

GÖLCÜK (ÖDEMİŞ) GÖLÜ ÖTROFİKASYONU

Ertuğrul ERDİN (1)

Nazmi TOPÇU (2)

Delya SPONZA (1)

ÖZET : *Ege Bölgesi'nin sevilen mesire yerlerinden olan Gölcük (Ödemiş) Gölü, etrafındaki göle eğilimli arazi üzerinde yanlış tarım işletmeleri ve yerleşim yerlerinin fosseptiklerinin doğrudan göle deşarjı ile güzelliğini kaybetmek üzeredir. Tarımda kullanılan kimyasal gübre, salhaneye ait kanlı atıklar ve evsel atık sular göl ortamının aşırı beslenmesine sebep olmaktadır.*

Bu çalışmada her bir deşarj noktasının kirlenmeye katkısı, alg üremesi, gübre ve göle taşınımı, Azot, Fosfor, Karbon değerleri ile Alg, Çözünmüş Oksijen, pH, Fekal Koliform, Total Koliform içeriği araştırılıp, gölüp iyileştirilmesi yönünden, tavsiyelerde bulunulmaya çalışılmıştır.

THE EUTROFICATION OF GÖLCÜK (ÖDEMİŞ) LAKE

SUMMARY : *Gölcük Lake which is beloved promeade place of Aegean Region is about to lose its beauty because of the direct discharge of septic tanks of settlement areas and wrong agriculture processes on the fields which lean to the lake. Chemical manures used in agriculture, bloody remains of slaughterhouse, and remaining water of houses have been causing extreme pollution in the lake.*

In this study, the contribution of each discharge point to pollution, the growth of alg, manures and their movements to lake, the values of nitrogen, phosphorus, carbon, alg, oxygen, pH, fecal coliform and total coliform were researched and some advice has been given on the point of the improvement of the lake.

1) D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir.

2) Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Erzurum.

GİRİŞ

Herhangi bir ekosistem örneğın, orman ekosistemi, körfez ekosistemi veya göl ekosistemi insanın aşırn etkisi olmaması halinde, doğal denge içinde kalabilmekte ve kendi kendini artırabilmektedir. Ancak insan yaşamının ve faaliyetlerinin beraberinde getirdiğı kirleticiler veya N, P gibi besin maddeleri ortamında aktif fotosentezin artmasına ve fazla biyomas oluşmasına neden olmaktadır. Eğer bu biyomas da ortamdan hasat edilmiyorsa o zaman bunun kütlesi kısmen bakteriler tarafından parçalanmakta ve bu sırada sürekli olarak suyun çözünmüş oksijen miktarı azalmaktadır. kısmen de biyomas olarak suyun dibine çökmektedir. Bu olayın sürekli olması halinde karalaşma olgusu ortaya çıkmaktadır.

Ötrofikasyonun olup olmadığını ve düzeyini aşağıdaki belirtilerle saptamak mümkündür.

a) Kabul edilen ve beklenenden fazla fitoplankton biyomasının artması, çoğalması gözleniyorsa,

b) Plankton algleri ile suyun rengi değışir ve bulanıklığı artarsa (görme derinliğı temiz sularda 10 m iken, ötrof sularda 0.5 m'dir). Flotasyonda yüzen algler, rüzgar ile kıyılara, kıyı yakınlarına taşınır ve burada çürümeye, kokuşmaya başlar. Özellikle bırakılan alg miktarı 2 kg biyomas /m³ ise kokuşma yoğun olur.

c) Derin göl sularında da oksijen azalması olur. Zemin canlılarında bu nedenle azalma görülür.

d) Dip suyunda H₂S, CO₂, çürümüş Fe ve Mn iyonlarının artması.

e) Alg biyomaslarının zeminde birikmesi nedeni ile zemin sedimentinde şiddetli metan oluşumu ve çamur gözenek suyunda, çözünmüş olarak bulunan azotlu ve fosforlu bileşiklerin su kütlesine verilmesi

f) Dip çamurunun üst tabakasında (geçiş tabakası) meydana gelmiş demiroksithitratların redüktif parçalanması ki bu dip çamurundan gelecek besin maddelerine karşı bir kapan oluşmaktadır.

g) Örtü alglerinin ve ipliksi alglerin kıyılara taşınması

h) Çok fazla besin maddesi yükü durumunda aşırı miktarda planktonların üremesi ve gelişmesi nedeni ile otların gerilemesi, kaybolması (Görme derinliğı 0.2 m).

i) O₂ azalması ve kaybı nedeni ile balıkların ölmesi.

Bu sayılanların hepsi ötrofikasyonun belirtileridir. Bunların, yani biyolojik dengedeki değışimlerin geriye döndürülmesi zor ve hata imkansızdır. Ancak bu

tekniki ve parayı kullanarak 1. Ötrofikasyona dur demek, 2. Başlamış olan ötrofikasyonu ise kısmen veya tamamen geriye döndürmek mümkündür.

Örneğin, besin maddesi konsantrasyonu

$$C_{\text{anorg}} = 2.6 \text{ mg/l}, \quad C_{\text{N}} = 2.0 \text{ mg/l} \quad \text{ve} \quad C_{\text{P}} = 0.001 \text{ mg/l}$$

$$C_{\text{anorg}} = \text{Anorganik karbon}, \quad \text{N} = \text{azot}, \quad \text{P} = \text{fosfor}$$

olan bir barajda veya gölde plankton üretmesi çok az olacaktır. Durgun su sisteminde olan bütün bu olayları bir şekilde toplamak mümkündür. Şekil 1, 2, 3, 4, 5 de N, P, C, Fe, Mn ve S döngüleri (çevrimleri) görülmektedir. İyi beslenmiş göllerde organizma zenginliği görülmektedir. Populasyon dinamiği vardır. Bu tür göllerde bulunabilecek organizma türleri, Spirulina, Chlorella, Clostridium perfringens, Carex vb. 'dir.

FOSFORUN ÖTROFİKASYONDA ETKİNLİĞİ

Fosfor tüm canlıların metabolik faaliyetlerinin her fazında, özellikle de canlı organizmalarda enerji taşıyan reaksiyonlarda çok önemli rol oynamaktadır. Özellikle ötrofikasyon olayında gösterge olan algler, fosforu hem ışıklı hem de ışısız reaksiyon safhalarında kullanırlar. Alglerin gelişmesi fosforu minimuma indirmekle önlenir. Ancak bu sınır değeri 0.01 mg/l civarındadır. Optimal P-konsantrasyonu ise 0.018 - 8.9 mg/l arasındadır. Halbuki atıksu tam biyolojik bir arıtma tesisinden geçse dahi 1 mg P_{Topl}/l dolayında fosfor içermektedir. Ancak alıcı ortamda 1/50 oranında bir seyrelme sağlanırsa o zaman 0.02 mg/l P konsantrasyonuna inilebilir.

Gölcük gölü çevresinde büyük bir yerleşim ve endüstriyel faaliyet olmadığına göre, göle gelen P'nin kaynağı; çiftlikler, gübrelenen tarlalar, evsel atık sular, yağmur suyunun yüzeyden drenajla taşıdıkları ve ayrıca metamorf kayalardan, yüzeyden veya sızarak gelen fosforlardır.

Günümüzde evsel atık suda beklenen P miktarı, artan deterjan kullanımı ile yükselmiştir. Kişi başına 1.5-4.0 gr. P/N.G. beklemek mümkündür. Bu miktarın % 75'i çözülmüş, % 10'u çözülmemiş ve % 15'i ise asitte çözülebilir şekilde bulunmaktadır. Deterjanlar da fosforun yerini alacak başka aktif madde kullanılması halinde ise evsel atıksudaki fosfor miktarı doğrudan azalmış olacaktır.

Tarımsal alanlardan, yıkanmış beklenen fosfor yükleri çeşitli araştırmacılara göre 0.11-3.6 kg P/ha yıl arasında değişmektedir. Bu miktar ise toprak cinsinin, toprak yapısının, arazinin topoğrafik durumunun, yıllık yağışların, yağış şiddetinin kullanılan gübre miktarının ve ekilen bitki türünün bir fonksiyonudur.

Evsel atıksular ile tarımsal atıksuları (tarla yüzey akış ve drenaj suları) karşılaştırıldığında K- yükünün % 70'inin tarımsal atıksulardan, % 30'ununu ise evsel atıksulardan geldiği görülür. Aynı kıyaslama fosfor için terstir, yani % 91'i evsel atıksulardan kaynaklanırken, % 9'u tarımsal kullanım alanlarından gelmektedir. N/P oranı dışkılarda 8/1 iken evsel atıksularda deterjan kullanımı nedeni ile 4.2/1 olmakta; yapay gübrelenmiş tarımsal alanlardan gelen sularda ise 100/1 dolayında bulunmaktadır. Buradan aşağıdaki END = Eşdeğer nüfusu saptayabiliriz.

N için : 10 END/1 ha tarımsal arazi

P için : 0.4 END/1 ha tarımsal arazi

Tarımsal işletmelerin (hayvancılık) atıksuları da yani şerbet ve ahır gübresi de çok miktarda N ve P içermektedir. Besi hayvanlarından, hayvan başına 5.6 g P/H-G ve 40 g N/H-G beklemek mümkündür (Farkas, P., 1971). Bu atıkların ise büyük bir gübreleme (besin maddesi) etkisi vardır.

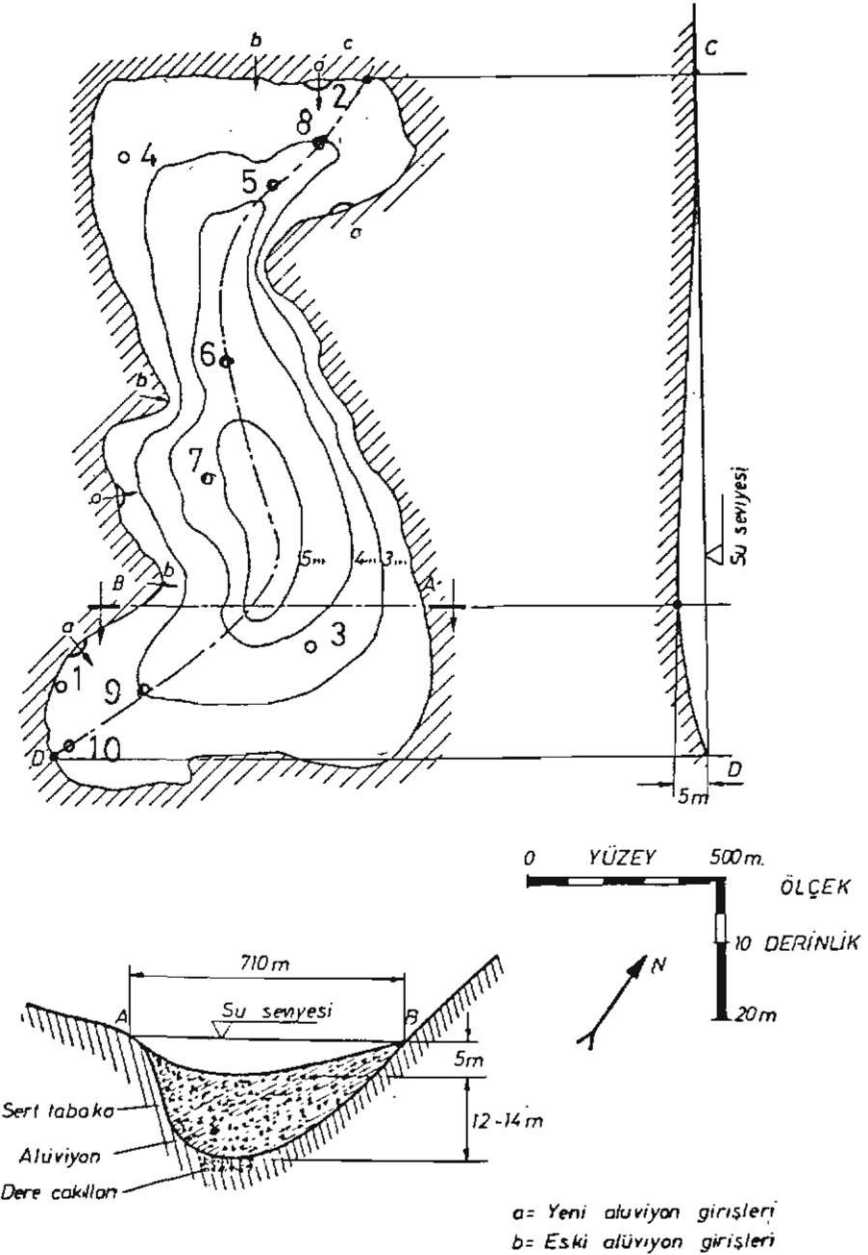
Metamorf kayalar ise sürekli P - vericileridir. Böyle bölgelerden gelen drenaj suları 38-290 mg/l fosfor içerebilmektedir (Nebe, W., 1968).

Yoğun yerleşim bölgelerinde 2-520 mg/P/lt bulunabilmekte veya 1.000 mm/yıl olan yağışla 0.006 - 5.2 kg P/ha. yıl araziye, alıcı ortama taşınabilmektedir. Yağmur suyunun ötrofikasyona etkisini azaltmak için yağmur suyu işlem ünitelerinin de, atıksu arıtma tesisleri yanısıra boyutlandırılması ve inşaatı gerekmektedir.

GÖLCÜK GÖLÜ HAKKINDA BİLGİLER

Göl 1050 m rakımda olup, alanı 1.250.000 m² dir. Gölün en derin yeri 5 m ölçülmüştür. Kış aylarında 1.5-2 m seviye yükselmesi olmaktadır (Şekil 6) 5x10⁶ m³ su kütlesine sahip olduğu tahmin edilmektedir (İnan Ullah, 1974). Göl tabanındaki sublakustrin kaynaklardan, kar ve yağmur sularından beslenmektedir. Çevresi ise metamorf kayalardan oluşmuştur. Şekil 6'da görüldüğü gibi binlerce yıldır çevresindeki dağlardan ve araziden gelen alüvyonlar, biyomas kalıntıları karalaşma olgusunu sürdürmüş, sürekli olarak gölün derinliğinin ve alanının azalmasına neden olmuştur. Yaklaşık 14 m kadar dolgu maddesi ile dolmuştur. 1960'lı yıllarda yapılan ağaçlandırma bir yarar sağlamamış, gölün erozyon malzemesiyle de dolmaya devam ettiği sürekli gözlenmiştir. 20 yıl önce maksimum derinliği 8 m iken bugün 5 m'ye inmiştir.

Rüzgarın sürekli olması nedeniyle gölde her zaman için sirkülasyon oluşmaktadır. Yani su kütlesi tam karışım halindedir. Secki diski'ni görme derinliği



1.2 m iken bu 0.6 m'ye kadar yer yer düşmüştür. Göl suyunun sıcaklığı 4.4 °C ile 26.3 °C arasındadır. pH değerinin 9'a çıktığı ve geçtiği gözlenmiştir. Elektriksel iletkenlik değeri amonyum ve bikarbonat iyonlarının fazlalığı nedeniyle yüksektir. Dipte CO₂'in fazla olması alkaliniteyi arttırmakta, yüzeyde yüksek pH değerleri de alkaliniteyi düşürmektedir. Kışın 13.5 mg/O₂lt olan Ç.O. değeri yazın 6 mg/lt 'ye kadar düşmektedir.

Gölcük'te patates tarımında kullanılan gübreler ise;

(NH ₄) ₂ SO ₄	(% 21 N)	NH ₄ NO ₃	(% 26 N)
NH ₄ NO ₃	(% 20.5 N)	Üre	(% 46 N)

Normal Süper Fosfat (% 16-18 P₂O₅)

Triple Süper Fosfat (% 42-44 P₂O₅)

N - P - K

Diamonyum Fosfat (% 18 - 46 - 0)

Kompoze Gübre (% 20 - 20 - 0)

Kompoze Gübre (% 15 - 15 - 15)

Bölgedeki tarımsal faaliyetlerde kullanılan mücadele ilaçları ise;

Dursban 25 WP	Plantined	Dipterex
Lantetle	Thiodan WP	Thiodan Cons.
Agro-Bakır	Metaystov	Koruma-Bakır
Gusathion Em.	Cubravit	Dursban 4
Cotnion	Basudin	Dikotan Z-78
Zineb		

MATERYAL VE METOD

Gölcük Gölü üzerinde belirlenen 8 noktanın 6'sından örnekler alınmıştır. mikroskopla alg ve bakteri sayımı yapılmıştır. Koliform üretimi için besi yerlerine ekim yapılmıştır. Alınan 6 adet su örneklerinde N_{Topl} mg/lt ve PO₄-P mg/lt değerleri bulunmuştur.

Konsantra alg örneğinde (yeşil çamurda) N_{Topl} ve PO₄ - P- değerleri ölçülmüştür. Aynı parametreler dip çamurda da analizlenmiştir.

BULGULAR

Thoma lamı ile doğrudan mikroskopik sayım yapılmıştır. Sayım sonucu Tablo 1'de verilmiştir.

Membran Filtre tekniğine göre de Total Koliform/100 ml, fekal Koliform/100 ml sayımları yapılmıştır. Sonuçları Tablo 2 'de verilmiştir.

Çeşitli noktalardan alınan su örneklerinde yapılan N ve P tayinlerinin sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 1. Thoma Lamı ile Doğrudan Sayım Sonuçları

Table 1. Directly Enumeration Results with Thoma Lam

Örnek No	Mikroorganizma Türü	Sayısı
5	Alg	960 x 10 ⁶
5	Bakteri	210 x 10 ⁶
6	Alg	256 x 10 ⁶
6	Bakteri	512 x 10 ⁶
7	Alg	242 x 10 ⁶
7	Bakteri	256 x 10 ⁶

Tablo 2. Total Koliform ve Fekal Koliform Sayısı

Table 2. Number of Total and Fecal Coliforms

Örnek No	Total Koliform/100 ml	Fekal Koliform/100 ml
5	2320	380
6	2560	296
7	2250	-

Tablo 3. Sudaki $N_{\text{Topl.}}$ ve $PO_4 - P$ değerleri
Table 3. Values $N_{\text{Topl.}}$ and $PO_4 - P$ in the water

Örnek No	$N_{\text{Topl.}}$ mg/lt	$PO_4 - P$ mg/lt
2	1.46	0.21
3	3.02	0.18
5	5.10	0.12
6	3.24	0.24
7	3.14	0.19
8	3.59	0.20
Yeşil Çamur (Konsantre Alg)	1141.2	22.7
Dip Çamuru	287.0	497.8
Kıyı çamuru (Adabaş)	% 0.25	-
Kıyı çamuru (Kavurmacı önü)	% 0.26	-

Arazi çalışmaları sırasında Gölcük Gölü haritasında 1'den 10'a kadar gösterilen yerlerden toprak ve su örnekleri alınmış ve bunlardan % SM ve % OM değerleri Tablo 4'de toplanmıştır.

Tablo 4. Gölcük Gölü Toprak ve Su Örneklerinde % sm veya % om
Table 4. % Organic Material in the Soil and Water Samples

Ör. 29.9.84 No.Yer (Alg)	Tartım Ağırlık değerleri			Sonuçları		
	Örnek Ağırlığı (gr)	105°C (gr)	600°C (gr)	% SM	% OM	TKM g/lt
1 Otel Önü	45.40	2.15	0.24	95.21	99.5	-
2 Çayırılık Önü	69.58	67.05	66.77	3.6	4.0	-
3 Kavurmacı Önü	64.30	42.20	41.60	34.4	35.3	-
4 Adabaş Birikinti	58.64	41.05	40.56	30.0	30.9	-
5 Adabaş Almiyal	51.35	47.15	46.37	8.2	9.7	-
6 Şerif Sara Örselli	28.60	27.35	27.02	4.4	5.5	-
No.Yer (Drenaj Suyu)	(ml)					
7 Kooper. Önü	50	-	-	-	-	2
8 Çakıllı Hendek Kavurmacı Önü	50	-	-	-	-	2
9 Adabaşı	50	-	-	-	-	2

Drenaj sularındaki toplam katı madde ve askıda madde miktarları incelendiğinde özellikle askıda katı maddenin Su Ürünleri Tüzüğü'nün istediği sınır değerlerin altında olduğu görülür (Tablo 5).

Otel önünden alınan, yüzen yeşil, mavi yeşil, mavi ve kahverengi alg popülasyonundan oluşan örnekte % 4.8 katı madde bulunmuşken saf kültür gibi olan Adabaşı Mevkiinden alınan örneklerde % 2.3 katı madde bulunmuştur. Bu heriki değerden de açıkça anlaşıldığı gibi çamurdaki K.M. oranı aynen arıtma çamurundaki gibidir. Arıtma çamurlarını araziye vermek için kullanılan yöntemler buna da uygulanabilir.

Tablo 5. Drenaj Sularında Askıda Katı Madde ve Toplam Katı Madde Miktarları
Table 5. Suspender Solid and Total Solid in the Drainage Waters

Yerleri	Askıda katı Madde (mg/lt)	TKM (mg/lt)
Adabaşı (Drenaj Ağızı)	36	298
Kavurmacı Önü	72	144
Kooperatif Önü	44	132
Alg'lı Örnek (Yeşil Çamur)	Süziilmedi	13480

Alg'in organik madde içeriği % 99.5'dir. Henüz patates sökümünün yapıldığı, bitki kökü kalıntısı ile zengin olan örselli mevkiindeki Şerif Saka'ya ait toprakta ise % 5.5 organik madde bulunmaktadır. Bu değer Adabaş Aluriyal toprağında ise (patates sökümü yapılan tarla) % 9.7, Çayrılık mevki önünde drenaj kanalı mansabında göl içi birikinti kumunda ise % 4 OM, Adabaş kıyı çamurunda % 30 SM ve % 30.9 OM Kavurmacı Önü kıyı çamurunda da % 34.4 SM ve % 35.3 OM değerleri bulunmuştur.

Gerek kavurmacı önü, gerekse Adabaş kıyı birikintisi çürük ve taze yeşil çamur karışıklı topraklarında OM miktarı % 30.9-35.3 arasında olduğundan bunun araziye götürülüp verilmesi, arazinin hümusce ve kısmen besin maddelerince zenginleşmesini sağlayacağı açıktır.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Gölcük Gölü'nde ötrofikasyonun artmasına etken olacak nedenlerden biri de yaz aylarında gölün suyunun azalması N ve P - konsantrasyonlarının artması olgusu-

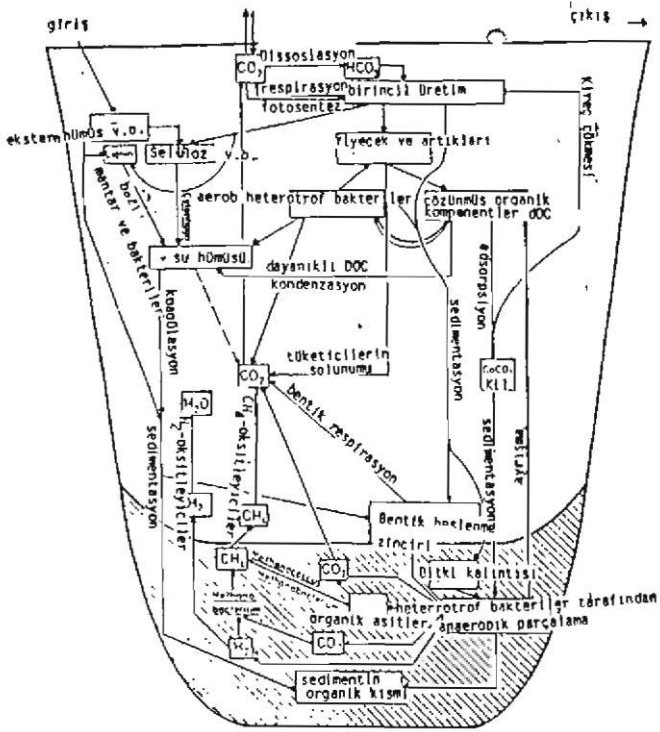
dur. Ötrofikasyona neden olan besin maddelerinin başında N - ve P- bileşikleri geldiğine göre bunlardan birinin mutlaka en aza indirilmesi gerekir.

Çevredeki yoğun tarımsal faaliyetlerden dolayı N, P, K gübreleri gereğinden fazla toprağı verilmektedir. Bitki tarafından alınmayan gübre fazlası, ya sulama suyu ile ya da yağmur suyu ile toprak dinamiğı içindeki hareketi söz konusudur. Dolayısıyla gübreleme optimal yapılmalı, aşırı kullanımından sakınılmalıdır. Özellikle Gölcük Gölü yöresindeki gibi hafif bünyeli ve infiltrasyonu hızlı olan topraklarda gübrelemeye özen göstermek gerekir. Çünkü bu yörenin topraklarının su ve besin maddesi tutma kapasitesi yüksek olmayıp; N- yıkanması kolay olur. Azotun hem drenaj, hem de yüzey suyu ile taşınması söz konusu olur ki bu durum Gölcük de gözlenmiştir (şekil 1, 2, 3a, 3b, 4, 5).

Diğer bir önlem ise tarım yapılan arazideki yağışın ve yüzeysel akışın fazla olduğu kış aylarında toprak taşınımını önlemek için toprak yüzeyini bitki örtüsüz olarak bırakmamak gerekir. Yörede en uyumlu şekilde yetişen yeşil gübre bitkisi yetiştirilmesi halinde toprak hem erozyona karşı korunmuş olacak hem de taşınmaya uygun besin maddeleri bitki tarafından alınmış olacaktır. Bitki kalıntısı veya tamamı toprağı işlenirse toprakta çürüyecek, zaman zaman besin maddesi sunan sürekli bir gübre (hümüs) kaynağı oluşturacaktır.

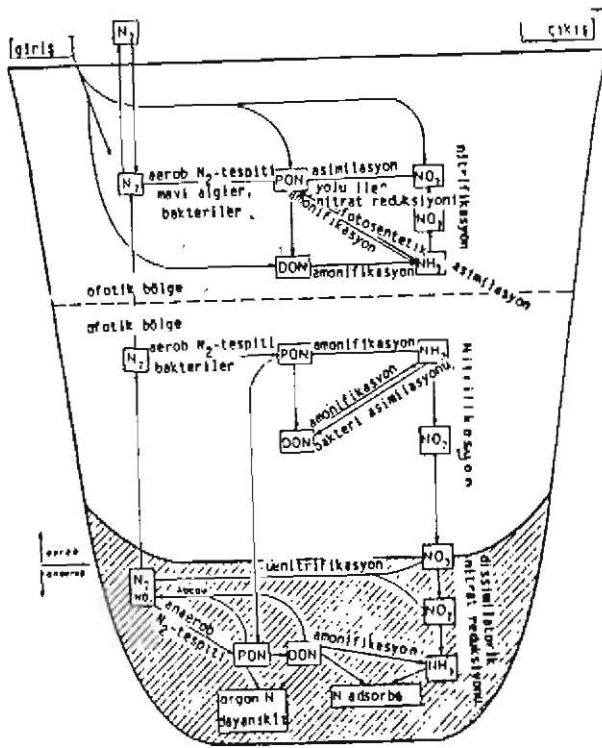
Ötrofikasyonun oluşturan kaynakların anlatıldığı bölümdeki tüm kirletici unsurları Gölcük Gölü içinde beklemek gerektiğine göre, burada sadece tarımsal faaliyeti suçlu göstermek yerinde olmaz. Gölcük'deki Turistik Tesisin, Belediye'nin ve diğer yerleşim birimlerinin fosseptikleri ile Mezbaha'ya ait kanlı sular, göl suyunu mutlak surette etkilemekte ve besin maddelerini artırmaktadır. O halde evsel atık sularının derlenip bir arıtma tesisinden geçmesinde yarar vardır. Arıtma tesisi yapılan kadar fosseptik çukurları vidanjörlerle alınıp uygun bir yerde saptanacak çamur kurutma tarlasına verilebilir. Kuruma ve hijyenleşmeden sonra fosseptik çamurun gübre özelliğinden de yararlanma olanağı doğar. Böylece gölün doğrudan kirlenmesi önlediğı gibi ayrıca fosseptik artıkları değerlendirilmiş olur.

Göl içinde yoğun olarak bulunan Alg'ler özel süzgeçlerle toplanıp, çevrede yetişmiş olan sazlıklar da uygun tarzda biçilerek ötrofikasyon ürünleri bertaraf edilebilir. Elde edilen organik materyaller yakılarak veya daha uygun tanklarda anaerobik tarza çürütülerek biyogaz üretimine geçilebilir.



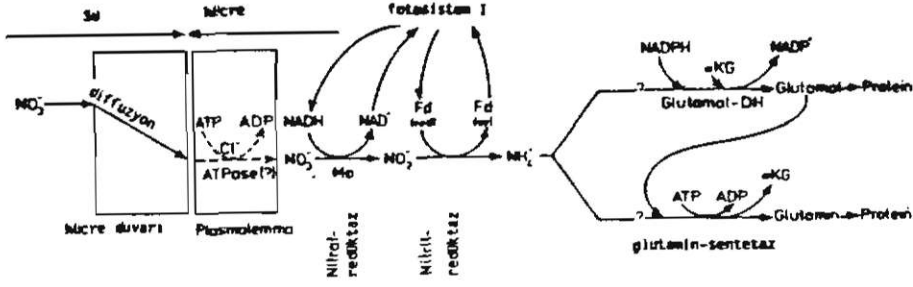
Şekil 1. Karbon Çevrimi

Figure 1. Cycle of Carbon

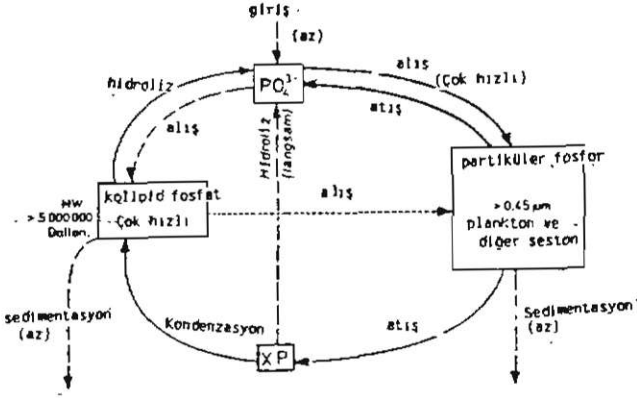


Şekil 2. Azot Çevrimi

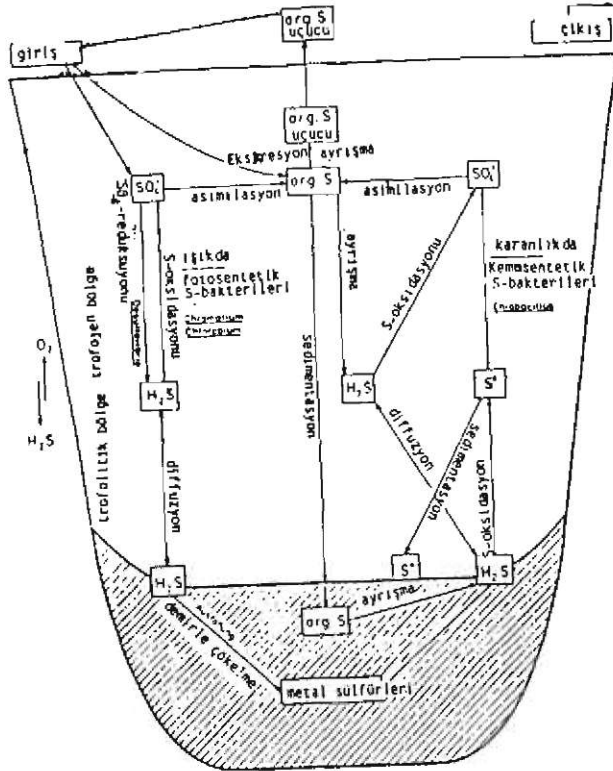
Figure 2. Cycle of Nitrogen



Şekil 3a. Phytoplankton tarafından azot assimilasyonu
 Figure 3a. Assimilation of nitrogen from phytoplankton

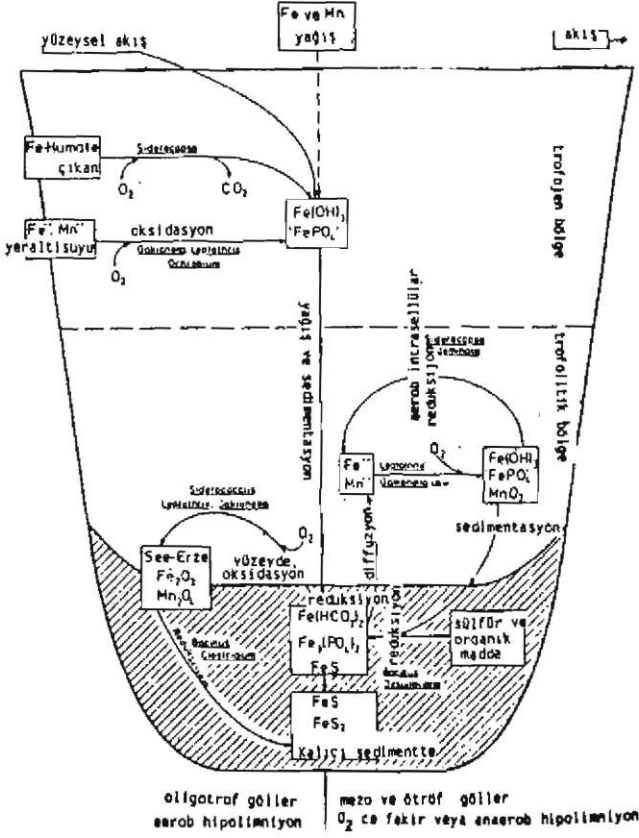


Şekil 3b. Serbest su bölgesinde fosfor dinamiği
 Figure 3b. Dynamic of phosphorus in the free water region



Şekil 4. Kükürk Çevrimi

Figure 4. Cycle of sulphur



Şekil 5. Demir ve Mangan Çevrimi

Figure 5. Cycle of iron and manganese

KAYNAKLAR

- Tareen, İ., 1972. Bottom Fauna of Gölçük Lake. E.Ü. Fen Fakültesi İlmi Raporlar Serisi N.137, İzmir.
- Tareen, İ.U., 1972. Preliminary Survey of Gölçük, E.Ü. Fen Fakültesi İlmi Raporlar Serisi, No. 138, İzmir.
- Tareen, İ.U., 1974. Gölçük (Ödemiş Gölü'nün Limnolojik Araştırması. Ph.D.Thesis. E.Ü. Fen Fakültesi Zooloji Bölümü, İzmir.
- Erdin, N., 1980. Mikroalglerin Besin Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi, Mesleki Teknik Eğitim ve Öğretim Dergisi, s. 334, Ankara.
- Erdin, E., 1980. Ötrofikasyon Sorunu, I. Ulusal Çevre Müh. Bilimleri Sempozyumu, Ankara.
- Erdin, E., 1980. İç Suların Ötrofikasyonu, Su Kimyası ve Teknoloji Sempozyumu, İzmir.
- Bengisu, Ö., 1984. Gölçük Gölü Kirlenmesi Hakkında Rapor. Dokuz Eylül Üniv. Müh. Mim. Fak. Makina Müh. Bölümü, İzmir.
- Uhlmann, D., 1982. Hydrobiologie, 2. Auflage, Gastav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Farkas, B., 1971. Chemical-Biological Combined Treatment Testt for Pigfarm Waste with Special Regard to Phosphate Elimination, Intern Congress on Ind. Waste Water, Stockholm.
- Nebe, W., 1968. Der phosphorgehalt Sachsischer Grundgesteine und einiger daraus Entstandener Waldböden. Fortchr der Wasserchemie, H.B. s. 117.
- Sekoulov, İ., 1972. Die Phosphorelimination mit Hilfe von kontinuierlich belichteten Plaualggen. Stüttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft. Heft. 50, Stuttgart.
- Liebmann, H., 1970. Untersuchungen 1967-1969 Rolle des Vorfluters als Dritter Reinigungs-Stufe, Korrespondenz Abwasser 17, H. 7 Stuttgart.
- Ambühl, H., 1966. Der Einfluss Chemischer Düngung auf Stehende Oberflächenge-wasser. Gas - u. Wasserfach, H. 107.