

28650

KARADENİZ TEKNİK UNIVERSİTESİ* FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU
BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MUHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MUHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DENİZ SUYU KALİTESİNİN BELİRLENMESİNDE
NİTRİFİKASYON BAKTERİLERİNİN ÖNEMİ

Biyolog Nüket SIVRI

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"Yüksek Lisans (Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği)"
Unvanının Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 01.11.1993

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 30.11.1993

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Hikmet Karacam

Jüri Üyesi : Prof.Dr. Recep Bingöl

Jüri Üyesi : Doç.Dr. Ertuğ Düzgünes

Enstitü Müdürü : Prof.Dr. Temel Savaskan

KASIM 1993

TRABZON

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans programında yapılmıştır.

Bu çalışmada, Sürmene-Camburnu-Of bölgelerinde belirlenen istasyonlardan alınan su örneklerinde, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler uygulanarak, su kalitesinin belirlenmesinde nitrifikasyon bakterilerinin rolü üzerine bir araştırma amaçlanmıştır. Elde edilen bulguların, son yıllarda gittikçe artan kirlilik, ekolojik döngülerdeki olumsuzluklar ve Karadeniz balıkçılığına yararlı olacağı inancındayım.

Çalışma süresince yardım ve desteğini esirgemeyen Sayın Hocam Doç.Dr. Hikmet KARACAM'a, su örneklerimin alınmasında yardımcı olan Uzman Osman DEMİREL ve Öğr.Gör. Ferit ÇANDEGER'e, değerlendirme ve yazım esnasında yardımcı olan Dr.İbrahim OKUMUŞ, Arş.Gör. Muzaffer FEYZİOĞLU ve Arş.Gör. Muhammed BORAN'a içten teşekkür ederim. Ayrıca bana bilimsel çalışma zevkini aşıl原因an babam ve Kutay'ımla ilgilenip bana çalışma imkanı sağlayan anneme ve eşime teşekkürü bir borç bilirim.

KASIM 1993

Nüket SIVRI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET.....	IV
SUMMARY.....	V
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Su Sıcaklığı.....	6
2.2. Çözünmüş Oksijen.....	8
2.3. Nitrat.....	10
2.4. Nitrit.....	12
2.5. Ortofosfat.....	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	17
3.1. Araştırma Planı ve İstasyonların Belirlenmesi..	17
3.2. Ölçüm ve Analiz Yöntemleri.....	17
3.2.1. Sıcaklık Ölçümü.....	17
3.2.2. Çözünmüş Oksijen Ölçümü.....	17
3.2.3. Nitrat Azotu Tayini.....	17
3.2.4. Nitrit Azotu Tayini.....	18
3.2.5. Ortofosfat Fosforu Tayini.....	18
3.2.6. Nitrifikasyon Bakterilerinin Tayini.....	18
4. BULGULAR.....	19
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	30
KAYNAKLAR.....	34
EKLER.....	39
ÖZGEÇMİŞ.....	42

ÖZET

Bu çalışmada, Aralık 1992 - Temmuz 1993 arasında Sürmene-Camburnu-Of bölgelerinde belirlenen 9 istasyonda her ay alınan su örneklerinin fiziko - kimyasal özellikleri ile nitrifikasyon olayı arasındaki ilişki araştırılmıştır.

Mikrobiyal topluluklar tarafından azotlu organik bileşiklerin ayrışım ve döngüsü primer üretkenliği oluşturan besin elementleri miktarı ile direkt ilgili olduğundan nitrat, nitrit ve ortofosfat konsantrasyonları incelenmiştir. Ortalama nitrat ve nitrit değerleri sırasıyla 0.378-0.500 mg/l ve 0.023-0.047 mg/l, ortofosfat değerleri ise 0.0055-0.0455 mg/l arasında değişmektedir. Çalışmada nitrifikasyon olayı için gerekli oksijen seviyesi sağlanmış olup değerlerin 6.9-9.1 mg/l arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Nitrifikasyon bakterilerinden Nitrosococcus 12-32 hücre/100 ml ve Nitrobacter 12-29 hücre/ 100 ml olarak tespit edilmiştir.

Elde edilen bulgular ışığında çalışma alanında incelenen parametreler ve nitrifikasyon yönünden oldukça verimli olduğu ortaya çıkmıştır.

SUMMARY

Some physico-chemical properties and their relationships with nitrification process were studied through monthly sampling in 9 stations along the Sürmene-Camburnu-Of coastline during the period of December 1992 - July 1993.

Since the concentrations of major nutrient elements mainly depend on decomposition and regeneration of organic nitrogenous compounds by microbial communities nitrate, nitrite and orthophosphate concentrations were also investigated. Mean nitrate, nitrite and orthophosphate values of stations during the study were ranged between 0.378-0.500 mg/l, 0.023-0.047 mg/l and 0.005-0.045 mg/l, respectively. Dissolved oxygen concentrations ranged from 6.9 to 9.1 mg/l which appears to be adequate for the nitrification process. Most probable number of nitrifying bacteria were 12-32 cell/100ml and 12-29 cell/100ml for Nitrosococcus and Nitrobacter, respectively.

In conclusion, concentrations of major nutrients elements and elements and nitrification process suggest that the study area appears to be quite productive.

1. GİRİŞ

Bir su ortamında canlıların hayatlarını devam ettirebilmeleri için bir takım olaylar zincirinin gerçekleşmesi gerekmektedir. Bu zincirin en alt basamağında organik maddelerin bakterilerce inorganik elementlere dönüştürülmesi ve bitkisel formlarca bu elementler kullanılarak yeniden organik maddelerin oluşması döngüsü yer alır.

Üreticiler olan bitkisel formlar, inorganik maddeleri fotosentez yolu ile güneş enerjisi kullanarak organik moleküller halinde bünyelerinde biriktirirler. Gerek bitki ve gerekse hayvanların ölmesi sonucu devreye mantar ve bakteriler gibi ayrıştırıcılar girer. Bunlar ayrıştırdıkları maddelerden kendi yaşamları için gereksinim duydukları enerjiyi sağladıkları gibi organik maddeleri tekrar kullanılabilir inorganik bileşikler haline dönüştürürler. Bu dönüşümde açığa çıkan karbon, hidrojen, fosfor, nitrojen, potasyum, kalsiyum, magnezyum gibi makro elementler ve mangan, çinko, kobalt gibi mikro elementler su ortamındaki ekosistemde büyük öneme sahiptir. Bazı organik moleküllerde, ayrıştırıcıların bu maddeleri parçalaması yada metabolizmaları sonucu oluşan atıklar ve salgılarıyla ortama katılırlar. Bunlar pekçok mikroorganizma için temel enerji kaynağıdır. Bu organik maddelerin miktarları ortamın verimliliğini etkiler.

Gerek organik gerekse inorganik maddelerin su ortamında döngülere girmesi optimum fiziksel ve kimyasal koşulların bulunmasına bağlıdır. Bu nedenle gerek ekosistemin kendi içinde gerekse dış etkenlerden dolayı bu faktörlerde meydana gelen değişiklikler ortamdaki canlıları büyük ölçüde etkiler.

Yaşam için gerekli temel maddelerden biride azottur. Azot kalıtım görevi yapan nükleik asitlerin, çeşitli hormon ve vitaminlerin yapısında mevcut olduğu gibi, canlı vücudunun temeli olan proteinlerinde asal maddesidir. Atmosferin %80 'ine yakın kısmını oluşturan azot gazı

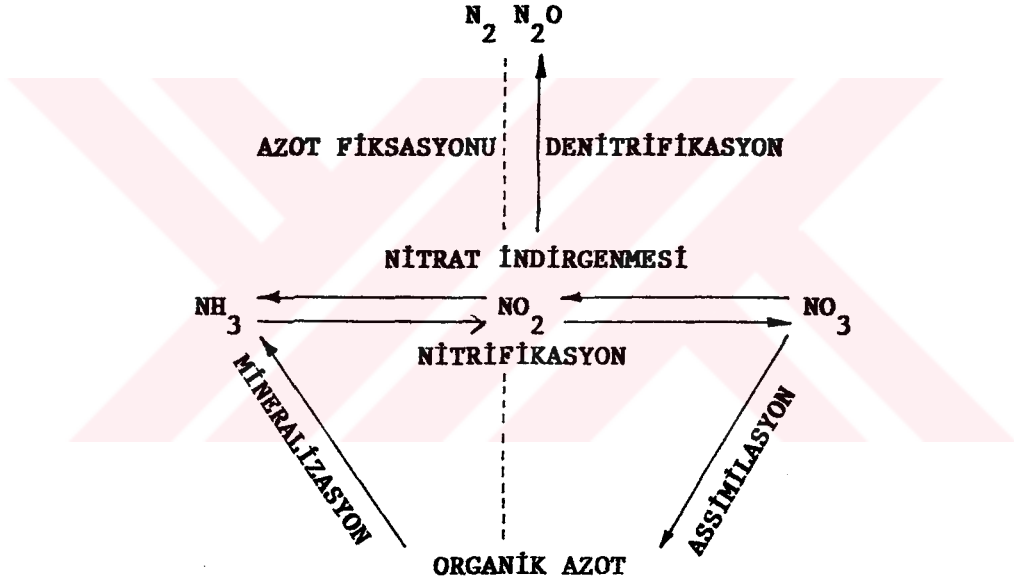
hayvanlar tarafından kullanılamaz. Ancak bitkiler azot kaynağını inorganik nitrat veya amonyum tuzlarından sağlarlar. Canlılar azotu organizmalarında amino asit şeklinde kullanırlar. Bu nedenle bir ortamda azot eksikliği protein eksikliği anlamına gelir.

Tarımda kullanılan gübreler, kanalizasyon suları, çeşitli azotlu kimya sanayilerinden çıkan atıklar içsu ve deniz sularındaki nitrat ve diğer azotlu bileşiklerin miktarını arttırmakta buda fosfatlar ile birlikte kirliliğe sebep olabilmektedir.

Yapılan bu çalışmada Doğu Karadeniz'de Sürmene-Çamburnu- Of sahil kesiminde bazı besleyici elementler ve Nitrifikasyon bakterilerinin miktarlarını tesbit ederek bu sulardaki verimliliği araştırmak ve ileride yapılacak çalışmalara temel oluşturmak amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Canlıların büyüme ve gelişmeleri için ihtiyaç duydukları elementler doğada döngü halinde bulunurlar. Bu elementlerden denizde bulunan azot bileşikleri amonyak, nitrit, nitrat gibi bazı inorganik olanları partiküller halinde detritus ve mikroorganizmalarda devamlı döngü halindedirler (Sekil 2.1).



Sekil 2.1. Denizlerde Azot Döngüsü (1)

Gerek canlı bünyesinde, gerek besin maddelerinde ve ölü organizmalarda bulunan azot, bazı oksidasyon aşamalarından geçer. Burada amaç; organik azot bileşiklerinin çeşitli mikroorganizmalar tarafından kullanılabilir hale getirilmesidir. Çevrimdeki aşamalar moleküler azotun bağlanması, amonyaklaşma, nitrifikasyon ve denitrifikasyon şeklindedir. Moleküler azotun bağlanması atmosferdeki azotun

kullanılması şeklinde olur. Amonyaklaşma süreci içinde oluşan amonyum iyonları bir yandan bitki besin maddesi olarak tüketilir, öte yandan oksijen ve diğer parametrelerce optimum şartların sağlandığı ortamlarda belirli kemolithototrof organizmalar tarafından nitrit ve sonrasında nitrate yükseltgenirler. Bu olay azot döngüsünün en önemli aşaması olan nitrifikasyondur. Dönüşümde azotun büyük bir kısmı fitoplanktonlarca assimile edilerek tekrar organik azot bileşiklerine dönüştürülür. Nitrifikasyon olayından sorumlu hem karasal hem sucul bakterilerin hepsi Nitrobacteraceae familyasına aittir (2,3,4)..

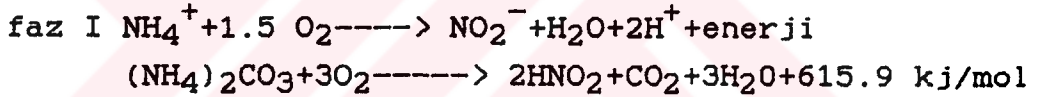
Nitrobacteraceae familyası ile ilgili çalışmalar Schloesing ve Muntz (5)'un nitrifikasyon bakterilerinin varlığını nitrifikasyona olan katkılarını bulmaları ile başlamıştır. Helene ve Sergei Winogradsky (6) bu bakterileri saf kültür halinde ilk defa izole etmişler ve taksonomik olarak sınıflandırmışlardır. Alexander ve arkadaşları (7) nitrifikasyon bakterilerinin fizyolojik ve biyokimyasal karakteristikleri, mekanizmadaki işlevleri, hücre görünümleri hakkında oldukça ayrıntılı bilgiler vermişlerdir. Yoshida (1) özellikle denizsel nitrifikasyondan sorumlu bakteriler üzerine çalışmalar yapmıştır. Daha sonra Watson (8) bu bakterileri taxonomik olarak Nitrobacter, Nitrosococcus, Nitrospina, Nitrosolobus, Nitrosomonas, Nitrococcus ve Nitrosospina şeklinde 7 genus altında toplamıştır (5).

Nitrobacteraceae familyası üyeleri genellikle hücresel enerji ihtiyaçlarını amonyağı veya nitriti oksitleyerek yada doyurucu miktarda CO₂ fiksasyonu ile sağlarlar. Bu organizmalar Gr(-), obligat aerob olup, gelişmeleri için organik besin elementlerine ihtiyaç duymazlar. Ayrıca bu familya üyeleri genellikle çubuk, elipsoidal, küresel, spiral ve lobular şekilleri olan bakterilerdir. Tablo 2.1'de bu familya üyelerinden doğada bulunan autotrophik nitrifikasyon bakterilerine örnekler verilmiştir.

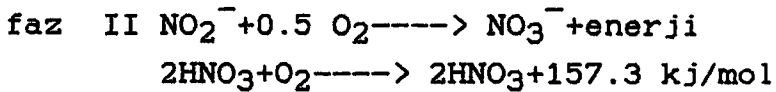
Tablo 2.1. Nitrifikasyonda rol oynayan bakteriler (9).

Amonyumu Nitrite dönüştürenler (Nitroso-)	Nitriti Nitrata dönüştürenler (Nitro-)
$\text{NH}_4^+ + 1.5\text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$	$\text{NO}_2^- + 0.5\text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_3^-$
<u>Nitrosomonas europaea</u>	<u>Nitrobacter winogradsky</u>
<u>Nitrosococcus oceanus</u>	<u>Nitrobacter agilis</u>
<u>Nitrospina briensis</u>	<u>Nitrospina gracilis</u>
<u>Nitrosolobus multiformis</u>	<u>Nitrococcus mobilis</u>

Bu tablodaki organizmalardan denizsel nitrifikasyondan sorumlu olan bakteriler Nitrosococcus oceanus ve Nitrobacter winogradsky 'dir. Amonyumu nitrite dönüştüren ve nitrit bakterisi denilen N. oceanus , nitrifikasyonun ilk fazından sorumlu bakteridir (5,10).



N. oceanus Gr(-), obligat kemolithototrofik bakteri olup, hücresel enerji ve karbon ihtiyacını amonyakı nitrite oksitleyerek yada CO₂ fiksasyonu ile karşılar. Gelişmesi için optimum sıcaklık 2-30°C, pH ise 6.0-8.0 olmalıdır. Nitriti nitrata dönüştüren ve nitrat bakterisi olarak adlandırılan N. winogradsky nitrifikasyonun ikinci fazından sorumlu bakteridir (5,11).



N. winogradsky Gr(-), obligat kemolithototrofik bakteri olup, enerji ve karbon ihtiyaçlarını nitriti nitrata oksitlemek veya CO₂ fiksasyonu ile karşılar. Gelişmesi için optimum sıcaklık 5-40°C, pH ise 6.5-8.5 arasında olmalıdır.

Nitrifikasyon olayı esnasında ortaya çıkan enerji oldukça düşüktür. Bu nedenle Nitrosococcus ve Nitrobacter oldukça yavaş büyürler. Jenerasyon süreleri 8-12 saattir (10). Inkübasyon ise ancak 40-45 günde tamamlanır. Bu süre nitrifikasyon bakterilerinin gelişmelerinin en yüksek noktaya ulaştığı periyottur (12).

Yüzeysel sularda azot değişim süreci mikrobiyolojik olduğu kadar bir dizi abiyotik faktörlerce de etkilenir. Bunların en önemlileri; su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, nitrat, nitrit, ortofosfat gibi faktörlerdir (13). Bu faktörlerin artması veya azalması durumunda ortamda ve besin piramidinde çeşitli değişiklikler olabilir. Karadeniz'e yönelik çalışmalarda özellikle kıyısal bölgelerde; evsel, kimyasal ve petrol türevi atıklar, tek hücreli alglerin kütle halinde gelişimi, sularda artan nutrientlere karşılık bakteriyal kompozisyonun artması ve ekonomik balık popülasyonunda azalma gibi nedenler ötrofikasyona temel teşkil edecek konumdadır (14,15,16). Nitrifikasyon bakterileri ile bu faktörler arasında oldukça önemli ilişkiler söz konusudur.

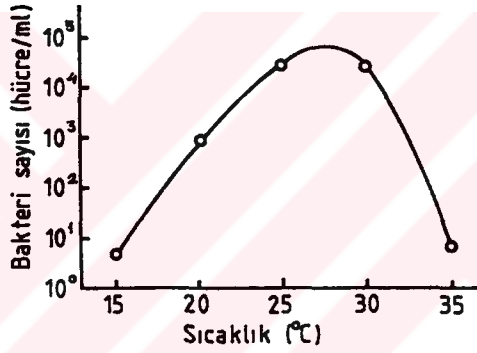
2.1. Su Sıcaklığı

Sıcaklık, ekosistemde var olan organizmalar ve suda meydana gelen ekolojik döngüler için sınırlayıcı bir faktördür. Biyolojik olaylar ılık sularda hızlanırken, düşük su sıcaklığında yavaşlar. Su sıcaklığındaki ani değişiklikler ortamda yaşayan organizmalar üzerine olumsuz bir etki yapar. Bu değişiklikler farklı bir çok faktörlerle izah edilebilir. Örneğin akıntılar, yoğunluk ve vizkozite, bakterilerle organik bozulmanın yavaşlaması ve bu olaylar esnasında oksijen tüketiminin artması ile ortamdaki hayvansal organizma sayısının çokluğu gibi etkenlere bağlıdır (17,18).

Sıcaklık faktörünün tek başına olduğu zamanki etkisiyle, diğer parametrelerle birlikte olduğundaki etkileri çok farklıdır. Sıcaklığın özellikle sudaki

çözünmüş oksijen değeri ile olan ters orantısı, yaz aylarında artan sıcaklık karşısında oksijen değerinin düşüşü ile kendini gösterir. Aynı şekilde tuzluluk-sıcaklık birlikteliğinde, sıcaklık faktörünün tuzluluğun organizmalar üzerine olan etkisini değiştirdiği, bazı deniz canlıları üzerine yapılan araştırmalarda deneysel olarak saptanmıştır (18).

Diğer bir çok parametre ile birlikte sıcaklık nitrifikasyon bakterileri açısından da büyük önem taşır (9). Nitrifikasyon bakterilerinin inkübasyonu için en uygun sıcaklık 27-28°C'dir. Bunlardan Nitrosococcus ve Nitrobacter'in sıcaklığa bağlı aktiviteleri Şekil 2.2 'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Sıcaklığın nitrifikasyon bakterilerinin gelişmesi üzerine etkisi (Başlangıçtaki bakteri sayısı 0.15 hücre / ml) (1).

Sıcaklık genellikle tüm okyanus ve deniz sularında yüzeyden dibe doğru bir azalış gösterir. Bu azalışın minimal oranlarda olduğu yüzeysel tabaka, nitrifikasyon bakterilerinin gelişmesi açısından uygundur. Özellikle 3-10 m arasında bu bakterilere yoğun şekilde rastlanmaktadır (19). Ayrıca birçok araştırmacılara göre, deniz suyunda mevcut amonyak, nitrit, nitrat gibi elementlerin mevsimsel değişim kaydettiği bilinmektedir. Örneğin; deniz suyundaki azot genellikle kış aylarında yüksek miktarlarda olmasına rağmen, ilkbaharda fitoplankton türlerinin hızlı gelişimleri nedeniyle ani düşüş göstermiş, yazın ise yüzey tabakalarında hemen hemen yok olduğu gözlenmiştir (18).

2.2. Cözünmüş Oksijen

Karasal ortamda olduğu gibi su ortamında da en önemli çözünmüş gaz oksijendir. Bu gazın deniz suyundaki miktarı, ortamda oluşan fotosentez olayına, akıntı ve rüzgarların etkisine bağlı olarak arttığı halde, bitkisel ve hayvansal organizmaların solunumu ile biyokimyasal oksidasyon olayları sonucu azalır (20). Genellikle deniz suyundaki çözünmüş oksijen miktarı 0-10 mg/l arasında değişir. Sıfır değeri tamamen kirlenmiş sularda, 10 değeri ise yoğun fotosentez aktivitesinin olduğu bölgeler gibi aşırı doygunluğa ulaşmış sularda söz konusudur (21,22). Karadeniz'de oksijenin doygun hali ise genellikle fitoplankton patlaması olduğu Mart-Nisan ve Ekim-Kasım aylarında olup 5-30 m'lik derinlikte izlenir (17). Özellikle yaz aylarında sıcaklık artışına paralel olarak yüzeysel tabakaların oksijen konsantrasyonu azalmakta, buna karşın kış aylarında artmaktadır.

Oksijenin en önemli özelliği; suda bulunan organik kökenli maddelerin mikroorganizmalarca aerob ortamda parçalanarak tekrar kullanılabilir bitki besin maddesi haline gelmesini sağlamaktır (23). İşte bu önemli özelliğini; yani nitrifikasyonda oksijenin sınırlayıcı bir etken olduğunu gösteren önemli 3 parametre vardır.

1) Ortama amonyak girişi

2) Kimyasal O₂ ihtiyacı/ NO_x-N oranı (Oran 5 civarı olmalı)

3) Çözünmüş oksijenin bu iki parametre ile olan dizaynı. Bu parametrelerde de görüldüğü gibi nitrifikasyon olayını en çok etkileyen ve varlığı olmadan yürümeyen en önemli etken oksijendir (13).

Nitrifikasyon bakterileri obligat aerob olduklarından dolayı, nitrifikasyon ancak çözünmüş oksijen varlığında gerçekleşebilen bir olaydır. Daha önce belirtildiği gibi, amonyumun nitrite yükseltgenmesinde 1 g NH₄⁺-N için 3.43 g O₂, nitritin nitrate yükseltgenmesinde ise 1 g NO₂⁻-N için 1.14 g O₂ gerekmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda her

iki reaksiyonda 1 g NH_4^+ -N için toplam 4.33 g O_2 tüketildiğini bulunmuştur. Bu değer elde edilen değerlerin %95'i oranındadır. Oksijen tüketimindeki bu farklılığa neden olarak, karbondioksit indirgenmesinde ortaya çıkan oksijenin nitrifikasyon reaksiyonlarında kullanılması gösterilebilir. Farklılık için söylenebilecek bir diğer neden ise; amonyum iyonlarından bir kısmının amonyak şeklinde su yüzeyinden atmosfere çıkması, diğer bir kısmının ise sudaki bitkisel organizmalar ve heterotrof bakteriler tarafından azot gereksinimlerini karşılamak için tüketilmesi olabilir. Bu gibi nedenlere dayanarak nitrifikasyon için gerekli oksijen ihtiyacı şöyle ifade edilebilir;

$$\text{NOI} = 3.22 L_1 + 1.11 L_2$$

NOI =Nitrifikasyon için gerekli toplam O_2 ihtiyacı

L_1 =Başlangıçtaki NH_4 -N Derişimi

L_2 =Başlangıçta suda bulunan NO_2 -N derişimi ve NH_4^+ oksidasyonu sonucu ortaya çıkan NO_2 -N derişimidir.

Bunun yanında nitrifikasyon süresince ortaya çıkan kimyasal enerji azot bakterileri tarafından CO_2 assimilasyonunda kullanılır (13).

Farklı bir çalışmada bir mol amonyağın nitrite okside olması sırasında oluşan hücre sayısı karşılaştırılmış ve bir mol amonyağın nitrite dönüşmesi için Nitrosomonas europae x 10^6 hücre/ μmol , N. oceanus x $0.5 \cdot 10^6$ hücre/ μmol gerektiği bulunmuştur. Yine aynı çalışmada bakterilerin büyüme hızı oksijen konsantrasyonunun azalış veya artışında %30 oranında değişim göstermiştir. Oksijen konsantrasyonu düşük olduğunda ortamdaki azot miktarı artış gösterdiği halde bakteri hücrelerinin oluşum hızı oldukça düşük oranlar kaydetmiştir (24).

Ayrıca Harremoes, 1981; Gujer and Boller, 1986; yaptıkları çalışmalarda ortama giren amonyak miktarı arttıkça O_2 konsantrasyonuna bağlı olarak amonyağın uzaklaştırılma randımanının azaldığını gözlemişlerdir (25).

2.3. Nitrat

Deniz suyunun içerdığı besleyici elementlere dahil olan mineral azot, amonyum, nitrit ve nitrat tuzları halindedir. Bunlar fitoplankton, bentik algler ve diğer mikroorganizmalarca kullanılabilir. Nitratın kullanılabilir halde olması için denizlerde mevcut organik azotlu bileşiklerin çeşitli oksidasyon aşamalarından geçmesi gerekir. Bu aşamalar esnasında oluşan ara ürünlerde farklı canlı topluluklarınca kullanılır. Geri kalan kısım bakterilerce okside olup, daha alt birimlere ulaşır (21). Nitrifikasyonda son ürün olan nitrat, farklı zonlardaki canlı topluluklarınca kullanıldığından, her bir zonda değişik düzeylerde bulunur. Yoshida ve Kimata (26), yaptıkları araştırmada, nitrat konsantrasyonunun, difotik ve afotik zonlarda oransal olarak daha yüksek olduğunu, buna karşın öfotik zonda fitoplankton türleri ve diğer mikroorganizmalarca hızlı bir şekilde tüketiminden dolayı, çok düşük olduğunu bulmuşlardır. Difotik ve afotik zonlarda nitrat, okside edilen amonyakça oluşturulup nadiren kullanılır. Genel olarak bu zonlardaki nitratın büyük bir kısmı su hareketleri ile öfotik zona ulaşır. Buda nitrogen bileşiklerinin dağılımını dengeli dönüşüm haline getirir.

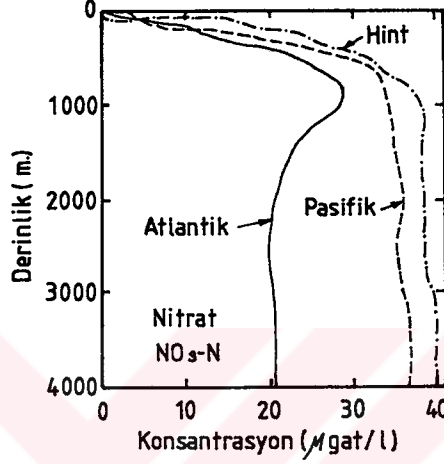
Yoshida (1)'da, bu araştırmayı destekleyici bir çalışma yaparak nitrat konsantrasyonunun öfotik zonda her zaman düşük olup, kendi örneklem bölgesinde 2 µgat/l veya daha düşük değerler aldığını bununda fitoplanktonlarca kullanıma bağlanabileceğini göstermiştir.

D'elia ve arkadaşları (27), Britanya'da Chesapeake körfezinde yaptıkları çalışmada, çözünmüş inorganik azot seviyesinin plankton patlamalarının yoğun olduğu bahar ve yaz aylarında düştüğünü belirlemişler, bununda planktonik organizmaların azotu kullanmalarından kaynaklandığını ortaya koymuşlardır.

Karadenelli ve arkadaşları (28), Mytilini şehrinin kıyı bölgesinde ayda bir kez olmak üzere 1991 yılı boyunca yaptıkları çalışmada en zengin nitrat konsantrasyonunu 4.94

$\mu\text{gat/l}$ olarak bulmuşlardır.

Nitrat değerleri açısından dünyanın 3 büyük okyanusu karşılaştırıldığında, Atlantik Okyanusu'nun $21 \mu\text{gat/l}$ ile en fakir, Hint Okyanusu'nun ise $40 \mu\text{gat/l}$ ile en zengin olduğu görülmektedir. Pasifik Okyanusu'nda ise bu değer $35 \mu\text{gat/l}$ 'dir (29) (Şekil 2.3.).



Şekil 2.3. Üç büyük okyanustaki nitrat değişimleri (29).

Brockmann, Laane ve Postma (30), Kuzey Denizi'nde yaptıkları araştırmalarda, özellikle yaz döneminde Almanya ve Norveç sahilleri boyunca oluşan upwelling olayları sonucu Norveç'e göre nütrientçe zengin Atlantik suları ile sahil suları karışmakta olduğu buna bağlı olarak nütrientlerde gözle görülür bir artışın meydana geldiğini bildirmişlerdir. 1984 yazında ise upwelling sonucu nitrat seviyesi $2.0 \mu\text{mol/l}$ 'nin üzerine çıkmıştır.

Solorzano (31), İskoçya Loch Etive'de yaptığı çalışmada, yüzeyden aldığı su örneklerinde nitrat değerlerini $3-7 \mu\text{gat/l}$ olarak ölçmüştür. Aynı araştırmacı, yine İskoçya'da Loch Creran'daki ölçümlerinde, nitrat değerlerini $3.5-8.6 \mu\text{gat/l}$ olarak kaydetmiştir (32).

Karadeniz'de de nitrat konsantrasyonunun tespiti için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan Konuk ve Duman (17)'dan edinilen veriler, nitrat azotu dağılımlarında, $1 \mu\text{gat/l}$ 'den büyük değerlerin dağılımı geniş yayılım gösterirken, $0.00-1.00 \mu\text{gat/l}$ değerlerinin

daha az alanları kapsadığı bulunmuştur. Mayıs 1987'de yüzey suyu için ortalama değerlerin 2.0-5.0 $\mu\text{gat/l}$ 'den daha fazla olduğu belirtilmiştir. Balkaş ve arkadaşları (33), yapmış oldukları çalışmada, mevcut nitrat konsantrasyonu 1-10 m. derinlikte 0-8 $\mu\text{gat/l}$ olarak bulunmuşlardır. Ataç ve arkadaşları (34), yapmış oldukları bölgesel çalışmada, Doğu Karadeniz'deki nitrat değerlerini 0-7.5 mg/l düzeyinde olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada Su Ürünleri Kanunu ve Tüzüğü'nce belirlenen, nitratın tolere değeri 0.95 mg/l olarak verilmiştir.

Nitrat konsantrasyonu abiyotik faktörlere de bağımlıdır. Yoshida (1) yaptığı çalışmada, fazla miktarda sülfat konsantrasyonunun özellikle nitrit formlarını inhibe ettiği ileri sürülmüştür.

Kuznetsov (35), yaptığı göl klasifikasyonunda, göl suyundaki NO_3^- -N değerinin 0.02 mg/l'den küçük olduğunda oligotrofik göller, 0.5 mg/l'den büyük olduğunda ise ötrofik göller sınıfına gireceği belirtmiştir.

2.4. Nitrit

Deniz suyunda mevcut besleyici elementlerden olan nitrit, oldukça kararsız bir bileşiktir. En kısa sürede nitrat haline dönüşme eğilimindedir. Yapılan araştırmalar deniz suyunda nitrit konsantrasyonunun daima düşük olduğunu ve bu miktarın 0.5 $\mu\text{gat/l}$ ile sınırlanabileceğini göstermektedir (1,26).

Brockmann, Laane ve Postma (30), 1984 yazında Kuzey Denizi'nde gözlenen upwelling olayının sonucunda öfotik zonda nütrientlerde artış kaydedilmiş ve yapılan ölçümlerde nitrit konsantrasyonunun 3 $\mu\text{mol/l}$ 'nin üzerinde olduğu belirtilmiştir.

Iskoçya'da iki farklı körfezde yıl boyunca yapılan araştırmalarda; nitrit değerlerinin farklılık gösterdiği saptanmıştır. Loch Creran'da değer 0.06-0.60 $\mu\text{gat/l}$ iken, Loch Etive'de 15-20 m derinlikte ise 0.01-0.16 $\mu\text{gat/l}$ olarak tespit edilmiştir (31,32).

Doğu Karadeniz'de yapılan araştırmalar, nitrit konsantrasyonlarının Rize-Hopa arasındaki dar alan haricinde, 0.5-1.00 $\mu\text{g}/\text{l}$ olduğunu göstermiştir. Ayrıca oksijen miktarının sıfır olduğu derinliklerde yapılan ölçümlerde değerlerin derinliğe doğru azaldığı, 200 m'nin altında ise nitrite rastlanmadığı saptanmıştır (20). Ataç ve arkadaşları (34), 1989 ve 1991 yıllarında kıyından 100 m açıkta yaptıkları çalışmada sırasıyla 0-0.1476 mg/l ve 0-0.13 mg/l değerlerini bulmuşlardır.

Yalçın ve Sevinç (36), Sapanca Gölü'ndeki araştırmalarında, nitrit değerlerinin 0.012 ile 0.045 mg/l arasında olduğunu ve bu değerlere göre gölün oligotrofik göl yapısına girdiğini belirlemişlerdir.

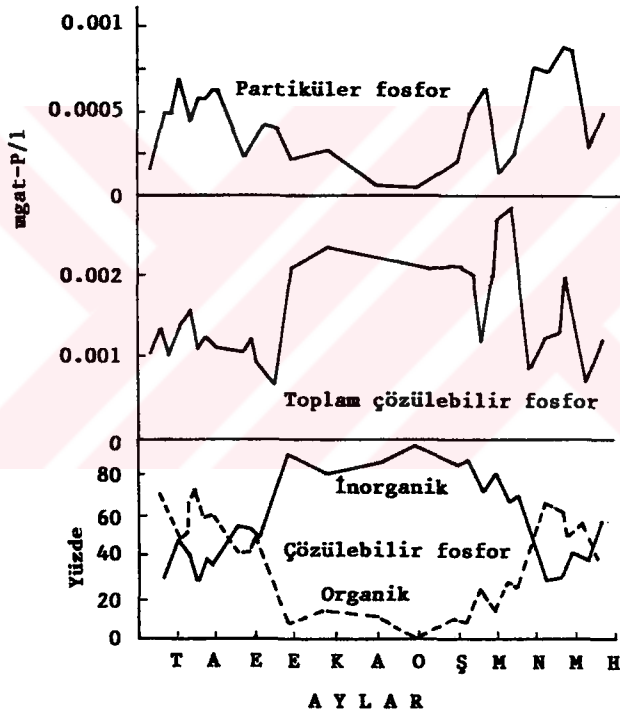
2.5. Ortofosfat

Denizlerde çözünmüş fosfat, çözünmüş organik fosfat ve partikül fosfor bileşikleri halinde mevcuttur. Çözünmüş fosfatada genellikle ortofosfat iyonları halinde (H_2PO_4^- ve HPO_4^{2-}) rastlanır. Fosfat iyonu serbest fosforik asit halinde ise ihmal edilebilecek düzeydedir. Deniz suyunda mevcut fosfatın %87'si HPO_4^{2-} ; %12'si PO_4^{3-} ve %1'i H_2PO_4^- şeklindedir (20,21).

Göl, durgun su, nehir ve körfezlerde atık sularla, erozyonla, tarımsal topraklardan drenajla ve yağmur sularıyla gelen fosfor ve diğer besleyici elementlerinde maximum düzeye ulaşması sonucu ötrofikasyona temel teşkil edecek sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Ötrofikasyonun önlenmesinde özellikle atık sulardaki fosfor desarjının azaltılması, kirlenmiş suyun yerini temiz su ilavesi ile değiştirmek, bilhassa temiz su ortamının çevresindeki tarım arazilerinde kimyasal gübrelerin bilinçli kullanılıp, su ortamına ulaşmasını engellemek gibi faktörlerin dikkate alınması gerekir (21).

Fosforun mevsimsel, derinliğe bağlı ve yöresel değişimleri söz konusudur. Fitoplankton türlerinin bol olarak buldukları soğuk ve ılıman bölgelerdeki fosfor

konsantrasyonunda bariz değişimler olduğu ve suların içerdiği fosfat konsantrasyonunun kışın maximuma ulaştığı gözlenmiştir. Genellikle kıyısal sularda çözünmüş inorganik fosfor konsantrasyonu 0.002 $\mu\text{gat/l}$ veya daha yüksektir. Ancak şubat-mart ayları gibi fitoplankton türlerinin ilkbahar bloomu esnasında bu oran düşer. Nisan-mayıs başındaki ikinci bloomda ise oran daha da azalır. Çözünmüş fosfor kaynağı açısından fitoplankton gibi zooplanktonda önem arzeder (29). (Şekil 2.4.)

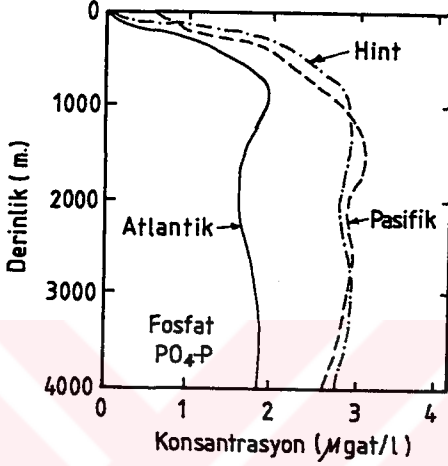


Şekil 2.4. Fosforun değişik formlarının mevsimsel değişimleri (29).

D'elia ve arkadaşları (27), Chesapeake körfezinde yaptıkları çalışma ile, baharda planktonik fosfat konsantrasyonundaki yüksekliği, sudaki PO_4^{-3} 'ün azalmasına bağlayarak, fosforun su ortamında sınırlayıcı bir element olduğunu göstermişlerdir.

Derinliğe bağlı olarak fosfat konsantrasyonuna maximum 800-1000 m'deki tabakada rastlanmakta olup, bundan sonraki derinlikte hemen hemen sabit kalmaktadır. Bölgesel

değişimlere denizler arasında olduğu gibi, denizlerin farklı bölgelerinde de rastlanmaktadır. Fosfor konsantrasyonu açısından dünyadaki 3 büyük okyanus karşılaştırıldığında, Atlantik Okyanusu 0-2 $\mu\text{gat/l}$ ile en fakir, Pasifik Okyanusu ise 0-3 $\mu\text{gat/l}$ ile en zengindir (29). (Şekil 2.5.)



Şekil 2.5. Üç büyük okyanusda ortofosfat değişimleri

Brockmann, Laane ve Postma (30), İngiltere'nin doğu kıyılarında özellikle yüzey sularındaki en yüksek fosfat konsantrasyonu değerini 0.8 μmol olarak tespit etmişlerdir. Aynı araştırmada, 1984 yazı boyunca Kuzey Denizi öfotik zonundaki fosfat konsantrasyonunun 3 $\mu\text{mol/l}$ ' den büyük olduğunu saptamışlardır.

Solorzano (31,32), İskoçya Loch Etive 'de ortofosfat değerini 0.1-0.4 $\mu\text{gat/l}$ ve Loch Creran'da bu değeri yıl boyunca 0.12-0.50 $\mu\text{gat/l}$ olarak kaydetmiştir.

Karadeniz' deki ortofosfat tespiti çalışmalarında ise Konuk ve Duman (17), yaz aylarındaki plankton patlamaları esnasında fosfat bolca kullanıldığından 0.5 $\mu\text{gat/l}$ 'nin altında olduğu belirtmişlerdir. 0.5 $\mu\text{gat/l}$ 'nin üzerinde olan bazı değerlerin ise mart nisan aylarında büyük plankton patlamalarını takip eden sürede çökeltme sonucu bir kısım parçalanma ürünlerinden açığa çıkan fosfor etkisinde olduğunu, diğer bir nedeninde kara kökenli ürünlerle

beslenme izleri taşıyabileceği söylenmiştir. Bu özellikle akarsu deşarjı olan bölgelerde tespit edilmiştir. Balkas ve arkadaşları (33), 1-10 m'deki ortalama fosfat değerini 0.4 μ gat/l olarak vermişlerdir. Özellikle anoxik bölgelerde fosfat konsantrasyonlarının oldukça yüksek oluşu organik maddelerin ayrışmasına neden oluşu ile açıklanmıştır. Ataç ve arkadaşları (34), Doğu Karadeniz'de kıyıda 100 m açıktaki analizlerinde fosfat değerlerinin 0.07-2.39 mg/l ; 500 m açıktaki ise 0-2.07 mg/l olduğunu belirtmişlerdir.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Araştırma Planı ve İstasyonların Belirlenmesi

Araştırma; Aralık 1992- Temmuz 1993 tarihleri arasında ayda bir kez olmak üzere Sürmene-Camburnu-Of bölgelerinde belirlenen 3'er istasyondan toplam 9 istasyonda yapılmıştır. Bir ön çalışma yapılarak, istasyonların ağır metal, evsel kirleticiler ve tarım ilaçlarının etkisi dışında kalan bölgelerden seçilmesine dikkat edilmiştir.

Örnekler 5 metre derinlikten şeffaf 1.7 litre hacimli Hidro-Bios marka Nansen örnekleme şişesi ile alınmıştır. Önceden steril edilmiş karanlık şişelerde muhafaza edilen deniz suyu, soğutucu ile sıcaklık değişimi ve ışık etkisinden korunarak en geç 2 saat içerisinde laboratuvara getirilmiştir. Alınan su örneklerinde bazı parametreler denizde ölçülmüş, bazıları ise laboratuvarında analiz edilmiştir. Analizlerin tümü 12 saatte tamamlanmıştır.

3.2. Ölçüm ve Analiz Yöntemleri

3.2.1. Sıcaklık Ölçümü

Sıcaklık; reversible termometre ile ilgili istasyonlarda (in situ) °C cinsinden ölçülmüştür.

3.2.2. Çözünmüş Oksijen Ölçümü

Oksijen; YSI 51 B model oksijen metre ile mg/l cinsinden yerinde ölçülmüştür.

3.2.3. Nitrat Azotu Tayini

HACH DR/2000 model mikroprosesörlü spektrofotometre cihazı ile Cadmium Reduction Metodu kullanılarak mg/l cinsinden nitrat azotu (NO_3^- -N) tayin edilmiştir (37).

3.2.4. Nitrit Azotu Tayini

HACH DR/2000 model spektrofotometre cihazı ile Diazotizasyon Metodu kullanılarak mg/l cinsinden nitrit azotu (NO_2^- -N) tayin edilmiştir (38).

3.2.5. Ortofosfat Fosforu Tayini

HACH DR/2000 model spektrofotometre cihazı ile Ascorbic Asid Metodu kullanılarak mg/l cinsinden ortofosfat fosfatı (PO_4^{3-} -P) tayin edilmiştir (39).

3.3.6. Nitrifikasyon Bakterilerinin Tayini

Nitrifikasyon bakterilerinin tahmini populasyon yoğunluğunun tespiti Winogradsky besiyerleri ile gerçekleştirilmiştir. Nitrosococcus genusuna ait bakteri üretimi için Winogradsky Medium Modifikasyon 1 (Ek-1), Nitrobacter genusuna ait bakteri üretimi için Winogradsky Medium 2 (Ek-1) besiyerleri kullanılmıştır (40). Her istasyondan alınan örneklerden 0.1 ml., 1.0 ml. ve 10.0 ml'lik miktarlar üç replikasyon halinde içinde besiyeri bulunan tüplere steril pipetle ekim yapılmıştır. Ortalama 28°C'de 45 gün inkübasyona alınmıştır (42).

Inkübasyon sonucunda Nitrosococcus veya Nitrobacter'i tesbit edebilmek için iki tür test solusyonu kullanılmıştır. Nitrosococcus için kullanılan Griess Reagent (Ek-2) solusyonu nitritin varlığında pembemsi kırmızı bir renk almıştır. Nitrobacter varlığı için kullanılan % 2 oranında NaCl ihtiva eden Difenilamin Çözeltisi nitrat varlığında koyu lacivert ve açık mavi olacak şekilde iki renk fazı oluşturmuştur (41,42).

Nitrosococcus ve Nitrobacter varlığı tesbit edildikten sonra kuvvetle muhtemel sayı tablosu (MPN- Most Probably Number) kullanılarak ilgili değerler bulunmuştur (42). Elde edilen sonuçların istatistiksel analizi MINITAB paket programı kullanılarak yapılmıştır.

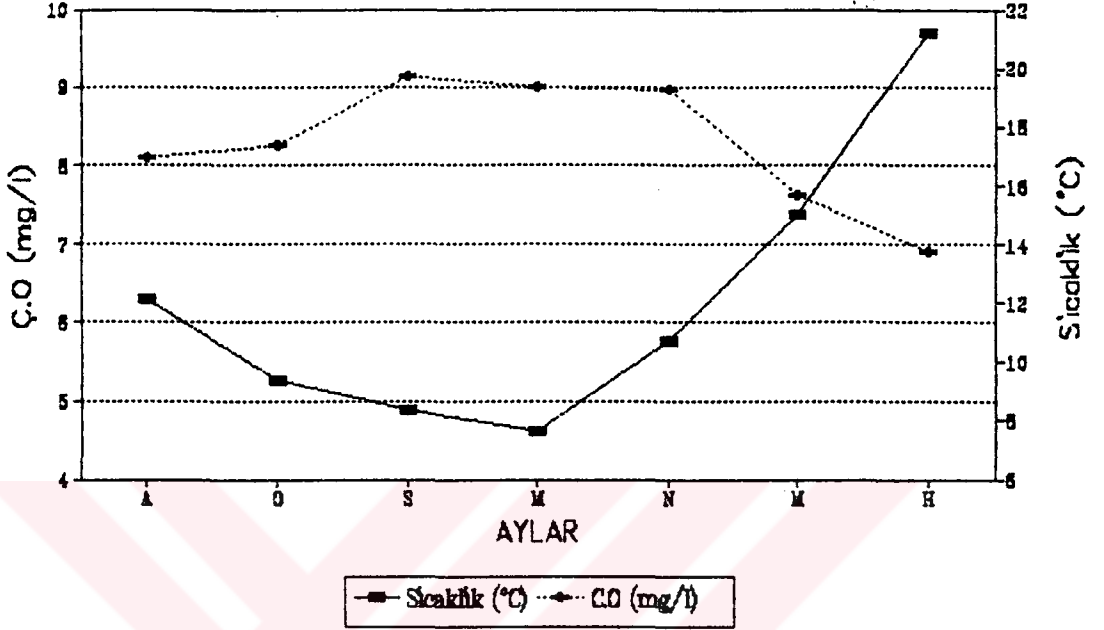
4. BULGULAR

Araştırma süresince elde edilen parametrelerin ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.1' de verilmistir. Veriler 3 bölge ve her bölgeden 3' er istasyon olmak üzere toplam 9 istasyon üzerinden alınmıştır. Bölgeler 1, 2, 3 rakamları ile istasyonlarsa A, B, C harfleri ile temsil edilmiştir (Ek-3).

Tablo 4.1. İstasyonlar için ortalama (\pm SD), Sıcaklık (T) Çözünmüş Oksijen (C.O.), Nitrat (NO_3^- -N), Nitrit (NO_2^- -N), Ortofosfat (PO_4^{3-} -P), Nitrosococcus ve Nitrobacter değerleri (Sıcaklık °C. MPN Nitrosococcus (MPNNO₂) ve Nitrobacter (MPNNO₃) Hücre /100ml ve Diğerleri mg/l)

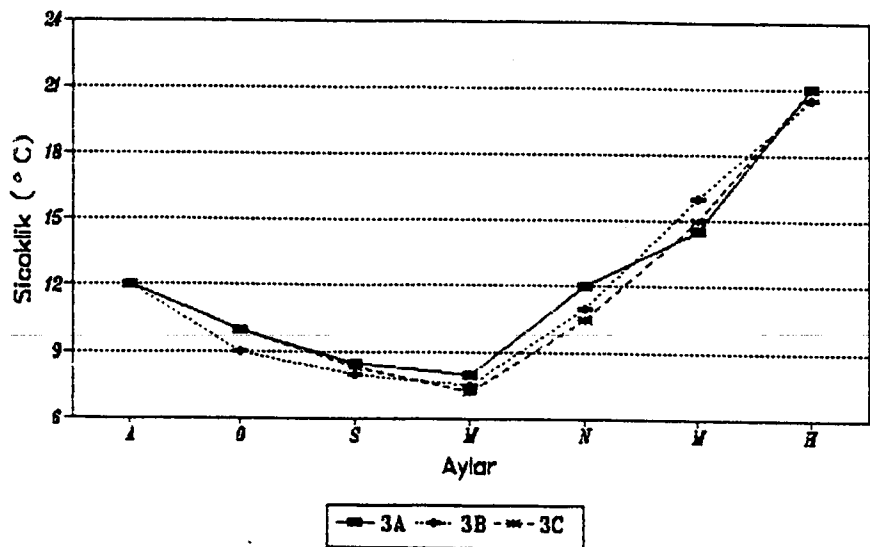
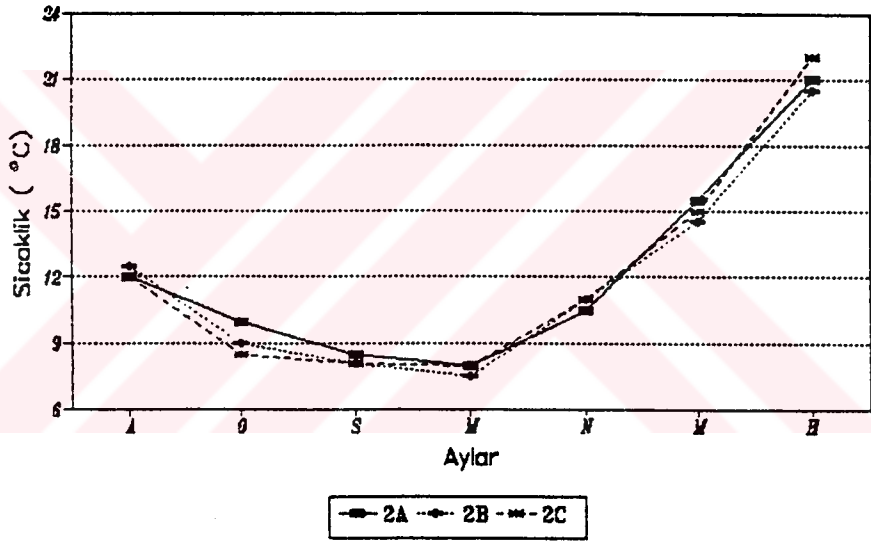
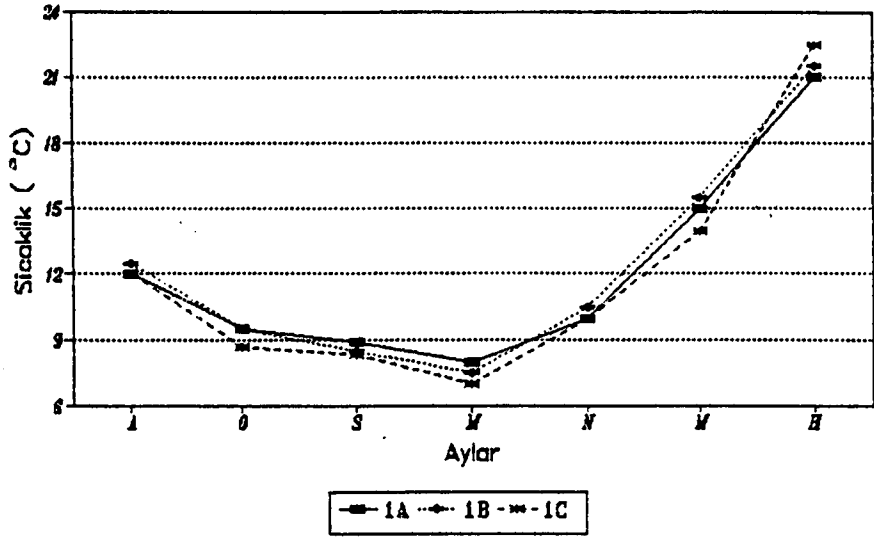
Dğişken							
Istasyon	T	C.O.	NO_2^- -N	NO_3^- -N (10^{-3})	PO_4^{3-} -P	MPNNO ₂	MPNNO ₃
1A	12.10 \pm 4.58	8.285 \pm 0.76	0.500 \pm 0.11	4.142 \pm 1.21	0.031 \pm 0.03	14.71 \pm 7.93	19.85 \pm 12.4
1B	12.20 \pm 4.88	8.214 \pm 0.95	0.457 \pm 0.05	3.571 \pm 0.78	0.028 \pm 0.02	11.57 \pm 9.46	16.14 \pm 11.6
1C	11.80 \pm 5.28	8.242 \pm 0.78	0.457 \pm 0.07	3.571 \pm 0.78	0.019 \pm 0.02	12.71 \pm 5.56	33.42 \pm 12.4
2A	12.20 \pm 4.61	8.285 \pm 0.78	0.429 \pm 0.04	3.428 \pm 0.78	0.026 \pm 0.01	28.42 \pm 38.5	15.57 \pm 7.48
2B	11.90 \pm 4.55	8.285 \pm 0.88	0.414 \pm 0.03	3.285 \pm 1.11	0.026 \pm 0.03	23.42 \pm 11.85	11.42 \pm 4.16
2C	12.10 \pm 5.06	8.228 \pm 0.91	0.414 \pm 0.06	3.142 \pm 0.69	0.016 \pm 0.01	15.71 \pm 7.13	35.28 \pm 36.1
3A	12.30 \pm 4.45	8.385 \pm 0.89	0.414 \pm 0.06	3.000 \pm 1.29	0.015 \pm 0.01	18.28 \pm 9.79	17.00 \pm 9.18
3B	12.00 \pm 4.73	8.400 \pm 0.79	0.443 \pm 0.05	3.142 \pm 1.06	0.021 \pm 0.02	14.14 \pm 10.3	14.71 \pm 8.30
3C	12.00 \pm 4.70	8.270 \pm 0.93	0.457 \pm 0.07	3.285 \pm 1.11	0.017 \pm 0.01	29.01 \pm 40.16	14.28 \pm 7.81

Arastırma esnasında ölçülen sıcaklık, oksijene ait

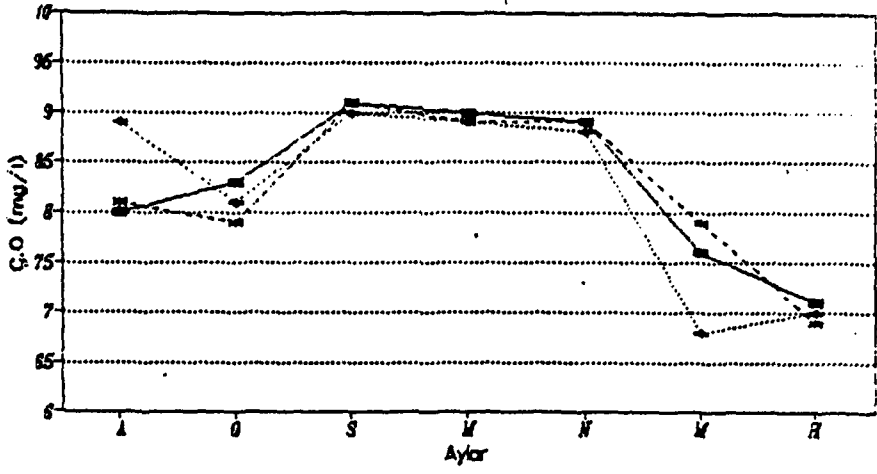


Sekil 4.1. Aylara göre sıcaklık ve çözünmüş oksijen değişimi

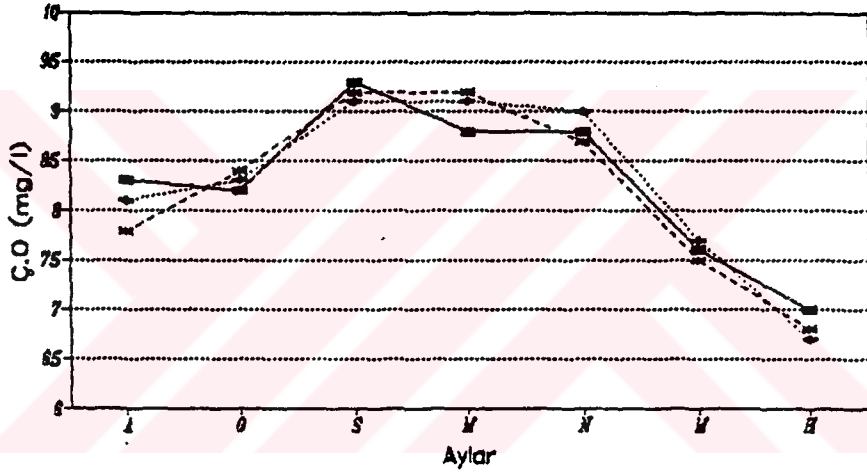
aylık değerler Sekil 4.1' de verilmiştir. İstasyonlarda yerinde yapılan ölçümlerinde, su sıcaklığının mart ayında 7.63°C ile en düşük, haziran ayında 21.22°C ile en yüksek değere ulaştığı belirlenmiştir. Aralıktan mart ayına kadar düzenli düşen su sıcaklığı, mart ayından başlayarak sürekli artış göstermiştir. İstasyonlar arasında sıcaklık ortalamaları bakımından en düşük değer 1C istasyonunda, en yüksek değer ise 3A istasyonunda belirlenmiştir (Sekil 4.2). Çözünmüş oksijen miktarı, haziran ayında 6.911 mg/l ile en düşük, şubat ayında 9.144 mg/l değeri ile en yüksek değere ulaşmıştır. İstasyonlar için ortalama değer açısından en düşük çözünmüş oksijen 8.214 mg/l ile 1B istasyonunda, en yüksek 8.4 mg/l ile de 3B istasyonunda belirlenmiştir (Sekil 4.3). Sıcaklık ve çözünmüş oksijen değerleri açısından istasyonlar ve bölgeler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır.



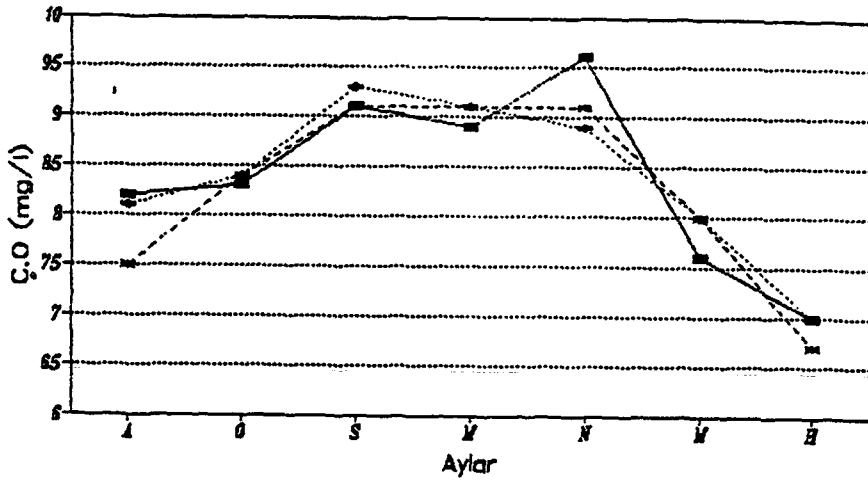
Sekil 4.2. Sıcaklığın istasyonlardaki değişimi



— 1A — 1B — 1C



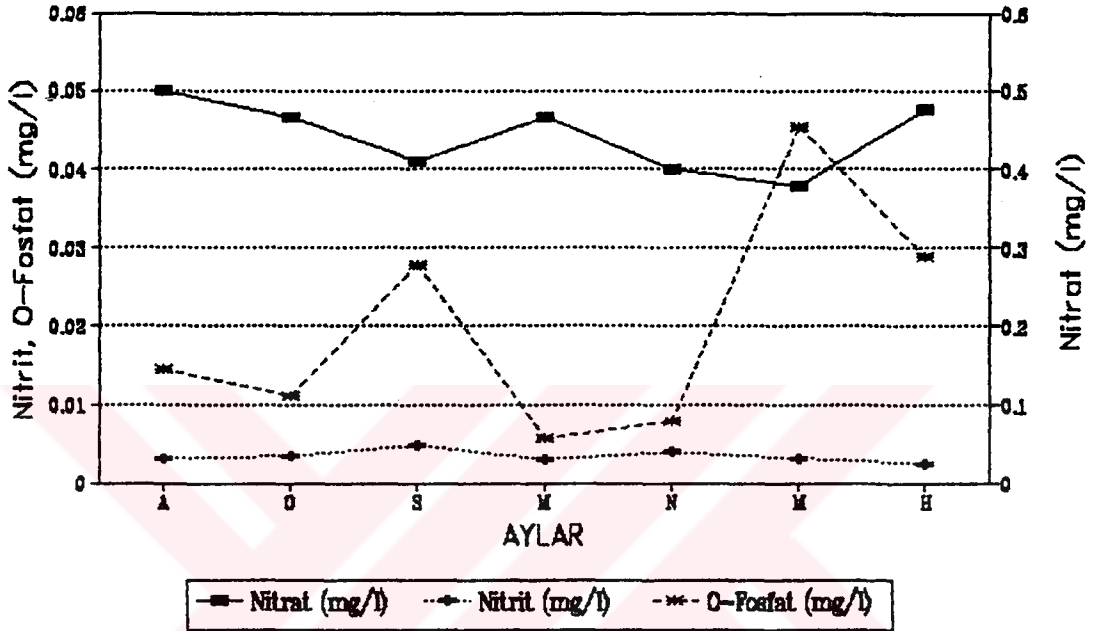
— 2A — 2B — 2C



— 3A — 3B — 3C

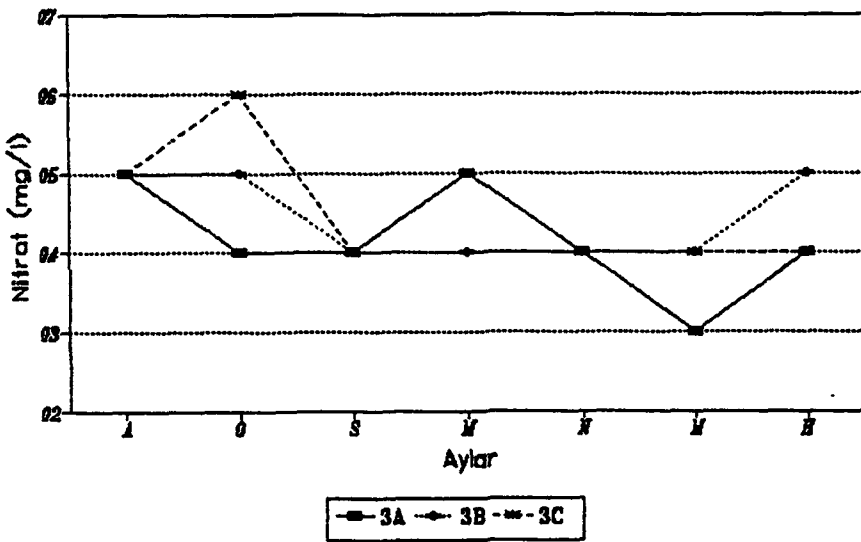
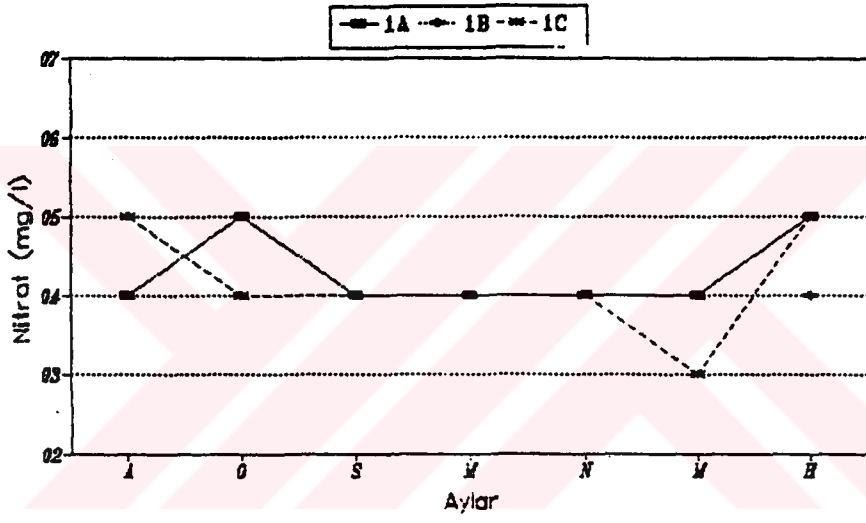
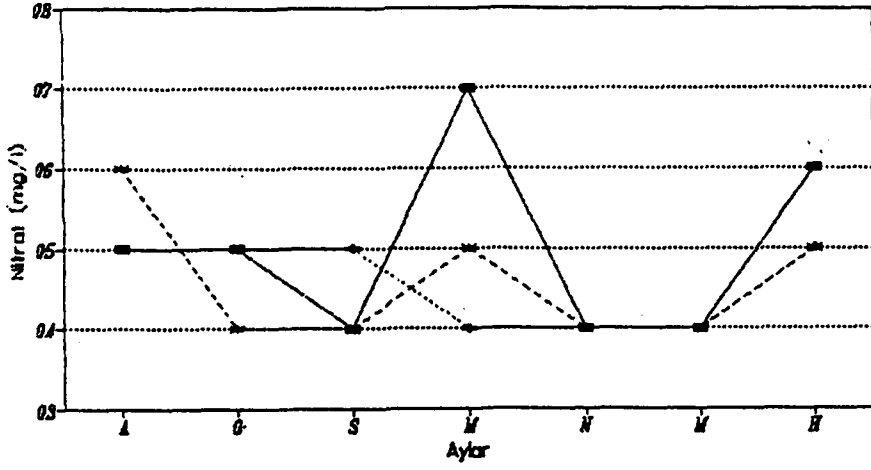
Sekil 4.3. İstasyonlardaki çözünmüş oksijen değişimi

Sekil 4.4 nitrit, nitrat, ortofosfat değerlerinin aylara gre değişimini gsterilmiştir. En dşk değerler,

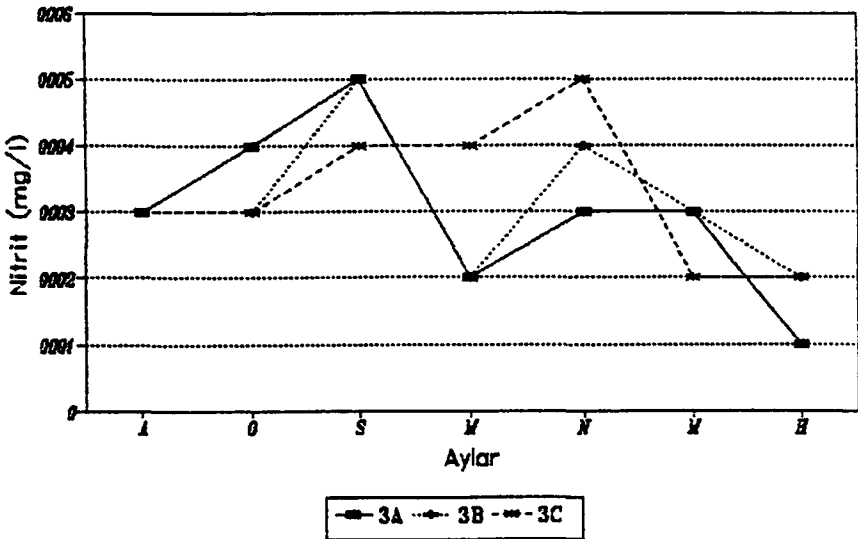
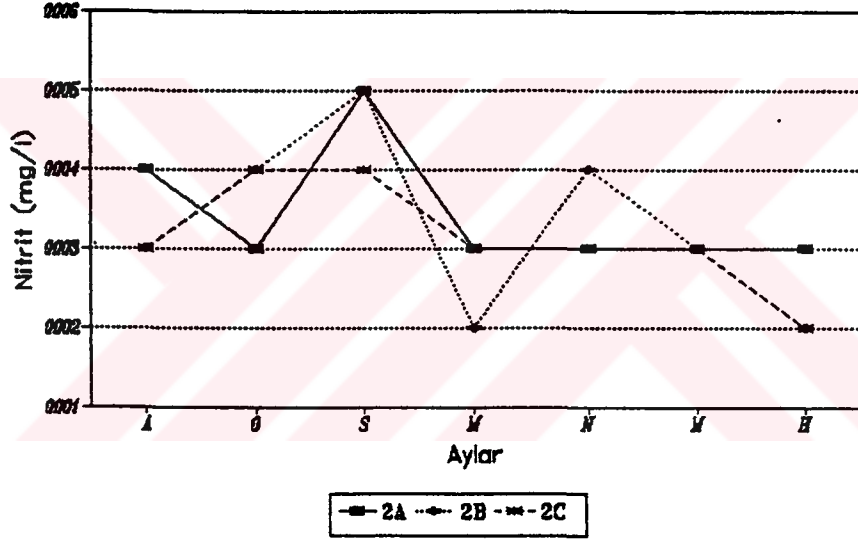
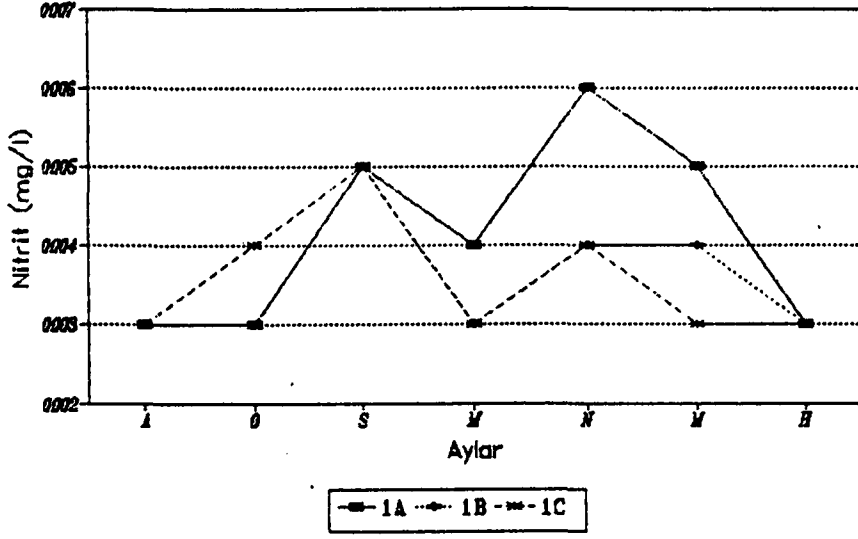


Sekil 4.4. Aylara gre nitrat, nitrit ve ortofosfat değişimi

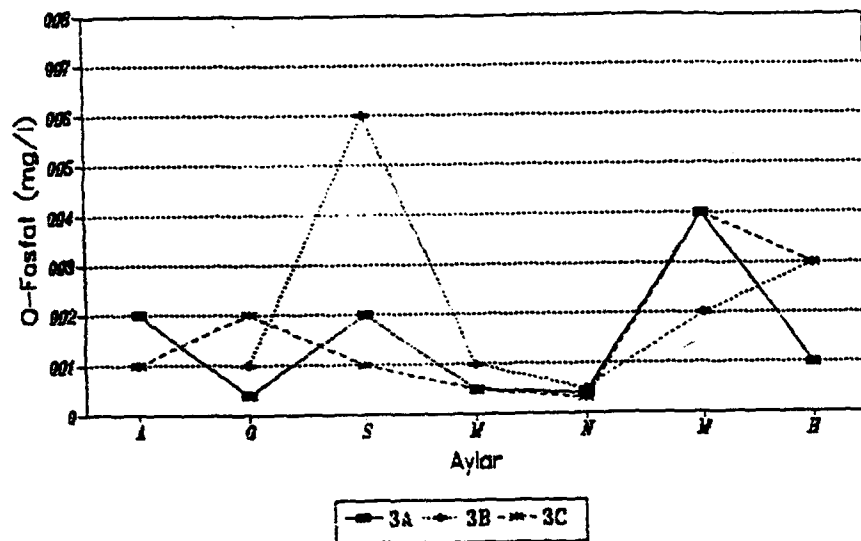
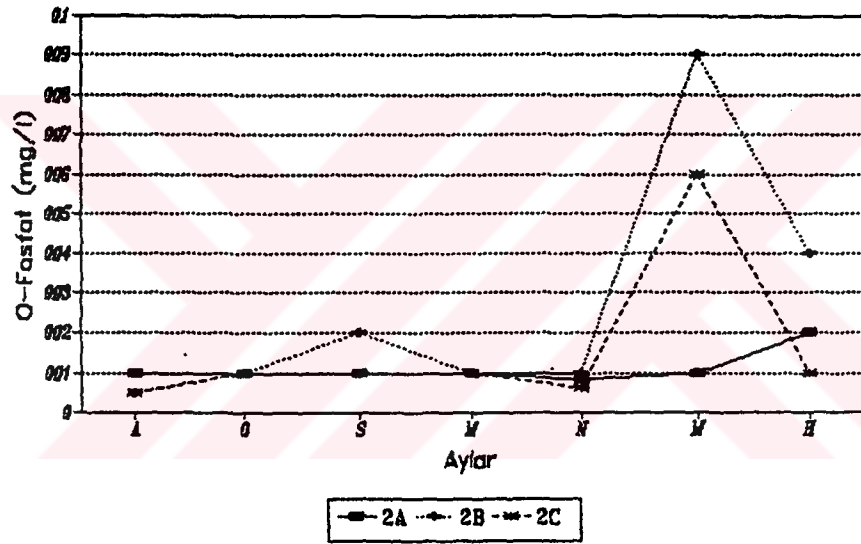
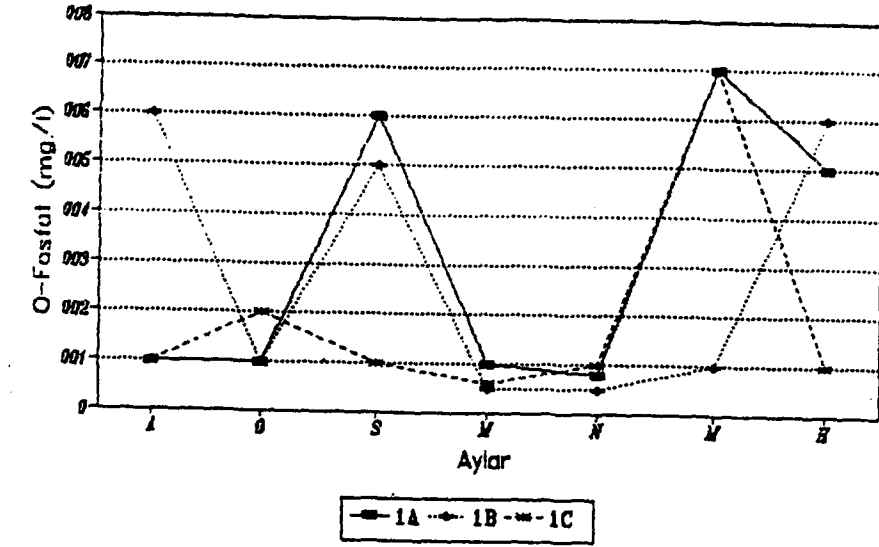
nitrat için 0.378 mg/l ile mayıs, nitrit için 0.00233 mg/l ile haziran, ortofosfat için 0.00556 mg/l ile mart aylarındadır. Aynı zamanda, en yüksek değerler, nitrat için 0.5 mg/l ile aralık, nitrit için 0.00478 mg/l ile şubat, ortofosfat için 0.04556 mg/l ile mayıs aylarındadır. Her  parametrenin istasyonlar için ortalama değerleri ele alındığında, 1A istasyonu en yüksek değerleri kapsamaktadır. Nitrat bakımından en düşük ortalama değere sahip istasyon 2B dir (Sekil 4.5). Bunun yanında, nitrit ve ortofosfat parametreleri incelendiğinde, 3A istasyonu ortalama değerler içinde en düşük olanıdır (Şekil 4.6, 4.7). İstasyonlar, bu  parametreye istatistiksel olarak incelendiğinde, sadece ortalama nitrat değerlerinin 1. Bölge ve 2.Bölgelerde farklı olduğu ortaya çıkmış, yapılan istatistik analizde bu farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).



Sekil 4.5. İstasyonlardaki nitrat değışimi

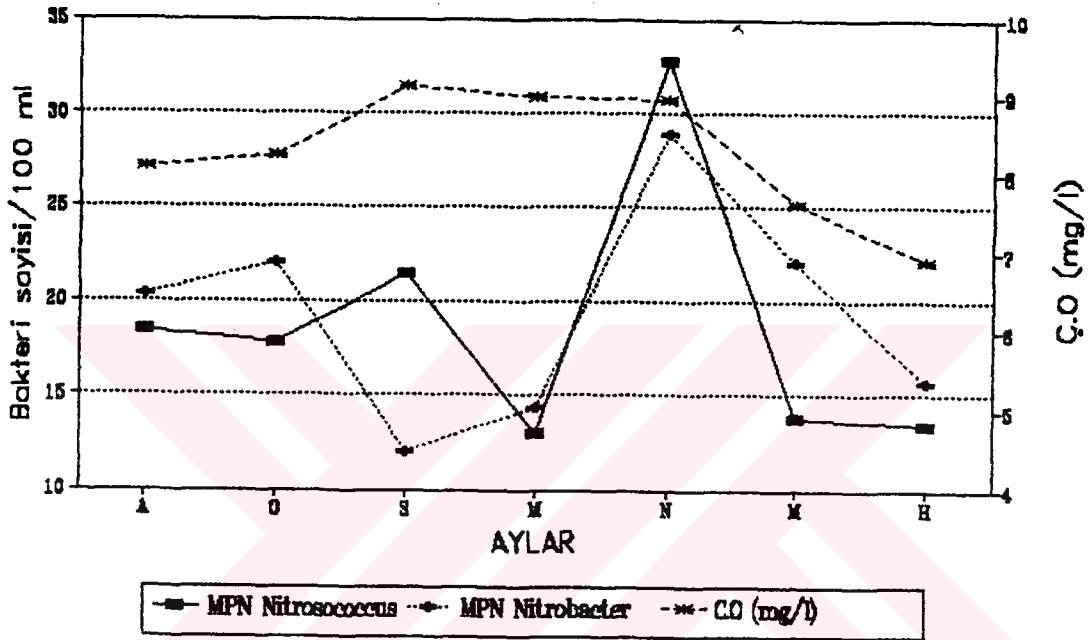


Sekil 4.6. İstasyonlardaki nitrit değişimi



Sekil 4.7. Istasyonlardaki ortofosfat değisimi

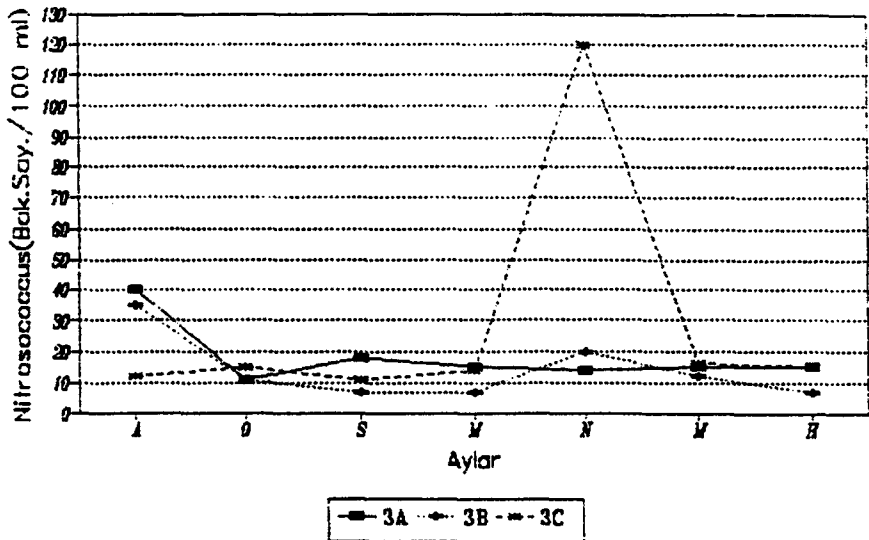
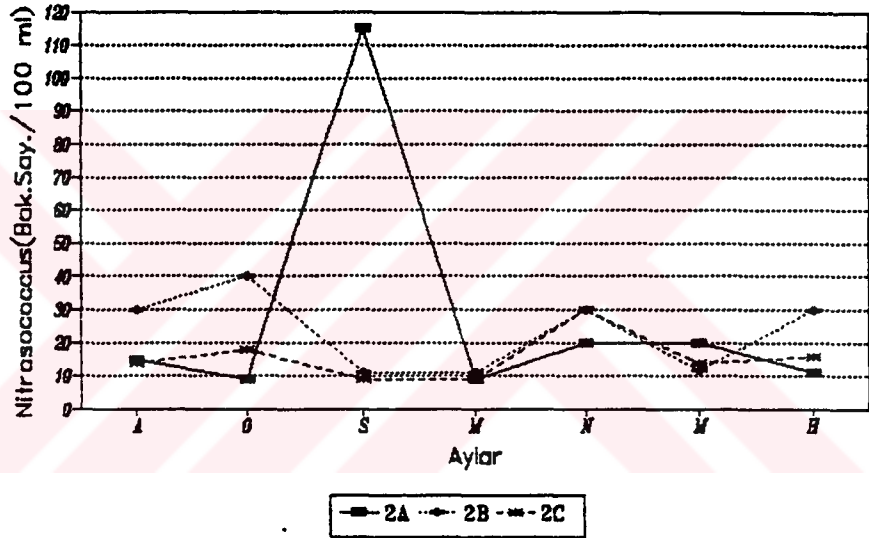
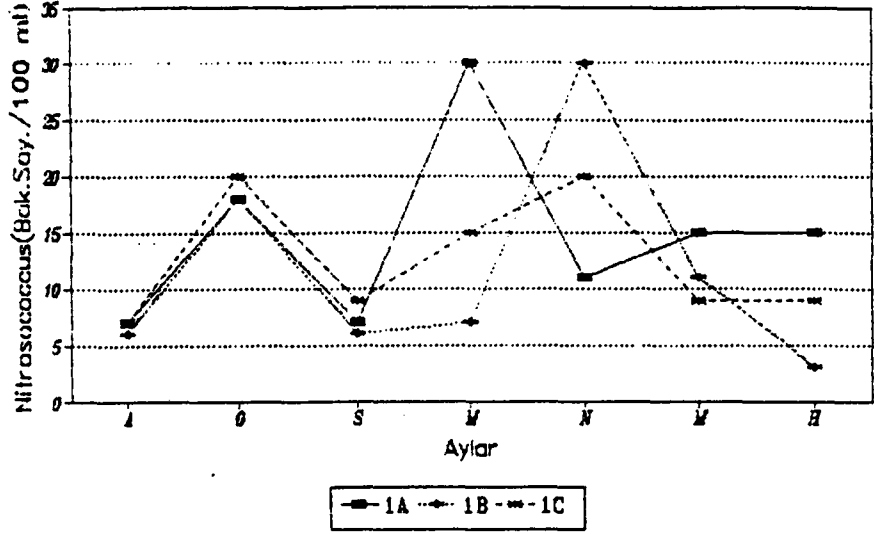
Nitrosococcus ve Nitrobacter'in, 100 ml'deki kuvvetle muhtemel sayısı Şekil 4.8' de verilmiştir. Buna göre nisan ayında her iki bakteri sayısı en yüksek değere ulaşmıştır. En düşük değerlerse Nitrosococcus için mart, Nitrobacter içinse subat aylarındadır.



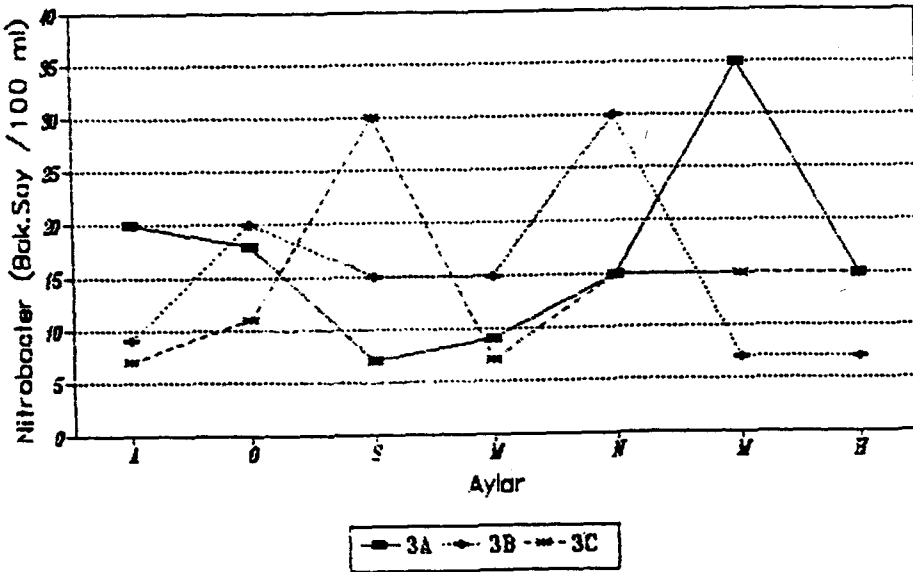
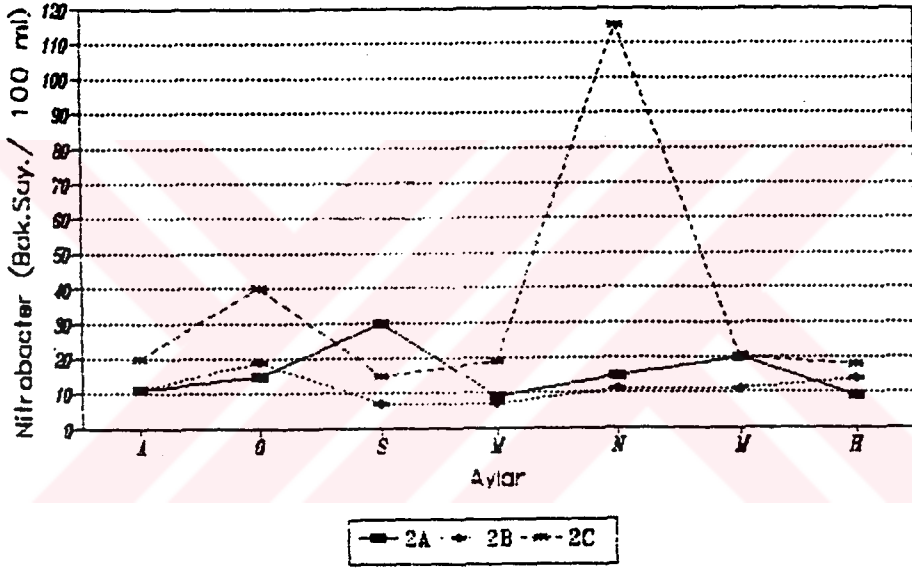
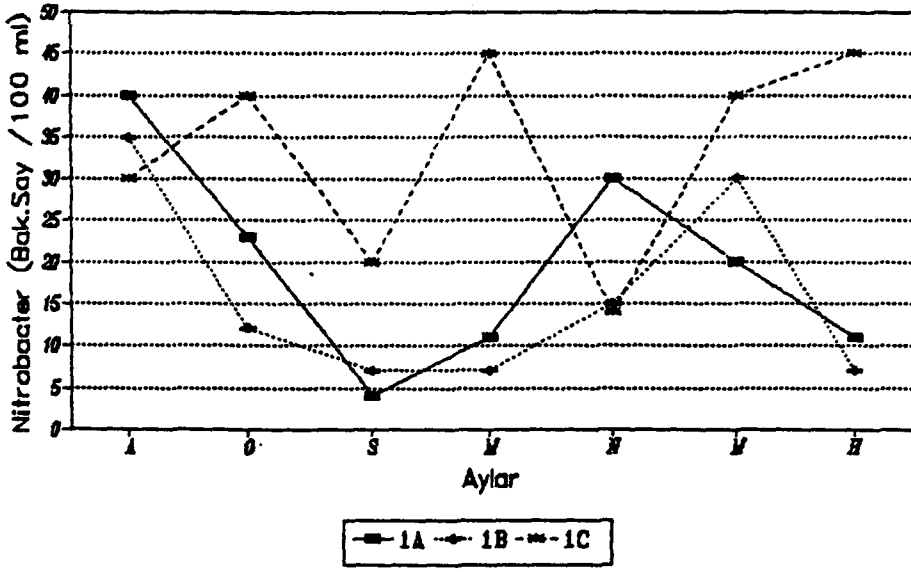
Şekil 4.8. Aylara göre bakteri sayıları ve çözünmüş oksijen değişimi

Ortalama bakteri sayıları, Nitrosococcus için en düşük 11.57/ 100 ml ile 1B ; en yüksek ise 29.01/ 100 ml ile 3C istasyonudur (Şekil 4.9). Nitrobacter'de ise durum farklı olup, en düşük değer 11.42/ 100 ml ile 2B; en yüksek 35.28/ 100 ml ile 2C istasyonudur (Şekil 4.10)

Gerek bölgeler gerekse istasyonlar bakteri sayıları yönünden istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, Nitrobacter sayısının 1C ve 2C istasyonlarında önemli derecede yüksek olduğu, fakat bölgeler arasında bir farklılık olmadığı saptanmıştır ($p < 0.05$).



Sekil 4.9. İstasyonlardaki MPN Nitrosococcus değişimi



Sekil 4.10. İstasyonlardaki MPN Nitrobacter değisimi

5. TARTIŞMA ve SONUC

Bu araştırmada, Sürmene-Çamburnu-Of bölgelerinde seçilen istasyonlarda nitrifikasyon bakterileri ile fiziksel ve kimyasal parametreler ışığında, deniz suyu kalitesi incelenmiştir. Elde edilen değerler şekil ve tablolarla gösterilmiştir.

Nitrifikasyon bakterilerinin üreme ve gelişmesini etkileyen önemli faktörlerden biri sıcaklıktır. Yapılmış olan ölçümlerde sıcaklık değerleri mevsimlere bağlı olarak 7-22°C arasında bulunmuştur. Nitrifikasyon bakterilerinin gelişimi ve üremesi için optimum sıcaklığın 2-30°C olması gerekmektedir (5). Buna göre ölçüm yapılan araştırma sahasında sıcaklık değerlerinin uygun olduğu söylenebilir.

Nitrifikasyon olayının oksijensiz ortamda meydana gelmesi mümkün değildir. Çünkü hem Nitrosococcus hem de Nitrobacter obligat aerob organizmalardır (10,11). Bu nedenle, oksijenin varlığı nitrifikasyon olayında en önemli parametredir (43). İstasyonlardaki oksijen değerleri oldukça yüksek olup, 6.9-9.1 mg/l arasındadır. Önceden belirtildiği gibi, 10 mg/l oksijen varlığı yoğun fotosentez aktivitesi gibi aşırı doygunluğa ulaşmış sularda söz konusudur (21,22). Nitrifikasyon bakterilerinin 1 g NH_4^+ -N için 4.33 g oksijen tükettiği ve ortamdaki amonyakın uzaklaştırılmasının, oksijen konsantrasyonu ile direkt ilgili olduğu araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (13,25). Buna göre araştırmanın yapıldığı denizel ortamda nitrifikasyon için yeterli oksijenin bulunduğu görülmektedir.

Su ortamlarında bulunan nütrientlerin en önemlileri azot ve fosfordur. Bu iki parametrenin birbirlerine sınırlayıcı etkisi olduğu gibi, miktarlarının fazla olması durumunda ötrifikasyona sebebiyet verirler (27,43). Kuznetsov (35), göllerin sınıflandırılması ile ilgili yaptığı çalışmalarda, 0.5 mg/l ve daha yukarı nitrat ihtiva eden göllerin ötrofik göller sınıfına girdiğini belirtmiştir. Araştırma süresince ölçülen nitrat değerleri 0.378- 0.500 mg/l arasında değişmektedir. Balkaş (33),

yaptığı çalışmalarda nitrat azotu değerini 8 $\mu\text{g}/\text{l}$ bulurken, diğer bir araştırmada aynı değer 0.10 $\mu\text{g}/\text{l}$ olarak belirlenmiştir (17). Araştırmamızda elde edilen değerlerin verilen değerlerden daha yüksek olması, çalışma sahasının kıyıya yakınlığından ve bu bölgelerin akarsuların etkisi altında olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Nitrat konsantrasyonu nisan ve mayıs aylarında en düşük değerleri alırken, aralık ayında en yüksek değere ulaşmıştır. Nisan ve mayıs aylarında görülen düşüşün muhtemelen plankton artışından kaynaklanabileceği söylenebilir. Birinci bölge ile ikinci bölgede ölçülen nitrat değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Bu farkın birinci bölgenin akarsu etkisi altında kalmasından ileri gelebileceği söylenebilir. Ayrıca mart ayında 1A istasyonunda 0.7 mg/l olarak ölçülen en yüksek nitrat değerinin, sözkonusu ayda ilgili istasyonun yağmur ve kar sularının karıştığı akarsunun etki alanında bulunmasından ileri gelebileceği ifade edilebilir.

Araştırma süresince ölçülen ortofosfat konsantrasyonları 0.0055–0.0455 mg/l arasında değişmektedir. Balkas (33), Karadeniz'de aynı bölgede yaptığı çalışmalarda ortofosfat konsantrasyonunu 0.4 $\mu\text{g}/\text{l}$ olarak belirlemiştir. Ataç ve arkadaşları (34) ise, Doğu Karadeniz'de yaptıkları araştırmalarda ortofosfat değerlerinin 0.07 ile 2.39 mg/l arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Konuk ve Duman (17) aynı bölgede yaptıkları ölçümlerde ortofosfat konsantrasyonunun 0.5 $\mu\text{g}/\text{l}$ 'nin üzerinde olduğunu fakat plankton patlamaları esnasında fazla kullanım nedeniyle bu değerlerin düştüğünü vurgulamışlardır. Araştırmamızda elde edilen değerler Balkas (33), Konuk ve Duman (17)'in değerleriyle paralellik göstermektedir. Ortofosfat konsantrasyonunun şubat ayında tüm istasyonlarda en yüksek değeri almasının nedeni, sözkonusu ayda sıcaklığın düşmesinden kaynaklanabileceği şeklinde açıklanabilir. Mayıs ayında ortofosfat miktarlarında görülen yükselmenin nedeni plankton patlamalarından sonra çökeltme esnasında plankton

parçalanma ürünlerinden fosforun açığa çıkması ve bölgede yapılan gübreleme sonucu fosforun çeşitli yollarla denizel ortama ulaşmasından ileri gelebilir.

Nitrit konsantrasyonu araştırma süresince 0.0023 ile 0.0047 mg/l arasında değişmiştir. Nitrit değerlerinin aylara göre değişiminin istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır. Karadeniz'de yapılan araştırmalarda nitrit konsantrasyonunun 0.5 ile 1.0 $\mu\text{g}/\text{l}$ arasında değiştiği belirlenmiştir (17). Çalışmamız süresince elde edilen nitrit değerlerinin birbirine yakın ve düzenli olduğu ortaya çıkmıştır.

Nitrifikasyon bakterileri bütün deniz ortamlarında bulunmaktadır. Bu bakterilerin üreme ve gelişmelerinde fiziksel ve kimyasal parametrelerin önemli etkileri vardır. Fakat fiziksel ve kimyasal parametrelerle bu bakterilerin MPN olarak populasyon densiteleri arasında herhangi bir korelasyon oluşturulamadığı araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır. Söz konusu çalışma 5-26°C su sıcaklıklarında yapılmıştır (19).

Araştırma süresince Nitrosococcus ve Nitrobacter sayılarının sırasıyla 13-32/ 100 ml ve 12-29/ 100 ml arasında değiştiği saptanmıştır. Yoshida ve Kimata (26), yaptığı çalışmalarda 1 ile 10 m arasındaki derinliklerden alınan su örneklerinde nitrifikasyon bakterilerinin sayısının Nitrosococcus için 0.4/ ml, Nitrobacter için ise 2/ ml arasında değiştiğini saptamışlardır. Matulewich (19), Passaic körfezindeki bulgularında Nitrosococcus sayısını ortalama 395/ 100 ml ve Nitrobacter sayısını 30/ 100 ml olarak belirlemiştir. Ayrıca aynı araştırmacı, su ortamında sucul bitkilerin ve besleyici elementlerin bulunduğu bölgelerde nitrifikasyon bakterilerini daha yüksek sayılarda tesbit etmiştir. Garchow (43), çeşitli araştırmacıların çalışmalarına atıfta bulunarak, besleyici maddeler ve sucul bitkiler arttıkça nitrifikasyon bakterilerinin sayılarında da artış olacağını; sedimentteki besleyici elementlerin ve nitrifikasyon bakterilerinin çeşitli dip çalışmalarıyla su katmanlarına geçerek özellikle bahar aylarında söz konusu

elementlerin ve bakterilerin artısına neden olabileceklerini ortaya koymuştur.

Nisan ayında her iki grup nitrifikasyon bakterilerinin en yüksek değere ulaşması, aynı ayda nitrat ve ortofosfat konsantrasyonlarının ve sıcaklık değerinin artışı ile izah edilebilir.

Bu bulgular ışığında, araştırması yapılan bölgelerde hem fiziksel ve kimyasal parametrelerin hem de nitrifikasyon bakterileri sayılarının, diğer araştırma verilerinden daha yüksek değerlerde olduğu gözlenmektedir. Bununda Karadeniz'deki azot ve fosforlu bileşiklerin yoğunluğu, denizin su sirkülasyonunun sınırlı, kapalı deniz niteliğinde olması ve akarsularla fazlaca beslenmesinden kaynaklanmış olacağı söylenebilir. Bu da Doğu Karadeniz'in bir kısmını temsil eden araştırma alanımızın oldukça verimli olduğunun göstergesidir. Bu verimliliğin, yıllara bağlı olarak artış göstermekte olduğu, araştırmamız ölçümlerinde de ötrofik göl sınıflandırmasına yakın değerler aldığı tesbit edilmiştir. Besleyici elementlerin konsantrasyonlarının su ortamlarında belirli bir limitin üzerine çıkması durumunda kirliliğin varlığından bahsedilebilir. Bu durumda algler ve diğer planktonik organizmalar yoğun şekilde çoğalarak, özellikle geceleri su ortamlarının oksijence fakirleşmesine neden olurlar. Oksijen konsantrasyonunun azalması, deniz canlılarını olumsuz yönde etkilemektedir. Yoğun şekilde çoğalan organizmaların ölmesi de organik kirlilik oluşturmaktadır.

Araştırmamızın devamı niteliğinde olacak diğer araştırmalarla, bu verimliliğin boyutları, yarattığı ekolojik sorunlar ve balıkçılık açısından değerlendirilmesi farklı mikrobiyolojik parametrelerde eklenip, uzun süreli çalışılmalı, dar bir çalışma sahası ile yetinilmeyip, Doğu Karadeniz genelinde geniş alanlar araştırmaya dahil edilmelidir. Özellikle göl sınıflandırılmasında ötrofik göl değerlerine yakın değerler alan Doğu Karadeniz'in verimliliğinin boyutlarını inceleyerek, ötrofik hale gelmesini önlemek ve nitelikli çözüm önerileri sunmak gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Yoshida, Y., Studies on the Marine Nitrifying Bacteria: With Special Reference to Characteristics and Nitrite Formation of Marine Nitrite Formers, Bulletin of Misaki Marine Biological Institute, 11 (1967) 1-58.
2. Bormann, F.H., and Likens, G.E., Nutrient Cycling, Science, 155 (1967) 424-429.
3. Colinaux, P., Ecology, John Wiley Sons, New York, 1986.
4. Conn, E.E. and Stumpf, P.K., Outlines of Biochemistry, John Wiley Sons, New York, 1972.
5. Buchanan, R.E., Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, The Williams and Wilkins Company, Baltimore, 1974.
6. Reichardt, W., Einführung in die Methoden der Gewässermikrobiologie, Gustav Fisher Verlag, Stuttgart-New York, 1978.
7. Engel, M.S., Aleem, M.I.H., Ida, S., Alexander, M., Marine Nitrifying Bacteria, J. Bacteriol., 76 (1958) 510.
8. Watson, S.W., Comparison of the Morphology and DNA Composition of 27 Strains of Nitrifying Bacteria, J. Bacteriol., 107 (1971) 563.
9. Kuenen, J.G. and Robertson, L.A., Ecology of Nitrification and Denitrification in the Nitrogen and Sulphur Cycles, Cambridge University Press, Cambridge, 1988.
10. Schlegel, H.G., Allgemeine Mikrobiologie, Thieme Verlag, Stuttgart-New York, 1985.
11. Ingraham, J.L., Stainer, R.S. and Adelberg E.A., The Microbial World, Prentice Hall, London, 1974.

12. Matulewich, V.A., Strom, P.F. and Finstein, M.S., Length of Incubation for Enumerating Nitrifying Bacteria Present in Various Environments, Applied Microbiology, 13 (1975) 265-268.
13. Uslu, O., ve Türkman, A., Su Kirliliği ve Kontrolü, Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara , 1987.
14. Vinogradov, M.E., Black Sea Ecosystems, Symposium, Ecological Problems and Economical Prospects of the Black Sea, Istanbul, Turkey, 16-18 September, 1991.
15. Zaika, V.E., Bioindications of Human Induced Damage to the Blacksea Shelf Ecosystems, Symposium, Ecological Problems and Economical Prospects of the Black Sea, Istanbul, Turkey, 16-18 September, 1991.
16. Çelikkale, M.S., Basic Factors Effecting the Productivity of the Black Sea, Symposium, Ecological Problems and Economical Prospects of the Black Sea, Istanbul, Turkey, 16-18 September 1991.
17. Konuk, Y.T., Duman, M., Ulusal Deniz Ölçme ve İzleme Programı, Doğu Karadeniz Ölçme ve İzleme Alt Projesi, 1987 Dönemi, TÜBİTAK Araştırma Projesi, 1988.
18. Geldiay, R., Kocatas, A., Deniz Biyolojisine Giriş, 2. Baskı, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 1988.
19. Matulewich, V.A. and Finstein, M.S., Distribution of Autotrophic Nitrifying Bacteria in a Polluted River (The Passaic), Applied and Environmental Microbiology, 35, 1 (1978) 67-71.
20. Kocatas, A., Oseanoloji, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 1986.
21. Yaramaz, Ö., Su Kalitesi, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 1992.
22. Martin, F.D., Marine Chemistry Analytical Methods, Second Edition, Marcel Dekker Inc., New York, 1972.

23. Steele, J.G., High Resolution Profiles of Temperature and Dissolved Oxygen in a River, Hydrobiologia, 179 (1989) 17-24.
24. Thomas, J.G., Production of NO_2^- and N_2O by Nitrifying Bacteria at Reduced Concentrations of Oxygen, Applied and Environmental Microbiology, September (1980) 526-532.
25. Cecen, F. and Gönenc, I.E., Nitrification-Denitrification of High Strength Nitrogen Wastes in Two up Flow Submerget Filters, Wat. Sci. Tec., 26, 11 (1992) 2225-2228.
26. Yoshida, Y. and Kimata, M., Distribution of Marine Nitrifying Bacteria and the Role Played by Them in the Offshore Region, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 27, 6 (1967) 578-585.
27. D'elia, C.F., Harding, L.W., Leffler, M. and Mackiernan, G.B., The Role and Control of Nutrients in Chesapeake Bay, Water Sciences and Technology, 26, 12 (1992) 2635-2644.
28. Karadanelli, M., Moriki, A., Faridis, E. and Karydis, M., Annual Pattern of Heterotrophic Bacteria and Phytoplankton in a Nitrogen Rich Coastal System, Rapp. Comm. Int. Mer. Medit., 33 (1992) 198-199.
29. Gross, M.G., Oceanography A View of the Earth, Third Edition, Prentice Hall, London, 1982.
30. Brockmann, U.H., Laane, R.W.P.M. and Postma, H., Cycling Nutrient Elements in the North Sea, Netherlands Journal of Sea Research, 26, 4 (1990) 239-264.
31. Solorzano, L., Chemical Investigation of Loch Etive Scotland, Inorganic Nutrients and Pigments, J. Exp. Mar. Bio. Ecol., 29 (1977) 44-46.

32. Solorzano, L., Chemical Investigation of Loch Etive Scotland. Inorganic Nutrients, Dissolved Organic Compounds and Pigments, J. Exp. Mar. Bio. Ecol., 40 (1979) 1-25.
33. Balkas, T., Karadeniz Bölgesinin Deniz Çevresindeki Durumu, FAO ve IDC Ortak Çalışması, Paris, 1990.
34. Atac, U., Karadeniz Bölgesinde Su Kirliliğine Neden Olan Faktörlerin Belirlenmesi ve Su Ürünlerine Etkisinin Araştırılması Projesi, T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Trabzon Su ürünleri Araştırma Ens., Trabzon, 1993.
35. Kuznetsov, S.I., Microflora of Lakes, University of Texas, Austin, 1970.
36. Yalçın, N. ve Sevinç, V., Sapanca Gölüne Besin Maddesi Yüklenmesi ve Gölün Trofik Durumu, Doğa Mühendislik ve Çevre Bilimleri, 17 (1993) 289-296.
37. Mancy, K.H., Instrumental Analysis for Water Pollution Control, Ann Arbor Science, Michigan, 48, 1977.
38. Boyd, C.E., Water Quality in Warmwater Fish Ponds, First Printing, Auburn University Agricultural Experiment Station, USA, 1979.
39. APHA, AWWA, WPCF, Standart Methods for the Examination of Water and Waste Water, 16 ed. , New York D.C., 1985.
40. Drews, G., Mikrobiologisches Praktikum, Springer Verlag, Heidelberg- New York, 1976.
41. Olds, R.J., A Colour Atlas of Microbiology, Wolfe Medical Books, London, 1975.
42. Rodina, A.G., Methods in Aquatic Microbiology, University Park Press, Baltimore and Butterworths, London, 1972.

43. Garchow, H.L., Nitrifying Bacteria Used to Determine Water Quality of Marinas, Master Thesis, Central Michigan University, Michigan, 1990.



EKLER

EK 1

WINOGRADSKY MEDIUM MODIFIKASYON 1

Na_2HPO_4	13.5 g
KH_2PO_4	0.7 g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	0.1 g
NaHCO_3	0.5 g
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	2.5 g
$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	14.4 mg
$\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	18.4 mg
Distile su	1000 ml

WINOGRADSKY MEDIUM 2

NaNO_2	1.0 g
Na_2CO_3	1.0 g
NaCl	0.5 g
K_2HPO_4	0.5 g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	0.3 g
$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	0.4 g
Distile su	1000 ml

EK 2

GRIESS REAGENT

Cözeltinin Hazırlanması

α - Naphthylamine 1 g, sulfanilik asit 10 g, tartarik asit 89 g porselen havanda iyice karıştırılır. Herhangi bir etkileşime engel olmak için, karanlık ve kapaklı şisede, en fazla 3 deneme yapılacak kadar saklanır.

Cözeltinin Kullanımı

Kullanım esnasında küçük tüplere 7-10 mg kadar kuru reagent konur. Üzerine inkübasyonu tamamlanmış örneklerden 4-5 damla ilave edilir.

Eğer örnekte nitrit mevcutsa; renk değişimi gözlenir. Süre renk değişiminde oldukça karakteristiktir. Tayin edilecek örnek en fazla 5 dakika içinde reaksiyona girer ve renk pembeleşir. Rengin koyuluğuna göre bakterilerin varlığına karar verilir.

DIPHENYLAMINE + %2 NaCl ÇÖZELTİSİ

Cözeltinin Hazırlanması

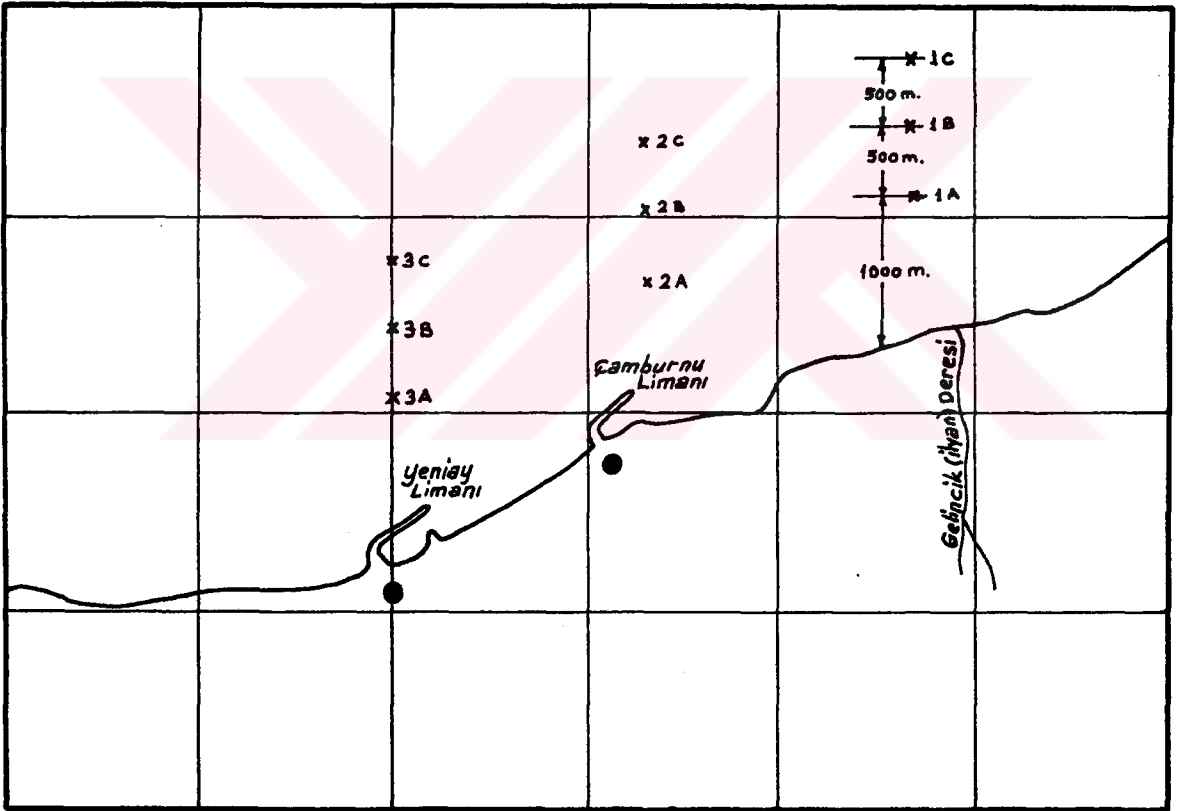
Sülfirik asitle hazırlanmış % 0.017' lik difenilamin çözeltisi nitrat varlığını tespit etmek için kullanılır. Bunun için saf derişik H_2SO_4 kullanılır. Çünkü ticari sülfirik asitler iz miktarlarda bile olsa nitrik asit içermektedir.

Çözelti hazırlanırken 170 mg saf kristal difenilamin, 50-100 ml H_2SO_4 ile karıştırılır. Sonra 150 ml distile su eklenir. Difenilamin tamamen çözündükten sonra balon joje içindeki muhteviyat 1000 ml'ye tamamlanır. Hazırlanan çözelti berrak olmalıdır. Çözelti karanlık ve kapaklı bir şisede muhafaza edilmelidir. Cözeltinin hassasiyeti 0.001 mg nitrat/1' dir.

Cözeltinin Kullanımı

Küçük tüplere 2 ml çözelti konulur. Üzerine inkübasyonunu tamamlamış örneklerden 1 ml ilave edilir. Önceden hazırlanmış %2'lik NaCl çözeltisinden 1 ml ilave edilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, NaCl çözeltisinin küçük tüplerin kenarlarından yavaşca damlatılmasıdır. Aksi taktirde tüpteki reaksiyon çok hızlı şekilde meydana gelir. Oluşan koyu lacivert, beyaz, açık mavi renk skalalarına göre bakterilerin varlığına karar verilir. Eğer renkler ayırd edilemeyecek kadar koyu ise çözelti 1/10 oranında seyreltilebilir. Ancak sonuçlar bu seyreltme dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

EK 3



1/5000 Ölçekli Haritada İstasyonların Yerleri

ÖZGEÇMİŞ

1970 yılında Ankara'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Ankara'da, lise öğrenimini ise 1986'da Trabzon Lisesi'nde tamamladı. Aynı yıl birincilikle girdiği KTÜ Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde öğrenimine başladı. 1990-1991 güz yarıyılında aynı bölümde Yüksek Lisans eğitimine başladı. Ağustos 1991 tarihinde Deniz Bilimleri Fakültesi'ne araştırma görevlisi olarak atandı. 1991-1992 güz döneminde Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine devam etti. Halen evli ve bir çocuk sahibidir.