

SAPANCA GÖLÜ'NÜN TOPLAM FOSFOR ve KLOOROFİL-A MİKTARLARININ MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERİ

Mahmut ÖZACAR*, Selahattin SERT**, Aynur BOZATLI** ve İ. Ayhan ŞENGİL*

* Sakarya Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, 54100 SAKARYA

* Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kampüs, 54040 Esentepe SAKARYA

Özet - Sürekli kirlenmekte olan Sapanca Gölü'nün su kalitesi, son birkaç yıl içinde önemli ölçüde bozulmuştur. Gölde besi elementlerinden fosfor artmaktadır. Besin durumu bakımından zenginleşen gölde, plankton gelişimi gittikçe artmakta ve bu da suyun kalitesini bozmaktadır. Şehir şebekesinde birikip ayrılan planktonlar, suyun tad ve kokusunu bozduklarından, halkın gölün kirlenmesine karşı ilgisini arttırmıştır. Bu çalışmada, Sapanca Gölü'nde toplam fosfor ve klorofil-a miktarlarının bir yıl süreyle değişimleri belirlenmiş ve literatür değerleriyle kıyaslanarak gölün trofik durumu tahmin edilmiştir. Klorofil-a ile toplam fosfor arasında regresyon analizi yapılarak çıkarılan regresyon denkleminde, yıllık toplam fosfora bağlı olarak yıllık ortalama klorofil-a miktarı 17.28 µg/L olarak hesaplanmıştır.

Abstract - The water quality of Sapanca Lake, where is polluted continuously, deteriorated certainly in last few years. Phosphorus which is one of the nutrition element increases in the lake. In this nutritionaly rich lake, plankton yield is getting rise which result indeterioration of water quality. Since decomposition of the planktons accumulated in drinking water network of the city deteriorate taste and odour of the water, public concern on pollution of the lake has increased. In this study in

Sapanca Lake; changes of the total phosphorus and chlorophyll-a quantities have been determined through the one year and by comparing this results with literature values, the throphic category of the lake has been estimated. From the regression equation derived from the regression analysis done between chlorophyll-a and total phosphorus, yearly average chlorophyll-a has been calculated as 17.28 µg/L depending on total phosphorus.

I. GİRİŞ

Fosfor, tabii sularda fosfatlar şeklinde bulunur; bunlar ortofosfatlar, kondanse fosfatlar (piro, meta ve polifosfatlar) ve organik fosfatlardır. Fosfatlar, çözeltilerde, partiküllerde veya organizma bünyelerinde yer alırlar. Fosfatların bu formları, su havzalarındaki değişik kaynaklardan gelir. Kondanse fosfatların büyük bir kısmı deterjanlardan gelmektedir. Zirai amaçlarla kullanılan ortofosfatlar, göl sularına yağmur suları ile taşınır. Organik fosfatlar ise biyolojik faaliyetlerden gelmektedir [1-3].

Fosfor atıkları, yüzey sularında yüzebilen mikroorganizmaların büyümesini teşvik eder. Bu mikroorganizmalara plankton adı verilir. Planktonlar hayvan (zeoplankton) ve bitkiden (fitoplankton) oluşur.

mikroorganizmalara plankton adı verilir. Planktonlar hayvan (zeoplankton) ve bitkiden (fitoplankton) oluşur. Fitoplanktonlar (algler) klorofil taşırlar ve fosfor ile azotun varlığında, güneş ışığının etkisiyle çoğalırlar. Fosfor ve azot fazla olduğu takdirde, birçok olumsuz sonuçlara yol açan alg patlamaları meydana gelir. Bu durumda, içmesuyu kaynağı tüm özelliğini kaybeder ve syundan yararlanma imkanı kalmaz [1].

Göl sularında fosforun temel etkisi ötrofikasyondur [2]. Fosfor, tabii sularda, bitki büyümesini sınırlayan bir nutrient olduğundan dolayı, atıksularla gelen yüksek orandaki çözünmüş fosfat, hızlı bir gübreleme etkisine yol açar. Bunun sonucunda fitoplanktonlar hızla çoğalır [1].

Klorofil-a, fotosenteze katılan yeşil pigmenttir ve bütün alglerde bulunur. Klorofil bakteri gibi diğer organik solidlerden, algleri ayırdetmek için kullanılabilir. Bir gölün toplam fosfor konsantrasyonu düşükse, göl oligotrofikdir, toplam fosfor konsantrasyonu yüksekse, göl ötrofik olacaktır. Çok miktarda alg ve köklü yosun bitkilerinin üremesi için gerekli fosfor miktarı oldukça azdır. Alg patlamasının olmaması için göllerde kabul edilen üst konsantrasyon limiti ortofosfat fosforu için 0.02 mg/L dir. Bu konsantrasyon göldeki bahar çevrimleri için geçerlidir. Yıllık ortalama değer toplam fosfor için 0.1 mg/L den daha büyükse, alg patlaması ile köklü yosun gelişimine yol açar [1].

Sulardaki besin yükleri ile besinlerin, trofik reaksiyonlar arasındaki ilişkisini miktar olarak belirlemek için, birbirine fonksiyonel olarak bağlı olan faktörler arasında regrasyonlar yapılarak, regrasyon denklemleri çıkarılabilir. Bu regrasyonlarda anahtar faktör olarak fosfora ayrı bir önem verilmiştir. Fosfor ile diğer trofik göstergelerin ilişkileri arasında regrasyon yapılarak denklemlerle ifade edilebilir [4]

Bu çalışmada Sapanca Gölü'nde seçilen 4 istasyonda, toplam fosfor ve klorofil-a miktarlarının bir yıl süreyle aylık değişimleri ölçülmüş ve literatür değerleri ile kıyaslanarak gölün kirlenme durumu ortaya konulmaya çalışılmıştır.

II. MATERYAL ve METOD

II.1. Örnek Alma Noktaları ve Örneklerin Alınması

Su örnekleri Eylül 1995-Ağustos 1996 tarihleri arasında her ay Sapanca Gölü'nü temsil edebilecek 4 ayrı istasyondan alınmıştır. 1. istasyon, Vakıf Otelin arkasında göl kıyısı; 2. istasyon, Seka Su Alma İstasyonu; 3. istasyon, Eşme kıyısı; 4. istasyon, Saraçoğlu Tesisleri arkasıdır. Su örnekleri, 2 L lik koyu renkli numune şişelerine alınarak, laboratuara getirilmiş ve analizler laboratuarda yapılmıştır.

II.2. Toplam Fosfor Analizi

Su örneklerindeki toplam fosfor analizi için, H_2SO_4 - HNO_3 bozundurma metodu kullanılmıştır. Bu metoda göre 50 mL örnek alınıp 5 mL derişik H_2SO_4 ve 1 mL derişik HNO_3 ilave edildikten sonra 1 mL hacme kadar buharlaştırılmıştır. Buharlaştırmadan sonra soğutulan çözeltinin hacmi 20 mL ye tamamlanmış ve fenolftalein eşliğinde 1 N NaOH çözeltisi ile hafif pembe renge kadar nötrleştirilmiştir. Nötrleştirilen çözeltinin hacmi 100 mL ye tamamlanmış ve Kalay klörür metodu ile reaktif fosfor analizi yapılmıştır. Hazırlanan uygun standartlarla oluşturulan kalibrasyon grafiğinden toplam fosfor miktarları belirlenmiştir [1, 5].

İİ.3. Klorofil-a, -b, -c ve Toplam Karotenoid

Miktarlarının Tayini

Gölden alınan su örneklerinin 1 L si Nuçe erleni ve su trompu yardımı ile GF/C cam 0.45 µm elyafli filtre kağıdından süzülmuş, sonra filtre kağıtları petri kutusuna konularak oda sıcaklığında ve karanlıkta 2-4 saat kurumaya bırakılmıştır. Nisbeten kuruyan filtre kağıtları makas ile çok küçük parçalara ayrılarak içinde 10 mL %90 lık aseton bulunan deney tüplerine alınmıştır. Tüpteki karışımlara 0.2-0.3 g susuz MgCO₃ ilave edilmiştir. Ağzları mantar tıpa ile kapatılan deney tüpleri çalkalandıktan sonra buzdolabında (+4°C de) 24 saat karanlıkta bırakılmış ve ekstraksiyon süresi sonunda ekstrakt normal filtre kağıdından süzülmuş ve üstteki berrak kısım alınarak, Shimadzu 150-02 model spektrofotometrede 480, 630, 645, 665 ve 750 nm de absorbansları ölçülmüştür. Klorofil-a, -b, -c ve toplam karotenoid miktarları aşağıdaki denklemlerden hesaplanmıştır.

$$C_a = 11.6D_{665} - 0.14D_{630} - 1.31D_{645} \quad (1)$$

$$C_b = 20.7D_{645} - 4.34D_{665} - 4.42D_{630} \quad (2)$$

$$C_c = 55D_{630} - 16.3D_{645} - 4.64D_{665} \quad (3)$$

$$\mu\text{g Klorofil a (b veya c) / L} = \frac{C_{(a, b, c)} \cdot v}{l \cdot V} \quad (4)$$

Burada V, filtre edilen örnek hacmi (L); v, kullanılan aseton hacmi (mL); l, küvetten geçen ışık yolu (cm); C_(a, b, c), 1-3 eşitliklerinden elde edilen ayrı ayrı Klorofil konsantrasyonudur. Toplam karotenoid miktarı ise;

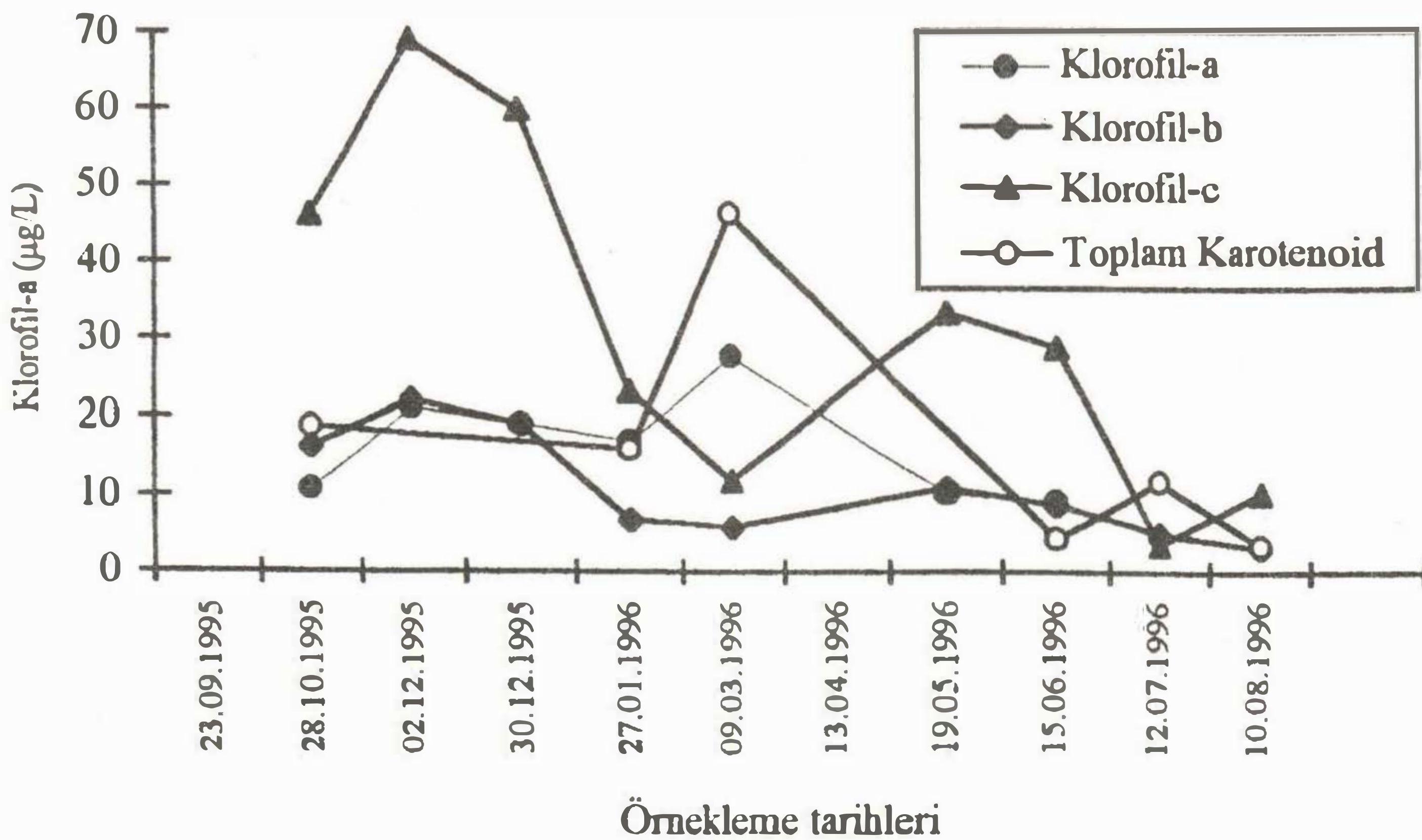
$$\mu\text{g / L} = \frac{10(D_{480} - D_{750}) \cdot v}{l \cdot V} \quad (5)$$

D, optik yoğunluk; v, kullanılan aseton hacmi (mL); V, filtre edilen örnek hacmi (L); l, küvetten geçen ışık yolu (cm) dur [6].

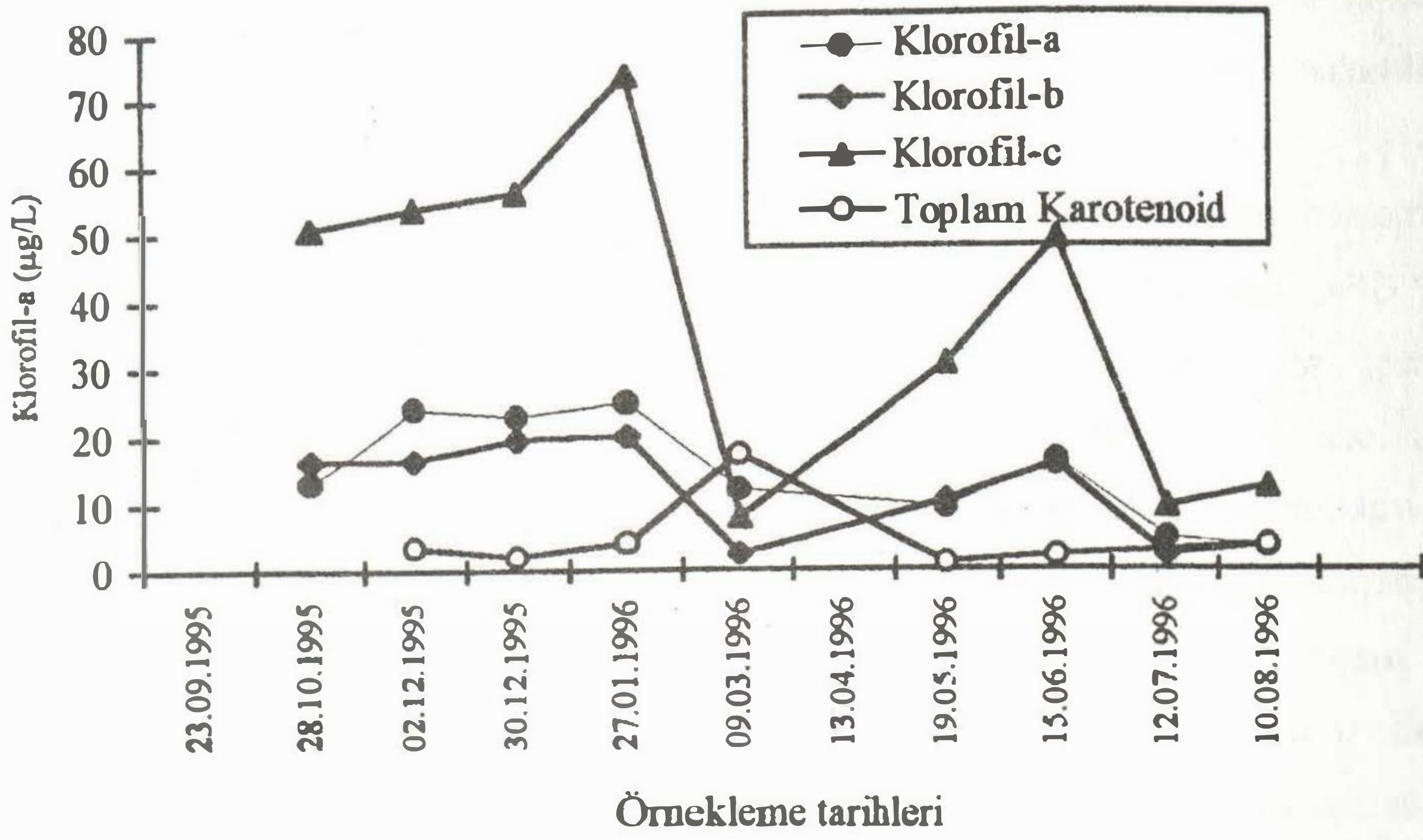
İİİ. DENEL BULGULAR ve DEĞERLENDİRME

İİİ.1. Sapanca Gölü'nde Klorofil-a, -b, -c ve Toplam Karotenoid Miktarlarının Mevsimsel Değişimi

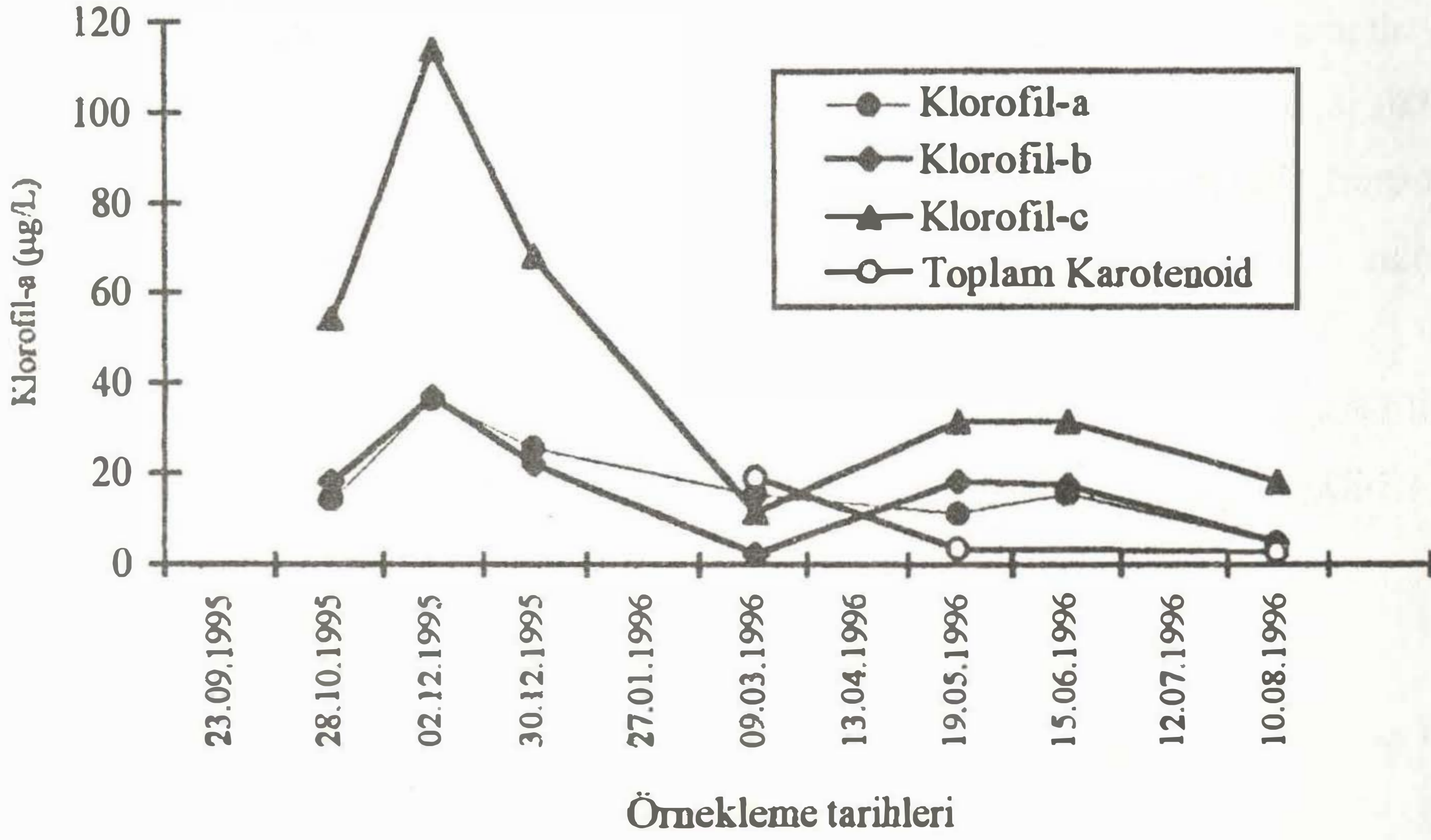
Araştırma süresince Sapanca Gölü suyunda klorofil-a, -b -c ve toplam karotenoid miktarları, 1.-4. istasyonlarda ölçülmüş ve fotosentetik pigment miktarlarının mevsimsel değişimleri Şekil 1-4 de verilmiştir.



Şekil 1. Fotosentetik pigment miktarlarının 1. İstasyondaki mevsimsel değişimleri



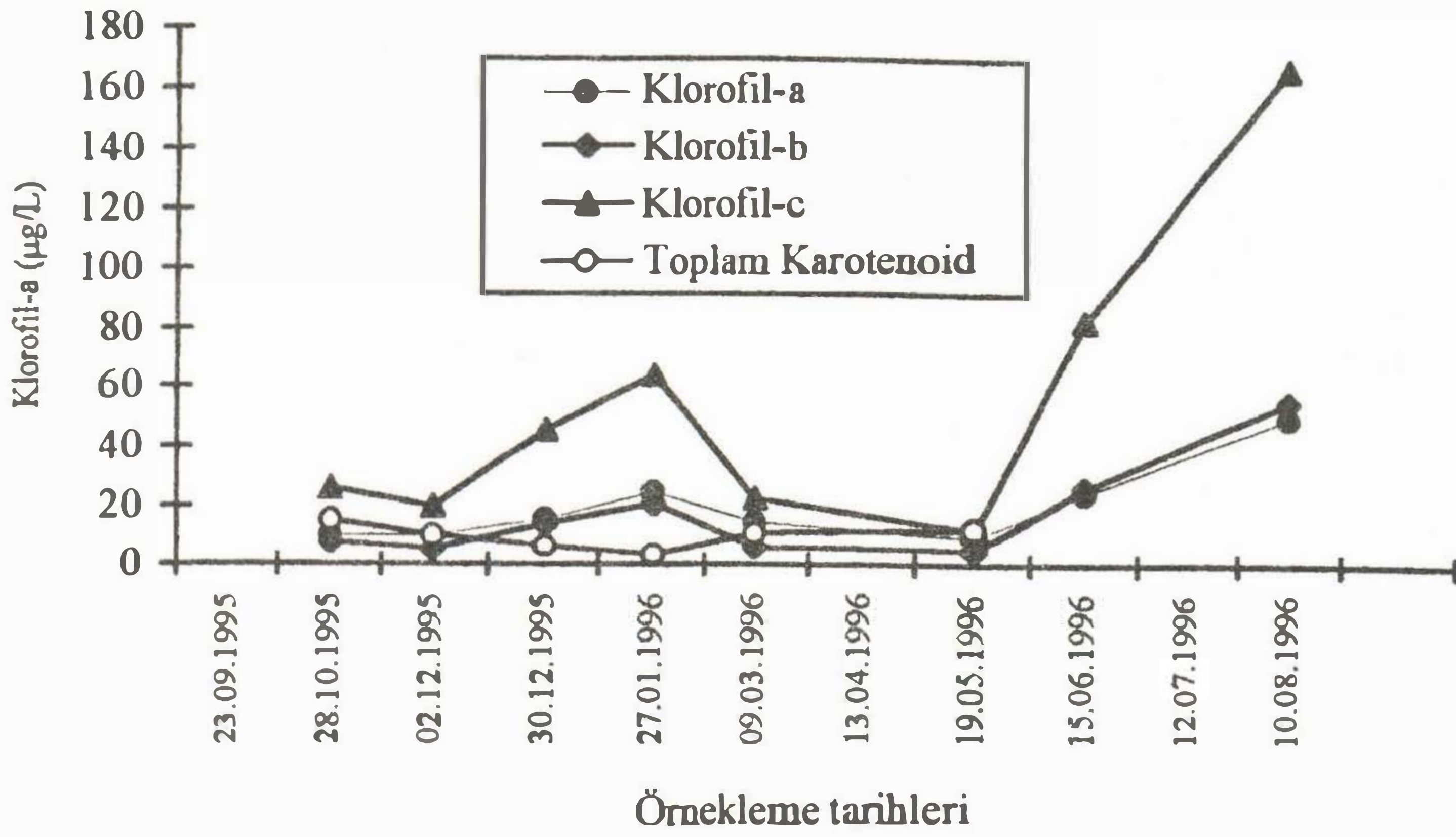
Şekil 2. Fotosentetik pigment miktarlarının 2. İstasyondaki mevsimsel değişimleri



Şekil 3. Fotosentetik pigment miktarlarının 3. İstasyondaki mevsimsel değişimleri

Bütün istasyonlarda klorofil-c değerleri, çoğunlukla, klorofil-a ve -b ye nazaran daha yüksek bulunmuştur. Klorofil-a değerleri sonbahar ve kış aylarında yaz aylarına göre daha yüksek ölçülmüştür. Meteorolojik koşullar dikkate alınırsa sonbahar aylarında gölün genellikle dalgalı oluşu, bilhassa kıyı bölgelerindeki kopmuş bitki ve submers makrofit parçacıklarının göl suyuna karışmasına neden olduğu için klorofil-a miktarı yüksek bulunmuştur. Bu durum ilk 3 istasyon için

hemen hemen aynıdır. 4. istasyonda ise yaz aylarında daha yüksek değerlere ulaşılması, bu istasyonda kıyı bölgesinde kopmuş bitki parçacıklarına sonbahar aylarında rastlanmamış olması sebep olarak gösterilebilir. Toplam karotenoid miktarı ise bazı tarihlerde yüksek değerlerde bulunmasına rağmen klorofil-a, -b ve -c' nin ulaştığı maksimum seviyelere çıkmamış, çoğu tarihlerde daha az miktarlarda ölçülmüştür.



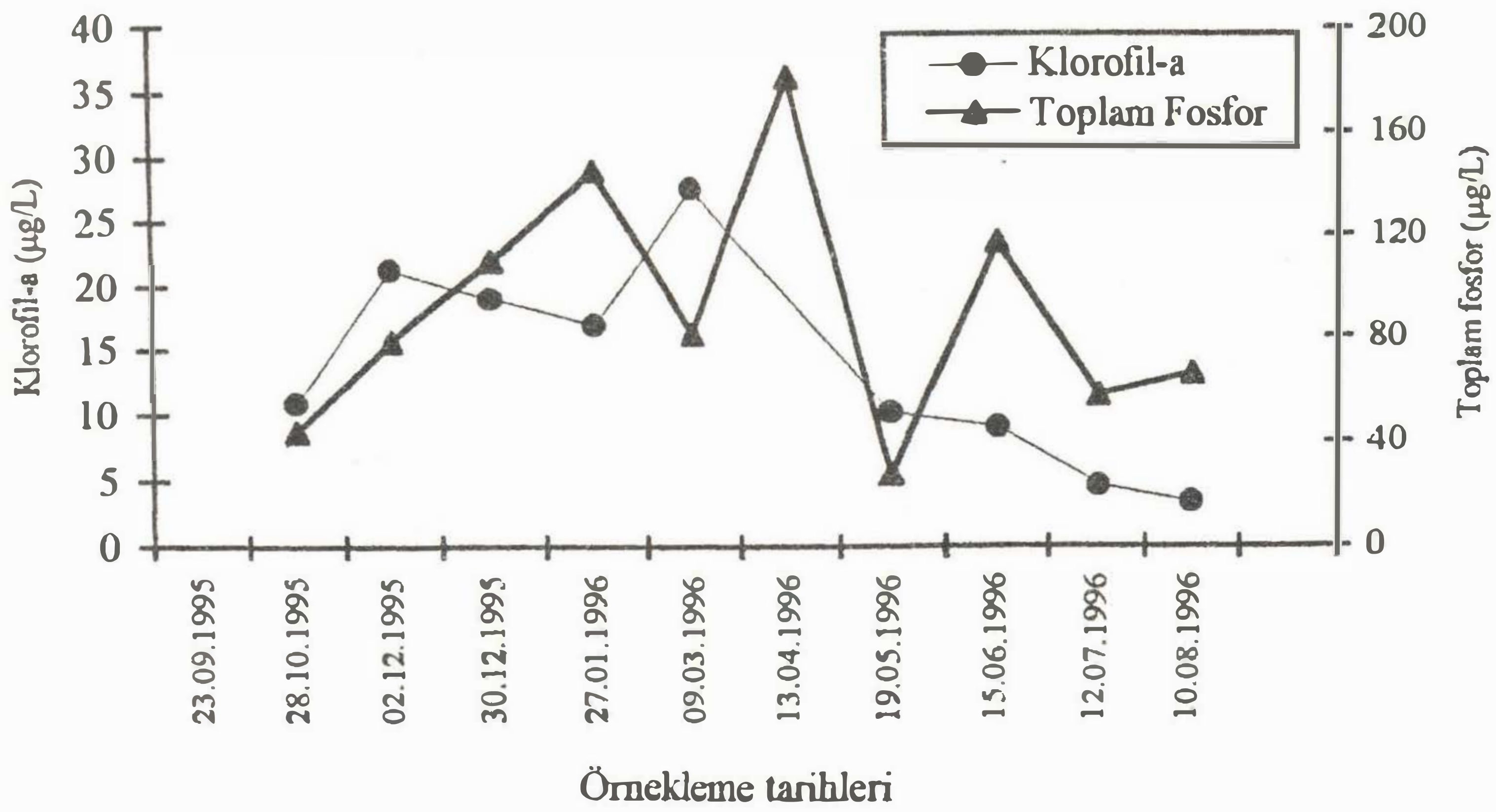
Şekil 4. Fotosentetik pigment miktarlarının 4. İstasyondaki mevsimsel değişimleri

İL2. Sapanca Gölü'nde Klorofil-a ve Toplam Fosfor Miktarlarının Mevsimsel Değişimleri

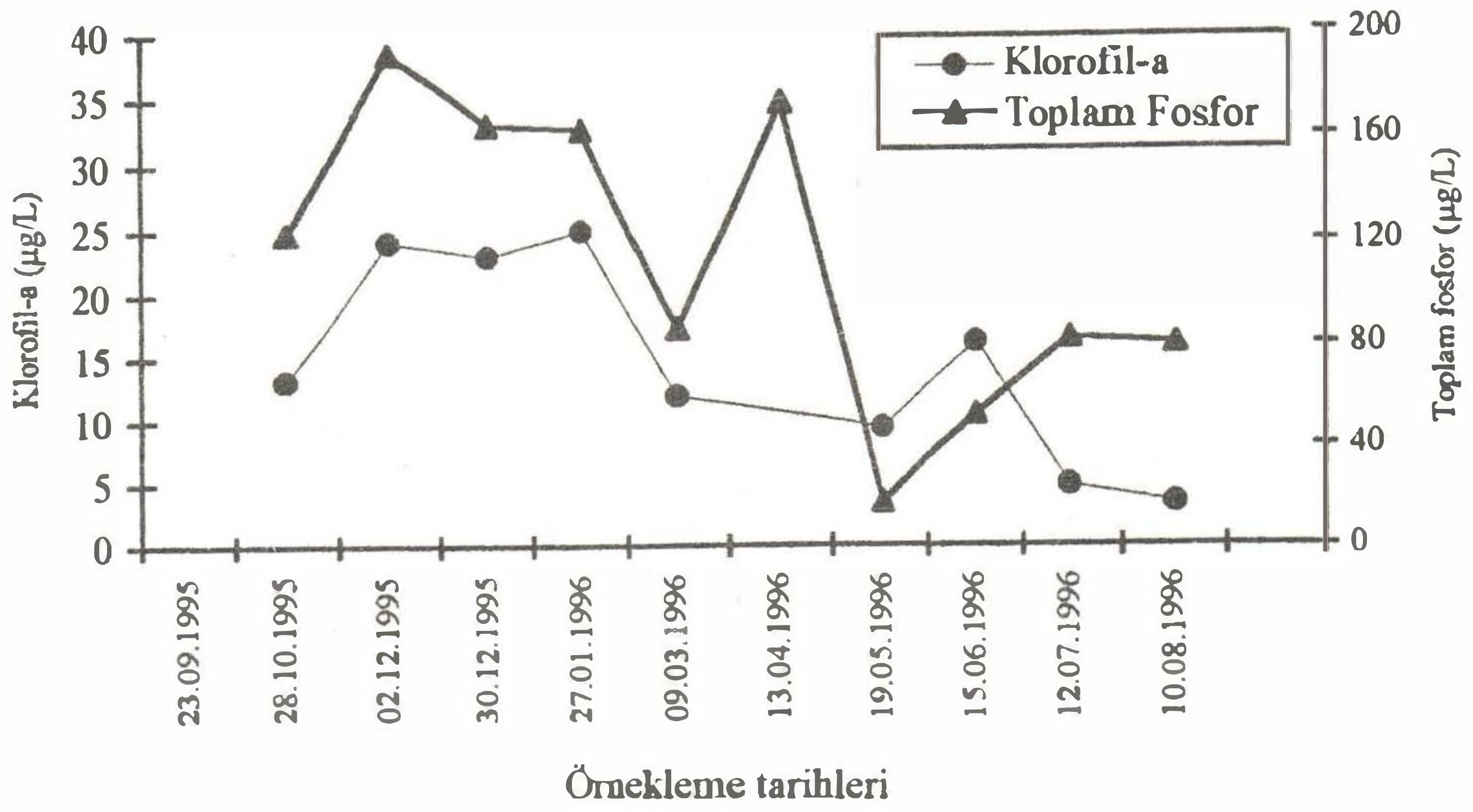
Sapanca Gölü'nde klorofil-a ve toplam fosforun bir yıl süreyle aylık değişimleri 1-4. istasyonlarda belirlenmiş ve bu değişimler Şekil 5-8 de verilmiştir.

İstasyonların aylık ortalamalarına göre, klorofil-a'nın en yüksek değerlerinin sonbahar aylarında olduğu

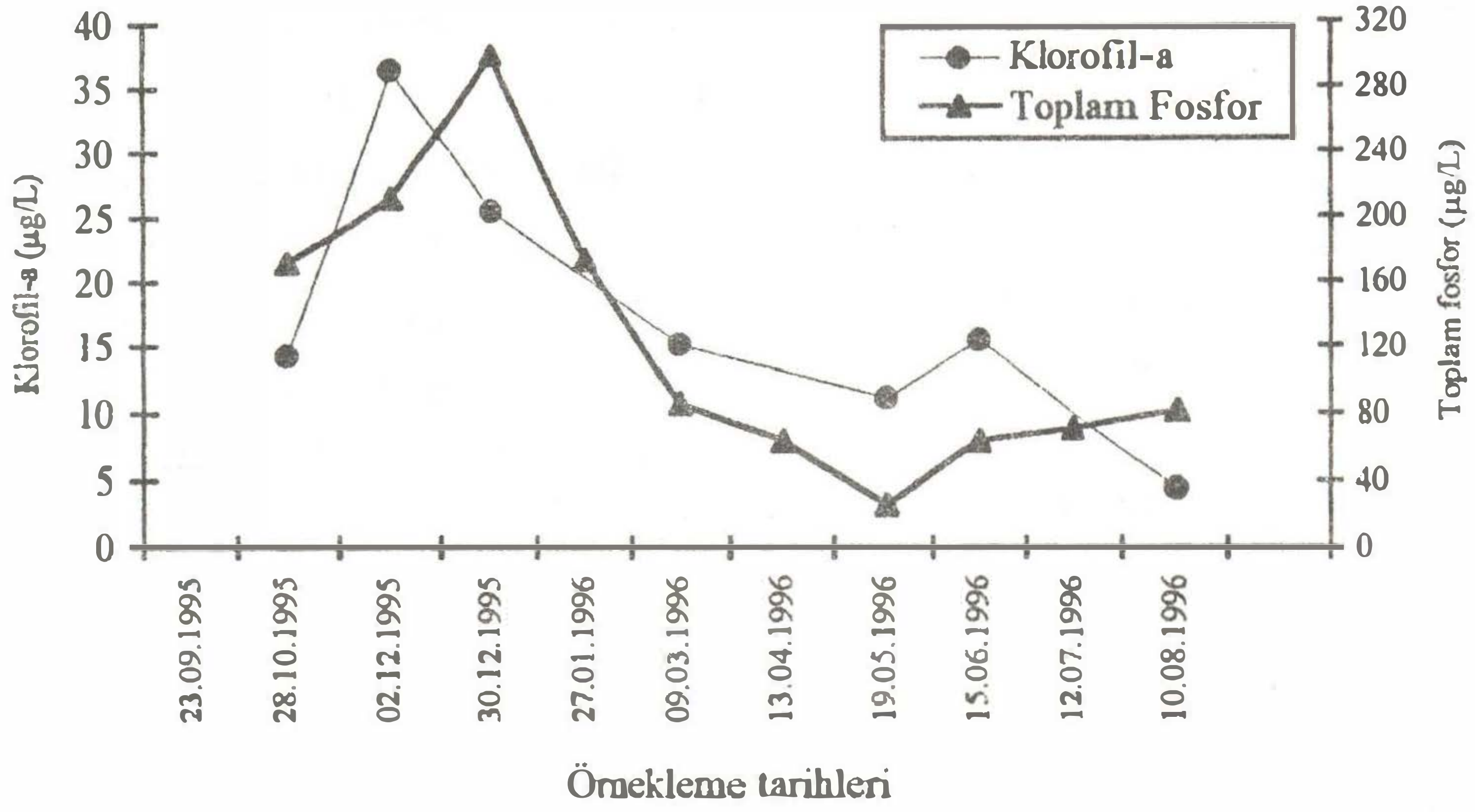
gözlenmiştir. Kasım, Aralık ve Ocak aylarında ortalama değerler sırasıyla; 23.03, 20.81 ve 22.17 µg/L dir. Kasım ayından itibaren gölün alt-üst olmaya başlaması ile birlikte, dipteki besi elementleri yüzey sularına taşınmış, ayrıca bu aylarda gölün dalgalı olması sebebiyle, kıyı bölgelerinden kopan bitkilerdeki besi elementleri de suya karışmış ve bunlar klorofil-a üretimini arttırmış olabilir.



Şekil 5. Klorofil-a ve toplam fosforun 1. İstasyondaki mevsimsel değişimleri



Şekil 6. Klorofil-a ve toplam fosforun 2. İstasyondaki mevsimsel değişimleri



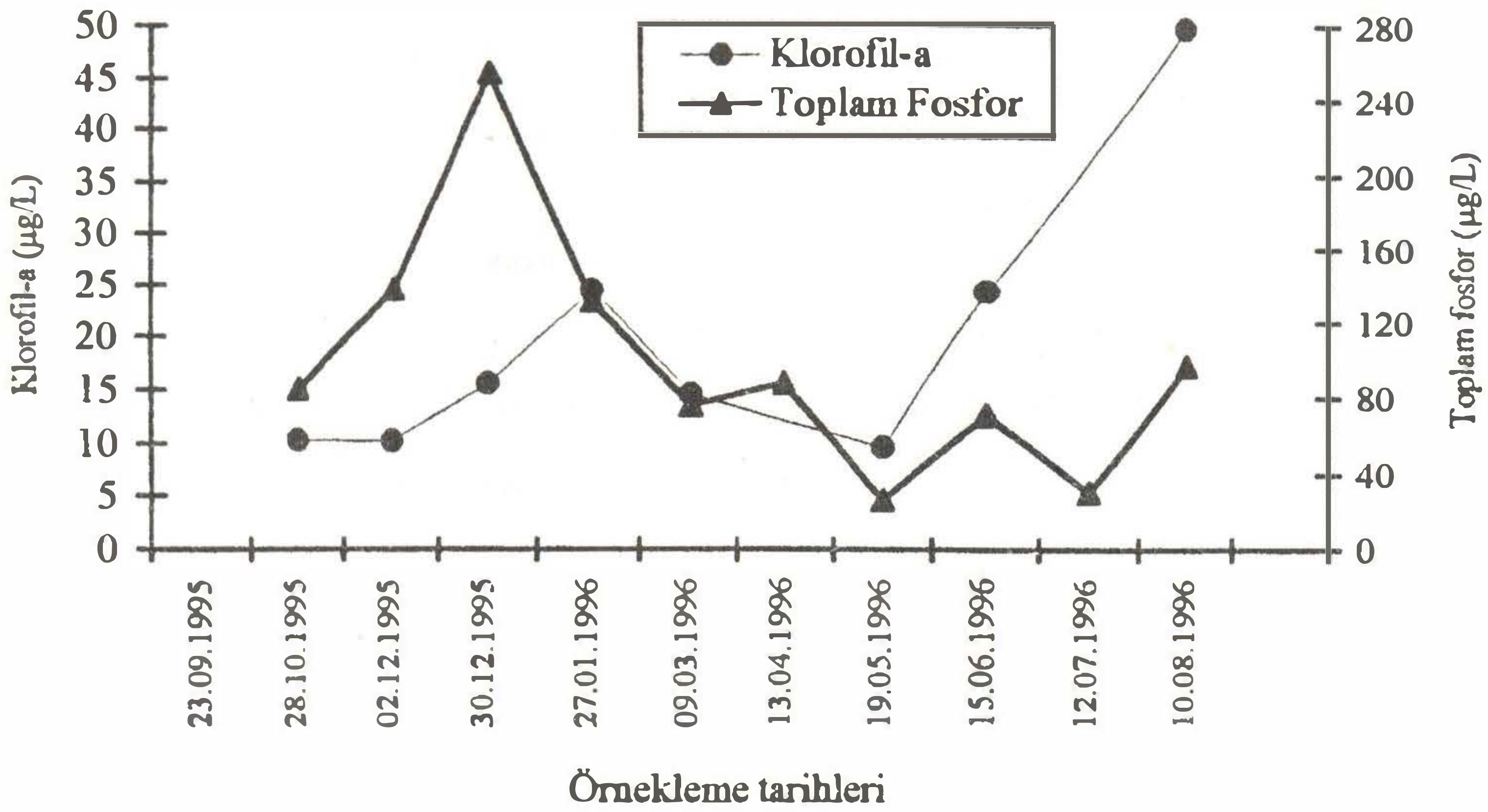
Şekil 7. Klorofil-a ve toplam fosforun 3. İstasyondaki mevsimsel değişimleri

Her bir istasyonun yıllık ortalamalarına göre, klorofil-a'nın 3. ve 4. istasyonlarda diğerlerine göre yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durum, göldeki hakim rüzgarlardan kaynaklanabilir. Gölde yıllık ortalama klorofil-a miktarı 16.26 µg/L olarak hesaplanmıştır.

Şekil 5-8'den görüldüğü gibi, 1-4. istasyonlardaki toplam fosfor ortalamalarına göre yüzeysel fosforun en çok Aralık ayında olduğu ve Ocak-Şubat süresince azalarak, Hazirandan itibaren tekrar artmaya başladığı

gözlenmiştir. Aralık ve Ocakta yüzeysel toplam fosforun fazla olması, Kasım ayında gölün alt-üst olmasından sonra yüzeysel alg üretiminin başlamış olmasından ileri gelmiş olabilir. İstasyonların her birine ait ortalama değerleri alındığında toplam fosforun en fazla olduğu istasyonun 3. istasyon (Eşme) olduğu; 2. istasyon (Seka), 4. istasyon (Saraçoğlu) ve 1. istasyon (Vakıf Otel) sırasına göre azaldığı görülmüştür. Bu durum özellikle bu istasyonlardaki atıkların miktarını göstermeyip, göldeki hakim rüzgar ve akıntılar böyle bir değişimi

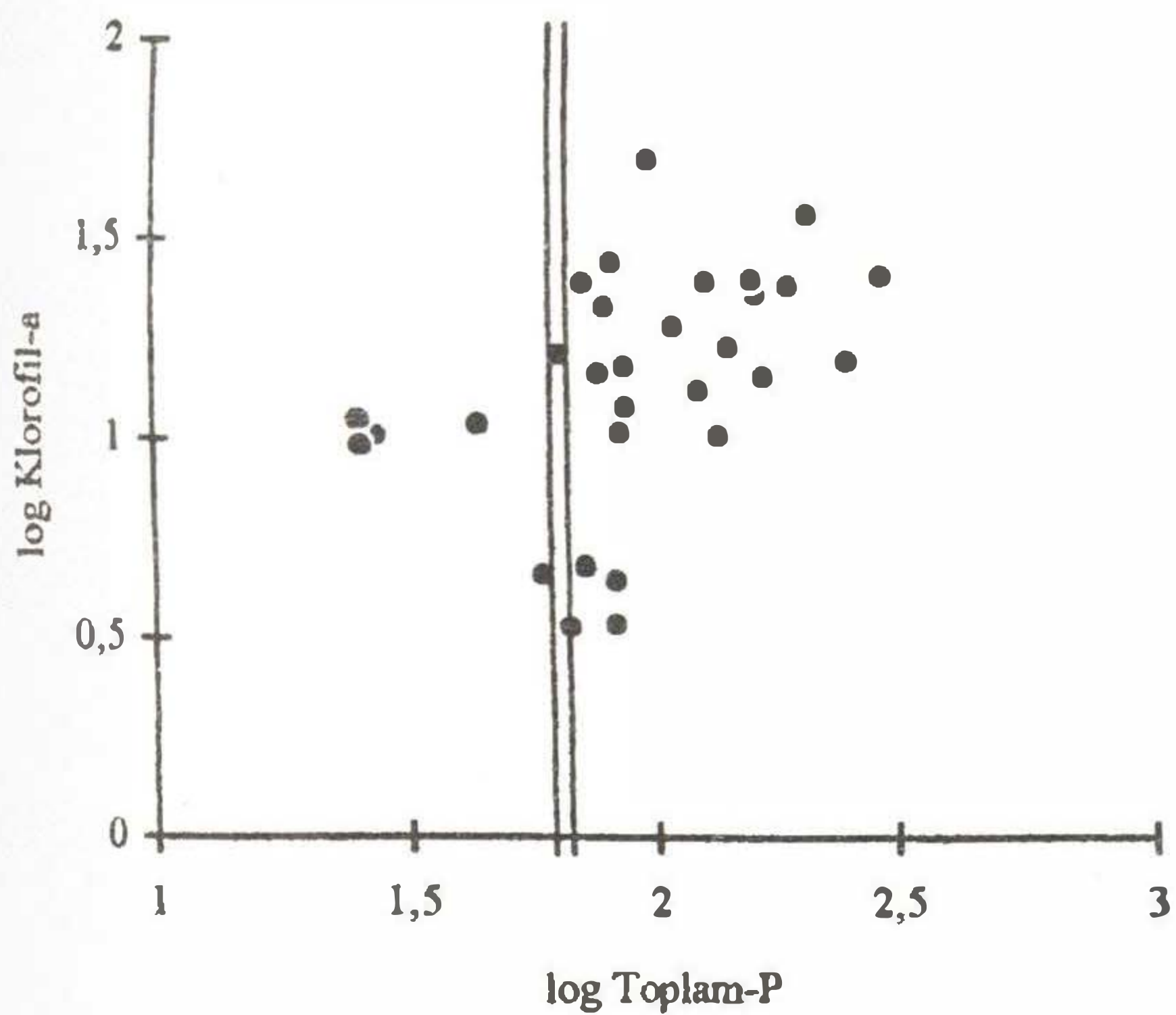
ortaya çıkarmış olabilir. Gölde yıllık ortalama toplam fosfor miktarı 107.34 µg/L olarak bulunmuştur.



Şekil 8. Klorofil-a ve toplam fosforun 4. İstasyondaki mevsimsel değişimleri

III.3. Sapanca Gölünde Klorofil-a ile Toplam Fosfor Arasındaki Regrasyon

Sapanca Gölü'nde dört istasyonda yapılan klorofil-a ve toplam fosfor tayinleri arasında bir regrasyon analizi yapılmıştır. Log Klorofil-a ve log Toplam Fosfor arasında çizilen regrasyon grafiği Şekil 9 da verilmiştir.



Şekil 9. Sapanca Gölü için log klorofil-a ile log toplam fosfor arasındaki

regrasyon

Regrasyon analizi, toplam 33 tayin neticesinde elde edilen veriler kullanılarak yapılmıştır. Tüm veriler kullanılarak çıkarılan regrasyon denklemi eşitlik 6 ile verilmiştir. Yüksek bir korelasyon katsayısına ulaşmak için 33 veriden en uygun olan 21 değer kullanılarak oluşturulan regrasyon denklemi de eşitlik 7 ile verilmiştir.

$$[\text{Klorofil-a}] = 1.42 [\text{Toplam-P}]^{0.52} \quad (6)$$

$$[\text{Klorofil-a}] = 3.21 [\text{Toplam-P}]^{0.36} \quad (7)$$

Regrasyon analizi sonucu çıkarılan eşitlik 7 ye göre, yıllık ortalama toplam fosfora bağlı olarak yıllık ortalama klorofil-a miktarı 17.28 µg/L olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerin, analiz sonuçlarında elde edilen 16.26 µg/L değerine oldukça yakın olması yapılan regrasyon analizini de başarılı kılmaktadır.

III.4. Sapanca Gölü'nün Ötrofik Durumu

Bir gölün ötrofik durumunu gösteren çok değişik indikatörler vardır. Bunlardan bazıları; suyun ışık geçirgenliği, temel besi elementlerinin konsantrasyonları, hipolimnion tabakasındaki çözünmüş oksijen miktarı, toplam azot, toplam fosfor ve klorofil-a miktarlarıdır. Tek başına bir parametrenin bir gölün besin durumunu açıklamaya yetmeyeceği kesindir [7]. Bu çalışmada Sapanca Gölü'nün trofik durumu; toplam fosfor ve klorofil-a miktarlarına göre gösterilmeye çalışılmıştır. Sapanca Gölü'nde yapılan bir yıllık ölçümlerde, yıllık ortalama toplam fosfor miktarı 107.34 $\mu\text{g/L}$ dir. Yıllık ortalama toplam fosfor değerine göre trofik kademelerin dağılım ihtimaliyetinden [4] hesaplanan trofik kademeler; %63 ötrofik, %25 hiperötrofik ve %10 mezofiktir.

Göllerin klorofil-a değerlerine göre sınıflandırılması yapıldığında; 0.3-3 $\mu\text{g/L}$ arasında oligotrofik, 2-15 $\mu\text{g/L}$ arasında mezotrofik, 10-100 $\mu\text{g/L}$ arasında da ötrofik olduğu kabul edilir [8]. Sapanca Gölü'nün klorofil-a değerleri incelendiğinde, trofik durumunun mezotrofik ile ötrofik sınırında olduğu kabul edilebilir. Çünkü Sapanca Gölü'nde yıllık ortalama klorofil-a değeri 16.26 $\mu\text{g/L}$ olarak ölçülmüştür.

IV. SONUÇ

Sapanca Gölü'nün yıllık ortalama toplam fosfor miktarı, 107.34 $\mu\text{g/L}$ olarak bulunmuştur. Gölde her mevsim fosfor mevcuttur, ancak çok büyük bir kısmı kullanılamamaktadır. Maksimum üretim yaz aylarında meydana gelmiştir. Ölen algler sürekli dibe çökmektedir. Yıllık ortalama toplam fosfor miktarına göre, Sapanca Gölü %63 ötrofik, %25 hiperötrofik ve %10 mezofik bir karakter göstermektedir.

Sapanca Gölü için klorofil-a ile toplam fosfor arasında yapılan regresyon analizi sonucu çıkarılan eşitlik 2 ye göre, yıllık ortalama toplam fosfora bağlı olarak yıllık ortalama klorofil-a miktarı 17.28 $\mu\text{g/L}$ olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak Sapanca Gölü suyunda ölçülen klorofil-a değerlerine göre gölün mezotrofik karakterlerde olduğu ve toplam fosfor değerlerine göre ise gölün ötrofikleşmeye doğru gitmekte olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

1. Şengil, İ.A., Özacar, M., "Çevre ve Mühendislik Kimyası", Adapazarı, 1996.
2. Yeoman, S., Stephenson, T., Lester, J.N., Pery, R., "The Removal of Phosphorus During Wastewater Treatment: A Review", Environmental Pollution, 49, 183-233, 1988.
3. Clark, T., Stephenson, T., Pearce, P.A., "Phosphorus Removal by Chemical Precipitation in a Biological Aerated Filter", Water Research, 31(10), 2557-63, 1997.
4. OECD, "Eutrophication of Waters Monitoring Assessment and Control", Organization for Economic Cooperation and Development, Report, Paris, 1982.
5. APHA-AWWA-WPCF, "Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater", 16th Ed., 1985.
6. Bozatlı, A., "Sapanca Gölünün Kıyı Bölgesi Sedimanları Üzerinde Yaşayan Alg Topluluklarının Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniv. Fen Bil. Enst., Ocak 1997.
7. Sert, S., "Sapanca Gölü Fosfor Formlarının ve Diğer Limnolojik Özelliklerinin Değişim Periyodları Üzerine Bir Araştırma", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniv. Fen Bil. Enst., Aralık 1996.
8. Whittaker, R.H., "Communities and Ecosystem", 2nd Ed., pp. 236-233, Cornell Univ. Press, 1975.

