



Hilal Bulut

Fırat University, hilalhaykir@gmail.com, Elazığ-Turkey

DOI	http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2020.15.2.5A0134
ORCID ID	0000-0002-0332-8613
CORRESPONDING AUTHOR	Hilal Bulut

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE BİYOJEOKİMYASAL ETMENLERİN ZOOPLANKTON ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZ

Bu çalışmada iklim değişikliği ve biyojeokimyasal etmenlerin zooplankton üzerine olan etkisi ele alınmıştır. Bu kapsamda biyojeokimya, biyojeokimyasal döngüler, iklim değişikliği, iklim değişikliği ve biyojeokimyasal döngü açısından deniz zooplanktonu incelenmiştir. Fosil kaynakların yakılması, betonlaşmanın artması, ormansızlaşma, arazinin farklı kullanımı ve sanayi süreçleri ve daha birçok insan kaynaklı faaliyetler, karbondioksit (CO₂) miktarlarının atmosfere salınımını artırmış dolayısıyla sıcaklık artışının zeminini oluşturmuştur. Bilimsel kanıtlar küresel ortalama sıcaklığın yükseldiğini ve yağış şekillerinin değiştiğini göstermektedir. Okyanuslar, denizler ve iç sular, iklim değişikliğinden önemli derecede etkilenecek ekosistemlerin başında gelmektedir. Dolayısıyla böylesi bir durumda ortaya çıkacak olan sonuçlar deniz zooplanktonu üzerinde de ciddi etkiye sahip olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Zooplankton, Biyojeokimya, İklim Değişikliği, Biyojeokimyasal Etmenler, Balık

THE EFFECT OF CLIMATE CHANGE AND BIOGEOCHEMICAL FACTORS ON ZOOPLANKTON

ABSTRACT

In this study, the effects of climate change and biogeochemical factors on zooplankton are discussed. In this context, marine zooplankton has been investigated in terms of biogeochemistry, biogeochemical cycles, climate change, climate change and biogeochemical cycle. Combustion of fossil resources, increased concretization, deforestation, different uses of land and industrial processes, and many other human activities have increased the release of carbon dioxide (CO₂) amounts into the atmosphere, thus forming the basis for temperature rise. Scientific evidence shows that global average temperature rises and rain patterns change. Oceans, seas and inland waters are the leading ecosystems that will be significantly affected by climate change. Therefore, the results that will arise in such a case will have a serious impact on marine zooplankton.

Keywords: Zooplankton, biogeochemistry, Climate Change, Biogeochemical Factors, Fish

How to Cite:

Bulut, H., (2020). İklim Değişikliği ve Biyojeokimyasal Etmenlerin Zooplankton Üzerine Etkisi, Ecological Life Sciences (NWSAELS), 15(2):72-84, DOI: 10.12739/NWSA.2020.15.2.5A0134.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünyamız hiç olmadığı kadar hızlı bir dönüşüme tanıklık etmektedir. 19. Yüzyıldan itibaren yaşanan endüstriyel gelişmeler insan-doğa dengesinin de bozulmasına yol açmıştır. İnsan nüfusunun artışı, sanayileşme, iklim değişikliği, kaynakların hoyratça kullanımı; bazı türlerin yok olmasına, bazı türlerin yok olma tehlikesi yaşamasına, bazı türlerin de orantısız olarak çoğalmasına yol açmıştır. Örneğin asit oranının gittikçe artması okyanuslarda bazı planktonların yaşayamamasına bazılarının ise evrim geçirerek farklılaşmasına neden olmaktadır.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Su ürünleri ilk insandan beri insanoğlunun temel ihtiyaç maddesi olmuştur. İnsan-doğa dengesinin bir parçası olan su ürünlerini dünyadaki gelişmeler etkilemiş ve etkilemeye de devam etmektedir. Sıcaklık artışı son yıllarda iklim değişikliği ile ortaya çıkan doğa olaylarının farklılaşmasına ve nihayetinde dünyanın genel durumu ile birlikte okyanus varlıklarını da etkilemeye başlamıştır. Çünkü iklim, denizlerde çevresel düzeyde önemli bir etkiye sahiptir. Bu yüzden herhangi bir değişim, ister küresel düzeyde ister bölgesel düzeyde olsun deniz ekosistemini hem yapısal hem fonksiyonel olarak az veya çok değiştirebilmektedir. Bu amaçtan yola çıkılarak iklim ve biyojeokimyasal etmenlerin zooplankton üzerine etkisini araştırmak maksadıyla bu çalışma derlenmiştir.

3. BİYOJEOKİMYA NEDİR? (WHAT IS BIOJEOCHEMISTRY?)

Biojeokimya terimi yüzyıllar öncesinden bilinmesine rağmen ilk defa Vemadsky tarafından tanımlanmıştır [1]. Bu terim, bütün jeokimyasal tepkimelerin herhangi bir biçimde bütün canlı yaşam tarafından etkilendiğini belirtmek üzere kullanılmıştır [2]. Okyanus biyojeokimyası, okyanusun içinde, ayrıca okyanus ile etkileşim halinde bulunan ortamlarda (atmosfer ve toprak gibi) çeşitli canlı ve cansız varlıklar arasında kimyasal elementlerin ve bileşiklerin değişimini ve dağılımını ele alan okyanus bilimlerinin bir dalıdır.

4. BİYOJEOKİMYASAL DÖNGÜLER VE ESASLARI (BIOGEOCHEMICAL CYCLES AND THEIR PRINCIPLES)

Biojeokimyasal döngü kimyasal elemanların fiziksel çevre ve organizmalar arasındaki döngüsüdür. Atmosferin, yerkabuğunun, okyanusların ve canlıların bulunduğu yeryüzünün bir bölümündeki kimyasal elementlerin hareketi olarak da nitelendirilmiştir [3]. Canlı ve Cansız çevre arasında sürekli bir madde alışverişi vardır. Ekosistem içindeki bu dolaşım "Ekolojik Döngü" olarak bilinir ve güneş enerjisi sayesinde gerçekleşir. Dolaşım süresince maddelerin bazıları sadece fiziksel değişimlere uğrar. Bu döngülerin bazılarında ise biyolojik, kimyasal ve jeolojik etmenler olduğundan "Biojeokimyasal Döngüler" terimi kullanılır. Canlıların kendileri için gerekli maddeleri ortamdaki alıp, bunları çeşitli şekillerde yine ortama verme sürecinde, biyolojik, jeolojik ve kimyasal olayların etkisinde olarak canlı ve ortam arasındaki madde hareketine biyojeokimyasal döngü adı verilir. Termodinamik kanunları gereği maddenin ortamdaki kaybolmaması ancak yer değiştirmesi ilkeleri içinde döngülerin ekosfer ve biyosfer kaynaklı oluşuna göre tüm maddelerin döngüsü mevcuttur. Biojeokimyasal Döngünün temel iki tipi vardır. Dolaşımın kaynağını atmosferden alan gaz halindeki döngüler ve kaynağı litosfer olan sediment özellikli döngüler. Biojeokimyasal döngü yerküre ve organizmalar arasında sürekli hareket eden elementlerin ve bileşenlerin taşınımını içerisine alır. Ayrıca bu döngü elementlerin ve bileşenlerin 4 ana sistem arasındaki hareketini de içerir.

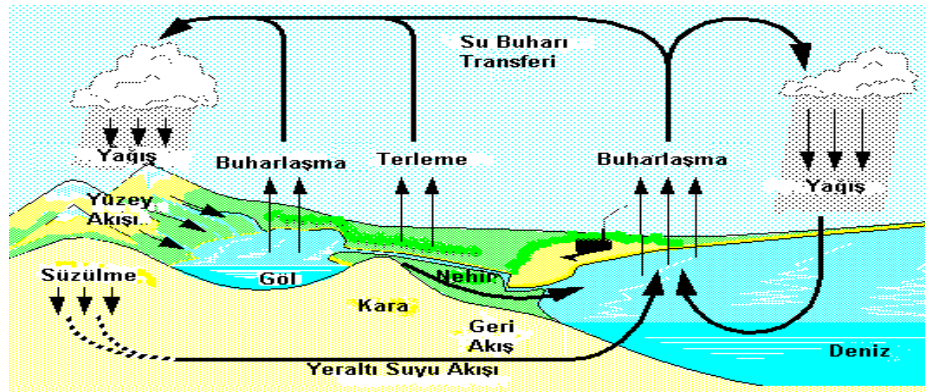
Bunlar;

- Litosfer (Taş Küre)
- Biyosfer (Canlılar Küresi)
- Atmosfer (Hava Küre) ve
- Hidrosfer (Su Küre)'dir.

Elementler bu dört küreye; fiziksel süreçler (okyanuslara karbondioksit atmosferden emilir), biyolojik süreçler (bitkiler fotosentez için havadaki karbondioksiti kullanır) ve insan aktiviteleri (fosil yakıtlar yakılarak yerden atmosfere karbon taşınır) yoluyla taşınırlar. Karbon, nitrojen, fosfor, silisyum, demir ve iz metaller deniz yaşamı için hayati öneme sahiptir. Biyojeokimyasal döngüye örnek; oksijeni ve hidrojeni, diğer kimyasallarla birlikte, rezervuardan rezervuara, özellikle dünya yüzeyinin yakınına hareket ettiren hidrolojik (su) döngüsüdür [3].

4.1. Su Döngüsü (Water Cycle)

Yeryüzündeki çeşitli su ortamlarında, farklı mekanizmalar ile buharlaşan su, atmosferde yoğunlaşarak tekrar yeryüzüne döner. Suyun hal değiştirerek yaptığı bu devamlı dolaşıma "su döngüsü" veya "hidrolojik döngü" denir. Okyanuslar, denizler, karalar, bitkiler ve hava arasındaki su alışverişi yeryüzünde yaşamın var olmasını sağlayan koşulları sürekli kılar. Yeryüzünden buharlaşan su yükselir, atmosferdeki miktarı yeterli düzeye eriştiği ve soğuduğu zaman yoğunlaşarak önce bulut oluşur, sonra sıvı (yağmur) veya katı (kar, dolu, vb.) olarak yeryüzüne döner. Eğer yağış; okyanus veya karların üzerindeki su kütleleri üzerinde olursa, buralara ulaşan su döngü için hazırdır. Yağış karlar üzerinde ise yine yağış suyunun büyük bir kısmı karmaşık bir yoldan geçerek okyanuslara döner ve su döngüsünün ilk ayağını oluşturur [4].

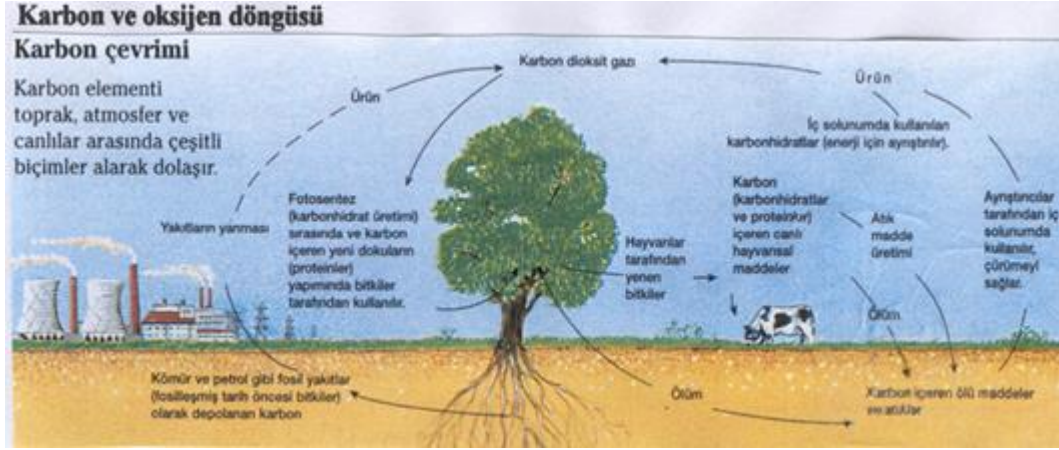


Şekil 1. Su Döngüsü (URL-1)
(Figure 1. The Hydrologic Cycle (Water Cycle))

4.2. Karbon Döngüsü (The Carbon Cycle)

Diğer tüm maddelerden çok farklı özellik gösteren, canlı maddenin esas elementidir. Karbon yeryüzünde kaynak olarak tüm biyosfer katmanlarını kullanır. Yani litosfer, hidrosfer, atmosfer ve biyosfer olmak üzere 4 büyük kaynağı vardır. Atmosferde karbondioksit halinde iken, litosferde kömür, doğal gaz, petrol ve kireç taşı olarak, hidrosferde karbondioksit ve bikarbonat olarak ve en son biyosfer de tüm organik maddelerin temel maddesi olarak bulunur. Karbon döngüsünün temelinde solunum, yakma ve fotosentez olayları yer almaktadır. Canlılar özellikle fotosentez işleminde kullanılan karbondioksit kaynağını solunum ve diğer kaynaklarla sağlaması sonucu, ortama oksijen ve organik madde girdisi olur. Solunum da ise organik

maddeler oksijen eşliğinde parçalanır. İşte bu nedenle doğadaki karbon ve oksijen döngüleri iç içe girmiş durumdadır. Atmosfer ve hidrosferdeki karbondioksit dengesi son zamanlarda insanların çeşitli aktiviteleri ile bozulmaktadır. Atmosferdeki mevcut miktarın artması iklim değişimine sebep olacaktır [5].



Şekil 2. Karbon ve oksijen Döngüsü (URL-1)
(Figure 2. The Carbon and Oxygen Cycle)

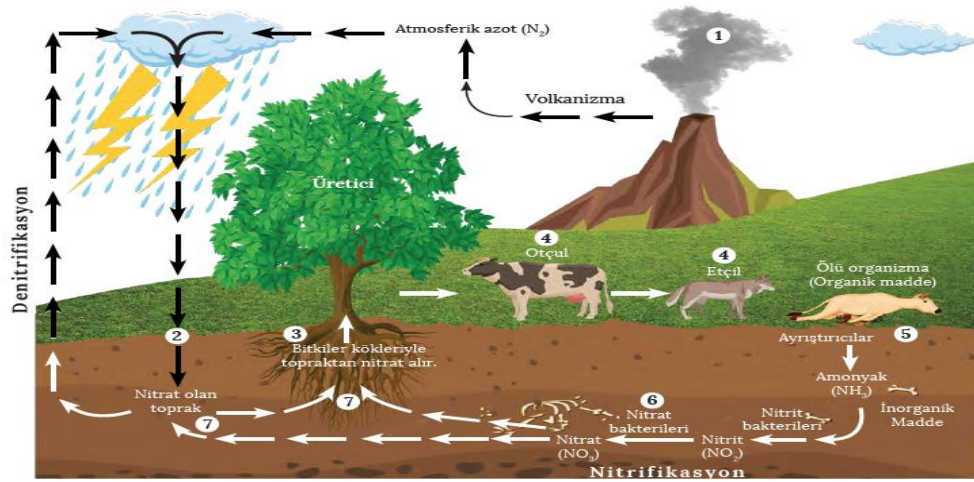
4.3. Oksijen Döngüsü (Oxygen Cycle)

Oksijen canlıların yaşamı için kaçınılmaz bir gazdır. Solunum için gerekli olup ayrıca organik maddelerin oksidasyonun da, kömür, gaz, odun gibi maddelerin yanmasında yoğun ölçüde tüketilir. Atmosferde % 21 oranında, hidrosferde ise çözülmüş olarak ortalama 5 mg/l civarında bulunur. Her iki ortamdaki oksijen kaynağını fotosentez sürecinde çıkan serbest oksijen oluşturur [6].

4.4. Azot Döngüsü (The Nitrogen Cycle)

Azot da karbon ve oksijen gibi canlıların yaşamı için kaçınılmaz elementtir. Canlıların yapı taşını oluşturan aminoasit ve proteinlerin yapısında bulunur; ayrıca nükleik asitlerin, hormonların ve vitaminlerin de yapısına girer. Doğadaki azot kaynağını atmosfer ve canlılar oluşturur. Atmosferde %79 oranında azot gazı (N_2) vardır; ancak bu gazdan bazı mikroorganizmalar yararlanabilir. Bitkiler tarafından kullanılan azot ise nitrat (NO_3) ve amonyum (NH_4) tuzları şeklindeki azottur. Atmosfer ve canlılar arasındaki azotun biyojeokimyasal döngüsü uzun ve karmaşık bir yapıdadır. Bu döngü mikroorganizmalar tarafından sağlanan iki periyotta gelişir; birinci periyotta bitkisel ve hayvansal artıkların ayrıştırıcılar tarafından inorganik bileşiklerine dönüştürülmesi, ikinci periyotta ise ortamda oluşmuş besleyici tuzlardan ototrof bitkilerin proteinleri oluşturmasıdır. Canlılar tarafından kullanılan azotun büyük bölümünü atmosferdeki serbest azotun biyokimyasal olarak tespitinden sonra döngüye girmesi oluşturur. Çeşitli bakteriler, (Azotobacter, Rhizobium) bazı mavi yeşil algler (Anabeana) havanın serbest azotunu inorganik nitratlara dönüştürebilirler. Bunlardan başka havadaki serbest azot yıldırım gibi atmosferik olaylarla fiziksel olarak da nitrate dönüştürülerek döngüye dâhil edilir. Doğada fiziksel ve biyokimyasal olarak tespit edilmiş azotun inorganik nitratlar halindeki tuzları bitkiler tarafından topraktan ya da sudan alınarak organik azota dönüştürülür. Bitkilerle beslenen hayvanlarda da yine organik azot şeklinde bulunur. Ölen bitki ve hayvan artıklarındaki proteinler önce ayrıştırıcılar tarafından aminoasitlere parçalanır. Aminoasit ve diğer organik moleküllerdeki organik azot

mikroorganizmalar tarafından sırasıyla amonyum, nitrit ve nitrate dönüştürülür. Böylelikle azot suda çözünebilir nitrat tuzları olarak yeniden bitkisel organizmalar tarafından kullanılabilir hale dönüşür. Bazı bakterilerin etkisiyle de nitratlar nitrit oksitlere ve azot gazına indirgenerek atmosfere geri verilir. Havadaki azot gazının gerek doğal gerekse yapay yöntemlerle bitkilerin kullanılabilirliği kimyasal bileşiklere dönüştürülmesi büyük önem taşır. Ortamda azot eksikliği demek protein eksikliği demektir. İnsanlar doğadaki azot döngüsünü de etkilemektedirler. Bu etkinin en tipik örneği havadaki azotun yapay gübre yapımı amacıyla tespit edilmesidir. İnsanların azot döngüsündeki diğer bir etkisini sanayide ve araçlarda kullanılan akaryakıttan çıkan nitrit oksitler (NO) oluşturur. Nitrit oksitler büyük şehirlerin atmosferik kirliliğinde önemli etkiye sahip gazlardan biridir [7].

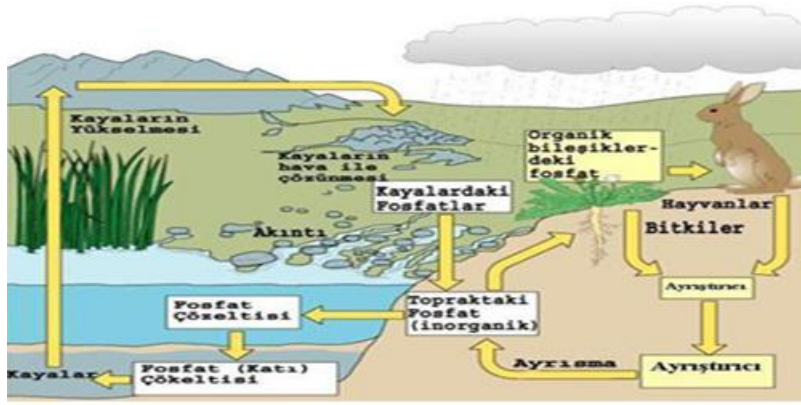


Şekil 3. Azot Döngüsü (URL-1)
Figure 3. Nitrogen Cycle

4.5. Fosfor Döngüsü (Phosphorus Cycle)

Fosfor tüm canlılar için gerekli bir makronütriyenttir. Fosfor, ATP, nükleik asit ve hücre membranında, fosfolipitlerin yapısında bulunur. Fosfor granül olarak prokaryot ve ökaryot hücrelerde depolanabilir. Alg büyümesi için göllerde sınırlı bir nütriyenttir. Atık sularda ortalama toplam fosfor konsantrasyonu 10-20mg/L'dir. Mikroorganizmalar enzim ve yeni hücre oluşumu için fosfora ihtiyaç duyarlar. Ayrıca bazı mikroorganizmalar fosfor depolama özelliğine sahip olup, bu özellik atık sulardan fosfor giderimi için kullanılır [8]. Fosforun doğadaki deposunu yerkabuğundaki fosfatlı kayalar ile sular oluşturur. Fosfor döngüsü azot döngüsünden çok farklıdır. Bu element doğada azota göre daha az bulunur, ayrıca atmosferde bulunmaz. Bu nedenle yerkabuğundan ya da canlılardan itibaren dolaşıma girer. Dolaşımın temelini fosforun karalardan denizlere ve denizlerden de karalara taşınması oluşturur [9]. Karasal ortamdaki fosfatlı kayalardaki fosforun bir bölümü aşınım yoluyla suda çözülmüş hale gelebilir. Bu inorganik fosfat bitkiler tarafından genellikle suda çözülmüş ortofosfat (N₂PO₄) şeklinde alınır ve organik fosfatlara çevrilir. Daha sonra beslenme zinciriyle otçul ve etçil hayvanlara taşınır. Bitki ve hayvanların günlük artıkları ile ölüm sonrası artıkları mikroorganizmalar tarafından inorganik şekle çevrilir. Buda bitkiler tarafından kullanılır. Karalardan aşınım ile denizlere gelen fosfatın bir bölümü bitkiler tarafından kullanılır ve besin zinciriyle de hayvanlara aktarılır. Ancak bu organizmaların ölmesi sonucu fosfatın bir bölümü dibe geçerek birikir. Uzun zaman periyotlarında

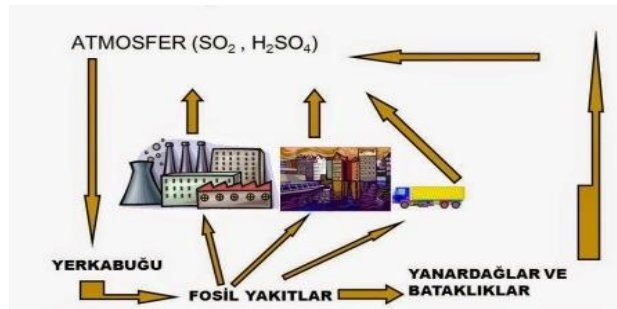
gelişen jeolojik hareketlerle bu fosfatlar tekrar karalara geçer. Buna göre fosforun karalardan denizlere dönüşü hızlı, dağların oluşumuyla denizlerden karalara dönüşü ise çok daha yavaş gelişir. Fosforun denizlerden karalara dönüşü sadece jeolojik hareketlerle olmaz; balıkların insanlar tarafından besin olarak kullanımından ve balıkçıl kuşların dokularıyla da olur [10]. Karasal ve denizel ortamların veriminde fosforun doğrudan etkisi vardır. Bu nedenle ekosistemlerin verimini belirleyen bir faktör olarak kabul edilir. Pasifik okyanusundaki pelajik balıklar üzerinde yapılan gözlemlerde balık boyu ile plankton ve sudaki fosfor miktarı arasında bir ilişkinin bulunduğu saptanmıştır. Diğer bir deyişle, fosforun yoğun olduğu enlemlerde plankton miktarı yüksek, balıklar da daha iri boylu olmaktadır [11].



Şekil 4. Fosfor döngüsü (URL-2)
Figure 4. Phosphorus Cycle

4.6. Kükürt Döngüsü (Sulfur Cycle)

Kükürt de azot ve fosfor gibi canlıların yaşamı için kaçınılmaz bir elementtir. Bazı amino asitlerin yapısına girer ve dolayısıyla birçok proteinin yapısında bulunur. Yeryuvarında bol olarak bulunduğundan genelde sınırlayıcı etkiye sahip değildir. Doğada mevcut kükürdün büyük bölümü litosfer ve hidrosferin çeşitli kaynaklarına bağlı halde, az bir bölümü de atmosferde gaz halinde bulunur. Litosfer ve hidrosferdeki kaynaklara örnek olarak yanardağ ve bataklıklardan çıkan hidrojen sülfür (H_2S) gazı ile kayalardaki demir sülfür (FES) gösterilebilir. Bu bileşikler aşınımın sonucu yüzeye çıkar ve denizlerdeki sedimantasyon sonucu litosfere dönerler. Yeryüzüne çıkan kükürtlü bileşiklerdeki kükürt havanın oksijeniyle reaksiyona girerek kükürt dioksit (SO_2), kükürt trioksit (SO_3) ve sonuçta su buharı ile reaksiyona girerek sülfürik aside (H_2SO_4) dönüşür ve yağmurlarla tekrar toprağa dönerek döngüye girer [10].



Şekil 5. Kükürt Döngüsü (URL-1)
Figure 5. Sulphur Cycle

5. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ (CLIMATE CHANGE)

İklim değişikliği, uzun bir süre (on yıllar ya da daha uzun süren) devam eden iklim ölçümlerinde (sıcaklık ya da yağış gibi) önemli değişiklikler anlamına gelmektedir. Doğal faktörler, iklimin Dünya tarihinin önceki dönemlerinde değişmesine neden olmuştur, fakat insan faaliyetleri şu anda gözlemlenen değişimlerin başlıca nedenidir [12]. İklim; insanı, insanın yaşam koşullarını ve insanla ilgili her şeyi etkileyen bir doğa olayı iken son 3 asırda ise artık insanın da iklimi etkilemeye başladığı bir dönem olmuştur. İnsan faaliyeti karşısında her ne olursa olsun kendini yenileme gücüne sahip olan doğa 18. Yüzyıldan itibaren bu gücünü artık yitirmeye başlamıştır. Sanayi devrimi ile birlikte üretim biçimlerinin değişmesi, nüfusun artması, kentleşme, ormansızlaşma ve fosil yakıtlar insan-doğa dengesini kökten sarsmıştır. Bu sebeplerden ötürü insanın atmosfere saldıdığı başlıca sera gazlarından karbondioksit, metan, azot ve diğer gazlar uzun yıllar etkisini devam ettirmekte dolayısıyla dünya ısısının da artmasına neden olmaktadır [12]. Elbette bu değişimden en fazla payını alan da deniz ekosistemi olmuştur. Küresel ısınma atmosferde artan sera gazlarının potansiyel etkilerinden sadece birini ifade eden bir terimdir. Diğer bir deyişle, şu anki küresel ısınmada yapay iklim değişiminin en belirgin semptomlarından biri ısınmadır [13].

6. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE BİYOJEOKİMYASAL DÖNGÜ AÇISINDAN DENİZ ZOOPLANKTONU (CLIMATE CHANGE AND SEA ZOOPLANKTON IN TERMS OF BIOGEOCHEMICAL CYCLE)

İklimimiz değişiyor. Bilimsel kanıtlar küresel ortalama sıcaklığın yükseldiğini ve yağış şekillerinin değiştiğini göstermektedir. Ayrıca buzulların, Kuzey Kutup Bölgesi'ndeki deniz buzlarının ve Grönland buz tabakasının eridiğini de göstermekte. Dünyadaki bazı bölgelerin iklim değişikliği sonucunda ortaya çıkacak ve özellikle tatlı su ile deniz alanlarının önemli derecede etkileneceği belirtilmiştir. Okyanuslar, denizler ve iç sular, iklim değişikliğinden önemli derecede etkilenecek ekosistemlerin başında gelmektedir. Dolayısıyla böylesi bir durumda ortaya çıkacak olan sonuçlar deniz zooplanktonu üzerinde de ciddi etkiye sahip olacaktır. Sürekli fosil yakıt kullanımı sonucunda karbondioksit (CO₂) emisyonları, okyanusta çeşitli çevresel değişiklikler meydana getirecek ve bu durum, deniz ekosistemi ve planktonik organizmalar için doğrudan sonuçlar doğuracaktır. Okyanusta güneş ışınlarının ulaştığı yerlerde yoğun bir şekilde Kokolitoforlar bulunurlar. Gelecekte en olası iklim değişiklikleri sonucunda yüzey ısınması ve okyanus asidifikasyonu olacaktır [14].

Karbon döngüsündeki değişimler ile ilişkili iklim değişikliği, çoğu bölgelerde uzun süreli değişimler epipelajik te zooplanktonun bolluğunu, topluluk yapısını, dağılımını da etkilemektedir. Artan okyanus sıcaklıkları, oksijen azalması, okyanus asitlenmesi, ötrifikasyon ve aşırı balık avlama plankton topluluklarını değiştirip ve bu faktörlerin sinerjik etkileri, gelecek yıllarda zooplanktonun karbon döngüsünde geniş çaplı değişikliğine neden olacağı tahmin edilmektedir. Sıcaklık, zooplankton yoluyla doğrudan doğruya karbon akışının tüm yönlerini direk (beslenme metabolizması, büyüme ve üreme oranları) indirek olarak (yüzey su tabakasını ve vertikal karışımı) etkilediği bilinmektedir. Ölçümlere göre, okyanusların ısınması son on yıllarda okyanus yüzeyinin altındaki alanları etkilemiştir. Okyanusların ısınmasının deniz yaşamı üzerindeki etkisi güçlüdür ve biyoçeşitlilik ise daha büyük bir risk altındadır. Bu durum, en iyi şekilde Kuzeydoğu Atlantik'teki sıcak su planktonunun durumuna bakılarak açıklanabilir. Bazı kopepodlar her on yılda 200-250km mesafe olarak kuzeye doğru hareket eder. Bu küçük kopepodlar, besin

zincirinin en altına yakındır. Kuzeydoğu Atlantik'teki balıklar ve diğer hayvanlar bu kopepodlarla beslenir ve bunların okyanuslardaki dağılım düzeni kopepodların kuzeye göç etmesi sonucunda değişebilir. Bitkiler inorganik maddeleri havadan veya topraktan alırlar. Birincil ürün haline getirilen bu maddeler bitkilerden, otlayan hayvanlar yolu ile besin zincirine veya doğrudan ayrıştırıcıların besin zincirine geçerler. Parçalayıcılar organizmaları parçalayarak beslenme elementlerinin yeniden ekosistemin abiyotik kısmına döndürürler. Deniz zooplanktonu, üreticiler ayrıştırıcılar ve tüketiciler gibi okyanus besin ağında birçok düzeyde görev yaparlar. Protozooplanktondan metazooplanktona kadar elementel döngüde ve dikey akıntılarda önemli rol oynarlar [15].

7. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Fosil kaynakların yakılması, betonlaşmanın artması, ormansızlaşma, arazinin farklı kullanımı ve sanayi süreçleri ve daha birçok insan kaynaklı faaliyetler, görülmemiş derecede karbondioksit (CO₂) miktarlarının atmosfere salınımını artırmış dolayısıyla sıcaklık artışının zeminini oluşturmuştur [16]. Atmosferdeki karbondioksit (CO₂) konsantrasyonları sanayi devrimi öncesi 280ppm civarındayken günümüzde bu rakam yaklaşık 381ppm'ye ulaşmış olup yıllık olarak 2-3ppm oranında artmıştır [17]. Özellikle denizler küresel sıcaklıkların artmasından doğrudan etkilenecektir. Deniz sıcaklıkları yükseldiğinde, su genleşecektir ve muhtemelen deniz seviyesi 1-2m yükselecektir. Eriyen buzul kütleleri buna ek olarak su seviyesini 1-2m daha da arttıracaktır. Fazla karbondioksit (CO₂)'in bir kısmı denizlerde çözünerek karbonik asit, bikarbonat ve karbonat oluşturarak denizlerin asiditesinin artmasına neden olacaktır. Denizlerin asiditesinin artması mercan resiflerinde kalsitleşmenin ve bazı balıklardaki koku alma duyusunu engellemesi gibi [18 ve 19], deniz yaşamını negatif etkileyen sonuçların doğması ile sonlanacağı tahmin edilmektedir. Şimdi bile denizlerdeki su seviyesi, sıcaklığı ve asiditesi yükselmiş ve dağ buzulları ve kar örtüsü gibi karasal su kaynakları azalmış durumdadır [20]. Eğer sıcaklık artmaya devam ederse bu etkilerin sonuçları şiddetlenecektir. Planktonlardaki değişim, bunlardan beslenen balıklardan, balık yiyen kutup ayılarına kadar besin zincirini değiştirecek, bazı türler yok olacaktır. Okyanuslarda giderek artan asitleşmenin önce deniz yaşamı için "olmazsa olmaz" planktonları daha sonra da bu canlıları yiyen hayvanlara kadar besin zincirini etkileyecektir. Karbondioksit (CO₂) ve sera gazlarının neden olduğu kuraklık, sel ve deniz seviyesinin yükselmesi sonucunda küresel olarak insan hayatı da negatif olarak etkilenmeye devam edecektir.

Sanayi devrimi öncesinde pH değeri 8.2 olan okyanusların bu değeri günümüzde 8.1'e düşmüş durumdadır. Ancak yoğun karbondioksitin sebep olduğu asitleşme ve iklim değişikliklerinin de etkisiyle bu oran 2100 yılında 7.8'e düşeceği öngörülmektedir. Araştırmacılar, yaşamları suyun pH seviyesi ile doğrudan bağlantılı olan planktonların ve diğer mikroorganizmaların bu nedenle besin zincirini değiştireceğini ifade etmektedirler [21]. 96 tür 6 fonksiyonel grup altında ve farklı plankton türlerinin asitleşme gibi değişikliklere olan tepkilerini inceleyen bilim insanları, asit artışları sonucu deniz yaşamı için hayati önem taşıyan bazı plankton türlerinin rekabet dolayısıyla artık yaşayamayacağını, bazı türlerin ise olağan dışı büyüyerek doğal değişim döngüsünün dışına çıkacağını belirlemişlerdir. Araştırmada, sudaki değişiklikler sonucu bazı mikro organizmaların kutuplara yönelmeye başlayacağına ve yaşamları bu organizmalara bağlı birçok canlının besin desteğini kaybedebileceğine işaret edilmiştir [22]. Yaşamın devam edebilmesi için gerekli olan karbondioksit (CO₂) endüstrileşme devrinden bu yana %25 artmıştır. Karbondioksit (CO₂)'nin

artması sonucu iklim değişiklikleri yaşanacak, deniz seviyesi yükselecek bu ise tatlı su kaynaklarının tuzlanması ve kıyı bölgelerinin su altında kalmasıyla sonuçlanacaktır. Ayrıca deniz suyunun yükselmesinin yanı sıra suların ısınmasına sebep olacak ve bu sularda yaşayan canlılar hayatta kalabilmek için kendileri için uygun ortamlara göç etmek zorunda kalacaklardır. Atmosferdeki karbondioksit (CO₂)'in iki kat artması neticesinde, atmosferde ve akuatik ortamlarda değişiklikler oluşacaktır. Bunun sonucunda hem dünya ormanlarının büyük bir bölümünde vejetasyon tipinde bozulmalar oluşacak; hem de orman yangınlarındaki artışların neticesinde alansal kayıplar oluşacaktır. Karbondioksit (CO₂)'in var olan sistemlerde dengelenmemesi, yani bütçesindeki dengesizlik, iklim değişikliklerine yol açarak, sıcaklık ortalamasını yükseltecektir (Sera etkisi). Bu durum göllerde ve akarsularda biyolojik üretkenliği arttırırken (geniş ve derin ılıman kuşak, göl ve akarsular) sığ göller ve akarsularda ısınma, oksijensiz koşulları oluşturabilecektir.

Kıyasal sistemlerde, iklim değişikliği ve deniz seviyesindeki bir yükselme ya da şiddetli fırtınaların oluşumu, kıyıda ve kıyı habitatında erozyon ve bunun sonucunda tatlı su rezervlerinde tuzluluk sorunu oluşacak ve körfezlerdeki gel-git genliğinde değişime kıyı alanlarında kimyasal ve mikrobiyolojik kirlenmeye ve kıyı taşkınlarında da bir artışa yol açacaktır. İklim değişiklikleri okyanus dolaşımını, vertikal karışmayı ve dalga özelliklerini değiştirecektir. Bu değişikliklerin sonucunda besin varlığı yapısı ve işlevi ile ısı ve karbon depolama kapasitesi etkilenebilir. Bu değişiklikler kıyı bölgeleri, balıkçılık, turizm, rekreasyon, ulaştırma üzerinde de etkilere sahip olacağı düşünülmektedir [23]. İklim değişikliği, tarım ve gıda güvenliği, insan sağlığı, karasal ekosistemler, biyoçeşitlilik ve kıyı alanları da dahil olmak üzere su kaynaklarını da içeren sosyo-ekonomik ve bununla ilişkili sektörler ile çevre üzerinde de geniş etkilere sahip olacaktır. Yağış modelindeki değişiklikler, ciddi su sıkıntısı ve/veya taşkınlara neden olabilecektir. Buzulların erimesi seller ve toprak erozyonuna neden olacağı tahmin edilmektedir. Yükselen sıcaklıklar, insanı daha fazla risk altına sokan hastalıkların sıtma ve dang humması gibi hastalıkların yayılmasına gıda güvenliği ve değişimini etkileyen ekin büyüme mevsiminde de değişikliğe neden olacaktır. Sıcaklık artışları, pek çok habitat ve tür için yok olma oranlarını ciddi şekilde arttıracaktır (sıcaklık da 2°C artışla %30'a kadar). Özellikle mercan kayalıkları, kıraç ormanları, Akdeniz ve dağ habitatları etkilenecek. Deniz seviyesinin yükselmesi, özellikle küçük ada ülkelerinde kıyı şeridinde fırtına dalgalanması, su baskını ve dalga zararı riski anlamına gelmektedir. Bu aşırı olayların artması, sağlık ve yaşamı etkileyebileceği gibi çevre ve ekonomik etkileri de beraberinde getirecektir [24 ve 25].

Günümüzde iklim bilimcileri, insanlığın artan sera gazı emisyonunun, dünya ikliminde uzun vadeli bir değişime neden olacağını tahmin etmektedirler. Bu gazlar başta karbon dioksit (çoğunlukla fosil yakıt yakma ve orman yangını) ve artı metan gibi (tarımda sulamada, hayvancılık ve yağ ekstraksiyonu), azot oksit ve çeşitli insan yapımı halokarbonlar gibi çeşitli diğer ısı tutucu gazları içerir. Çoğu iklim bilimcisi, bu gazların atmosferin alt tabakalarında birikiminin, dünya ortalama sıcaklığındaki güçlü artış eğilimine katkıda bulunduğundan kuşku duymaktadırlar [26]. İnsan sağlığının, iklim değişikliğine bağlı olarak geniş bir yelpazedeki ekolojik bozulmalardan etkileneceğinin farkına varılması, modern bilimsel bilginin genişliğini ve gelişmişliğini yansıtan yeni bir gelişmedir [26].

Türkiye bugüne kadar insan kaynaklı iklim değişikliği ile ilgili çalışmaları küresel ölçekte incelemiş, bunların ülkemiz coğrafyasına



etkilerinin değerlendirilmesinde ise yetersiz kalmıştır. Hâlbuki iklim değişikliği senaryolarının küresel ölçekten bölgesel ölçeğe, iklim modelleri yoluyla indirgenmesi ve sonuçların incelenmesi; ülkemizin enerji, tarım ve su kaynakları yönetimi gibi alanlardaki gelecekle ilgili planlamalarını yakından ilgilendirmektedir [27].

İklim değişiminin yaşanan en belirgin sonuçları dünyanın giderek ısınması, buzulların erimesi, deniz seviyelerinin yükselmesi, yağış rejimlerinin değişmesi, uç hava olaylarının şiddetinde ve sıklığında önemli artışlar, ve buna bağlı olarak ekolojik yapının değişime uğramasıdır [27]. İklim değişikliğine bağlı olarak yağış rejimlerinde farklılıklar gözlemlenmiş ve bunun sonucunda bir bölge şiddetli sağanak yağış alır iken, başka bir bölge hiç yağış almayıp gayet kurak geçmeye başlamıştır [28]. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin son değerlendirme raporuna göre önümüzdeki yüzyıl içinde Avrupa'da en çok ısınma kuzey bölgelerde gerçekleşecek ve 2030-2050'li yıllarda kuzey kutbundaki buzulların tamamen erimesiyle deniz seviyesinin en fazla 59cm yükselmesi beklenmektedir [27 ve 29].

İklim değişikliğinin sıcaklıklar ve yağışlarda oluşturacağı anormalliklerden dolayı pek çok sektör olumsuz etkilenecektir. Kuraklık bakımından riskli olan ülkemizde su stresi oluşacak ve içme, kullanma ve tarımsal sulama için yeterli miktarda su bulunamayacaktır. 2007 yılında Türkiye'nin buğday rekoltesinde yaşanan düşüş bunun en çarpıcı örneğidir. Kuraklık ve çölleşme, orman yangınları, arazi kullanımının değişmesi ve bunlara bağlı olarak gerçekleşecek zorunlu göçler iklim değişikliğinin olası etkilerindedir. Ayrıca yağışlardaki düzensizliklerin meydana getireceği akarsu rejimlerindeki azalmalar enerji üretiminin önemli bir bölümünü hidrolik santrallerden sağlayan ülkemizi yine olumsuz etkileyecektir. Yağış rejiminin bozulması sonucunda aşırı yağış alan bölgelerde ise seller, su baskınları ve bunların beraberinde getireceği salgın hastalıklar oluşabilecek diğer olumsuz etkilerindedir [30]. Küresel bazda iklim değişikliğinin sektörler üzerine olan etkileri ile ilgili yapılmış olan çalışmalar irdelendiğinde küresel sıcaklık artışına karşılık gelen fayda-zarar grafiklerini çizmek mümkündür. Küresel sıcaklık artışına bağlı olarak tarım, kara ekosistemleri ve ormancılık sektörleri parabolik olarak etkilenmektedirler. Bir başka deyişle, sıcaklık artışı ilk başta bu sektörler için faydalı olacak ancak artış sürdükçe bu sektörler zarar görmeye başlayacaklardır. Deniz ekosistemleri, biyolojik çeşitlilik, kıyı sistemleri ve sağlık sektörleri doğrudan zarar göreceklerdir. Turizm, taşıma, inşaat ve sigortacılık sektörleri için de henüz küresel anlamda gerçekleştirilmiş çalışmalar mevcut değildir [31].

Bütün bu göstergeler dünyamızın yaşadığı iklim değişikliği ve biyokimyasal döngülerde yaşanan bozulmaları göz önüne sermekte ve su canlılarını da ciddi oranda etkilemektedir. Dolayısıyla bu bozulmalar bütün canlıları da doğrudan etkilemektedir. Önümüzdeki on yıllar boyunca, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki milyarlarca insanın, iklim değişikliğinin sonucu olarak su ve yiyecek sıkıntısı yaşayacağı sağlık ve yaşam için daha büyük risklerle karşı karşıya kalacağı tahmin edilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin, iklim değişikliğine uyum sağlamaları için uyumlu küresel eylem gerekmektedir İklim değişikliğinin etkilerinin şu an gerçekleşmekte ve gelecekte daha da kötüye gidecektir [24]. Sıcaklık artışı ve iklim değişiminin etkisi kutuplardan başlayarak küresel anlamda tüm yaşama alanlarında ve burada bulunan türler üzerinde yoğun baskı oluşturmaya başlamıştır ve gelecekte bu baskının şiddeti daha da artacaktır. Şu andaki koşullarda dahi kutup ayıları, foklar ve deniz ayılarının besin sıkıntısı yaşadığı, kutup ayılarının vücut ağırlıklarının %10'unu kaybettiği, buzul alanlarının küçülmesi ve incelmeye bağlı olarak bu canlıların doğal habitatlarında daralma olduğu ifade edilmektedir [32 ve 34].

Yüzey sularındaki ısınma sonucu, Kuzey Denizi ve Kuzey Atlantik'teki fitoplankton biyokütlesinde bir artış ve mevsimsel büyüme süresinde de bir uzama olduğu gözlenmiştir. 1990'larda, zooplanktonların mevsimsel gelişimi, uzun dönem ortalamalarıyla karşılaştırıldığında yaklaşık 4-5 hafta daha erken bir tarihte gerçekleşmiştir. Ayrıca son 30 yılda, zooplankton türlerinin yaklaşık olarak 1000km kadar kuzeye doğru kaydığı ve plankton ekosistemlerinin yeniden organize olduğu saptanmıştır. Mevsimsel olarak plankton üretiminin erken başlaması esas olarak plankton gelişimi ve biyokütle üretimini etkiler. Akıntılarla sürüklenen planktonlar, tüm deniz canlıları besin ağının temelini teşkil eder. Plankton biyokütlesindeki artış ve mevsimsel büyüme süresindeki varyasyonlar balık popülasyonlarında değişikliğe neden olabilir. Bununla birlikte bazı plankton türleri, deniz kabukluları, balıklar, kuşlar, deniz memeliler ve hatta besin zinciri yolu ile insanlar üzerinde toksik etkiye sahip olup, zararlı deniz yosunlarının gelişmesine yol açabilir. İklim değişiminin bir diğer sonucu da Kuzey Denizi'ndeki sıcak deniz canlılarının varlığı ve sayısının son birkaç on yılda artış göstermiş olmasıdır [33].

Ormanlar, sulak alanlar, göl ve deniz çeşitliliği gibi ortamların iklim değişikliğinden kaynaklanan olası zararların önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Alınacak bu tedbirler uygulanacak sürdürülebilir politikalarla ortadan kalkmış olan türlerin ve habitatların tekrardan var olması söz konusu dahi olmasa bile en azından mevcut durumun istikrarı sağlanabilir. Ulusal ve uluslararası anlaşmalar çerçevesinde, ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluk anlayışı ile gerçekçi çözümlerin bulunması, biyolojik kaynakların korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması, sürdürülebilir politikaların hayata geçirilmesi, Kyoto Protokolünün yükümlülüklerin yerine getirilmesi son derece önemlidir. Bütün bunları gerçekleştirebilmek yerküremiz açısından büyük bir kazanım olacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Vernadsky, V.I., (1926). Vernadsky Biosphere. 1-146 pp. (in Russian).
- [2] Schiesinger, V.J, (1992). Biogeochemistry. Geotimes, 37(2).
- [3] Cheek Dennis, W., (2016). Biogeochemical Cycles, Encyclopedia of Environmental Issues, Revised Edition. Salem Press.
- [4] Ilgar, R., (2009). Dünya su yönetimi ve su eğitimi: Uluslararası Türkiye Eğitim Araştırmaları Kongresi, Çanakkale/Türkiye.
- [5] Sivri, N., (2008). Akuatik Mikrobiyoloji ve Biyojeokimyasal Döngüler. Kadir Seyhan, Nuri Başusta (Ed.) Kıyasal Ekosistem (ss:58-69). Ankara: Nobel yayın dağıtım.
- [6] Cloud, P. ve Gibor, A., (1970). The oxygen Cycle. Sci. Am., 223:110-123.
- [7] Barbault, R., (1985). Ecologie generale. Masson-Paris.
- [8] Şahinkaya, E., (2007). Çevre Mikrobiyolojisi Ders Notları II. 107 s.
- [9] Nebel, I.B. and Wright, R.T., (1996). Environmental science. Prentice Hall, New Jarsey, 698 s.
- [10] Kocataş, A., (2008). Ekoloji Çevre Biyolojisi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 51 Ders Kitabı dizini No:20.
- [11] Nikolsky, G.V., (1963). The ecology of fishes. Academic press, London s 352.
- [12] EPA, (2016). Climate Change Indicators in the United States,
- [13] https://www.epa.gov/sites/production/files/201608/documents/climate_in_dicators_2016.pdf.

- [14] Kadiođlu, M., (2008). Küresel İklım Değişikliği ve Uyum Stratejiler: Kar Hidrolojisi Konferansı, Erzurum, 27-28 Mart, 69-94.
- [15] Monteiro, F.M., Bach, L.t., Brownlee, C., Bown, P., Rickaby, R.E.M., Poulton, A.J., Tyrrell, Beaufort, L., Dutkiewicz, S., Gibbs, S., Gutowska, M.A., Lee, R., Riebesell, U., Young, J., and Ridgwell, A., (2016). Why Marine Phytoplankton calcify. Science Advance: 2(7):15.
- [16] Kjellerup, S., D'unweber, M., Swalethorp, R., Nielsen, T.G., and Moller, E.F., (2012). Effects of a future warmer ocean on the coexisting copepods *Calanus finmarchicus* and *C. glacialis* in Disko Bay, western Greenland. Mar. Ecol. Prog. Ser.: 447:87-108.
- [17] Trkeř, M., Smer, U.M. ve etiner, G., (2000). Küresel İklım Değişikliği ve Olası Etkileri. evre Bakanlığı, Birleřmiř Milletler İklım Değişikliği ereve Szleřmesi Seminer Notları, ss. 7-24.
- [18] Canadell, J.G., (2007). Contributions to accelerating atmospheric CO2 growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. Proc. Natl. Acad. Sci.:USA, 104:18866-18870.
- [19] Anthony, K.R.N., Kline, D.I., Diaz-Pulido, G., Dove, S., and Hoegh-Guldberg, O., (2008). Oceanacidification causes bleaching and productivity loss in coral reef builders. Proc. Natl. Acad. Sci.: USA, 105:17442-17446.
- [20] Munday, P.L., Dixson, D.L., Donelson, J.M., Jones, G.P., Pratchett, M.S., Devitsina, G.V., and Doving, K.B., (2009). Ocean acidification impairs olfactory discrimination and homing ability of a marine fish. Proc. Natl. Acad. Sci.: USA 106:1848-1852.
- [21] Bala, G., (2009). Problems with geoengineering schemes to combat climate change. Current Science: 96:41-48.
- [22] Taner, A.C., (2011). Global Karbondioksit Konsantrasyonları Artmasıyla Küresel İklımsel Değişimler Sonucu Okyanusların ve Denizlerin Asitlenmesi Sorunları, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları.
- [23] Dođan, T.D., (2015). Okyanus Asitlenmesi Yaşamı Değiştirecek, AB ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüđü, Sayı:45.
- [24] Sunlu, U., Kaymakçı, A. ve İzgren S.F., (2001). Denizlerde Karbon Dinamiđi, E.. Su rnleri Dergisi: 18(1-2):233-241.
- [25] UNFCCC, (2007). Impacts, Vulnerabilities and Adaptation in Developing Countries. <https://unfccc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf> .
- [26] Kazancı, N., (2008). Limnolojide Gelişmeler, E, Su rnleri Dergisi: 25:365-369.
- [27] McMichael, A.J., (2003). Global Climate Chnange and Health: an old story writ large. In: Climate change and human health RISKS AND RESPONSES (Ed.) Campell-Lendrum D.H., Corvalan C.F., Ebi, K.L., Githeko, A.K., Scheraga, J.D., Woodward, A. Cambridge press.
- [28] İncecik, S., (2007). İnsan kaynaklı iklim değişimi ve Türkiye. I. Türkiye İklım Değişikliği Kongresi. 11-13 Nisan, İstanbül, İT.
- [29] ınar, M.A., (2007). Canlı Hayatın En büyük sorunu olan İklım Değişikliği ve zm Yolları. 1. Türkiye İklım Değişikliği Kongresi TİKDEK 11-13 Nisan İstanbül, İT.
- [30] IPCC, (2007). Climate change 2007: the physical science basis. (Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC). Edited by Solomon, S. Qin, D. Manning, M. Marquis,



-
- M. Averyt, K. Tignor, M.M.B. Miller, H.L.Jr. Chen, Z. Cambridge University Pres, Cambridge.
- [31] Erdoğan, Z., Zeydan, Ö. ve Sert, H., (2007). İklim değişikliği ve sağlık üzerine etkileri. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, 11-13 Nisan, İstanbul, İTÜ.
- [32] Morlot, J.C. ve Agrawala, S., (2004). The benefits of climate change policies. OECD.
- [33] Rothrock, A.D., Yu, Y., and Maykut, A.G., (1999). Thinning of the Arctic Sea-ice Cover, *Geophysical Research Letters*, 26:3469-3472.
- [34] Edwards, M., Reid, P.C., and Planque, B., (2001). Long-term and Regional Variability of Phytoplankton Biomass in the Northeast Atlantic (1960-1995), *ICES Journal of Marine Science*, 58, ss:39-49.
- [35] Çepel, N. ve Ergün, C., (2002). Küresel Isınma ve Küresel İklim Değişikliği, TEMA Yayın No:38, İstanbul.
- [36] URL1 <https://www.google.com/search?q=madde+d%C3%B6ng%C3%BCs%C3%BC+ppt&oq=madde+d%C3%B6ng%C3%BCleri+ppt&aqs=chrome.1.69i57j0j69i61.6634j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- [37] URL2 <https://on5yirmi5.com/egitim/egitim-guncel/fosfor-dongusu-nedir-nasil-gerceklesir/>