



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



Yüksek Lisans Tezi

**MARMARA DENİZİ YÜZEY SUYUNDAN İZOLE EDİLEN
ZARARLI ALG TÜRLERİNİN MORFOLOJİK ve MOLEKÜLER
KARAKTERİZASYONU**

Rabia SEZGİN

Biyoloji Anabilim Dalı

Hidrobiyoloji Programı

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Muharrem BALCI**

Aralık, 2022

İSTANBUL

Bu alışma, 20.12.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı, Hidrobiyoloji Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Muharrem BALCI (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Neslihan ÖZDELİCE
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Nüket SİVRİ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpařa
Mühendislik Fakültesi

İntihal Programı Beyanı

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Proje Destekleri

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin FYL-2021-37813 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Bu tez çalışmasına, 121Y389 ve 121G028 numaralı TÜBİTAK projelerinden burs ödeneği ve sarf malzeme desteği sağlanmıştır.

ÖNSÖZ

Bu tez projesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Hidrobiyoloji Anabilim Dalı Plankton Araştırma Laboratuvarı ve 121Y389 No'lu TÜBİTAK projesi ile kurulan Çevresel DNA (eDNA) Analiz Laboratuvarı alt yapıları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmam boyunca bana her konuda yardımcı olan ve beni destekleyen değerli hocam Doç. Dr. Muharrem BALCI'ya

Tez boyunca bilgi birikimleriyle her zaman yanımda olan Prof. Dr. Neslihan ÖZDELİCE, Prof. Dr. Hüsamettin BALKIS ve Öğr. Gör. Dr. Turgay DURMUŞ'a,

Arazi çalışmalarındaki destekleri ile Prof. Dr. Mustafa SARI'ya, laboratuvar imkanlarından yararlanmamı sağlayan Dr. Öğr. Üyesi Vahap ELDEM'e

Tez çalışmam sırasında desteklerini her zaman hissettiğim arkadaşlarım Aleyna Çağla ÇEBİ, Beyza MUTLU, Elif YÜCEDAĞ, Kübra KURT, Melisa BOZKURT ve Nurdan CÖMERT'e

Yaşadığım her zorlukta arkamda olduklarını bildiğim annem Süleybe SEZGİN, ablam Kübra KAYIKÇI, eniştem Bilal KAYIKÇI ve beni izlediğine inandığım babam Ahmet SEZGİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2022

Rabia SEZGİN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ.....	ix
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	x
ÖZET	xii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	12
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	18
3.1. ÇALIŞMA ALANI VE ÖRNEKLEMELER.....	18
3.2. TÜRLERİN MORFOLOJİK TAKSONOMİSİ	19
3.3. SAF HÜCRE KÜLTÜRLERİNİN OLUŞTURULMASI.....	20
3.4. KALIP DNA İZOLASYONU.....	21
3.5. DNA YOĞUNLUĞUNUN VE SAFLIK DERESESİNİN BELİRLENMESİ	22
3.6. POLİMERAZ ZİNCİR REAKSİYONU (PZR).....	22
3.7. AGARÖZ JEL ELEKTROFOREZİ	23
3.8. FİLOGENETİK ANALİZLER	24
4. BULGULAR.....	25
4.1. SAFLAŞTIRILAN ZAÇ TÜRLERİNİN SİSTEMATİK KARAKTERİZASYONU	25
4.2. DNA MİKTARI VE SAFLIK ORANI	29
4.3. PZR ANALİZİ SONUÇLARI	30
4.4. SAFLAŞTIRILAN ZAÇ TÜRLERİNİN FİLOGENETİK AĞAÇ VE DİZİ SONUÇLARI	32
4.4.1. <i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	32
4.4.2. <i>Cylindrotheca cf. closterium</i>	37
4.4.3. <i>Prorocentrum cordatum</i>	39
4.4.4. <i>Prorocentrum rhathymum</i>	42
4.4.5. <i>Amphidinium carterae</i>	45

4.4.6. <i>Biecheleria</i> sp	48
4.4.6. <i>Durinskia</i> sp.....	50
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	52
KAYNAKLAR.....	72
ÖZGEÇMİŞ	110



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1: Polimeraz zincir reaksiyonu (Nestorov ve diğ., 2013).....	7
Şekil 1.2: Ribozomal DNA. A: Ökaryotik hücre, B: Prokaryotik hücre (Lavrinienko ve diğ., 2021).....	8
Şekil 1.3: Monofiletik grup, B: Parafiletik grup, C: Polifiletik grup (Patrick ve diğ., 2009).....	9
Şekil 1.4: Filogenetik ağaç gösterimi (Freeman ve Herron, 1999).	9
Şekil 3.1: Örnekleme noktaları.....	19
Şekil 3.2: İ.Ü. Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji Anabilim Dalı Plankton Kültür Laboratuvarı.....	20
Şekil 3.3: Kuyucuk açılmış ve DNA yüklenmiş olan jel elektroforez.....	23
Şekil 4.1: HB-03-10-21 (<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>), HB-02-01-22 (<i>P. pungens</i>) ve HB-14-11-21 (<i>Cylindrotheca cf. closterium</i>) suşlarının ışık mikroskobu görüntüleri.....	25
Şekil 4.2: HB-08-04-21 ve HB-02-07-21 (<i>Prorocentrum cordatum</i>) suşlarının ışık mikroskobu görüntüleri.	26
Şekil 4.3: HB-11-10-21 (<i>Prorocentrum rhathymum</i>) suşunun ışık mikroskobu görüntüsü.....	26
Şekil 4.4: HB-03-08-21 (A: 1000X, B: 400X) ve HB-01-02-22 (A: 400X, B: 1000X büyütme) (<i>Amphidinium carterae</i>) suşlarının ışık mikroskobu görüntüsü.....	27
Şekil 4.5: HB-08-07-21 (<i>Biecheleria</i> sp.) (A: 400X, B:1000X büyütme) ve HB-06-04-21 (<i>Durinskia</i> sp.) suşlarının ışık mikroskobu görüntüleri.	28
Şekil 4.6: Monoalgal hücre kültürlerinin jel görüntüsü.....	31
Şekil 4.7: <i>Pseudo-nitzschia</i> dizilerinin ML/NJ analizi ile elde edilen filogenetik ağacı.....	34
Şekil 4.8: <i>Cylindrotheca</i> dizilerinin ML/NJ analizi ile elde edilen filogenetik ağacı.	38
Şekil 4.9: <i>Prorocentrum</i> dizilerinin ML/NJ analizi ile elde edilen filogenetik ağacı.	41
Şekil 4.10: <i>Prorocentrum</i> dizilerinin ML/NJ analizi ile elde edilen filogenetik ağacı.	43
Şekil 4.11: <i>Amphidinium</i> dizilerinin ML/NJ analizi ile elde edilen filogenetik ağacı.	47
Şekil 4.12: <i>Biecheleria</i> dizilerinin ML/NJ analizi ile elde edilen filogenetik ağacı.	49

Şekil 4.13: <i>Durinskia</i> dizilerinin ML/NJ analizi ile elde edilen filogenetik ağacı.	51
Şekil 5.1: Deniz türleri gri, tatlı su türleri siyah dallarla gösterilmiştir (Dodge, 1984, Horiguchi and Pienaar, 1991, Kreimer, 1999, Moestrup and Daugbjerg, 2007, Pienaar ve diğ., 2007, Takano ve diğ., 2008; Kretschmann ve diğ.,2017).	67
Şekil 5.2: 1: Tuğla şeklinde dizilmiş eyespot (e) (Moestrup ve diğ., 2009), 2: Apikal bölünme çizgisi (Hu ve diğ., 2022).	70



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1: Marmara Denizi'nde bulunan ZAÇ türlerinin listesi.	4
Tablo 2.1: Ehrenberg (1843), Hustedt (1930) ve Schiller (1933, 1937)'in Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'nda yaptıkları çalışmalarında rastladıkları mikroalg türleri.	13
Tablo 3.1: Marmara Denizi'nde örnekleme istasyonları, tür kodları, adları ve izolasyon tarihleri.	18
Tablo 3.2: PZR analizinde örnekler için kullanılan primerler.	22
Tablo 4.1: Çalışmada elde edilen türlerin boyut bilgisi.	29
Tablo 4.2: Monoalgal hücre kültürlerinin DNA miktarı ve saflık oranları.	30
Tablo 5.1: Çalışmada elde edilen türlerin şematik gösterimi.	52

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
----------	----------

%	: Yüzde
‰	: Binde
°C	: Santigrat Derece
'	: Üssü
cm	: Santimetre
g	: Gram
rpm:	: Dakidaki devir sayısı
ml	: Mililitre
ng	: Nanogram
nm	: Nanometre
µm	: Mikrometre
µl	: Mikrolitre

Kısaltmalar	Açıklama
-------------	----------

ASP	: Amnezik Kabuklu Deniz Ürünü Zehirlenmesi
BLAST	: Basic Local Alignment Search Tool
BSA	: Bovine serum albumin
Bp	: Baz çifti
ddH ₂ O	: Ultra saf su
Cox1	: Sitokrom c oksidaz 1
DA	: Domoik asit
DNA:	: Deoksiribo nükleik asit
DSP	: Diyaretik Kabuklu Deniz Ürünü Zehirlenmesi
EDTA	: Etilendiamin tetraasetik asit
HAB	: Harmful Algal Bloom
ITS	: İç ara bölgeleri
LSU	: Büyük alt birim
ML	: Yüksek olasılık analizi
NCBI	: Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi
NJ:	: Komşu-katılma analizi

NSP	: Nörotoksik Kabuklu Deniz Ürünü Zehirlenmesi
OA	: Okadaik asit
PSP	: Paralitik Kabuklu Deniz Ürünü Zehirlenmesi
PZR	: Polimeraz zincir reaksiyonu
rDNA	: Ribozomal DNA
RNA	: Ribonükleik asit
SSU	: Küçük alt birim
TAE	: Tris borik asit EDTA
WORMS	: Dünya Deniz Türleri Arşivi
ZAÇ	: Zararlı Alg Çoğalması



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MARMARA DENİZİ YÜZEY SUYUNDAN İZOLE EDİLEN ZARARLI ALG TÜRLERİNİN MORFOLOJİK ve MOLEKÜLER KARAKTERİZASYONU

Rabia SEZGİN

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Muharrem BALCI

Bu tez çalışmasında Marmara Denizi yüzey suyunda Nisan 2021 ile Şubat 2022 tarihleri arasında sekiz istasyonda zararlı alg türlerinin yenilikçi moleküler yöntemlerle teşhisleri gerçekleştirilmiştir. Yarı kapalı Marmara Denizi, çevresindeki hızlı nüfus artışı, endüstriyel faaliyetler ve bunlara bağlı olarak yüksek kirlilik yüküne doğrudan maruz kalmaktadır. Ortaya çıkan antropojenik atık yükü ile yüzey sularına karışan kirleticiler, besin tuzu oranlarında değişime neden olmaktadır. Besin girdisi ile hızla artan birincil üretim 2020-2021 yıllarında yaşanan müsilaj oluşumu gibi zararlı artışlara neden olabilmektedir. Normal şartlarda yüzey sularında daha az yoğunlukta bulunan toksik fitoplankton türleri, ortam koşullarının bozulmasıyla baskın hale gelerek diğer canlılar ve insanlar için zararlı olabilmektedir. Bu tez çalışmasında insan sağlığına da etki eden ve zararlı alg çoğalmasına (ZAÇ) neden olan fitoplankton türlerinin filogenetik analizlerle belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen filogenetik analizler sonucunda Bacillariophyceae sınıfından iki türe ait üç suş ve Dinophyceae sınıfından beş türe ait yedi suş olmak üzere toplam 10 mikroalg suşundan oluşan 7 tür tespit edilmiştir. İzole edilen iki *Pseudo-nitzschia* cinsine ait suşun %63 oranında *P. pungens*, bir *Cylindrotheca* suşunun %97 oranında *C. closterium*, üç *Prorocentrum* suşunun ikisinin %100 oranında *P. cordatum*, birinin %100 oranında *P. rhathymum*, iki *Amphidinium* suşunun %100 oranında *A. carterae* ile benzerlik gösterdiği bulunmuştur.

Çalışmada bulunan *Durinskia* sp. ve *Biecheleria* sp. suşlarının ise veri yetersizliğinden dolayı tür tayini yapılamamıştır. Çalışmada izole edilen *Prorocentrum rhathymum* Türk kıyı suları

için, *Durinskia* sp. Marmara Denizi için yeni kayıttır. *Pseudo-nitzschia* cinsi ise filogenetik olarak Türk kıyı sularından ikinci kez bildirilmiştir. Bu tez çalışması ile ayrıntılı morfolojik araştırmalarda gözden kaçmış veya yanlış tanımlanmış kriptik türlerin de varlığı gösterilmiş, biyoçeşitlilik ve taksonomi çalışmalarında yenilikçi moleküler yöntemlerin de kullanılmasının önemi ortaya çıkmıştır.

Aralık 2022, 125 sayfa.

Anahtar kelimeler: Mikroalg kültürü, zararlı mikroalg, filogenetik, moleküler taksonomi, Marmara Denizi



SUMMARY

M.Sc. THESIS

MORPHOLOGICAL and MOLECULAR CHARACTERIZATION of HARMFUL ALGAE SPECIES ISOLATED FROM the MARMARA SURFACE WATERS

Rabia SEZGİN

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

Department of Biology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Muharrem BALCI

Harmful algae species were identified by innovative molecular methods at eight stations in surface water of the Marmara Sea between April 2021 and February 2022. The semi-enclosed Sea of Marmara is directly exposed to rapid population growth, industrial activities and high pollution load as a result. The anthropogenic waste load and pollutants mixed with surface waters cause changes in nutrient salt ratios. Rapidly increasing primary production with nutrient input may cause harmful increases such as mucilage formation in 2020-2021. Toxic phytoplankton species, which are found in lower concentrations in surface waters under normal conditions, become dominant with the deterioration of environmental conditions and can be harmful to other living things and humans.

In this thesis, it is aimed to determine the phytoplankton species that affect human health and cause harmful algae overgrowth (HAB) by phylogenetic analysis. As a result of the phylogenetic analyzes carried out within the scope of the the study, 7 species consisting of a total of 10 microalgae strains, three strains belonging to two species from Bacillariophyceae and seven strains belonging to five species from Dinophyceae class, were determined. Of the two isolated *Pseudo-nitzschia* strains, 63% *P. pungens*, one *Cylindrotheca* strain 97% *C.*

closterium, two of the three *Prorocentrum* strains 100% *P. cordatum*, one 100% *P. rhathymum*, two *Amphidinium* strains 100% rate was found to be similar to *A. carterae*.

Durinskia sp. and *Biecheleria* sp. strains could not be determined due to unsufficient data. *Prorocentrum rhathymum* isolated in the study for Turkish coastal waters, *Durinskia* sp. is a new record for the Marmara Sea. The genus *Pseudo-nitzschia* was reported phylogenetically for the second time from Turkish coastal waters. The existence of cryptic species that have been overlooked or misidentified in detailed morphological studies has been shown, and the importance of using innovative molecular methods in biodiversity and taxonomy studies has emerged with this thesis.

December 2022, 125 pages.

Keywords: Microalgae culture, harmful microalgae, phylogenetic, molecular taxonomy, Sea of Marmara

1. GİRİŞ

Küresel ısınma ve beraberinde yaşanan iklim değişikliği, deniz ve kıyı ekosistemlerinin yapısını ve işleyişini büyük ölçüde değiştirmektedir. İklim değişikliği yüzey sularının ısınmasına, okyanus asitlenmesine ve dip sularında hipoksik koşulların oluşmasına neden olmaktadır (Gobler, 2020). Deniz yüzey sularının istikrarlı bir şekilde ısınması, tabakalaşmanın artması ve dikey su karışımlarının azalmasıyla birlikte besin ve ışık rejimlerinin değişmesine yol açmaktadır (Finkel ve diğ., 2010; Wells ve diğ., 2015; Brandenburg ve diğ., 2019; Seto ve diğ., 2019). Yüzey sularında kaydedilen bu ısınma, kıyısız alanlarda ve açık denizlerde yüzeyde inorganik besin miktarını sınırlayabilen termoklin tabakasının oluşumuna yol açmaktadır.

Yüzey sularına karışan evsel ve endüstriyel atık yükünün nüfus artışına paralel olarak artması sonucunda, deniz ve kıyı sularında yaşanan çevre kirliliği, günümüzde büyük bir küresel problem haline gelmiştir. Organik ve inorganik besin yükü açısından oldukça zengin tarımsal ve evsel atık sular ile endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan antropojenik kökenli kirleticiler, özellikle kıyısız bölgelerde ötrofikasyona neden olabilmektedir. Ötrofikasyon sonucu ise diğer ortam koşullarının da uygun olması halinde, aşırı alg artışları gözlenebilmektedir (Smith ve diğ., 1999; Berman ve Bronk, 2003; Heisler ve diğ., 2008). Kirliliğin yoğun olarak gözlemlendiği kıyısız alanlarda, birincil üretimin hızlı artışı sonucu oluşan ötrofikasyon, toplam mikroalg biyokütlesinin yaklaşık %90'nını oluşturan belirli bir fitoplankton türü veya grubunun baskın hale geldiği aşırı alg artışlarına neden olmaktadır (Aleksanin ve diğ., 2012). Çevresel riskler taşıyan aşırı alg artışlarında bazı fitoplankton grupları da baskın hale gelerek, sentezledikleri ve ortama saldıkları toksik organik bileşiklerle diğer canlılar üzerinde olumsuz etkiler gösterebilen artışlara (Zararlı Alg Çoğalmaları: ZAÇ/Harmful Algal Bloom: HAB) neden olurlar (Sellner ve diğ., 2003).

ZAÇ olayları etkilerine göre genel olarak iki gruba ayrılır. İlk grup, insanları ve diğer canlıları olumsuz etkileyen, güçlü toksinler veya kimyasal bileşikler üreten küçük bir fitoplankton topluluğunu içerir (Berdalet ve diğ., 2017a; Pitcher ve diğ., 2017; Glibert ve diğ., 2018). İkinci grup ise yüzey sularında ekolojik bozulmaya, hipoksi ve anoksiye yol açan, toksik olmayan fakat deniz canlıları üzerine olumsuz etkisi olan geniş bir fitoplankton topluluğu tarafından üretilen yoğun biyokütle artışını kapsar (Glibert ve Burford, 2017; Pitcher ve Jacinto, 2019).

Birçok mikroalg türü ZAÇ olaylarında baskın hale gelerek yüzey sularında estetik açıdan hoş olmayan renklenmeye neden olmasının yanında, balıkçılık ve turizm faaliyetlerinin yürütüldüğü kıyı sularında müsilaj ve köpük oluşumları gibi olumsuz etkiler de gösterir (Satta ve diğ., 2010; Escalera ve diğ., 2018). Yoğun algal biyokütle üretimi, deniz suyunda anoksik koşulların oluşmasına veya toksisiteye yol açtığı için balıkçılığı ve deniz ürünleri yetiştiriciliğini etkileyebilmektedir (Brand ve diğ., 2012). Suyu süzerek beslenen ve dokularında algal toksin biyobirikimi (biyoakümülyasyon) yapan kabuklu deniz hayvanlarının tüketiminin de insan sağlığı üzerinde ciddi etkilere sebep olması, deniz ürünleri yetiştiriciliği için de bir endişe kaynağıdır (Davidson ve Bresnan, 2009).

Fitoplankton (mikroalgler), deniz ekosisteminde besin zincirinin temelini oluşturan, organik maddenin en önemli üreticileri olan ve fotosentetik tek hücreli algler olarak adlandırılan, çevresel koşullarda meydana gelen fizikokimyasal değişimlere hızlı yanıt verebilme özellikleriyle su kalitesi izleme çalışmalarında gösterge (indikatör) organizma olarak kullanılan mikroskobik canlılardır (Ünlü ve diğ., 1972; Madigan ve diğ., 1999). Denizlerde mikroorganizmalar tarafından üretilen organik maddelerin, su kolonunda veya deniz yüzeyinde kümeleşmesi ile meydana gelen ve kirlenme sonucunda ortaya çıkan, devamında da daha sık aralıklarla veya yaygın bir şekilde görülmeye başlanan ZAÇ olayları kritik bir sorun olarak önümüze çıkmaktadır (Innamorati ve diğ., 2001; Mecozzi ve diğ., 2001).

Cramer ve diğ. (2018) tarafından yapılan çalışmaya göre, son yirmi yılda Akdeniz havzasındaki ortalama sıcaklık değerleri sanayi devrimi öncesi dönemden bu yana yaklaşık 1,4°C artış göstermiştir ve Akdeniz’de deniz seviyesi 6 cm yükselmiş, deniz suyu asitliği önemli ölçüde artmıştır. Ayrıca, Akdeniz ve Marmara Denizi’nde görülen müsilaj oluşumlarının küresel iklim değişikliğinin neden olduğu yüzey suyu ısınması ile ilişkili olabileceği de ileri sürülmüştür (Danovaro ve diğ., 2009). Bu bölgede son yıllarda deniz suyu sıcaklıklarının hissedilir şekilde arttığı (Altıok ve Kayışoğlu, 2015; Dökümcü, 2021) ve insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan antropojenik baskıların yoğun olduğu görülmektedir (Ediger ve diğ., 2016; Yüksek, 2016). Tüm bunların sonucunda Türkiye denizlerinde ilk olarak Marmara Denizi’nde gözlenen müsilaj oluşumu, İzmit ve Erdek körfezlerinde Ekim 2007’de kaydedilmiş (Aktan ve diğ., 2008; Tüfekçi ve diğ., 2010; Yılmaz 2014) ayrıca Büyükada’dan da (Balkıs ve diğ., 2011) rapor edilmiştir. 2020 sonbahar döneminde Marmara Denizi’nde tekrar ortaya çıkarak çok geniş alanlara yayılan ve 2021 yılının neredeyse tamamında etkili olan müsilaj oluşumu, tüm su

kolonuna yayılmış bir zararlı alg artışıdır (Balkis-Ozdelice ve diğ., 2021; Savun-Hekimoğlu ve Gazioğlu, 2021). Hem Karadeniz kökenli hem de evsel ve endüstriyel karasal girdilerin etkisi altında olan Marmara Denizi yüzey sularında, ışıklı tabaka derinliğinde azalma ve haloklin tabakanın hemen altındaki suların çözünmüş oksijen değerlerinde hızlı düşüşlerin (oksiklin) olduğu bildirilmiştir (Ediger ve diğ., 2016). Kitlesel ölçekte yaşanan alg artışları, deniz suyu pH seviyesinde değişikliklere ve suyun ışık geçirgenliğinde (türbidite) düşüşlere neden olmaktadır (Heil ve diğ., 2005). Bu değişiklikler ile birlikte oluşan anoksik koşullardan kaynaklanan dip ölümü, ekosistem ve organizmalar üzerinde oldukça zararlı etkiler göstermektedir (Moncheva ve diğ., 1995). Tuzluluk ve sıcaklık gibi ekolojik değişkenler, fitoplankton türlerinin coğrafik dağılımında önemli rol oynamaktadır (Hendey, 1964; CIESM, 2008; Azzurro ve diğ. 2011; Lloret ve diğ., 2015). Türlerin coğrafik dağılımlarında yaşanan değişiklikler deniz ve okyanus üretkenliğini ve biyolojik çeşitliliği olumsuz etkilemektedir (Thurber ve diğ., 2014).

Fitoplanktonun ana bileşenleri denizlerdeki birincil üretimin çoğundan sorumlu olan diyatomlar ve dinoflagellatlardır (Taylor, 1987; Gómez, 2012). Genel olarak dinoflagellatlar okyanuslarda zengin tür çeşitliliğine sahipken, diyatomlar deniz ve tatlı su ortamlarında da bol bulunmaktadır (Koray, 2011). Sournia (1995) denizlerde yaşayan yaklaşık 4000 fitoplankton türünden dinoflagellatlara ait 93-127 red tide (kırmızı gelgit) türü ile 45-57 toksik türün ve diyatomlardan ise 60-70 civarında ZAÇ türü ile 4-5 toksik türün bulunduğunu bildirmiştir. En yaygın olanları Diyaretik (DSP: Diarrhetic Shellfish Poisoning), Paralitik (PSP: Paralytic Shellfish Poisoning), Nörotoksik (NSP: Neurotoxic Shellfish Poisoning) ve Amnezik (ASP: Amnesic Shellfish Poisoning) kabuklu deniz ürünleri zehirlenmesi olarak bilinen toksinlerdir (Graneli ve diğ., 1990; Poletti ve diğ., 2003; Hallegraeff ve diğ., 2004; Camacho ve diğ., 2007). Belirli koşullar altında aşırı artışlar yapabilen bazı diyatom türleri de toksik olmamasına karşın çevre ve insan sağlığı üzerinde ciddi olumsuz etkilerinin yanı sıra ekonomik kayıplara da neden olabilmektedir (Jin ve diğ., 2008; Dyson ve Huppert, 2010; Lelong ve diğ., 2012; Crosman ve diğ., 2019; Moore ve diğ., 2020). Ancak, diyatomlardan *Pseudo-nitzschia* spp.'nin bazı üyeleri de ASP grubunda yer alan bir toksin olan domoik asit (DA) üretebilmektedir (Turk Dermastia ve diğ., 2022). Deniz kabuklu zehirlenmelerinde görülen olumsuz etkiler, suyu süzerek beslenen midye veya istiridyelerin aşırı artış yapmış toksik ZAÇ türlerini yoğunlaştırarak vücutlarına almaları ile ortaya çıkmaktadır. Bu midye ve istiridyelerin tüketilmesi ile canlılarda hastalığa neden olan kabuklu deniz ürünleri zehirlenmesi vakaları yaşanmaktadır (Oikawa ve diğ., 2002).

Kıyusal ortamların ekolojik verimliliği ve kalite durumlarının belirlenmesinde fitoplanktondan da yararlanılmaktadır. Literatüre göre Marmara Denizi'nde bilinen ilk fitoplankton çalışması Ehrenberg (1844)'e aittir. Hustedt (1930, 1959), Uysal (1987), Aubert ve diğ. (1990), Öktem (1997), Tüfekçi ve Okuş (1998), Kaboğlu (1999) 2000'den önce Marmara Denizi'nde fitoplankton çalışmaları yapmışlardır. 2000 yılından sonra ise Marmara Denizi'nin farklı bölgelerinde görülen zararlı mikroalg artışları Balkıs (2000a, b, 2003), Balkıs ve Aktan (2004), Aktan ve Aykulu (2005), Aktan ve Tüfekçi (2007), Okuş ve Taş (2007), Deniz ve Taş (2009), Balkıs ve diğ. (2011), Balkıs ve Toklu-Alıçlı (2014), Taş (2015), Taş ve Yılmaz (2015), Taş ve Lundholm (2015, 2016), Taş ve diğ. (2016), Balcı ve Balkıs (2017), Taş ve diğ. (2020) ve Balkıs-Ozdelice ve diğ. (2021) tarafından yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur. Bu çalışmalarda bollukları ve dağılımları araştırılarak Marmara Denizi'nden rapor edilen zararlı mikroalg türleri Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1: Marmara Denizi'nde bulunan ZAÇ türlerinin listesi.

Bacillariophyceae	
<i>Cerataulina pelagica</i>	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> *
<i>Cylindrotheca closterium</i>	<i>Rhizosolenia hebetata</i>
<i>Chaetoceros didymus</i>	<i>Rhizosolenia imbricata</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Rhizosolenia setigera</i>
<i>Pseudo-nitzschia calliantha</i> *	<i>Skeletonema costatum</i>
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> *	<i>Thalassiosira allenii</i>
<i>Pseudo-nitzschia fraudulenta</i> *	<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> *	<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i>	<i>Thalassiosira rotula</i>

Tablo 1.1: devam

Dinophyceae	
<i>Alexandrium minutum</i> *	<i>Gonyaulax grindleyi</i>
<i>Alexandrium tamarense</i> *	<i>Gymnodinium catenatum</i> *
<i>Dinophysis acuminata</i> *	<i>Gymnodinium sanguineum</i>
<i>Dinophysis acuta</i> *	<i>Heterocapsa triquetra</i>
<i>Dinophysis caudata</i> *	<i>Lingulodinium polyedrum</i> *
<i>Dinophysis fortii</i> *	<i>Noctiluca scintillans</i>
<i>Dinophysis mitra</i> *	<i>Oxytoxum scolopax</i>
<i>Dinophysis sacculus</i> *	<i>Phalacroma rotundatum</i> *
<i>Dinophysis tripos</i> *	<i>Prorocentrum arcuatum</i>
<i>Gonyaulax diegensis</i>	<i>Protoperidinium oceanicum</i> *
<i>Prorocentrum compressum</i>	<i>Protoperidinium pellucidum</i> *
<i>Prorocentrum cordatum</i>	<i>Protoperidinium steinii</i>
<i>Prorocentrum lima</i> *	<i>Pyrophacus steinii</i>
<i>Prorocentrum micans</i>	<i>Pyrodinium sp.</i> *
<i>Prorocentrum scutellum</i>	<i>Scrippsiella trochoidea</i>
<i>Prorocentrum triestinum</i>	<i>Tripos furca</i>
<i>Protoperidinium crassipes</i> *	<i>Tripos fusus</i>
<i>Protoperidinium depressum</i>	

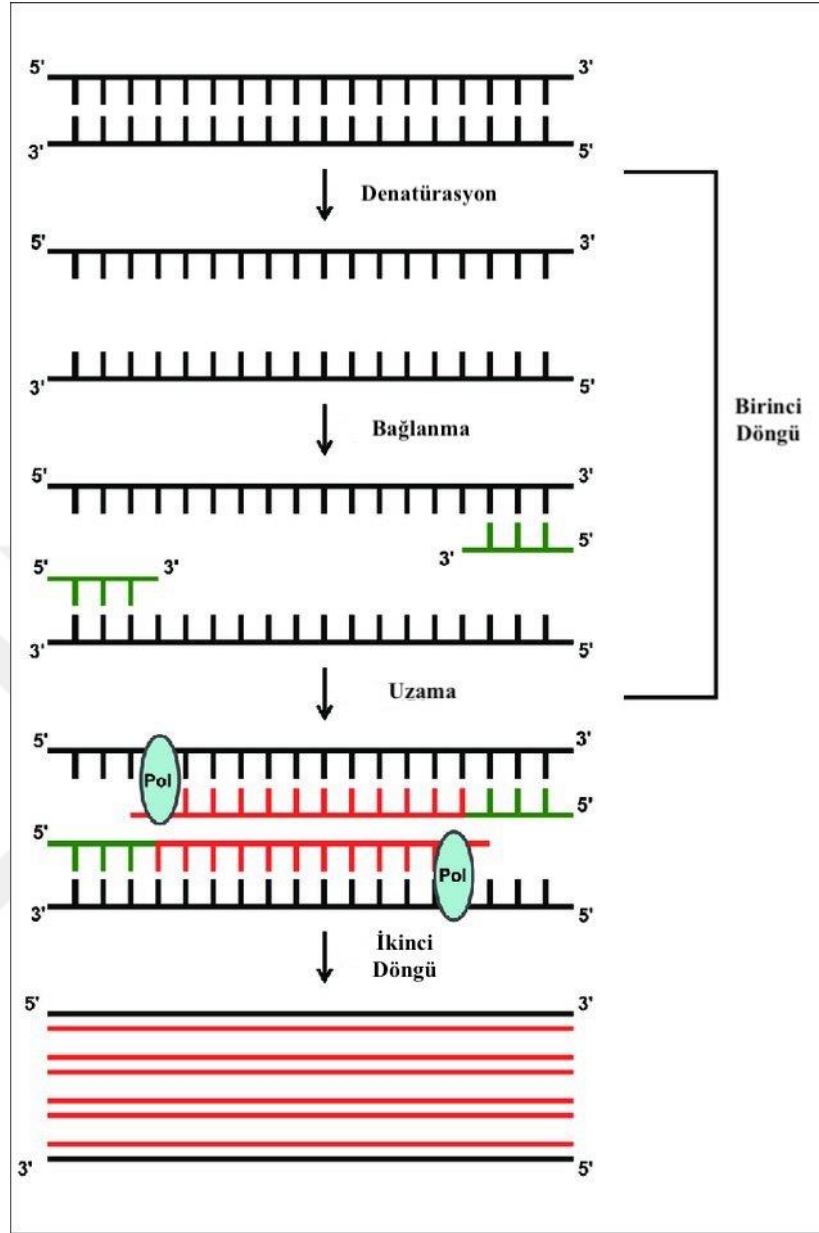
(*) Toksin üretme potansiyeli olan ZAÇ türleri.

Sucul ekosistemlerde birincil üreticiler üzerine yürütülen çalışmalarda, fitoplankton tür tayinleri çoğunlukla ışık mikroskobu altında, morfolojik olarak geleneksel yöntemlerle yapılmaktadır. Ancak ZAÇ türlerinin doğru ve güvenilir teşhisinde geleneksel yöntemler bazı sınırlanmalara sebep olmaktadır. Işık mikroskobu altında yapılan incelemelerde, yaşam döngüleri nedeniyle bazı taksonların türleri arasındaki ayırt edilemeyen farklılıkları tespit edebilmek ve genetik olarak farklı olmalarına karşın morfolojik olarak ayırt edilemeyen kriptik türlerin daha yüksek taksonomik seviyelerde sınıflandırılabilmesi için fazladan ek verilere ve yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Rowan ve Powes, 1991; Bickford ve diğ., 2007; Krienitz ve

Bock, 2012). Dolayısıyla, söz konusu bu fitoplankton gruplarında belirtilen birçok taksonun sistematik yeri hatalı olabilmekte ve morfolojik özellikleri filogenetik pozisyonlarını ifade etmekte yetersiz kalmaktadır (Krienitz ve Bock, 2012).

Bir organizmanın genomik DNA dizisindeki özgün bölgelerin laboratuvar ortamında çoğaltılmasına imkan veren ve ilk kez Mullis (1985) tarafından keşfedilen Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR) moleküler biyoloji alanında büyük ilerlemelere yol açmıştır. Bu ilerleme ile canlıların DNA, RNA ya da protein dizilerini inceleyerek akrabalık derecelerini ve evrimsel gelişmelerini bulmayı amaçlayan moleküler filogenetik kavramı da ortaya çıkmıştır (Komarek ve diğ., 2014). PZR, DNA moleküllerindeki hedef DNA dizisinin doğrudan çoğaltılmasına dayanır ve çok küçük miktarlarda saflaştırılmış kalıp DNA bu işlem için yeterlidir. Hedef DNA dizisinin çoğaltılmasında başlatıcı olarak kullanılan ve primer adı verilen kısa RNA dizileri çoğaltılacak tek zincirli DNA molekülündeki tamamlayıcı dizilerle birleşerek ısıya dayanıklı DNA polimeraz (Taq polimeraz vs.) enziminin varlığında hedef bölgenin sentezlenerek çoğaltılmasını sağlarlar (Klug ve Cummings, 2003).

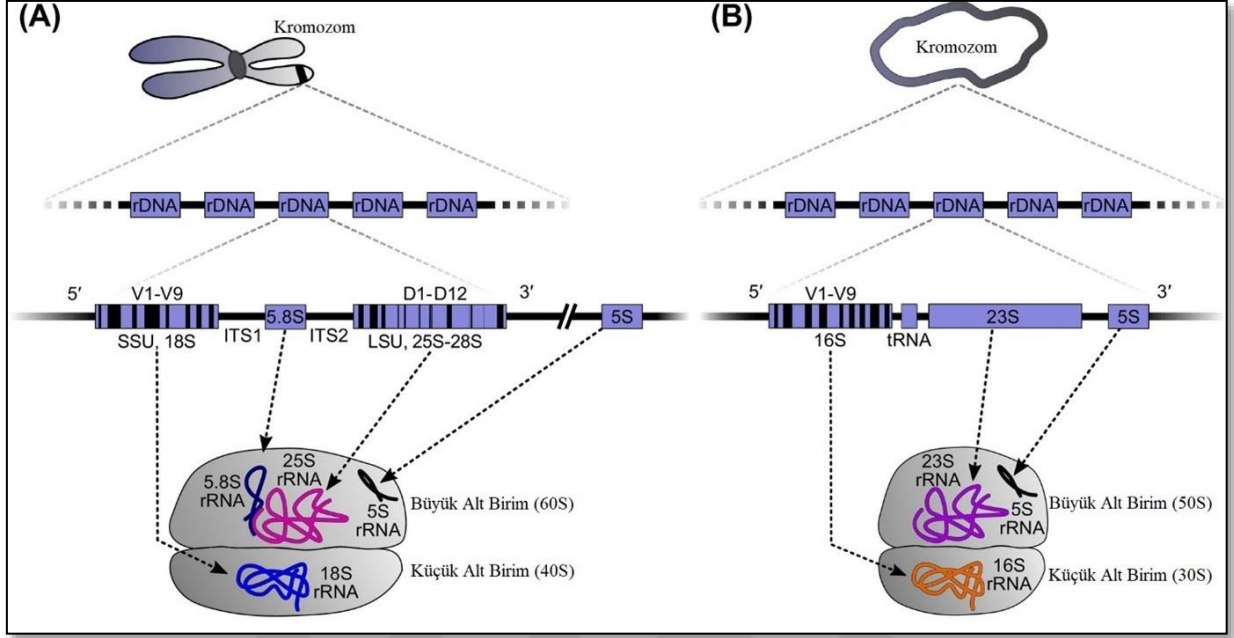
PZR reaksiyonu temel olarak üç basamakta gerçekleşir. İlk adımda, yüksek sıcaklıklara (90–95°C) kadar ısıtılan çift sarmallı zincire sahip olan DNA molekülünün sarmalı açılır ve tek zincirli hale getirilir. İkinci adımda, sıcaklık 50–70°C arasına düşürülür ve kullanılan primerlerin tek zincirli olan DNA'ya bağlanması sağlanır. Bu primerler, her iki DNA zincirinin uçlarındaki tamamlayıcı dizilere spesifik olarak bağlanarak tek zincirli hale getirilen kalıp DNA'nın çift yönlü olarak çoğaltılması için başlangıç noktası olarak görev yaparlar. Son adımda ise okyanus tabanındaki volkanik hidrotermal bacaların etrafında yaşayan termofilik bir bakteriden elde edilen, ısıya dayanıklı DNA polimeraz enzimi kullanılır (Delidow ve diğ., 1993). 70–75 °C sıcaklıklarda nükleotitleri 5' ucundan 3' ucuna doğru ekleyerek primerlerin uzamasını sağlayan polimeraz enzimi hedef DNA'nın iki zincirli kopyasını oluşturur. PZR, defalarca tekrarlanabilen bir zincir reaksiyonudur, her döngüde DNA zincirlerinin sayısı iki katına çıkar ve oluşan yeni zincirler bir sonraki döngüde kalıp DNA işlevi görürler (Klug ve Cummings, 2003; Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Polimeraz zincir reaksiyonu (Nestorov ve diğ., 2013).

PZR işleminin başında DNA'ya bağlanan primerler türe ya da sınıfa özgü seçilmektedir. Ribozom iki alt birimden oluşmaktadır; büyük alt birim (Large Subunit; LSU) ve küçük alt birim (Small Subunit; SSU). Tipik olarak bakteri ve arke türlerini tanımlamak için 16S küçük alt birim ribozomal DNA (16S SSU rDNA) ve ökaryotik organizmalar için 18S küçük alt birim ribozomal DNA (18S SSU rDNA) genleri taksonomik filogenetik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Moleküler analizler, 28S rDNA'nın (LSU) değişken alanları D1-D3, rDNA'nın transkripsiyonu yapılan iç ara bölgeleri (Internal Transcribed Spacers; ITS1 ve ITS2), Rubisco'nun büyük alt birimini kodlayan plastid geni, mitokondriyal gen, sitokrom c

oksidaz (cox1) gibi genomun farklı alanlarına da dayanmaktadır (Lundholm ve diğ., 2003, 2006; Amato ve diğ., 2008; Casteleyn ve diğ., 2009; Şekil 1.2)

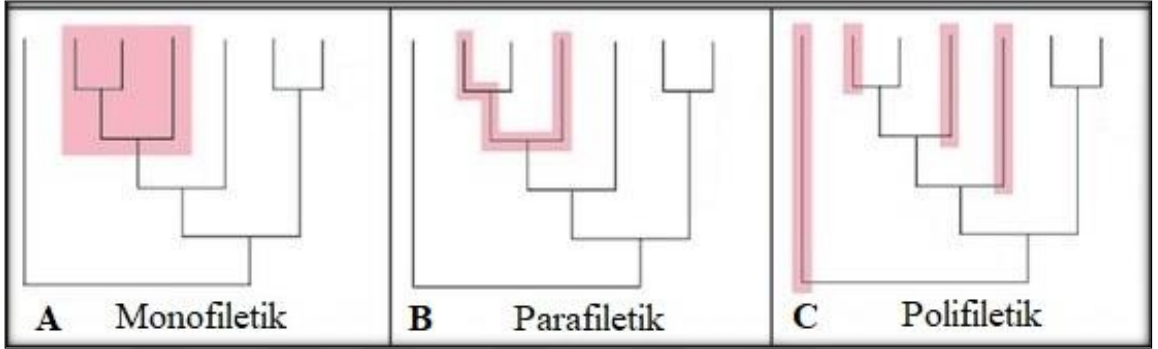


Şekil 1.2: Ribozomal DNA. A: Ökaryotik hücre, B: Prokaryotik hücre (Lavrinenko ve diğ., 2021).

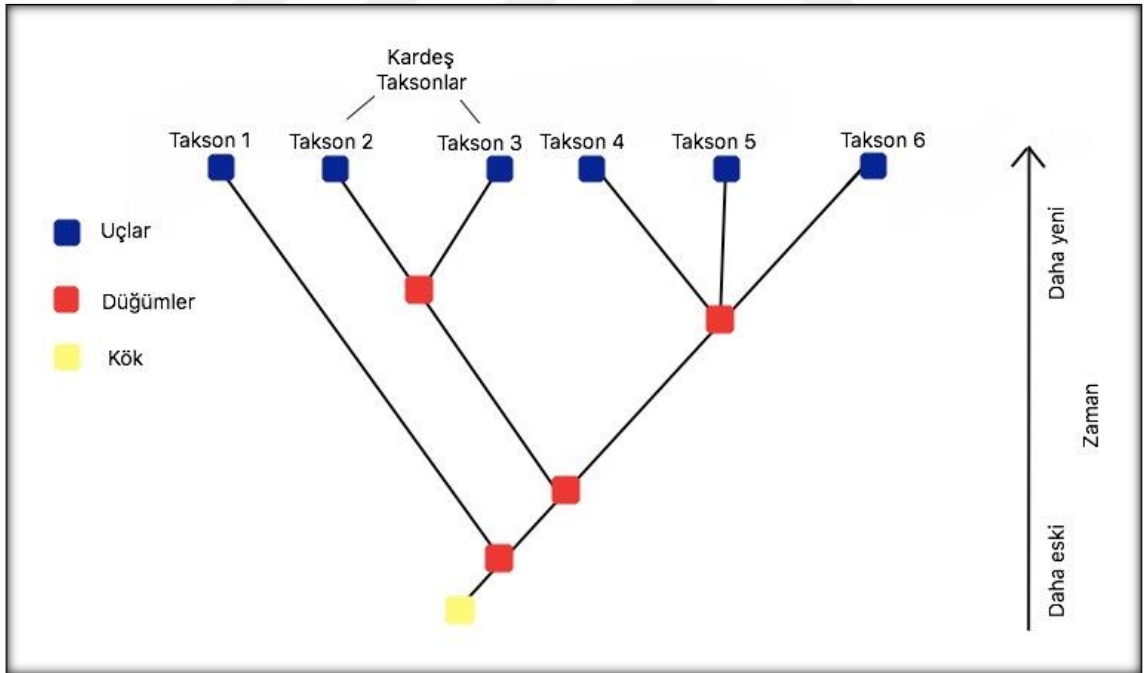
Castlebury ve Carris (2005) büyük alt birim rDNA dizi analizlerinden elde edilen verilerin filogenetik açıdan morfolojik karakterlere kıyasla daha fazla bilgi verici olduğunu belirtmişlerdir. Büyük alt birim, birçok yapısal bölgeden (D1 ile D12) meydana gelir ve bu alanlar, genetik olarak iyi korunmuş bölgeler olduğundan, yakından ilişkili türlerin filogenetik ilişkilerini değerlendirmek için kullanılmaktadır (Lenaers ve diğ., 1991; Scholin ve diğ., 1994; Miller ve Scholin, 1996). Elde edilen türlerin gen verilerinin kıyaslanması ise dünya genelinden tüm araştırmacıların kullanımına açık olan Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi (National Center for Biotechnology Information; NCBI) veri bankasından online olarak indirilebilen diziler kullanılarak yapılır (Baloğlu ve diğ., 2012). NCBI veri bankasında bulunan BLAST (Basic Local Alingment Search Tool) ise dizilenen örnek DNA'nın veri tabanındaki diğer dizilerle karşılaştırmasının ve türler arası benzerliklerin ön analizinin yapılabildiği bir uygulamadır.

Filogenetik ağaçlarda ortak bir atadan türeyen organizmalar tek bir monofiletik grup (klad [clade], soy hattı) olarak gösterilmektedir (Şekil 1.3). Genetik araştırmaların artması ile taksonomik sınıflandırmada yakın akrabalık dereceleri olan türlerin moleküler filogenetik yöntemlerle araştırılması da kabul görmeye başlamıştır (Komarek ve diğ., 2014). Son yirmi

yılda, dünya denizlerinde gerçekleştirilen moleküler filogenetik çalışmalarla birleştirilen ayrıntılı morfolojik değerlendirmeler, yüksek kriptik türlerin dağılımlarının belirlenmesini, yeni türlerin tanımlanmalarını ve mevcut türlerin yeniden sınıflandırılmasını sağlamıştır (Daugbjerg ve diğ., 2000; Hoppenrath ve diğ., 2009; John ve diğ., 2014; Li ve diğ., 2015, 2017; Şekil 1.4).



Şekil 1.3: Monofiletik grup, B: Parafiletik grup, C: Polifiletik grup (Patrick ve diğ., 2009).



Şekil 1.4: Filogenetik ağaç gösterimi (Freeman ve Herron, 1999).

Klasik taksonomik yöntemler ve morfolojik analizlere dayalı yapılan çalışmalar ZAÇ tür çeşitliliğinin ortaya çıkartılması konusunda yetersiz kalmaktadır. Fitoplankton ve ZAÇ dinamikleri üzerine yapılan ekolojik çalışmaların temeli, popülasyon ve temel taksonomik birim olan “tür” gibi evrimsel birimlerin sınırlarının doğru bir şekilde belirlenmesine

dayanmaktadır. Ancak, temel taksonomik birim olan “tür” tanımına dayalı çalışmalar ve ZAÇ popülasyonları arasındaki gen akışı modellerini açıklamakla ilgilenen moleküler ekolojistlerin ortaya koyduğu tür sınırlaması arasında kopukluk bulunmaktadır. Bu sorun, özellikle biyoçeşitlilik envanterinin nispeten daha yetersiz olduğu deniz ekosisteminde kritik bir seviyededir. Son yirmi yılda dünya denizlerinde gerçekleştirilen moleküler çalışmalar, fitoplanktonun yüksek kriptik tür prevalansına sahip olduğunu göstermiştir (Pante ve diğ., 2015). Klasik morfolojik taksonomide karakterlerin tür içi ve türler arası dağılımları hakkındaki öngörüler ve çıkarımlar, tüm hipotezler gibi test edilmeye muhtaçtır. Tür tanımlamaları asla nihai değildir, her yeni örnek ve yeni keşfedilen karakter, filogenetik analizlerle birlikte türün karakter özelliklerini açıklamaya yönelik hipotezleri test etmek için bir fırsattır. Bu durum özellikle deniz ekosisteminde taksonomik sınırlamalar için referans olarak çok az tanımlanmış veya başka hiçbir karakterin bulunmadığı, yetersiz çalışılmış ökaryotik tek hücreli organizmalar için de geçerlidir.

“HAB” İngilizce bir kısaltma olduğu için Türkçe karşılığı olan aşırı alg çoğalması (ZAÇ) ifadesinin kullanılması tercih edilmiştir. Marmara Denizi’nde ZAÇ türleri üzerine günümüze kadar yapılan bilimsel araştırmalar ışık mikroskobu altında ve klasik morfolojik tür teşhislerine dayanmaktadır. Morfolojik bilgilere dayanan geleneksel yöntemlerle belirlenen tür zenginliğinin, genleri kodlayan DNA dizilerini temel alan moleküler filogenetik sınıflandırma ile uyumlu olup olmadığını doğrulamayı amaçlayan bu tez çalışmasında, tür zenginliğini ve çeşitliliğini moleküler filogenetik verilerle ilişkilendirmek için filobiyocoğrafik farklılaşma da bir arka plan hipotezi olarak kabul edilmiştir. Marmara Denizi kıyısız alanlarında çeşitli noktalardan plankton kepçesi ile örneklenen yüzey suyu numuneleri kullanılan bu tezde, öncelikle potansiyel ZAÇ türleri ışık mikroskobu altında tespit edilmiş ve morfolojik ön tanımlamadan sonra filogenetik yöntemlerden yararlanılmıştır. Plankton kepçe örneklerinde tespit edilen potansiyel ZAÇ türlerinin tek hücre izolasyonları gerçekleştirilmiş ve ZAÇ türleri f/2 besi ortamında (Guillard, 1975) kültüre alınmıştır. Saflaştırılan ZAÇ türlerinin genetik doğrulamalarını gerçekleştirmek için rDNA gen bölgelerinin büyük alt birimi (LSU) ile dizilenmiştir. Elde edilen gen verileri NCBI veri bankasında bulunan yayınlanmış makalelerdeki veriler ile karşılaştırılarak filogenetik ağaç oluşturulmuştur. Bu tez çalışması ile Marmara Denizi ve Türk kıyı sularının fitoplankton tür çeşitliliğine katkı sağlanmış, ZAÇ türlerinin tespiti ve gen ifadelerini ortaya koyabilecek DNA dizilemeleri ile zararlı alg

artışlarının izlenmesine kaynak olabilecek moleküler temelli yenilikçi yöntemlerin uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Yapılan tez çalışmasının ‘Genel Kısımlar’ bölümünde, çalışma bölgesi olan Marmara Denizi’nin özellikleri hakkında bilgiler verilmiş, dünyada ve ülkemizde yapılmış fitoplankton çalışmaları açıklanmıştır. ‘Malzeme ve Yöntem’ bölümünde ise, yüzey suyundan örneklerin alındığı istasyonlar belirtilmiş, hücre izolasyon biçimleri, türlerin tayini, kalıp DNA izolasyonu, PZR işlemi, jel elektroforezi ve filogenetik analizler hakkında bilgilere yer verilmiştir. ‘Bulgular’ bölümünde, yüzey suyundan alınan örneklerden izole edilen türlerin sistematik kategorizasyonu yapılmış ve bu türlere ait fotoğraflara yer verilmiştir. Elde edilen türlerin en/boy ölçümleri, DNA miktarı ve saflık oranları tablo şeklinde verilmiştir. PZR işleminden sonra elde edilen DNA dizileri ile filogenetik ağaçlar çizilmiştir. ‘Tartışma ve Sonuç’ bölümünde ise filogenetik ağaçlardan yola çıkarak türlerin tayini ve yorumlamaları yapılmış ve bu yorumlar daha önce yapılmış olan çalışmalarla desteklenmiştir.

2. GENEL KISIMLAR

Çalışmanın yapıldığı Marmara Denizi, Karadeniz ile Ege Denizi arasında yer alan ve üst tabakada Karadeniz'den gelen acı su (%17) karakterli, alt tabakada ise Akdeniz'den gelen yüksek tuzluluktaki (%38) sularla iki tabakalı bir sisteme sahiptir (Balkaş ve diğ., 1985; Ünlüata ve diğ., 1990). Marmara Denizi yüzey suları Karadeniz suyunun etkisinde olup 4–5 ayda bir yenilenerek yüksek kirliliğe sahip, oksijence doymuş ve organik maddece zengin olan akıntı ile beslenmektedir (Tuğrul ve Salihoğlu, 2000). Akdeniz'den gelen alt tabaka suyu ise 6–7 yılda bir yenilenmektedir (Beşiktepe ve diğ., 2000).

Marmara Denizi'nin etrafındaki nüfus artışı ve sanayileşme ile kirlilik seviyesi günden güne artmaktadır (Taşdemir, 2002). Yüzey sularına karışan evsel ve endüstriyel atıklarla birlikte birincil üretimin hızlı artışı sonucu ötrofikasyon oluşmaktadır (Aleksanin ve diğ., 2012). Bunun sonucunda red-tide olayı, müsilaj ve köpük oluşumları, anoksik koşullardan kaynaklı balık ve bentik canlıların ölümü gibi olumsuz olaylar yaşanmaktadır (Daoji ve Daler, 2004). Bu nedenle aşırı alg artışlarından sorumlu olan fitoplankton hakkında yenilikçi yöntemlere dayalı detaylı araştırmaların yürütülmesi önemlidir.

Marmara Denizi'nde yapılan mikroalg çalışmaları değerlendirildiğinde, ilk olarak Ehrenberg (1843) İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi'nde çalışma gerçekleştirmiş ve bu çalışmasında dördü literatür için yeni tür kaydı (*Achnanthes bacillaris*, *Cocconeis margaritifera*, *Gaillonella asperula* ve *Navicula decussata*) olmak üzere toplam 30 diyatom türü bildirmiştir (Tablo 2.1). 1900'lü yılların ilk yarısında Marmara Denizi'nde yapılan çalışmalarda Hustedt (1930, 1959) iki diyatom, Schiller (1933, 1937) üç dinoflagellat olmak üzere bölge için 4 yeni kayıt tür vermişlerdir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1: Ehrenberg (1843), Hustedt (1930) ve Schiller (1933, 1937)'in Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'nda yaptıkları çalışmalarında rastladıkları mikroalg türleri.

Bacillariophyceae		18	<i>Grammatophora stricta</i> Ehrenberg, 1843*
1	<i>Achnanthes pachypus</i> f. <i>bacillaris</i> (Ehrenberg) De Toni, 1891 (= <i>Achnanthes bacillaris</i>)***	19	<i>Melosira moniliformis</i> (Link) Agardh, 1824 (= <i>Gaillonella moniliformis</i>)**
2	<i>Achnanthes brevipes</i> Agardh, 1824*	20	<i>Melosira nummuloides</i> Agardh, 1824 (= <i>Gaillonella nummuloides</i>)***
3	<i>Achnanthes longipes</i> Agardh, 1824**	21	<i>Navicula sigma</i> Ehrenberg, 1833*
4	<i>Asteromphalus arachne</i> (Brébisson) Ralfs, 1861 (= <i>Spatangidium arachne</i>) [†]	22	<i>Navicula peregrina</i> (Ehrenberg) Kützinger, 1844 (= <i>Pinnularia peregrina</i>)***
5	<i>Bacillaria paxillifera</i> (Müller) Marsson, 1901**	23	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützinger) Rabenhorst, 1860** (= <i>Synedra fasciculata</i>)
6	<i>Campylodiscus echineis</i> Ehrenberg, 1840*	24	<i>Pinnularia decussata</i> Ehrenberg, 1845(= <i>Navicula decussata</i>)*
7	<i>Campylodiscus clypeus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg ex Kützinger, 1844**	25	<i>Pinnularia fulva</i> Ehrenberg, 1854 (= <i>Navicula fulva</i>)***
8	<i>Cocconeis margaritifera</i> Ehrenberg, 1844***	26	<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg, 1843***
9	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg, 1838**	27	<i>Pinnularia legumen</i> Ehrenberg, 1843*
10	cf. <i>Cocconema</i> sp. (=cf. <i>Pinnularia inaequalis pullus</i> = <i>Navicula inaequalis</i>)	28	<i>Pinnularia sinuosa</i> Ehrenberg, 1845*
11	<i>Cymbella amphioxys</i> Cleve, 1894 (= <i>Navicula amphioxys</i>)***	29	<i>Stauroneis decipiens</i> (= <i>Craspedostauros decipiens</i> (Hustedt) E.J.Cox, 1999) [†]
12	<i>Eunotia amphioxys</i> Ehrenberg, 1843*	30	<i>Surirella striatula</i> Turpin, 1828*
13	<i>Eunotia turgida</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1837(= <i>Navicula turgida</i>)*	31	<i>Synedra spectabilis</i> Ehrenberg, 1841*
14	<i>Exilaria minutissima</i> (Greville) Berkeley, 1832 (= <i>Gomphonema minutissimum</i>)**	32	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère, 2001 (= <i>Synedra ulna</i>)**
15	<i>Gaillonella asperula</i> Ehrenberg, 1844***	Dinophyceae	
16	<i>Gomphonema</i> sp. Ehrenberg, 1832*	1	<i>Dinophysis sacculus</i> Stein, 1883 [§]
17	<i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg, 1840*	2	<i>Tripes hexacanthus</i> (Gourret) Gómez, 2013 (= <i>Ceratium hexacanthum</i> var. <i>aestuarium</i>) [§]
		3	<i>Tripesolenia truncata</i> Kofoid, 1906 [§]

(Ehrenberg (1843)'in; * Marmara Denizi'nde, ** İstanbul Boğazı'nda, *** Hem Marmara Denizi hem İstanbul Boğazı'nda rastladığı türler; [†] Hustedt (1930, 1959), [§] Schiller (1933, 1937)'in Marmara Denizi'nde rastladığı türler).

Marmara Denizi'ndeki fitoplanktonun yerli araştırmacılar tarafından incelenmeye başlaması ise Bingel ve diğ. (1986) ile Uysal (1987)'in yaptıkları çalışmalara dayanmaktadır.

Aubert ve diğ. (1990) Karadeniz'in batısı, İstanbul Boğazı ve Çanakkale Boğazı olmak üzere, farklı istasyonlardan yüzeysel fitoplankton örnekleri almışlardır. Karadeniz'de *Peridinium steinii* (= *Proto-peridinium steinii*), *Gymnodinium simplex* (= *Protodinium simplex*) türlerinin, İstanbul Boğazı'nda *Gymnodinium simplex* (= *Protodinium simplex*), *Gymnodinium* sp., *Peridinium steinii* (= *Proto-peridinium steinii*) türlerinin, Marmara Denizi'nde ise

Gymnodinium sp. türünün artış yaptığını bildirmişlerdir. Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı çevresindeki istasyonlarda ise diyatomların azlığından bahsetmişlerdir.

Uysal (1996), Tas ve Okus (2003), Tas ve diğ., (2009), Tas ve Lundholm (2015) Haliç bölgesinde yaptıkları çalışmalarda *Pseudo-nitzschia* cinsinin birçok türüne rastlamışlardır. Öktem (1997) yüksek lisans çalışmasında İzmit Körfezi'ndeki fitoplanktonu mevsimsel olarak incelemiş, Bacillariophyceae sınıfından *Coscinodiscus* sp., *Leptocylinthus danicus*, *Rhizosolenia setigera*, *Rhizosolenia styliformis*, Dinophyceae sınıfından ise *Tripos fusus* (= *Ceratium fusus*), *Tripos furca* (*Ceratium furca*), *Noctiluca scintillans* (*Noctiluca miliaris*), *Protoperidinium depressum* (= *Peridinium depressum*), *Prorocentrum micans* türlerinin yüksek bolluk gösterdiğini belirtmiştir. Tüfekçi ve Okuş (1998) İstanbul Boğazı çevresinde yaptıkları çalışma ile fitoplankton dağılımını incelemişlerdir. Kaboğlu (1999) Marmara Denizi'nde yaptığı fitoplankton çalışmasında toplam 64 tür tespit etmiş ve Dinophyceae sınıfının baskın olduğunu belirtmiştir. Balkıs (2000a) doktora tezinde yaptığı çalışmada, Marmara Denizi Büyükçekmece Koyu'nda 125 fitoplankton türü belirlemiş, Bacillariophyceae ve Dinophyceae sınıflarının diğer sınıflardan daha baskın olduklarını rapor etmiştir ve Türkiye suları için 5 yeni Dinophyceae sınıfına ait tür bildirmiştir (Balkıs, 2000b). Balkıs ve Aktan (2004) Marmara Denizi'nde 168 fitoplankton türü bildirmiş, tür sayısı bakımından Dinophyceae ve Bacillariophyceae sınıflarının sayıca fazla olduğunu belirtmişlerdir. Balkıs (2004) hazırladığı Marmara Denizi fitoplankton tür listesinde *Protoperidinium* ve *Chaetoceros* cinslerine ait türlerin sayıca fazla olduğunu bildirmiştir. Aktan ve Aykulu (2005) İzmit Körfezi'nde yaptığı çalışmada epipelik Bacillariophyceae sınıfından 3 sentrik ve 41 pennat diyatom türünü rapor etmişlerdir.

Deniz ve diğ. (2006) Marmara Denizi'nde yaptıkları çalışmada fitoplankton tür listesine *Dictyocha antarctica*, *Dictyocha crux* ve *Nitzschia rectilonga* türlerini Türkiye denizleri için yeni kayıt olarak bildirmişlerdir. Okuş ve Taş (2007) tarafından Marmara Denizi'nde gerçekleştirilen çalışmada çoğunluğu Dinophyceae ve Bacillariophyceae sınıflarına ait 45 fitoplankton türü tespit etmişlerdir. Dinophyceae sınıfından en baskın tür *Ceratium fusus*, Bacillariophyceae sınıfından ise *Proboscia alata* olarak belirlenmiştir. Aktan ve diğ. (2008) İzmit Körfezi'ndeki fitoplankton çalışmasında 77 tür bildirmişler, Dinophyceae ve Bacillariophyceae sınıfının en baskın iki grup olduğunu belirtmişlerdir. Deniz ve Taş (2009) tarafından yapılan çalışmada 55 Dinophyceae, 42 Bacillariophyceae taksası olmak üzere toplam

115 fitoplankton taksası tespit edilmiştir. Araştırmacılar *Nitzschia longissima* ve *Prorocentrum triestinum* türlerini en bol bulmuşlar ve *Dictyocha antarctica*, *Dictyocha crux* ve *Nitzschia rectilonga* türlerini Türk kara suları için ilk kez rapor etmişlerdir. Tüfekçi ve diğ. (2010) Marmara Denizi'nde 2007-2008 yılları arasında görülen müsilaj oluşumu boyunca fitoplankton bolluğunu incelemişler ve çalışma sonucunda *Gonyaulax fragilis*, *Skeletonema costatum* ve *Cylindrotheca closterium* baskın türler olarak tespit edilmiştir. Türkoğlu ve Erdoğan (2010) Çanakkale Boğazı'nda yaptıkları çalışmada Bacillariophyceae sınıfından *Chaetoceros* spp., *Cylindrotheca closterium*, *Leptocylindrus danicus*, *Pseudo-nitzschia pungens*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Dactyliosolen fragilissimus*, Dinophyceae sınıfından *Prorocentrum compressum*, *P. micans* ve *P. scutellum* türlerinin en bol bulunan türler olarak bildirmişlerdir.

Balkis ve diğ. (2011) Marmara Denizi'nde yoğun müsilaja sebep olan organizmaları araştırmak için yaptıkları çalışmada 62 fitoplankton türü tanımlanmıştır. Aynı çalışmada, Bacillariophyceae sınıfından *Cylindrotheca closterium*, *Pseudo-nitzschia* sp., *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira rotula* ve Dinophyceae sınıfından *Gonyaulax fragilis* türünün bol olduğu belirtilmiştir. Balkis ve Toklu-Alicli (2014) Bandırma Körfezi'nde yaptıkları çalışmada 56 tür Dinophyceae ve 38 tür Bacillariophyceae sınıfından olmak üzere 99 fitoplankton türü bildirmişlerdir. Balkis ve Taş (2016) Marmara Denizi'nde bulunan güncel fitoplankton tür listesi hazırlayarak 333 tür listelemişlerdir. Turkoglu (2016) Çanakkale Boğazı'nda yaptığı çalışmada ise toksik olan *Prorocentrum lima* türünü yeni kayıt olarak vermiştir. Balcı ve diğ., (2017) Gemlik Körfezi'nde yaptıkları araştırmada 155 tür bildirmişler ve bunların 84'ünün Dinophyceae, 64'ünün ise Bacillariophyceae sınıfından olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada *Amphisolenia laticincta*, *Archaeoperidinium minutum*, *Cochlodinium* sp., *Gynogonadinium aequatoriale*, *Heterocapsa rotundata* ve *Metaphalacroma* sp. Türkiye denizleri için yeni kayıt olarak rapor edilmiştir.

Ergül ve diğ. (2018) İzmit Körfezi'nde yaptıkları çalışmada *Prorocentrum micans* türünün baskınlığının arttığını rapor etmiş ve *P. micans* türünün salgıladığı müsilaj ile kaplı birçok ölü kopepod olduğunu bildirmişlerdir. Taş (2019) Haliç'te yaptığı bir çalışmada 127 fitoplankton türü tespit etmiştir. Çalışmada belirlenen türlerin 66'sı Bacillariophyceae, 44'ü ise Dinophyceae sınıfına aittir. Çalışmada en çok tür sayısına sahip cinsler Bacillariophyceae'den *Chaetoceros*, Dinophyceae'den ise *Protoperidinium* olarak belirlenmiştir. Balkis-Ozdelice ve diğ. (2020) Erdek Körfezi'nde yaptıkları çalışmada Dinophyceae sınıfına ait 61 tür,

Bacillariophyceae sınıfına ait 28 tür bulmuşlar, *Gymnodinium dogielii* ve *Heterodinium rigdeniae* türlerini Türkiye denizleri için, *Pselodinium fusus* türünü de Marmara Denizi için yeni kayıt vermişlerdir. Dursun ve diğ. (2020) Marmara Denizi'nde yaptıkları çalışmada Bacillariophyceae sınıfından *Chaetoceros*, Dinophyceae sınıfından ise *Protoperidinium* ve *Tripos* cinslerinin en çok artış yapan cinsler olduğunu rapor etmişlerdir.

Balkis-Özdelice ve diğ. (2021), 2020 ve 2021 yılları arasında Marmara Denizi'nde ortaya çıkan müsilaç oluşumunu ele aldıkları çalışmalarında 22 türün Bacillariophyceae ve 16 türün ise Dinophyceae sınıfından olduklarını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada, müsilaç örneklerinde tespit edilen Prymnesiophyceae grubundan olan ve Marmara Denizi için yeni kayıt olarak bildirilen *Phaeocystis pouchetii* türünün ortamdaki en baskın tür olduğunu bildirmişlerdir. Bir önceki müsilaç oluşumunda (Tüfekçi ve diğ., 2010; Balkis ve diğ., 2011) olduğu gibi bu dönemde de en çok artış yapan türlerin *Cylindrotheca closterium*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* sp. olduğu tespit edilmiştir. Kaleli ve Akçaalan (2021) Türk kıyı sularında bulunan diyatomlar için güncellenmiş tür listesinde 767 takson ve 183 cins diyatom rapor etmişlerdir. Dursun ve diğ. (2021) İstanbul Haliç'i'nde yaptıkları araştırmada Bacillariophyceae sınıfından *Pseudo-nitzschia* spp., *Skeletonema* spp. ve *Chaetoceros curvisetus*, Dinophyceae sınıfından ise *Prorocentrum micans*, *Tripos furca*, *T. fusus* en bol bulunan türlerden olduğunu belirtmişlerdir. Akçaalan ve diğ. (2022) tarafından Marmara Denizi'nde yapılan çalışmada 452 bentik diyatom türü bulunmuştur ve 91 tanesi Türk kıyı suları için yeni kayıt olarak bildirilmiştir. Demir ve Turkoglu (2022) tarafından Çanakkale Boğazı'nda yürütülen çalışmada 32 tür Dinophyceae ve 56 tür ise Bacillariophyceae sınıfından olmak üzere toplamda 95 fitoplankton türü bildirilmiştir.

Yurga (2022) Marmara Denizi'nde müsilaç döneminde yaptığı çalışmada 55 tür bildirmiştir. Bunlardan 14'ü Dinophyceae, 26'sı ise Bacillariophyceae sınıfındandır. Müsilaç oluşumunda rol oynayan türler ise Dinophyceae sınıfından *G. fragilis*, Bacillariophyceae sınıfından *C. closterium*, *L. flabellata*, *S. palmeriana*, *S. ovata* ve *T. pseudonana* 'dır. Bulunan türlerin sekizinin toksin üretme potansiyeli olduğu bilinmektedir. Bu türlerden *Alexandrium minutum* PSP zehirlenmesine, *Dinophysis caudata*, *Dinophysis tripos* ve *Phalacroma rotundatum* DSP zehirlenmesine, *Pseudo-nitzschia delicatissima*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Pseudo-nitzschia pungens* türleri ise ASP zehirlenmesine neden olabilmektedir. Kayadelen ve diğ. (2022) Burgazada'da, 101 fitoplankton türü bildirmişler, bunlardan *Corythodinium*

frenguelli ve *Gonyaulax scrippsae* türleri Türk kıyı suları için, *Pronoctiluca pelagica* ve *Nitzschia reversa* Marmara Denizi için yeni kayıt türlerdir.

Durmuş ve diğ. (2022) müsilaj döneminde Marmara Denizi'nde 16 istasyonda yaptıkları çalışmada 65 taksanın Marmara Denizi için yeni kayıt olduğunu ve bunlardan 11'inin (*Amphidinium carterae*, *A. operculatum*, *Coolia monotis*, *Karenia* cf. *brevis*, *K.* cf. *mikimotoi*, *K.* cf. *selliformis*, *Ostreopsis* sp., *Chrysophaeum taylorii*, *Chrysochromulina* sp., *Ochrosphaera neapolitana* ve *Phaeocystis globosa*) ise potansiyel toksik ve/veya zararlı mikroalglerden olduğunu bildirmişlerdir. *Karenia* cf. *selliformis* ve *Ochrosphaera neapolitana* Türk kıyı suları için yeni kayıttır. Ayrıca Eker-Develi ve Kideys (2022) tarafından müsilaj ile ilgili yapılan çalışmada *Nitzschia navis-varingica* türü Marmara Denizi için yeni kayıt olarak verilmiştir.

Dünya genelinde yapılan alg izolasyonu ve moleküler çalışmaları 1900'lü yılların sonlarına doğru başlamış ve artarak devam etmiştir (Hasle, 1965; Nakazima, 1968; Baroin ve diğ., 1988; Sorhannus ve diğ., 1995; Richlen ve Barber, 2005; Chapelle ve diğ., 2010; Trainer ve diğ., 2012; Rhodes ve diğ., 2013; Díaz ve diğ., 2016).

Ülkemizde ise alg izolasyonu ve kültürü üzerine olan çalışmalar gelişme gösterirken, moleküler taksonomi üzerine ayrıntılı çalışmaların çok az olduğu görülmektedir. Konuyla ilgili çalışmalar şöyledir:

Öztürk (2011) yaptığı tez çalışmasında bazı *Ceramium* türlerinin Çanakkale Boğazı'nda yayılışlarını ve bu türlerin moleküler sistematüğini araştırmıştır. Baytut ve diğ. (2013) büyük alt birim kullanarak Karadeniz'de *Pseudo-nitzschia* türünün moleküler karakterizasyonunu yapmıştır. Kesici ve diğ. (2013) Urla kıyılarından elde edilen Bacillariophyceae sınıfının moleküler karakterizasyonu ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Baytut ve diğ. (2016) büyük alt birim kullanarak Karadeniz'deki (Samsun) Dinophyceae sınıfının moleküler karakterizasyonunu yapmışlardır. Baytut ve diğ. (2018) Sinop kıyılarından topladıkları örneklerde ribuloz bifosfat karboksilaz/oksijenaz kullanarak Naviculoid diyatamları araştırmışlardır.

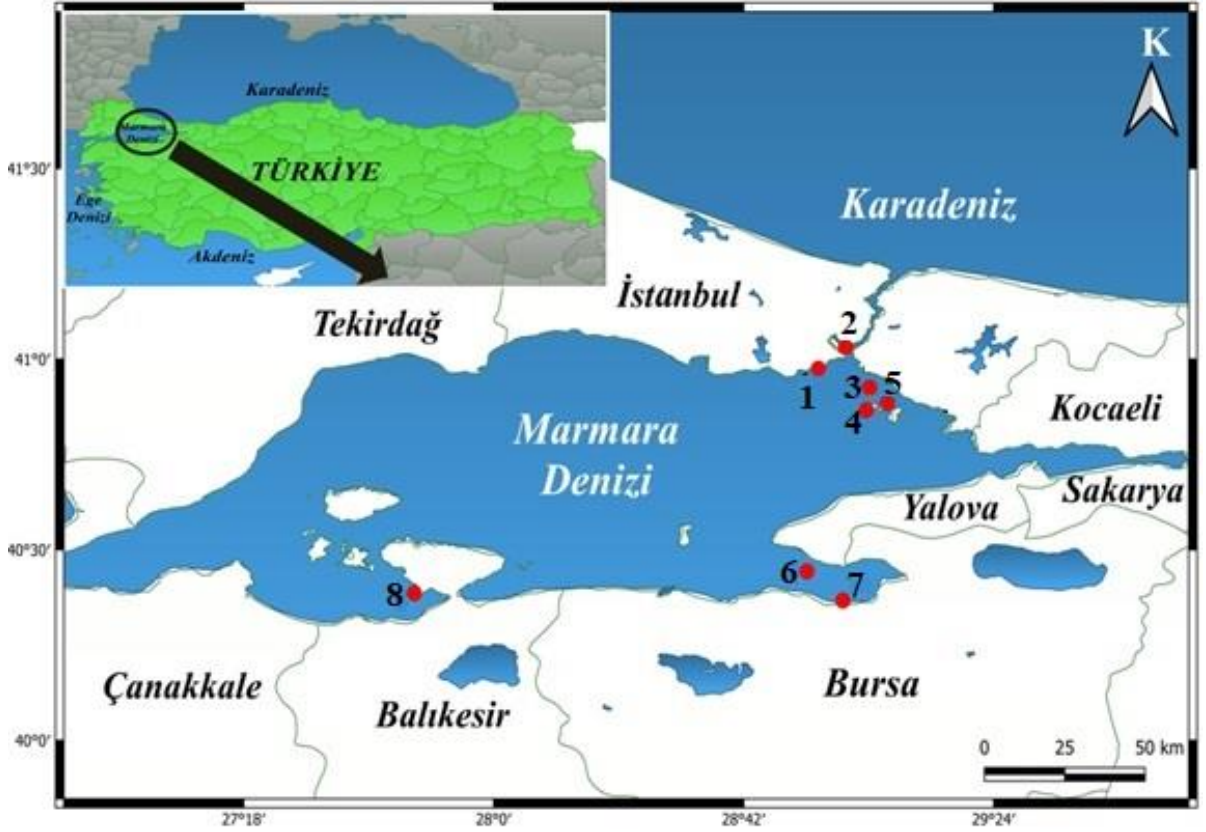
3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. ÇALIŞMA ALANI VE ÖRNEKLEMELER

Morfolojik ve moleküler karakterizasyonu yapılacak zararlı alg türlerine ait tek hücre saflaştırma işlemleri, 20 µm (mikrometre) göz açıklığına sahip plankton kepçesi ile İstanbul kıyıları ve Prens Adaları başta olmak üzere Marmara Denizi'nin sekiz farklı noktasından elde edilen yüzey suyu örnekleri üzerinden gerçekleştirilmiştir (Tablo 3.1, Şekil 3.1).

Tablo 3.1: Marmara Denizi'nde örnekleme istasyonları, tür kodları, adları ve izolasyon tarihleri.

Tür Kodu	Tür Adı	İstasyon ve Noktalar	İzolasyon Tarihi	Konum
HB-8-04-21	<i>Prorocentrum cordatum</i>	Altıntaş/Bursa	30.09.2021	40°21'27,6"K 28°59'28,4"D
HB-3-10-21	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	Burgazada/İstanbul	08.10.2021	40°52'41,2"K 29°03'10,2"D
HB-2-01-22	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	Erdek/Balıkesir	31.01.2022	40°23'16,2"K 27°47'37,9"D
HB-1-02-22	<i>Amphidinium carterae</i>	Heybeliada/İstanbul	16.02.2022	40°52'45,9"K 29°05'59,4"D
HB-8-07-21	<i>Biecheleria</i> sp.	Gemlik/ Bursa	27.07.2021	40°26'52,6"K 28°52'24,0"D
HB-14-11-21	<i>Cylindrotheca closterium</i>	cf. Heybeliada/İstanbul	22.11.2021	40°52'45,9"K 29°05'59,4"D
HB-3-08-21	<i>Amphidinium carterae</i>	Bakırköy/İstanbul	18.05.2021	40°58'47,6"K 28°53'25,2"D
HB-2-07-21	<i>Prorocentrum cordatum</i>	Haliç/İstanbul	27.07.2021	41°01'10,0"K 28°58'22,6"D
HB-11-10-21	<i>Prorocentrum rhathymum</i>	Heybeliada/İstanbul	27.10.2021	40°52'45,9"K 29°05'59,4"D
HB-6-04-21	<i>Durinskia</i> sp.	Kınalıada/İstanbul	09.04.2021	40°54'49,0"K 29°03'10,0"D



Şekil 3.1: Örnekleme noktaları.

Deniz suyu örneklemeleri, fitoplankton hücre yoğunluğunu ve çeşitliliğini attırmak amacıyla 20 µm göz açıklığına sahip plankton kepçesi ile yüzey suyundan yatay çekimler gerçekleştirilmiştir. Küçük boyutlu ve kriptik olarak tanımlanan ya da düşük hücre yoğunluğuna sahip ZAÇ türlerini de tespit edebilmek amacıyla tek hücre saflaştırma işlemlerinde kullanılacak deniz suyu örneklemeleri için 20 µm göz açıklığına sahip plankton kepçesi özellikle tercih edilmiştir. Toplanan örnekler laboratuvara getirilene kadar karanlık ve serin bir kap içerisinde saklanmıştır.

3.2. TÜRLERİN MORFOLOJİK TAKSONOMİSİ

Laboratuvara getirilen canlı örnekler mikroskop altında incelenmiş ilk olarak tespit edilen hedef fitoplankton türlerinin morfolojik tespiti ve tek hücre izolasyonları gerçekleştirilmiştir. Türlerin morfolojik olarak tanımlanması ve teşhisleri (Steidinger ve Tangen, 1997; Hoppenrath ve diğ., 2009, 2014) dijital görüntüleme sistemine sahip Olympus BX51 ve Olympus CK2 interved mikroskoplar altında yapılmıştır. Çalışmada belirlenen türlerin güncel sınıflandırma ve adlandırılmalarının kullanılmasında World Register of Marine Species (WoRMS) ve AlgaeBase

sitelerinden yararlanılmış, türlerin morfolojik tayinlerinde ise Hoppenrath ve diğ. (2009) ve Kraberg ve diğ. (2010) kullanılmıştır.

3.3. SAF HÜCRE KÜLTÜRLERİNİN OLUŞTURULMASI

Çalışma süresince elde edilen ZAÇ türlerin saflaştırma ve kültüre alma işlemleri, mikroskop altında tek hücre çekimi ve f/2 besi ortamında seyreltme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Bolch ve Percy, 2013). Seyreltme yönteminde işlenmiş numuneden bir miktar örnek pipetleme yapılarak, steril ortam içeren 24'lük ve 96'luk hücre kültür plakalarına aktarılmıştır. Seyreltilen bu örnekten bir yandaki kuyucuğa tekrar pipetleme yapılmış ve bu işlem sıralı olarak en az 10'ar kuyucuğa kadar gerçekleştirilmiştir. Tek hücre saflaştırma işlemlerinde, plankton örneklerinden mikroskop altında cam pastör pipeti ile tek hücre çekimleri yapılmış ve çukur lamlarda seri halde steril damlalara aktarma yoluyla saf hücre suşları elde edilmiştir. Saflaştırılan hücreler ilk olarak 96'luk kültür plakasına aktarılaraq plankton kültür odasında 20 ± 3 °C sıcaklık aralığında, 12 saat aydınlık/karanlık periyotta, $150 \text{ Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık yoğunluğunda kültüre alınmıştır. Yeterli hücre yoğunluğuna ulaşan suşlar 24'lük hücre kültür plakalarına aktarılaraq besi ortamı ile hacimleri arttırılarak aynı koşullarda kültür işlemlerine devam edilmiştir. Hücre kültür plakaları içinde başarılı bir şekilde çoğalan monoalgal suşlar, steril besi ortamı ile ilk olarak 100 ml'lik erlenlere alınmış, yeterli hücre artışı elde edildikten sonra 250 ml'lik erlenlere aktarılmıştır. Saf hücre kültürleri elde edilen ZAÇ türleri İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Hidrobiyoloji Anabilim Dalı Plankton Kültür Laboratuvarı Koleksiyonu'na dahil edilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: İ.Ü. Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji Anabilim Dalı Plankton Kültür Laboratuvarı.

Başarı ile saflaştırılan 10 monoalgal ZAÇ suşu PZR işlemlerinin gerçekleştirileceği kalıp DNA'ları elde etmek için kullanılmıştır. Bu amaçla, ZAÇ suşlarının yoğun hücre kültürlerinden

15 ml'lik falkon tüplerine aktarılan alt örnekler 3000 rpm devirde 15 dakika santrifüjlenerek hücre pelletleri elde edilmiş ve analizlere kadar -20 °C' de saklanmıştır.

3.4. KALIP DNA İZOLASYONU

Hücre pelletleri üzerinden gerçekleştirilecek kalıp DNA saflaştırma işlemleri kolon tabanlı Yüksek Saflıkta PCR Şablonu Hazırlama Kiti (Roche) kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada, üretici firmanın önerdiği DNA saflaştırma protokolü uygulanmıştır.

1. Santrifüj edilmiş ve 1,5 ml eppendorf tüpü içerisinde -20°C'de saklanmış hücre pelletlerinin üzerine 0,2 mm seramik boncuk eklenip homojenizatörde hücre duvarlarının parçalanması sağlanmıştır. Üzerine 200 µl Doku Lizis Tamponu (Tissue Lysis Buffer) ve 40 µl Proteinaz K eklenerek homojenizatörde (Bullent Blender Storm-Next Advance) homojenize edilmiş ve ardından +55 °C'de 60 dakika süreyle kuru blokta (MK-10-Allsheng) inkübe edilmiştir.

2. Eppendorf tüpü içerisindeki örneklerin üzerine 200 µl Bağlama Tamponu (Binding Buffer) eklenmiş ve ardından vorteksle iyice karıştırdıktan sonra +70°C'de 10 dakika süreyle kuru blokta inkübe edilmiştir.

3. İnkübasyon tamamlandıktan sonra örneklerin üzerine 100 µl Isopropanol eklenmiştir. Isopropanol eklenen hücre pelleti çözeltisi toplama tüpüne yerleştirilmiş DNA/RNA spin filtre tüpüne aktarılmıştır ve $8.000 \times g$ 'de 1 dakika santrifüjlenmiştir (WN-CM15-Weightlab). Santrifüjden sonra süzülen sıvı ve toplama tüpü atılmış, spin filtre tüpü yeni bir toplama tüpüne yerleştirilmiştir.

4. Filtre tüpünün üst haznesine 500 µl İnhibitör Uzaklaştırıcı Tampon (Inhibitor Removal Buffer) eklenmiş ve $8.000 \times g$ 'de 1 dakika santrifüjlenmiştir. Santrifüjden sonra süzülen sıvı ve toplama tüpü atılmış, spin filtre tüpü yeni bir toplama tüpüne yerleştirilmiştir.

5. Spin filtre tüpüne 500 µl Yıkama Tamponu (Wash Buffer) eklenmiş, $8.000 \times g$ 'de 1 dakika santrifüjlenmiş ve süzülen sıvı atılmıştır. Spin filtre tüpü yeni bir toplama tüpüne yerleştirilmiştir.

6. Spin filtre tüpünün üst haznesine 500 µl Yıkama Tamponu (Wash Buffer) eklenmiş, $8.000 \times g$ 'de 1 dakika santrifüjlenmiştir. Süzülen sıvıyı attıktan sonra filtre ve toplama tüpü tam hızda 10 saniye daha santrifüjlenip, toplama tüpü atılmıştır.

7. DNA'yı ayırtmak için spin filtre tüpü temiz, steril 1,5 ml'lik yeni bir mikrosantrifüj tüpüne yerleştirilmiştir. Ardından spin filtre tüpüne 200 µl önceden ısıtılmış (70°C) Ayırıştırma Tamponu (Elution Buffer) eklenmiş ve 8000 × g'de 1 dakika santrifüjlenmiştir.

8. Son aşamada elde edilen mikrosantrifüj tüpü içerisindeki sıvı, doğrudan kullanılabilen veya daha sonraki analizler için -2, -8°C veya -15, -25°C 'de saklanabilen, ayırıştırılmış, saflaştırılmış DNA örneğini içermektedir.

3.5. DNA YOĞUNLUĞUNUN VE SAFLIK DERECESİNİN BELİRLENMESİ

Saflaştırılan DNA örneklerinin miktarı ve saflığı NanoDrop cihazı (Nano-400A-Allsheng) ile ölçülmüştür. Ölçümlerde 260 ve 280 nm'de elde edilen absorbans değerlerinin oranı, DNA saflığını değerlendirmek için kullanılmaktadır (Glase, 1995). DNA için 1,8'lik bir absorbans oranı genellikle “saf” olarak kabul edilirken (Hassan ve diğ., 2015) daha düşük oranlar ($\leq 1,6$) ise yetersiz ürün kalitesine ve protein varlığına işaret etmektedir (Gallagher, 2001).

3.6. POLİMERAZ ZİNCİR REAKSİYONU (PZR)

PZR işlemleri Blue-Ray TurboCycler (TCLT-9610/9620) PZR cihazında gerçekleştirilmiştir. PZR reaksiyonlarında kullanılacak karışım, 25 µl MyTaq Red Mix 2x, 2 µl bovine serum albümin (BSA), 9 µl ultra saf su (ddH_2O), 2 µl ileri ve geri yönlü primer setleri ve 20 ng (10 µl) örnek DNA olacak şekilde hazırlanmıştır. PZR reaksiyonlarında kullanılan primerler ökaryotik organizmalar için tanımlanmış olup, fitoplanktonun ribozomal RNA geninin büyük alt birimi (LSU rDNA) D1-D3 bölgelerinin çoğaltılması için kullanılmaktadır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2: PZR analizinde örnekler için kullanılan primerler.

Primer	Baz Dizisi 5' - 3'	Kaynak
İleri D1R	ACCCGGTGAATTAAAGCATA	Scholin ve diğ., 1994
Geri D3B	TCGGAGGGAACCAGCTACTA	Nunn ve diğ., 1996

PZR, 95°C'de 4 dakika boyunca çift sarmallı zincire sahip olan DNA molekülünün denatürasyonu ile başlar. 95°C'de 30 saniye, 60°C'de 2 dakika basamaklarından oluşan 35 döngüyle primerlerin tek zincirli olan DNA'ya bağlanması sağlanır, 72°C'de 10 dakika boyunca nükleotitleri 5' ucundan 3' ucuna doğru ekleyerek primerlerin uzamasını sağlayan polimeraz enzimi hedef DNA'nın iki zincirli kopyasını oluşturur.

3.7. AGARUZ JEL ELEKTROFOREZİ

Agaroz jel elektroforezi, PZR ürünlerinin bantlar halinde büyüklüklerine göre ayrılması ve ürün kalitesinin belirlenmesi işlemidir. Agaroz jel için 250 ml'lik beher içerisine 0,75 gr agaroz tartılarak ve üzerine 50 ml 1X TAE (Tris Borik asit EDTA- Sigma Aldrich) tamponu eklenerek mikrodalga fırında homojen hale gelene kadar ısıtılmıştır. Jel çözündükten sonra üzerine 2,5 µl nükleik asit boyama solüsyonu olan Redsafe (İNtRON) eklenerek %1'lik agaroz jel elde edilmiştir. Elektroforez tankına ilk önce kuyuların açılabilmesi için 10 dişli tarak yerleştirilmiştir. Üzerine hazırlanan jel dökülmüş, 20–30 dakika jelin katılaşması beklenilmiş ve jel katılaştıktan sonra tarak çıkarılarak 10 adet kuyucuk elde edilmiştir. İlk kuyucuğa PZR ürünlerinin boyutunu tespit etmek amacıyla 3,5 µl 100 bp'lik DNA merdiveni (Ladder- Grisp) eklenmiştir. Jel yüklemesi için her bir PZR ürününden ayrı ayrı alınan 5 µl örnek 1,7 µl yükleme boyası (Loading dye) ile karıştırıldıktan sonra agaroz jelde açılan kuyucukların içerisine sırasıyla aktarılmıştır (Mahmoud ve diğ., 2019; Şekil 3.3). İyi kalitede olan PZR ürünlerinin Sanger DNA dizi analizleri BM Yazılım Danış. ve Lab. Sis. Ltd. Şti laboratuvarlarında hizmet alımı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3: Kuyucuk açılmış ve DNA yüklenmiş olan jel elektroforez.

3.8. FİLOGENETİK ANALİZLER

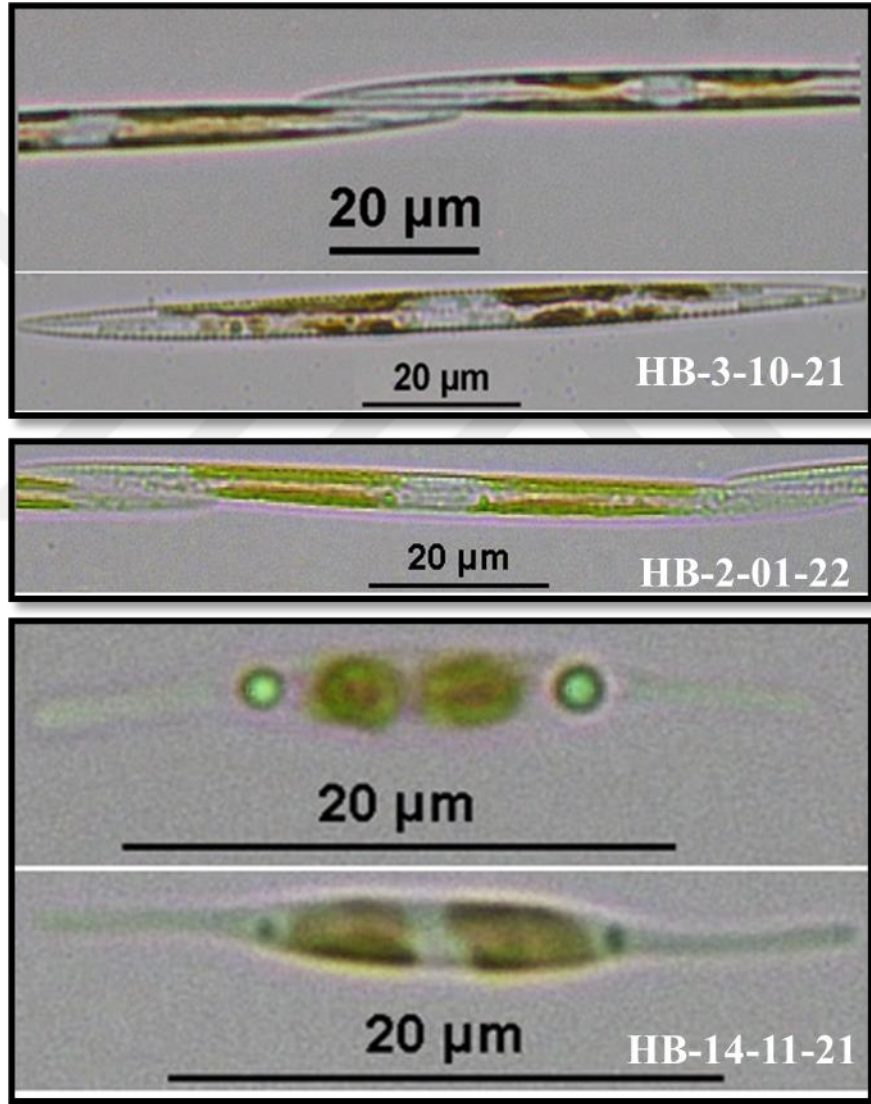
Klasik morfolojik taksonomi ile yapılan ZAÇ tür tayinlerinin doğrulaması, monokültürleri elde edilen saf suşlar üzerinden filogenetik analizlerle yapılmıştır. Monoalgal suşlara ait Sanger DNA dizi analizlerinden her bir ZAÇ suşu için elde edilen ileri ve geri yönlü gen dizileri BioEdit (Hall, 1999) programında kontrol edilmiş, okuma kalitesi düşük görülen 5' ve 3' uçları silinerek filogenetik analizlere uygun hale getirilmiştir.

Filogenetik analizlerde kullanılacak benzer referans dizileri NCBI BLAST (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) veri tabanı kullanılarak tespit edilmiş ve Bioedit programında çoklu hizalamaları yapılmıştır (Balcı ve diğ., 2021). Çoklu hizalaması yapılan gen dizilerinin Mega 11 (Tamura ve diğ., 2021) programı kullanılarak filogenetik ağaçları oluşturulmuştur. Hizalamalar ve filogenetik ağaç çıkarsamaları en yüksek olasılık (maximum likelihood-ML) ve komşu-katılma (neighbour-joining-NJ) yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Balcı ve diğ., 2021).

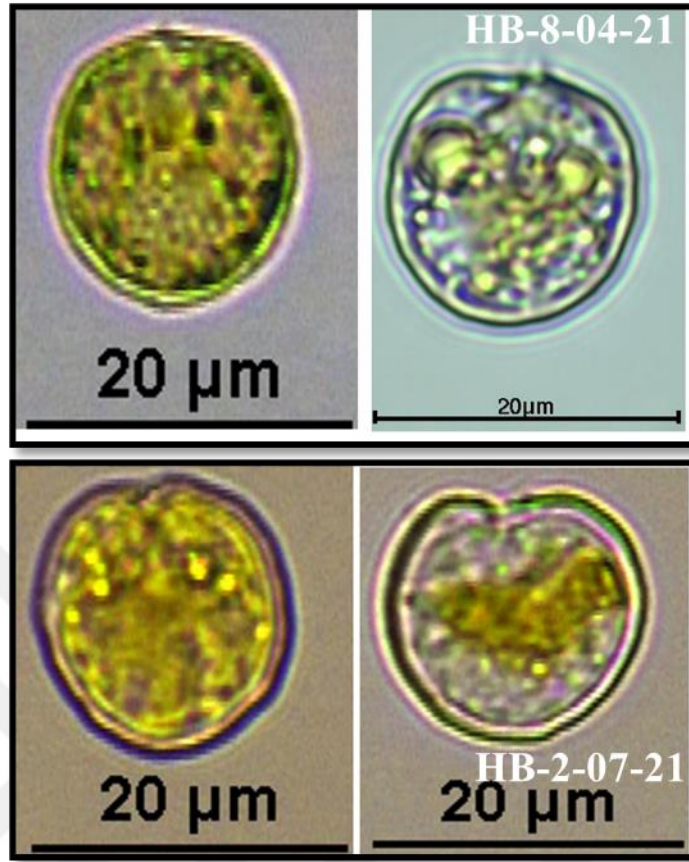
4. BULGULAR

4.1. SAFLAŞTIRILAN ZAÇ TÜRLERİNİN SİSTEMATİK KARAKTERİZASYONU

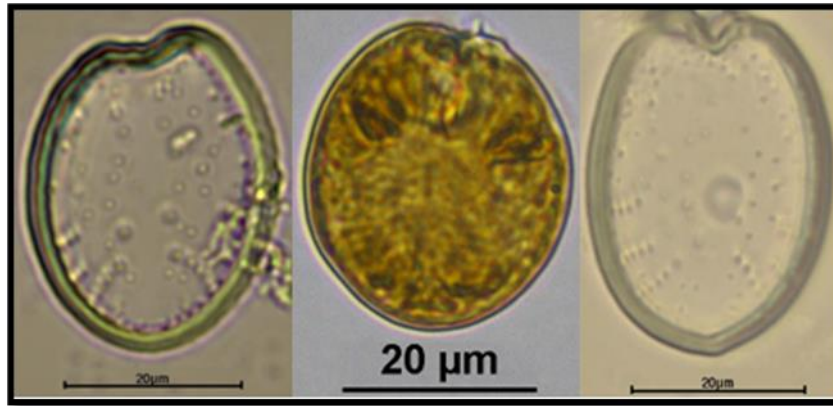
Filogenetik ağaç analizleri sonucunda, Bacillariophyceae sınıfından 2 türe ait 3 suş ve Dinophyceae sınıfından 5 türe ait 7 suş olmak üzere toplam 10 mikroalg suşundan oluşan 7 tür tespit edilmiştir. Bu türlere ait görseller Şekil 4.1-4.5 arasında gösterilmiştir.



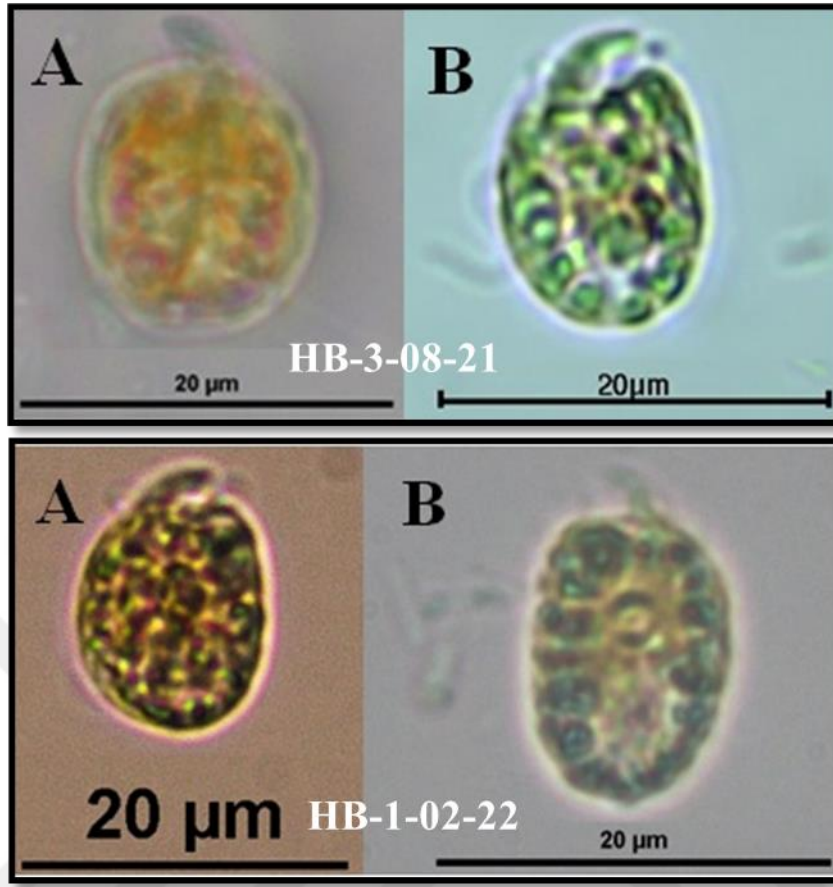
Şekil 4.1: HB-03-10-21 (*Pseudo-nitzschia pungens*), HB-02-01-22 (*P. pungens*) ve HB-14-11-21 (*Cylindrotheca cf. closterium*) suşlarının ışık mikroskobu görüntüleri.



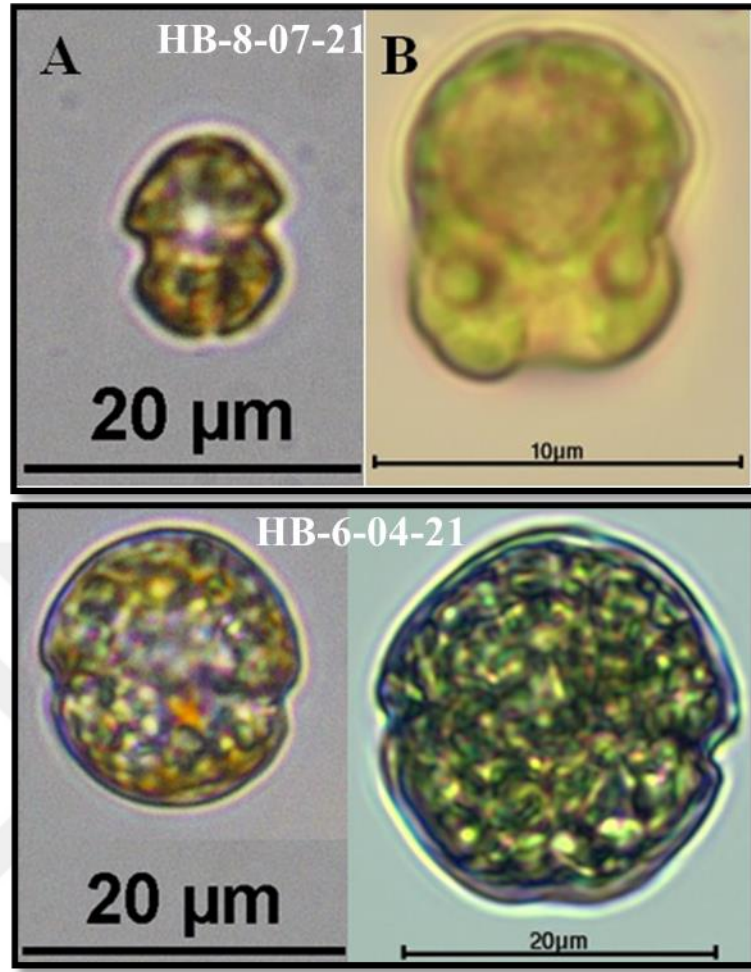
Şekil 4.2: HB-08-04-21 ve HB-02-07-21 (*Prorocentrum cordatum*) suşlarının ışık mikroskobu görüntüleri.



Şekil 4.3: HB-11-10-21 (*Prorocentrum rhathymum*) suşunun ışık mikroskobu görüntüsü.



Şekil 4.4: HB-03-08-21 (A: 1000X, B: 400X) ve HB-01-02-22 (A: 400X, B: 1000X büyütmelerde) (*Amphidinium carterae*) suşlarının ışık mikroskobu görüntüsü.



Şekil 4.5: HB-08-07-21 (*Biecheleria* sp.) (A: 400X, B:1000X büyütme) ve HB-06-04-21 (*Durinskia* sp.) suşlarının ışık mikroskobu görüntüleri.

Bu türlerin en ve boy oranları kullanılarak yapılan morfolojik sistematik kategorizasyonları Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Çalışmada elde edilen türlerin boyut bilgisi.

Tür Kodu	Tür Adı	En fazla boy (µm)	En düşük boy (µm)	En fazla en (µm)	En düşük en (µm)
HB-03-10-21	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	84,4	76,04	6,82	4,93
HB-02-01-22	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	80,22	68,88	6,04	2,89
HB-14-11-21	<i>Cylindrotheca closterium</i> cf.	27,17	23,3	5,66	3,05
HB-02-07-21	<i>Prorocentrum cordatum</i>	18,01	14,66	17,01	12,91
HB-08-04-21	<i>Prorocentrum cordatum</i>	19,37	14,81	16,77	12,97
HB-11-10-21	<i>Prorocentrum rhathymum</i>	39,81	32,53	31,98	22,17
HB-03-08-21	<i>Amphidinium carterae</i>	19,92	12,68	18	11,24
HB-01-02-22	<i>Amphidinium carterae</i>	15,97	10,98	12,62	8,6
HB-08-07-21	<i>Woloszynskia</i> sp	11,17	8,5	9,74	6,55
HB-06-04-21	<i>Durinskia</i> sp.	28,27	14,51	24,98	12,48

4.2. DNA MİKTARI VE SAFLIK ORANI

Tez kapsamında Marmara Denizi yüzey sularından mikroskop altında incelenerek tespit edilen potansiyel ZAÇ türlerinin morfolojik incelemesi ve tek hücre izolasyonları gerçekleştirilmiş, 10 fitoplankton suşunun monoalgal hücre kültürleri elde edilmiş ve DNA sekans analizleri için kullanılan kalıp DNA saflaştırmaları yapılmıştır. Elde edilen genomik DNA örneklerinin miktarı ve kalitesi spektrofotometrik olarak 260 ve 280 nm’de ölçülerek belirlenmiş ve Tablo 4.2’de sunulmuştur.

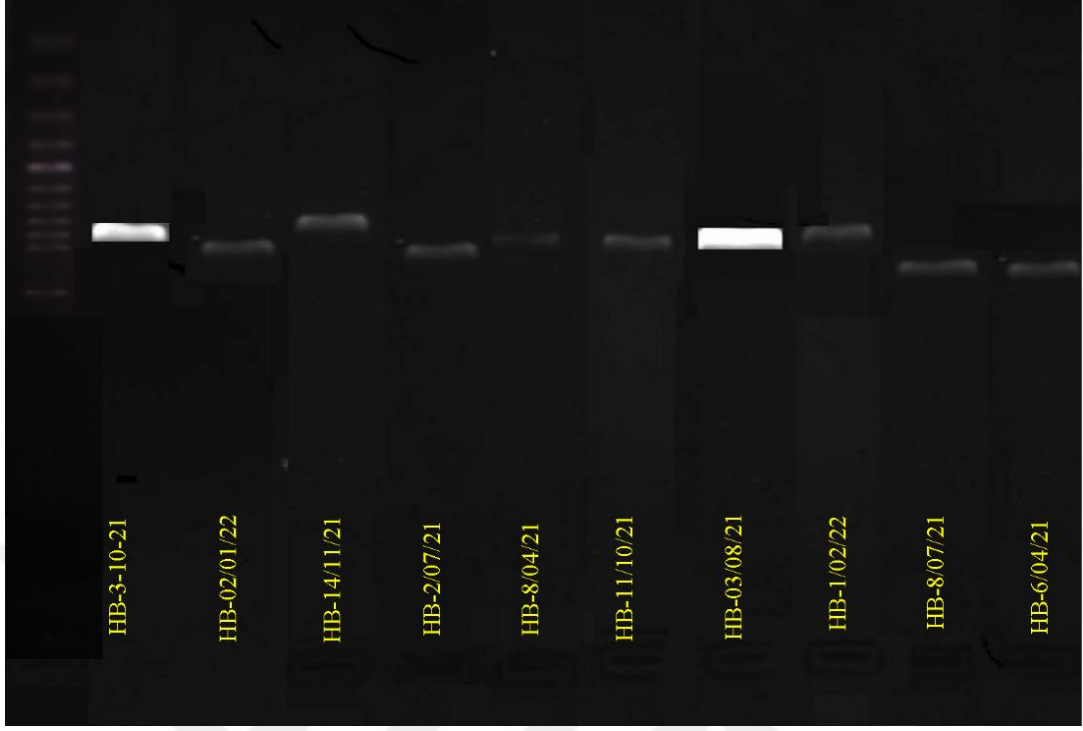
Tablo 4.2: Monoalgal hücre kültürlerinin DNA miktarı ve saflık oranları.

Örnek Kodu	Tür Adı	DNA Miktarı (ng/μl)	DNA saflık Oranı (260/280)
HB-03-10-21	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	14,497	1
HB-02-01-22	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	17,709	0,9
HB-14-11-21	<i>Cylindrotheca cf. closterium</i>	2,192	0,86
HB-02-07-21	<i>Prorocentrum cordatum</i>	3,822	1,31
HB-08-04-21	<i>Prorocentrum cordatum</i>	3,999	0,89
HB-11-10-21	<i>Prorocentrum rhathymum</i>	9,010	1,28
HB-03-08-21	<i>Amphidinium carterae</i>	11,83	1,13
HB-01-02-22	<i>Amphidinium carterae</i>	7,093	1,02
HB-08-07-21	<i>Biecheleria</i> sp.	28,261	1,69
HB-06-04-21	<i>Durinskia</i> sp.	16,125	0,98

Çalışmada elde edilen en düşük ve yüksek DNA miktarları ile saflık oranları 2,192–28,26 ng/μl ve 0,86–1,69 ng/μl olarak HB-14-11-21 ve HB-08-07-21 kodlu suşlara ait örneklerde gözlenmiştir. HB-06-04-21 kodlu suş tek hücre üzerinden sekans analizine alınmıştır.

4.3. PZR ANALİZİ SONUÇLARI

Monoalgal hücre kültürlerinden ve tek hücre üzerinden saflaştırılan genomik DNA dizilerinin çoğaltılmasına dayanan PZR işlemi (1) DNA zincirinin açılması (Denaturation), (2) primerlerin açılan DNA zincirlerine yapışması (Annealing) ve (3) primer sentezi (Extension) olarak adlandırılan üç aşamadan oluşmaktadır. Bu çalışmada kullanılan PZR protokolü, kalıp DNA zincirlerinin açılması için 95 °C’de 4 dakika ön ısıtma, 95 °C’de 30 saniye ve 60 °C’de 2 dakika süreyle primerlerin açılan DNA zincirlerine yapışması basamaklarından oluşan 35 döngünün ardından 72 °C’de 10 dakika final uzatma basamaklarından oluşmaktadır. Saflaştırılan genomik DNA dizileri üzerinden gerçekleştirilen PZR işlemi sonucunda elde edilen ürünler yatay agaroz jel elektroforez sisteminde yürütülmüş ve ardından UV transilüminatörden alınan görüntü üzerinden ürünlerin kalitesi ve baz büyüklüğü değerlendirilmiştir. Yürütülmüş olan 10 mikroalg suşunun 200-300 baz çifti uzunluğunda olduğu bulunmuştur (Şekil 4.6).



Şekil 4.6: Monoalgal hücre kültürlerinin jel görüntüsü.

Analizde kullanılan primerler ökaryotik organizmalar için olup, ribozomal RNA geninin büyük alt birimi (LSU rDNA) D1-D3 bölgeleri kullanılarak yapılmıştır.

4.4 SAFLAŞTIRILAN ZAÇ TÜRLERİNİN FİLOGENETİK AĞAÇ VE DİZİ SONUÇLARI

İzole edilen türlerin sistematik konumları ve DNA dizileri gerçekleştirilmiş ve filogenetik ağaç analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

4.4.1. *Pseudo-nitzschia pungens*

Alem: Chromista

Şube: Bacillariophyta

Sınıf: Bacillariophyceae Haeckel, 1878

Takım: Bacillariales Hendey, 1937

Aile: Bacillariaceae Ehrenberg, 1831

Cins: *Pseudo-nitzschia* H. Peragallo in H. Peragallo & M. Peragallo, 1900

Tür: *Pseudo-nitzschia pungens* (Grunow ex Cleve) G.R.Hasle, 1993

28S LSU dizileri kullanılarak DNA dizilemeleri ve filogenetik analizleri gerçekleştirilen *P.pungens* suşlarına ait DNA dizileri aşağıda verildiği gibidir.

HB-03-10-21 suşunun DNA dizisi:

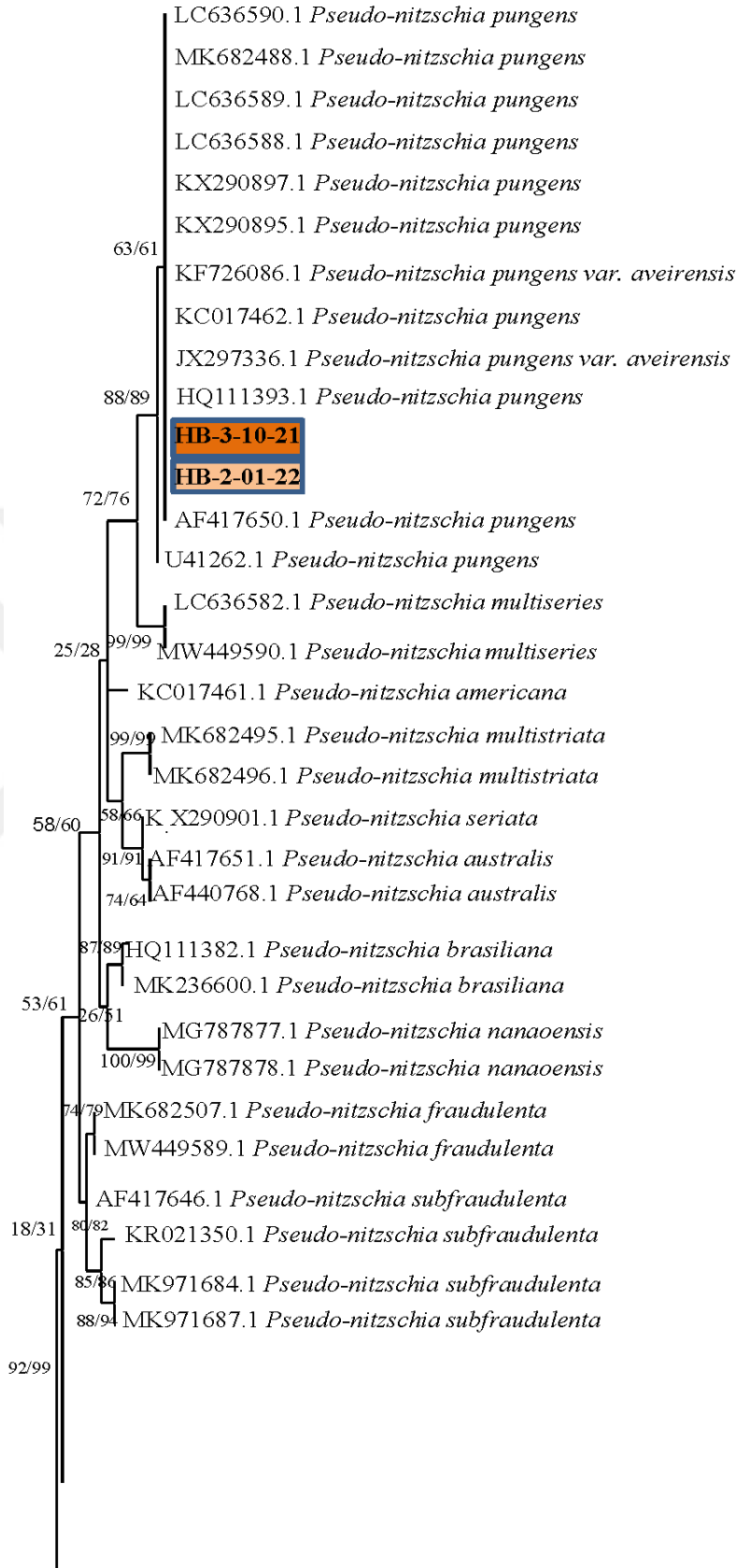
```
TTTTGGAGGGAAACAGCTACTAGATGGTTCGATTAGTCTTTTCGCCCCCTATACCCA
AATCTGACGATCGATTTGCACGTCAGAATCGCTACGAGCCTCCACCAGAGTTTCC
CCTGGCTTCACCCTATTCAGGCATAGTTCACCATCTTTTCGGGTCCCAACATGTATG
CTCACACTCAGACCGTTCTCCCGAGGGATTGAGGCCGGCGGATTGTGCAAAAATT
CCAACCACTGTCACTTTTCATTGCGCACGGGGGTTTGACACCCCTGTACTCGCACAT
ATGTTAGACTCCTTGGTCCGTGTTTCAAGACGGGGTAAAGAAAACCATTTTCGTCT
GCATCAGTCAAACCCAGTGCTAGCAACAGACATCAACTCTGACTGCGCTCTTCCA
AAGGGATCAACCAACCCAACTCACGCAAGTCCACAGCGCCAGACCACAAGTG
GCCAGGGAAATATGAACAAACAAACACTGGTTTCCTTCGCTTCCGTTTCAGCAGT
TTCAGGTACTCTTTAACTCTCTTTTCAAAGTTCTTTGCATCTTTCCCTCACGGTACT
```

TGTACGCTATCGGTCTCCACCAATATTTAGCTTTAGATGGAATTTACCACCAAAT
 TAGAGCTGCAATCCCAAACAACCTCGACTCGTTGACAAATGACTCACTTTACCAGG
 CGGACGGGAGTGTCACCCTCTCAGCTGTCCTTTTCCAAGGAACTTGGCCCGGCAA
 ATAATGTCAAAGTCTACAGACCACAATTTCGGCGCCATAAAAGCGCAGATTACAT
 CCTGAGCTAGTCCCGCTTCACTCGCCGTTACTGAGGGAATCCTAGTTAGTTTCTTT
 TCCTCCGCTTAATTATATGCTTAATTTCCCCCGGGGTAA

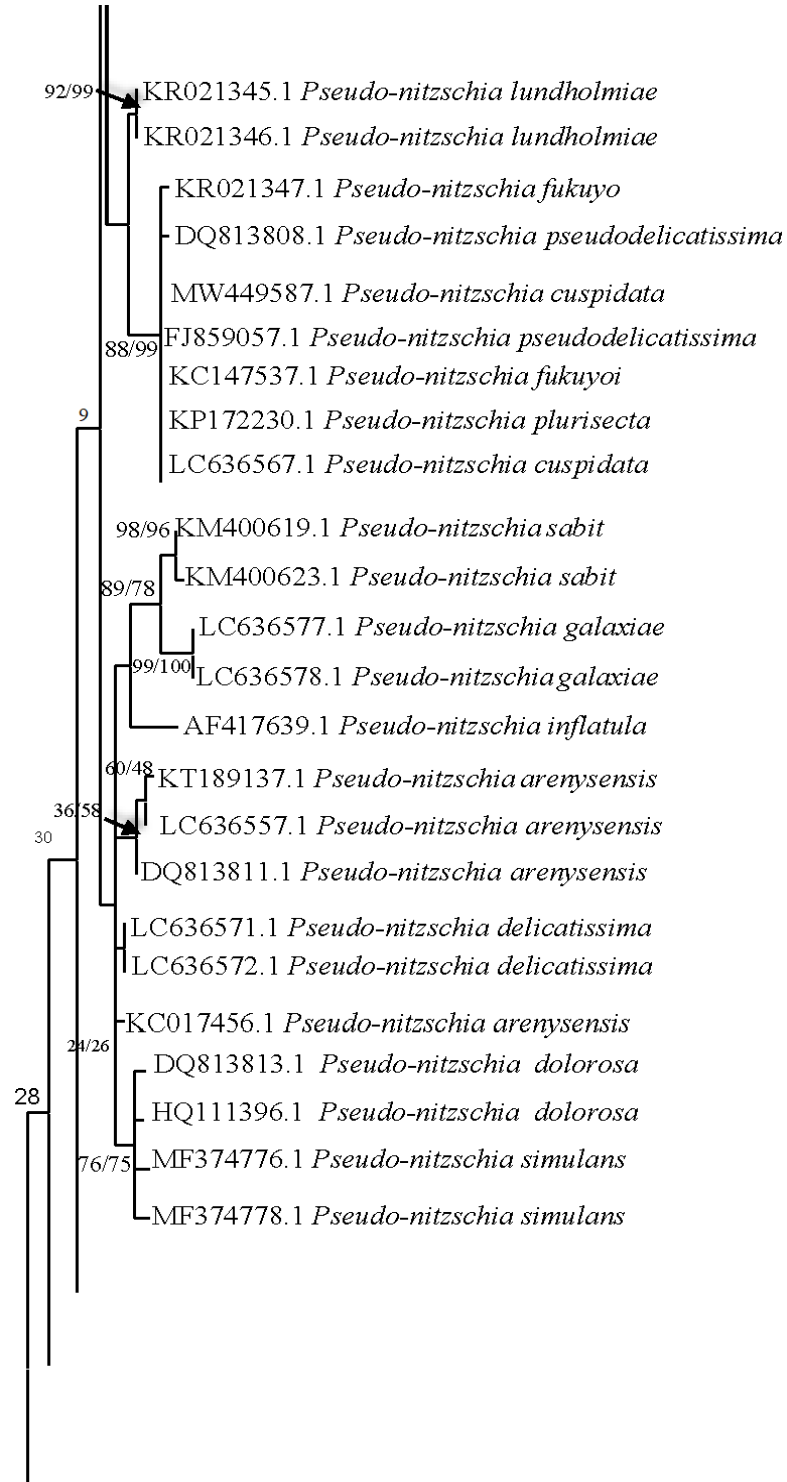
HB-02-01-22 suşunun DNA dizisi:

TTTTGGAGGGGAAACCAGCTACTAGATGGTTCGATTAGTCTTTCGCCCCTATACCC
 AAATTTGACGATCGATTTGCACGTCAGAATCGCTACGAGCCTCCACCAGAGTTTC
 CCCTGGCTTCACCCTATTCAGGCATAGTTCACCATCTTTCGGGTCCCAACATGTAT
 GCTCACACTCAGACCGTTCTCCCGAGGGATTGAGGCCGGCGGATTGTGCAAAAAT
 TCCAACCACTGTCACTTTTCATTGCGCACGGGGGTTTGACACCCCTGTACTCGCACA
 TATGTTAGACTCCTTGGTCCGTGTTTCAAGACGGGGTAAAGAAAACCATTTTCGTC
 TGCATCAGTCAAACCCAGTGCTAGCAACAGACATCAACTCTGACTGCGCTCTTCC
 AAAGGGATCAACCAACCCAAACTCACGCAAGTCCACAGCGCCCAGACCACAAGT
 GGCCAGGGAAATATGAACAAACAACACTGGTTCCTTCGCTTCGGTTTCAGCAG
 TTTTCAGGTACTCTTTAACTCTCTTTTCAAAGTTCTTTGCATCTTTCCTCACGGTAC
 TTGTACGCTATCGGTCTCCACCAATATTTAGCTTTAGATGGAATTTACCACCAAA
 TTAGAGCTGCAATCCCAAACAACCTCGACTCGTTGACAAATGACTCACTTTACCAG
 GCGGACGGGAGTGTCACCCTCTCAGCTGTCCTTTTCCAAGGAACTTGGCCCGGCA
 AATAATGTCAAAGTCTACAGACCACAATTTCGGCGCCATAAAAGCGCAGATTAC
 ATCCTGAGCTAGTCCCGCTTCACTCGCCGTTACTGAGGGAATCCTAGTTAGTTTCT
 TTTCTCCGCTTAATTATATGCTTAATTTCCCCCGGGTTAA

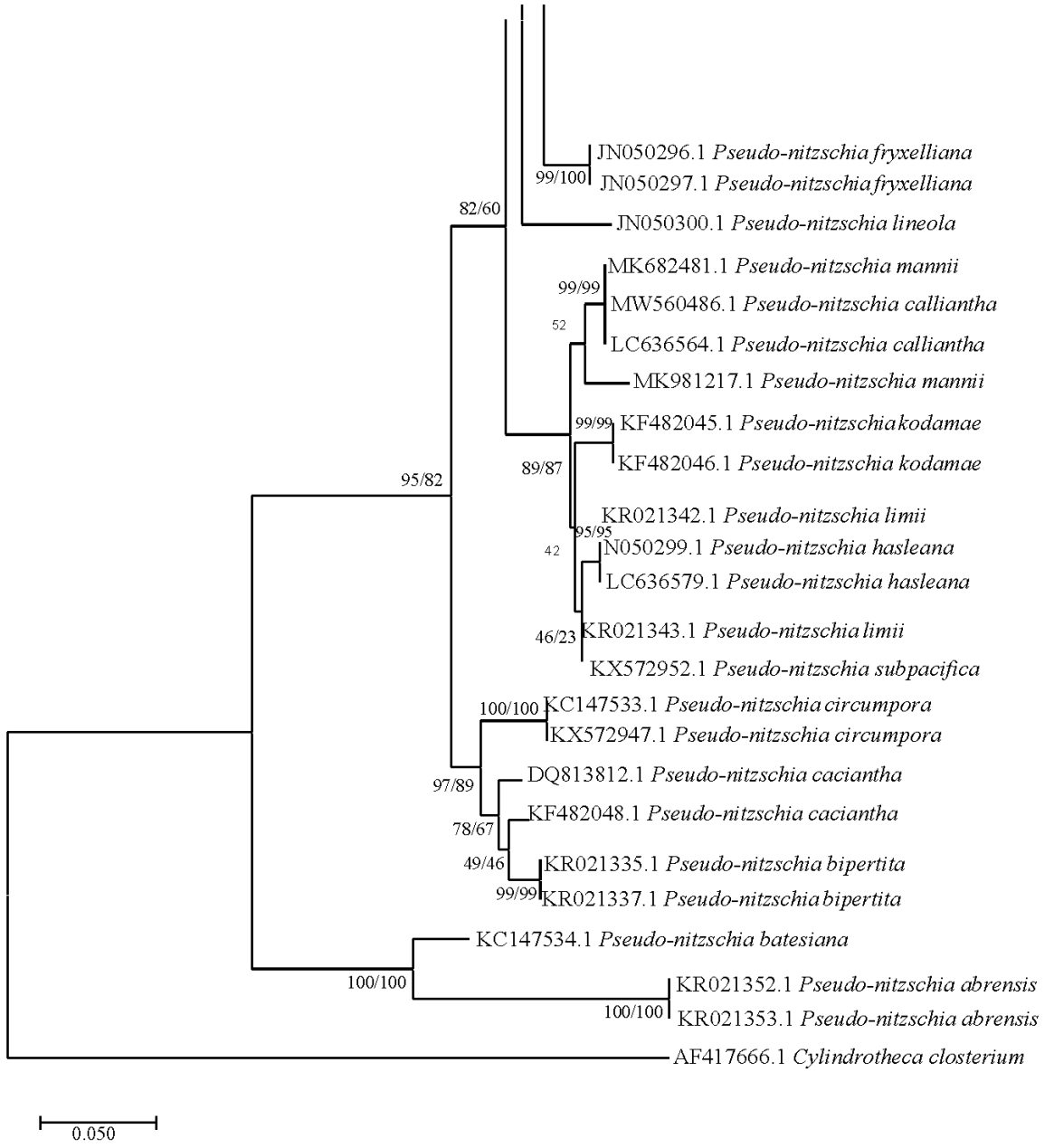
Bu iki suşa ait filogenetik ağaç ise Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7: *Pseudo-nitzschia* dizilerinin ML/NJ analizi ile elde edilen filogenetik ağacı.



Şekil 4.7: (devam)



Şekil 4.7: (devam)

4.4.2. *Cylindrotheca cf. closterium*

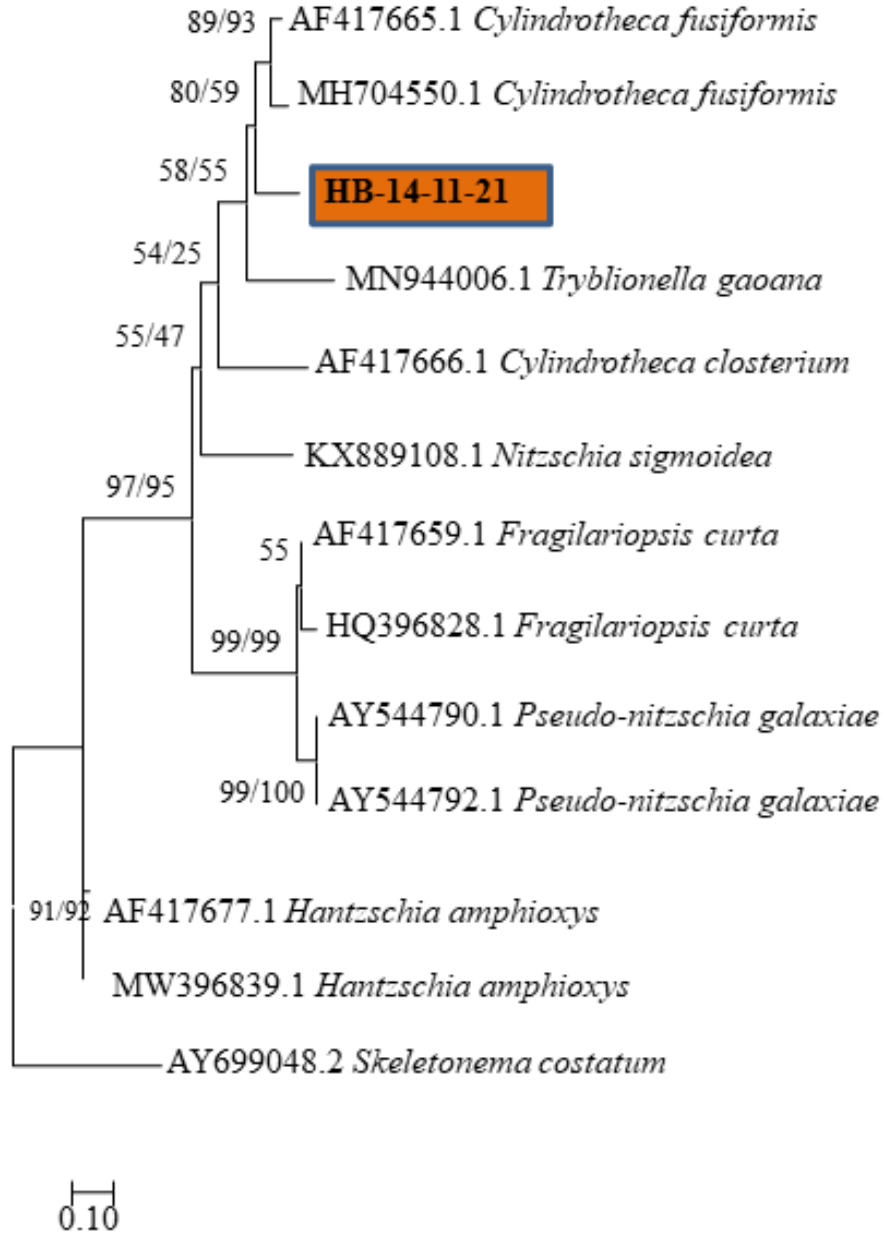
Cins: *Cylindrotheca* L. Rabenhorst, 1859

Tür: *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin, 1964

28S LSU dizileri kullanılarak DNA dizilemeleri ve filogenetik analizleri gerçekleştirilen *Cylindrotheca* suşuna ait DNA dizileri aşağıda verildiği gibidir.

TTTTTGGGGGGGGGAANACNCTACTAGATGGTTCGATTAGTCTTTCGCCCCCTATA
CCCAAATTTGACGATCGATTTGCACGTCAGAATCGCTACGAGCCTCCACCAGAGT
TTCCCCTGGCTTCACCCTATTCAGGCATAGTTCACCATCTTTCGGGTCCCAACATG
TATGCTCACACTCAGACCGTTCTCCCGAAGGATTGAGGCCGGCGGATTGTGCCCA
AAGGTCCAACCACTGTCACCTTTCATTGCGCATGGGAGTTTGACACTCCTATACTCG
CACATATGTTAGACTCCTTGGTCCGTGTTTCAAGACGGGGTAAAGAAAACCATTT
CGTCCTCCTCAGTCAGAAGCGATGCTAGCAACCAAAGTCAACTCCTTTAGCGCTC
TTCCATCGCGACCAACCAAGGACAACCCAAAACATGACACAGCGCCCAATCCGC
AAGCGGATCAGGAAGTATGACACATTCAACACTGGTTTCCTTCGCTTCCCTTTCA
GCAATTTTCAGGTACTCTTTAACTCTCTTTTCAAAGTTCTTTGCATCTTTCCCTCAG
GTACTTGTACGCTATCGGTCTCCCAACCAATATTTAGCTTTAGATGGAATTTACCAC
CCACTTAGAGCTGCAATCCCAAACAACCTCGACTCGTTGACTAGCGACTCATTAG
CCAGGCGGACGGGAGTCTCACCTCTCTGCTGCCCTTTTCCAAGGGACTTGGCCC
GGCCAATAACGTCACCTGTCTACAGACCACAATTCGGCGCATAGCGCAGATTCACA
TCCTGAGCACTTCCCGCTTCAGTCGCCCTTACTAGGGGAATCCTGGTTAGTTTCTT
TTCCTCCGCTTAATTATATGCTTATTTCCCCCGGGGTAAAAA

Bu suşa ait filogenetik ağaç ise Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8: *Cylindrotheca* dizilerinin ML/NJ analizi ile elde edilen filogenetik ağacı.

4.4.3. *Prorocentrum cordatum*

Şube: Dinoflagellata (Miozoa) Cavalier-Smith & Chao

Sınıf: Dinophyceae Fritsch, 1927

Takım: Prorocentrales Lemmermann, 1910

Aile: Prorocentraceae Stein, 1883

Cins: *Prorocentrum* Ehrenberg, 1834

Tür: *Prorocentrum cordatum* (= *Prorocentrum minimum*) (Ostenfeld) J.D.Dodge, 1976

28S LSU dizileri kullanılarak DNA dizilemeleri ve filogenetik analizleri gerçekleştirilen *P. cordatum* suşlarına ait DNA dizileri aşağıda verildiği gibidir.

HB-02-07-21 suşunun DNA dizisi:

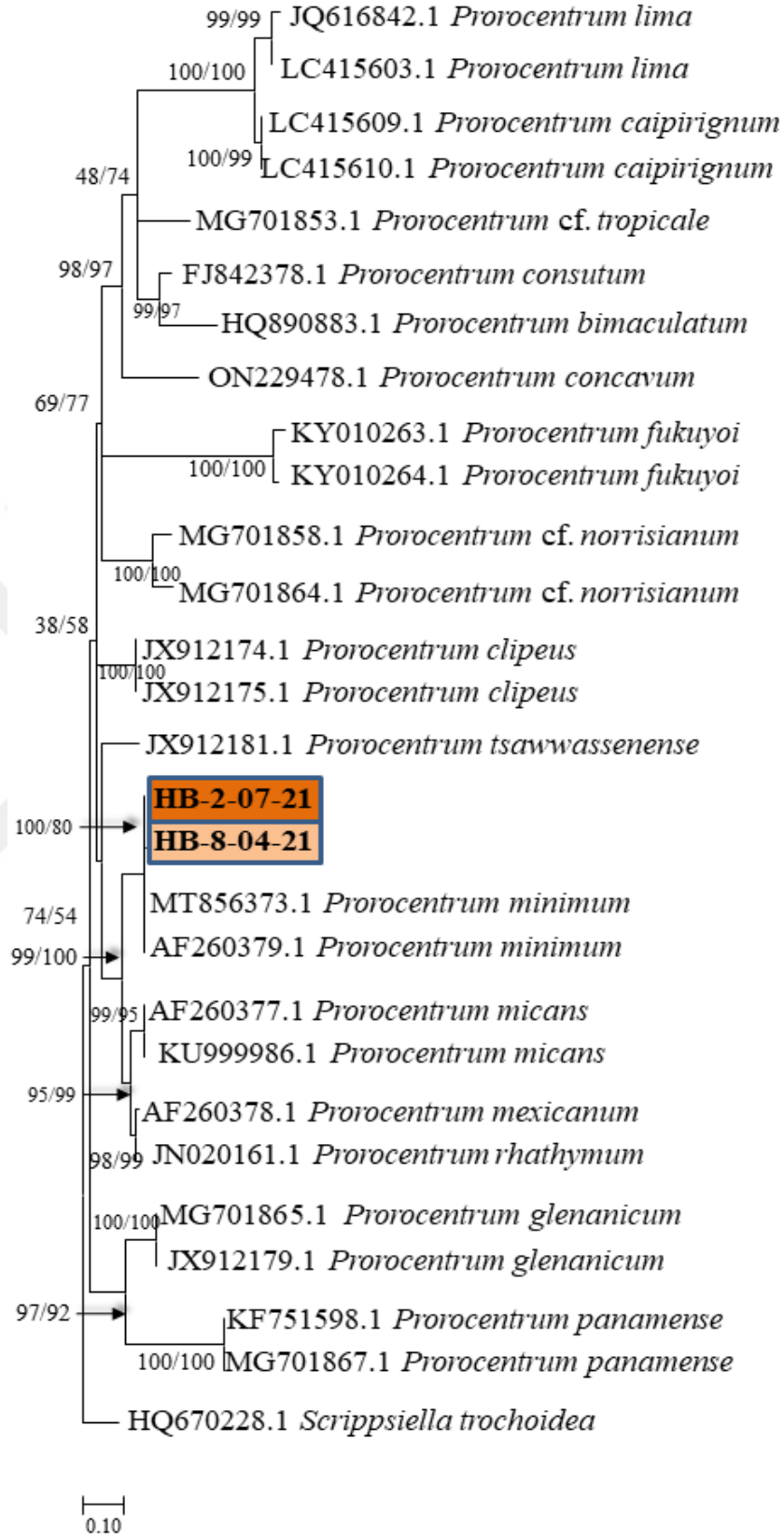
TTTTGGAGGGAAACCCACTCTAGATGGTTCGATTAGTCTTTCGCCCCTATACCCAA
GTATGACGAACGATTTGCACGTCAGTATCGCTACGAGCCTCCATCAGAGTTTCCC
CTGAGTTTGCCCTTCTCAGGCATAGTTCACCATCTTTCGGGTCCTAACAGATATGC
TCATACTCAAACCTCTCTCAATTGATTGGTCGGTTGCTGGTGCAAAGATCCCAGC
AGTCGCTTTTACTGCGCCAGCAGGTTTACCACCCGTGGACTCGCACATATGTTAG
ACTCCTTGGTCCGTGTTTCAAGACGGGTGCAATAGAACCATTTAGTCATCGTCTTT
GCGTCAGGGAAATGCCCAAGTCACCCAGGTCCCCCGCCAGTGGCAAGCCAAGAC
GAGCTTCCAGAATGCCAAGGACACTGCAACCAGACACGAAAGAAACAGTCCGCA
AATGAGTTCTGCCAAGGCTATTTACTCACCCGTAGACGAGCTACCATGACCCTGG
AGTTTTCTCGATCGCGAACTGGCGTTGACACACAAGGCAAGAGACGATCAAGC
GCGTCATGCACCCGACAATCTTGCCAAGCAACACTGGTTCCATTCGCTTCCCTTTC
AGCAATTTAGGGCACTTTTAACTCTCTTTTCAAAGTCCTTTTCATCTTTCCCTCATG
GTACTTGTTTGCTATCGGTCTCGAACCAATATTTAGCTTGAGATGAAATTTACCAC
CCAATTTACGCTCCAATTCCGAGGAACGCGACTCTTAGAAGGTATGCCGTGCACG
GGGGACTGCAGATGACAAACGGGACTCTCACCTCGTTGATGCTCCTTTCCAAGA
GGCTTACATCTGCGCCTCCGTTGGCGATACATCTCGAGACTACAATTCAAGGCCG

AGGGCCCCAATTTCCATGCTGAGCTGATCCCTGTTTCATTTCGCCATTACAAAGGGA
ATCCTATTTAGTTTCTTATCCTCCGCTTACTTATATGCTAAA

HB-08-04-21 suşunun DNA dizisi:

GCTTTTGGAGGGGNACACCAGTACTAGATGGTTCGATTAGTCTTTCGCCCCCTATA
CCCAAGTATGACGAACGATTTGCACGTCAGTATCGCTACGAGCCTCCATCAGAGT
TTCCCCTGAGTTTGCCCTTCTCAGGCATAGTTCACCATCTTTCGGGGTCCTAACAGA
TATGCTCATACTCAAACCTCTCTCAATTGATTGGTCGGTTGCTGGTGCAAAGATCA
CAGCAGTCGCTTTCACTGCGCCAGCAGGTTTACCACCCGTGGACTCGCACATATG
TTAGACTCCTTGGTCCGTGTTTCAAGACGGGTCGAATAGAACCATTTAGTCATCGT
CTTTGCGTCAGGGAAATGCCCAAGTCACCCAGGTCCCCCGCCAGTGGCAAGCCAA
GACGAGCTTCCAGAATGCCAAGGACACTGCAACCAGACACGAAAGAAACAGTCC
GCAAATGAGTTCTGCCAAGGCTATTTCACTCACCCGTAGACGAGCTACCATGACCC
CGGAGTTTTCTCGATCGCGAACTGGCGTTGACACACAAGGCAAGAGACGATCA
AGCGCGTCATGCACCCGACAATCTTGCCAAGCAACACTGGTTCCATTTCGCTTCCC
TTTCAGCAATTTCAGGCACTTTTAACTCTCTTTTCAAAGTCCTTTTCATCTTTCCCT
CATGGTACTTGTTTGCTATCGGTCTCGAACCAATATTTAGCCTGAGATGAAATTTA
CCACCCAATTTACGCTCCAATTCCGAGGAACGCGACTCTTAGAAGGTATGCCGTG
CACGGGGGACTGCAGATGACAAACGGGACTCTCACCCCTCGTTGATGCTCCTTTCC
AAGAGGCTTACATCTGCGCCTCCGTTGGGCGATACATCTCGAGACTACAATTCAA
GGCCGAGGGCCCCAATTTCCATGCTGAGCTGATCCCTGTTTCATTTCGCCAATTACTA
AGGGAATCCTATTTAGTTTCTTATCCTCCGCTTACTTATATGCTATATTTCCCCGG
GTTAAAA

Bu iki suşa ait filogenetik ağaç Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9: *Prorocentrum* dizilerinin ML/NJ analizi ile elde edilen filogenetik ağacı.

4.4.4. *Prorocentrum rhathymum*

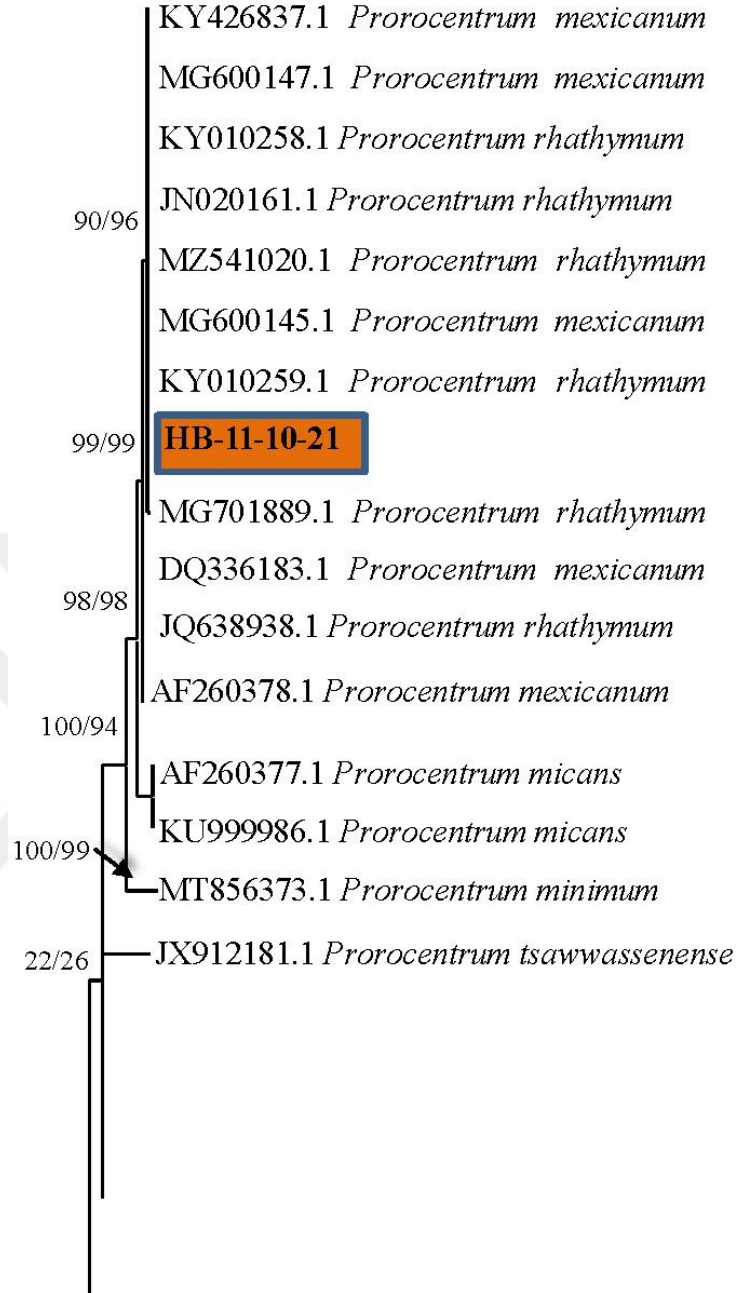
Tür: *Prorocentrum rhathymum* (= *Prorocentrum mexicanum*) Loeblich III, Sherley & Schmidt, 1979

DNA dizilemeleri ve filogenetik analizleri 28S büyük alt birim kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

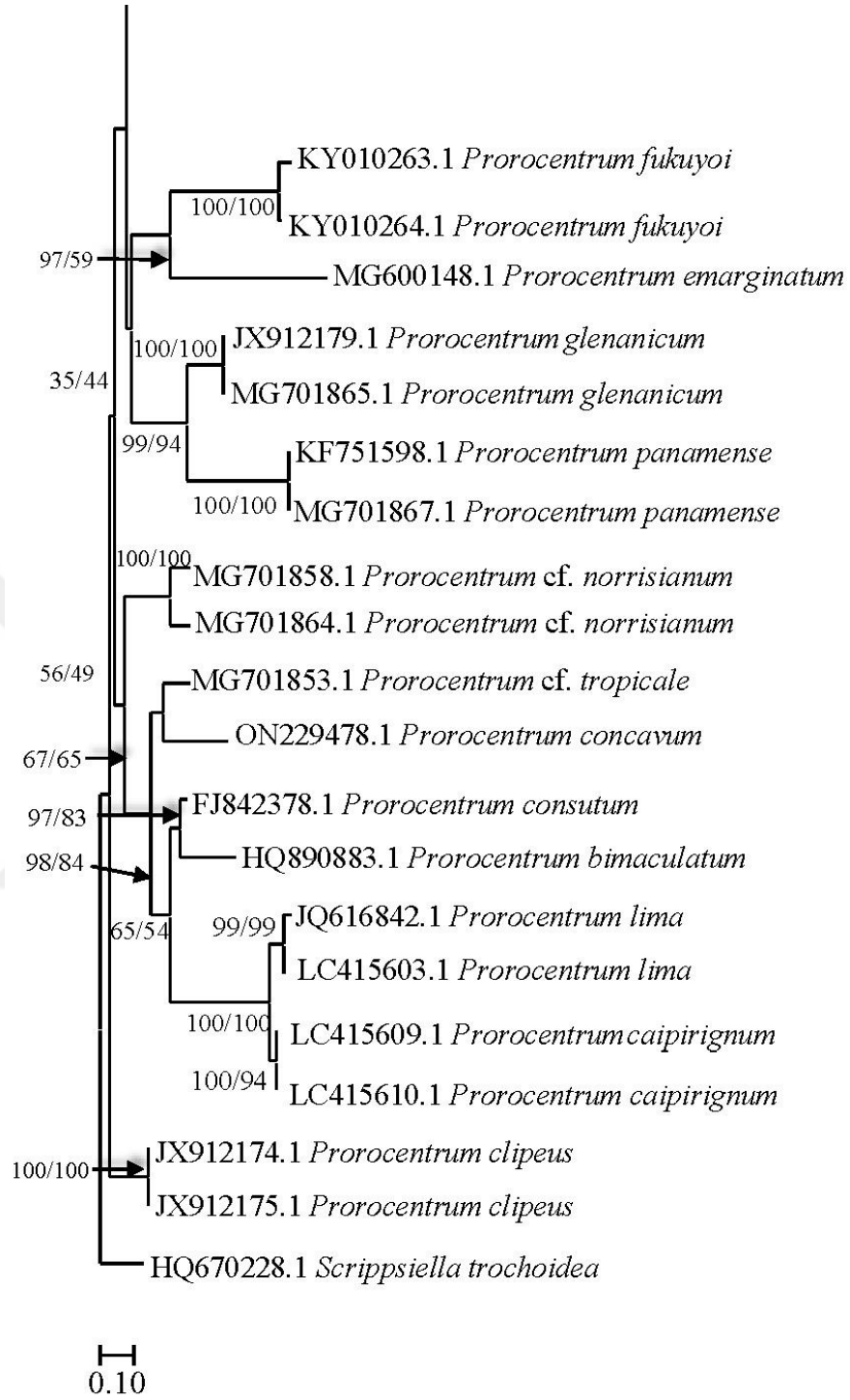
HB-11-10-21 suşun DNA dizisi:

```
GGGGGGNCCCCATATAGATGGTTCGATTAGTCTTTTCGCCCCTATACCCAAGTATG
ACGAACGATTTGCACGTCAGTATCGCTACGAGCCTCCATCAGAGTTTCCCCTGAG
TTTGCCCTTCTCAGGCATAGTTCACCATCTTTTCGGGTCCTAACAGATATGCTCATA
CTCAAACCTCTCTCAATTGATTGGTCGGTTGCTGGTGCAAAAATCCCAGCAGTCG
CTTTCACTGCGCCAGCAGGTTTACCACCCGTGGACTCGCACATATGTTAGACTCCT
TGGTCCGTGTTTCAAGACGGGTCGAAAAGAACCATTTAGTCATCGTCTATGTGTC
AGGGAAGCGCCAGTCACCAGAGCGCTGGGCGCGAGGAGCAAGCTCCCACGCCC
AAGCACGTCCAAGCGACAAGAAGCGCTGCAACCAGACACGAAGTAATCAGTCCG
CAAATGAGTTCTACAAGGCACATTCACCCGCCCCGAAGACAGGCTACCATGTCCCA
AGAGTTTTCTCGATCGCGAACTGGCGTTGACACACAAGGCAAGAACCACCACAC
GCGAATGCGTATGACAATCTCGCCAAGCAACACTGGTTCCATTTCGCTTCCCTTTCA
GCAATTTTCAGGCACTTTTAACTCTCTTTTCAAAGTCCTTTTTCACCTTTCCCTCATGG
TACTTGTTTGCTATCGGTCTCGAACCAATATTTAGCTTGAGATGAAATTTACCACC
CAATTTACGCTCCAATTCCGAGGAACGCGACTCTTAGAAGGCACGCCGTGCATGG
GGGACTGCAGATGACAAACGGGACTCTCACCTCGTTGATGCTCTTTTCCAAGAG
GCTTACATCTGCGCCTCCATTGGCGATGCATCTCGAGACTACAATTCAAGGCCGA
GGGCCCCAATTTCCATGCTGAGCTGATCCCTGTTTCATTCGCCATTACTGAGGGAAT
CCTATTTAGTTTCTTATCCTCCGCTTACTTATATGCTANTTTTCCCCCGGGGAAAA
AAA
```

Bu suşa ait filogenetik ağaç Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10: *Prorocentrum* dizilerinin ML/NJ analizi ile elde edilen filogenetik ağacı.



Şekil 4.10: (devam)

4.4.5. *Amphidinium carterae*

Takım: Amphidinales Moestrup & Calado, 2018

Aile: Amphidiniaceae Moestrup & Calado, 2018

Cins: *Amphidinium* Claperède & Lachmann, 1859

Tür: *Amphidinium carterae* Hulburt, 1957

28S LSU dizileri kullanılarak DNA dizilemeleri ve filogenetik analizleri gerçekleştirilen *Amphidinium* suşlarına ait DNA dizileri aşağıda verildiği gibidir.

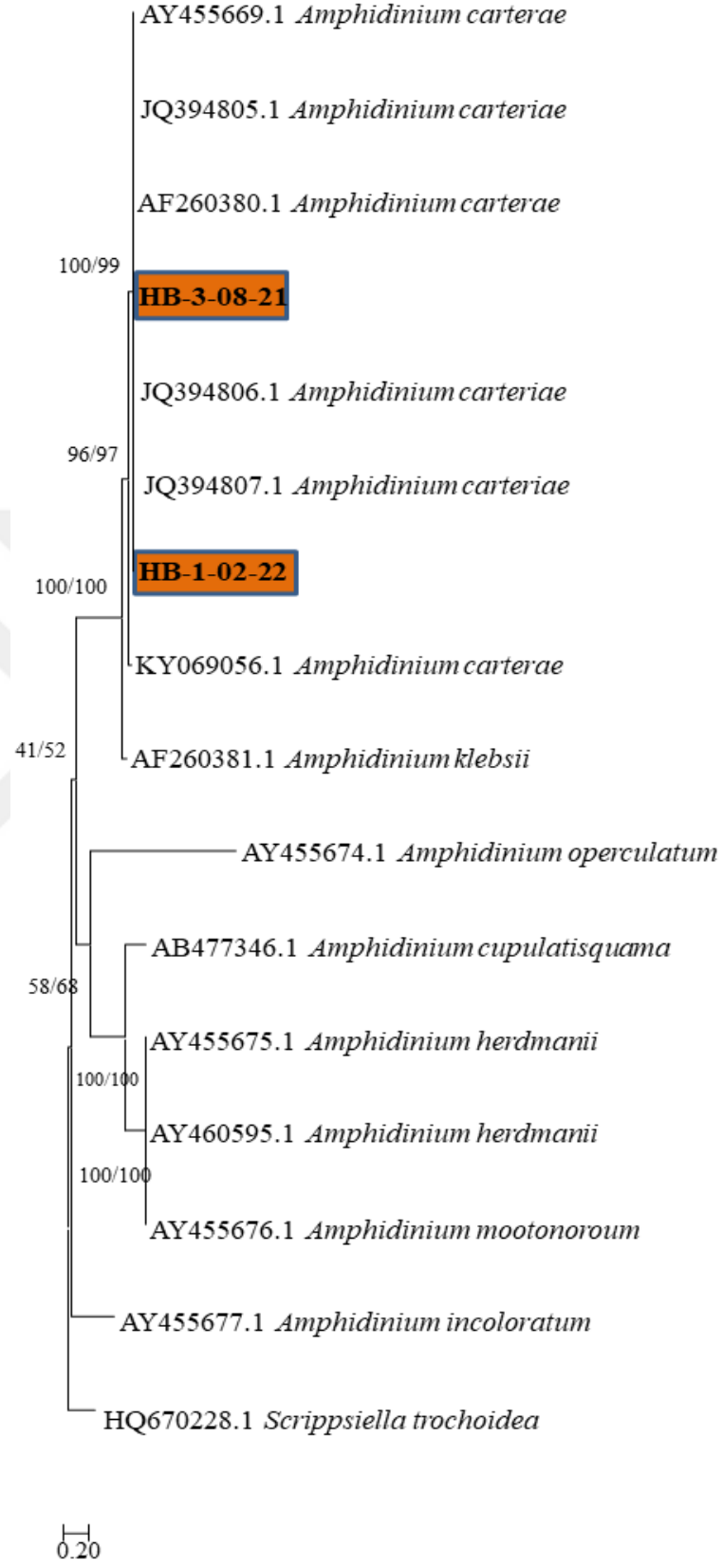
HB-03-08-21 suşunun DNA dizisi:

AGGTGNTAANNTTCTGTNAAATTTTTTGGAGGGGAAAACGATACTAGATGGTTTCG
ATTAGTCTTTCGCCCCTATACCCAAGTCAGACGAACGATTTGCACGTCAGTAGCG
CTACGAGCTTCCATCAGAGTTTCCCCTGACGTCACCCTTCTCAGGCATAGTTCACC
ACCTTTCGGGTCCTAGCAAGTGTGCTCATAACAAACATCTCCTAAGCGATCAGT
TGGTTGCTGGTGCAGAGATCCCAGCAGTCACCTTTGTTGAGCTGTCGGGTGTGAT
GCCCTTGCACTTGACACGCAATAGACTCCTTGGTCCGTGTTTCAAGACGGGTAA
AATTGAACCTTTTGGTCAAGGTTGAATGCTACGCCAAAAGTTGGCAATGACATGG
TCCAGATCGCAATCCTTCTGCCAGTCAAAGCTTAAATTCTGGGCGCGCAACGCAA
AACCCAACCGAGCGGCAAGAGACACAAGACGCGATGCTCCACAAGTGAAGATCA
CAGCCTGCAATCTTGCTGCAATGTAAAAGTCCAATCCACTTCCCTTCCAGCAGCTT
CATGCCCTCTTAACCCTCTTTCCAAAGTCCTTTTACCCTTCCCTCATGGTACTTGT
TCACTATTGGTCTCAAGCACGTAATCCTCCTTGGGCAAAGAGTACCACCCAATTG
GCGCTCTACTCCAGAAGAACGACTCTCAATGGGCAGACCGTCTACAAGGGAT
GACAGATGCCAGACGGGACCTTGACCCTCACTGGTGCTCCTTTCCAAGAGACTTG
CACCTGCACCCAAGTTGGCAAAGCCCCTACAGCCTACAAGTCAGACGGATCTGAT
TTTGACACTAAGCACATCTCCTTTCATTCGCCATTACTAAGAGATTCCCATTCGGT
TTCTTTTCCCTCCACCTACTTATATGCTATTTCCCCCGGGGTAAAAAAGA

HB-01-02-22 suşunun DNA dizisi:

GCTTAGTGTCAAAATCAGATCTGTCTGACTTGTAGGCTGTAGGGGCTTTGCCAAC
 TTGGGTGCAGGTGCAAGTCTCTTGGAAGGAGCACCAGTGAGGGTCAAGGTCCC
 GTCTGGCATCTGTTCATCCCTTGTAGACGGTCTGCCCATTGAGAGTCGTGTTCTTCT
 GGAGTAGAGCGCCAATTGGGTGGTACTCTTTGCCCAAGGAGGATTACGTGCTTGA
 GACCAATAGTGAACAAGTACCATGAGGGAAGGGTGAAAAGGACTTTGGAAAGAG
 GGTTAAGAGGGGCATGAAGCTGCTGGAAGGGAAGTGGATTGGACTTTTACATTGC
 AGCAAGATTGCAGGCTGTGATCTTCACTTGTGGAGCATCGCGTCTTGTGTCTCTTG
 CCGCTCGGTTGGGTTTTGCGTTGCGCGCCCAGAATCTAAGCTTTGACTGGCAGAA
 GGATCGCGATCTGGACCATGTCATTGCCAACTTTTGGCGTAGCATTCAACCTTGA
 CCAAAGGTTCAATTTTACCCGTCTTGAAACACGGACCAAGGAGTCTATTGCGTG
 TGCAAGTGCAAGGGCATCACACCCGACAGCTCAACAAAGGTGACTGCTGGGATC
 TCTGCACCAGCAACCAACTGATCGCTTAGGAGATGTTTGTGTATGAGCACACTTG
 CTAGGACCCGAAAGGTGGTGAACATGCCTGAGAAGGGTGACGTCAGGGGAAAC
 TCTGATGGAAGCTCGTAGCGCTACTGACGTGCAAATCGTTTCGTC

Bu iki suşa ait filogenetik ağaç Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11: *Amphidinium* dizilerinin ML/NJ analizi ile elde edilen filogenetik ağacı.

4.4.6. *Biecheleria* sp

Takım: Suessiales Fensome, Taylor, Norris, Sarjeant, Wharton & Williams, 1993

Aile: Suessiaceae Fensome, Taylor, Norris, Sarjeant, Wharton & Williams, 1993

Cins: *Biecheleria* Moestrup, Lindberg & Daugbjerg, 2009

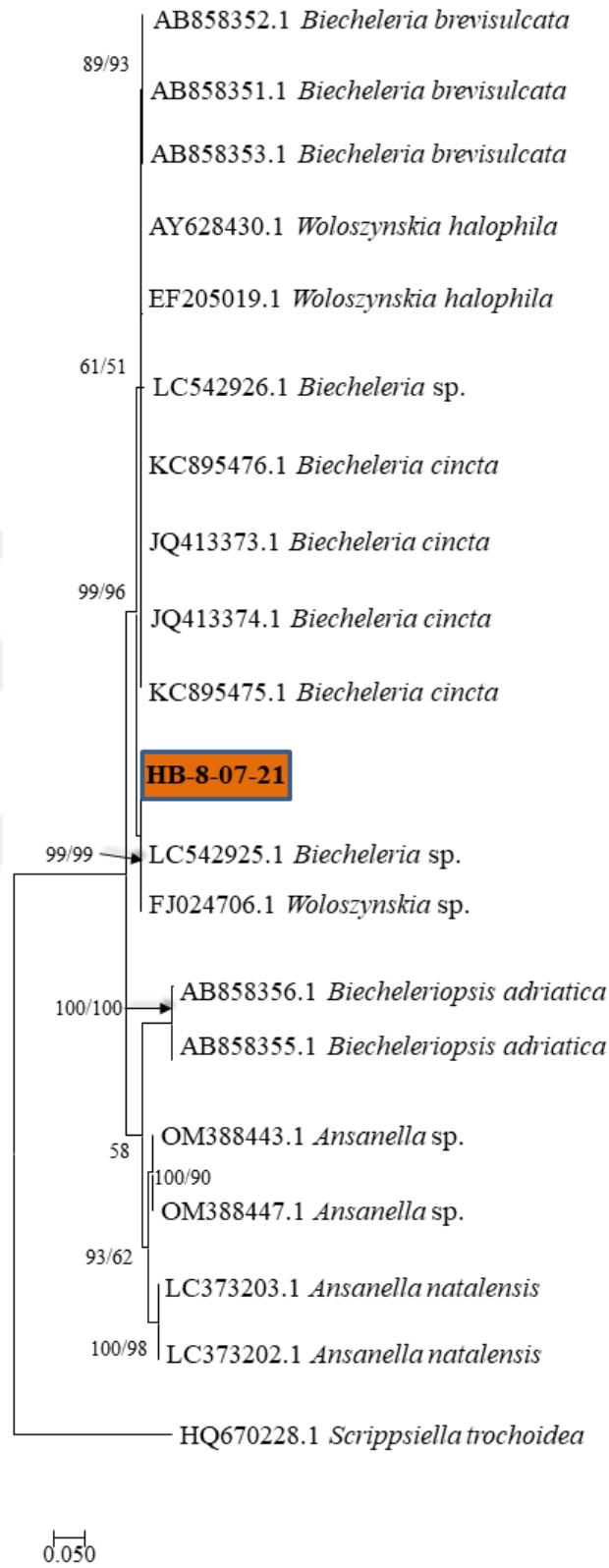
Tür: *Biecheleria* sp. Moestrup, Lindberg & Daugbjerg, 2009

DNA dizilemesi ve filogenetik analiz 28S LSU dizileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

HB-08-07-21 suşunun DNA dizisi:

TTTACCCCGGGGAGAAAATTAGCATATAAGTAAGCGGAGGAAAAGGAACTAAAT
 AGGATTCCCTTAGTAATGGCGAACGAACAGGGATGAGCTCGGCTTGGAACCTGG
 GGCCTTGGCCTTGGATTGTAGCCTCTAGACATAGCACCAACGGAGGCGCAGGTGT
 AAGCCTCTTGGAAGAGCATCAACGTGGGTGAGAATCCTGTGTTTCATCTGCAG
 TCCACCGTGCACGGTGCATGTTCTCAGAGTCGCGTTCCTCGGAATTGGAGCGTAA
 AGTGGGTGGTAAATTTTCATCTAAAGCTAAATATAGGCTTGAGACCGATAGCAAAC
 AAGTACCATGAGGGAAAGATGAAAAGGACTTTGAAAAGAGAGTTAAAAGTGCTT
 GAAATTGCTGAAAGGGAAGCGAATGGAACCAGTCCTCTGGCTGAGATTGCTGCA
 TGCTTTTGTGTGTGGTGTTCCTCAGCTTGTGAGTCAACCTTTGTTCATGCTTGAGG
 ATAGCCTCAGGTTACGACGTTCCCTCGCGGGGGGGCTCCTGTGCTTGAAGGGAC
 TCAGGCGTGTACTTTGTGTGACAAAATGGTTCTCTTCGACCCGTCTTGAAACACG
 GACCAAGGAGTCTAGCACATGTGCGAGTTCACAGGTGGCAAGCCTGCTTGCGCA
 ATGAAGGTGACAGCTGGGATTTCTGCACCAGCAACCGACCGATCAATTGAGAGA
 AGTTTGAGTATGAGCATATGTGTTAGGACCCGAAAGATGGTGAACCTATGCCTGCG
 AAGGGCAAAGTCAGGGGAACTCTGATGGAGGCTCGTAGCGATACTGACGTGCA
 AATCGTTCGTCATACGTGGGTATAGGGGCGAAAGACTAATCGAACCATCTAGTAG
 CTGGTTTCCCCC

Bu suşa ait filogenetik ağaç Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12: *Biecheleria* dizilerinin ML/NJ analizi ile elde edilen filogenetik ağacı.

4.4.6. *Durinskia* sp.

Takım: Peridiniales Haeckel, 1894

Aile: Kryptoperidiniaceae Er.Lindemann, 1925

Cins: *Durinskia* S.Carty & E.R.Cox, 1986

Tür: *Durinskia* sp. S.Carty & E.R.Cox, 1986

DNA dizilemesi ve filogenetik analizi 28S LSU dizileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

HB-06-04-21 suşunun DNA dizisi:

ATATAAGTAAGCGGAGGAAAAGAACTAAATAGGATTCTCTCAGTAATGGCGAA
TGAACAGGGATAAGCTCGGCTTGGGAATCAAGACCTCTGGTCTTGAATTGTAGTC
TGGAGATGTGTTGCCAACGGAGGCGCAGGTGTAAGCCTCTTGAAAAAGAGCATC
AAAGAGGGTGAGAATCCCGTGTTTCATCTGTAGTCCCCTGTGTTTCGGCGCGCATT
CTTAGAGTCACGCACCTCGGGATTGGTGCGCAAAGCGGGTGGTAAATTTTCATCTA
AAGCTCCATATATGTTTGAGACCGATAGCAAACAAGTACCATGAGGGAAAGGTG
AAAAGGACTTTGGAAAGAGAGTTAAAAGTGTTTGAAATCGCTGAAACGGAAGCG
AGTGGAGCCAGTTAGCCAGGGTGAGATTGTTGCGCGCTAGTGTGATGGTTTGCCG
CTGTAGCGCAAGCACAACGGCAGGCTTTGATCATTTGTGTGCAGTGCTTCTTGCCCT
TGCATGTCACCTGTGATGCTCTTGCGTTGATAACCCTAAGTAGACGGTAGCTTGCT
TTCGGGTGAGTGAACTACTTGGCGGAACTCGTGTGTGCATTGCTCGGCGGCGAA
ATGGTTCCCCTCGACCCGTCTTGAAACACGGACCAAGGAGTCTAGTATATGTGCG
AGTACCCGGGTGTGAAACCTGCATGCGCAATGAAAGTGATTGCTGGGATATTTGC
ACCAGCAGCCGACTGATCGATTGAGAGAGGTTTGAGTATGGGCACATCTGCTAGG
ACCCGAAAGATGGTGAACCTATGCCTGTGGAGGGCAAACCTCAGGGGAAACTCTGA
TGGAGGCTCGTAGCGGTACTGACGTGCAAATCGTTCGTCACAC

Suşa ait filogenetik ağaç Şekil 4.13'te gösterilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Marmara Denizi kıyı sularında fitoplankton üzerine moleküler filogenetik analizlerin ilk kez gerçekleştirildiği bu tez çalışmasında, morfolojik incelemesi ve tek hücre izolasyonları yapılarak saflaştırılan potansiyel zararlı 10 mikroalg suşunun sistematik durumları ve genetik varyasyonları araştırılmıştır. Monoalgal suşların kalıp DNA'larından elde edilen PZR ürünlerinin dizileme sonuçları ile NCBI veri tabanından elde edilen diziler arasındaki genetik mesafenin ölçüldüğü filogenetik ağaç analizleri sonucunda, Bacillariophyceae sınıfından iki türe ait üç suş ve Dinophyceae sınıfından beş türe ait yedi suş olmak üzere toplam 10 mikroalg suşundan oluşan yedi tür tespit edilmiştir. Bu türlerden *Durinskia* sp. Marmara Denizi için, *Prorocentrum rhathymum* Türk kıyı suları için yeni kayıttır. Daha önce Homa Dalyanı'ndan (İzmir Körfezi) kaydı verilen *Durinskia* (Başdemir, 2017) ve Marmara Denizi'nden kist formu rapor edilen *Biecheleria* cinslerine (Mudie ve diğ., 2017) ait monoalgal hücre kültürleri ilk kez bu tez çalışmasında elde edilmiştir. *Pseudo-nitzschia* türü hariç diğer türler ile ilgili Türk kıyı sularında daha önce yapılmış moleküler çalışma bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasında Türk kıyı sularından elde edilen *Cylindrotheca*, *P. rhathymum*, *P. cordatum*, *Amphidinium carterae*, *Durinskia* sp. ve *Biecheleria* sp. türlerinin ilk kez DNA dizilemeleri yapılarak filogenetik analizleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 5.1).

Tablo 5.1: Çalışmada elde edilen türlerin şematik gösterimi.

Tür Adı	Sinonim	WORMS	ALGAEBASE	ZAÇ Olma Nedeni	Kaynaklar
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	-	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	Domoik asit	Türk Dermastia ve diğ., 2022
<i>Cylindrotheca closterium</i>	-	<i>Cylindrotheca closterium</i>	<i>Cylindrotheca closterium</i>	Müsilaj oluşumu	Alcoverro ve diğ., 2000
<i>Prorocentrum cordatum</i>	<i>Prorocentrum minimum</i>	<i>Prorocentrum cordatum</i>	<i>Prorocentrum cordatum</i>	Venerupin	Hégaret ve diğ., 2009
<i>Prorocentrum rhathymum</i>	<i>Prorocentrum mexicanum</i>	<i>Prorocentrum rhathymum</i>	<i>Prorocentrum rhathymum</i>	Okadaik asit	An ve diğ., 2010
<i>Amphidinium carterae</i>	-	<i>Amphidinium carterae</i>	<i>Amphidinium carterae</i>	Balık ölümleri	Nakajima ve diğ., 1981
<i>Biecheleria</i> sp.	-	<i>Biecheleria</i> sp.	<i>Biecheleria</i> sp.	Aşırı artış	Yoo ve diğ., 2018
<i>Durinskia</i> sp.	-	<i>Durinskia</i> sp.	<i>Durinskia</i> sp.	Aşırı artış	Pienaar ve diğ., 2007

Filogenetik analizleri gerçekleştirilen Bacillariophyceae sınıfından *Pseudo-nitzschia pungens* türüne ait iki suş, *Cylindrotheca* cf. *closterium* türüne ait ise bir suş elde edilmiştir. Eldeki literatür bilgilerine göre bu tez çalışması ile *Pseudo-nitzschia* cinsinden bir türün Marmara Denizi'nden ilk kez, Baytut ve diğ. (2013) Karadeniz'den bildirdiği *P. pungens* var. *aveirensis* ile birlikte Türk kıyı sularından da ikinci kez DNA dizilemeleri ve filogenetik analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada elde edilen *Pseudo-nitzschia* cinsinden iki suşa (HB-03-10-21 ve HB-02-01-22) ait 28S LSU dizilerinin %63 oranında *P. pungens* olduğu tespit edilmiştir. Filogenetik ağaç oluşturmak için bu cinse ait NCBI veri tabanında bulunan %97 ile %100 arasında benzerlik oranları gösteren ve literatürde kaydı verilen DNA dizileri kullanılmıştır. Çalışmada Marmara Denizi'nden saflaştırılarak İ.Ü. Plankton kültür koleksiyonuna dahil edilen HB-03-10-21 ve HB-02-01-22 suşları, yüksek bir bootstrap desteği ile filogenetik ağaçta dünyadaki diğer *P. pungens* suşları ile gruplanmıştır.

ML ve NJ analizi ile bu çalışmada elde edilen *P. pungens* suşları (HB-03-10-21 ve HB-02-01-22), klad I altında gruplanmış olup, AF417650, HQ111393, JX297336 suşları ile %63 oranında benzerlik göstermiştir. Bugüne kadar filogenetik ağaçlarla analiz edilen *P. pungens* çeşitliliği üç klad altında değerlendirilmiştir: *P. pungens* var. *pungens* klad I, *P. pungens* var. *cingulata* klad II ve *P. pungens* var. *aveirensis* klad III (Villac ve diğ., 1998; Casteleyn ve diğ., 2009; Churro ve diğ., 2009). Önceki yapılan çalışmalarda Marmara Denizi'nden *P. pungens* (Balkıs, 2003, 2004; Tüfekçi ve diğ., 2010; Balkıs ve Taş, 2016) ve Karadeniz'den *P. pungens* var. *aveirensis* türleri bildirilmiş (Baytut ve diğ., 2013) iken, *P. pungens* var. *cingulata* türü Türkiye sularından henüz rapor edilmemiştir. Dünyada yapılan çalışmalarda *P. pungens* var. *pungens*-klad I, Kuzey ve Güney yarım kürelerden bildirilmiştir (Casteleyn ve diğ., 2010). *Pseudo-nitzschia pungens* var. *cingulata* M.C. Villac, 1998- klad II Kuzeydoğu Pasifik'te bulunmuştur ve *P. pungens* var. *aveirensis* Lundholm, Churro, Carreira & Calado, 2009-klad III ise tropikal ve sıcak-ılıman bölgelerden bildirilmiştir (Lim ve diğ., 2014). Dünyanın farklı noktalarından bildirilen 12 *P. pungens* suşuna ait LSU DNA dizisi birlikte incelendiğinde, Malezya kıyılarından örneklenen HQ111393 kodlu suşun bu çalışmada verilen HB-3-10-21 suşu ile yakınlık gösterdiği tespit edilmiştir. HQ111393 suşunun boyu 109,2–125,8 µm, eni 3,3–3,9 µm arasındadır. Fakat, İ.Ü. Plankton Kültür Koleksiyonu'na dahil edilen, ortalama eni/boyu 5,77/80,61 µm olan HB-3-10-21 suşunun boyu 76,04–84,4 µm ve eni ise 4,93–6,82 µm aralığında ölçülmüştür. Ayrıca, Vietnam kıyılarından rapor edilen AF417650 kodlu *P. pungens* suşu bu çalışmada elde edilen HB-2-01-22 suşuna yakın çıkmıştır fakat söz konusu yayında

herhangi bir en/boy oranı verilmediğinden morfolojik kıyaslama yapılamamıştır. Filogenetik ağaç analizinde Wadden Denizi'nden (Hollanda) bildirilen, boyu 74–142 µm, eni ise 3,0–4,5 µm olan U41262 kodlu bir diğer *P. pungens* suşu ise farklı bir dallanma ile diğer gruplardan ayrılmıştır. U41262 suşunun hücre uzunluğu bu tez çalışmasında elde edilen *P. pungens* suşları ile benzerlik gösterse de en olarak uyuşmamaktadır. Trieste Körfezi'nin Slovenya kıyılarından toplanmış MK682488 suşunun, boyu 80–92 µm, eni ise 2,7–5,9 µm'dur. Morfolojik veriler değerlendirildiğinde Marmara Deniz suşlarına en yakın çıkan tür *P. pungens* MK682488 suşu olmuştur. Filogenetik analize dahil edilen bir diğer *Pseudo-nitzschia* spp. türü ise Mart 2008'de Karadeniz'in Samsun kıyılarından bildirilen, boyu 47,5-100 µm ve eni 2,7-3,5 µm olan JX297336 kodlu suştur. Işık mikroskobu altında elde edilen morfolojik veriler tek başına değerlendirildiğinde bu çalışmada elde edilen HB-3-10-21 suşunun *P. pungens* olduğu doğrulanamamıştır. Trobajo ve diğ. (2004, 2011) tarafından yapılan çalışmaya göre deniz suyu tuzluluk ve sıcaklık değerleri früstül morfolojisi üzerinde farklılaşmaya neden olmaktadır. Bu da diyatom türünün farklı bireyleri arasında morfolojik farklılığa neden olabilmektedir.

Morfolojik olarak *Pseudo-nitzschia* spp. hücrelerinin enleri dardır ve iğne şeklindeki vücut formuyla karakterize edilirler. Apikal düzleme göre simetrik olan hücrenin valve kenarları kavislidir (Hasle ve diğ., 1996). Rafe oluşumu, hücrenin kayarak hareket etmesine yardımcı olan ve valve duvarı boyunca uzunlamasına bir veya iki yarıktan oluşan bir sistemdir. Kloroplastları kuşak boyunca iki plaka halinde olup hücrelerin şekli ve simetrisi, hücre boyutları, früstüller ve kuşak bantlarının ayrıntılı morfolojisi türlerin tanımlanması için önemli özelliklerdendir. Kuşak yapısına bakıldığında *P. pungens*, literatürde daha sık kaydı verilen *P. seriata* ile sıklıkla karıştırılırken, ışık mikroskobu altında *P. multiseriata* türünden ayırt edilmesi de oldukça zordur (Hasle ve diğ., 1996). *P. pungens* var. *cingulata* ilk olarak valve yapısındaki morfolojik farklılıklar ile karakterize edilmiştir (Villac ve Fryxell, 1998). Daha sonra Churro ve diğ. (2009) *P. pungens* var. *aveirensis* türünü tanımlamışlardır. Orijinal olarak tanımlanan *P. pungens* türü *P. pungens* var. *pungens* şeklinde nominal (sembolik) değişikliğe gidilerek yeniden adlandırılmıştır (Bates ve diğ., 2018). *P. pungens*'in ilk tanımında, kolonideki hücrelerin bir diğer hücrenin üçte birinin üstüne gelmesi ve 3 µm genişliğe sahip olduğu bildirilmiştir (Hasle ve diğ., 1996). Bu tez çalışmasında ise HB-03-10-21 suşuna ait kültürde yetiştirilen 30 hücre incelendiğinde en düşük 4,93 µm olarak ölçülen hücre eni 5,77–6,82 µm aralığında tespit edilmiştir (Şekil 4.1). HB-02-01-22 suşu incelendiğinde ise hücre eni 5,15–6,04 µm aralığında, en düşük ise 2,89 µm olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.1). Kanada'da Fundy

Körfezi'nde (Kaczmarska ve diğ., 2005), kuzeydoğu Adriyatik Denizi'nde (Ljubešić ve diğ., 2011), Kuzey Denizi'nde (Casteleyn ve diğ., 2009), Meksika Körfezi'nde (Parsons ve diğ., 2012), Danimarka kıyı sularında (Skov ve diğ., 1999) ve Portekiz'in Atlantik kıyılarında (Churro ve diğ., 2009) *P. pungens*'in farklı suşları üzerinde yapılan çalışmalarında hücrelerinin uç kısımlarının bağlanma oranının 1/6 ile 1/4 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu tez çalışmasında ise bulunan HB-03-10-21 suşu 1/5 oranında, HB-02-01-22 suşu ise 1/4 oranında diğer hücreye bağlanmaktadır (Şekil 4.1). Bağlanma oranı konusunda hem HB-03-10-21 hem de HB-02-01-22 suşu çoğu *P. pungens* türüyle benzerlik göstermektedir.

Pseudo-nitzschia pungens, geniş dağılımı ve kozmopolit oluşu (Hasle, 2002; Casteleyn ve diğ., 2010) ve bazı suşların domoik asit (DA) üretme kabiliyeti nedeniyle en çok çalışılan türlerden biridir (Moschandreu ve diğ., 2012). Kriptik türlerin ışık mikroskobu ile tanımlanması zaman alıcıdır ve yüksek düzeyde taksonomik uzmanlık gerektirmektedir (Naik ve diğ., 2011). *Pseudo-nitzschia* cinsindeki kriptik ve pseudo-kriptik türlerin doğru ve güvenilir bir şekilde tanımlanması, potansiyel zararlı etkilerinin tahmini ve ortaya çıkabilecek risklerin hafifletilebilmesi açısından önem arz etmektedir (Lelong ve diğ., 2012; Trainer ve diğ., 2012; Percopo ve diğ., 2016; Bates ve diğ., 2018; Quijano-Scheggia ve diğ., 2020). Şu anda literatürde rapor edilen 53 *Pseudo-nitzschia* türü vardır (Guiry ve diğ., 2020). Bu türlerden 26'sı toksin üretme yeteneğine sahiptir ve çoğunu ışık mikroskobu altında teşhis edilmesi oldukça zordur (Orsini ve diğ., 2002). *Pseudo-nitzschia* cinsinin türleri morfolojik olarak iki gruba ayrılmıştır; hücre genişliğine göre 3 µm'den geniş tüm türler "seriata" grubunda, 3 µm'den küçük olanlar "delicatissima" grubunda yer alır (Hasle ve diğ., 1997). Yunanistan'ın Akdeniz kıyılarında (Moschandreu ve diğ., 2012), kuzeydoğu Adriyatik Denizi'nde (Ljubešić ve diğ., 2011) ve Portekiz'in Atlantik kıyılarında (Churro ve diğ., 2009) yapılan çalışmalarda hücre genişliğinin genellikle 3 µm'den az olduğu bildirilmiştir. *P. pungens* ılıman ve tropik sularda bulunan kozmopolit bir türdür ve seriata grubunda bulunur (Hasle, 2002; Lim ve diğ., 2014; Kim ve diğ., 2015).

Filogenetik analizlerde de Marmara Denizi kıyılarından bu çalışmada elde edilen HB-02-01-22 ve HB-03-10-21 suşları, yüksek benzerlik gösteren MK682488 suşu hariç, diğer türler ile en ve boy oranlarına bakıldığında benzerlik taşımamaktadır. Doğal ortam (in situ) ile laboratuvar koşulları (in vitro) arasındaki farklılıklardan dolayı literatürde rapor edilen diatom fröstüllerinin boyutları yüksek değişkenlik gösterdiğinden, genetik olarak benzer bireyler farklı

türler olarak bildirilmiştir (Trobajo ve diğ., 2004; Cox, 2014). Örneğin, deniz suyu tuzluluk ve sıcaklık değerleri früstül morfolojisi üzerinde farklılaşmaya neden olan güçlü çevresel değişkenlerden olup, bir diyatom türünün farklı bireyleri arasında morfolojik farklılığa neden olabilmektedir (Trobajo ve diğ., 2004, 2011; Javaheri ve diğ., 2015). Diyatom hücrelerinin büyüme koşullarına bağlı olarak moleküler ölçekte de früstülün değişkenlik (plastisite) gösterdiği rapor edilmiştir (Boutorh, 2014). Bu nedenle, bir türdeki morfolojik değişkenliği anlayabilmek için farklı coğrafik ve oseanografik koşullardan, olabilecek en fazla sayıda hücre üzerinde daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Lundholm ve diğ. (2003)'nin yaptıkları bir çalışmaya göre, bu cinste genetik soy sayısı, ışık mikroskobu ile ayırt edilebilen takson sayısından belirgin şekilde daha yüksektir. Bunun sonucunda yeni *Pseudo-nitzschia* türlerinin tanımlanabilmesi için ek karakterlerin moleküler yöntemlerle ve SEM görüntüleri ile detaylandırılması ve karşılaştırılması gerekmektedir (Lundholm ve diğ., 2003; Kim ve diğ., 2015). Bu amaçla, moleküler tekniklerle desteklenmiş ve elektron mikroskobu kullanılarak ışık mikroskopunda ayırt edilemeyen birkaç tür de tanımlanmıştır (Amato ve diğ., 2008; Lim ve diğ., 2018). Tek bir türü temsil ettiği düşünülen suşlar arasındaki farklılıkların klasik yöntemlerle araştırılması zaman ve maddi kayba neden olabileceği gibi yüksek düzeyde taksonomik uzmanlık ve detaylı morfolojik veri de gerektirmektedir (Harris, 2003). Potansiyel toksik ZAÇ suşlarından olan *Pseudo-nitzschia* spp.'nin artan sayıda türünün belirli koşullar altında DA ürettiği bildirilmiştir (Skov ve diğ., 1999). Daha önce Aralık 2010 ve Şubat 2011'de Marmara Denizi'nden toplanan plankton kepçesi örnekleri üzerinde yapılan bir çalışmada (Dursun ve diğ., 2016), yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) analiz sonuçları *Pseudo-nitzschia* cinsinin DA ürettiği rapor edilmiştir. Yapılan bu çalışmada plankton kepçe örneklerinde tespit edilen DA varlığından dolayı, bu tez çalışmasında DNA dizilemesi ilk kez gerçekleştirilen *Pseudo-nitzschia pungens* suşları da (HB-03-10-21 ve HB-02-01-22) Marmara Denizi için potansiyel toksik türler olarak değerlendirilebilir.

Marmara Denizi'nde ilk kez DNA dizilemesi gerçekleştirilen *Cylindrotheca* suşu (HB-14-11-21) bu tez çalışmasında elde edilen Bacillariophyceae sınıfına ait bir diğer diyatom türüdür. NCBI gen bankasındaki 28S LSU dizilerine bakıldığında HB-14-11-21 suşunun %97 oranında *Cylindrotheca closterium* olduğu tespit edilmiştir. Fakat gen bankasındaki eşleşen dizilerin birçoğu makale olarak basılmadığı için doğrulanamamış kabul edilmiş ve filogenetik ağaç çizimi için kullanılmamıştır. Çalışmada Marmara Denizi'nden saflaştırılarak İ.Ü. Plankton kültür koleksiyonuna dahil edilen HB-14-11-21 suşu, yüksek bir bootstrap desteği ile

filogenetik ağaçta diğer *Cylindrotheca* suşları ile gruplanmıştır. ML ve NJ analizi ile bu çalışmada elde edilen *Cylindrotheca* suşu AF417665 ve MH704550 *Cylindrotheca fusiformis* suşları ile %80 oranında benzerlik göstermiştir. Filogenetik ağaç incelendiğinde NCBI veri bankasında *C. closterium* çıkan suş ağaçta bulunan AF417666 kodlu *C. closterium* suşu HB-14-11-21 suşuna uzak akrabalık göstermiştir. Bu tür Sandy Hook, New Jersey, Amerika'dan toplanmıştır. Fakat uzunluk ve genişlik hakkında bir bilgi verilmemiştir. Yüksek benzerlik gösteren MH704550 kodlu *C. fusiformis* suşunda da benzer şekilde uzunluk ve genişlik bilgisi bulunmamaktadır. Bu sebeple morfolojik olarak kıyaslama yapılamamaktadır. BLAST sonucunun tür bazında tayin yapmak için yetersiz kalması, çalışılan gen bölgesine ait bir taksonun NCBI veri bankasında kayıtlı olmayabileceği olasılığını düşündürmüştür. Bu sebeple türün adı *Cylindrotheca cf. closterium* olarak bırakılmıştır. Moleküler filogenetik analizlerde görülen eksiklik cinsteki tür çeşitliliğinin ciddi şekilde ihmal edildiğini göstermektedir (Li ve diğ., 2007). *Cylindrotheca* cinsi biyocoğrafik olarak denizden acı sulara kadar farklı kıyı bölgelerinde oluşan agregatların içinde dağılmıştır (Underwood ve Provot, 2000; von Quillfeldt ve diğ., 2003; Najdek ve diğ., 2005; Rijstenbil, 2005). Yapılan bir çalışmada *C. closterium* türünün sadece agregat içinde büyümekle kalmayıp aynı zamanda müsilaj üretimine önemli ölçüde katkıda bulunabileceği bildirilmiştir (Alcoverro ve diğ., 2000). Yapılan birkaç çalışmada ise belirli fizyolojik koşullar altında müsilaj üretebileceği bulunmuştur (Alcoverro ve diğ., 2000; Staats ve diğ., 2000; Wolfstein ve diğ., 2002). *Cylindrotheca closterium* ve *Pseudo-nitzschia* spp. türleri 1988 yazında Adriyatik Denizi'nde görülen müsilaj döneminde en çok artan diyatomlar arasında olmuştur (Fanuko ve diğ., 1989; Stachowitsch ve diğ., 1990). Görülen müsilaj, turizmi ve balıkçılığı olumsuz yönde etkilemiştir. Çeşitli derinliklerde bulunan çeşitli şekillerdeki agregatların, çoğunlukla pelajik kökenli diyatomlar tarafından üretildiği belirtilmiştir (Stachowitsch ve diğ., 1990). 2007–2008 ve 2020–2021 yılları arasında Marmara Denizi'nde görülen müsilajda *Cylindrotheca closterium* ve *Pseudo-nitzschia* sp. türleri artış göstermiştir (Tüfekçi ve diğ., 2010; Balkis ve diğ., 2011; Balkis-Özdelice ve diğ., 2021; Yurga, 2022). Stock ve diğ. (2019) tarafından yapılan çalışmaya göre yarı bentik yaşam tarzı olan *C. closterium* türünün su kolonunda yüksek bir yayılma kabiliyeti vardır (Roncarati ve diğ., 2008). *Cylindrotheca*, kıyı ve nehir ağzı sularında bol bulunan bir cinstir ve pennat diyatomlar arasında hem planktonik hem de bentik habitatlarda bulunabilen bir mikrofytobenthos türüdür (Round ve diğ., 1990; Cahoon, 1999; von Quillfeldt ve diğ., 2003; Fourtanie, 2011). Aynı zamanda *Cylindrotheca* cinsi gelgit kıyı bölgelerinde gelgitin alçalması sırasında çökelir, yüksek gelgitte

ise 400 µm uzunluğa kadar çıkabilen büyük boyutu nedeniyle pelajik bölgeye kolayca yeniden yükselebilir (De Miranda ve diğ., 2005; Roncarati ve diğ., 2008). Apoya-Horton ve diğ. (2006) *C. closterium*'un tuzluluk düştüğünde horizontal hareketten vertikal harekete geçtiğini deneysel olarak kanıtlanmışlardır. *Cylindrotheca* hücreleri kavisli ya da sigmoid şekilde olabilen, uzun iğne şekilli kenarlara sahiptir ve iki kloroplastı bulunur (Kraberg ve diğ., 2010). Hücreler 30 ila 400 µm arasında değişen bir uzunluğa ve 2,5–8 µm genişliğe sahiptir (Hasle ve Syvertsen, 1997; Kraberg ve diğ., 2010). Hücre boyutu, türün haloklin bölgede sürüklenmesi nedeniyle önemli biyofiziksel hasar olmadan hayatta kalmalarına olanak sağlar (Najdek ve diğ., 2005). Yapılan çalışmalarda hücre boyutu ve sıcaklık arasındaki pozitif ilişkiler, hücresel değişkenliği (plastisite) de açıklayabilmektedir (Chalup ve Laws, 1990; Coles ve Jones, 2000). Moleküler yöntemlerin sonuçları, kozmopolit diyatom cinslerinin aslında morfolojik olarak kriptik veya pseudo-kriptik türden oluştuğunu göstermiştir (Kooistra ve diğ., 2008; Casteleyn ve diğ., 2010; Degerlund ve diğ., 2012; Stock ve diğ., 2019). Dolayısıyla, birçok kozmopolit diyatomun gösterdiği ekolojik değişkenlik (plastisite) aslında coğrafik olarak sınırlı kriptik türlerdeki fenotipik farklılaşmayı yansıtmaktadır (Stock ve diğ., 2019). Bu nedenle kriptik türler, moleküler tekniklerle desteklenmiş ve elektron mikroskobu kullanılarak çalışılmalıdır (Amato ve diğ., 2008; Lim ve diğ., 2018).

Yapılan filogenetik analizler sonucunda bulunan diğer türler ise Dinophyceae sınıfına ait iki *Prorocentrum cordatum*, bir *Prorocentrum rhathymum*, iki *Amphidinium carterae*, bir *Biecheleria* sp. ve bir *Durinskia* sp. türleridir. Bu tez çalışmasında ilk kez elde edilen Dinophyceae sınıfı üyesi *Prorocentrum* spp. cinsinden iki suşa (HB-08-04-21 ve HB-02-07-21) ait 28S LSU dizileri incelendiğinde %100 oranında *Prorocentrum cordatum* olduğu tespit edilmiştir. Filogenetik ağaç oluşturmak için *Prorocentrum* cinsine ait NCBI veri tabanında bulunan %95 ile %100 arasında benzerlik oranları gösteren ve literatürde kaydı verilen DNA dizileri kullanılmıştır. Çalışmada Marmara Denizi'nden saflaştırılarak İ.Ü. Plankton kültür koleksiyonuna dahil edilen HB-08-04-21 ve HB-02-07-21 suşları yüksek bir bootstrap desteği ile filogenetik ağaçta diğer *P. cordatum* suşları ile gruplanmıştır. Velikova ve Larsen (1999) tarafından yapılan çalışmaya göre *P. minimum* türünün taksonomik durumu tartışmalı olup *P. cordatum* ile sinonim olabileceği düşünülmektedir. Gomez (2005) tarafından yapılan bir çalışmada da bu iki tür şüpheli kabul edilerek ayrı türler olarak bildirilirken, Khanaychenko ve diğ., (2019) tarafından yapılan bir çalışmaya göre sinonim oldukları rapor edilmiştir. *Prorocentrum* cinsine ait filogenetik ağaç incelendiğinde Berowra Creek, New South Wales,

Avustralya kıyılarından Nisan 2019'da toplanmış MT856373 ve İskandinav Kültür Merkezi'nden alınmış AF260379 suşları yüksek benzerlik göstermektedir. MT856373 suşunda TTX (nörotoksin tetrodotoksin) toksinine rastlanılmamıştır (McLennan ve diğ., 2021). Fakat Yunanistan'ın Vistonikos Körfezi'nden rapor edilen *P. cordatum* türünün TTX ürettiği bildirilirken (Vlamiş ve diğ., 2015), İskandinav sularından da (Oslo, Norveç) sinonim olan *P. minimum* türünün neden olduğu ilk toksik ZAÇ olayı rapor edilmiştir (Tangen, 1980). *P. cordatum* suşlarının hücre şekilleri de değişkendir, üçgen oval veya kalp şeklinde olup, çift kabuklu, zırlı ve yanal olarak düzleşmiştir (Jensen ve Moestrup, 1997; Laabir ve diğ., 2011; Röder ve diğ., 2012). Anteriyör bölgenin ortasında bulunan küçük çöküntünün bir yanından kısa bir uzantı çıkar ve valv yüzeyi birçok diken ile kaplı haldedir (Velikova ve Larsen, 1999). *Prorocentrum* cinsinin morfolojisi nispeten homologdur ve belirgin bir değişkenliğe (plastisite) sahiptir (Hoppenrath ve diğ., 2013; Zhang ve diğ., 2015). Bu özellik de *Prorocentrum* cinsine ait türlerin kolayca yanlış tanımlanmasına neden olabilmektedir. McLennan ve diğ. (2021) tarafından yapılan çalışmaya göre boyut çoğunlukla tuzluluğa bağlıdır. ‰12-13,3 arası yüksek tuzluluk olan bölgelerde hücreler 16–20 µm uzunluğunda, 13,3–16,5 µm eninde ve daha büyüktür. ‰1,2–‰7 arası düşük tuzluluk alanlarında ise 6,5–16,5 µm uzunluğunda, 5–13,8 µm enindedirler ve hücreler boyut olarak daha küçüktür. Bununla birlikte genel olarak bu türün ortalama 14–22 µm uzunluğunda ve 10–15µm eninde olduğu bildirilmiştir. Tuzluluk ve besin konsantrasyonundaki değişikliklerin, dinoflagellatların hücre boyutunu ve morfolojisini etkilediği bilinmektedir (Jensen ve Moestrup, 1997; Laabir ve diğ., 2011; Röder ve diğ., 2012). Bu tez çalışması sonucunda HB-8-04-21 suşu ortalama 16,58 µm boyunda ve 15,23 µm genişliğinde, HB-02-07-21 suşu ise ortalama 16,36 µm uzunluğunda, 14,91 µm eninde bulunmuştur. Filogenetik ağaçta yüksek benzerlik gösteren suşların belirtildiği çalışmalarda da hücrelerin en ve boy oranları verilmediği için morfolojik bir kıyaslama yapılamamıştır. Bu nedenle daha önce tanımlanmış türlerin de doğrulanması için *Prorocentrum* cinsine ait yeni türlerin teşhisleri için moleküler filogenetik analizlerle desteklenmiş, detaylı morfolojik incelemelerin yapıldığı taksonomik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Prorocentrum cordatum, dünya genelinde birçok kıyı ekosisteminde zararlı alg artışlarına ve red-tide olayına neden olan, yaygın, fotosentetik, düşük besin varlığında mikсотrof beslenme yeteneğine sahip, planktonik bir dinoflagellat türüdür (Stoecker ve diğ., 1997; Hajdu ve diğ., 2005; Glibert ve diğ., 2008). Bu tür genellikle istiridye tüketimine dayalı ZAÇ kabuklu zehirlenmelerine neden olan organizma olarak tanımlanmaktadır ve ürettiği toksin maddesi

venerupin olarak adlandırılmıştır, ancak kimyasal yapısı ve özelliği henüz aydınlatılamamıştır (Hégaret ve diğ., 2009). Suşlar arasındaki genetik değişkenlik ve yetiştirildiği çevresel koşullar, *P. cordatum* türünün toksisitesini etkileyebilmektedir (Heil ve diğ., 2005; Wikfors, 2005; Rodríguez ve diğ., 2017). Artışları, kabuklu deniz ürünleri üzerinde ölüm oranı, zayıf gelişme ve değişen davranışlar dahil olmak üzere toksik etkiler göstermiştir (Landsberg, 2002; Heil ve diğ., 2005; Ogburn ve diğ., 2005). İlk olarak Akdeniz'deki Lion Körfezi'nden *Exuviaella minima* Pavillard olarak tanımlanan *P. cordatum*, ılıman bölgelerden tropik bölgelere kadar birçok deniz ve acı sularda bulunur (Smith, 1975; Stoecker ve diğ., 1997; Hajdu ve diğ., 2000; Pertola, 2006). Planktonik ve epibentik olmak üzere iki farklı yaşam formu bilinen ve planktonik üyeleri uzun süredir araştırılan bu gruptan *Prorocentrum* veya *Exuviaella* cins adı altında 60'tan fazla takson rapor edilmiştir. Dodge ve Bibby (1973), elektron mikroskobu kullanarak morfolojik gözlemden sonra iki cinsi birleştirmiştir ve daha sonra Dodge (1975) tarafından tür sayısı 64'ten 21'e düşürülmüştür. *Prorocentrum cordatum* türünün Karadeniz'deki ilk kaydı 1948 yılına dayanmaktadır (Morozova-Vodyanitskaya, 1948). Zamanla, bu türün denizlerdeki kayıt sayısı giderek artmış ve 1970'lerden bu yana, *P. cordatum*, Karadeniz kıyı sularında yaygın olarak bulunan türlerden biri haline gelmiştir ve ZAÇ olaylarına neden olduğu rapor edilmiştir (Krakhmalnyi ve diğ., 2018). Türkiye'nin güney kıyılarından da rapor edilen (Skolka ve Bodeanu, 1963; Georgieva, 1969; Eker, 1998; Öztürk, 1999; Türkoğlu ve Koray, 2002; Tas ve Okus, 2006; Özdemir ve Ak, 2012; Feyzioğlu ve Şahin, 2017) bu türün Marmara Denizi'nde de birçok kaydı vardır (Tas ve Okus, 2011; Tas, 2015; Tas ve Yılmaz, 2015; Balkıs ve Tas, 2016; Tas ve diğ., 2016; Balkıs-Özdelice ve diğ., 2020; Dursun ve diğ., 2020, 2021; Kayadelen ve diğ., 2022). Karadeniz ekosistemi üzerindeki toplam antropojenik yük son on yılda azalmış olsa da hem tür çeşitliliğinde hem de bazı toksik dinoflagellatların bolluğunda sürekli bir artış hala gözlemlenmektedir (Oğuz ve Velikova, 2010; Boicenco ve diğ., 2019). Ilıman koşullardan subtropikal koşullara kadar farklı coğrafik bölgelerde küresel bir dağılım gösteren *P. cordatum* türü, fizyolojik esnekliğinden dolayı deniz akıntıları ya da bir geminin balast sularıyla da yayılım gösterebilir (Tyler ve Seliger, 1978; Olenin ve diğ., 2000). Antropojenik faaliyetlerin bir sonucu olarak, besin maddelerinin su kütlelerine akışının 2050 yılına kadar iki katından fazla olacağı tahminleri göz önüne alındığında, *P. cordatum* türünün küresel dağılımının ve vereceği zararların artması beklenmektedir.

Bu tez çalışmasında elde edilen bir diğer Dinophyceae sınıfı üyesi *Prorocentrum* spp. cinsinden bir suş (HB-11-10-21) ait 28S LSU dizileri incelendiğinde %100 oranında *Prorocentrum rhathymum* olduğu tespit edilmiştir. *Prorocentrum rhathymum*, tropikal ve subtropikal ortamlarda yaygın olarak yayılış gösteren bentik bir türdür (Faust 1991; An ve diğ., 2010; Lim ve diğ., 2013). *Prorocentrum rhathymum* türü okadaik asit (OA) ve dinophysis toksinleri gibi diyaretik kabuklu deniz hayvanı zehirlenmesine yol açabilen belirli toksinleri üretebildiği bildirilmiştir (An ve diğ., 2010; Caillaud ve diğ., 2010). *Prorocentrum rhathymum* türleri hemolitik aktiviteye sahip toksinler (Nakajima ve diğ., 1981) ve hızlı etki gösteren toksin de üretebildiği bildirilmiştir (Tindal ve diğ., 1984). Caillaud ve diğ. (2010) tarafından Malezya'da yapılan çalışmada *P. rhathymum* türünde düşük miktarlarda OA bulunduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca An ve diğ. (2010) Florida Körfezi'nden buldukları *P. rhathymum* türünün beş suşundan birinin OA ürettiğini rapor etmişlerdir.

ZAÇ türleri yüzey suyunda bulunabildiği gibi belirli bir grubu bentik ortamda da bulunabilmektedir. Bu ZAÇ türleri mercanlar, makroalgler, kayalar ve kum gibi yüzeylere tutunarak yaşamlarını sürdürürler (Tarazona-Janampa ve diğ., 2020). Bulundukları substrat yüzeyine gevşek bir şekilde bağlanarak rüzgar ve dalga gibi mekanik hareketlerle kolayca su kolonuna geçerek yüksek hücre bolluklarına ulaşabilirler (Parsons ve Preskitt, 2007; Mangialajo ve diğ., 2011; Accoroni ve diğ., 2016; Mohammad-Noor ve diğ., 2016). Filogenetik ağaç oluşturmak için bu cinse ait NCBI veri tabanında bulunan %95 ile %100 arasında benzerlik oranları gösteren ve literatürde kaydı verilen DNA dizileri kullanılmıştır. Çalışmada Marmara Denizi'nden saflaştırılarak İ.Ü. Plankton kültür koleksiyonuna dahil edilen HB-11-10-21 suşu, yüksek bir bootstrap desteği ile filogenetik ağaçta diğer *P. rhathymum* suşları ile gruplanmıştır. Filogenetik analizler sonucunda *Prorocentrum* cinsinden HB-11-10-21 suşu *P. rhathymum* türlerine ait KY010259 ve MG701889 kodlu suşlarla %63 oranında benzerlik göstermiştir. KY010259 suşu Sanya, Hainan, Güney Çin Denizi'nden toplanmıştır ve hücre boyutu 31,0–33,5 µm, genişliği ise 23,6–26,9 µm ve en/boy oranı ise 1,21–1,34 µm arasında değişmektedir (Luo ve diğ., 2017). Martinique Adası, Karayipler'den toplanmış boyu 28,0–35,0 µm, eni ise 18,1–24,5 µm arasında olan MG701889 kodlu *P. rhathymum* suşunun en/boy oranı ise 1,43–1,56 arasında değişmektedir (Chomérat ve diğ., 2019). Bu tez çalışmasında bildirilen HB-11-10-21 kodlu suş 32,53–39,81 µm boyunda, 22,17–31,98 µm eninde olup, en/boy oranı ise 1,2–1,6 arasında değişmektedir. Filogenetik analizlere dahil edilen ve bu tez çalışmasında bildirilen türlerle yüksek benzerlik gösteren *Prorocentrum* cinsine ait, Perhentian Adası, Malezya

kıyılarından toplanmış diğer *P. mexicanum* suşları ise MG600145 ve MG600147'dir. Bu suşların boyu 29,5–35,0 µm, eni 20,8–26,0 µm olup, periflagellar bölgede apikal çıkıntıları bulunur. Güney Çin Denizi'nden 2015 yılında toplanmış KY010258 suşunun boyu 31,0–33,5 µm, eni 23,6–26,9 µm olup, en/boy oranı 1,21–1,34 arasında değişmektedir ve periflageller alan geniş V şeklindedir. Filogenetik ağaçta yüksek benzerlik gösteren suşlardan sadece KY010259 suşunun boyutları bu tez çalışmasında bulunan HB-11-10-21 suşu ile benzerdir. *Prorocentrum* cinsinin üyelerinin morfolojisi birbirine benzerdir ve belirgin bir gelişimsel esnekliğe (plastisite) sahiptir (Hoppenrath ve diğ., 2013; Zhang ve diğ., 2015). Bu özellik *Prorocentrum* cinsinin yanlış tanımlanmasına neden olabilmektedir. Bazı araştırmacılar (Faust, 1990a; Gárate-Lizzáraga ve Martínez-López, 1997; Steidinger ve Tangen, 1997; Hernández-Becerril ve diğ., 2000; Faust ve Gullledge, 2002; An ve diğ., 2010; Lim ve diğ., 2013; Hoppenrath ve diğ., 2014; Gómez ve diğ., 2017) tarafından *P. rhathymum* türü *P. mexicanum* ile sinonim olarak kabul edilirken, farklı türler olduklarını ileri süren çalışmalar da mevcuttur (Cortés-Altamirano ve Sierra-Beltrán, 2003; Shah ve diğ., 2013; Thomas ve diğ., 2020; Zou ve diğ., 2021). Chomérat ve diğ. (2019) göre moleküler açıdan, *P. rhathymum* veya *P. mexicanum* olarak bulunan suşların dizileri birbirine çok benzerdir ve LSU rDNA dizilemesi bu iki türün ayırt edilmesinde yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle bir türün moleküler filogenetik analizlerinin yanında morfolojik tanımlamaları yapılırken türlerin SEM ve TEM görüntülerinin de çekilmesi gerekmektedir.

Hernandez-Becerril ve diğ. (2000) tarafından yapılan çalışmaya göre *P. rhathymum* hücreleri ovaldir ve ön tarafında dikensi bir çıkıntısı vardır. Hücreler 31–36 µm uzunluğunda, 17–21 µm genişliğinde ve 1,76 en/boy oranında olup, gözeneksiz pürüzsüz tekaya sahiptir. Ancak merkezden kenara eğik olarak yayılan gözenek sıraları (4-5) vardır. Hoppenrath ve diğ. (2013, 2014) tarafından yapılan çalışmalara göre hücreler dikdörtgene benzeyen oval şeklindedir ve büyük porları vardır. Hücre ortasında por bulunmaz, periflageller alan geniş V şeklindedir. Çalışmada bulunan *P. rhathymum* hücrelerinin 28–48 µm boyunda, 18–32 µm eninde ve *P. mexicanum* ile sinonim olduğu, ancak farklı hücre şekilleri ve por deseni ile *P. mexicanum* hücrelerinden de ayrılabilceği rapor edilmiştir. Gómez ve diğ., (2017) tarafından yapılan çalışmaya göre *P. mexicanum* ile sinonimdir. Bu tür ışık mikroskobu altında incelendiğinde, boş valve yapısı pürüzsüz ve üstünde birkaç por bulunan hücrelerinin boyunun 29–34 µm, eninin 19–24 µm ve en/boy oranının 1,48 (1,42–1,58) olduğu görülmektedir. Cortés-Altamirano ve Sierra-Beltrán (2003) tarafından yapılan çalışmaya göre *P. mexicanum* ve *P.*

rhathymum farklı türlerdir. Bu çalışmaya göre Bahia Mazatlan, Meksika'dan bildirilen *P. mexicanum* suşunun hücreleri ovaldır ve valve görünümünde ventral eğrilik dorsalden daha belirgin olup D şekilli hücrelere sahiptir ve hücre yüzeyinin tamamı porlarla kaplı olup, 36 ila 42 µm boyunda, 24 ila 30,8 µm enindedir. Aynı çalışmada *P. rhathymum* suşu ise La Paz, Meksika'dan bulunmuştur. Hücreleri oval, porları hücre kenarlarında bulunur, hücrenin merkezi pürüzsüzdür ve en/boy oranı 1,4'tür. Naik ve diğ. (2018) tarafından yapılan çalışmaya göre *P. rhathymum*, her iki tür arasındaki morfolojik benzerlik nedeniyle literatürde sıklıkla *P. mexicanum* olarak yanlış yorumlanmıştır. Türler arasında ise apikal omurga ve trikosist sayısında küçük farklılıklar vardır ve *P. rhathymum* potansiyel olarak toksik ve aşırı artış yapan bir türdür. Thomas ve diğ. (2020) tarafından yapılan çalışmaya göre *P. rhathymum* hücrelerinin boyu 30–35 µm, eni ise 20–23 µm arasındadır ve periflageller alan geniş V şeklindedir. Büyük porlar merkezden radyal olarak düzenlenmiştir ve baştan sona valve kenarına dik olup, diğer küçük gözenekler valve içine dağılmış şekildedir. Zou ve diğ. (2021) tarafından yapılan çalışmaya göre *P. rhathymum*' un hücre şekli asimetrik ovaldır, boyu 27,5–34,7 µm, eni ise 20,7–25,5 µm arasındadır. Porlar pürüzsüz olarak merkezden hücre kenarına doğru yayılır, periflageller alan geniş V şeklindedir ve dikensi bir çıkıntısı vardır. Shah ve diğ., (2013) tarafından yapılan çalışmaya göre *P. rhathymum* hücre şekli geniş ovaldır, sol valvenin ön ucunda bir girinti vardır ve hücre yüzeyi pürüzsüz olup iki farklı gözenek boyutu mevcuttur. Radyal olarak düzenlenmiş daha büyük gözenekler valve kenarına diktir ve hücre boyu 32,5–40,3 µm, eni ise 20–25 µm arasındadır. Lim ve diğ., (2013) tarafından yapılan çalışmaya göre de *P. cf. rhathymum* hücresi oval olup, boyu 27,6–35 µm, eni 16,3–25,7 µm arasındadır. Dikensi uzantısı vardır ve V şeklindeki periflageller bölge apikal kısmın ortasına yerleşmiştir.

Chomérat ve diğ. (2019) tarafından büyük alt birim kullanarak yapılan çalışmaya göre *Prorocentrum* cinsi filogenetik ağaçta yedi sınıfa ayrılmaktadır. **Sınıf A** *P. concavum*, *P. leve*, *P. cf. tropicale* ve *P. cf. foraminosum* türlerini, **Sınıf B** *P. consutum*, *P. bimaculatum*, *P. lima* ve *P. caipirignum* türlerini, **Sınıf C** *P. borbonicum* türünü, **Sınıf D** *P. cf. norrisianum* türünü, **Sınıf E** *P. glenanicum*, *P. panamense* türlerini içerir. İki alt sınıfa ayrılan **Sınıf F** *P. emarginatum* (**alt sınıf 1**) ve *P. fukuyoi* (**alt sınıf 2**) türlerini içerir. **Sınıf G** ise *P. rhathymum* türünü içerir. Bu tez çalışmasında bulunan HB-11-10-21 suşu ise Sınıf G'de bulunmaktadır. Chomérat ve diğ. (2019) tarafından yapılan çalışmadan farklı olarak bu tez çalışmasında *P. clipeus* ve *P. tsawwassenense* suşları ayrı bir dallanma oluşturmuştur. Sınıf A'da bulunan *P. leve* ve *P. cf. foraminosum*, Sınıf C'de bulunan *P. borbonicum*, türlerinin NCBI veri

bankasından tez çalışmasına uygun dizileri bulunamamış ve filogenetik ağaç analizine dahil edilememiştir.

Bu tez çalışmasında elde edilen Dinophyceae sınıfından diğer iki suşun (HB-03-08-21 ve HB-01-02-22) 28S LSU DNA dizileri incelendiğinde *Amphidinium* cinsinden %100 oranında *Amphidinium carterae* olduğu tespit edilmiştir. Filogenetik ağaç oluşturmak için *Amphidinium* cinsine ait NCBI veri tabanında bulunan %97 ile %100 arasında benzerlik oranları gösteren ve literatürde kaydı verilen DNA dizileri kullanılmıştır. Çalışmada Marmara Denizi'nden saflaştırılarak İ.Ü. Plankton kültür koleksiyonuna dahil edilen HB-3-08-21 ve HB-1-02-22 suşları, yüksek bir bootstrap desteği ile filogenetik ağaçta dünyadaki diğer *A. carterae* suşları ile gruplanmıştır. ML ve NJ analizi ile bu çalışmada elde edilen *A. carterae* suşları klad II altında gruplanmış olup, AY455669, JQ394805, AF260380, JQ394806, JQ394807 ve KY069056 *A. carterae* suşları ile %96 oranında benzerlik göstermiştir. *Amphidinium* türleri tipik olarak tropikal, subtropikal ve ılıman ekosistemlerdeki gelgit veya nehir ağzı deniz kumlu tortullarında sığ sedimanlarda bulunur, ancak bazı türlerin dikey göç geçirdiği bilinmektedir ve bazen su kolonunda da bulunur (Eaton ve Simpson, 1979; Hoppenrath, 2000a; Murray ve Patterson, 2002; Jørgensen ve diğ., 2004a). Portekiz'deki Sado halicindeki tekrarlayan artışlarda 0,8 m'lik su derinliğinde bulunmuşlardır (Sampayo, 1985). *Amphidinium* cinsi, hipokonun boyutuna kıyasla küçük epikonlu tekasız dinoflagellatlardan oluşur (Kofoid ve Swezy, 1921), şekil olarak yuvarlak ve eliptiktir (Murray ve diğ., 2004; Lee ve diğ., 2013). Hulburt (1957)'un tanımına göre gövde dorso-ventral olarak yassı, ventral görünümde dış hatları oval, yan görünümde uzamış, eliptiktir. Epikon küçük, asimetrik, ventral görünümde hilal şeklinde, apekte biraz basık; sağ kenara yakın yükselen ve sol kenara doğru çıkıntı yapan şekildedir. Hipokon, ventral veya dorsal görünümde kesik eliptik, asimetrik, sağ kenarı dışbükey ve sol kenarı düz veya çok hafif dışbükey, antapeks geniş yuvarlaktır. Sulkus sağ kenara daha yakın, epikonun arka ucundan kıvrımlı antapekse doğru uzanır.

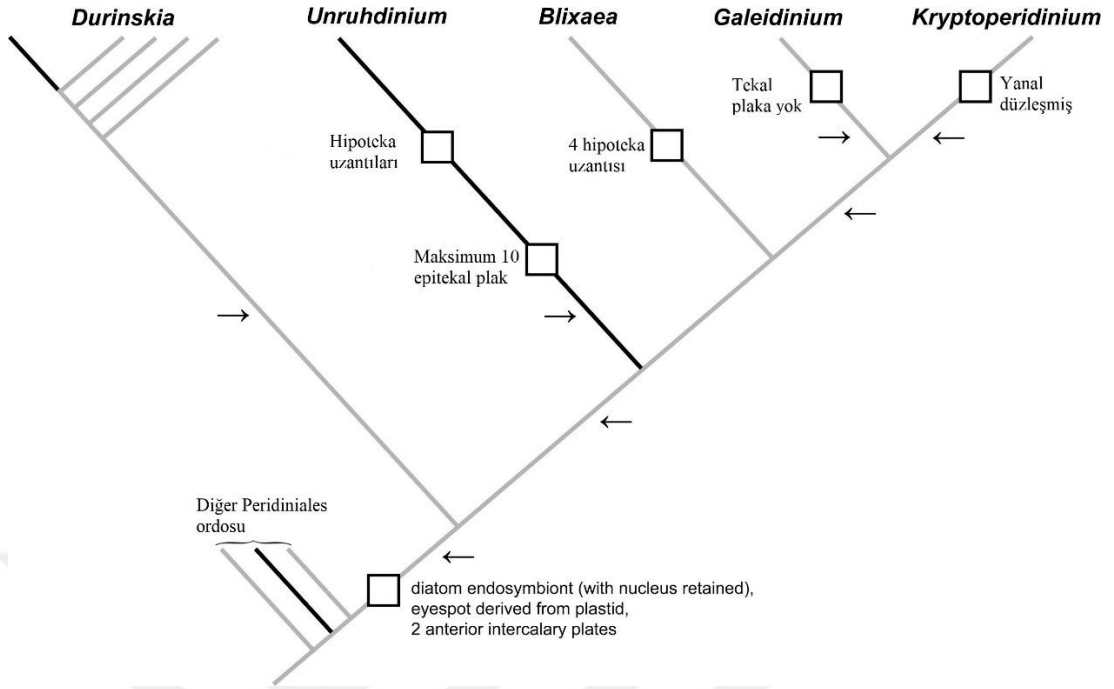
Filogenetik ağaç analizlerinde yüksek benzerlik gösteren *A. carterae* suşlarından JQ394807 Halifax, Kanada'dan, JQ394806 Bicheno, TAS, Avustralya'dan, JQ394805 Naples Körfezi İtalya'dan toplanmıştır ve aynı makalede yayınlanmıştır. Filogenetik analizde kullanılan AY455669 ve AF260380 kodlu *A. carterae* suşlarının İskandinav Alg ve Protozoa Kültürü Koleksiyonu ile Kopenhag Üniversitesi, Botanik Enstitüsü'nden J. Larsen'den alındığı bildirilmiştir (Jørgensen ve diğ., 2004a). Filogenetik ağaçta Kermadec Adası'ndan (Yeni

Zelanda) Aralık 2013'te örneklenmiş (Rhodes ve diğ., 2017) KY069056 kodlu *A. carterae* suşu ise tek başına farklı bir dal oluşturmuştur. Jørgensen ve diğ. (2004a, b) tarafından yapılan çalışmalara göre ototrofik *Amphidinium*, birbiriyle kardeş olan iki daldan oluşur. İlk klad “Herdmanii” sınıfı olarak anılır ve *A. steinii*, *A. mootonorum*, *A. herdmannii* ve *A. cupulatisquama* türlerini içerir. İkinci klad ise “Operculatum” sınıfı ismini alır ve *A. carterae*, *A. massartii*, *A. gibbosum*, *A. trulla*, *A. operculatum* ve *A. thermaceum* türlerini içerir. Herdmannii sınıfındaki türler, yüksek derecede genetik çeşitlilik ile ayırt edilebilir. Benzer şekilde, Operculatum sınıfı içinde, *A. operculatum* diğer türlerden oldukça farklıdır. Bununla birlikte, Operculatum sınıfının geri kalan üyeleri, yani *A. thermaceum*, *A. carterae*, *A. massartii*, *A. gibbosum* ve *A. trulla* arasında çok daha az genetik farklılık vardır (Karafas ve diğ., 2017). Bu tez çalışmasında Türk kıyı sularından ilk kez DNA dizileri kullanılarak oluşturulan filogenetik ağaçta Herdmannii sınıfından *A. mootonorum*, *A. herdmannii*, *A. cupulatisquama* türleri bulunmaktadır. Operculatum sınıfından ise *A. carterae*, *A. klebsii* türleri bulunmaktadır. *Amphidinium klebsii* türünün WORMS'a göre kabul edilen ismi *A. carterae*’dir. Karafas ve diğ. (2017) yaptığı araştırmada Operculatum içinde yer alan *A. operculatum* türünün bu sınıfındaki diğer türlerden farklı olduğu bildirilmiştir. Bu tez çalışmasında elde edilen suşların filogenetik ağaç analizinde *A. operculatum* türü ile düşük oranda benzerlik göstermesi Karafas ve diğ. (2017) bulgusuyla da doğrulanmıştır.

Birbirlerinden bu kadar farklı habitatlardan elde edilen *Amphidinium* cinsi üyelerinin filogenetik analizlerde yüksek benzerlik göstermesinin nedeni, türlerin morfolojik olarak yüksek oranda korunurken, dünya çapında çok çeşitli habitatlarda ve sıcaklıklarda yaşayabiliyor olması olarak görülebilir (Dodge, 1982; Larsen, 1985; Larsen ve Patterson, 1990; Murray ve Patterson, 2002; Jørgensen ve diğ., 2004a, b; Murray ve diğ., 2004; Dolapsakis ve Economou-Amilli, 2009). Red-tide ve aynı zamanda toplu balık ölümlerine neden olan *A. carterae* suşlarının fare, balık, hücre bazlı veya *Artemia* kullanılarak yürütülen biyodeneysel çalışmaları ile de toksik etkileri gösterilmiştir (Nakajima ve diğ., 1981; Sampayo, 1985; Nayak ve diğ., 1997; Ismael ve diğ., 1999; Lee ve diğ., 2003; Zimmermann, 2006; Gárate-Lizárraga, 2012; Gárate-Lizárraga ve diğ., 2019; Tester ve diğ., 2020). Lee ve diğ. (2003) *A. carterae* suşunun ekofizyolojisini inceledikleri çalışmalarında çok çeşitli tuzlulukları, sıcaklıkları ve pH'ı tolere edebildiğini ve birkaç nesil boyunca yüksek nitrat ve fosfat tüketim kapasitesine sahip olduklarını bildirmişleridir. Hızlı geliştikleri için kültür koleksiyonlarında yaygın olarak bulunan bu türler fizyolojik ve genetik çalışmaların da konusu olmuştur (Damjanovic ve diğ.,

2000; ten Lohuis ve Miller, 1998). *Amphidinium carterae* ve *A. operculatum* bu kompleksin en sık bildirilen türleridir, ancak her zaman birbirinden ayırt edilemezler. Murray ve diğ. (2004) bu cinsin taksonları için de yüksek düzeyde genetik çeşitlilik olabileceğini belirtmişlerdir. Taylor (1971)'a göre *Amphidinium* türleri kloroplast morfolojisi ile ayırt edilebilirler fakat hücrelerin boyutu da dikkate alınmalıdır; *A. carterae*, *A. operculatum* türünden daha küçük görünmektedir (Hulburt 1957). Bu tez çalışmasında izole edilen HB-01-02-22 kodlu *Amphidinium* suşunun kültür ortamında çoğaltılan 30 hücresi incelendiğinde ortalama en/boy oranı 11,00/13,19 μm olan suşun boyu 10,98–15,97 μm ve eni 8,6–12,62 μm aralığında ölçülmüştür. HB-03-08-21 kodlu suşun boyu 12,68–19,92 μm , eni ise 11,24–18,00 μm aralığında bulunmuştur. Filogenetik ağaçta yüksek benzerlik gösteren türlerin yayınlandığı makalelerde hücrelere dair herhangi bir en/boy oranı verilmediği için bu tezde bulunan suşlarla morfolojik kıyaslama yapılamamıştır.

Bu tez çalışmasında elde edilen Dinophyceae sınıfı üyesi bir diğer suşun (HB-6-04-21) 28S LSU DNA dizilemesi sonucunda *Durinskia* sp. olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada Marmara Denizi'nden saflaştırılarak İ.Ü. Plankton kültür koleksiyonuna dahil edilen HB-06-04-21 suşu, yüksek bir bootstrap desteği ile filogenetik ağaçta diğer *Durinskia* suşları ile gruplanmıştır. Monofiletik dinoflagellatlar olan Peridinales ordosunun beş cinsi *Durinskia*, *Galeidinium*, *Kryptoperidinium*, *Protoperidinium* ve Gymnodinales ordosundan *Gymnodinium* diatomdan türetilmiş kloroplastlara sahip "dinotomlar" olarak anılırlar (Tomas ve Cox, 1973; Horiguchi ve Pienaar, 1991, 1994; Tamura ve diğ., 2005; Imanian ve diğ., 2010; Şekil 5.1).



Şekil 5.1: Deniz türleri gri, tatlı su türleri siyah dallarla gösterilmiştir (Dodge, 1984, Horiguchi and Pienaar, 1991, Kreimer, 1999, Moestrup and Daugbjerg, 2007, Pienaar ve diğ., 2007, Takano ve diğ., 2008; Kretschmann ve diğ., 2017).

"Dinotom" üçüncül endosimbioz yoluyla endosimbiyotik bir diyatoma sahip dinoflagellat türlerini tanımlayan bir terimdir (Imanian ve diğ., 2012). Dinotomlarda endosimbiyotik diyatomlar kendi çekirdeklerini, mitokondrilerini ve endoplazmik retikulumunu korudukları gibi organelleri de konakçı dinoflagellat hücrelerinin sitozolünden tek bir zarla ayrılır (Dodge, 1971; Jefery ve Vesik 1976). Literatür bilgisine göre kumluk-kıyıda yaşayan (sandywell) yaklaşık 35 cinsten 170 bentik dinoflagellat türü tanımlanmıştır (Dodge, 1981, 1982; Saunders ve Dodge, 1984; Faust, 1990, 1995; Faust ve Balech, 1993; Horiguchi, 1995; Horiguchi ve Kubo, 1997; Hoppenrath, 2000a, b, c, d; Yoshimatsu ve diğ., 2000, 2004; Murray ve diğ., 2007; Hoppenrath ve diğ., 2009). Son zamanlarda, deniz ve tatlı su ortamlarından bu cinsin iki yeni türü tanımlanmıştır. Bunlar: *Durinskia capensis* ve *Durinskia oculata* (Hansen ve Flaim, 2007; Pienaar ve diğ., 2007). Birkaç dinoflagellatın, sitoplazmasından tek bir zarla ayrılan endosimbiyotik bir diyatom veya diyatom benzeri alge sahip olduğu bilinmektedir (Schnepf ve Elbrächter, 1999). Bunlar *Durinskia baltica*, *Kryptoperidinium foliaceum*, *Peridinium quinquecorne*, *Dinotrix paradoxa* ve *Gymnodinium quadrilobatum* (Tomas ve diğ., 1973; Tomas ve Cox, 1973; Jeffrey ve Vesik, 1976; Withers ve diğ., 1977; Dodge, 1983; Horiguchi ve Pienaar, 1991; Horiguchi ve Chihara, 1993; Horiguchi ve Pienaar, 1994; Kempton ve diğ., 2002). Deniz ve tatlı su habitatlarından tanımlanmış *Durinskia* cinsinde hücreler

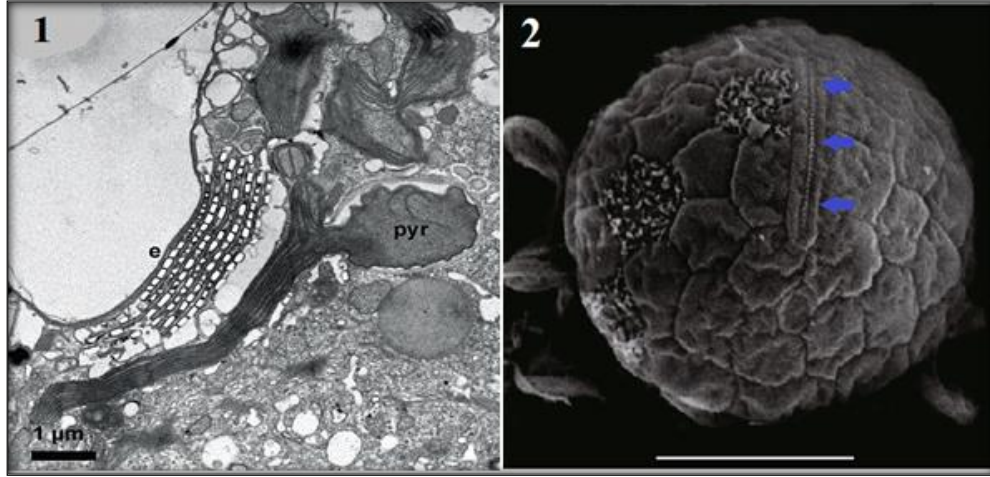
yuvarlak ve dorso-ventral olarak hafifçe yassıdır; epi- ve hipoteka boyut olarak eşit değildir, daha büyük bir epiteka vardır (Carty ve Cox, 1986). Apikal çıkıntı, kırmızı göz lekesi bulunan hücrenin sol tarafında bulunurken, singulum neredeyse ortadadır ve sulkus antapekse kadar ulaşır. Hücrelerin boyu 20,3–37,7 μm ve eni 17,3–34,6 μm aralığındadır. Gözenekli tekaya sahip hücrelerin sol yarısında dinokaryotik çekirdek ve ökaryotik endosimbiyotik çekirdek bulunur (Pienaar ve diğ., 2007).

Filogenetik ağaç incelendiğinde HB-06-04-21 suşu *Durinskia baltica* ve *Durinskia oculata* ile yüksek benzerlik göstermektedir. Bu suşun boyu 14,51–28,27 μm ve eni 12,48–24,98 μm aralığındadır. HB-06-04-21 suşu ile yüksek benzerlik gösteren, Prag (Çekya), Vltava Nehri kıyılarından bildirilen KY693722 kodlu *Durinskia oculata* suşun hücre boyu 19–36 μm , eni ise 18–32 μm arasındadır. Hipotekada sulkusun yakınında kırmızı dikdörtgen bir göz lekesi görülen bu suşun hücreleri sarımsı renktedir ve çok sayıda düzensiz şekilli kloroplasta sahiptir. Filogenetik ağaçta yakın çıkan *Durinskia baltica* türüne ait diğer suşlar HQ588944 ve GU999529'dur. HQ588944 suşu Qingdao şehri (Shandong, Çin) ve GU999529 suşu ise Xiantao eyaletinden (Hubei, Çin) küçük tatlı su havuzlarından toplanmıştır. Bu suşların hücre boyu 20,0–32,5 μm , eni ise 17,5–27,5 μm aralığındadır. Sulkusun yakınında dikdörtgen şeklinde kırmızı bir göz lekesi bulunan hücrelerin yüzeyinde çok sayıda sarımsı kahverengi kloroplast vardır. Çekirdekleri büyük ve hücrenin orta kısmında yer almaktadır. Filogenetik ağaç analizinde Marmara Denizi yüzey suyundan izole edilen HB-06-04-21 suşu, tatlı su ortamlarından saflaştırılan suşlar *Durinskia* suşları (HQ588944 ve GU999529) ile de yüksek oranda ilişkili çıkmasına karşın ayrı dallanma oluşturmuştur. Filogenetik ağaçtaki farklı dallanma deniz ve tatlı su ortamlarından bildirilen ve hücrelerinin en/boy oranlarında da farklılıklar olan bu suşların, birbirinden farklı habitat koşullarına uyum sağlamış olmaları ile açıklanabilir. NCBI veri bankasında bu tez çalışmasında kaydı verilen *Durinskia* suşunun büyük alt birim bölgesinin cins seviyesinde yeterince çalışılmamış olmasından kaynaklı BLAST analiz sonucu tür bazında tayin yapmak için yetersiz kalmaktadır. NCBI veri bankasında ilgili dinoflagellat cinsinin DNA dizilerine ait veri yetersizliği, bu grubun tür çeşitliliğinin gerçek anlamda değerlendirilmediğini göstermektedir (Li ve diğ., 2007).

Bu tez çalışmasında Marmara Denizi'nden saflaştırılarak İ.Ü. Plankton kültür koleksiyonuna dahil edilen son Dinophyceae sınıfı üyesi HB-08-07-21 kodlu *Biecheleria* sp. taksonudur. Çalışmada 28S LSU dizilemesi gerçekleştirilen HB-08-07-21 suşu yüksek bir bootstrap desteği

ile filogenetik ağaçta LC542925 ve FJ024706 kodlu suşlar ile yüksek benzerlik gösteren *Biecheleria* suşları ile gruplanmıştır. Geniş bir coğrafi dağılıma sahip olan *Biecheleria* cinsi Avrupa (Woloszynska, 1917), Hindistan (Shyam ve Sarma, 1975), Amerika Birleşik Devletleri (Thompson, 1951) ve Japonya (Takano ve Horiguchi, 2003) kıyılarından bildirmiştir. Török (2009) tarafından yapılan Tuna Deltası kıyı bölgesi çalışmasında ise birkaç *Woloszynskia* türü listelenmiştir.

Son yıllarda birçok woloszynskioid dinoflagellat türü yeniden incelenmiş ve Tovelliaceae, Borghiellaceae ve Suessiaceae olarak üç aileye ayrılmıştır. *Biecheleria*, *Symbiodinium*, *Pelagodinium*, *Polarella*, *Biecheleriopsis* ve *Yihiella* cinslerini içeren Suessiaceae ailesinin (Moestrup ve diğ., 2009; Jang ve diğ., 2017) üyelerinin sistematik konumları hala tartışmalıdır (Janouškovec ve diğ., 2017; Price ve Bhattacharya, 2017). Siano ve diğ. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada deniz ortamından da kaydı verilen ve polifiletik olduğu kanıtlanmış bu cinsten yaklaşık 17 tatlı su dinoflagellat türü tanımlanmıştır (Moestrup ve diğ., 2009; Şekil 5.1). Yapılan çalışmalar sonucunda *Biecheleria* cinsinin altı türü bulunmuştur: *B. pseudopalustris* (= *Woloszynskia pseudopalustris*), *B. baltica* (= *Woloszynskia halophila*), *B. natalensis* (= *Gymnodinium natalense*), *B. halophila* (= *Gymnodinium halophilum*), *B. cincta* (= *Woloszynskia cincta*) ve *B. brevisulcata*. Çalışmalarda *B. pseudopalustris* tatlı sudan, diğer türler ise denizden bildirilmiştir (Schiller, 1933; Biecheler, 1952; Horiguchi ve Pienaar, 1994; Kremp ve diğ., 2005; Moestrup ve diğ., 2009; Takahashi ve diğ., 2014). Cinsin ayırt edici özelliklerinden biri, göz lekesindeki sisternalarının tuğla şeklinde dizilerek oluşturdukları yapıdır (Moestrup ve diğ., 2009; Kang ve diğ., 2011; Şekil 5.2). Bu yapının görülebilmesi için hücre örneğinden kesit alınarak geçirimli elektron mikroskopunda (TEM) incelenmesi gerekmektedir. Diğer ayırt edici özellik ise taramalı elektron mikroskobu ile görüntülenebilen, uzunlamasına dar, tek bir apikal bölünme çizgisine (apical furrow) sahip olmalarıdır (Hu ve diğ., 2022; Şekil 5.2).



Şekil 5.2: 1: Tuğla şeklinde dizilmiş eyespot (e) (Moestrup ve diğ., 2009), 2: Apikal bölünme çizgisi (Hu ve diğ., 2022).

Bu tez çalışması kapsamında bulunan HB-08-07-21 kodlu suşun hücre kültürü kaybedildiği için göz lekesi (eyespot) ve apikal bölünme çizgisine bakılamamıştır. Filogenetik ağaçta yüksek benzerlik gösteren FJ024706 suşu Mejillones Körfezi, Şili (Siano ve diğ., 2009) ve LC542925 suşu ise Wedge Point, Marlborough, Yeni Zelanda (Balci ve diğ., 2020) kıyılarından bildirilmiştir. Fakat her iki çalışmada da rapor edilen suşların morfolojik tür tayini yapılmadığından, bu tez çalışmasında elde edilen verilerin de yetersiz olmasından dolayı HB-08-07-21 suşu cins seviyesinde bırakılmıştır. *Biecheleria* cinsi özelinde bu tez çalışmasında ortaya konulan filogenetik analizlerdeki eksiklik, kriptik fitoplankton tür çeşitliliği üzerine daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Denizler ve okyanuslar sahip oldukları ekolojik koşullar ve özellikler açısından pelajik (su kolonu) ve bentik bölge (dip ortamı) olmak üzere iki büyük ekosisteme ayrılmaktadır (Kocataş, 1999). Günümüz dünyasında insan nüfusu, sanayileşme ve buna bağlı olarak evsel ve endüstriyel atık baskısı ile pelajik bölgede besin tuzlarının yoğunluğunun artması sonucunda birincil üretimde kaydedilen yükselme, beraberinde ortaya çıkan ve aşırı alg artışı olarak gözlemlenen bir süreç olan ötrofikasyon, canlılar için önemli sorunlardan biri olup küresel ölçekte yaşanan bir problem haline gelmiştir. Pelajik bölgede ışık geçirgenliğini azaltarak ve beraberinde bentik bölgede de oksijen stresine neden olan aşırı alg artışları olarak gözlemlenen ZAÇ olaylarında güçlü toksinler üreten zararlı mikroalgler, besin zincirinde biyokütle birikimi ile hastalık ve ölümlere neden olabilmektedir (Moncheva ve diğ., 1995; Davidson ve Bresnan, 2009; Glibert ve Burford, 2017). Türk kıyı sularında ülkemiz ekonomisini ve insan sağlığını etkileyebilecek zararlı alg artışlarının önceden tahminini sağlayacak, kesin nedenlerini ortaya

koyabilecek ZAÇ türleri ile ilgili filogenetik ve moleküler ekoloji konularındaki araştırmaların yetersizliği bu tez çalışması ile ortaya konmuştur. Bu durum, özellikle ZAÇ türleri konusunda karşılaşılan hatalı, tutarsız taksonomik çalışmalar ve yenilikçi moleküler temelli yaklaşımların eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Uluslararası gemi trafiği açısından oldukça yoğun bir su yolu olan Marmara Denizi'nde balast suları ile yabancı türlerin ortama girme ve uyum sağlama olasılığı da oldukça yüksektir. Coğrafik köken olarak farklı bölgelerden gelen fitoplankton türleri arasındaki taksonomik ilişkiler, morfolojik yöntemlerle güvenilir bir şekilde ortaya konulamamaktadır. Ayrıca, elektron mikroskobu görüntüleriyle yapılacak morfolojik tür tayinlerinin filogenetik analizlerle desteklenmesi, bilimsel açıdan daha doğru ve güvenilir sonuçlar alınmasını sağlayacaktır. Bu tez çalışması ile morfolojik taksonomiye dayalı araştırmalarda gözden kaçabilecek veya yanlış tanımlanabilecek kriptik fitoplankton türlerinin varlığına işaret edilmiştir. Ayrıca, moleküler filogenetik analizlerle tanımlamaları yapılmış suşların en/boy oranlarının tezde verilmiş olması gelecekte yapılacak taksonomi çalışmalarında türlerin morfolojik karşılaştırmalarının yapılabilmesine imkan sağlayacaktır. Moleküler filogenetik yöntemlerle belirlenecek tür çeşitliliğinin klasik morfolojik analizlere nazaran daha yüksek olacağı hipotezinden yola çıkarak gerçekleştirilen tez çalışması sonucunda, doğru ve güvenilir tür tayinleri yapmak için genetik yöntemlerden de faydalanılması gerektiği ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

- Accoroni, S., Romagnoli, T., Penna, A., Capellacci, S., Ciminiello, P., Dell'Aversano, C., Tartaglione, L., Abboud-Abi Saab, M., Giussani, V., Asnaghi, V., Chiantore, M., Totti, C., 2016, *Ostreopsis fattorussoi* sp. nov. (Dinophyceae), a new benthic toxic *Ostreopsis* species from the eastern Mediterranean Sea, *Journal of Phycology*, 52(6):1064-1084.
- Akcaalan, R., Kaleli, A., Köker, L., 2022, Distribution of marine benthic diatoms on the coasts of the Sea of Marmara and their responses to environmental variables, *Journal of Marine Systems*, 234, 103780. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2022.103780>
- Akbulut, A., Yıldız, A., Şahin, B., Şen, B., Uzunöz, C., Solak, C., Başdemir, D., Taşkın, E., Çevik, F., Sönmez, F., Açıkgöz, İ., Pabuçcu, K., Öztürk, M., Alp, M.T., Albay, M., Çakır, M., Özbay, Ö., Can, Ö., Akcaalan, R., Atıcı, T., Koray, T., Özer, T., Karan, T., Aktan, Y., Zengin Tunç, Z., 2019, Türkiye Suyosunları Listesi, *Ali Nihat Gökyiğit Vakfı*, İstanbul.
- Aktan, Y., Aykulu, G., 2005, Colonisation of Epipellic Diatoms on the Littoral Sediments of İzmit Bay, *Turkish Journal of Botany*, Vol. 29, 83-94.
- Aktan, Y., Dede, A., Çiftçi, P.S., 2008, Mucilage event associated with diatoms and dinoflagellates in Sea of Marmara, Turkey, *Harmful Algae News*, 36, 1-3.
- Aktan, Y., Tüfekçi, V., 2007, Occurrence of *Prorocentrum* spp. In İzmit Bay and Related Environmental Factors, *Rapport Commission International Mer Méditerranée*. Vol. 38, 340.
- Alcoverro, T., Conte, E. and Mazzella, L., 2000, Production of mucilage by the Adriatic epipellic diatom *Cylindrotheca closterium* (Bacillariophyceae) under nutrient limitation, *Journal of Phycology*, 36, 1087-1095.
- Aleksanin, A. I., Kim, V., Orlova, T.Y., Stonik, I.V., O. G. Shevchenko, O.G., 2012, Phytoplankton of the Peter the Great Bay and its remote sensing problem, *Oceanology* 52, 219-30.
- Altıok, H., Kayışoğlu, M., 2015, Seasonal and interannual variability of water exchange in the Strait of Istanbul, *Mediterranean Marine Science*, 16, 644-655.
- Amato, A., Montresor, M., 2008, Morphology, phylogeny, and sexual cycle of *Pseudonitzschia mannii* sp. nov. (Bacillariophyceae): A pseudo-cryptic species within the *P. pseudodelicatissima* complex, *Phycologia*, 47, 487-497.
- An, T., Winshell, J., Scorzetti, G., Fell, J.W., Rein, K.S., 2010, Identification of okadaic acid production in the marine dinoflagellate *Prorocentrum rhathymum* from Florida Bay, *Toxicon*, 55 (2-3), 653.
- Aubert, M., Revillon, P., Aubert, J., Leger, G., Draï, C., Arnoux, A., Diana, C., 1990, Transfert de Polluants Entre La Mer Noire, La Mer de Marmara et La Mer Egée, Mers d'Europe, *Etudes Hydrobiologiques, Chimiques et Biologiques*, Tome 3, C.E.R.B.O.M. (Nice), 47.

- Apoya-Horton, M.D., Yin, L., Underwood, G.J., Gretz, M.R., 2006, Movement modalities and responses to environmental changes of the mudflat diatom *Cylindrotheca closterium* (Bacillariophyceae), *Journal of Phycology*, 42, 379–390.
- Araújo, C.V.M., Diz, F.R., Moreno-Garrido, I., Lubián, L.M., Blasco, J., 2008, Effects of cold-dark storage on growth of *Cylindrotheca closterium* and its sensitivity to copper, *Chemosphere*, 72, 1366–1372.
- Azzurro, E., Moschella, P., Maynou, F., 2011, Tracking signals of change in Mediterranean fish diversity based on local ecological knowledge, *PLOS ONE* 6(9): e24885, doi: 10.1371/journal.pone.0024885.
- Başdemir D, 2017, Homa Dalyanı (İzmir Körfezi) bentik ve planktonik dinoflagellatları ve ortam koşullarıyla ilişkisi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi.
- Balcı, M., Balkis N., 2017, Assessment of phytoplankton and environmental variables for water quality and trophic state classification in the Gemlik Gulf, Marmara Sea (Turkey), *Marine Pollution Bulletin*, 115, 172-189.
- Balci, M., Nishimura, T., Smith, K., Rhodes, L., Murray, J.S., Mackenzie, L., 2020, First report of *Heterocapsa minima* (Dinophyceae) from Aotearoa/New Zealand, *Harmful Algae News*, 64.
- Balci, M., Rhodes, L., Nishimura, T., Murray, J.S., Harwood, T., MacKenzie, A., Bui, T., Moisan, C., Thompson, L., Smith, K., 2021 Molecular detection and distribution of the genera *Amphidoma* and *Azadinium* (Amphidomataceae, Dinophyceae) in the coastal waters of Aotearoa/New Zealand, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 1-16. 10.1080/00288330.2021.1953083.
- Balkaş, T., Baştürk, Ö., Tuğrul, S., 1985, Determination of characteristics and self-purification capacity of İzmit Bay, *NATO TU- WATERS Projesi*, TÜBİTAK-MAM Kimya Müh. Araş. Böl., Gebze, 161, 31.
- Balkis, N., 2000a, *Büyükçekmece Koyu (Marmara Denizi) fitoplankton türlerinin kalitatif, kantitatif yönden araştırılması ve dağılımlarını etkileyen ortam faktörleri*, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi.
- Balkis, N., 2000b, Five dinoflagellate species new to Turkish Seas, *Oebalia*, 26, 97-108.
- Balkis, N., 2003, Seasonal variations in the pytoplankton and nutrient dynamics in the neritic water of Büyükçekmece Bay, Sea of Marmara, *Journal of Plankton Research*, 25(7), 703-717.
- Balkis, N., 2004, List of phytoplankton of the Sea of Marmara, *Journal of Black Sea*, 10(2), 123-141.
- Balkis, N., Aktan, Y., 2004, Toxic phytoplanktonic species in the Sea of Marmara, *37th CIESM Congress*, 2004, Barcelona, Spain, 37, 486.
- Balkis, N., Atabay, H., Türetgen, I., Albayrak, S., Balkis, H., Tüfekçi, V., 2011, Role of single-celled organisms in mucilage formation on the shores of Büyükada Island (the Marmara Sea),

Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 91 (04), 771-781.
doi:10.1017/S0025315410000081

Balkis, N., Toklu-Alicli, B., 2014, Changes in phytoplankton community structure in the Gulf of Bandırma, Marmara Sea in 2006-2008, *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(12), 2976-2983.

Balkis, N., Balci, M., Giannakourou, A., Venetsanopoulou, A., Mudie, P., 2016, Dinoflagellate resting cysts in recent marine sediments from the Gulf of Gemlik (Marmara Sea, Turkey) and seasonal harmful algal blooms, *Phycologia*, 55(2), 187-209.

Balkis, N., Taş, S., 2016, *Phytoplankton of the Sea of Marmara: A Review*, in: Özsoy, E., Çağatay, N.M., Balkis N., Öztürk, B. (Eds.), *The Sea of Marmara: Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance* İstanbul, Turkish Marine Research, 326-343.

Balkis-Ozdelice, N., Durmuş, T., Toklu Alıçlı, B., Balci, M., 2020, Phytoplankton composition related to the environmental conditions in the coastal waters of the Gulf of Erdek, *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 49, 1545-1559.

Balkis-Ozdelice, N., Durmuş, T., Balci, M., 2021, A preliminary study on the intense pelagic and benthic mucilage phenomenon observed in the Sea of Marmara, *International Journal of Environment and Geoinformatics*. 8, 414-422.

Baloğlu, C.M., Bayraç, A.T., Sadi, G., Bayraç, C., 2012, *Biyoinformatik*. İçinde: Karataş M., Ed. *Moleküler Biyoloji* (1. Baskı, Bölüm 17), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 311-339.

Baroin, A., Perasso, R., Qu, L.H., Brugerolle, G., Bachellerie, J.P., Adoutte, A., 1988, Partial phylogeny of the unicellular eukaryotes based on rapid sequencing of a portion of 28S ribosomal RNA, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 85(10), 3474-8.

Bates, S.S., Hubbard, K.A., Lundholm, N., Montresor, M., Leaw, C.P., 2018, *Pseudo-nitzschia*, *Nitzschia*, and domoic acid: New research since 2011, *Harmful Algae*, 79, 3-43, <https://doi.org/10.1016/j.hal.2018.06.001>.

Baytut Ö., 2013, A study on the phylogeny and phylogeography of a marine cosmopolite diatom from the southern Black Sea, *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 42 (4), 406-411. <https://doi.org/10.2478/s13545-013-0096-5>.

Baytut, Ö., Gürkanlı, C. T., Deniz, E., Özkoç, İ., Gönüloğlu, A., 2016, First molecular records of potentially harmful planktonic dinoflagellates from the southern Black Sea, *Turkish Journal of Botany*, 40(5), 546-556.

Baytut, Ö., Gümüş, F., Ersanlı, E., 2018, Molecular phylogeny of a thycoplanktonic naviculoid diatom, *Haslea howeana*, from the Black Sea: a new record for the Turkish Algal Flora, *Genetics of Aquatic Organisms*, 2, 49-52. http://doi.org/10.4194/2459-1831-v2_2_04.

Baytut, Ö., Moestrup, Ø., Lundholm, N., Gönüloğlu, A., 2013, Contributions to the diatom flora of the Black. Sea from ultrastructural and molecular studies: new records of *Skeletonema marinoi*, *Pseudo-nitzschia pungens* var. *aveirensis* and *Chaetoceros tenuissimus* for the Marine Flora of Turkey, *Nova Hedwigia*, 96.

Berdalet, E., Montresor, M., Reguera, B., Roy, S., Yamazaki, H., Cembella, A., Raine R., 2017a, Harmful algal blooms in fjords, coastal embayments, and stratified systems: Recent progress and future research, *Oceanography*, 30(1), 46–57, <https://doi.org/10.5670/oceanog.2017.109>.

Berman, T., Bronk, D.A., 2003, Dissolved organic nitrogen: a dynamic participant in aquatic ecosystems, *Aquatic Microbial Ecology*, 31, 279–305. <https://doi.org/10.3354/ame031279>.

Beşiktepe, Ş.T., Özsoy, E., Latif, M. A. ve Oğuz, T., 2000, *Marmara Denizi'nin hidrografisi ve dolaşımı*, Marmara Denizi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 11- 12 Kasım-İstanbul, Türk Deniz Araştırmaları Vakfı, 314-326.

Bickford, D., Lohman, D. J., Sodhi, N. S., Ng, P. K., Meier, R., Winker, K., Ingram, K. K., Das, I., 2007, Cryptic species as a window on diversity and conservation, *Trends in ecology & evolution*, 22(3), 148–155. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.11.004>

Biecheler, B., 1952, Recherches sur les Péridiniens, *Bulletin Biologique de France et de Belgique, Supplément*, 1–149.

Bingel, F., Ünsal, M., Alavi, N., 1986, Biology of the Bosphorus and its entrances. oceanography of the Turkish Straits. First annual report. IV, METU, *Institute of Marine Sciences*, 4-69.

Bodeanu, N., 1987/1988, Structure and dynamics of unicellular algal flora in the Romanian littoral of the Black Sea, *Cercetari Marine* 20–21, 19–250.

Bodeanu, N., Ruta, G., 1994/1995, Phytoplankton structure and dynamics in the contingency zone between the waters of the Danube – Black Sea canal and the sea waters, *Cercetari Marine* 27–28, 81–99.

- Bolch, C., Percy, L., 2013, DINO 9 Workshop Report: *Linking dinoflagellate life-cycle stages using single-cell isolation and molecular typing*, In: Lewis JM, Marret F, Bradley L (eds). *Biological and Geological Perspectives of Dinoflagellates*, The Geological Society, Londra
- Bologa, A.S., Skolka, H.V., Frangopol, P.T., 1984, Annual cycle of planktonic primary productivity off the Romanian Black Sea coast, *Marine Ecology Progress Series* 19 (1/2), 25–32. doi: 10.3354/meps019025.
- Boicenco, L., Lazar, L., Bişnicu, E., Vlas, O., Harcota, G., Pantea, E., Tabarcea, C., Timofte, F., 2019, Ecological status of Romanian Black Sea waters according to the planktonic communities, *Cercetari Marine*, 49, 34–56.
- Boutorh J., 2014, Impact des conditions nutritionnelles sur la dissolution de la silice biogénique des diatomées à travers l'étude de la variabilité de la structure biphasique du frustule, *Autre*. Université de Bretagne occidentale – Brest, Français.
- Brand, L.E., Campbell, L., Bresnan, E., 2012, *Karenia*: the biology and ecology of a toxic genus, *Harmful Algae* 14, 156–178, <http://dx.doi.org/10.1016/j.hal.2011.10.020>.
- Brandenburg, K.M., Velthuis, M., Van de Waal, D.B., 2019, Meta-analysis reveals enhanced growth of marine harmful algae from temperate regions with warming and elevated CO₂ levels, *Global Change Biology* 25:2607–2618. <https://doi.org/10.1111/gcb.14678>.
- Cahoon, L.B., 1999, The role of benthic microalgae in neritic ecosystems, *Oceanography and Marine Biology, An Annual Review*, 37, 47–86.
- Caillaud, A., de la Iglesia, P., Campas, M., Elandalousi, L., Fernandez, M., Mohammad- Noor, N., Andree, K., Diogene, J., 2010. Evidence of okadaic acid production in a cultured strain of the marine dinoflagellate *Prorocentrum rhathymum* from Malaysia, *Toxicon*, 55, (2–3), 633–637.
- Camacho, F.G., Rodríguez, J.G., Mirón, A.S., García, M.C., Belarbi, E.H., Chisti, Y., Grima, E.M., 2007, Biotechnological significance of toxic marine dinoflagellates, *Biotechnology Advances*, 25, 176–194.
- Casteleyn, G., Leliaert, F., Backeljau, T., Debeer, A.-E., Kotaki, Y., Rhodes, L., Lundholm, N., Sabbe, K., Vyverman, W., 2010, Limits to gene flow in a cosmopolitan marine planktonic diatom, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, 12952–12957.

Casteleyn, G., 2009, Species structure and biogeography of *Pseudo-nitzschia pungens*, Doktora Tezi, Ghent Üniversitesi, Ghent, Belçika.

Castlebury L.A., Carris K.V., 2005, Phylogenetic analysis of *Tilletia* and allied genera in order Tilletiales (Ustilaginomycetes; Exobasidiomycetidae) based on large submit nuclear rDNA sequences, *Mycologia*, 97, 888-900.

Caillaud, A., de la Iglesia, P., Campas, M., Elandalousi, L., Fernandez, M., Mohammad- Noor, N., Andree, K., Diogene, J., 2010. Evidence of okadaic acid production in a cultured strain of the marine dinoflagellate *Prorocentrum rhathymum* from Malaysia. *Toxicon* 55 (2–3) 633–637.

Chalup, M.S., Laws, E.A., 1990, A test of the assumptions and predictions of recent microalgal growth models with the marine phytoplankter *Pavlova lutheri*, *Limnology and Oceanography*, 35, 583.

Chapelle, A., Labry, C., Sourisseau, M., Lebreton, C., Youenou, A., Crassous, P., Pelagos, I.D., Gkss, F., 2010, *Alexadnrium minutum* growth controlled by phosphorous: an applied model, *Journal of Marine Systems*, 83, 181–191.

Chomérat, N., Bilien, G., Zentz, F. A., 2019, Taxonomical study of benthic *Prorocentrum* species (Prorocentrales, Dinophyceae) from Anse Dufour (Martinique Island, eastern Caribbean Sea), *Marine Biodiversity*, 49, 1299–1319, <https://doi.org/10.1007/s12526-018-0913-6>.

Churro, C.I., Carreira, C.C., Rodrigues, F.J., Craveiro, S.C., Calado, A.J., Casteleyn, G., Lundholm, N., 2009, Diversity and abundance of potentially toxic *Pseudo-nitzschia* Peragallo in Aveiro coastal lagoon, Portugal and description of a new variety, *P. pungens* var. *aveirensis* var. nov., *Diatom Research*, 24, 35–62.

CIESM, 2008, No. 35- *Climate Warming and Related Changes in Mediterranean Marine Biota*. In: CIESM Workshop Monographs (ed. Briand, F.) Helgoland, Germany, http://ciesm.org/online/monographs/35/WM_35_39_45.pdf.

Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J.P., Iglesias, A., Lange, M.A., Lionello, P., Llasat, M.C., Paz, S., Peñuelas, J., Snoussi, M., Toreti, A., Tsimplis, M.N., Xoplaki, E., 2018, Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean, *Nature Climate Change*, 8(11), 972-980.

- Crosman, K. M., Petrou, E. L., Rudd, M. B., and Tillotson, M. D., 2019, Clam hunger and the changing ocean: characterizing social and ecological risks to the Quinault razor clam fishery using participatory modeling, *Ecology and Society*, 24, 16. doi: 10.5751/es-10928-240216
- Coles, J.F., Jones, R.C., 2000, Effect of temperature on photosynthesis-light response and growth of four phytoplankton species isolated from a tidal freshwater river, *Journal of Phycology*, 36, 7.
- Cortés-Altamirano, R., Sierra-Beltrán, A.P., 2003, Morphology and taxonomy of *Prorocentrum mexicanum* and reinstatement of *Prorocentrum rhathymum* (Dinophyceae), *Journal of Phycology*, 39, 221-225.
- Cox, E.J., 2014, Diatom identification in the face of changing species concepts and evidence of phenotypic plasticity. *Journal of Micropalaeontology*, 33, 111–120.
- Damjanovic, A., Ritz, T., Schulten, K., 2000, Excitation transfer in the peridinin– chlorophyll–protein of *Amphidinium carterae*, *Biophysical Journal*, 79, 1695–1705.
- Danovaro R, Fonda Umani S, Pusceddu A., 2009, Climate Change and the Potential Spreading of Marine Mucilage and Microbial Pathogens in the Mediterranean Sea, *PLOS ONE* 4(9): e7006. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007006>.
- Daoji, L., Daler, D., 2004, Ocean Pollution from Land-Based Sources: East China Sea, China, *AMBIO A Journal of the Human Environment*, 33(1-2), 107-113.
- Daugbjerg, N., Hansen, G., Larsen, J., Moestrup, Ø., 2000, Phylogeny of some of the major genera of dinoflagellates based on ultrastructure and partial LSU rDNA sequence data, including the erection of three new genera of unarmoured dinoflagellates, *Phycologia*, 39, 302–317.
- Davidson, K., Bresnan, E., 2009, Shellfish toxicity in UK waters: a threat to human health? *Environmental Health*, 8, 12, <http://dx.doi.org/10.1186/1476-069X-8-S1-S12>.
- De Brouwer, J.D., Wolfstein, K., Ruddy, G.K., Jones, T.E., Stal, L.J., 2005, Biogenic stabilization of intertidal sediments: the importance of extracellular polymeric substances produced by benthic diatoms, *Microbial Ecology*, 49, 501–512.
- Degerlund, M., Huseby, S., Zingone, A., Sarno, D., Landfald, B., 2012, Functional diversity in cryptic species of *Chaetoceros socialis* Lauder (Bacillariophyceae), *Journal of Plankton Research*, 34, 416–431.

Delidow, B. C., Lynch, J. P., Peluso, J. J., & White, B. A., 1993, Polymerase chain reaction : basic protocols, *Methods in molecular biology* (Clifton, N.J.), 15, 1–29. <https://doi.org/10.1385/0-89603-244-2:1>

De Miranda, M., Gaviano, M., Serra, E., 2005, Changes in the cell size of the diatom *Cylindrotheca closterium* in a hyperhaline pond, *Chemistry and Ecology*, 21, 77–81.

Demir E.İ, Turkoglu M., 2022, Temporal variations of phytoplankton community and their correlation with environmental factors in the coastal waters of the Çanakkale Strait in 2018, *Oceanologia*, 64, 176-197.

Deniz, N., Taş, S., Koray, T., 2006, New Records of the *Dictyocha antarctica* Lohmann, *Dictyocha crux* Ehrenberg and *Nitzschia rectilonga* Takano Species from the Sea of Marmara, *Turkish Journal of Botany*, 30, 213-216.

Deniz, N., Taş, S., 2009, Seasonal variations in the phytoplankton community in the north-eastern Sea of Marmara and a species list, *Journal of Marine Biological Association*, 89, 269-276.

Derezyuk, N.V., Konareva, O.P., Soltys, I.V., 2017, *Summer phytoplankton blooms in water area of the Dniester Estuary (2003–2016)*, In: Pro-ceedings of International Conference “Transboundary Dniester River Basin Management: Platform for Cooperation and Current Challenges” (Tiraspol, Moldova, 26–27 Oct., 2017), Eco-TIRAS, Tiraspol, pp. 96– 100.

Díaz, P.A., Ruiz-Villarreal, M., Pazos, Y., Moita, T., Reguera, B., 2016, Climate variability and *Dinophysis acuta* blooms in an upwelling system, *Harmful Algae*, 53, 145–159.

Dodge, J.D., 1982, Marine dinoflagellates of the British Isles, *Her Majesty’s Stationery Office, London.*, 249-303.

Dodge, J.D., 1983, *A re-examination of the relationships between unicellular host and eukaryotic endosymbiont with special reference to Glenodinium foliaceum (Dinophyceae)*, In: Schenk HEA, Schwemmler W (eds) *Endocytobiology II*. De Gruyter, Berlin, 1015–1026.

Dolapsakis, N.P., Economou-Amilli, A., 2009, A new marine species of *Amphidinium* (Dinophyceae) from Thermaikos Gulf, Greece, *Acta Protozoologica*, 48, 153–170.

Dökümcü, K., 2021, *Marmara Denizi doğusu oşinografik şartlarına iklim değişimi etkisinin incelenmesi* (devam eden Yüksek Lisans tezi datası), İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

Durmus T., Balkis-Ozdelice N., Tas S., Bayram F., Balci M., Dalyan C., Sarı M., 2022, New records for microalgae species of Turkish seas from the Sea of Marmara under the effect of intense mucilage, *European Journal of Biology*. (Baskıda)

Dursun, F., Tas, S., Bayram P.F., Ediger, D., 2020, Determination of phytoplankton composition by microscopy and HPLC-derived pigment analysis in the Sea of Marmara, *Mediterranean Marine Science*, 21, 653–663.

Dursun, F., Tas, S., Ediger, D., 2021, Assessment of phytoplankton group composition in the Golden Horn Estuary (Sea of Marmara, Turkey) determined with pigments measured by HPLC-CHEMTAX analyses and microscopy, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 101, 649–665.

Dursun, F., Yurdun, T., Ünlü, S., 2016, The First Observation of Domoic Acid in Plankton Net Samples from the Sea of Marmara, Turkey, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 96, 70–75. <https://doi.org/10.1007/s00128-015-1704-4>.

Dyson, K., Huppert, D.D., 2010, Regional economic impacts of razor clam beach closures due to harmful algal blooms (HABs) on the Pacific coast of Washington, *Harmful Algae*, 9, 264–271. doi: 10.1016/j.hal.2009.11.003

Ediger, D., Beken, Ç., Yüksek, A., Tuğrul, S., 2016, Eutrophication in the Sea of Marmara. In: The Sea of Marmara; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance (eds., Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkıs, N., Balkıs, N., Öztürk, B.). *Turkish Marine Research Foundation (TUDAV)*, Istanbul, Turkey, Publication, 42, 723-736.

Eaton J.W., Simpson, P., 1979, *Vertical migrations of the intertidal dinoflagellate Amphidinium herdmaniae* Kofoid & Swezy, In, Naylor et al., editors. Cyclic Phenomena in Marine Plants and Animals, Proceedings of the 13th European Marine Biology Symposium, Isle of Man, 27 Eylül–4 Ekim 1978. pp. 339-345.

Ehrenberg, C.G., 1844, Über den Gehalt an unsichtbar kleinen Lebensformen aus einigen von Hrn. Prof. Koch aus Constantinopel eingesandten Proben der Meeres-Ablagerungen im Marmara-Meer und in Bosporus, *Ber. K. Akad. Wiss. Berlin* 1843, 253-257.

Eker, E., 1998, *Abundance and biomass of micro and nanophytoplankton in the northwestern and southern Black Sea in 1995*, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli, İçel, Türkiye, 212.

Eker-Develi, E., Kideys, A.E., 2022, First record of the diatom *Nitzschia navis-varingica* in the Sea of Marmara, *Marine Science and Technology Bulletin*, 11(2), 231-235. <https://doi.org/10.33714/masteb.1121995>

Elsey, D., Jameson, D., Raleigh, B., Cooney, M.J., 2007, Fluorescent measurement of microalgal neutral lipids, *Journal of Microbiological Methods*, 68, 639–642.

Erdner, D.L., Dyble, J., Parsons, M.L., Stevens, R.C., Hubbard, K.A., Wrabel, M.L., Moore, S.K., Lefebvre, K.A., Anderson, D.M., Bienfang, P., 2008, Centers for oceans and human health: a unified approach to the challenge of harmful algal blooms, *Environmental Health*, BioMed Central, 2, 7.

Ergül, H.A., Aksan, S., İpşiroğlu, M., 2018, Assessment of the consecutive harmful dinoflagellate blooms during 2015 in the Izmit Bay (the Marmara Sea), *Acta Oceanologica Sinica*, 37, 91–101, doi: 10.1007/s13131-018-1191-7

Escalera, L., Italiano, A., Pistocchi, R., Montresor, M., Zingone, A., 2018, *Gonyaulax hyalina* and *Gonyaulax fragilis* (Dinoflagellata), two names associated with ‘mare sporco’, indicate the same species, *Phycologia*, 57, 453–64.

Fan, C., Glibert, P.M., Burkholder, J.M., 2003, Characterization of the affinity for nitrogen, uptake kinetics, and environmental relationships for *Prorocentrum minimum* in natural blooms and laboratory cultures, *Harmful Algae* 2, 283e299. [http://dx.doi.org/10.1016/S1568-9883\(03\)00047-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1568-9883(03)00047-7).

Fanuko, N., Rode, J., Dralar, K., 1989, Microflora from the Adriatic mucous aggregations, *Biološki Vestnik*, 37, 27–34.

Faust M.A. 1990. Morphological details of six benthic species of *Prorocentrum* (Pyrrophyta) from a mangrove island, Twin Cays, Belize, including two new species, *Journal of Phycology*, 26, 548–558.

Faust, M.A., 1995, Observation of sand-dwelling toxic dinoflagellates (Dinophyceae) from widely differing sites, including two new species, *Journal of Phycology*, 31, 996–1003.

Faust, M.A., Balech, E., 1993, A further SEM study of marine benthic dinoflagellates from a mangrove island, Twin Cays, Belize, including *Plagiodinium belizeanum* gen. et sp. nov., *Journal of Phycology*, 29, 826–832.

Feyzioğlu, A.M., Şahin, F., 2017, *Phytoplankton in the Black Sea*, In: Sezgin, M., Bat, L., Ürkmez, D., Arici, E., Öztürk, B. (Eds.), *Black Sea marine environment: The Turkish Shelf*. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), 46, Istanbul, 148–167.

Finkel, Z.V., Beardall, J., Flynn, K.J., Quigg, A., Rees, T.A.V., Raven, J.A., 2010, Phytoplankton in a changing world: cell size and elemental stoichiometry, *Journal of Plankton Research*, 32, 119–137.

Flø Jørgensen, M., Murray, S., Daugbjerg, N., 2004a, *Amphidinium* revisited I: Redefinition of *Amphidinium* (Dinophyceae) based on cladistic and molecular phylogenetic analysis, *Journal of Phycology*, 40, 351–365.

Flø Jørgensen, M., Murray, S., Daugbjerg, N., 2004b, A new genus of athecate interstitial dinoflagellates, *Togula* gen. nov., previously encompassed within *Amphidinium* sensu lato: inferred from light and electron microscopy and phylogenetic analyses of partial large subunit ribosomal DNA sequences, *Phycological Research*, 52 (3), 284–299.

Fourtanier, E., Kociolek, J.P., 2011, Catalogue of Diatom Names, *California Academy of Sciences*, online version updated 19 Sept. 2011. Available online at <http://research.calacademy.org/research/diatoms/names/index.asp>

Freeman, S., Herron, J.C., 1999, *Evrimsel Analiz*, Palme Yayıncılık, Ankara, 28-29, 438-449, 708.

Gallagher S., 2001, Quantitation of nucleic acids with absorption spectroscopy, *Current Protocols in Protein Science*, 13, Appendix 4.

Gárate-Lizárraga, I., Martínez-López, A., 1997, Primer registro de una marea roja de *Prorocentrum mexicanum* (Prorocentraceae) en el Golfo de California, *Revista de Biología Tropical*, 45 (3), 1263–1271.

Gárate-Lizárraga, I., 2012, Proliferation of *Amphidinium carterae* Gymnodiniales, Gymnodiniaceae. In Bahía de La Paz, Gulf of California, *CICIMAR Océan*, 272, 37– 49.

Gárate-Lizárraga, I., González-Armas, R., Verdugo-Díaz, G., Okolodkov, YB., Pérez-Cruz, B., Díaz-Ortíz, J.A., 2019, Seasonality of the dinoflagellate *Amphidinium* cf. *carterae* (Dinophyceae: Amphidinales) in Bahía de la Paz, Gulf of California, *Marine Pollution Bulletin*, 146, 532–541.

Glibert, P.M., Burford, M.A., 2017, Globally changing nutrient loads and harmful algal blooms: Recent advances, new paradigms, and continuing challenges, *Oceanography*, 30(1), 58–69, <https://doi.org/10.5670/oceanog.2017.110>.

Glibert, P.M., Berdalet, E., Burford, M.A., Pitcher, G.C., Zhou, M., 2018, Harmful Algal Blooms and the Importance of Understanding Their Ecology and Oceanography. In: Glibert, P.M., E. Berdalet, M. Burford, G. Pitcher, and M. Zhou (eds.), *Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms, Ecological Studies 232 Springer*, Cham, https://doi.org/10.1007/978-3-319-70069-4_2.

Glibert, P.M., Mayorga, E., Seitzinger, S., 2008, *Prorocentrum minimum* tracks anthropogenic nitrogen and phosphorus inputs on a global basis: Application of spatially explicit nutrient export models, *Harmful Algae*, 8, 33–38.

Glaser, J.A., 1995, Validity of nucleic acid purities monitored by 260 nm/280 nm absorbance ratios, *Biotechniques*, 18, 62–63.

Gobler, C.J., 2020, Climate change and harmful algal blooms: insights and perspective, *Harmful Algae*, 91, 101731. doi: 10.1016/j.hal.2019.101731

Gómez F., 2012, A quantitative review of the lifestyle, habitat and trophic diversity of dinoflagellates (Dinoflagellata, Alveolata), *Systematics and Biodiversity*, 10(3), 267–275.

Gómez, F., Qiu, D., Lin, S., 2017, The synonymy of the toxic dinoflagellates *Prorocentrum mexicanum* and *P. rathymum* and the description of *P. steidingeriae* sp. nov. (Prorocentrales, Dinophyceae), *The Journal of eukaryotic microbiology*, 64, 668–677.

Graneli, M.W., Sundstrom, B., Edler, L., Anderson, D.M., 1990, Proceedings, *4th International Conference on Toxic Marine Phytoplankton*, Amsterdam, New York: Elsevier Pres, 11- 6.

Guillard, R.R.L., 1975, *Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates*. pp 26-60. In Smith W.L. and Chanley M.H (ed.) *Culture of Marine Invertebrate Animals*, Plenum Press, New York, ABD.

Guiry, M.D., Guiry, G.M., 2020, *Algae Base Worldwide Electronic Publication*, Nat. Univ. Ireland, <http://www.algaebase.org>

Hajdu, S., Edler, L., Olenina, I., Witek, B., 2000, Spreading and establishment of the potentially toxic dinoflagellate *Prorocentrum minimum* in the Baltic Sea, *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 85, 557e571. [http://dx.doi.org/10.1002/1522-2632\(200011\)85:5/6<561](http://dx.doi.org/10.1002/1522-2632(200011)85:5/6<561).

- Hajdu, S., Pertola, S., Kuosa, H., 2005, *Prorocentrum minimum* (Dinophyceae) in the Baltic Sea: Morphology, occurrence—A review, *Harmful Algae*, 4, 471–480.
- Hall, T.A., 1999, BioEdit: A User-Friendly biological sequence alignment editor and analysis program for windows 95/98/NT, *Nucleic Acids Symposium Series*, 41, 95–98.
- Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M., Cembella, A.D., Enevoldsen, H.O., 2004, Manual on Harmful Marine Microalgae. 2nd revised edition. Paris, France, UNESCO, 793pp. *Monographs on Oceanographic Methodology*. DOI: 10.25607/OBP-1370.
- Harris, D.J., 2003, Can you bank on GenBank?, *Trends in Ecology & Evolution*, 18, 317–319.
- Hasle, G.R., 1965, *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscope. II. The group *Pseudo-nitzschia*. Skrifter utgitt av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo, Matematisk-naturvidenskapelig klasse, Ny Ser., 18: 45 pp., 17 pls page(s): p. 33; pl. 13, fig. 7–10, pl. 15, fig. 1–8.
- Hasle, G.R., Lange, C.B., Syvertsen, E.E., 1996, A review of *Pseudo-nitzschia*, with special reference to the Skagerrak, North Atlantic, and adjacent waters, *Helgolander Meeresunters* 50, 131–175. <https://doi.org/10.1007/BF02367149>.
- Hasle, G.R., Syvertsen, E.E., 1997, *Marine diatoms*. Identifying Marine Phytoplankton, In Thomas, C.R. (ed.), Academic Press: San Diego, CA, ABD, 5–385.
- Hasle, G.R., 2002, Are most of the domoic acid-producing species of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* cosmopolites?, *Harmful Algae*, 1, 137–146.
- Hassan, R., Husin, A., Sulong, S., Yusoff, S., Johan, M. F., Yahaya, B. H., Ang, C. Y., Ghazali, S., Cheong, S. K., 2015, Guidelines for nucleic acid detection and analysis in hematological disorders, *The Malaysian Journal of Pathology*, 37(2), 165–173.
- Hégaret, H., Wikfors, G.H., Shumway, S.E., 2009, *Biotoxin contamination and shellfish safety*, In: Shumway, S.E., Rodrick, G.E. (Eds.), *Shell-fish safety and quality*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, İngiltere, 43–82.
- Heil, C.A., Glibert, P.M., Fan, C., 2005, *Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller: a review of a harmful algal bloom species of growing worldwide importance, *Harmful Algae*, 4, 449e470. <http://dx.doi.org/10.1016/j.hal.2004.08.003>.
- Heisler, J., Glibert, P.M., Burkholder, J.M., Anderson, D.M., Cochlan, W., Dennison, W.C., Dortch, Q., Gobler, C.J., Heil, C.A., Humphries, E., Lewitus, A., Magnien, R., Marshall, H.G.,

- Sellner, K., Stockwell, D.A., Stoecker, D.K., Suddleson, M., 2008, Eutrophication and harmful algal blooms: A scientific consensus, *Harmful Algae*, 8, 3–13.
- Hendey, N.I., 1964, An Introductory Account of Smaller Algae of British Coastal Waters, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, *Fishery Investigationns Series*, IV, 35–36.
- Hernández-Becerril, D.U., Cortés Altamirano, R., Alonso, R., 2000, The dinoflagellate genus *Prorocentrum* along the coasts of the Mexican Pacific, *Hydrobiologia*, 418, 111–121.
- Hildebrand, M., 2005, Cloning and functional characterization of ammonium transporters from the marine diatom *Cylindrotheca fusiformis* (Bacillariophyceae), *Journal of Phycology*, 41, 105–113.
- Horiguchi, T., Chihara, M., 1993, Life cycle and ultrastructure of *Dinothrix paradoxa* (Dinophyceae), In: *15th International botanical congress abstract*, Yokohama, 216
- Horiguchi, T., Pienaar, R.N., 1991, Ultrastructure of a marine dinoflagellate, *Peridinium quinquecorne* Abe' (Peridinales) from South Africa with particular reference to its chrysophyte endosymbiont, *Botanica Marina*, 34, 123–131.
- Horiguchi, T., Pienaar, R. N., 1994, Ultrastructure of a new marine sand-dwelling dinoflagellate, *Gymnodinium quadrilobatum* sp. nov. (Dinophyceae) with special reference to its endosymbiotic alga, *European Journal of Phycology*, 29, 237–45.
- Horiguchi, T., Pienaar, R.N., 1994, *Gymnodinium natalense* sp. nov. (Dinophyceae), a new tide pool dinoflagellate from South Africa, *Japanese Journal of Phycology*, 42, 21–28.
- Horiguchi, T., 1995, *Amphidiniella sedentaria* gen. et sp. nov. (Dinophyceae), a new sand-dwelling dinoflagellate from Japan, *Phycological Research*, 43, 93–99.
- Horiguchi, T., Kubo, F., 1997, *Roscoffia minor* sp. nov. (Peridinales, Dinophyceae): a new, sand-dwelling, armored dinoflagellate from Hokkaido, Japan, *Phycological Research*, 45, 65–69.
- Hoppenrath, M., 2000a, Morphology and taxonomy of six marine sand-dwelling *Amphidiniopsis* species (Dinophyceae, Peridinales), four of them new, from the German Bight, North Sea, *Phycologia*, 39, 482–497.

Hoppenrath, M. 2000b, *Taxonomische und ökologische Untersuchungen von Flagellaten mariner Sande*, Doktora Tezi, Universität Hamburg, 2000, 1–311.

Hoppenrath, M., 2000c, An emended description of *Herdmania litoralis* Dodge (Dinophyceae) including the plate formula, *Nova Hedwigia*, 71, 481–489.

Hoppenrath, M., 2000d, Morphology and taxonomy of *Sinophysis* (Dinophyceae, Dinophysiales) including two new marine sand-dwelling species from the North German Wadden Sea, *European Journal of Phycology*, 35, 153–162.

Hoppenrath, M., Bachvaroff, T.R., Handy, S.M., Delwiche, C.F., Leander, B.S., 2009, Molecular phylogeny of ocelloid-bearing dinoflagellates (Warnowiaceae) as inferred from SSU and LSU rDNA sequences, *BMC Evolutionary Biology*, 9, 116.

Hoppenrath, M., Chomérat, N., Horiguchi, T., Schweikert, M., Nagahama, Y., Murray, S., 2013, Taxonomy and phylogeny of the benthic *Prorocentrum* species (Dinophyceae) a proposal and review, *Harmful Algae*, 27, 1-28, <https://doi.org/10.1016/j.hal.2013.03.006>.

Hoppenrath, M., Elbrächter, M., Drebes, M., 2009, Marine phytoplankton, *Kleine Senckenberg-Reihe*, 49, 1-264.

Hoppenrath, M., Koeman, R.P.T., Leander, B.S., 2009, Morphology and taxonomy of a new marine sand-dwelling *Amphidiniopsis* species (Dinophyceae, Peridinales), *A. aculeata* sp. nov., from Cap Feret, France, *Marine Biodiversity*, 39, 1–7.

Hoppenrath, M., Murray, S. A., Chomérat, N., and Horiguchi, T., 2014, *Marine Benthic Dinoflagellates-unveiling Their Worldwide Biodiversity*, Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.

Hu, Z., Song, X., Wang, J., 2022, Reviving and characterizing three species of dinoflagellate cysts dormant for about 70 years in the East China Sea: *Biecheleria brevisulcata*, *Biecheleriopsis adriatica* and *Scrippsiella donghaiensis*, *Journal of Oceanology and Limnology*, <https://doi.org/10.1007/s00343-022-2122-1>.

Hulburt, E.M., 1957, The Taxonomy of Unarmored Dinophyceae of Shallow Embayments on Cape Cod, Massachusetts, *Biological Bulletin*, 112, 2, 196–219. <https://doi.org/10.2307/1539198>.

Hustedt, F., 1930, *Rabenhorst's kryptogamen flora, Die Kieselalgen*. 1. Teil, Reprint 1991 by Koelz Scientific Books, ABD, 920.

Hustedt, F., 1959, *Rabenhorst's kryptogamen flora, Die Kieselalgen*. 2. Teil, Reprint 1991 by Koelz Scientific Books, ABD, 845.

Ignatiades, L., Gotsis-Skretas, O., 2010, A review on toxic and harmful algae in Greek coastal waters (E. Mediterranean Sea), *Toxins* 2 (5), 1019–1037. doi: 10.3390/toxins2051019.

İlgaz, S., 2006, *Farklı tuzluluk derişimlerinin Nannochloropsis oculata ve Isochrysis galbana türlerinin büyüme hızlarına etkileri*, Yüksek lisans tezi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Innamorati, M., Nuccio, C., Massi, L., Mori, G., Melley, A., 2001, Mucilages and climatic changes in the Tyrrhenian Sea, *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*, 11, 289-298. <https://doi.org/10.1002/aqc.448>.

Imanian, B., Pombert, J., Keeling, P.J., 2010, The complete plastid genomes of the two 'dinotoms' *Durinskia baltica* and *Kryptoperidinium foliaceum*, *PLoS One* 5:e10711.

Imanian, B., Pombert, J-F., Dorrell, R.G., Burki, F., Keeling, P.J., 2012, Tertiary Endosymbiosis in Two Dinotoms Has Generated Little Change in the Mitochondrial Genomes of Their Dinoflagellate Hosts and Diatom Endosymbionts. *PLoS ONE*, 7(8), e43763.

Ismael, A.A.H., Halim, Y., Khalil, A.G., 1999, Optimum growth conditions for *Amphidinium carterae* Hulburt from eutrophic waters in Alexandria Egypt. And its toxicity to the brine shrimp *Artemia salina*, *Grana*, 38 (2–3), 179–185.

Ivanov, A.I., 1959, Mass development of phytoplankton in the northwest-ern Black Sea in 1954–1956, *Scientific Notes of the Odessa Biological Station*, 1, 6–33 in Ukrainian.

Ivanov, A.I., 1960, Peculiarities of the taxonomic composition and quantitative distribution of the phytoplankton of the northwestern Black Sea, *Trudy Vsesoyuznogo Gidrobiologicheskogo Obshchestva (USSR)*, 10, 182–196 in Russian.

- Ivanov, A.I., 1965, The characteristics of the qualitative composition of Black Sea phytoplankton. In: Studies of phytoplankton of the Black and Azov seas, *Naukova Dumka*, Kiev, pp. 17–35 in Russian.
- Jang, S.H., Jeong, H.J., Moestrup, Ø., Kang, N.S., Lee, S.Y., Lee, K.H. & Seong, K.A., 2017, *Yihiella yeosuensis* gen. et sp. nov. (Suessiaceae, Dinophyceae), a novel dinoflagellate isolated from the coastal waters of Korea, *Journal of Phycology*, 53, 131–145.
- Janouškovec, J., Gavelis, G.S., Burki, F., Dinh, D., Bachvaroff, T.R., Gornik, S.G., Bright, K.J., Imanian, B., Strom, S.L., Delwiche, C.F., Waller, R.F., Fensome, R.A., Leander, B.S., Rohwer, F.L., Saldarriaga, J.F., 2017, Major transitions in dinoflagellate evolution unveiled by phylotranscriptomics, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 114, E171–E180.
- Javaheri, N., Dries, R., Burson, A., Stal, L.J., Sloom, P.M.A., Kaandorp, J.A., 2015, Temperature affects the silicate morphology in a diatom. *Sci. Rep.-UK*, 5, 11652.
- Jeffrey, S.W., Vesik, M., 1976, Further evidence for a membranebound endosymbiont within the dinoflagellate *Peridinium foliaceum*, *Journal Phycology*, 12, 450–455.
- Jensen, M.Ø., Moestrup, Ø., 1997, Autecology of the toxic dinoflagellate *Alexandrium ostenfeldii*: life history and growth at different temperatures and salinities, *European Journal of Phycology*, 32 (1), 9e18. <http://dx.doi.org/10.1080/09541449710001719325>.
- Jin, D., Thunberg, E., and Hoagland, P., 2008, Economic impact of the 2005 red tide event on commercial shellfish fisheries in New England, *Ocean & Coastal Management*, 51, 420–429.
- John, U., Litaker, R.W., Montresor, M., Murray, S., Brosnahan, M.L., Anderson, D.M., 2014, Formal revision of the *Alexandrium tamarense* species complex (Dinophyceae) taxonomy: The Introduction of five species with emphasis on molecular-based (rDNA) classification, *Protist*, 165, 779–804.
- Kaboğlu, F.G., 1999, *Marmara Denizi'nde Mevsimlik Fitoplankton Değişimi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.

Kaczmarska, I., LeGresley, M.M., Martin, J.L., & Ehrman, J.M., 2005, Diversity of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* Peragallo in the Quoddy Region of the Bay of Fundy, Canada, *Harmful Algae*, 4, 1-19.

Kaleli, A. Akcaalan, R., 2021, Checklist of marine diatoms from Turkish coastal waters with updated nomenclature, *Aquatic Research*, 4(1), 88-115.

Karafas, S., Teng, S.T., Leaw, C.P., Alves-de-Souza, C., 2017, An evaluation of the genus *Amphidinium* (Dinophyceae) combining evidence from morphology, phylogenetics, and toxin production, with the introduction of six novel species, *Harmful Algae*, 68, 128-151. doi: 10.1016/j.hal.2017.08.001.

Kayadelen, Y., Balkis-Ozdelice, N., Durmus, T., 2022, Determination of seasonal changes in phytoplankton community of the coastal waters of Burgaz Island (the Sea of Marmara), *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 102.

Kempton, J.W., Wolny, J., Tengs, T., Rizzo, P., Morris, R., Tunnell, J., Scott, P., Steidinger, K., Hymel, S.N., Lewitus, A.J., 2002, *Kryptoperidinium foliaceum* blooms in South Carolina: a multi-analytical approach to identification, *Harmful Algae*, 1, 383–392.

Kesici, K., Tüney, İ., Zeren, D., Güden, M., Sukatar, A., 2013, Morphological and Molecular Identification of Pennate Diatoms Isolated from Urla-Izmir, Coast of Aegean Sea, *Turkish Journal of Biology*, 37, 530-537.

Khanaychenko, A.N., Telesh, I.V., Skarlato, S.O., 2019, Bloom-forming potentially toxic dinoflagellates *Prorocentrum cordatum* in marine plankton food webs, *Protistology*, 13, 95–125.

Kim, J.H., Park, B.S., Kim, J.H., Wang, P., Han, M.S., 2015, Intraspecific diversity and distribution of the cosmopolitan species *Pseudo-nitzschia pungens* (Bacillariophyceae): Morphology, genetics, and ecophysiology of the three clades, *Journal of Phycology*, 51, 159–172.

Klisarova, D., Gerdzhikov, D., Kostadinova, G., Petkov, G., 2015, *Investigation of phytoplankton in the Varna Bay (2005–2014)*, In: Ozhan, E. (Ed.), *Proceedings of the Twelfth*

- International Conference on the Mediterranean Coastal Environment MEDCOAST, 06–10 Ekim 2015, Bulgaria, Varna, 229–308.
- Klug W.S. ve Cummings R.M., 2003. *Genetik*, In: Öner, C. (Ed.), Palme Yayıncılık, Ankara.
- Kocataş, A., 1999, *Oseanoloji Deniz Bilimlerine Giriş*, E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Kitaplar Serisi No:60, Ders kitabı dizini, No:28, IV. Baskı, 358s., İzmir.
- Kofoid, C.A., Swezy, O., 1921, The free-living unarmored Dinoflagellata, *University of California Press*, 5, 1–562.
- Komarek, J., Kastovsky, J., Mares, J., & Johansen, J. R., 2014, Taxonomic classification of cyanoprocaryotes (Cyanobacterial genera), using a polyhaxis approach, *Preslia*, 86, 295-335.
- Konsulov, A., 1998, Black Sea biological diversity: Bulgaria. In: Black Sea Environmental Series, 5. *United Nations Publications*, New York, 161.
- Kooistra, W.H.C.F., Sarno, D., Balzano, S., Gu, H., Andersen, R.A., Zingone, A., 2008, Global diversity and biogeography of *Skeletonema* species (Bacillariophyta), *Protist*, 159,177–193.
- Koray, T., 2011, Dinophyceae, Bacillariophyceae, Denizel Fitoplankton, In: Koray, T. (ed.), 3, *Ege Üniversitesi Basımevi*, Bornova-İzmir, ISBN: 978-975-483-545-8, 47-63, 99-105.
- Kraberg, A., Baumann, M., & Durselen, C. D., 2010, Coastal phytoplankton: photo guide for northern European seas, *Verlag Dr. Friedrich Pfeil*, Munchen, Germany, 204.
- Krakhmalnyi, A.F., Okolodkov, Y.B., Bryantseva, Yu.V., Sergeeva, A.V., Velikova, V.N., Derezyuk, N.V., Terenko, G.V., Kostenko, A.G., Krakhmal-nyi, M.A., 2018, Revision of the Dinoflagellate species composition of the Black Sea, *Algologia* 28 (4), 428–448. doi: 10.15407/alg28.04.428.
- Kretschmann J., Žerdoner A.Č., Gottschling M., 2017, Molecular phylogenetics of dinophytes harboring diatoms as endosymbionts (Kryptoperidiniaceae, Peridinales), with evolutionary interpretations and a focus on the identity of *Durinskia oculata* from Prague, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 118. 10.1016/j.ympev.2017.10.011.

- Krienitz, L., Bock, C., 2012, Present state of the systematics of planktonic coccoid green algae of inland waters. *Hydrobiologia*, 698, 295–326. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1079-z>
- Laabir, M., Jauzein, C., Genovesi, B., Masseret, E., Grzebyk, D., Cecchi, P., Vaquer, A., Perrin, Y., Collos, Y., 2011, Influence of temperature salinity & irradiance on the growth and cell yield of the harmful red tide dinoflagellate *Alexandrium catenella* colonizing Mediterranean waters, *Journal of Plankton Research*, 33 (10), 1550e1563.
- Larsen, J., 1985, Algal studies of the Danish Wadden Sea II: A taxonomic study of psammobious dinoflagellates, *Opera Botanica*, 79, 14–37.
- Larsen, J., Patterson, D.J., 1990, Some flagellates (Protista) from tropical marine sediments, *Journal of Natural History*, 24, 801–937.
- Landsberg, J.H., 2002, The effects of harmful algal blooms on aquatic organisms, *Review in Fisheries Science*, 10, 113–390.
- Lavrinenko, A., Jernfors, T., Koskimäki, J.J., Pirttilä, A.M., Watts, P.C., 2021, Does Intraspecific Variation in rDNA Copy Number Affect Analysis of Microbial Communities? *Trends in Microbiology*, 29(1), 19-27. doi: 10.1016/j.tim.2020.05.019.
- Lee, J.J., Shpigel, M., Freeman, S., Zmora, O., McLeod, S., 2003, Physiological ecology and possible control strategy of a toxic marine dinoflagellate, *Amphidinium* sp., from the benthos of a mariculture pond, *Aquaculture*, 217, 351–371.
- Lelong, A., Hegaret, H., Soudant, P., and Bates, S.S., 2012, *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) species, domoic acid and amnesic shellfish poisoning: revisiting previous paradigms, *Phycologia* 51, 168–216. doi: 10.2216/11-37.
- Lenaers, G., Scholin, C., Bhaud, Y., Saint-Hilaire, D., Herzog, M., 1991, A molecular phylogeny of dinoflagellate proteists (Pyrrhophyta) inferred from the sequence of 24S rRNA divergent domains D1 and D8, *Journal of Molecular Evolution*, 32, 53–63.
- Li, Z., Oh, S.J., Park, J-W., Lim, W.A., Shin, H.H., 2017, Cyst-motile stage relationship, morphology and phylogeny of anew chain-forming, marine dinoflagellate *Grammatodinium tongyeonginum* gen. et sp. nov. from Korea, *Phycologia*, 56,430–443.

- Li, Z., Shin, H.H., Lim, W-A., Lee, T., Yoon, Y.H., Han, M-S., 2015, Morphology and phylogeny of *Pentaparsodinium jinhaenses* sp. nov. (Dinophyceae) producing a calcareous resting cyst, *Phycologia*, 54, 566–577.
- Lim, H. C., Lim, P. T., Teng, S. T., Bates, S. S. and Leaw, C. P., 2014, Genetic structure of *Pseudo-nitzschia pungens* (Bacillariophyceae) populations: Implications of a global diversification of the diatom, *Harmful Algae*, 37, 142-152. doi: 10.1016/j.hal.2014.06.004.
- Lim, A. S., Jeong, H. J., Jang, T. Y., Kang, N. S., Lee, S. Y., Yoo, Y. D., Kim, H. S., 2013, Morphology and molecular characterization of the epiphytic dinoflagellate *Prorocentrum* cf. *rhathymum* in temperate waters off Jeju Island, Korea, *Ocean Science Journal*, 48, 1–17.
- Ljubešić, Z., Bosak, S., Viličić, D., Borojević, K.K., Marić, D., Godrijan, J., Ujević, I., Peharec, P., Đakovac, T., 2011, Ecology and taxonomy of potentially toxic *Pseudo-nitzschia* species in Lim Bay (north-eastern Adriatic Sea), *Harmful Algae*, 10, 713–722.
- Lloret, J., Sabatés, A., Muñoz, M., Demestre, M., Solé, I., Font, T., Casadevall, M., Martín, P., Gómez, S., 2015, How a multidisciplinary approach involving ethnoecology, biology and fisheries can help explain the spatio-temporal changes in marine fish abundance resulting from climate change, *Global Ecology and Biogeography*, 24, 448-461.
- Lundholm, N., Moestrup, Ø., Hasle, G.R., Hoef-Emden, K., 2003, A study of the *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima/cuspidata* complex (Bacillariophyceae): what is *P. pseudodelicatissima*? *Journal of Phycology*, 39, 797-813.
- Lundholm, N., Moestrup, Ø., Kotaki, Y., Hoef-Emden, K., Scholin, C., P. Miller., 2006, Inter- and intraspecific variation of the *Pseudo-nitzschia delicatissima* complex (Bacillariophyceae) illustrated by rRNA probes, morphological data and phylogenetic analyses, *Journal of Phycology*, 42, 464-481.
- Luo, Z., Zhang, H., Krock, B., Lu, S., Yang, W., Gu, H., 2017, Morphology, molecular phylogeny and okadaic acid production of epibenthic *Prorocentrum* (Dinophyceae) species from the northern South China Sea, *Algal Research*, 22, 14-30. doi: 10.1016/j.algal.2016.11.020.

Madigan, M.T., Martinko, J.M. ve Parker, J., 1999, Eukaryota: microorganismos eucarioaticos. Brock, Biología de los Microorganismos, Prentice Hall, Madrid, 770-774 Octava edición.

Mahmoud, H., Abd El-Aziz, M.H., Behiry, S.I., Younes, H.A., Hamza, K.A., 2019, The relationship and relativity between three isolates of Potato virus Y Potyvirus infecting potato (*Solanum tuberosum* L.) at Alexandria and El-Beheira governorates, northern Egypt, *Novel Research in Microbiology Journal*, 3(4), 440-452.

Mangialajo, L., Ganzin, N., Accoroni, S., Asnaghi, V., Blanfuné, A., Cabrini, M., Cattaneo-Vietti, R., Chavanon, F., Chiantore, M., Cohu, S., 2011, Trends in *Ostreopsis* proliferation along the Northern Mediterranean coasts, *Toxicon*, 57, 408–420.

Marasovic, I., Pucher-Petkovic, T., Petrova-Karadjova, V., 1990, *Prorocentrum minimum* (Dinophyceae) in the Adriatic and Black Sea, Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 70, 473e476. <http://dx.doi.org/10.1017/S0025315400035542>.

Mclachlan, D.H., Brownlee, C., Taylor, A.R., Geider, R.J., Underwood, G.J.C., 2009, Light-induced motile responses of the estuarine benthic diatoms *Navicula perminuta* and *Cylindrotheca closterium*, *Journal of Phycology*, 45, 592–599.

McLennan, K., Ruvindy, R., Ostrowski, M., & Murray, S., 2021, Assessing the use of molecular barcoding and qPCR for investigating the ecology of *Prorocentrum minimum* (Dinophyceae), a harmful algal species, *Microorganisms*, 9(3), 510. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030510>.

Mecozzi, M., Acquistucci, R., Di Noto, V., Pietrantonio, E., Amici, M., Cardarilli, D., 2001, Characterization of mucilage aggregates in Adriatic and Tyrrhenian Sea: structure similarities between mucilage samples and the insoluble fractions of marine humic substance, *Chemosphere*, 44 (4), 709-720.

Medlin, L., Mann, D.G., 2007, Proposal to conserve the name *Cylindrotheca* against *Ceratoneis* (Bacillariophyceae), *Taxon*, 56, 953–955.

Miller, P.E., Scholin, C. A., 1996, Identification of culture *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) using species-specific LSU rRNA targeted fluorescent probes, *Journal of Phycology*, 32, 646–655.

Moestrup, Ø., Lindberg, K., Daugbjerg, N., 2009, Studies on woloszynskioid dinoflagellates IV: The genus *Biecheleria* gen. nov.. *Phycological Research*, 57, 203-220. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1835.2009.00540.x>

Mohammad-Noor, N., Al-Has, A., Saad, S., Aung, T., 2016, Comparison on the cell abundance of benthic dinoflagellates in macrophytes and water column collected from open coastal waters and semi-enclosed lagoon, *Sains Malaysiana*, 45, 595–599.

Moncheva, S.V., Doncheva, L. Kamburska, 2001a, On the long-term response of harmful algal blooms to the evolution of eutrophication off the Bulgarian Black Sea coast: are the recent changes a sign of re-recovery of the ecosystem – the uncertainties, In: *Proceedings of the Ninth International Conference on Harmful Algal Blooms*, 7–11 Şubat 2000, Avustralya, Hobart, pp. 177–181.

Moncheva, S., Gotsis-Skretas, O., Pagou, K., Krastev, A., 2001b, Phytoplankton blooms in Black Sea and Mediterranean coastal ecosystems sub-jected to anthropogenic eutrophication: similarities and differences, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53 (3), 281–295. doi: 10.1006/ecss. 2001.0767.

Moncheva, S., Petrova-Karadjova, V., Palasov, A., 1995, *Harmful algal blooms along the Bulgarian Black Sea coast and possible patterns of fish and zoobenthic mortalities*, Harmful Algal Blooms In: Lassus, G.P., Arzul, E., Erard-Le Denn, P., Gentien, C., Marcaillou-Le Baut, (Eds.); Lavoisier: Paris, Fransa, 193–198.

Moore, S. K., Dreyer, S. J., Ekstrom, J. A., Moore, K., Norman, K., Klinger, T., 2020, Harmful algal blooms and coastal communities: socioeconomic impacts and actions taken to cope with the 2015 US West Coast domoic acid event, *Harmful Algae*, 96, 101799. doi: 10.1016/j.hal.2020.101799.

Morozova-Vodyanitskaya, N.V., 1948, Phytoplankton of the Black Sea: Pt 1. Trudy Sevastopol'skoj Biologicheskoy Stancii 6, 39–172 in Russian.

Moschandreou, K.K., Baxevanis, A.D., Katikou, P., Papaefthimiou, D., Nikolaidis, G., Abatzopoulos, T.J., 2012, Inter- and intra-specific diversity of *Pseudo-nitzschia*

(Bacillariophyceae) in the northeastern Mediterranean, *European Journal of Phycology*, 47, 321–339.

Mudie, P.J., Marret, F., Mertens, K.N., Shumilovskikh, L., Leroy, S.A.G., 2017, Atlas of modern dinoflagellate cyst distributions in the Black Sea Corridor: from Aegean to Aral Seas, including Marmara, Black, Azov and Caspian Seas, *Marine Micropaleontology*, 134, 1, 152.

Murray, S.A., Patterson, D.J., 2002, The benthic dinoflagellate genus *Amphidinium* in south-eastern Australian waters, including three new species, *European Journal of Phycology*, 37, 279–298.

Murray, S., Flø Jørgensen, M., Daugbjerg, N., Rhodes, L., 2004, *Amphidinium* revisited. II. Resolving species boundaries in the *Amphidinium operculatum* species complex (Dinophyceae), including the descriptions of *Amphidinium trulla* sp. nov. and *Amphidinium gibbosum* comb. nov., *Journal of Phycology*, 40, 366–382.

Murray, S.A., Garby, T., Hoppenrath, M., Neilan, B.A., 2012, Genetic diversity, morphological uniformity and polyketide production in dinoflagellates (*Amphidinium*, Dinoflagellata), *PLoS ONE*, 7(6), e38253. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038253>.

Murray, S., Nagahama, Y., Fukuyo, Y., 2007, Phylogenetic study of benthic, spine-bearing prorocentroids, including *Prorocentrum fukuyoi* sp. nov., *Phycological Research*, 55, 91–102.

Najdek, M., Blažina, M., Djakovac, T., Kraus, R., 2005, The role of the diatom *Cylindrotheca closterium* in a mucilage event in the northern Adriatic Sea: coupling with high salinity water intrusions, *Journal of Plankton Research*, 27(9), Eylül 2005, 851–862.

Naik, R.K., Anil, A.C., Narale, D.D., Chitari, R.R., Kulkarni, V.V., 2011, Primary description of surface water phytoplankton pigment patterns in the Bay of Bengal, *Journal of Sea Research*, 65, 435–441.

Nakazima, M., 1968, Studies on the source of shellfish poison in Lake Hamana. IV. Identification and collection of the noxious dinoflagellate, *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 34, 1–130.

Nakajima, I., Oshima, Y., Yasumoto, T., 1981, Toxicity of benthic dinoflagellates in Okinawa, *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 47, 1029–1033.

Nayak, B.B., Karunasagar, I., Karunasagar, I., 1997, Influence of bacteria on growth and hemolysis production by the marine dinoflagellate *Amphidinium carterae*, *Marine Biology*, 130, 35–39.

Nesterova, D.A., 1979, The development of the peridinea *Exuviaella cordata* and "the red tide" phenomenon in the north-western Black Sea, *Biologia Moria*, 5, 24–29 in Russian.

Nesterova, D.A., 1980, Phytoplankton of the West part of the Black Sea, *Hydrobiological Journal*, 16 (5), 26–30 in Russian.

Nesterova, D.A., 1985, Mass development of *Exuviaella cordata* Ostf. and *Cerataulina bergonii* Perag. in the West part of the Black Sea, *Hydrobiological Journal*, 21 (4), 44–65 in Russian.

Nesterova, D.A., 1986, Size structure of phytoplankton of the West part of the Black Sea in summer, *Okeanologia*, 26 (3), 474–480 in Russian.

Nesterova, D.A., 1987, Some features of succession of phytoplankton in the northwestern Black Sea, *Hydrobiological Journal*, 23 (1), 16–21 in Russian.

Nesterova, D.A., 1998, *Phytoplankton species diversity in the northwestern Black Sea*, In: Zaytsev, Y.P., Alexandrov, B.G. (Eds.), Black Sea Biological Diversity Ukraine, *Black Sea Environmental Series*, 7, 24–27, 124–143.

Nesterova, D.A., 2001, Water "blooming" in the northwestern Black Sea (Overview), *Algologia* 11 (4), 502–513 in Russian.

Nesterova, D.A., 2003a, Variability of specific surface of cells of phyto-plankton in the western Black Sea. International, *Journal on Algae*, 5 (2), 70–81. doi: 10.1615/InterJAlgae.v5.i2.40 .

Nesterova, D.A., 2003b, Results and prospects for studies phytoplankton in the northwestern Black Sea, *Ecologia Moria*, 63, 53–59 in Russian.

Nesterova, D., Moncheva, S., Mikaelyan, A., Vershinin, A., Akatov, V., Boi-cenco, L., Aktan, Y., Sahin, F., Gvarishvili, T., 2008, *The State of phytoplankton*. In: Oguz, T. (Ed.), Chapter 5, BSC. State of Environment Report (2001–2006/7). Publications of the Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution (BSC), Türkiye, Istanbul, 173–200 2008–3.

Nesterova, D.A., Terenko, L.M., Terenko, G.V., 2006, *Phytoplankton species list*. In: Zaytsev, Y.P., Alexandrov, B.G. (Eds.), *The northwestern Black Sea: Biology and ecology*, Naukova Dumka, Kiev, 557–576 in Russian.

Nesterova, D.A., Terenko, L.M., 2009. Karkinit Bay phytoplankton in September 2008. In: *Ecological safety of coastal and shelf zones and integrated use of shelf resources* 20, 293–300 in Russian.

Nestorov, J., Matic, G., Elaković, I., Tanic, N., 2013, Gene expression studies: how to obtain accurate and reliable data by quantitative Real-Time RT PCR, *Journal of Medical Biochemistry*, 32, 325–338. 10.2478/jomb-2014-0001.

Nezlin, N.P., Zernova, V.V., 1983, *Phytoplankton species composition of the northeastern part of the Black Sea and size characteristic of some of its representatives*. In: Sorokin, Y., Vedernikov, V. (Eds.), *Seasonal variations in plankton of the Black Sea*, Nauka, Moskova, 6–12 in Russian.

Nunn, G.B., Theisen, B.F., Christensen, B., Arctander, P., 1996, Simplicity-Correlated Size Growth of the Nuclear 28S Ribosomal RNA D3 Expansion Segment in the Crustacean Order Isopoda, *Journal of Molecular Evolution*, 42, 211–223.

Ogburn, D., Callinan, R., Pearce, I., Hallegraeff, G., Landos, M., 2005, Investigation and Management of a Major Oyster Mortality Event in Wonboyn Lake, Australia, In *Diseases in Asian Aquaculture*; Walker, P., Lester, R., Bondad-Reantaso, M.G., Eds.; Asian Fisheries Society: Manila, Philippines, 301–309.

Oguz, T., Velikova, V., 2010, Abrupt transition of the northwestern Black Sea shelf ecosystem from a eutrophic to an alternative pristine state, *Marine Ecology Progress Series*, 405, 231–242. doi: 10.3354/meps08538.

Oikawa, H., Fujita, T., Satomi, M., Suzuki, T., Kotani, Y., Yano, Y., 2002, Accumulation of paralytic shellfish poisoning toxins in the edible shore crab *Telmessus acutidens*, *Toxicon*, 40(11), 1593-9.

Okuş, E., Taş, S., 2007, Diatom increase in phytoplankton community observed in winter in the north-eastern Marmara Sea (Beylikdüzü), *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 13 (1), 7-17.

Olenin, S., Gollasch, S., Jonusas, S., Rimkutė, I., 2000, En-route investigations of plankton in ballast water on a ships voyage from the Baltic Sea to the open Atlantic coast of Europe, *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 85, 577e596. [http://dx.doi.org/10.1002/1522-2632\(200011\)85:5/63.3.CO;2-3](http://dx.doi.org/10.1002/1522-2632(200011)85:5/63.3.CO;2-3).

Orsini, L., Sarno, D., Procaccini, G., Poletti, R., Dahlmann, J., Montresor, M., 2002, Toxic *Pseudo-nitzschia multistriata* (Bacillariophyceae) from the Gulf of Naples: morphology, toxin analysis and phylogenetic relationships with other *Pseudo-nitzschia* species, *European Journal of Phycology*, 37, 247. <https://doi.org/10.1017/S0967026202003608>.

Öktem, Y.A., 1997, *İzmit Körfezi'nde mevsimlik fitoplankton değişimi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü.

Öztürk, B., 1999, *Black Sea biological diversity: Turkey*, In: Black Sea Environmental Series, 9, United Nations Publications, New York, 144.

Öztürk A., 2011, *Çanakkale Boğazı'nda (Türkiye) yayılış gösteren bazı Ceramium Roth türlerinin moleküler sistematığı*, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

Parsons, M.L., Preskitt, L.B., 2007, A survey of epiphytic dinoflagellates from the coastal waters of the island of Hawaii, *Harmful Algae*, 6(5), 658-669.

Parsons, M.L., Okolodkov, Y.B., Castillo, J.A.A., 2012, Diversity and morphology of the species of *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyta) of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, SW Gulf of Mexico, *Acta Botanica Mexicana*, 98, 51–72.

O'Grady P.M., Markow T.A., 2009, Phylogenetic taxonomy in *Drosophila*: Problems and prospects, *Fly*, 3:1, 10-14, DOI: 10.4161/fly.3.1.7748.

Pavillard, J., 1916, Recherches sur les peridiniens du Golf de Lion, Inst. Bot. Univ. Montpellier et Stat. Zool. Cette. Trav., ser. mixte, *Mem*, 4, 1e73.

Percopo, I., Ruggiero, M.V., Balzano, S., Gourvil, P., Lundholm, N., Siano, R., Tammilehto, A., Vaultot, D. and Sarno, D., 2016, *Pseudo-nitzschia arctica* sp. nov., a new cold-water cryptic *Pseudo-nitzschia* species within the *P. pseudodelicatissima* complex, *Journal of Phycology*, 52, 184-199. <https://doi.org/10.1111/jpy.12395>.

Pertola, S., 2006, *Diffusive and Ship-mediated Spread of Dinoflagellates in the Baltic Sea with Prorocentrum minimum as a Special Case*, Doktora Tezi, University of Helsinki.

Petranu, A., 1997, Black Sea biological diversity: Romania. In: Black Sea Environmental Series, 4, *United Nations Publications*, New York, 314.

Petrova, V.J., 1957, Dinoflagellate species from the Bulgarian Black Sea coastal waters. In: *Proceedings of IFR*, 1, Varna, 113–124.

Petrova, V.J., 1963, The phytoplankton along the Bulgarian coast of the Black Sea during the 1954–1957 period, In: *Proceedings of IFR*, 3, Varna, 31–60.

Pienaar, R. N., Sakai, H., Horiguchi, T., 2007, Description of a new dinoflagellate with a diatom endosymbiont, *Durinskia capensis* sp. nov. (Peridiniales, Dinophyceae) from South Africa, *Journal of Plant Research*, 120(2), 247–258. <https://doi.org/10.1007/s10265-006-0047-y>.

Pitsyk, G.K., 1950, On quantitative development and horizontal distribution of phytoplankton in western part of the Black Sea. Trudy Azovo-chernomor, Nauchno-issled. Inst. Morskogo Rybnogoho Khozyaystva i Okeanografii 14, 215–245 in Russian.

Pitsyk, G.K., 1979, Systematic composition of phytoplankton. In: Fundamentals of Black Sea biological productivity, *Naukova dumka*, Kiev, 63–70 in Russian.

Pitcher, G.C., Jimenez, A.B., Kudela, R.M., Reguera, B., 2017, Harmful algal blooms in eastern boundary upwelling systems: A GEOHAB Core Research Project, *Oceanography*, 30(1), 22–35, <https://doi.org/10.5670/oceanog.2017.107>.

Pitcher, G.C., Jacinto, G.S., 2019, Ocean deoxygenation links to harmful algal blooms. In: Laffoley, D., Baxter, J.M. (Eds.), *Ocean deoxygenation: Everyone's problem - Causes, Impacts, Consequences and Solutions*. International Union for Conservation Nature, Gland, Switzerland xxii+562pp.

Price, D.C., Bhattacharya, D., 2017, Robust Dinoflagellata phylogeny inferred from public transcriptome databases, *Journal of Phycology*. doi: 10.1111/jpy.12529.

Poletti, R., Milandri, A., Pompei, M., 2003, Algal biotoxins of marine origin: new indications from the European Union, *Veterinary Research Communications*, 27, 173–182.

Quijano-Scheggia, S.I., Olivos-Ortiz, A., Garcia-Mendoza, E., Sa'nchez-Bravo, Y., Sosa-Avalos, R., Salas Marias, N., Lim, H.C., 2020, Phylogenetic relationships of *Pseudo-nitzschia subpacifica* (Bacillariophyceae) from the Mexican Pacific, and its production of domoic acid in culture, *PLoS ONE*, 15(4), e0231902. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231902>.

Rabbani, M.M., Rehman, A.U., Harms, C.E., 1990, *Mass mortality of fishes caused by dinoflagellate bloom in Gwadar Bay, southwestern Pakistan*, In *Toxic Marine Phytoplankton*; Granéli, E., Sundstrom, B., Edler, L., Anderson, D.M., (Eds.) Elsevier: New York, NY, ABD, 209–21.

Rhodes, L., Jiang, W., Knight, B., Adamson, J., Smith, K., Langi, V., Edgar, M., 2013, The genus *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) in New Zealand: analysis of the last decade's monitoring data, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 47, 490–503.

Rhodes, L.L., Smith, K.F., Verma, A., Murray, S., Harwood, D.T., Trnski, T., 2017, The dinoflagellate genera *Gambierdiscus* and *Ostreopsis* from subtropical Raoul Island and North Meyer Island, Kermadec Islands, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 51, 4, 490–504, DOI: 10.1080/00288330.2016.1270337.

Richlen, M.L., Barber, P.H., 2005, A Technique for the Rapid Extraction of Microalgal DNA from Single Live and Preserved Cells, *Molecular Ecology Notes*, 5, 688–691.

- Rijstenbil, J.W., 2005, UV- and salinity induced oxidative effects in the marine diatom *Cylindrotheca closterium* during simulated emersion, *Marine Biology*, 147, 1063–1073.
- Rodríguez, I., Alfonso, A., Alonso, E., Rubiolo, J.A., Roel, M., Vlamis, A., Katikou, P., Jackson, S.A., Menon, M.L., Dobson, A., 2017, The association of bacterial C9-based TTX-like compounds with *Prorocentrum minimum* opens new uncertainties about shellfish seafood safety, *Scientific Reports*, 7, 40880.
- Roncarati, F., Rijstenbil, J.W., Pistocchi, R., 2008, Photosynthetic performance, oxidative damage and antioxidants in *Cylindrotheca closterium* in response to high irradiance, UVB radiation and salinity, *Marine Biology*, 153, 965–973.
- Round, F.E., Crawford, R.M., Mann, D.G., 1990, The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera, *Cambridge University Press*, Cambridge.
- Rowan, R., Powers, A. D., 1991, Molecular genetic identification of symbiotic dinoflagellates (*Zooxanthellae*), *Marine Ecology Progress Series*, 71, 65-73.
- Röder, K., Hantzsche, F.M., Gebühr, C., Miene, C., Helbig, T., Krock, B., Hoppenrath, M., Luckas, B., Gerdt, G., 2012, Effects of salinity, temperature and nutrients on growth, cellular characteristics and yessotoxin production of *Protoceratium reticulatum*, *Harmful Algae*, 15, 59e70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.hal.2011.11.006>.
- Saunders, R.D., Dodge, J.D., 1984, An SEM study and taxonomic revision of some armoured sand-dwelling marine dinoflagellates, *Protistologica*, 20, 271–283.
- Satta, C., Pulina, S., Padedda, B., Penna, A., Sechi, N., Luglie, A., 2010, Water discoloration events caused by the harmful dinoflagellate *Alexandrium taylorii* Balech in a new beach of the Western Mediterranean Sea (Platamona beach, North Sardinia), *Advances in Oceanography and Limnology* 1, 259–269.
- Savun-Hekimoğlu, B., Gazioğlu, C., 2021, Mucilage Problem in the Semi-Enclosed Seas: Recent outburst in the Sea of Marmara. *International Journal of Environment and Geoinformatics (IJEgeo)*, 8(4), 402-413, doi. 10.30897/ijegeo.955739.
- Schiller, J., 1933, Dinoflagellatae (Peridineae) in monographischer Behandlung, 1.Theil. In Dr L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, Vol. 10. *Akademische Verlagsgesellschaft*, Leipzig, 617.
- Schiller, J., 1937, Dinoflagellatae (Peridineae) in monographischer Behandlung, 2.Theil. In Dr L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, Vol. 10. *Akademische Verlagsgesellschaft*, Leipzig, 617.
- Schnepf, E., Elbrächter, M., 1999, Dinophyte chloroplasts and phylogeny - A review, *Grana*, 38, 81-97. 10.1080/713786928.

Scholin, C. A., Herzog, M., Sogin, M. L., Anderson, D. M., 1994, Identification of group- and strain-specific genetic markers for globally distributed *Alexandrium* (Dinophyceae). II. Sequence analysis of a fragment of the LSU rRNA gene, *Journal Phycology*, 30, 999–1011.

Sellner, K.G., Doucette, G.J., Kirkpatrick, G.J., 2003, Harmful algal blooms: Causes, impacts and detection, *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 30 (7), 383–406. <https://doi.org/10.1007/s10295-003-0074-9>.

Senichkina, L.G., 1983, *Phytoplankton of the northwestern Black Sea in winter*, In: Sorokin, Yu.I., Vedernikov, V.I. (Eds.), *Seasonal dynamics of Black Sea phytoplankton*, Nauka, Moscow, pp. 55–65 in Russian.

Seto, D.S., Karp-Boss, L., Wells, M.L., 2019, Effects of increasing temperature and acidification on the growth and competitive success of *Alexandrium catenella* from the Gulf of Maine, *Harmful Algae*, 89:101670. 9 pp.

Shah, M.M.R., An, S.J., Lee, J.B., 2013, Presence of benthic dinoflagellates around coastal waters of Jeju Island including newly recorded species, *Journal of Ecology and Environment*, The Ecological Society of Korea. doi: 10.5141/ecoenv.2013.347.

Shyam R., Sarma Y.S.R.K., 1975, *Woloszynskia stoschii* and *Gymnodinium indicum*, two new freshwater dinoflagellates from India: morphology, reproduction and cytology, *Plant Systematics and Evolution*, 124, 205–212.

Skolka, V.H., Bodeanu, N., 1963, Study of phytoplankton in near Bosphorus Black Sea area, *Rev. Biol.*, 8 (1), 89–104.

Skolka, V.H., Roban, A., 1989, La repartition et la dynamique du phytoplancton sur la plateforme continentale roumaine au cours des années 1980–1981, *Cercetari Marine* 22, 147–171.

Skov, J., Lundholm, N., Moestrup, Ø., Larsen, J., 1999, Potentially toxic phytoplankton. 4. The diatom genus *Pseudo-nitzschia* (Diatomophyceae /Bacillariophyceae), ICES Identification Leaflets for Phytoplankton, 185, 1–23.

- Smith, G.B., 1975, Phytoplankton blooms and reef kills in the mid-eastern Gulf of Mexico, *Fla. Mar. Res. Publ.*, 8, 8.
- Smith, V.H., G.D. Tilman and J.C. Nekola. 1999, Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems, *Environmental Pollution* 100, 179–196. [https://doi.org/10.1016/s0269-7491\(99\)00091-3](https://doi.org/10.1016/s0269-7491(99)00091-3).
- Sorhannus, U., Gasse, F., Perasso, R. ve Tourancheau, A.B., 1995, A Preliminary Phylogeny of Diatoms based on 28S Ribosomal RNA Sequence Data, *Phycologia*, 34(1), 65-73.
- Sournia, A., 1995, Red Tide and toxic marine phytoplankton of the world ocean: an inquiry into biodiversity, Harmful marine Algal Blooms (P.Lassus, G.Arzul, E.Erard, P.Gentien, C.Marcaillou, eds.), Technique et Documentation, lavosier, Intercept Ltd. 103-112.
- Staats, N., Stal, L.J., Mur, L.R., 2000, Exopolysaccharide production by the epipellic diatom *Cylindrotheca closterium*: effects of nutrient conditions, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 249, 13–27.
- Stachowitsch, M., Fanuko, N., Richter, M., 1990, Mucus aggregates in the Adriatic Sea: an overview of stages and occurrences, *Marine Ecology*, 11, 327–350.
- Steidinger, K.A., Tangen, K., 1997, *Dinoflagellates*. In: Tomas C.R. (ed.), Identifying Marine Phytoplankton, Chapter 3, Academic Press, A division of Harcourt Brace & Company, San Diego, ABD, 387-584.
- Stock, W., Vanellander, B., Rüdiger, F., Sabbe, K., Vyverman, W., Karsten, U., 2019, Thermal niche differentiation in the benthic diatom *Cylindrotheca closterium* (Bacillariophyceae) complex, *Frontiers in Microbiology*, 10, 1395.
- Stoecker, D.K., Li, A., Coats, D.W., Gustafson, D.E., Nannen, M.K., 1997, Mixotrophy in the dinoflagellate *Prorocentrum minimum*, *Marine Ecology Progress Series*, 152, 1–12.
- Takahashi, K., Sarai, C., Iwataki, M., 2014, Morphology of two marine woloszynskioid dinoflagellates, *Biecheleria brevisulcata* sp. nov. and *Biecheleriopsis adriatica* (Suessiaceae, Dinophyceae), from Japanese coasts, *Phycologia*, 53, 52–65.10.1093/molbev/mst197.

Tamura, M., Shimada, S., Horiguchi, T., 2005, *Galeidiniium rugatum* gen. et sp. nov. (Dinophyceae), a new coccoid dinoflagellate with a diatom endosymbiont, *Journal of Phycology*, 41, 658–71.

Tamura, K., Stecher, G., Kumar, S., 2021, MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11, *Molecular Biology and Evolution*, 38(7), 3022–3027. <https://doi.org/10.1093/molbev/msab120>.

Tangen, K., 1980, Brown water in the Oslofjord, Norway, in September, caused by the toxic *Prorocentrum minimum* and other dinoflagellates, *Blyttia*, 38, 145–158.

Tarazona-Janampa, U.I., Cembella, A.D., Pelayo-Zarate, M.C., Pajares, S., Marquez-Valdelamar, L.M., Okolodkov, Y.B., Tebben, J., Krock, B., Duran-Riveroll, L.M., 2020, Associated Bacteria and Their Effects on Growth and Toxigenicity of the Dinoflagellate *Prorocentrum lima* Species Complex From Epibenthic Substrates Along Mexican Coasts. *Frontiers of Marine Science*, 7, <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00569>.

Taşdemir, Y., 2002, Marmara Denizi: Kirleticiler ve Çevre Açısından Alınabilecek Tedbirler, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik -Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7(1), 39-45.

Taş S., 2015, A prolonged red tide of *Heterocapsa triquetra* (Ehrenberg) F. Stein (Dinophyceae) and phytoplankton succession in a eutrophic estuary in Turkey. *Mediterranean Marine Science*, 16, 621–627.

Tas, S., 2019, Microalgal blooms in a eutrophic estuary (Golden Horn, Sea of Marmara) following a remediation effort, *Botanica Marina*, 62 (6), 537-547. <https://doi.org/10.1515/bot-2019-0035>

Tas, S., Lundholm, N., 2015, Temporal and spatial variability in *Pseudo-nitzschia* spp. in a eutrophic estuary of the Marmara Sea, *9th Central European Diatom Meeting*, Bremerhaven, Almanya.

Tas, S., Ergül, H., Balkıs, N., 2016, *Harmful Algal Blooms (HABs) and Mucilage Formations in the Sea of Marmara*. In *The Sea of Marmara: Marine biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance*; Özsoy, E., Cağatay, M., Balkis, N., Öztürk, B., (Eds.) Turkish Marine Research Foundation: Istanbul, Türkiye, 768–786.

- Taş S., Lundholm N., 2016, Temporal and spatial variability of the potentially toxic *Pseudo-nitzschia* spp. in a eutrophic estuary (Sea of Marmara). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 97, 1483–1494.
- Tas, S., Okus, E., 2003, The effects of pollution on the distribution of phytoplankton in the surface water of the Golden Horn, *Turkish Journal of Marine Sciences*, 9, 163–176.
- Taş, S., Yılmaz, I.N., 2015, Potentially harmful microalgae and algal blooms in a eutrophic estuary in the Sea of Marmara (Turkey). *Mediterranean Marine Science*, 16, 432–443.
- Tas, S., Yılmaz, I.N., Okus, E., 2009, Phytoplankton as an indicator of improving water quality in the Golden Horn Estuary, *Estuaries and Coasts*, 32, 1205–1224. <http://dx.doi.org/10.1007/s12237-009-9207-3>.
- Tas, S., Kus, D., Yılmaz, I.N., 2020, Temporal variations in phytoplankton composition in the northeastern Sea of Marmara: potentially toxic species and mucilage event. *Mediterranean Marine Science*, 21(3), 668–683. <https://doi.org/10.12681/mms.22562>.
- Taylor, F.J.R., 1987, The Biology of Dinoflagellates, *Blackwell Scientific Publications*, London, 798 p.
- ten Lohuis, M.R., Miller, D.J., 1998, Genetic transformation of dinoflagellates *Amphidinium* and *Symbiodinium*, expression of GUS in microalgae using heterologous promoter constructs. *Plant Journal*, 13, 427–435.
- Terenko, L.M., 2005, Dinoflagellates of the northwestern Black Sea, in Russian, p. 23.
- Terenko, L.M., 2007, Species composition and distribution of Dinophyta in the Black Sea, *Algologia*, 17 (1), 53–70. in Russian <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/68062>.
- Terenko, L.M., Terenko, G.V., 2000, Species diversity of the plankton phytocenosis in the Odessa Bay of the Black Sea, *Ecologia Moria*, 52, 56–59 in Russian.
- Tester, P.A., Litaker, R.W., Berdalet, E. 2020, Climate change and harmful benthic microalgae, *Harmful Algae*, 91, 101655.
- Thomas, L.C., Nandan, S.B., Padmakumar, K.B., 2020, First report on an unusual bloom of the potentially toxic epibenthic dinoflagellate *Prorocentrum rhathymum* from Bangaram Lagoon of the Lakshadweep archipelago: Arabian Sea, *Regional Studies in Marine Science*, 101549.
- Thompson, R., 1951, A new genus and new records of freshwater Pyrrophyta in the Desmokiaceae and Dinophyceae, *Lloydia*, 13(4), 277–299.

- Thurber, R., Sweetman, A.K., Narayanaswamy, B.E., Jones, D.O.B, Ingels, J., Hansman, R.L., 2014, Ecosystem function and services provided by the deep sea. *Biogeosciences*, 11, 3941-3963.
- Tindall, D.R., Dickey, R.W., Carlson, R. D., Morey-Gaines, G., 1984, Ciguatoxicogenic dinoflagellates from the Caribbean Sea, *Seafood Toxins*, 225-240. Doi:10.1021/bk-1984-0262.ch021
- Tomas, R., Cox, E.R., 1973, Observations on the symbiosis of *Peridinium balticum* and its intracellular alga I: ultrastructure, *Journal of Phycology*, 9, 304–323.
- Tomas, R.N., Cox, E.R., Steidinger, K.A., 1973, *Peridinium balticum* (Levander) Lemermann, an unusual dinoflagellate with a mesocaryotic and an eukaryotic nucleus, *Journal of Phycology*, 9, 91–98.
- Török, L., 2009, The analysis of the information on algae and revised checklist from Danube Delta Biosphere Reserve, *Scientific Annals of the Danube Delta Institute*, 15, 47-66.
- Trainer, V.L., Bates, S.S., Lundholm, N., Thessen, A.E., Cochlan, W.P., Adams, N.G., Trick, C.G., 2012, *Pseudo-nitzschia* physiological ecology, phylogeny, toxicity, monitoring and impacts on ecosystem health, *Harmful Algae*, 14, 271-300, <https://doi.org/10.1016/j.hal.2011.10.025>.
- Trobajo, R., Cox, E.J., Quintana, X.D., 2004, The effects of some environmental variables on the morphology of *Nitzschia frustulum* (Bacillariophyta), in relation its use as a bioindicator, *Nova Hedwigia*, 79, 433–445.
- Trobajo, R., Rovira, L., Mann, D.G., Cox, E.J., 2011, Effects of salinity on growth and on valve morphology of five estuarine diatoms, *Phycological Research*, 59, 83–90.
- Türk Dermastia, T., Dall'Ara, T., Dolenc, J., Mozetič, P., 2022, Toxicity of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae): Insights from toxicity tests and genetic screening in the Northern Adriatic Sea, *Toxins*, 14, 60.
- Türkoglu, M., 2016, First harmful algal bloom record of tytoplanktonic dinoflagellate *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) F.Stein, 1878 in the Dardanelles (Turkish Straits System, Turkey), *Journal of Coastal Life Medicine*, (JCLM), 4(10), 765–774.
- Tüfekçi, V., Balkıs, N., Polat Beken, C., Ediger, D. ve Mantikci, M., 2010, Phytoplankton composition and environmental conditions of a mucilage event in the Sea of Marmara. *Turkish Journal of Biology*, 34, 199-210.
- Tüfekçi, V., Okuş, E., 1998, Distribution of Phytoplankton in the Marmara Sea, Turkey. *SECOTOX*, International Conference on Ecotoxicology and Environmental Safety, 19-21 Ekim, Antalya, Türkiye.
- Türkoğlu, M., Koray, T., 2002, Phytoplankton species succession and nutrients in the southern Black Sea (Bay of Sinop), *Turkish Journal of Botany*, 26 (4), 235–252. <http://journals.tubitak.gov.tr/botany/issues/bot-02-26-4/bot-26-4-5-0103-6.pdf>.

Türkoğlu, M., Erdoğan, Y., 2010, Diurnal variations of summer phytoplankton and interactions with some physicochemical characteristics under eutrophication of surface water in the Dardanelles (Çanakkale Strait, Turkey), *Turkish Journal of Biology*, 34 (2), 211-225.

Tyler, M.A., Seliger, H.H., 1978, Annual subsurface transport of a red tide dinoflagellate to its bloom area water circulation patterns and organisms distributions in the Chesapeake Bay, *Limnology and Oceanography*, 23, 227e246.

Underwood, G.J.C., Provot, L., 2000, Determining the environmental preferences of four epipelagic diatom taxa: growth across a range of salinities, nitrate and ammonium conditions, *European Journal of Phycology*, 35, 173–182.

Uysal, Z., 1987, *Fate and distribution of plankton around the Bosphorus*. Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Türkiye.

Uysal, Z., 1996, A Net-Plankton Study in the Bosphorus Junction of the Sea of Marmara, *Turkish Journal of Botany*, 20, 321-327.

Ünlü, M.Y., Topçuoğlu, S., Anıl, Y.D., 1972, Fitoplankton Kültürlerinin Boğaz, Haliç, Küçük Çekmece, Marmara ve Karadeniz Sularının Kirlenme Olayında İndikatör Olarak Kullanılması, *Hidrobiologi*, Sayı:5.

Ünlüata, U., Oğuz, T., Latif, M.A., Özsoy, E., 1990, On the Physical Oceanography of the Turkish Straits, In: *The Physical Oceanography of Sea Straits*. (ed. L.J. Pratt), 25-60. Kluwer, Dordrecht, Hollanda.

Velikova, V., 1998, *Long-term study of red tides in the Western part of the Black Sea and their ecological modeling*, In: Reguera, B., Blanco, J., Fernandez, M.L., Wyatt, T (Eds.), Harmful algae, Proceedings of the VIII International Conference. Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. Santiago de Compostela.

Velikova, V., Cociasu, A., Popa, L., Boicenco, L., Petrova, D., 2005, Phytoplankton community and hydrochemical characteristics of the West-ern Black Sea, *Water Science and Technology* 51 (11), 9–18. doi: 10. 2166/wst.2005.0385.

Velikova, V., Moncheva, S., Petrova, D., 1999, Phytoplankton dynamics and red tides (1987–1997) in the Bulgarian Black Sea. *Water Science and Technology*, 39 (8), 27–36. doi: 10.2166/wst.1999.0378.

Villac, M.C., Fryxell, G.A., 1998, *Pseudo-nitzschia pungens* var. *cingulata* var. nov. (Bacillariophyceae) based on field and culture observations. *Phycologia*, 37, 269–274.

Vlamiş, A., Katikou, P., Rodriguez, I., Rey, V., Alfonso, A., Papazachariou, A., Zacharaki, T., Botana, A., Botana, L., Vlamiş, A., 2015, First Detection of Tetrodotoxin in Greek Shellfish by UPLC-MS/MS Potentially Linked to the Presence of the Dinoflagellate *Prorocentrum minimum*, *Toxins*, 7, 1779–1807.

von Quillfeldt, C.H., AmbroseWG, Jr., Clough. L.M., 2003, High number of diatom species in first-year ice from the Chukchi Sea, *Polar Biology*, 26, 806–818.

- Yılmaz, I. N., 2014, Collapse of zooplankton stocks during "Liriope tetraphylla" (Hydromedusa) blooms and dense mucilaginous aggregations in a thermohaline stratified basin, *Marine Ecology*, doi:10.1111/maec.12166.
- Yoo, Y., Yoon, E., Lee, K. H., Kang, N., Jeong, H. J., 2018, Growth and ingestion rates of heterotrophic dinoflagellates and a ciliate on the mixotrophic dinoflagellate *Biecheleria cincta*, *ALGAE*, 28, 343-354.
- Yoshimatsu, S., Toriumi, S., Dodge, J., 2000, Light and scanning microscopy of two benthic species of *Amphidiniopsis* (Dinophyceae), *Amphidiniopsis hexagona* sp. nov. and *Amphidiniopsis swedmarkii* from Japan, *Phycological Research*, 48, 107–113.
- Yoshimatsu, S., Toriumi, S., Dodge, J., 2004, Morphology and taxonomy of five marine sand-dwelling *Thecadinium* species (Dinophyceae) from Japan, including four new species: *Thecadinium arenarium* sp. nov., *Thecadinium ovatum* sp. nov., *Thecadinium striatum* sp. nov. and *Thecadinium yashimaense* sp. nov., *Phycological Research*, 52, 211–223.
- Yurga, L., 2022, Distribution of phytoplanktonic species in the sea snout in 2021 in the Marmara Sea, *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39(3), 235-242.
- Yüksek, A., 2016, *Biodiversity of the Sea of Marmara and the Affecting Factors*, In: The Sea of Marmara; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance ,Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkıs, N., Balkıs, N., Öztürk, B., (eds.) Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Publication No: 42, pp. 570-580.
- Zhang, H., Li, Y., Cen, J.Y., Wang, H.L., Cui, L., Dong, Y.L., Lu, S.H., 2015, Morphotypes of *Prorocentrum lima* (Dinophyceae) from Hainan Island, South China Sea: morphological and molecular characterization, *Phycologia*, 54 (5), 503-516, <https://doi.org/10.2216/15-8.1>.
- Zimmermann, L.A., 2006, Environmental regulation of toxin production, comparison of hemolytic activity of *Amphidinium carterae* and *Amphidinium klebsii*, University of North Carolina, Wilmington, 55 (MSc thesis).
- Zou, J., Li, Q., Liu, H., Liu Y., Huang L., Wu H., Qiu J., Zhang H., Lü S., 2021, Taxonomy and toxin profile of harmful benthic *Prorocentrum* (Dinophyceae) species from the Xisha Islands, South China Sea. *Journal of Oceanology and Limnology*, 40, 1171–1190, <https://doi.org/10.1007/s00343-021-1045-6>.
- Wells, M.L., V.L. Trainer, T.J. Smayda, B.S.O. Karlson, C.G. Trick, R.M. Kudela, A. Ishikawa, S. Bernard, A. Wulff, D.M. Anderson and W.P. Cochlan., 2015, Harmful algal blooms and climate change: Learning from the past and present to forecast the future, *Harmful Algae*, 49, 68–93. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2015.07.009>.
- Wikfors, G. A., 2005, review and new analysis of trophic interactions between *Prorocentrum minimum* and clams, scallops, and oysters, *Harmful Algae*, 4, 585–592.

Withers, N.W., Cox, E.R., Tomas, R., Haxo, F.T., 1977, Pigments of the dinoflagellate *Peridinium balticum* and its photosynthetic endosymbiont, *Journal of Phycology*, 13, 354–358.

Wolfstein, K., Stal, L.J., 2002, Production of extracellular polymeric substances (EPS) by benthic diatoms: effect of irradiance and temperature, *Marine Ecology Progress Series*, 236, 13–22.

Wolfstein, K., de Brouwer, J.F.C., Stal, L.J., 2002, Biochemical partitioning of photosynthetically fixed carbon by benthic diatoms during short-term incubations at different irradiances, *Marine Ecology Progress Series*, 245, 21–31.

Woloszynska, J., 1917, Neue Peridineen-arten nebst Bemerkungen u“ber den Bau der Hu“lle bei Gymno- und Glenodinium, *Bulletin International de l’Acade’mie des Sciences de Cracovie. Classe des Sciences Mathe’matiques et Naturelles, Se’rie B, Sciences Naturelles*, 114–122.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Rabia Sezgin
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:
E-Posta Adresi	
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Bursa Uludağ Üniversitesi
Fakülte	Fen-Edebiyat Fakültesi
Bölümü	Biyoloji
Mezuniyet Yılı	03.07.2019

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri
Anabilim Dalı	Biyoloji
Programı	Hidrobiyoloji