

Geliş Tarihi: 12.04.2004

Mogan Gölü'nde (Ankara) Bazı Restorasyon Önlemleri Sonrası Dış Kaynaklı Fosfor Yükünün Belirlenmesi⁽¹⁾

Özden FAKIOĞLU⁽²⁾

Serap PULATSÜ⁽²⁾

Özet: Bu çalışma, Mogan Gölü'ne ulaşan dış kaynaklı besin girdisini azaltmak için alınan bazı restorasyon önlemleri sonrası, göle ulaşan toplam fosfor yükünü belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla Ocak 2003 - Aralık 2003 tarihleri arasında, gölü besleyen; Sukesen, Yavrucak, Başpınar ve Çölova Dereleri'nden aylık olarak su örnekleri alınmıştır. Toplam fosfor yükü; doğal (karasal ve atmosferik) ve suni fosfor yüklerinin toplanması ile bulunmuştur. 2003 yılı için göle karadan gelen fosfor yükü 2668.88 kg, atmosferden gelen fosfor yükü 188 kg ve suni fosfor yükü 8084 kg olarak hesaplanmıştır. Göle ilişkin toplam fosfor yükü 10 941 kg/yıl, yükleme değeri ise 1.52 g/m².yıl olarak belirlenmiştir. Bu değer kritik fosfor yükleme değerinden çok yüksektir. Çalışma sonuçları, dış kaynaklı fosfor girdilerinin azaltılmasına yönelik ilave önlemler alınması gerekliliğini ortaya koymuştur.

Anahtar kelimeler: Mogan Gölü, restorasyon önlemleri, toplam fosfor yükü, fosfor taşıma katsayısı

Determination of External Phosphorus Loading in Mogan Lake (Ankara) Following Some Restoration Measures

Abstract: The aim of this study is to determine the total phosphorus load to the Mogan Lake following some restoration measures which were taken to reduce the external input of nutrients to the lake. The major inflows, including Sukesen, Yavrucak, Başpınar and Çölova brooks were sampled at monthly intervals between January 2003 and December 2003. The total phosphorus load to the lake was calculated as the sum of the natural load (from land and atmosphere) and artificial load. Phosphorus load from land, atmosphere and artificial to lake was calculated as 2668.88 kg, 188 kg and 8084 kg for 2003, respectively. Total phosphorus load are loading value calculated as 10 941 kg y⁻¹ and 1.52 gm⁻²y⁻¹ for lake, respectively. This value was higher than critical phosphorus loading. The results of the study showed that additional measures must be brought into application in order to prevent phosphorus income to the lake.

Key words: Mogan Lake, restoration measures, total phosphorus load, phosphorus export coefficient

Giriş

Mogan Gölü Ankara kent merkezinin 20 km güneyinde bulunan Gölbaşı İlçesi sınırları içerisinde yer almakta ve uzun yıllardan beri avcılık, yüzme, sportif amaçlı ve rekreasyon alanı olarak kullanılmaktadır. Mogan Gölü'nü tehdit eden olaylar arasında, göle havzadan erozyonla sediment taşınımı, çevredeki bir çok kuruluşun atıklarını sızdırmalı fosseptiğe vermesi, kasıtlı olarak sızlıkların yakılması, kaçak avcılık ve sivrisinek mücadele programlarında bilinçsiz şekilde insektisit uygulaması yer alırken, en önemli pay gölü besleyen derelerle taşınan evsel endüstriyel ve tarımsal kirleticilere aittir. 1995 ve 1996 yılında toplanan 1. ve 2. Çevre Kurultaylarıyla göle ilişkin duyarlı bir kamuoyu yaratılmış ve rehabilitasyonuna ait çalışmalar yapılmıştır. Dış kaynaklı kirleticilerin azaltılmasını esas alan bu çalışmalar arasında; göl çevresinde yapılan atık su toplama şebekesinin Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi (ASKİ) kolektörüne bağlanması, kaçak boşaltımların önlenmesi ve Sukesen Dere Yatağı'nın ıslah edilmesi sayılabilir (GYG, 1999).

Gölbaşı ve civarındaki kanalizasyon çalışmaları 1991 yılından itibaren ASKİ tarafından yürütülmüştür. Soruna daha geniş çerçevede yaklaşan ASKİ, proje alanına Mogan

Gölü'nü de eklemiş, mevcut sistemin eksikliklerini gidererek kullanılabilir hale getirmiştir. Bu proje 1997 yılında tamamlanmıştır.

Mogan Gölü civarında daha çok montaj ve depolama faaliyetleri gösteren otuz civarında endüstri tesisi ile kırkdört adet taş işleyen fabrika mevcuttur. Endüstriyel atıksuların yanısıra Mogan Gölü Havzası'nda evsel atıkların fosseptikle uzaklaştırılması yaygındır. Ancak evsel yerleşimler, konut siteleri ve rekreasyon tesislerinin önemli bir kısmı toplama kolektörüne bağlanmış olup bu işlem halen sürmektedir (ÖÇKK, 2002). Ayrıca havzada yerleşim alanı olarak kullanılan araziler dışında kalan alanlarda tarım yapılmaktadır. Besi ve kümes hayvancılığı da bölgede önemli bir yere sahiptir (GYG, 1999).

Gölbaşı İlçesi pis su kanalizasyon kolektör hattı projesi tamamlanmadan önce ilçenin içinden geçen Sukesen Deresi'nin göle yüksek oranda kirletici ulaştırdığı bildirilmiştir (Pulatsü ve Aydın 1997). Gölü besleyen Sukesen Deresine yönelik ıslah çalışmaları kapsamında, derenin iki yanına beton istinat duvarları yapılmıştır (ÖÇKK, 2002).

⁽¹⁾ Yüksek Lisans tezinden hazırlanmıştır.

⁽²⁾ Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Bölümü, 06110, Dışkapı-ANKARA

Aker ve Üzan, Mogan Gölü çevresinde 1999 Kasım ayında yaptıkları bir araştırmada, küçük ve orta ölçekli üretim tesislerinin bir kısmında arıtma tesisi olmakla birlikte, bunların çeşitli nedenlerden dolayı sürekli olarak çalıştırılmadıkları ve bir by-pass hattı ile en yakın yüzeysel su kaynağına verildiğini, arıtması olmayan tesislerin ise atık sularını sızdırmalı fosseptiğe bağlayarak sızma veya taşma nedeniyle kirliliğe yol açtıklarını tespit etmişlerdir. Bazı tesislerin arıtımından çıkan atık suların bahçe sulamasında kullanıldıklarına dair beyanlara rağmen, özellikle sulama mevsimi dışında bu suları göle verdikleri anlaşılmıştır (ÖÇKK, 2002).

Muhametoğlu ve ark., Ankara için önemli bir rekreasyonel alan olan Mogan Gölü'ne besin ve diğer kirleticilerin girişinin, evsel ve endüstriyel atıksu deşarjlarına ek olarak, buraya akan derelerin yataklarından ve tarım arazilerinden taşınan maddelerle olduğunu bildirmişlerdir (ÖÇKK, 2002).

Burnak ve Beklioğlu (2000), Mogan Gölü'ne akan derelerde çok yüksek düzeyde çözünmüş inorganik azot ve toplam fosfor belirlemişlerdir. Sukesen, Gölcük ve Yavrucak Derelerinin yıllık ortalama fosfor konsantrasyonları sırasıyla 1438 µg/l, 198 µg/l ve 336 µg/l bulunurken, Mogan Gölü çıkış suyu ortalama fosfor konsantrasyonu 93 µg/l olarak saptanmıştır.

Mogan Gölü'nde yapılan bir çalışmada, 1993 ve 1994 yılları için sırasıyla olmak üzere göle karadan gelen fosfor yükü; 126.61 kg/yıl ve 112.40 kg/yıl, atmosferden gelen fosfor yükü; 22.53 kg/yıl ve 15.29 kg/yıl, suni fosfor yükü ise her iki yıl için 2998 kg olarak tespit edilmiştir. 1993 ve 1994 yılları için toplam fosfor yükü sırasıyla 3147.14 kg/yıl ve 3125.69 kg/yıl, toplam fosfor yüklemesi 560.99 kg/km².yıl ve 557.16 kg/km².yıl olarak belirlenmiştir (Pulatsü ve Aydın, 1997).

Mineral kaynaklı gübrelemenin uygulandığı zirai faaliyetler ile yoğun çiftlik hayvanı barındıran işletmelerinden olan hayvansal kökenli atıkların, yüzey akışları ile Kuzey Denizi'ne ulaşarak bu ekosistemin gittikçe kirlendiği belirtilmektedir. Kuzey Denizi'nin artan azot ve fosfor yüklerine maruz kalmasının, fitoplankton patlamalarına yol açtığı ve bu alg patlamaları sırasında balık ve kabuklu su ürünlerini öldürebilen toksinler bırakıldığından söz konusu azot ve fosfor yükünün azaltılması gerektiği bildirilmiştir (Oenema, 1991). Nalewajko ve Lee adlı araştırmacılar da Superior Gölü'nde dış kaynaklı fosfor yükünün azaltılması ile gölde ötrofikasyonun kontrol edildiğine dikkat çekmişlerdir (Cole, 1983).

Pamvotis Gölü'nde (Yunanistan) yapılan bir çalışmada ise, 1990 yılından itibaren restorasyon çalışmaları sonrası 10 yıl boyunca fosfor girdi değerleri hesaplanmıştır. Göle gelen en önemli kirlilik nedenin kanalizasyonun göle verilmesi olduğu tespit edilmiştir. 1985 - 1988 yıllarında yapılan analizlerde fosfor yükü 1.07 g/m².yıl olarak hesaplanmıştır. Noktasal kaynakların uzaklaştırılması, zirai

alanların kirlilik kaynaklarının ve kanalizasyon suyunun arıtılması ile 1998-1999 yılında yük değerleri 0.66 g/m².yıl olarak hesaplanmıştır (Kagalou ve ark., 2001).

Hollanda'da birbiriyle bağlantılı üç gölden (Langeraar Gölleri) biri olan ve yüksek dış kaynaklı fosfor yüklemesi (>0.9 g/m².yıl) ile karakterize edilen Geerplas Gölü'nde 1986 yılında restorasyon çalışmalarına başlanmış ve göle gelen iç ve dış kaynaklı fosfor yükü azaltılmıştır (Van Duin ve ark., 1998).

Dokulil ve Janauver (1989), Tuna Nehri' nin yükselen sularını kontrol etmek amacıyla kurulan kanal benzeri yeni Tuna sisteminin besin düzeyini incelemişler, yüksek miktarda besin elementi girişinin ötrofikasyona ve alg ile makrofit biyomasında artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu olayı önlemek için önerilen yollardan biri de yüksek fosfor konsantrasyonu içeren fabrika atık sularının nehre boşalmasını engelleyen yasal düzenlemelerdir.

Bu çalışmada, Mogan Gölü'ne ulaşan toplam fosfor yükünü kantitatif olarak belirlemek ve göle ilişkin yükleme düzeyini ötrofikasyon açısından değerlendirmek amaçlanmıştır. Böylece dış kaynaklı fosfor girdilerinin azaltılması amacıyla alınan restorasyon önlemlerinin etkinliği de belirlenmiş olacaktır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Su örneklerini, gölü besleyen, yılın büyük bölümünde akışı olan ve Elektrik İşleri Etüt İdaresinin (EİEİ) debi ölçümleri yaptığı derelere ait örnekler oluşturmaktadır.

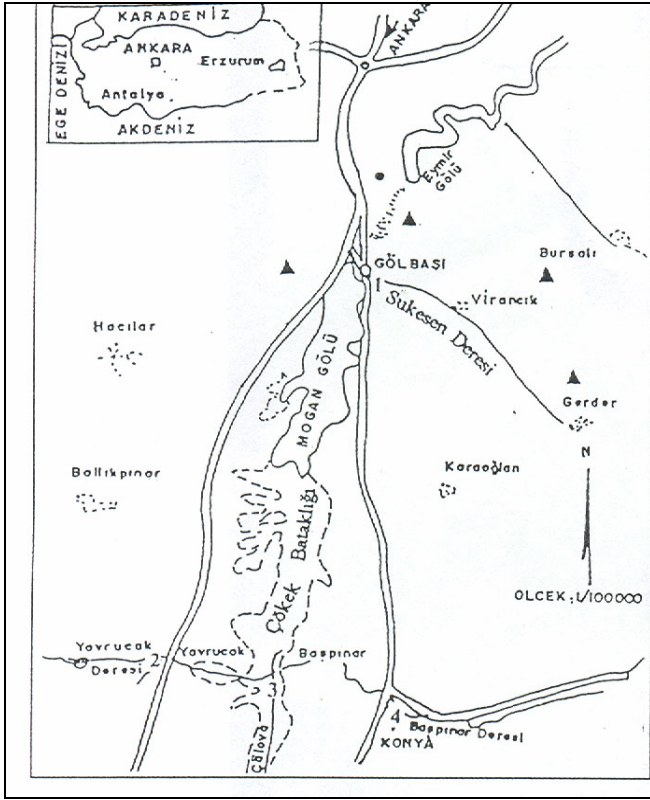
Yavrucak Deresi: Doğu batı yönünde akan yazın kuruyan bir dere olup Çökek Bataklığı'na girer (Korkusuz, 1998).

Başpınar Deresi: Doğu batı yönünde akan ve yazın kuruyan bir deredir (Korkusuz, 1998).

Çölova Deresi: Çökek Bataklığı boyunca kuzey güney yönünde akan ve Mogan Gölü'nü besleyen bir deredir (Korkusuz, 1998).

Sukesen Deresi: Batı doğu yönünde akan ve Mogan Gölü'nü besleyen en önemli deredir. Sukesen Deresine ilişkin ıslah çalışmaları yapılmıştır (ÖÇKK, 2002).

Şekil 1'de araştırma alanında seçilen istasyonlar görülmektedir (1. istasyon: Sukesen Deresi, 2. istasyon: Yavrucak Deresi, 3. istasyon: Çölova Deresi, 4. istasyon: Başpınar Deresi).



Şekil 1. Araştırma alanı ve seçilen istasyonlar (▲ Tuğla kiremit ve taş ocakları, ● Mezbahane)

Yöntem

Saha çalışması

Su örnekleri Ocak 2003 - Aralık 2003 tarihleri arasında Sukesen, Yavrucak, Çölova ve Başpınar Dereleri üzerindeki Elektrik İşleri Etüt İdaresine ait istasyonlardan yüzeyden ve ayda bir kez olmak üzere alınmıştır.

Su örneklerinde fiziksel ve bazı kimyasal parametrelerin tayini

Su sıcaklığı ve çözülmüş oksijen değeri: Dijital oksijenmetre (Cyberscan) ile ölçülmüştür.

pH değerleri: Ölçüm aralığı 0-14, hassasiyeti 0.01 olan laboratuvar tipi dijital pH metre ile belirlenmiştir.

Debi değerleri: Su örnekleri alımı esnasında Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından ölçülen değerler esas alınmıştır.

Yağmur suyu örneğinin alınması

Yağmur suyu örnekleri Elektrik İşleri Etüt İdaresi'ne ait yağış kollektörlerinden Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran aylarında alınmıştır.

Laboratuvar çalışması

Gölü besleyen dereler ile yağmur suyu örneklerinde toplam fosfor konsantrasyonları saptanmıştır. İlk kademede (sindirim işlemi), persülfatla parçalanma tekniği kullanılmış parçalanmayı takiben serbest hale geçen ortofosfat askorbik asit metodu ile belirlenmiştir (APHA 1975).

Yük hesaplamaları

Karadan göle ulaşan toplam fosfor yükü (miktarı), giriş sularının fosfor taşıma katsayıları ile havza alanlarının çarpımına eşittir. Fosfor taşıma katsayısı her bir dere tarafından taşınan toplam fosfor miktarının (debi x toplam fosfor konsantrasyonu; kg/yıl), planimetre ile standart topografik haritadan (1/50000) ölçülen derelerin havza alanına bölünmesiyle bulunmuştur (Krichner ve Dillon 1975).

$$KY = \sum A_d \times E_f \dots \dots \dots (1)$$

KY: Karasal yük (kg/yıl)

A_d : Derelerin havza alanı (m^2)

E_f : Fosfor taşıma katsayısı ($kg/km^2 \cdot yıl$)

Atmosferik yük ise Dillon ve Rigler (1975)'e göre, (2) nolu eşitlikten hesaplanmıştır:

$$AY = Y \times TF_y \times A_o \dots \dots \dots (2)$$

AY: Atmosferik yük (kg/yıl)

Y: Yıllık yağış miktarı (mm/yıl)

TF_y : Yağmur suyundaki ortalama fosfor konsantrasyonu (mg/l)

A_o : Gölün yüzey alanı (km^2)

Doğal yük (kg/yıl):

$$DY = KY + AY \dots \dots \dots (3)$$

Ülkemizde evsel atık sudan gelen fosfor miktarı İller Bankası Pissu Arıtma Tesisi Proses Genel Şartnamesine (1999) göre, kişi başına günde 3-4 g olarak belirlenmiştir (Özden 2002). Bu değer in havza nüfusu (N) ile çarpımıyla suni veya evsel kaynaklı yük bulunmuştur:

$$SY = N \times 3.5gr/gün.kişi \times 365 gün \dots \dots \dots (4)$$

SY: Suni yük (kg/yıl)

N: Nüfus (kişi)

Sonuç olarak göle ulaşan toplam fosfor yükü (kg/yıl), doğal ve suni yüklerin toplamına eşittir:

$$TY = DY + SY \dots \dots \dots (5)$$

TY: Toplam fosfor yükü (kg/yıl)

Toplam fosfor yüklemesi ise, göle ulaşan toplam fosfor yükünün gölün yüzey alanına bölümüne eşittir:

$$Y_f = TY / A_o \dots \dots \dots (6)$$

Y_f: Toplam fosfor yüklemesi (kg/ km².yıl)

TY: Toplam fosfor yükü (kg/yıl)

A_o: Gölün yüzey alanı (km²)

Vollenweider (1976), kritik yükleme formülünde suyun alıkonma süresinin önemini de vurgulamıştır. Yapılan çalışmalar sonucu, kritik fosfor konsantrasyonunda alt değer 10 mg/m³ üst değer 20 mg/m³ alınabileceğini belirtmiştir. Buna göre kritik fosfor yüklemesi için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$Y_{kritik} (mg/ m^2.yıl) = 10q (1+ \sqrt{t_w}) \dots \dots \dots (7)$$

q : Su yükü (m/yıl)

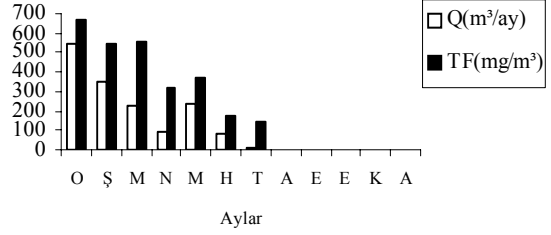
t_w : Suyun alıkonma süresi (yıl)

Bulgular ve Tartışma

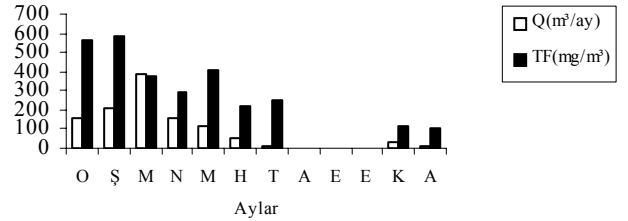
Çalışma süresince derelerde ölçülen su sıcaklığı değeri 2 °C-9 °C, çözünmüş oksijen değeri 5.8 mg/l-7.5 mg/l ve pH değeri ise 8.85-8.02 mg/l arasında değişim göstermiştir. Araştırma periyodu boyunca en düşük çözünmüş oksijen değeri 5.8 mg/l olarak Başpınar ve Çölova Derelerinde, en yüksek değer ise 7.5 mg/l olarak ocak ayında Sukesen ve Yavrucak Derelerinde ölçülmüştür.

Her bir giriş suyundaki (derelerdeki) fosfor konsantrasyonu ve EİEİ tarafından ölçülen debi değerlerindeki aylık değişimler Şekil 2’de gösterilmiştir. Araştırma periyodu boyunca en düşük debi değeri, temmuz ve aralık aylarında (2678m³) Başpınar Deresinde saptanırken, en yüksek debi değeri Çölova Deresi’nde ocak ayında (546 393m³) ölçülmüştür.

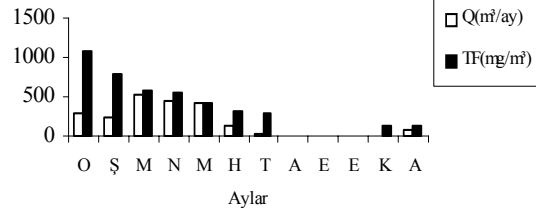
Çölova Deresi



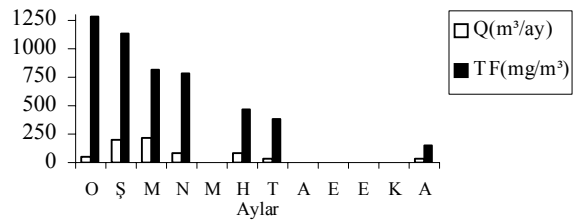
Sukesen Deresi



Yavrucak Deresi



Başpınar Deresi



Şekil 2. Gölü besleyen derelerde aylara bağlı debi, (Q,m³/ayx1000) ve toplam fosfor konsantrasyonlarının (TF, mg/m³) değişimi.

Sukesen, Yavrucak, Başpınar, Çölova Dereleri için fosfor taşıma katsayıları:

$$E_S = 466.25 \text{ kg/yıl} : 32.2 \text{ km}^2 = 14.78 \text{ kg/km}^2/\text{yıl}$$

$$E_Y = 1307.10 \text{ kg/yıl} : 87.8 \text{ km}^2 = 14.88 \text{ kg/km}^2/\text{yıl}$$

$$E_C = 767.57 \text{ kg/yıl} : 546.2 \text{ km}^2 = 1.41 \text{ kg/km}^2/\text{yıl}$$

$$E_B = 116.49 \text{ kg/yıl} : 31.7 \text{ km}^2 = 3.67 \text{ kg/km}^2/\text{yıl}$$

(1) No'lu eşitliği kullanarak göle karadan gelen fosfor yükü şöyle hesaplanmıştır:

$$KY = [(14.78 \times 32.2) + (14.88 \times 87.8) + (1.41 \times 546.2) + (3.67 \times 31.7)] \times 10^6$$

$$= (475.92 + 1306.50 + 770.14 + 116.32) \times 10^6$$

$$= 2668.88 \text{ kg/yıl}$$

(2) No'lu eşitlikten yola çıkarak Mogan Gölü için atmosferik fosfor yükü şu şekilde hesaplanmıştır (Göl alanı Çizelge 1'de belirtildiği gibi $7.2 \times 10^6 \text{ (m}^2\text{) dir}$):

$$AY = 373 \text{ (mm/yıl)} \times 0.07 \text{ (mg/l)} \times 7.2 \times 10^6 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= 187.99 \times 10^6 \text{ mg/yıl}$$

$$\cong 188 \text{ kg/yıl}$$

(4) No'lu eşitliği kullanarak göle gelen suni fosfor yükü şöyle hesaplanmıştır (ÖÇKK (2002)'ye göre 2000 yılı Gölbaşı İlçesi toplam nüfusu 63 281 kişidir):

$$SY = 63 \text{ 281} \times 3.5 \text{ g/gün} \cdot \text{kişi} \times 365 \text{ gün}$$

$$= 80841.48 \text{ kg/yıl}$$

$$\cong 8084 \text{ kg/yıl}$$

Gölbaşı Belediyesi tarafından göle direkt kanalizasyon akışının olmadığı bildirilmiş ancak fosfor çukurlarından olacak sızma ile suni fosfor miktarının en fazla %10'unun göle ulaşabileceği (TGM., 1983) kabul edilmiştir. Bu nedenlerle göle evsel kaynaklardan gelen fosfor akışı yılda ancak 8084 kg/yıl olabilecektir.

Göle doğal ve suni yollardan gelen toplam fosfor yükü

(5) No'lu eşitlikten yararlanarak hesaplanmıştır:

$$TY = 2668.88 + 188 + 8084$$

$$\cong 10 \text{ 941 kg/yıl}$$

(6) No'lu eşitlik kullanarak, göle ilişkin toplam fosfor yüklemesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur:

$$Y_f = 1519.5 \text{ kg/km}^2 \cdot \text{yıl}$$

$$\cong 1.52 \text{ g/m}^2 \cdot \text{yıl}$$

Çizelge 1. Mogan Gölü'ne ilişkin bazı morfometrik ve hidrolojik parametreler

Parametre	Sembol	2003 yılı
Drenaj alanı (km ²)*	A _d	925
Göl alanı (km ²)*	A _o	7.2
Drenaj alanı / Göl alanı	A _d /A _o	128.47
Göl hacmi (10m ³)*	V	13.72
Ortalama derinlik(m)**	z	2.8
Göle gelen toplam su miktarı (10 ⁶ m ³)	Q	10.20
Seyrelme hızı (yıl ⁻¹)	p = Q/V	0.74
Suyun alıkonma süresi (yıl)	t _w = 1/p	1.35
Su yükü(hidrolik yük (m/yıl))	q = Q/A _o	1.42
Fosfor yüklemesi (g/m ² .yıl)	Y _f	1.52

* ÖÇKK, 2002

** EİEİ, 2001

Kritik fosfor yükleme değeri ise, Vollenweider (1976) tarafından geliştirilen (7) nolu eşitlik baz alınarak hesaplanmıştır:

$$Y_{\text{kritik}} = 10 \times 1.42 \times (1 + \sqrt{1.35})$$

$$= 30.69 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{yıl}$$

Pulatsü ve Aydın (1997), 1992-1994 yılında göle ulaşan suni fosfor yükünün belirlenmesinde, yılda ev başına bırakılan fosfor miktarına ilişkin sağlıklı bir katsayı henüz bilinmediği için Dillon ve Rigler (1975) tarafından bildirilen 0.80 kg/ev/yıl değerini esas almışlar ve suni fosfor yükünü 2998 kg/yıl olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada ise İller Bankası Arıtma Tesisi Proses Genel Şartnamesinde verilen kişi başına günde ortalama 3.5 g fosfor değeri esas alınarak (Özden 2002), suni fosfor yükü 8084 kg/yıl olarak hesaplanmıştır. Son on yılda suni fosfor yükü bakımından her iki çalışma arasında yaklaşık üç katlık bir fark ve artış söz konusudur. Mogan Gölü havzasında son yıllarda görülen yapılaşma ve hızlı nüfus artışına bağlı olarak, suni fosfor yükü toplam fosfor yükünün ana bileşeni oluşturmuştur.

Mogan Gölü'nde dış kaynaklı kirletici yüklerin azaltılması amacıyla, 1995 yılından itibaren atık suların bir kollektörde toplanması çalışmaları hız kazanmış ve 1997 yılı Ekim ayında sonuçlanmıştır. ÖÇKK (2002)'de, 1997 yılı için toplam fosfor yükü açısından birinci sırayı Başpınar Deresi'nin (1.79 ton/yıl) aldığı, bunu sırasıyla Çölova (1.42 ton/yıl), Yavrucak (0.71 ton/yıl) ve Sukesen (0.28 ton/yıl) Derelerinin izlediği bildirilmiştir. Bu çalışmada ise, Başpınar Deresi'nin debi değerinin düşük saptanması nedeniyle taşıdığı fosfor yükü 116.49 kg/yıl, gerek 1997 yılında 1.79 ton/yıl olarak bildirilen yük değerinden gerekse diğer derelerin yük değerinden düşük bulunmuştur. Ayrıca bu çalışmada Yavrucak ve Sukesen Derelerinin taşıdıkları fosfor yükünde de artışlar olduğu belirlenmiştir.

Mogan Gölü'nü besleyen derelerin yıllık ortalama toplam fosfor konsantrasyonları dikkate alındığında, en yüksek değer Başpınar Deresine (712.23 mg/m³) aittir. Kışın artan nüfus yanında, zaman zaman Tipo Tavukçuluk İşletmesi'nin atık sularının bu dereye karışımı, fosfor konsantrasyonunu olumsuz yönde etkilemektedir. Başpınar Dere'sini sırasıyla, Yavrucak (478.03 mg/m³), Çölova (368.05 mg/m³) ve Sukesen Deresi (325.27 mg/m³) takip etmiştir. Çölova ve Başpınar Derelerinin göle dökülmeden önce Çökek Bataklığı'na girmesi, toplam fosforun filtrasyonu açısından bir avantaj oluşturmaktadır.

Pulatsü ve Aydın (1997) tarafından gölde yapılan bir çalışmada, 1994 yılı için Sukesen, Yavrucak ve Başpınar dereleri için hesaplanan fosfor taşıma katsayıları (E_f) sırasıyla, 2.32, 0.49, 1.42 kg/km² yıl olarak bulunmuştur. Buna bağlı olarak karasal yük ise 1993 yılı için 126.61 kg/yıl, 1994 yılı için 112.40 kg/yıl hesaplanmıştır. 2003 yılında yürütülen bu araştırma kapsamında belirlenen fosfor taşıma katsayıları ise oldukça artış göstermiştir. Sukesen, Yavrucak, Çölova ve Başpınar Dereleri için fosfor taşıma katsayıları sırasıyla 14.78, 14.88, 1.41 ve 3.67 kg/km².yıl olarak belirlenmiştir. Derelerin taşıdığı fosfor

konsantrasyonlarında yıllara bağlı olarak saptanan artışlar fosfor taşıma katsayılarına da yansımış, karasal yük değeri yaklaşık on yıl önce hesaplanan değerin çok üzerinde bulunmuştur.

Bu çalışmada Mogan Gölü'ne ulaşan toplam fosfor yükü içerisinde en düşük pay, atmosferik yüke aittir. Son yıllara kadar yağışla fosfor girişi önemsenmemiş olsa da drenaj alanının göl alanına oranı 20'den küçük olan göllerde, atmosferik fosfor yüklemesi önem kazanmaktadır (Peters, 1977; Shaw ve ark., 1989). Mogan Gölü içinse bu oran (128.47) oldukça yüksektir. Dillon (1974) tarafından yüksek nüfus yoğunluğunu çevresinde barındıran göllerde yağışla gelen fosforun, ihmal edilebilir miktarda olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada da gerek drenaj alanı : göl alanı oranının oldukça yüksek olması gerekse göl çevresindeki yüksek nüfus yoğunluğu nedeniyle, atmosferik yüklemenin payı %2'ye yakın saptanmıştır.

Ötrofikasyonu kontrol edecek göl restorasyon stratejilerini tespit ederken, besleyici element (azot veya fosfor) yüklemesinin ne düzeyde olacağına (Y_{kritik}) ve hangi düzeye düşürüleceğine karar verme büyük önem taşımaktadır. Araştırmada 2003 yılı için belirlenen fosfor yükleme değeri ($1.52 \text{ g/m}^2\cdot\text{yıl}$), gölün hidrolojik parametrelerinden su yükü ve suyun alıkonma süresini içeren formül yardımıyla tahmin edilen kritik fosfor yükleme değerleriyle karşılaştırılmıştır. Belirlenen fosfor yükleme değeri, Vollenweider (1976)'a göre $30.69 \text{ mg/m}^2\cdot\text{yıl}$ olarak hesaplanan değerden oldukça yüksek bulunmuştur. Göl içi hesaplanan fosfor yükleme değeri, Wetzel (1983)'in derinliği 5 m olan göller için bildirdiği hem izin verilebilir yüklemeye ($0.07 \text{ g/m}^2\cdot\text{yıl}$) hem de tehlikeli yüklemeye düzeyini ($0.13 \text{ g/m}^2\cdot\text{yıl}$) aşmıştır. Ayrıca Pulatsü ve Aydın (1997)'in, Mogan Gölü için 1992 ve 1993 yılları için sırasıyla 0.560 ve $0.557 \text{ g/m}^2\cdot\text{yıl}$ olarak belirttikleri fosfor yüklemeye değerlerinin de üç katına yakındır.

Sonuç

Bu çalışmada, göle ilişkin 2003 yılı toplam fosfor yük değeri çok yüksek saptanmış, buna bağlı olarak toplam fosfor yüklemeye değeri kritik yüklemeye değerinin oldukça üzerinde belirlenmiştir. Bu durum ise, göl havzasında alınan önlemlerin yeterli olmadığını ve dış kaynaklı besleyici element yükünün indirgenmesi konusunda ilave önlemler alınması gerekliliğini desteklemektedir.

Dış kaynaklı besin yükünün azaltılmasına özellikle derin göllerin hızla cevap verdiği, suyun yenilenme süresinin nispeten daha kısa olduğu sığ göllerde ise iyileşme sürecinin daha uzun olduğu bildirilmiştir (Beklioğlu ve ark., 1999). Mogan Gölü'nde suyun alıkonma süresi kısa olduğundan (1.35 yıl, Çizelge 1), dış kaynaklı yüklemenin azaltıldığı durumda bu faktörün etkili olacağı düşünülmektedir. Ayrıca Mogan Gölü'nde seyrelme hızının düşük saptanması ($p=0.74 \text{ yıl}^{-1}$, Çizelge 1), gölün ötrofik

düzeyini destekleyici bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yüzey akışları ile Mogan Gölü'ne ulaşan fosfor yükünün son on yıl içerisinde gölü tehdit eder düzeye geldiği açıktır; bu konuda zirai amaçlı gübre kullanımının ve hayvancılık faaliyetlerinin yarattığı problemler göz ardı edilemez. Bu amaçla göl havzasında bitkisel ve hayvansal ürünlerin ekolojik metotlarla üretimi ön plana çıkmalıdır.

Göl havzasında ilçe merkezine ait atıkların kollektörle toplanarak göle ulaşımı engellenmişse de, Mogan Gölü'nü besleyen derelerden Sukesen Deresi'nin sızdırmaz foseptikli Örencik ve Yurtbeğli Köyleri'nin atık sularını toplayarak göle ulaştırması ve Örencik'teki taşacaklarının derenin suyunu kullanıp, yoğun askıda katı miktarı ile tekrar dereye bırakması nedeniyle derenin gölün kirlenmesindeki rolü devam etmektedir. Bu bağlamda, Sukesen deresinin yeniden ıslahı ile gölü besleyen diğer derelerin göle girmeden önce fiziksel ve kimyasal arıtımı yapılmalıdır.

Göl havzasında sosyo-ekonomik analizlerin ve kırsal yerleşim konusunda (nüfus artış hızına bağlı olarak konut ihtiyacının belirlenmesi, kaçak yapılaşmanın önlenmesi vb.) gerekli girişimlerin yapılması ve bunların ilgili kurumlarca izlenmesi de gölün iyileştirilmesine yönelik ilave önlemler çerçevesinde yer almalıdır.

Kaynaklar

- APHA, 1975. Standard methods for the examination of water and waste water. 14th Edition. John D. Ducas Co., 1193p., USA.
- Beklioğlu, M., Carvalho, L., Moss, B., 1999. Rapid recovery of a shallow hypertrophic lake following sewage effluent diversion: lack of chemical resilience. *Hydrobiologia*, 412:5-15.
- Burnak, L., Beklioğlu, M., 2000. Macrophyte – dominated clearwater state of lake Mogan. *Türk. J. Zool.*, 24; 305 –313.
- Cole, G.A., 1983. *Textbook of limnology*. The C.U. Mosloy Company, 404 p., U.S.A.
- Dillon, P.J., 1974. A critical review of Vollenweider's nutrient budget model and other related models. *Water Res. Bull.*, 10 (5): 969 – 989.
- Dillon, P.J., Rigler, F.H., 1975. A simple method for predicting the capacity of a lake for development based on lake trophic status. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32(9):1519-1531.
- Dokulil, M. T., Janauver, G.A., 1989. Nutrient input and trophic status of the Neue Donau. A high water control system along the River Danube in Vienna, Austria, *International Conf. Water Pollution control in the basin of the river Danube, Novi Sad*, p. 128-135, Yugoslavia.

- EİE., 2001. *Mogan ve Eymir Gölleri Havzasının Hidrometeorolojik Özellikleri*. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, 100s., Ankara.
- GYG, 1999. *Mevcut Durum Raporu*. Gölbaşı Yerel Gündem 21, 83., Ankara.
- Kagalou I., Tsimarakis G., Paschos I., 2001. Water Chemistry and Biology in a Shallow Lake (Lake Pamvotis – Greece). *Present State and Perspectives*. 3 (2): 85-94.
- Korkusuz, E.A., 1998. Feasibility of a Control Wetland for the Mogan-Eymir System. *ODTÜ Fen Bilimleri Yayını*. 1-60., Ankara.
- Krichner, W.B., Dillon, P.J., 1975. An empirical method of estimating retention of phosphorus in lakes. *Wat. Resour. Res.*, 11(1): 182-183.
- Oenema, O., 1991. Nitrogen and phosphorus budgets in dutch agriculture and farm strategies to increase fertilizer efficiency. *Wat. Sci. Tech.*, 24 (10): 341 –342.
- ÖÇKK, 2002. *Mogan Gölü Havzası Biyolojik Zenginlikleri ve Ekolojik Yönetim Planı*. Çevre Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, 167 s., Ankara.
- Özden, B.G., 2002. Köyceğiz Gölü'nün su kalitesinin belirlenmesi ve Vollenweider modeline göre ötrofik seviyenin irdelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Yayınları*, 1-132., Ankara.
- Peters, R.H., 1977. Availability of atmospheric orthophosphate. *J. Fish. Res. Board Can.*, 34: 918-924.
- TGM, 1983. *Göletlerin İstikşafi ve Planlama Kademelerinde Etüt Edilmesi*. Topraksu Genel Müdürlüğü, IX Daire Başkanlığı, 150s., Ankara.
- Pulatsü, S., Aydın, F., 1997. Water quality and phosphorus budget of Mogan Lake, Turkey. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.*, 25 (3): 128-134.
- Shaw, R.D., Trimbee, A.M., Minty, A., Fricker, H., Prepas, E.E., 1989. Atmospheric deposition of phosphorus and nitrogen in Central Alberta with emphasis on Narrow Lake. *Water, Air and Soil Pollution*, 43: 119-134.
- Van Duin, E.H.S., L.J., Frinking, F.H., Van Schaik, and Boers, P.C.M., 1998. First results of the restoration of lake Geerplas. *Wat. Sci. Tech.*, 37 (3): 185 –192.
- Vollenweider, R.A., 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 33:53-83.
- Wetzel, R.G., 1983. *Limnology*. *W.B.SaundersCo.*, p.767, Philadelphia.