK proje no:VHA6-91.
- Yazar, M. ve Magnin, G., 1997, Türkiye'nin Önemli Kuş Alanları, Doğal Hayatı Koruma Derneği, İstanbul.