

DENİZEL MİKROALG BİYOTOKSİNLERİ VE ETKİLERİ

Hilal AYDIN^{1*}, Serdar UZAR²

^{1,2}Celal Bayar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 45140 Manisa, TÜRKİYE

Özet: Dünya denizleri fitoplankton olarak adlandırılan sayısız bir hücreli algleri içerir. Bu küçük organizmaların bazıları su kolununda çoğalır ve ekosistemde çeşitli etkilere neden olurlar. Güçlü toksin üretimi, su kalitesi değişimi, kabuklu, balık ve insanlarda gözlenen zehirlenmeler bu etkilerden bazılarıdır. Bu çalışmanın amacı biyotoksinleri üreten mikroalglerin canlılar ve çevre üzerine olan etkilerinin değerlendirilmesidir.

Anahtar Kelimeler: *Biyotoksin, Toksik fitoplankton, Red-Tide.*

MARINE MICROALGAE BIOTOXINS AND THEIR EFFECTS

Abstract: The world's oceans include countless singled-celled algae called phytoplankton. Some of these tiny organisms bloom in water column and cause multiple impacts in ecosystem. Produce potent toxin, change water quality, shellfish, fish and human poisoning are some of these effects. The aim of this study is to consider the effects of toxin producing microalgae on living beings and environment.

Keywords: *Biotoxin, Toxic Phytoplankton, Red-Tide.*

***Sorumlu yazar**

hilalgencay@yahoo.com

1. GİRİŞ

Deniz ve tatlı sularda fitoplankton olarak adlandırılan bir hücreli mikroskobik algler ilkbahar sonları ve sonbahar başları arasındaki ani ısınma periyodu sırasında, kapalı, yarı kapalı koy ve körfezlerde oluşan ötrofikasyon sonucu litrede 10^5 - 10^6 hücre sayısına ulaşarak yapılarındaki pigment maddelerinden dolayı suda renk değişimine neden olurlar. Bu olay genel olarak **Red-Tide** adı ile anılmaktadır [1]. Şu ana kadar dünya denizlerinde 4000 denizel planktonik mikroalg türü kayıt edilmiş olup bunlardan 200 tür zararlı olarak tespit edilmiştir. Bunlar arasından öncelikle dinoflagellatlar olmak üzere yaklaşık 80 tür potansiyel olarak toksin üretme kapasitesine sahiptir [2,3]. Bu küçük organizmaların çoğalma veya red-tide etkileri insanların, balinaların, deniz memelilerinin ve diğer deniz hayvanların ölüm veya hastalıklarından, suların renk değişimi, köpük ve ölü balıklar ile kumsalların kirlenmesine kadar çok çeşitli ve yoğundur. Ayrıca birçok deniz organizmasının ergin formları kadar larva formlarına da etkileri, toksinlerin besin zinciri yoluyla taşınması gibi ekosisteme olan etkileri de görülmüştür [4].

Bazı alanlarda yüksek algal biyomas ile suyun renginin değiştiği bütün olayları tanımlamak için Red-Tide terimi kullanılmıştır. Bu terim zarara neden olmayan ama su renginin değiştiği birçok üremeyi içermediği ve çok düşük hücre yoğunluğundaki yüksek toksin içeren hücrelerin çoğalmasını kabul etmediği için yanıltıcıdır. Çoğu üreme olayı negatif etkilerle sonuçlanır. Çünkü tüketiciler tamamen güvenli deniz ürünlerini yemekten ve satın almaktan veya sahil bölgelerindeki turist ve ev sahipleri güvenli yüzmeye bağlı yanlış anlamlardan dolayı sahilleri kullanmaktan kaçınabilir. Bu karışıklıktan dolayı toksik veya zarara neden olan bu olayları tanımlamak için birçok ülkedeki bilim adamları ve hükümet elemanları tarafından “**zararlı alg üremeleri**” terimi kullanılmaktadır [4].

Zararlı mikroalg üremeleri “özellikle halk tarafından suyun gözle görülebilir şekilde renk değiştirmesi, köpük oluşması, balıkların veya omurgasızların ölümü veya insanlara yönelik toksisite gibi etkileri sayesinde doğrudan veya dolaylı olarak fark edilebilir olanlar” şeklinde de tarif edilmektedir [5].

Günümüzde deniz ve tatlı su ekosistemlerinde UNESCO/IOC-HAB (Birleşmiş Milletler, Uluslar arası Deniz ve Okyanuslar Topluluğu, Zararlı Alg Üremeleri Bürosu) kararı ile “**Zararlı Alg Aşırı Üremeleri**” genel adı ile sınıflandırılmaktadır [6].

Son yıllarda insanlarda toksik midye ve balık yenilmesine bağlı olarak yaklaşık 2000 zehirlenme vakası bildirilmiş, bunlardan %15’i ölümlü sonuçlanmıştır [7]. Dünya ve Türkiye denizlerinde son yıllarda sıklıkla gözlenen fitoplankton aşırı üreme olayları özellikle kıyısularda izleme çalışmalarının düzenli olarak yapılması ve acil önlemler alınması gerektiğini gözler önüne sermektedir.

2. ZARARLI MİKROALG ÜREMELERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Zararlı mikroalg üremelerini anlamada zararlı mikroalg çoğalmaları organizmalarının fizyolojisi, gelişmesi, davranışları, hayat döngüleri, komünite ilişkileri, insan etkileri ile ilişkileri (örneğin ötrofikasyon, kistlerin gemi suları ile taşınması vb.) ve çok geniş ölçekte kapsamlı oşinografik olaylarla ilgisinin anlaşılması önemlidir. Zararlı üremelerin oluşumunda gelişme özellikleri açısından zararlı türler arasında geniş çeşitlilik sağlanır [8].

Birçok zararlı mikroalg türünde karışık hayat döngüleri bulunur. Değişik faktörlerin karşılıklı ve sinerjik etkilerinin değişik ölçekleri, hayat formlarının dinamiklerini yönlendirir. Kist formu yığınlarının yoğunluğu, fotik zonda kistlerin çökmesinin nerede ve nasıl olduğuna, kist formların

populasyonuna bağlıdır. Kist formları, kalın duvarlı ve dirençlidir. Dinlenen bu kist formları, eşeyli üreme sonucu oluşmuşlardır [9]. Ama bu durum her kist oluşturan tür için geçerli değildir. Birçok zararlı alg türünün yaşam hikâyesi çok iyi aydınlatılmamıştır.

Sucul ortamda plankton süksesyonunda hidrodinamik olayların büyük önemi vardır. Bu, zararlı mikroalgleri de içerir. Bu olaylar mikroalgin taşınması ve göçü, fiziko-kimyasal çevrede değişiklikler (örneğin ışık ve nutrient değişimleri), alglerin çevreyle ilişkileri ve bireysel alg hücrelerinin üzerine direkt etkilerini içerir. Bu şartlar diğer planktonik organizmaları da etkiler. Türbülans, zararlı türlerin azalma ve üremesinde önemli etkiye sahiptir. Fitoplanktonu karıştırır, besleyici element ve otlayıcı organizmaları etkiler. Bazı türler türbülansın olumsuz etkilenirken bazı türlerin minimal türbülansın besleyici element artırıcı etki nedeni ile faydalanıp çoğalmalarını artırdıklarını görülmektedir. Aşırı çoğalmalar genelde upwelling alanlarında ve nehir ağızlarında oluşan doğal fenomenlerdir [8].

Aşırı üremelere etki eden insan aktivitelerinin rolünü şu örneklerle açıklayabiliriz. Yabancı türlerin gemilerin balast sularıyla farklı bölgelere taşınması [10,11] ve canlı midyelerin bir bölgeden diğerine taşınması [12]. Aşırı secici balık avcılığı sonucunda herbivorlar üzerinde otlama baskısının azalması [13,14] ve böylece fitoplankton üremelerinin desteklenmesi.

Son 50 yıl içerisinde insan aktiviteleri sonucunda denizlere ve nehir ağız sistemlere azot ve fosfor girdisinde önemli artışlar meydana geldi. Bunların sonucunda farklı kaynaklardan besleyici element yüklemesi, lağım atıkları, hava pollusyonunun transferi, tarımsal atıklar, besleyici element rezervlerinin kompozisyonu ve miktarını değiştirmesine neden oldu. Örneğin N, P, Si oranının değişmesi çoğu zararlı veya toksik olan ve silise bağımlı gelişimi olmayan

türlerin artışına neden oldu [15,16]. Amerikanın orta Atlantik kıyısındaki sularında yapılan araştırmalarda zararlı fitoplankton aşırı üremelerinin en çok ötrofikasyondan etkilenen bu bölgelerde meydana geldiği tespit edilmiştir. Dünya denizlerinin farklı kıyısındaki alanlarından da benzer etkiler gözlenmektedir [17].

3. ZARARLI ÜREMELERİN ORGANİZMALARA ETKİ YOLLARI

a. Doğrudan Maruz Kalma

Organizmalar, mikroalgal hücreleri veya toksinleri içerek veya beslenme yolu ile yutarak toksinlere direkt olarak maruz kalabilir. Filtrasyonla beslenen zooplankton, sünger ve kabuklular, toksinli hücreleri su kolonundan direkt olarak alabilir ve çoğu toksinleri kaslarında biriktirebilir. Ayrıca toksik mikroalgleri avlayan planktivor balıklar toksinleri absorblar. Filtre ederek beslenme ve bu canlıları ayırt etmek, otlamada gerekli olmadığından bilinen ana mikroalgal toksinlerin çoğuna maruz kalmış olabilirler. Çoğu toksik siyanobakteriler suda yüzer ve su yüzeyinde çoğalabilir (örneğin *Planktrotrix*) veya eğer aerotoplalar (örneğin; *Microcystis*) mevcutsa su yüzeyinde birikebilir. Su da çoğalan birçok organizma böylece siyanobakterilerle temasa geçebilir. Bu organizmaları plankton, makrofit, pelajik ve bentik balık ve omurgasızları, litoral omurgasızlar, su kuşları, amfibi, sürüngen ve memeliler oluşturur. Ayrıca toksik siyanobakteriyal üremeler karasal organizmalarda yıkıcı etkiye sahip olabilir. Su yüzeyi boyunca yoğun köpük formunda ağır bir üreme yoksa zehirlenme genellikle meydana gelmez. Ilık havalarda siyanobakteriler gölün tam yüzeyine yayılabilmek için ince bir yüzey köpüğü formunda olabilir ve rüzgâr veya dalga hareketleri kıyı şeridi boyunca hücreleri yoğunlaştırabilir. Bu yüzden evcil veya doğal ortamda yaşayan hayvanlar su içmek için

yüzey altı suyla sınırlandırılır. Üreme yoğunluğu ve toksin içeriğine bağlı olarak, hayvanların birkaç mililitre ile litre arasında yutması akut veya letal toksisiteye neden olabilir [18].

Sayırsız toksik mikroalg hayat döngülerinin bir kısmı olarak sedimentte kist olarak kalırlar veya zorunlu faza sahiptir. Bazı durumlarda bu faz, serbest yüzen planktonik formlarından daha toksik olabilir [19]. Diğer bir şekilde, toksik hücreler veya absorbe toksinler dibe doğru çökebilir, bentik organizmalar tarafından tüketilebilir ve sonra besin zinciri içerisinde dönebilir. Örneğin *Alexandrium* sp. kistleri vejetatif hücrelerinden 10 kat daha toksiktir. Yeni oluştuğunda kistler vejetatif formlarından 1000 kat daha toksiktir. Eğer sediment beslenme süresince filtre edilirse, kabuklular sürekli toksinlerin yüksek seviyelerine maruz kalabilir [18].

Aktif büyüme sırasında, çoğu mikroalg çevresine ekstrasellüler (hücre dışı) toksinler gibi sıvı madde salgırlar ve bunlardan diğer organizmalar etkilenebilir. Örneğin dinoflagellatlardan *Karenia mikimotoi*, *Prorocentrum lima* ve *Prymnesium parvum* türleri eksotoksiner veya ekstrasellüler biyoaktif toksinler üretirler. Mikroalgler tarafından salgılanan mikrotoksiner ve sudaki toksinlerin uzun süre dayanmaları sabitliklerini etkileyen temel fizikokimyasal özelliklerle saptanabilir. Eğer suyun geniş bir kısmı toksinleri seyreltiyorsa, sulanmış yapıdaki toksinlerin salınması her zaman organizmaları korkutucu şekilde zehirli olmayabilir.

Birçok organizma, hem hücre yüzeyinden salgılanan mikroalgal toksinler bulunması hem de organizmanın deri ve solungaçlarına sızdığında mekanik zarara neden olması şeklinde, mikroalgler ile direkt hücre-hücre etkileşimi yoluyla etkileşebilir.

Bazı diatom türleri, örneğin *Chaetoceros concavicornis*, *C. convolutus*, *Skeletonema costatum* ve *Rhizosolenia chunii* seta, diken

ve çıkıntılar sayesinde balık ve kabuklu solungaçlarında görülen solunumu zayıflatan mekanik etkiye, ölüme neden olur. Örneğin siyanobakteri filament veya kolonileri kladoserlerin süzme hareketlerini engelleyerek ve besinleri reddetmesine neden olarak beslenme oranını azalttığı görülmüştür. Örneğin saksitoksin kopepodlar tarafından ortamda fark edildiği ve beslenmede caydırıcı olduğu kanıtlanmıştır.

Normal koşullar altında, intraselüler (hücre içi) toksin üreten birçok tür çevrelerine az toksin salgırlar. Stresli koşullar altında (örneğin tuzluluk değişimi, rüzgâr hareketleri ve akıntı) zararlı alg üremeleri hücreleri parçalayacak toksinler salgırlar. Bundan dolayı ortamda stres yaratacak kimyasallar, çevreye toksin salgılanmasına ve akuatik organizmalarda zararlılara neden olur [18].

b. Dolaylı Maruz Kalma

Biyotoksiner, organizmalara toksik mikroalglerle maruz kalınması veya toksinleri bünyesinde biriktirmiş diğer organizmaları tükettiğinde besinlerle taşınır. Mikroalglerle beslenen zooplanktonik organizmalar, toksinleri vücutlarında biriktirerek besin zincirinin bir üst basamağındaki zooplanktivorlara geçişini sağlar. Toksinler bu canlılardan da besin zincirinin en üst seviyesinde bulunan insanlara geçer. Bazı mikroalgler kabuklularda toplanan özel toksinler üretirler: amnesik kabuklu zehirleri, diaretik kabuklu zehirleri, paralitk kabuklu zehirleri, nörotoksik kabuklu zehirleri, azaspirasit kabuklu zehirleri. Ayrıca bu toksinler besin zincirindeki transfer yoluyla yüksek seviyedeki avcılarını etkiler.

Bazı ciguatera toksinleri birikirler ve bazıları toksik epifitik dinoflagellatların herbivorlar, herbivorlarda diğer karnivor balıklar tarafından tüketilmesiyle, son olarak da ciguateralı karnivorları tüketen insanlara birikerek taşınır. Bentik dinoflagellatlarda bulunan toksinler bu dinoflagellatlarla beslenen balıklara ve dolayısıyla besin

zincirinin bir üst kademesindeki balıklarla beslenen insanlara taşınır[18].

4. BİYOTOKSİNLER VE ETKİLERİ

Zararlı alg üremelerinin bazılarında aşırı üreme gösteren mikroalg türüne bağlı olarak çeşitli zehirler sentezlenmektedir. Bu zehirler tatlı-acı su ve deniz türlerinde farklı özellikler sergilemelerine rağmen tümü sıcaklığa dayanıklı bileşikler olup pişirme sıcaklığında bozunmazlar [6].

Denizlerde zehirli mikroalg üremeleri sırasında Amnesik kabuklu zehirlenmesi (ASP), Paralitik kabuklu zehirlenmesi (PSP), Nörotoksik kabuklu zehirlenmesi (NSP), Diaretik kabuklu zehirlenmesi (DSP), Ciguatera balık zehirlenmesi (CFP), Azaspirasid kabuklu zehirlenmesi (AZP), Venerupin kabuklu zehirlenmesi (VSP), Cyanobakterial toksinler genel adları altında yer alan zehirler sentezlenmiş olup, PSP bütün dünyada en geniş yayılım alanına sahip olan kabuklu zehridir.

a.Amnesik Kabuklu Zehirlenmesi (ASP)

Amnesik kabuklu zehirlenmesi (ASP) ismini zehirlenme semptomlarından birinin hafıza kaybı olmasından alır. ASP, ilk kez 1987'de Kanada'nın doğu sahilinde Prens Edward adasında mavi midye (*Mytilus edulis*) zehirlenmesini takiben 100 akut zehirlenme vakasına ve birkaç insanın ölmesine sebep olan çok ciddi bir olay meydana geldikten sonra fark edildi. Bu zehirlenmenin sebebi pennat diatomlardan nörotoksin domoik asit üreten *Pseudo-nitzschia multiseriis* hakim olduğu bir çoğalmaya kadar gider [20]. Domoik asit; sinir sistemi içerisinde bulunan kainate alt tipinin glutamat reseptörlerine bağlanan, suda çözünebilir uyarıcı bir amino asittir [4].

Domoik asit insandaki semptomları hafif vakalarda 3-5 saat sonra bulantı, kusma, diare

ve karın bölgesinde kramplardır. Ekstrem vakalarda ise derin acıya karşı azalan duyarlılık, baş dönmesi, halüsinasyonlar, kısa süreli hafıza kaybı ve nöbetlerdir [21]. Bunun yanında şaşkınlık, zayıflama, bitkinlik, koma gibi nörolojik gastrik stres, gastrik kanama gibi gastrointestinal etkileri vardır. Yeni doğan, yaşlı ve böbrek fonksiyonları yavaşlamış bireylerin, ASP ile olan ölüm ve hafıza kaybı durumlarında yüksek risk grupları olduğu hesaba katılmalıdır [4]. Tanımlanmış herhangi bir tedavi yoktur [21].

Lundholm ve arkadaşları diatom *Pseudo-nitzschia seriata* türünün de aynı zamanda *Pseudo-nitzschia multiseriis* türünde gözlemlenen benzer seviyede domoik asit ürettiklerini gösterdiler [20].

b.Paralitik Kabuklu Zehirlenmesi (PSP)

Paralitik kabuklu zehirlenmesi (PSP) tüm kabuklu zehirlenmeleri içinde muhtemelen en bilinenidir [22]. PSP'nin görülmesi dinoflagellat üremesi ve dağılımı, yüksek hücre konsantrasyonlarının artmasına izin veren çevre şartları, populasyonun toksisitesi, toksisitenin seviyesi, bivalv dağılımı, bivalvler tarafından toksinin alınımında ve birikiminde farklılıkları kapsayan bir seri faktör ile ilişkilidir [21].

PSP'ye saksitoksinler, neosaksitoksinler, gonyautoksin 1-8, epigonyautoksin, C3 ve C4 şeklinde 18 farklı toksinin bir veya birkaçı sebep olur. Bu toksinler çoğu zaman hep birlikte PSP toksinleri şeklinde ifade edilir. Bu 18 toksinden oluşan saksitoksin grubu besin zinciri yoluyla insanlara kadar gelen deniz kabukluları yoluyla etkili bir nöromuskular bloke edici bir ajandır.

Bazı PSP toksin türevleri oldukça yüksek toksisiteye sahiptir (memelilerde sodyum kanalını bloke eden maddeler olarak) ve saksitoksin (STX), neosaksitoksin (NEO) ve gonyautoksin (GTX1, GTX2, GTX3, GTX4) gibi karbamat toksinleri içerir. Dekarbamoil

analogları (dcSTX, dcNEO, dcGTX1, dcGTX2, dcGTX3, dcGTX4) ve deoksikarbamoil analogları (doSTX, doGTX2, doGTX3) orta derecede toksisiteye sahiptir. En az toksisiteye ise N-sülfocarbamoil toksinleri (B1(GTX5), B2(GTX6), C1, C2, C3, C4) sahiptir [4].

Bu tür kabuklu hayvan zehirlenmesi adalesel felce ve şiddetli vakalarda da solunum sistemi felci ile ölümlere sebep olur. Gerçekleşen sendromlar kontamine deniz kabuklularında bulunan toksinlerin kabukludaki kısımlarına, metabolizmasına ve saklanma koşullarında olduğu kadar, mikroalgler tarafından üretilen toksinlerin tipine de bağlı olduğu görülür [4].

Bivalvlerde PSP toksininin dağılımı türler ve bireyler arasında çeşitlidir. Genel olarak bivalvlerde toksisite birikimine neden olana doğru *Alexandrium tamarense*, *A. catenella* > *A. fundyense* > *Gymnodinium catenatum* > *A. minutum* ve *Pyrodinium bahamense* olarak sıralayabiliriz. PSP toksinlerini *Alexandrium acatenella*, *A. catenella*, *A. fundyense*, *A. lucitanicum*, *A. minutum*, *A. tamarense*, *A. tamiyavanichii*, *Gymnodinium catenatum*, *Pyrodinium bahamense* var. *compresum* ve *Lingulodinium polyedrum* gibi dinoflagellat türleri üretmektedir [21].

PSP toksinleri, kabukluların bağırsak ve dokularında birikerek insanları zehirlenmektedir. Hafif vakalarda dudak çevresinden boyuna ve yüze yayılan titreme ya da uyuşma, baş ağrısı, bulantı, kusma, karın ağrısı ve diare görülür. Ekstrem vakalarda adale uyuşması, solunum güçlüğü ile solunum yetersizliğine bağlı olarak 2-24 saat içinde ölüm gerçekleşebilir. Mide yıkanması solunum desteğine ihtiyaç duyularak tedavi gerçekleştirilebilir. Bazı nörolojik semptomlar 2 haftaya kadar uzayabilir [22].

Kabuklu deniz hayvanları tüketici insanlar için olağan bir PSP taşıyıcısıdır. Bununla

beraber eklembacaklı sert kabuklularda aynı zamanda toksinleri biriktirebilir. Istakozlar toksinleri etten ziyade öncelikle hepatopankreastan alırlar. Istakoz larvalarının PSP toksinlerine duyarlı olduğu görülmektedir fakat birçok balık larvasının bu toksinlere karşı hassas olduğu gösterilmiştir. PSP toksinleri üreme zamanında zooplankton da ve ölü veya hastalıklı balıkların bağırsaklarında bulunmuştur. Aynı zamanda arada sırada etkilenmiş balıkların kaslarında bazı PSP toksinleri bulundu ve PSP toksinlerinin deniz memelilerinin ölümlerine sebep olabilecekleri konusunda ikinci derecede deliller de vardır. PSP toksinlerinin deniz gıda ağı üzerinde yarı ölümcül etkileri olduğu da kaydedilmiştir. Birçok çalışma kopepodların PSP içeren fitoplankton otlama oranlarının azaldığını göstermiştir [20].

c. Nörotoksik Kabuklu Zehirlenmesi (NSP)

Nörotoksik Kabuklu Zehirlenmesi (NSP), Kuzey Amerika'nın güney sahili boyunca ve Meksiko Körfezinde ciddi bir sorundur. Bununla beraber suçlu organizma dünyanın başka bölgelerinde de kaydedilmiştir. İlk kez 1993 yılında Yeni Zelanda sularında yerel halktaki solunum yolu sorunları salgınıyla eş zamanlı olarak kaydedilmiştir [20]. Brevetoksin ile ilişkili olan NSP, Meksika körfezi, Amerika'nın doğusu ve Yeni Zelanda tarafından bildirilmiştir ve esas olarak *Gymnodinium breve* ve *Gymnodinium* spp.'nin toksinleri tarafından üretilmektedir [21].

Dinoflagellat *Gymnodinium breve* üremesi felç edici değil ama nörolojik semptomlarla karakterize olan insan zehirlenmesiyle bağlantılıdır [4]. Brevetoksinler güçlü poliyeter nörotoksinlerdir [20].

İki tip insan zehirlenmesi kaydedilmektedir: biri deride batma hissi sıcak ve soğuk hissin değişmesine, mide bulantısına, ataksiye ve

diyareye sebep olur; diğer formu üst solunum yolu sıkıntısı veya göz tahrişi ile karakterizedir [20]. NSP, en fazla görülen kabuklu zehirlenmelerinden PSP ve DSP kadar büyük rol oynamaktadır [21]. Hafif vakalarda baş dönmesi, mide bulantısı, kusma görülürken, ekstrem vakalarda 3-6 saat içinde baş ağrısı, adale gevşemesi, adale ağrıları, mide bulantısı, uyuşma, sıcak ve soğucu karıştırma, nefes zorluğu, çift görme, konuşma ve yutkunma zorluğu gibi belirtileri vardır [23].

Brevetoksinler insanlarda zehirlenmelere yol açmalarının yanı sıra deniz organizmalarını da etkiler ve deniz memelilerinde birçok ölüm olaylarına sebep olurlar [20].

Gymnodinium türlerinin toksinleri vücuttan atılımı çok yavaş olur. Yeni Zelanda’da midye kültürü yapılan alanlarda *Gymnodinium* türlerinin ortamdaki yok olmasından 2 ay sonra bile toksisitenin midyelerde kalabildiği görülmüştür. *Gymnodinium* türlerine maruz kalan kabukluların tüketimi sonucu birçok insanda nörolojik ve gastrointestinal semptomlar görülmüştür [23].

d. Diaretik Kabuklu Zehirlenmesi (DSP)

Diaretik Kabuklu Zehirlenmesi (DSP), ilk kez 1976 yılında Japonya’da ortaya çıkarıldı. Bununla beraber DSP olayları kesinlikle daha önce meydana gelmiştir ve muhtemelen bakteriyel gastrointestinal enfeksiyonların sebep olduğu düşünülmüştür [20].

DSP tipi zehirler son yıllarda *Dinophysis* ve *Prorocentrum* aşırı üremeleri sırasında dikkat çekmiştir. Denizlerde dinoflagellatlar tarafından oluşturulan okadaik asit, yağda çözünen tipte olup, *Prorocentrum lima* aşırı üremeleri sırasında saptanmıştır. Bu zehrin bir tipi olan metil okadaik asite, *Dinophysis fortii* aşırı üremeleri sırasında rastlanmaktadır. Bu formunda ani ishal vakalarına sebep olduğu hakkında gözlemler bulunmakta ve uzun

sürelili etkileşim halinde kanserojen olduklarına dair gözlemler vardır [4].

Kabuklulardaki polieter DSP toksinleri, okadaik asit grup (OA, *Dinophysis* toksinleri DTX1, DTX2, DTX4 ve akil türevleri DTX3), pektenotoksin (PTX) ve yessotoksin (YTX) içerir. Pectenotoksinler *Dinophysis* türleri tarafından, yessotoksinler *Prorocentrum reticulatum* tarafından üretilir [4].

Sadece okadaik asit grupları direkt etkilere sahiptir. Bugüne kadar pektenotoksin ve yessotoksin kaynaklı insan zehirlenmeleri rapor edilmemiştir. Bütün ülkelerde yessotoksin ve pektenotoksin için aktif etken değer yoktur. Ama Avrupa yakın zamanda kanıtlanmış limitleri hesaba katmaktadır. Okadaik asit ve DTX1, protein fosfatının etkin inhibitörüdür ve tümör oluşturuca aktiviteye sahiptir.

DSP’nin semptomları arasında karın ağrısı, mide bulantısı, kusma ve ishal vardır. Doğrudan DSP’ye atfedilmiş hiçbir ölüm kaydedilmemiştir. Bununla beraber Siganuma ve arkadaşları (1988) DSP ile bağlantılı bazı toksinlerin mide tümörlerinin gelişimini artırdığını bildirmiştir.

Hafif vakalarda 30 dakikadan birkaç saate kadar diyare, bulantı, kusma ve abdominal bölgede ağrı görülür. Ekstrem vakalarda ise bağırsakta birikir ve tümör kanser riski vardır. Tedavi olmadan hastalar 3 gün sonra iyileşir ama zehir kalır [22].

Midye vücudunda tespit edilen okadaik asit DSP’ye neden olan baskın biyotoksin olduğu gibi okadaik asit türevleri aynı zamanda pektenotoksin, yessotoksin ve ihtiyotoksin etkilere de sahiptir. 91/492 EEC insan tüketimi için kabuklu standartlarına göre DSP toksinlerinin kabuklularda olmaması gerekmektedir [21].

e. Azaspirasit Kabuklu Zehirlenmesi (AZP)

1995 yılında Hollanda'da bir kabuklu zehirlenmesi olayı toksik midye (*Mytilus edulis*) tüketilmesiyle gerçekleşti ve 8 insanda gastrointestinal hastalıklara neden oldu. İkinci kabuklu zehirlenmesi İrlanda'nın kuzey batı sahillerindeki Arranmore'da ve bu toksinden etkilenen 12 kişidir. Bu sadece İrlanda'da izlenmiş ve sonuç olarak toksine maruz kalmış İrlanda midyeleriyle beslenen bazı Avrupa ülkeleri Hollanda (1995), İtalya ve Fransa (1998)'da insanlarda toksisiteye neden olmuştur. Azaspirasidin biyoorijini *Protoperidinium crassipes* türünde bulunmaktadır [24].

Azaspirasit (AZ-1)'in metil ve dimetil analogları olan ve İrlanda, İngiltere ve Norveç'in bulunduğu bazı Avrupa sahillerinde midyelerde tanımlanan AZ-2 ve AZ-3 Azaspirasit kabuklu zehirlenmesine neden olduğu tespit edilmiştir [4].

İnsan sağlığı için ciddi riskler taşıyan AZP terimi yeni tanımlanmıştır. Kusma, bulantı, diare ve karın krampları gibi bütün semptomları, DSP semptomlarına benzer. Akutik organizmalara olan etkileri çok açık değildir [4].

f. Venerupin Kabuklu Zehirlenmesi (VSP)

Venerupin Kabuklu Zehirlenmesi (VSP), *Venerupis semidecussata* ve *Crassostrea gigas* türünün *Prorocentrum minimum* türünün ürettiği alanlardan toplanıp tüketilmesi sonucu Japonya'da görülmüştür. VSP ye neden olan *P. minimum* dünya çapında yayılmış durumdadır. Toksinleri kabuklular için patojeniktir. *P. minimum* ile ilgili kabuklu toksinleri Norveç'te *Mytilus edulis* türünde Portekiz'de *Cardium edule* ve *Venerupis decussatus* türlerinde, Kuzey Amerikanın kuzeydoğusunda *Mercenaria mercenaria* türünde de tespit edilmiştir.

Chesapeake Körfezi'nde görülen *P. minimum* üremeleri büyük çapta kabuklu ölümlerine neden olmuştur [21].

Son yıllarda Çin'in güneyinde *Prorocentrum* türlerine maruz kalan *Ostrea rivularis* türünde yoğun ölümler görülmüştür. Sindirim bezleri tarafından toksin emilmesi sonucu sistemik toksinler tespit edilmiştir. Damar içi trombilerin şekillenmesi ve kan sinüslerinin duvarlarını sarması ve hemolenf kanallarının çevresinde kan hücrelerinin birikmesiyle daha şiddetli lezyonlar görülmüştür. Bu patolojik sonuçlar Wikfors ve Smolowitz (1993) tarafından *C. virginica* türünde de görülmüştür [21].

Hepatotoksik VSP, *Exuviella (E. marie-labourae)* aşırı üremeleri sırasında saptanmıştır. Yapısı henüz bilinmemektedir. Gastrointestinal problemlere ve kanser tümörlerine neden olduğu düşünülmektedir [6].

g. Ciguatera Balık Zehirlenmesi (CFP)

Ciguatera zehirlenmesi yarı tropikal ve tropikal alanlarda yüzyıllardır bilinmektedir ve bazı alanlarda gittikçe büyüyen bir sorundur. Ciguatera, *Gambierdiscus* gibi bentik dinoflagellatlar ve muhtemelen *Ostreopsis siamensis*, *Coolia monotis*, *Prorocentrum lima* ve *Gambierdiscus toxicus* ilgili türler sebep olur. Toksinler besin zinciri yoluyla taşınırlar ve insanlara genellikle yüzgeçli balık tüketilmesi yoluyla ulaşır. Ciguatoksin ve brevetoksin arasında kimyasal benzerlik vardır ve bu her iki toksinin etkilerine, açıkça bulaşan organizmadaki sodyum iyonu akışındaki değişiklikler sebep olur. Ciguatera zehirlenmesiyle bağlantılı semptomların birçoğu NSP'yi andırır ve şiddetli vakalarda dolaşım çökmesinden veya solunum yapamamalarından ölüm meydana gelir. Ciguatoksinler aynı zamanda deniz memelilerinde ölümlere sebep olmaktadır [20].

CFP genel adıyla bilinen zehirler, tropik sularda yaşayan bentik dinoflagellat *Gambierdiscus toxicus* tarafından sentezlenen tehlikeli ve yağda çözünen zehirlerdir. Ciguatoksinlerin scaritoksin ve maiotoksin gibi varyantları bulunmuştur [6].

İnsanlarda ve evcil hayvanlarda gerçekleşen ciguatera toksisitesinin nedeni *Gambierdiscus toxicus*, *Ostreopsis siamensis*, *Prorocentrum lima* türlerinin ürettiği etkili nörotoksinlerdir. Bu toksinler mercan resiflerindeki algler üzerindeki küçük balıklar, alabalık, uskumru, yılanbalığı, gibi predatörlerin organlarında besin zinciri yoluyla birikirler [22].

Hafif vakalarda diare, mide ve sırt ağrısı, mide bulantısı, kusma, baş dönmesi, ekstrem vakalarda uyuşma, titreme, sıcak ve soğuk duyularının yer değiştirmesi, denge kaybı, düşük nabız, tansiyonda düşme, kızarıklıklar ve solunum durmasıyla ölüm gerçekleşir. Kalsiyum mannitol semptomları ortadan kaldırabilir. Ancak antitoksini veya spesifik bir tedavisi yoktur. Tam iyileşme aylarca hatta yıllarca sürebilir [22].

h. Cyanobakterial Toksinler

Deniz ve tatlı sularda zehirli cinsler olan *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Coelosphaerium*, *Gloeotrichia*, *Lyngbea*, *Microcystis*, *Nodularia*, *Nostoc*, *Oscillatoria* halen moleküler yapısı tam olarak incelenmemiş zehirler içerirler. Ötrofik göl ve havuzlarda sıklıkla gözlenen *Anabaena flos-aquae* VFDF (very fast death factor) adı verilen anoksin A olarak isimlendirilmiş bir zehir içermektedir. Aynı zehirin B, C, D, türevleri saksitoksin ile birlikte *Anabaena flos-aquae* tarafından da sentezlendiği sanılmaktadır. Tatlı su ekosistemlerinde saptanmış olan önemli zehirli mikroalglerden biri de *Microcystis aeruginosa* türüdür. Bu mikroalg polipeptidlerden ibaret olan bir zehir sentezler. Halen kimyasal yapısı tam olarak açıklığa kavuşturulmamış olan bu zehir SDF (slow death factor) ve FDF (fast death factor)

genel isimleriyle anılmaktadır. Bunların mikrosistin ve nodularin adı altında hepatotoksik grup altında yer aldıkları saptanmıştır [6].

Tatlı ve acı sularda, öldürücü olan zehirlerin yanı sıra gastrointestinal rahatsızlıklara neden olan bazı zehirlerde sentezlenmektedir. *Coelosphaerium*, *Gloeotrichia*, *Lyngbya*, *Microcystis*, *Nodularia*, *Nostoc*, *Oscillatoria* türleri tarafından sentezlenen bu zehirler şiddetli ishal ve abdominal kramplara yol açacak düzeyde gaz sıkıntılarına neden olmaktadır. Özellikle içme sularının sağlandığı baraj ve havuzlarda bu türlerin üremesi halinde şehirlerde yaygın ishal olayları izlenebilmektedir. Ancak halen bu zehirlerin yapısı da açıklığa kavuşturulmamıştır. Bazı tatsız-acısu türleri ise *Lyngbya*, *Oscillatoria* doğrudan doğruya PSP tipi zehirler sentezleyebilirler [6].

5. DÜNYA VE TÜRKİYE DENİZLERİNDE ZARARLI ALG ÜREMESİNE NEDEN OLAN TÜRLER

Dünya sucul ekosistemlerinde aşırı üreyebilen planktonik ve bentik bir hücreliler bir bakteri cinsi *Chromatium* ve bir silyat cinsi olan *Mesodinium rubrum* dışında fitoplankton grubundan ibarettir [6].

Yapılan hesaplamalara göre dünya denizlerinde bilinen fitoplankton türlerinin % 5,5-6,7'sinin (yaklaşık 200 tür) zararlı üremelere sebep oldukları ortaya çıkarılmıştır. Bu türlerin yaklaşık yarısı dinoflagellattır. Sournia'nın analizinde zararlı üremelere sebep olma bakımından diatomlar en önemli ikinci algal sınıftır. Zararlı üremelerin hepsi toksik değildir ve Sournia dünyanın fitoplankton florasının sadece % 1,8- 1,9'unun şu ana kadar toksik olarak tanımlandığını tahmin etmiştir [25].

Çizelge.1 Mikroalgal toksinler ve meydana getirdikleri zehirlenmeler.

Sendrom	Toksin tipi	Türler	İnsanlardaki Semptomları
Paralize edici kabuklu zehirleri (PSP)	Saksitoksin, Neosaksitoksin, Gonyautoksin ve diğer türevleri	<i>Alexandrium andersoni</i> , <i>A. acatanella</i> , <i>A. catenella</i> , <i>A. cohorticula</i> , <i>A. minutum</i> , <i>A. tamaranse</i> , <i>A. tamiyavanichii</i> , <i>Gymnodinium catenatum</i> , <i>Pyrodinium bahamense</i> , <i>Lingulodinium polyedrum</i>	Başağrısı, baş dönmesi, bulantı, karıncalanma, felç
Diare edici kabuklu zehirleri (DSP)	Okadaik asit ve Dinophysis toksinleri, Pektenotoksin, Yessotoksin, İhtiyotoksin	<i>Dinophysis acuminata</i> , <i>D. acuta</i> , <i>D. caudata</i> , <i>D. fortii</i> , <i>D. mitra</i> , <i>D. norvegica</i> , <i>D. rapa</i> , <i>D. rotundata</i> , <i>D. tripos</i> , <i>D. sacculus</i> , <i>Prorocentrum delicatissima</i> , <i>P. arenarium</i> , <i>P. belizeanum</i> , <i>P. cassubicum</i> , <i>P. concavum</i> , <i>P. emarginatum</i> , <i>P. hoffmannianum</i> , <i>P. maculosum</i> , <i>P. lima</i> , <i>Protoceratium reticulatum</i>	Diare, bulantı, kusma, karın ağrısı, kronik kasılmalar
Neurotoksik kabuklu zehirleri (NSP)	Brevetoksin	<i>Gymnodinium breve</i> , <i>Pfiesteria piscicida</i> , <i>P. shumwayae</i>	Başağrısı, diare, kusma ve karın ağrısı, sinirlilik, terleme ve periferik karıncalanma
Amnezik Kabuklu Zehirleri (ASP)	Domoik asit,	<i>Pseudonitzschia australis</i> , <i>P. delicatissima</i> , <i>P. multiseriata</i> , <i>P. fraudulenta</i> , <i>P. multistriata</i> , <i>P. pungens</i> , <i>P. seriata</i> , <i>Nitzschia navis-varingica</i>	Bulantı, kusma, diare ve karın bölgesinde kramplar, derin acıya karşı azalan duyarlılık, baş dönmesi, halüsinasyonlar, kısa süreli hafıza kaybı ve nöbetler, şaşkınlık, zayıflama, bitkinlik, koma gibi nörolojik gastrik stres, gastrik kanama
Azaspirasit kabuklu Zehirlenmesi (AZP)	Azaspirasit	<i>Protoperdinium crassipes</i>	Kusma, bulantı, diare ve karın krampları
Ciguatera balık zehirlenmesi (CFP)	Skaritoksin ve Maiotoksin	<i>Gambierdiscus australes</i> , <i>G. pasificus</i> , <i>G. polynesiensis</i> , <i>G. toxicus</i> , <i>G. yasumotoi</i> , <i>Ostreopsis heptagona</i> , <i>Prorocentrum lima</i> , <i>Ostreopsis siamensis</i> , <i>Coolia monotis</i>	Diare, mide ve sırt ağrısı, mide bulantısı, kusma, baş dönmesi uyuşma, titreme, sıcak ve soğuk duyularının yer değiştirmesi, denge kaybı, düşük nabız, tansiyonda düşme, kızarıklıklar ve solunum durmasıyla ölüm
Venerupin Kabuklu Zehirlenmesi (VSP)		<i>Prorocentrum minimum</i>	Gastrointestinal problemler ve kanser tümörleri
Spirolit kabuklu toksini (SST)		<i>Alexandrium ostenfeldii</i>	İnsanlarda bilinen semptomları yoktur. Deneysel farelerde ani ölümler gözlenmiştir.
Cyanobakteriyel toksinler	Anoksin A B, C, D Saksitoksin Nodularin Mikrokinin	<i>Anabaena</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Coelosphaerium</i> , <i>Gloeotrichia</i> , <i>Lyngbea</i> , <i>Microcystis</i> , <i>Nodularia</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Oscillatoria</i>	Şiddetli diare ve abdominal kramplara yol açacak düzeyde gaz sıkıntıları

Bununla beraber o aynı zamanda son yıllarda birkaç yeni toksik tür bulunduğundan bu değerler eksik bir tahmin olabileceğini işaret eder. Toksik oldukları ortaya çıkarılmış türlerin yaklaşık % 75'i *Dinophyceae* sınıfına ve bunların da çoğu sırayla *Peridinales*, *Gymnodinales* ve *Dinophysales*'e aittir. Toksik üremeye sahip olma bakımından dört tür egemendir (*Alexandrium*, *Dinophysis*, *Gymnodinium* ve *Prorocentrum*) [20].

Ülkemizde aşırı mikroalg üremeleriyle ilgili çalışmaların daha ziyade denizlerde yoğunluk kazandığı görülmektedir. Ege Denizi'nin Türkiye kıyılarında balık ölümleri ilk kez W. Nümann (1955) tarafından rapor edildi. Acara ve Nalbantoğlu (1960) yılında bu olaya benzer bir olayın dinoflagellatlarca oluşturulduğuna dikkat çektiler. O günden beri esas olarak karasal girdilerle artan ötrofikasyona bağlı bir şekilde yaygınlaşan red-tide ve diğer zararlı mikroalg üremeleri her yıl medya mensupları ve Türk bilim adamlarınca gözlemlendi. Koray ve diğerleri (1992) tarafından yapılan çalışmada, İzmir Körfezi'nde fitoplankton üyelerinin yıllık süksesyon gösterdiği ve toplam fitoplankton biyomasının körfezin oligotrofik zonundan ötrofik zonuna doğru artış gösterdiği bildirilmiştir. Aynı çalışmada red-tide nedeni olarak dinoflagellatlardan *Prorocentrum micans*, *Noctiluca scintillans*, *Alexandrium minutum*, *Gonyaulax simplex* ve *Sciposella trochoidea* tespit edilmiştir [26]. Bir diğer çalışmada Red-tide sezonunda İzmir körfezinin birincil üretimine fitoplanktonun etkisi körfezin ötrofik karakterini belirleyici olarak yüksek değerler olan 7.8-17.26 gC/m²/gün olarak tespit edilmiştir [27]. Koray ve arkadaşları (1992d) tarafından belirtildiği gibi 15 mikroalg cinsi Ege ve Marmara denizlerinde aşırı üreyebilmekte ve bunlardan *Alexandrium minutum* zaman zaman zehirli olabilmektedir. Tatlı su ekosistemlerinde *Anabaena* spp., *Lyngbya* spp., *Microcystis* spp. ve *Oscillatoria* spp. türleri rapor edilmiş olmakla beraber bunlarla ilgili aşırı üremelere ve zehirlenmelere değinilmemiştir. İzmir

Körfezi'nde (Doğu Ege Denizi) PSP olaylarının varlığı ile ilgili belirgin deliller bulunmaktadır. PSP'ye bağlı balık ölümleri balıkçılar tarafından tüm vücut ve solungaçlarda aşikâr sarımsı bir renk oluşması ile karakterizedir. Toksikite gözlemlendiğinde *A. minutum* adedi litrede 6-10 milyon hücreyi geçmektedir. Bununla beraber İzmir körfezinde demersal ve pelajik balıklar anoksia semptomları da göstermektedir. Bu semptomlar ayrıca *Thalassiosira angustilineata*, *T. alleni* ve öglenoid *Eutroptiella gymnastica* zehirli olmayan aşırı mikroalg üremeleri sırasında geceleri gözlenmektedir. Buna bağlı hiperoksiya bazı deniz türleri için ayrıca bir diğer yüksek risk faktörüdür. Yukarıda özetlendiği gibi aşırı mikroalg üremelerinin bazı balıklar (kefaller, sardalya, hamsi ve kaya balıkları) üzerine etkileri sıklıkla gözlenmesine rağmen ölümler üzerine anoksia veya PSP nedeni solunum felcinden hangi faktörün gerçekte etkili olduğu ve organizmayı nasıl etkilediği pek bilinmemektedir [6].

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde aşırı mikroalg üremelerinin etkilerini en aza indirmek için yapılan çalışmalar sınırlı olmakla beraber yeterli değildir.

Zehirli veya zararlı mikroalg üremelerinin önceden tahmin edilebilmesi arzu edilmesine rağmen ortam koşullarının çeşitliliği nedeni ile mümkün olmamaktadır. Etkili bir kontrol programı için bölge hakkında coğrafik ve iklimsel değişimlerin yanında fiziksel, kimyasal, biyolojik durumları hakkında da temel bilgiler edinmek gerekmektedir. Öncelikle potansiyel toksik mikroalglerin oluşum zamanları yerlerini ve etkilerinin zaman içindeki gelişimini bilmek önemlidir. Zararlı mikroalg üreme kontrolü, zamanında ve yerinde örnekleme için plan yapmayı gerektirir. Bu durum örnekleme alanlarının ve istasyonlarının tanımlanması, örnekleme

sıklığı, algal örnekleme, algal türlerin saptanması ve sayımı gibi konuları içerir. Ek kontrol bilgilerinin kontrol edilebileceği yollar ise hidrografik parametrelerin düzenli olarak ölçümü (tuzluluk, sıcaklık, akım hızı, yön) ve biyolojik parametrelerle (oksijen, klorofil) yapılan gözlemlerdir. IOC (1991) tarafından önerilen örnekleme programı prensiplere göre aşırı üreme olaylarının takibinden önceki sıcaklık, ışık, ve klorofil-a üçlüsündedir. Bu değişkenler bilimsel araştırma için minimum gereksinimi karşılarlar. Daha detaylı araştırmalar içinse tuzluluk, albedo ve soğurulma, seki diski, amonyum, iz elementler (özellikle Fe), vitaminler (özellikle B12), primer prodüktüvite, otlama ve batma hızları ölçülmeli bakteri plankton tür tayinleri ve sayımları yapılmalı, kist oluşumu ve açılımı, kist açılımı, planktonun boy dağılımı incelenmelidir. Uydu görüntüleri, su kütlelerinin dağılımı ve hareketleri ve yüzey sularındaki alg biyomasları hakkında çok daha global bir kavrama imkanı verir. Uydu yolu ile gerçekleştirilecek izleme programlarında uyduların yüzeydeki su tabakasını sadece bir mm kalınlığını ölçebildiği için uydulardan alınan dijital fotoğraflar mutlaka yerinden alınmış plankton örnekleri ile desteklenmelidir. Nöstonik özellik gösteren *N. scintillas* gibi dinoflagellat aşırı üremelerinin gemiler tarafından bırakılan sintine suları ile karışabileceği hatırdan çıkarılmamalıdır. Sediment kayıtları da zamana ve yere bağlı bulunum durumları hakkında bilgi verebilir [23].

Zararlı üremeleri incelemenin asıl amacı sahil estetiği, halk sağlığı, balık kaynaklarının ve kültürünün korunması, ekosistem yapısının korunması gibi amaçlardır. Bunun için üremelerin dinamiğini etkileyen çok sayıda faktörün bilinmesi gerekir. Bu şekilde koruma ve önleme gerçekleştirilebilir. Meydana gelen aşırı fitoplankton üremelerini azaltma stratejileri; aşırı üreme zararlarından korunma, çevreye ve insan sağlığına olan zararları azaltma amaçlıdır. Zararlı mikroalg üreme olaylarının önceden tahmin edilmesi ve

önlemlerinin alınması üremelerin zararını azaltılabilir. Örneğin balık kafesleri, kültürleri emin yerlere nakledilebilir. Midyeler erken hasat edilebilir. Su kültürü için yerel sık rastlanan zararlı üreyen cinslere toleransı büyük türlerin kültürleri yapılabilir. Yerel aşırı üreme olaylarının sürekli ölçümlerle ve uygun modellerle önceden tahmini bu açıdan faydalı olur [23].

Türkiye ve dünya denizlerinde gözlenen zararlı-toksik fitoplankton türlerinin yaşam stratejilerinin, yayılma alanlarının ve bunlara etki eden faktörlerin araştırılması her şeyden önce ekosistemin ve bunun sonucunda insan sağlığına kadar uzanan etkinin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- [1] Özel, İ., Planktonoloji I, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:145 , İzmir, (2003).
- [2] Zingone, A. ve Enevoldsen, H.O., The diversity of harmful algal blooms: a challenge for science and management, *Ocean and Coastal Management*, 43, 725-748 (2000).
- [3] Smayda, J.S ve Reynolds, C.S, Strategies of marine dinoflagellate survival and some rules of assembly, *Journal of Sea Research*, 49, 95-106, (2003)
- [4] Anderson, M. D., Andersen, P., Bricelj, V. M., Cullen, J. J. Rensel, J. E. J, Monitoring and Management Strategies for HAB in Coastal Waters, IOC Technical Series No:59, Paris, 280s, (2001)
- [5] ICES, Report of the ICES special meeting on the causes, dynamics and effects of exceptional marine blooms and related events, international council meeting paper, E 62 mimeo, (1984).
- [6] Koray, T., Denizel Fitoplankton, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:32 , İzmir, (2002).
- [7] Mercedes, M. ve Esther, G., Harmful microalgae blooms HAB problematic and conditions that induce them, *Marine Pollution Bulletin* 53, 620-630, (2006).

- [8] IOC, The Global Ecology and Oceanography of Harmful Algae Blooms, Report from a joint IOC SCOR Workshop, Denmark, 40s, (1998).
- [9] Matsuoka K., Fukuyo, Y., *Technical Guide for Modern Dinoflagellate Cyst Study*, WESTPAC-HAB/WESTPAC/IOC.pp.29, (2000).
- [10] Hayes, K.R., Ecological risk assesment for balast water introductions, A suggested approach, ICES J.Mar.Sci., 55, 201-212, (1998).
- [11] Hallegraeff, G., Transport of toxic dinoflagellates via ships balast water: bioeconomic risk assessment and efficacy of possible balast water management strategies, Marine Ecology Progress Series, 168, 297-309, (1998).
- [12] Honjo, T., Imada, N., Oshima, Y., Maema, Y., Nagai, K., Matsuyama, Y., and Uchida, T., Potential transfer of *Heterocapsa circularisquana* with pearl oyster consignments. In Harmful Algae. Eds. Reguera b. Blanco j. Fernandez M. L. and Wyatt t. Xunta de galicia vigo, IOC-UNESCO, Paris 224-226, (1998).
- [13] Botsford, L. W., Castilla, J. C., and Peterson, C. H., The management of fisheries and marine ecosystems, Science, 277, 509-515, (1997).
- [14] Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R. ve Torres, F. Jr., Fishing down marine food webs, Science, 279, 860-863, (1998).
- [15] Schöllhorn, E.ve Graneli, E., Influence of different nitrogen to silica ratios and artificial mixing on the structure of a summer phytoplankton community from the swedish west coast (Gullmar Fjord), Journal of Sea Research, 35, 159-167, (1996).
- [16] Sanden, P. ve Hakanson, B., Long term trends in Secchii depth in the Baltic Sea, Limnol. Oceanogr., 41, 346-351, (1996).
- [17] Anderson, D.M., Burkholder, M. S., Cochlon, P. W., Glibert, P. M., Gobler, J. C., Heil, A. C., Kudela, M. R., Parsons, M. L., Rensel, J. E. J., Townsend, D.M., Trainer, V. L., Vargo, G. A., Harmful algal blooms and eutrophication .Examining linkages from selected coastal regions of the United States, Harmful Algae, 8, 39-53, (2008).
- [18] Landsberg, J. H., “The Effects of Harmful Algal Blooms on Aquatic Organisms”, Rewiev In Fisheries Science, 10 (2): 113-390, (2002).
- [19] Mons, M.N., Van Egmond, H.P. and Speijers, G. J. A., Paralytic shellfish poisoning: A review, RIVM Report 388802 005. June (1998).
- [20] Richardson K., Advences in Marine Ecology, vol. 31, Londra, 301-385, (1997).
- [21] Özhan, E. ve Alparslan, N., Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları 4. Ulusal Konferansı Bildiriler Kitabı, 1. cilt, İzmir, 15-19, (2002).
- [22]<http://www.fish.wa.gov.au/sf/brac/fhinfo/fhinf004.htm>
- [23] Özhan E., Türkiyenin Kıyı ve Deniz Alanları 2. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 98 Konferansı Bildiri Kitabı, Odtü, Ankara, 173- 181, (1998).
- [24] Kevin, J. J., Ambrose, F., Mary, L., Hane, R, Tore, A., Peter, H., Steven, M., Wendy, H., Masayuki, S., Takeshi, Y., First evidence of an extensive northern European distribution of azaspiracid poisoning (AZP) toxins in shellfish, Toxicon, 40, 909-915, (2002).
- [25] Sournia, A., Phytoplankton Manual, UNESCO, Paris.337s, (1978).
- [26] Koray, T., Büyükişık, B., Benli, H. A., Gökpınar, Ş., Phytoplankton blooming and zooplankton swarms in eutropheid zones of Aegean Sea (Izmir Bay), Rapp. Comm. int. Mer. Medit., 33, 257a, (1992).
- [27] Büyükişık, B., Koray, T., Parlak, H., The primary productivity of Izmir Bay in the red-tide season. (in Turkish), E. U. Fen Fak. Dergisi, Seri B, Ek16/1, 1161-1167, (1994).

Geliş Tarihi: 30/03/2009

Kabul Tarihi: 26/06/2009

