

Değişen Ekolojik Sistemiyle Sevda Türküleri Yerine Ağıtlar Yakan...

Karadeniz



"Şafak vakti balığa çıkmak için hazırlık yapan Karadenizli balıkçıları izlerken, denizin derinliklerine anılarını anlatan teknelerin de fısıltılarını duyuyorum. Yorgunluklarını unutup, günün ilk ışıklarıyla denize yelken açan bu insanların dudaklarında deniz türküleri var... Denize atılan ağlar, suların derinliklerinde görevlerini yapıyor... Etrafta dalga sesleri ve bizler için kararmayı bekleyen yemyeşil çaylıklar... Suların yosunlu kayalarla yaşadığı aşk nefesimi kesiyor. Deniz yükselmiş ve sevdiğine kavuşmuş. Dalgalar, yürek çırpıntısı gibi soluk soluğa, en uzaktaki çakıla bile sevda türküleri söylüyor... Hem balıkçılar, hem Karadeniz sevda türküleri söylüyor.

KARADENİZ VE NEWTON. Bu iki ad bundan yaklaşık üç yüz yıl önce ortak bir noktada buluşmuşlardı: Argos Gemisi'nde.

Dindar Sir Isaac Newton yaşamının son yıllarını Incil'in tarihsel doğruluğunu kanıtlamak için geçirmiş ve bu nedenle sürekli olarak gökbilimden yararlanmanın yollarını sorgulamıştı. Yaptığı çalışmalarla her geçen gün ün kazanan Newton, sanki aralarında doğru bir orantı varmış gibi bu ünle birlikte daha da dindarlaşmıştı. Öldüğünde ardında her biri binlerce sayfalık çalışmaları bırakmıştı. Bunların büyük bir bölümü teoloji ve kronolojiye ait, kendi el yazması metinlerdi. İşte bu kronolojisinde Newton, temel olay olarak Argonotların efsanevi yolculuğunu göstermişti; yani bir anlamda o yolculuğun hedefi Karadeniz'i.

Dünyanın sayılı büyük bilim adamlarından biri olarak nitelendirilen Newton, dünya kronolojisinin büyük yapısını efsanevi bir serüvenin tarihi üzerine kurmuştu. Bilimsel içerikli bu kronolojisine de hiç duraksamadan, bir kaynak noktası olarak "Altın Post" efsanesini seçmişti. İason ve elli kişilik ekibinin, Argos Gemisiyle yaptığı bu olağanüstü yolculukta hedef Karadeniz'de, Gürcistan yani Kolkhis ülkesinde bulunan ve bir ejderhanın bekçiliğini yaptığı Altın Post'u ele geçirmektir. Efsane boyunca Karadeniz önemli bir sorundu Argonotlar için. Hele mavi kayalardan geçiş tam anlamıyla bir kâbustu; çünkü, Karadeniz'in girişinde bulunan bu mavi kayalar bir birleşip bir ayrılıyor ve bu sırada arada ne varsa paramparça ediyorlardı. Üstüne üstlük, kayaların üstündeki yoğun sis tabakası yüzünden de çarpışmalar birdenbire oluyordu.

Derler ki Argos gemicileri bu sorunu bir şekilde çözümlenerek hedeflerine ulaştılar; oysa Karadeniz aradan geçen yüzyılların sonunda içine düştüğü çevresel sorunları bir türlü çözemiyor.

İklimsel değişimler, nehirlerle taşınan kirleticiler, nüfusun yoğunluğu, artan kentleşme, enerji üretimi, ağır endüstrilere bağlı olarak ortaya çıkan hava ve su kirlenmeleri, yoğun tarım ve akvakültür, balık stoklarının aşırı tüketilmesi, yüzey balıklarının aşırı avlanması, deniz trafiği ve liman etkinliklerinin bolluğu, suyun, sedimentlerin, organizmaların ve besinlerin tehlikeli madde-

lerle kirlenmesi, denize petrol veya mazot karışması, kıyılardaki yapılaşma, dip taramaları... Bütün bunların etkisiyle, Osmanlıların bir zamanlar 'hafif ve masum bir bakire' olarak nitelendirdikleri Karadeniz, tüm masumiyetini yitirdi, dünya denizleri içerisinde çevresel sorunları en yoğun yaşayan denizlerden biri haline geldi.

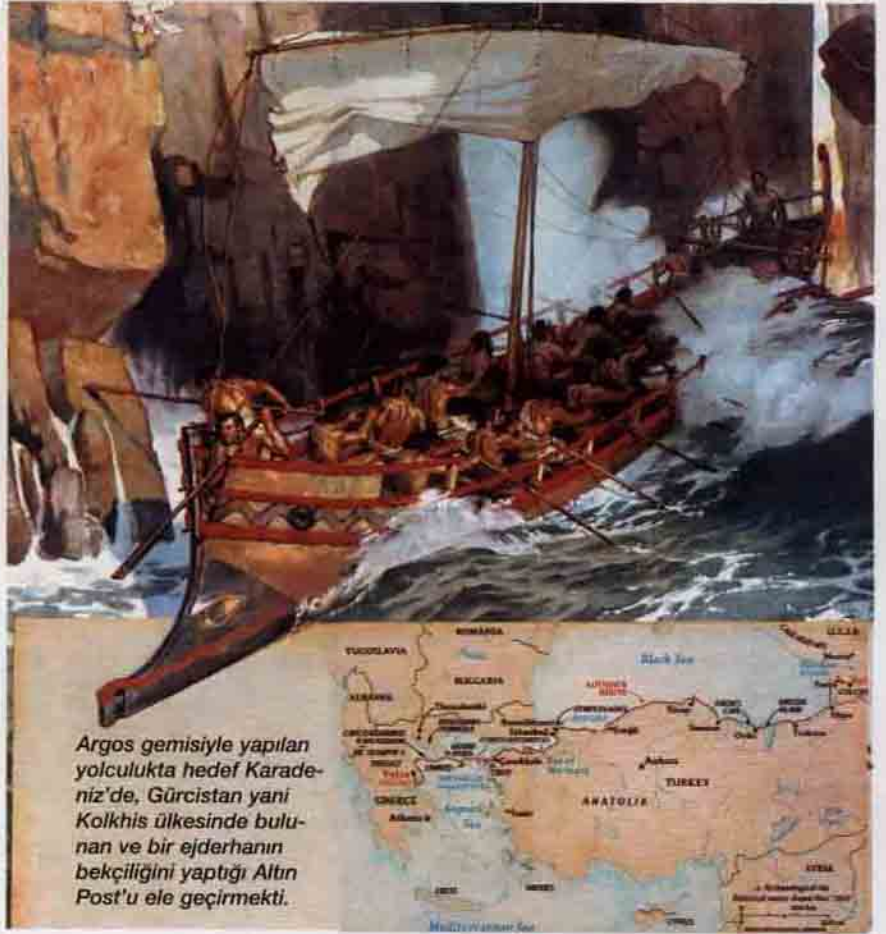
Karadeniz'de yaşanan bu çevre sorunu balıkçılığa ağır bir darbe indirdi; ama bu darbe balıkçılıkla sınırlı kalmadı; özellikle Rusya, Ukrayna, Romanya ve Bulgaristan kıyılarında turizmi de olumsuz yönde etkiledi; öyle ki, bu kıyılarda deniz suyunun hijyenik olmadığı gerekçesiyle insanların denizde yüzmeleri bile yasaklandı.

Ortada bilinen somut bir gerçek var: Etrafı karalarla çevrili bütün denizler artan bir ivmeyle kirleniyorlar. Karadeniz de dünyanın etrafı karalarla çevrili, en büyük bir denizi; ister istemez o da her geçen günle birlikte kirleniyor.

Karadeniz Laboratuvarı

Karadeniz, haritada görüldüğü gibi yarı kurak bir iklim bölgesinde bulunmakta. Batısında Bulgaristan ve Romanya, kuzeyinde Ukrayna, doğusunda Rusya Federasyonu ve Gürcistan, güneyinde de Türkiye. Aslında görünürde onu kuşatan yalnızca 6 ülke olmasına karşın Karadeniz havzasında 16 ülke daha var; bu toplam, denizin yaklaşık beş katı kadar büyüklükte bir alanı kapsıyor; dolayısıyla buralarda yaşayan insanlar tüm kirlilik ve pisliklerini Karadeniz'e aktarıyorlar. Özellikle de Karadeniz çanağının kuzeybatısı bu olumsuz insan etkinliklerinin en yoğun yaşandığı yer. Nasıl olmasın ki? Karadeniz'in havzasında yaşayan toplam 171 milyon insanın 81 milyonu bu dediğimiz yerde yani Tuna nehri çanağında yaşıyor. Bu yüzden Tuna da, suyunu akıttığı bu denizi kirlüten en önemli etken haline gelmiş durumda.

Karadeniz bu çevresel sorunları yaşarken yakın bir zamana değin, havzada bulunan ülkeler kirlenmeyi önleme konusunda ortak bir politika etrafında birleşmemişlerdi. Ancak, 1992 yılında Barselona Kongresi'nde, konu gündeme geldi. Bulgaristan, Gürcistan, Romanya, Rusya Federasyonu, Türkiye ve Ukrayna tarafından Karadeniz'in korunmasına yönelik yasal bir



Argos gemisiyle yapılan yolculukta hedef Karadeniz'de, Gürcistan yani Kolkhis ülkesinde bulunan ve bir ejderhanın bekleliğini yaptığı Altın Post'u ele geçirmekti.

antlaşma imzalanabildi: Karadeniz'in Korunması Antlaşması.

The Global Environment Facility (GEF) de Dünya Bankası'nca desteklenen bir kuruluştu; bölgedeki ülkelerin bu antlaşmayı uygulamaları konusunda bir hareket planının oluşturulmasına yardımcı oldu. Nisan 1993'te, ortak bir politik deklarasyon, Odessa Deklarasyonu, Karadeniz Kongresi'nde altı ülkenin çevre bakanlarıncı verildi. Deklarasyonda, kirleticilerin denetim altına alınması, restorasyon için ayrıntılı ve geniş bir plan oluşturulması, canlı doğal kaynakların korunması ve yönetimi gibi konular ele alınıyordu. Ayrıca, Karadeniz'in çevresel yönetimine ilişkin bir proje GEF tarafından onaylandı. Bu proje,



çevresel düzenlemeler için, örneğin, lağım iyileştirme çalışmaları türünden henüz bitirilmemiş olan ve kirlenmenin denetimine yönelik önemli projelerin tamamlanması için, atılacak adımların çevresel değerlendirmelerine, ön yatırımlar, fizibilite çalışmaları ve acil durum yatırımlarına, kısa sürede, gereken desteği sağlayabilecek.

Karadeniz'le doğrudan ilgili bir başka antlaşma da 1985'te ilgili 8 ülke tarafından imzalanmıştı. Bu antlaşma, Bükreş Deklarasyonu'ydu ve kapsamında Tuna nehri su kalitesi verileri toplanmış ve konuyla ilgili bilgi alışverişi yapılmıştı. Deklarasyona göre, Tuna nehri Karadeniz'i kirlüten etkenlerin ve kaynakların başında geliyordu. Havzasındaki kirliliğin denetim altına alınması çok önemliydi. Deklarasyonu Tuna nehri kıyısındaki devletler Şubat 1991'de oluşturdu. Bu deklarasyon, Tuna nehrinin korunması, yönetimi ve tüm havzada ekolojik bir uzlaşma sağlayan antlaşmayı içeriyordu. Bunu Haziran 1994'te Sofya'da imzaladılar.

1959 yılında ise, Türkiye'nin imzalamadığı, ancak, Bulgaristan, Romanya ve eski Sovyetler Birliği tarafından

imzalanan antlaşma, Karadeniz'de yapılan balıkçılık etkinliklerini düzenlemeye yöneliktir.

Burada sözü geçen antlaşmaların yanı sıra Karadeniz'le ilgili öteki bütün çalışmalar, kongreler, projeler, deniz kirliliğinin nedenleri, türü, miktarı ve etkileri hakkında bir bilgi birikimini ortaya koyuyor, Karadeniz'den öğrenilenler, dünyanın başka benzer denizlerini korumakta bizlere yol gösterici bir nitelik taşıyor. Sanki Karadeniz, Prof. Dr. Ümit Ünlüata'nın deyişiyle, dengeye ulaşmamış bir ekosistem üzerindeki insan kaynaklı etkilerin, atmosferik ve iklimsel değişikliklerin etkilerini araştırma konusunda uygun bir laboratuvar oluşturuyor. İşte bu noktayı göz önünde bulundurarak biz de bu yazıda Karadeniz'deki fiziksel, kimyasal, biyolojik çevre ve balıkçılık hakkında ayrıntılara pek inmeden özetleyici bir irdelemede bulunacağız.

Fiziksel ve Kimyasal Çevre

Karadeniz, fiziksel ve kimyasal çevre olarak hem zamanda, hem de mekânda süregelen (düşey ve yatay olarak) durum değişimleriyle karakterize edilen bir deniz. Tablo I'de de görüldüğü gibi birtakım özellikler bir araya gelerek yaptıkları ortak etkilerle Karadeniz'deki yaşamı olumsuz yönde etkileyen sonuçlar doğurmaktadır. Özellikle,



le, Karadeniz'in kuzeybatısına boşalan büyük nehirler nedeniyle yüzey sularının tuzluluğu düşüktür. Örneğin, 1940'lardan beri Karadeniz'in kuzeybatı bölgesinde yüzey suları tuzluluğu binde 0,2-0,3'tür. Bu oran Dinyeper ve Dinyester nehirleri ağzında binde 2-2,5 olarak ölçülmüştür. Öte yandan, İstanbul Boğazı'nın alt akıntısı Karadeniz'e tuzlu Akdeniz suları taşır. Bu sular yüzey sularından daha yoğun olduğu için derinlere çökerek Karadeniz'in dip sularını oluşturur. Karadeniz'de 200 m'den derin olan yerlerin tuzluluğu ise binde 22 dolayındadır. Karadeniz'de yüzey suyu tabakası ile derin sular arasındaki tuzluluk farkından kaynaklanan yoğunluk farkı, mevsimsel soğumaların yol açtığı yoğunluk değişiklikleriyle de giderilemediğinden, bu iki su kütlesi birbiriyle karışmayan iki tabaka oluşturur. Yüzeyle organik yükün fazlalığı ve düşey karışımın azlığı Karadeniz'in derin sularında oksijensiz bir ortam yaratmaktadır. Haloklin denilen bu kalıcı tuzluluk tabakalaşması Karadeniz'de, oksijenli ve oksijensiz

kısımları birbirinden ayırır; derin su kütlesine oksijen karışmasını engeller. Bu durum Karadeniz'in dip kısımlarını canlı yaşamına olanak tanımayan, adeta ölü bir deniz haline getirmiştir.

Karadenizin kuzeybatı köşesine akan nehir suları 1970'e varmadan yılda 330-350 km³ ten 260 km³ e düşmüştür; bunun sonucu olarak Akdeniz'den Karadeniz'e su akışı artmıştır. 1970'lerde nehir sularındaki debi azalışı %7-11'idi. Bu azalış ve beraberinde getirdiği sediman yükünün azalması kıyısız erozyonla sonuçlanmış, özellikle Romanya kıyılarındaki plajlar yılda 12 metreye varan hızlı bir erozyona uğramıştır.

Karadeniz dünyadaki en büyük ve en fazla oksijensiz (anoksik) su içeren meromistik havzadır. Bugün Karadeniz suyunun yaklaşık %90'ı sürekli oksijensizdir. Ekosistem patolojisinin başlangıcı oksijensiz su kütlesinin artışı şeklinde olabilir. Karadeniz'de Ukrayna kıta sahanlığının %95'i ve Azak Denizi'nin tamamı hipoksiktir (derinlerde hidrojen sülfür fazlalığı). Bitkisel planktonların artışıyla oksijen eksikliği hızlanır. Ötrofikasyonla (gübrelenme) ilgili diğer olaylar, yüzeysel suların dibinde yaşam barındırmayan bölgeler oluşturmuştur. Havza olarak ve Karadeniz zemininde besin tuzlarının (nütrientler) arttığı saptanmıştır. Başlangıçta oligotrofik ya da hafifçe mezotrofik olan niteliğin mezotrofik ve ötrofik durumlara düştüğü görülmüştür.

Karadeniz Jeolojisi

Levent Özmen
Jeolojik Mühendis

Geniş anlamda Karadeniz; Akdeniz havzasının, Alp kıvrım sistemine bağlı genç dağlarla kuşatılmış, oval biçimli iki havzadan meydana gelen bir bölümü ve uzantısıdır. Ortalama derinlikleri 50 m olan İstanbul ve Çanakkale Boğazları ile zayıf bir bağlantısı vardır. Doğu - Batı doğrultusunda maksimum 1200 km, genişliği 600 km ile 250 km arasında değişir. Kuzey'de siğ Kerç boğazı ile Azak denizine bağlanır. Yüzölçümü 459 064 km² dir.

Karadeniz minyatür bir okyanus özelliğindedir. Güneyde ve Kuzeyde yer kabuğunun iki büyük plakası arasındaki kıvrımlı dağlar kuşağı arasında görülmüştür. Kıta sahanlığı -90 m derinliğe kadar inen hafif eğimli ve siğ düzlüklere sahiptir. Balıkçılık açısından oldukça önemli olan bu alanlar Anadolu ve Kafkas kıyılarındadır. Derinliği 16 metreyi aşmayan Azak Denizi tamamıyla kıta sahanlığı bölgesindedir. Kıta sahanlığının iç kesimlerinde ortalama derinliği 2000 m olan kıta yamacı bölgesi başlar. Temel granitik kabuktan oluşur. Faylanma ve heyelanlarla meydana gelmiş yapılar gösteren

ve üzeri türbidit çökeltilerle (özel kumtaşı çeşidi) oluşturmuş bir alandır. Bu alanın ardından derinlik farkının 200 m'yi aşmadığı ve 2000 m'den daha derin alanların oluşturduğu abisal düzlükler başlar.

Karadeniz üçüncü zaman sonlarında koşut havzalarla bağlantılı geniş ve siğ acısulu bir göl - deniz konumunda idi. Bu zamanın sonlarında başlayan ve dördüncü zamanda devam ederek günümüzde süren tektonik hareketlerle bugünkü halini almıştır. Bazı bilim adamlarına göre Karadeniz çanağı giderek daralması eski bir okyanusun kalıntısıdır. Diğer bir grup bilim adamı ise Karadeniz çanağının plaka hareketlerinin yol açtığı sıkışmalar sonucunda torbalanmış, alttaki tortulları bazaltla dönmüş bir çökelme alanı olduğu görüşünü benimserler. Diğer bir görüşe göre ise; çanağın eski yerindeki granitik kabuğun, parçalanarak yanlara açılması ile meydana gelmiş bir çukur olduğu inanççı vardır. Kesin olarak bilinen Karadeniz'in bugünkü derinlik şartlarının son buzlaşma döneminde (yaklaşık 25 000 yıl önce) oluştuğudur. Bu jeolojik evrim sırasında Akdeniz suları üç kez Karadenize sokulmuştur. Son buzul çağında, Karadeniz havzasının akarsular tarafından yeterince beslenmesi sonucunda, deniz 90 m kadar içeneri çekilmiştir. Bu dönemde halen varlığını sürdüren ve su

altında kalan kanyonlar oluşmuştur. Daha sonra suları tekrar beslemeyi artırması ile şu andaki seviyeye 5 m üzerine çıkmış ve sonra da günümüzdeki halini almıştır.

Haliç ve İstanbul Boğazları giriş dip tortullarından elde edilen sedimantolojik ve paleontolojik veriler bu bölgenin oluşumu hakkında önemli sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Bu bölgelerdeki sondajlar sonucunda alınan 200 numunenin incelenmesi sonucunda; bu bölgedeki istifle üstten alta doğru ortam enerjisinin azaldığı gözlemlenmiştir. Buna karşılık, Haliç alanında karasaldan sınırlı su ortamına değişim ve acısu ortamının devamı gözlemlenmiştir. Karadeniz dip tortullarında yapılan incelemeler sonucunda ise; burasının tatl su gölü olduğu ortaya çıkmıştır. Son buzul devrinde su seviyesindeki düşüşe paralel olarak gelişen akarsu buzul devrinin sona ermesi ve dünya ölçeğinde su seviyesinin yükselmesi ile birlikte Çanakkale Boğazı yoluyla Marmara Denizi alanını Akdeniz'e birleştirmiştir. Daha sonra deniz seviyesinin yükselmeye devam etmesi sonucu İstanbul Boğazı da açılarak boğazlar bugünkü halini almıştır. Karadeniz'in Akdeniz'e bağlanması olayının günümüzden 7000 yıl önce gerçekleşmiş olması; bu olaylara insanlığın tanıklık ettiği sonucunu ortaya koymaktadır.

Karadeniz'de miktar ve konsantrasyon olarak makro nütrientler önemli ölçüde artmıştır. Otuz yedi yıl içinde (1950-1987) Tuna nehrinin fosfor yükü 13 000'den 30 000 tona çıkmıştır. Aynı sürede azot yükü 143 000 tondan 740 000 tona yükselmiştir. Dinyester nehri ağzında nitrat konsantrasyonu 3, fosfat konsantrasyonu 7 kat artmıştır. Organik maddeler için de aynı durum söz konusudur. Karadeniz açıklarında bile maksimum nitrat konsantrasyonu 1960'tan beri 2-6 kat artmıştır. Her ne kadar besin tuzları deniz canlıları için temel gıda olsalar da, aşırı artış organik kirlenmelere yol açmakta ve bir dizi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Örneğin, yüzey sularındaki aşırı yük canlı yaşam için vazgeçilmez olan güneş ışınlarının derinlere sızmasını engellemektedir. Karadeniz'de derinlere ışık sızması uzun süreli olarak azalmıştır. Denizlerde saydamlık Secchi disk derinliği denilen bir ölçü ile verilir. Secchi disk 30 cm çapında, beyaz bir diskir. Bu disk, bir gözlemci tarafından denize yavaş yavaş sarkıtılır ve gözden kaybolduğu derinliğe Secchi disk derinliği adı verilir. Oldukça basit bir yöntem olmasına rağmen yaklaşık 100 yıldır Karadeniz'de ölçümler onunla yapılır. Ucuz bir yöntemdir de. Onunla uzun süreli ekosistem değişim çalışmalarında yararlı veriler elde edilmiştir. Karadeniz'in açık sularında Secchi disk derinliği 1960'larda 18-20 metre iken şimdilerde 6-10 metreye düşmüştür; hatta kıyı sularında bu değer nehirlerin getirdiği yükten ötürü 5 metreden daha azdır. Deniz suyunda ışık yayılımının azalması, ekonomik değeri bulunan sığ su yosunu *Phyllophora* stoklarında %95 azalmaya neden olmuştur.

Karadeniz'in derin sularında çökmeye ve parçalanmaya başlayan organik materyaller denizin 150-200 metreden daha derin kısımlarında ve toplam su hacminin %90'ında sürekli bir oksijensizlik durumunu ortaya çıkarmıştır. Bu oksijensiz koşullar altında organik maddeler, nitratlardaki ve özellikle de sülfatlardaki oksijen bağlarını kullanarak daha ileri aşamalarda parçalanmakta ve bundan sonraki kimyasal indirgenme hidrojen sülfür oluşumu ile sonuçlanmaktadır. Hidrojen sülfür, çürük yumurta kokusu ile kendini çabucak ele verir. Bu koku, dünya denizleri ve okyanuslarının de-

rinliklerinde çalışarak para kazanan petrol işçilerine hiç de yabancı değildir. Onlar bu kokuyu duyduklarında oldukça tedirgin olurlar. Bilirler ki bu gazdan tam bir nefes çekilmesi kişiyi öldürebilir, onu hafifçe koklamaksa koku duyusunun zedelenmesine yol açar. Hidrojen sülfür Karadeniz'de binlerce yıldır üretilmekte ve denizin su kütesinin %90'ını kirletmektedir. Bu gaz yüzünden Karadeniz'in dip kısımları yalnızca anaerobik bakteriler için yaşanabilir bir ortam olmuştur.

Karadeniz'de yüzey suyu sıcaklığı ortalama olarak kışın 5°C ile yazın 25°C arasında değişir. Kışın yüzey suyu sıcaklığı kuzeybatı kısmında 0°C'ye kadar düşer ve bunun sonucunda da bazı yıllarda buz oluşumları gözlenmiştir. Anlaşılacağı gibi sıcaklık değişimi mevsimsel ve bölgeseldir. Bütün yıl boyunca 1000 metre derinliğindeki sular 8°C'de sabittir.

Karadeniz'de su akıntılarının temel özelliği saat yönünün tersine biçimdedir ve bu akıntı yaklaşık olarak kıyıya paralel gitmektedir. Mevsimlere göre değişimler gösteren bu akıntıya Karadeniz'in ana akıntısı denir. Yaz mevsiminde doğu ve batı olmak üzere saat yönüne ters dönen iki ana döngü

oluşmaktadır. Bunlar saat yönünde hareket eden ve merkezde oluşan bir döngüyle birbirinden ayrılmaktadır. Kış mevsiminde ise tüm Karadeniz'i kapsayan birbiriyle daha çok birleşmiş bir akıntı sistemi görülür. Ana Karadeniz akıntı sistemi kışın yaza göre daha kuvvetli ve daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Bu akıntı sistemi kıyı ve açık suları birbirinden ayırmaktadır. Ayrıca, kuzeybatı kısmına boşalan nehir suları bu akıntı ile tüm çanağa yayılmaktadır. Dolayısıyla, akıntının yönü de göz önünde bulundurulacak olursa, nehirlerden gelen kirleticiler bizim kıyılarımıza ulaşmaktadır.

Biyolojik Çevre

Açık Deniz Sistemlerinde Değişmeler: Karadeniz balıkçılığının Türkiye'nin canlı deniz kaynakları içerisinde özel bir yeri vardır. Karadeniz'de avlanan balıklar toplam üretimin %82'sini oluşturmaktadır. 1989-1990 ve sonrasında çok azalan hamsi avı oldukça göze batmış ve şaşırtıcı olmuştur. Hamsi avı, 1988'de 295 000 tonken 1989'da 97 000 tona inmiştir. 1990'da daha da düşen av, 66 000 tona gerilemiştir. Bu, avın 1988-1990 arasında neredeyse dört kat azaldığı anlamına gelmektedir. Küçük pelajik (açık deniz) balıklarda görülen bu önemli düşüşler Karadeniz probleminin ciddiliğini göstermektedir. Balık stoklarındaki bu düşüşü anlamak için Karadeniz'de en büyük öneme sahip hamsinin besini olan planktonların durumunu çevre koşullarıyla birlikte incelemek gerekmektedir.

Hamsi, plankton yiyen bir balıktır. Hamsinin beslendiği organizmaları *Copepoda*, *Cinipedia* ve yumuşakça larvaları oluşturmaktadır. Hamsi aynı beslenme basamağında olan çaça, tirsi, sardalya, taraklılar ve medüzler gibi diğer organizma ve organizma grupları ile aynı besin maddesi için yarışmaktadır.

Karadeniz'de karasal girdilerin etkin olduğu yer, çanağın kuzeybatı kısmıdır. Karadeniz'in ekosisteminde karasal girdilerden ötürü oluşan değişimler de en fazla burada görülür. Ayrıca buradaki oluşumlar Karadeniz ana akıntısı ile bizim kıyılarımıza taşınacağından, buradaki değişimleri anlamak bizim için erken bir uyarı olabilir. Bu nedenle özellikle Tuna nehrinin etkisi

Tablo 1 Karadeniz'in Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

| | |
|--|------------|
| Enlem | 41°-46° N |
| Ana eksen uzunluğu (km) | 1150 |
| Yüzey (km ²) | 423 500 |
| Alan (200 m derin, totalin yüzdesi) | 73 |
| Drenaj Alanı (km ²) | 2 405 000 |
| Drenaj Alanı/su yüzeyi alanı oranı | <8 |
| Tuzlu suların en son penetrasyonu, yıl önce | 9000 |
| Anoksik hacim (totalin yüzdesi) | -90 |
| Nehir girdisi (km ³ /yıl) | 350 |
| Nehir girdisi (total hacmin yüzdesi) | 0.06* |
| Yağış (km ³ /yıl) | 225-300 |
| Buharlaşma (km ³ /yıl) | 330-390 |
| Net dışı akış (km ³ /yıl) | 350 |
| Tuzluluk orta kısımda (yüzey) binde | 17-18 |
| Tuzluluk orta kısımda (dip) binde | 22 |
| Haloklin derinliği (m) | 150-200 |
| Drenaj alanlarında insanı sayısı (milyon) | >160 |
| km ² başına nüfus yoğunluğu | 67 |
| 1900'lerde su saydamlığı azalışı, sahilden uzak (m) | >18den >8e |
| Birincil üretim (denizin orta kısımları) g/cm ² /yıl | 150-200 |
| Deniz dibi faunasının alanı (total deniz alanı yüzdesi) | =20 |
| Toplam balık yakalarna | |
| 1970 ortaları (bin ton) | 430 |
| Açık deniz balıktan (toplaminin % si) | 85 |
| 1980 ortaları (bin ton) | 900-1000 |
| * Bu hacmin %87'si derin anoksik sulardır. Dikey karışma 200 m derine 70 000 km ³ | |

altında bulunan Romanya kıyılarında oluşan değişimlere bakmamız gerekir.

Karadeniz'in Romanya kıyılarında bitkisel plankton biyokütlesi 1960-1970 arası 5-10 kat artmıştır; özellikle *Chrysophyta* ve *Cryptophyta*'da artış belirgindir. 1992-1994 arası bazı *Cyanobacteria* türleri de kütle halinde artmıştır. Romanya açıklarında bitkisel planktonlar içinde diatomlar azalmış, dinoflagellatlar çoğalmıştır. 1970'lerle 1980'ler arası özellikle kıyı sularında jelatinoz türler ve bu arada kamçılılardan *Noctiluca miliaris* artmıştır. Karadeniz'in kuzeybatı bölgesinde *Noctiluca* biyokütlesi 1950 ve 1960'larda 26.10⁴ ton iken 1980-85'te 17.10⁶ tona

yükselmiştir. Denizanası *Aurelia aurita*'nın turistik bölge plajlarında artması turizm üzerinde negatif etki yaratmıştır.

Karadeniz'de 1970'lerden beri fotosentetik kirpikli (ciliata) *Mesodinium rubrum* büyük artış göstermiştir; kızıl gelgit lekeleri (kırmızı sular) oluşturan bu hayvanın 1980'lerde Bulgaristan kıyılarındaki biyokütlesi 280 gr/m³ den daha fazla bulunmuştur.

1960-1980 arası Karadeniz'de hayvansal plankton biyokütlesi 10-100 kat artmıştır. Romanya kıyılarında 1976-1977'de biyokütle 155 mg/m³ iken, 1980'de 1920 mg/m³ çıkmıştır. Ayrıca, büyük kabuklu türlerin yerini küçükle-

ri almıştır. 1980 ortalarına kadar dip planktonik larvaların (*Mya arenaria* ve *Mytilus galloprovincialis* gibi iki kabuklular (midye vb.)) ve poliket (çok-kıllılar) *Melinna palmata* biyokütleleri de artmıştır. 1987'den beri hayvansal planktonlar azalırken meroplanktonik (bölgeye özgü) larvalar ortaya çıkmıştır.

Dip bitkileri (Fitobentos) Değişimleri: Karadeniz'de makroalglerde de değişimler olmuştur. 1900 başlarında Karadeniz'in kuzeybatı köşesinde, 20-60 metre derinlikte kırmızı alg *Phyllophora nervosa* çok fazla artmıştır; fakat 1973'ten sonra bu bölgedeki hipoksi sonucu bu yosun çok azalmış; başlangıçta 8-10.10⁶ ton olan stok geç

TÜBİTAK ve NATO Karadeniz İçin Elele

Şökrü Beşiktepe

Doç.Dr., ODTÜ Erdemli Deniz Bilimleri Enst.

Karadeniz ekosistemi nehirlerle taşınan kirlenmelerdeki artış, iklimsel değişimler, aşırı balık avcılığı ve egzotik canlı türlerinin genişerek ortamı istila etmesi sebeplerinden dolayı son 10 yılda bozulmuştur. Bu durum su ortamında mevcut her boyuttaki canlı organizmayı etkilemiştir.

Toplam hacminin %87'sinin oksijensiz su kütlesi ile kaplı olması, yüksek verimliliği, nehir girdilerinin fazla olması ve diğer denizlerle sınırlı su alışverişi gibi nedenlerden ötürü Karadeniz dünya denizleri arasında tekil bir örnektir. Yan kapalı bir iç deniz olması dolayısıyla alt suların, yanal girdiler sayesinde yenilenmesi güçtür. Diğer dünya denizleri ile tek bağlantısı olan Türk boğazları sisteminin içsel dinamiği, sınırlı su değişimine neden olmaktadır. Aynı zamanda yüzey sularını dip suların güçlü tabakalaşma dikey karışımı engellemektedir. Sonuç olarak direkt atmosfer tarafından havalandırılan yaklaşık üst 150 m'sinden daha derin kısımlarda kalıcı bir oksijensiz yapı oluşmuştur. Karadeniz'in yüzey alanı, drenaj alanının beşte biri kadardır. Drenaj alanının içine sadece kıyaslı olan ülkeler değil toplamı 12'yi bulan bazı Avrupa ve Asya ülkeleri de girmekte ve bu alan içerisinde yaklaşık 171 milyon insan yaşamaktadır. İnsan kaynaklı sorunların en etkin yüzey sularında ve kıyı bölgelerinde oluşan besin fazlalığıdır. Özellikle Karadeniz'in kuzey-batı kısmında yer alan Tuna, Dinyeper ve Dinyester nehirleri geniş bir alanı taradıktan sonra havzaya dökmektedir. Bu nehirlerin taşıdığı sanayi ve evsel atıklar çevre sağlığı açısından tehlike yarattığı gibi Karadeniz'in yüzey sularında besin tuzları fazlalığı da yaratmaktadır.

Dünya denizleri içinde, çevresel sorunları en şiddetli olanı Karadeniz'dir. Devletlerarası Okyanus Komisyonu'nun 12 deniz (Karayip Denizi, Kuzey Denizi, Batı Afrika Kıyılar, Baltık Denizi, Kuzey FSU, Akdeniz, Kızıldeniz, Basra Körfezi, Asya Denizleri, Karadeniz, Oligotrofik döngü ve Büyük Göl) üzerinde yaptığı çalışmalarda kirlilik açısından en kötü notu Karadeniz almıştır.

Karadenizde meydana gelen olaylar ülke ekonomimizi ve insanımızı doğrudan etkilemesinin yanı sıra dünyanın diğer bölgeleri için doğanın bir

uyansı olarak da ele alınabilir. Bölgelekle, Karadeniz'den öğrenilenler dünyanın diğer denizlerini korumakta yardımcı olabilir. Karadeniz dünyanın diğer bölgelerindeki benzer oşinografik olayları anlamak için yapılan disiplinlerarası modellerin test edilmesi için doğal bir arenadır. İnsan kaynaklı etkileri, atmosferik ve iklimsel değişikliklerin dengeye ulaşmamış bir ekosistem üzerindeki etkilerini araştırmak için Karadeniz uygun bir laboratuvar oluşturmaktadır.

Birleşmiş Milletler Çevre ve Gelişim Konferansı ve Biyolojik Çeşitlilik Kongresi'nde, karar vermeye bilimsel temellere dayanmanın önemi özellikle vurgulanmıştır ve deniz kirliliğinin sebepleri, türü, miktar ve etkileri hakkında bilgi toplama sistemi kurulmasında bütün Karadeniz ülkelerinin gereken çabayı göstermesi çağrısı yapılmıştır.

Ulusal deniz kaynaklarımızın korunmasını, yararlı kullanım olanaklarının araştırılmasını ve geliştirilmesini, deniz hak ve menfaatlerimizin uluslararası platformlarda korunmasını sağlayacak bilgi birikiminin oluşturulmasını, denizlerimizin fiziksel, kimyasal, jeolojik ve biyolojik yapısını ve dinamik olayları tanımlamaya yönelik bilimsel verilerin sağlanmasını amaçlayan Ulusal Deniz Ölçme İzleme ve Araştırma Programı, 1986 yılında TÜBİTAK-Yer, Deniz, Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu'nun (YDABÇAG) koordinasyonu ve DPT desteği ile başlatılmıştır. Bu programla oluşturulmaya başlanan veri tabanı ve bilgi birikimi sayesinde, genelde Türkiye'yi çevreleyen denizler ve özellikle de Karadeniz anlaşılmaya başlanmıştır.

Ulusal Deniz Ölçme İzleme ve Araştırma Programı'nın yanı sıra Türkiye ekonomisi için oldukça fazla önem taşıyan Karadeniz balıkçılığının 80'li yılların ikinci yarısında düştüğü durumunun nedenlerini araştırmak, balık kaynaklarının korunması ve optimum kullanımı için gerekli olan balıkçılık bilim ve teknolojisine ait ulusal olanakların geliştirilmesi için TU-FISHERIES projesi, NATO - İstikrar İçin Bilim Programı kapsamında uygulamaya konulmuştur. Bu proje için gereken ulusal katkı DPT tamm sektörü tarafından TÜBİTAK'ın koordinatörlüğünde verilmiştir.

Projenin ana amacı gücünü, Türkiye'nin Karadeniz'e münhasır ekonomik bölgesinde bulunan balık stokları ve bu stokları etkileyen çevre şartları hakkında sağlıklı bilgilerin elde edilmesi ve gerekli ölçümlerin yapılması için personel eğitimi ile sürekli izleme programlarının ve uygun metodların geliştirilmesi oluşturmuştur. TU-FISHERIES projesi 1988

olarak 1988'de başlamıştır. Projenin bilimsel amaçları şöyle özetlenebilir: Stokların yönetimi için hidroakustik ve trol çalışmalarına dayalı veri tabanı ve uygun yöntemlerin oluşturulması; Balık stoklarını etkileyen çevre koşulları hakkında, saha çalışmaları ve uydu görüntüleri vasıtasıyla ek bilgi edinilmesi; potansiyel ürün ve müsaade edilebilir av miktarlarının tespit edilmesi; balıkçılık ve çevresel parametreler için bir veri depolama ve ulaşım sisteminin oluşturulması; hamsinin yumurta ve lavrası ile birlikte *Mnemiopsis mcraadyi* diye bilinen bir ktenofor türünün dağılımının araştırılması.

Projeye katılan kuruluşlar, Tanım Bakanlığı, DPT tarım sektörü ve TÜBİTAK'tan oluşmaktaydı ve bu projede altyapı ve eğitime yönelik olarak aşağıdaki çalışmalar gerçekleştirilmiştir:

Türkiye halihazırda stok değerlendirme çalışmalarını yapabilecek modern aletlerle donatılmış bir araştırma gemisine (ODTÜ'nün BİLİM gemisi) sahip olmuştur; ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü'nde (DBE) AVHRR ve SeaWiFS görüntülerinin gerçek zamanda alınabilmesini sağlayan oşinografik uydu birimi faaliyete geçmiştir; proje çerçevesinde, balıkçılığın ilgili personelinin eğitimini de içeren yarı-direktör gerçekleştirilmiştir; çevresel, akustik ve balıkçılık verilerinin depolanma ve işlenmesi için bir sistem geliştirilmiştir. Proje süresince BİLİM gemisiyle Karadeniz'de 14 sefer düzenlenmiştir.

TU-FISHERIES projesi, ODTÜ-DBE, bölge ve bölge dışındaki ülkelerin bilim adamlarının katıldığı, tüm Karadeniz'i kapsayan bir deniz bilim programının geliştirilmesinde de en önemli rolü oynamıştır. Bu proje sonunda Karadeniz'de ekonomik değer taşıyan balık türlerinin stoklarının bu balıklar üzerindeki etkileri anlaşmıştır. Ancak, Karadeniz ekosistemi bir bütün olarak düşünüldüğünde alt besin zincirinde olan olayların anlaşılması da gerekmektedir. Bu nedenle TU-FISHERIES projesinin bitiminde, bu projeyi tamamlayıcı yeni bir çalışmanın başlatılması gerekliliği doğmuştur. Ayrıca yukarıda belirtilen çalışmalar sadece Türkiye kıyılarını kapsadığı için Karadeniz'in bütünü hakkında kesin bir kanaata varmak mümkün olamamıştır. Bu nedenle bütün Karadeniz ülkelerini kapsayan bir ortak çalışmaya gereksinim duyulmaktaydı. Bu amaçla TU-BİTAK kanalıyla NATO-İstikrar için Bilim Programı (SIS) dahilinde ODTÜ DBE önderliğinde Karadeniz'e kıyaslı bulunan ülkelereki deniz bilimleri enstitülerinin de katılımıyla geniş kapsamlı bir araştırma programı 1993 yılında başlatılmıştır. Karadeniz İçin Yönetim Aracı Olarak Ekosistem Modellenmesi

1970'lerde 1,5-2,5.10⁶ tona düşmüştür. Bu azalış balık ve omurgasız faunasını ciddi olarak etkilemiştir. Ayrıca 1970'lerde zosterotu (*Zostera nana* ve *Zostera marina*) ve bazı kırmızı ve kahverengi algler azalmıştır.

Karadeniz'de dip bitkilerinin azalışı, makroalgler üreme fazındayken zaman zaman süspanسیون halindeki maddelerin çok artmasına (130-290 mg/l'ye kadar) ve bitkisel plankton biyokütlesinin (140-1140 mg/cm³) çoğalmasına bağlıdır. Bugün 1960 başlarına oranla dibe 10-20 kat daha fazla ölü bitkisel plankton çökmektedir. Böylece 7-8 m derinlikten aşağı kısımlar yosunlarla gölgelenmiştir.

başlığını taşıyan bu proje NATO TU-Black Sea koduyla anılmaktadır. ODTÜ DBE'nde yürütülmekte olan bu projeye, Ukrayna'dan Sivastopol Deniz Hidrolojisi Enstitüsü ile Güney Denizlerin Biyolojisi Enstitüsü, Romanya'dan Romanya Deniz Araştırma Enstitüsü, Bulgaristan'dan Bulgaristan Bilimler Akademisi Oşinoloji Enstitüsü, Rusya'dan P.P. Shirshov Oşinografi Enstitüsü'nün yanı sıra ABD'den Virjinya Deniz Bilimleri Enstitüsü, Washington Üniversitesi, Harvard Üniversitesi, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü ve Woods Hole Oşinografi Enstitüsü de katılmaktadır. Bütün bu enstitülerden 100'den fazla deniz bilimcinin katıldığı bu proje Prof.Dr. Ümit Ünlüata'nın yönetiminde yürütülmektedir. NATO-SIS projelerinin Türkiye'deki koordinasyonu Prof.Dr. Namik Kemal Pak tarafından yapılmaktadır. Ayrıca, TÜBİTAK Ulusal İzleme Projesi yoluyla da bu projeye maddi destek sağlanmaktadır. Bu projenin sonucunda oluşturulacak ekosistem modeli ve oşinografik veri tabanı Karadeniz'in korunması ve kullanımı için bölge ülkelerinin yöneticilerine rehber görevi görecektir.

Bu projenin başlıca amaçları ise şöyledir: Bu programın amaçlarıyla sınırlı çevresel ve oşinografik verilerden oluşan veri tabanını bütün Karadeniz ülkelerinde oluşturmak. Bu veri tabanı projeye katılan enstitülerin 1960 yılından günümüze kadar Karadeniz ekosistemi ile ilgili toplamış oldukları verilerden oluşturulacaktır. Ortak yapılacak araştırma ve gözlemler için gerekli olanak ve araçları projeye katılan bütün Karadeniz ülkelerine temini ile bilimsel araçları tek biçim olmasını sağlamak ve karşılıklı eğitim çalışmaları yapmak. Fiziksel olaylar ve kıyasal girdi değişimlerinin Karadeniz ekosisteminin alt yaşam düzeylerine yaptığı etkileri anlamaya yönelik dinamik ekosistem modellerini oluşturmak.

Proje ile oluşturulmaya başlanan veri tabanı dünyadaki benzerleri arasında en başarılılardan biridir. Bu veri tabanı, modellerinde ve ortak deniz çalışmalarından elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir:

Veri Tabanı Yönetim Sistemi: Karadeniz'de çalışan enstitüler tarafından 1960 yılından günümüze kadar toplanan bulguların bir envanteri çıkarılmış ve bu envanterde yer alan bulguların yarıya yakın kısmı halihazırda veritabanına konulmuştur. Bugüne kadar depolanan veri miktarı 120 MB'dir. Bu depolanan verilerin kalite kontrolü ve bilimsel değerlendirmeleri projeye katılan enstitülerden gelen bilim adamları tarafından ODTÜ-DBE'de yapılmıştır. Şu anda bu veri tabanı bir CD-ROM'da top-

Dip hayvanları (Zoobentos)

Değişimleri: Karadeniz'de 1960-1970 arası kimi baskın organizmaların biyokütlesinde önemli artışlar olmuş, sonra bazı türler azalmıştır, 1980'lerde dip hayvanları genellikle azalmış ve bazı hayvanlar da tüpüyle yok olmuştur. 1990-1991 arası Romanya'nın 20 metreden daha sığ kıyı sularının üçte birinde dip hayvanları yok denecek kadar azalmıştır. Dip hayvanlarının Kırım ve Kafkasya kıyılarında da azaldığı saptanmıştır.

Karadeniz'de biyokütle artışı en başta bivalve, midye vb.'nin ve poliketlerin artmasına bağlıydı. Özellikle poliketler dipte beslenen balıklar için iyi

lanmış ve son kontrolleri tamamlanmak üzeredir.

Deniz Çalışmaları ve İlgili Aktiviteler: Fiziksel olaylardan etkilenen birinci üretimin dağılımını araştırmak için çok gemili 4 deniz seferi yapılmış ve katılan ülkelerin kendi sularında topladığı bulgular daha sonra biraraya getirilerek ortak bir veri seti oluşturulmuştur. Örneklemelemlerde tek biçimliliği sağlamak amacıyla bu seferlerde proje kapsamında satın alınan CTD probu, rozet örnekleme cihazı, plankton ağı ve otoanalizörler kullanılmıştır. Sefer önceleri yapılan çalışma grubu toplantılarında da biyolojik ve kimyasal ölçümlerde kullanılan metodların esasları belirlenerek seferler sırasında herkesin aynı metodlarla ölçüm yapması sağlanmıştır. ODTÜ-DBE'de kurulan uydu yer istasyonu ve görüntü işleme biriminde Karadeniz yüzey sularının günlük sıcaklık ve renk değişimleri takip edilerek bu veriler denizde gemilerle toplanan bulgularla birleştirilmektedir.

Modelleme: 23-25 Mart 1995 tarihleri arasında Sofya'da yapılan ilk toplantıda belirlenen esaslar doğrultusunda değişik modeller Karadeniz'e uygulanmıştır. Bu modelleme çalışmaları, ODTÜ DBE ve projede yer alan diğer enstitülerden bilim adamlarının yanı sıra Virginia Deniz Bilimleri Enstitüsü, Washington Üniversitesi, Harvard Üniversitesi ve Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden bilim adamları tarafından yürütülmektedir.

Modelleme çalışmaları sonucunda, şu anda Karadeniz akıntılarının ve ekosistemi bileşenlerinin zaman içerisindeki değişimleri benzeştirilmiştir. Ayrıca Harvard Okyanus Modeli Karadeniz'e uygulanmıştır. Bu model ortak deniz seferlerinde elde edilen bulgularla başlatılmakta ve daha sonraki günlerde Karadeniz'in fiziksel kimyasal ve biyolojik durumu tahmin edilmektedir. Bu model, son günlerde okyanus bilimcilerin en çok uğraştığı konulardan biri olan denizlerdeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayların gerçek zamanda tahmini konusunda en başarılılarından birisidir. İkinci aşamada uydudan alınan verilerin modele verilmesiyle gerçek zamanlı tahminler yapılabilmektedir. Uyduların modelde verilmesiyle ilgili metod çalışmaları halen yürütülmektedir.

Projenin sonuçları 15-20 Haziran tarihlerinde Kırım'da yapılan bir çalışma grubu toplantısında projeye katılan bütün bilim adamlarının katılımıyla tartışılmıştır. Şu anda beş yıl öncesine göre Karadeniz'i daha iyi tanımakta ve meydana gelen ve gelebilecek değişimlerin sebepleri konusunda bilgi birikimine sahip bulunmaktayız. Bu bilgi birikimi ülke

ve önemli bir besin oldu; fakat geç 1980'lerde özellikle Romanya karasularında 20-40 m derinlerde artış gösteren *Melinna palmata* popülasyonunda azalmalar saptandı.

Karadeniz kıta sahanlığında hipoksi ilk kez kuzeybatı Karadeniz'de, 1970'lerin başında görüldü ve o günden bu yana hipoksi alanı 2-3.10⁶ km² den 15-40.10⁶ km² ye yükseldi; hipoksi derinliği 7-8 metreden 35-40 metreye çıktı ve bunun sonucu dip faunası çok fakirleşti. Hipoksi 100-200 ton/km² omurgasız ve balık ölümüne yol açtı; bunların %10'u yavru ve erişkin balıklardı. Daha da ilginç olanı, hipoksinin, ayrı ayrı etmenlerin etkisiyle meydana

olarak Karadeniz'i daha etkin kullanmamıza yardımcı olacaktır.

Bu projeler kapsamında yürütülen model çalışmaları ve toplanan bulgular Karadeniz'in kompleks ekosistemi anlamamıza yardımcı olurken, bölge ülkeleri deniz bilimcileri arasında sıkı bir işbirliği ve ortak çalışmalar yapılmasını sağlamıştır. NATO-TU Black Sea projesi kapsamında 100 den fazla bilim adamı beraber çalışmıştır. Bu projenin en önemli sonucu yaratılan veri tabanı ve veri tabanı işletim sistemidir. Yaratılan VTIS deniz bilimcileri tarihindeki ilk ve projede yer alan bilim adamlarının bilimsel ruhunu yansıtan mükemmel bir göstergedir. Bu sistem bundan sonra bölgede yapılacak olan çalışmalara bir taban olacaktır.

Şimdi önemli olan bundan sonra ne yapılacağıdır. Çünkü, Karadeniz'de yürütülen belli başlı projelerin hepsi 1997 yılı sonu itibarıyla sona ermiştir. Bundan sonra yapılacak çalışmaların ne olması gerektiği yapılan değişik çalışmalara ortaya konmuştur. Bu çalışmalardan ilki TÜBİTAK YDABÇAG tarafından hazırlanan Ulusal Deniz Araştırmaları Programı'dır. Bu program genelde Türkiye'yi çevreleyen denizlerde özele de Karadeniz'de yürütülecek çalışmaların ne olması gerektiğini belirlemiştir. Bu ulusal programın yanı sıra NATO tarafından desteklenen ve Prof. Ümit Ünlüata (ODTÜ-DBE) ile Garry Vest (ABD Savunma Bakanlığı Çevre Güvenliği) in ortak yönetiminde oluşturulan Karadeniz Gözlem ve Tahmin Sistemi Bilim Planı'dır. Bu çalışmalarda Karadeniz için birinci önceliğin modelleme ve gözleme dayanan entegre bir sistem yaratılmasının gerekli olduğu vurgulanmıştır. Yukarıda anılan ikinci çalışmaya "Karadeniz Gözlem ve Tahmin Sistemi"nin bileşenlerini ve bu sistemin nasıl oluşturulacağını detaylı bir şekilde belirlemiştir. Şimdi yapılması gereken Karadeniz'de yürütülecek çalışmaların bu doğrultuda yapmaktır. Bunun için de Karadeniz'de belli noktalarda zaman serileri oluşturulmaya yönelik sürekli ölçümler yaparak ekosistemin yapısını uzun süreli olarak gözlemek ve oluşan değişimleri anlamaya yönelik modelleme çalışmaları yapmaktır. Bir bütün olarak da denizin fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlerini zaman içerisinde tahmin edebilecek sayısal model geliştirmek ve toplanan zaman serisi ölçümlerinde toplanan bulguların bu modele vererek gerçek zamanlı tahminler yapmaktır. Bu sistem geliştirildiği ve etkin olarak kullanıldığı takdirde, Karadeniz'deki gemicilik, balıkçılık ve turizm faaliyetlerinin daha bilinçli yapılması ve çevreyi koruyarak daha fazla gelir elde edilmesi mümkün olacaktır.



Karadeniz'e değişik yollardan gelen ve hamsinin besinine ortak olan *Mnemiopsis leidyi*.

geldiği alanlarda bile 8-10 ay sürmesidir. Bu durum büyümekte olan yeni kuşak faunayı da yok etmektedir.

Şimdilerde özellikle Romanya karasularında derin deniz omurgasızları; kabuklular, midyeler ve poliketler kesinlikle yok olmuştur. Ayrıca, makroalgler ve zosterla otu azalmaları hayvanların da azalmasına yol açmıştır. Örneğin yıllar önce Karadeniz'de dip-te 1 m² lik bir *Cystoseira* alanı 530-1240.10⁶ hayvan yaşamını sürdürürken ve burada toplam biyokütle 1200-2800 g/m² iken, zamanla bu *Cystoseira* ve *Phyllophora* çayırlarının tükenmesi hayvanların yok olmasına neden oldu.

Midyelerin ölmesi sonucu su filtrasyonu ve organik madde çökmesi azalmış, buna karşı bakteri, bitkisel plankton ve suda asılı maddelerin (süspansiyon) miktarı artmıştır.

Karadeniz şimdi ticari dip hayvanları ve bitkileri hemen tamamen ölmüş ilk denizdir. (Bu sav, L.D. Mee'nin 1992'de yazdığı, "Karadeniz Krizde" başlıklı *Ambio* dergisinde yayınlanan makalesinde belirtilmektedir.)

Karadeniz'deki Yeni Türler: Karadeniz'e değişik yollardan gelen bazı planktonik organizmalar besin zincirini önemli ölçüde etkilemiştir. Bunlardan en önemlisi hamsinin besinine ortak olan *Mnemiopsis leidyi* 'dir. *Mnemiopsis*'in Amerika limanlarından Odessa'ya malzeme taşıyan gemilerin balast suyuyla Karadeniz'e geldiği sanılıyor. Bu tür ilk kez 1987'de Karadeniz'in kuzey kıyılarında gözlenmiştir. Bu hayvan yumuşak ve saydam vücutunda taşıdığı %95'lik su ile medüzlere benziyordu. Mikrofauna olan medüzlerin aksine makrofauna olan *Mnemiopsis*, 1 cm'den büyük bazı besin organizmalarını da tüketebiliyordu; şöyle de denebilir: O etkin bir hayvansal plankton tüketicisiydi



Bir balıkçı Romanya'nın Mamaya Plajı'nda balık yemi olarak *Mya* topluyor

di ve özel bir beslenme davranışı vardı. Öyle ki hamsi dahil balık yumurta ve larvaları onun severek tükettiği besinlerdi. Bu canlı 1988'de bütün Karadeniz'i sardı sarmaladı. Biyokütelleri açık denizde 1 kg/m² ve kıyı sularında 5 kg/m² idi. 1991-1992'de ise biyokütlesi

Tablo 2: İnsan Eliyle Oluşmuş Değişmeler

| Jeomorfolojik değişmeler | |
|--|-------|
| Sedimentasyon artışı | ++(+) |
| Sahil erozyonu ve erozyondan korunma | ++ |
| Havzada hidroteknik inşaat | ++(+) |
| Kum çıkarma | + |
| Ser ve yol yapımı | + |
| Liman büyüme, dip tarama | + |
| Kumlu kıyıların granülometri değişimi | + |
| Fiziksel değişim | |
| Akıntılar, kıyı mühendislik işleri | + |
| İrmak dışı akış, yıllık | ++ |
| Su saydamlığı | ++ |
| Kimyasal değişim | |
| Besin tuzları artışı | +++ |
| Tehlikeli kimyasal maddelerin artışı | + |
| N/P oranı değişimi | ++ |
| Anoksi, H ₂ S ve abiyotik zon artışları | |
| Derinlerde | 0 |
| Siğalarda | +++ |
| Biyotik değişim | |
| Primer üretim artışı | +++ |
| Kıyı | ++ |
| Açık deniz | +++ |
| Yosun artışı | +++ |
| Sekonder üretim artışı | +++ |
| Dip hayvanlarında değişim | +++ |
| Dip bitkilerinde değişim | +++ |
| Balık faunası değişimi | +++ |
| Deniz memelilerinin azalışı | ++ |
| Tür çeşitliliğinin azalışı | ++ |
| Kısa ömürlü türlerin artışı | ++ |
| Küçük biotanın artışı | ++ |
| Besin zinciri uzunluğunun azalışı | ++ |
| Yeni türlerin artışı | ++(+) |
| Kullanmanın bozulması | |
| Balık tüketiminin sınırlandırılması | 0 |
| Dip taramanın sınırlandırılması | 0 |
| Zararlı yosunlar | ++ |
| Plaj kapatma | + |
| Estetik bozulma | + |
| Endüstri ve liman aktiviteleri maliyetlerinin artışı | 0 |

Tabloda, (+) "bir ölçüde" ve (+++) "büyük ölçüde" anlamına gelmektedir.

10-12 kg/m² ye erişti. Karadeniz'de *M. leidyi*'nin bu aşırı çoğalması birçok kopepod türünün 15-40 kat azalmasına yol açtı. *Aurelia* biyokütlesi de erken 1980'lerde bulunan seviyenin %5'ine kadar indi. Şimdilerde Karadeniz'de besin zincirinin sonu *Aurelia* ve *Mnemiopsis*'tir.

Görüldüğü gibi Karadeniz'e yeni gelen türler eski türlerle rekabete girmiş ve bazen de onların yerini almıştır. Bu doğal bir ortama yeni türler sokmanın genelde ortaya çıkardığı sakıncaya örnektir.

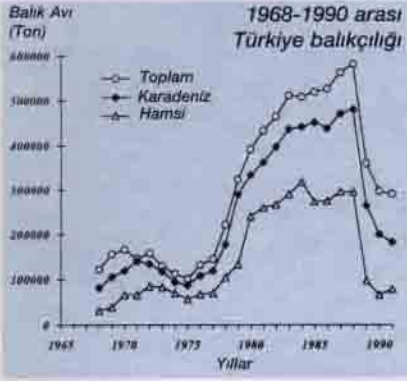
Karadeniz'de Balık Faunası ve Balıkçılık: Besin tuzlarının orta derecede artışı oligotrofik sistemlerde balık stokunu artırır; ancak aşırı besin tuzu bulunması zararlı da olabilir. Karadeniz'de birçok balık türünün üreme ve beslenme alanlarını kaybetmelerinin nedeni, makrofitik popülasyonlar veya onların besin zincirinin kopuşuydu.

1970 başlarından beri kuzeybatı Karadeniz'de birçok, ekonomik olarak önemli balıklarda azalma gözlemlendi. Örneğin torik, uskumru ve lüfer stokları çok azaldı. Karadeniz kalkanı, pisi balığı ve hortumlu dilbalığının yumurtlama alanları deniz kirliliği sonucunda tahrip oldu.

Hamsi ve çaça balığı sayısı bir ara arttı; ama 1987-1991 yılları arasında hamsinin besini azalınca, hamside de azalma görüldü. Bunun yanında planktonik kopepodlarla beslenen çaça balığı ön sıralara yükseldi.

Karadeniz'de 1960'lara kadar 26 balık türü yakalanırken bu sayı 1980'lerde 6'ya düştü. Karadeniz'de tutulan toplam balık son 50 yılda, balıkçılığın gelişmesi sayesinde geç 1930'larda 86 000 tondan 1980 ortalarında 900 000 tonu aştı ve bunun %80'ini hamsi ve çaça balığı oluşturuyordu; fakat 1992'de bu rakam 100 000 tona düştü. 1970'lerde geleneksel delta balıkçılığı ağır zarar gördü. Örneğin, Tuna nehri deltasında mersinbalığı avı 1970 başlarında 150-200 ton iken bu 1983'te 50 tona ve 1990'da 4 tona düşmüştü. Yine Dinyester nehri deltasında 1970'lerin sonlarında mersinbalığı avı 1950'lere göre 5 kat azalmıştı.

Son yıllarda ise balıkçılık Karadeniz'de iyice çöktü. Hipoksi, örneğin Romanya sahil sularında dip balıklarının %50 azalması, Karadeniz'de hamsi yakalanması ötrofikasyon ve özellikle planktonlarla beslenen balıkların aşırı



üremesine yol açan yabancı bir türün, *Mnemiopsis*'in Karadeniz'e girmesi sonucu çok azaldı. Örneğin Türkiye'de hamsi yakalama 1988'de 295 000 ton iken 1990'da 66 000 tona düşüyordu.

Şimdilerde Karadeniz'de yunus, uskumru, lüfer, torik ve mersin gibi et yiyici türler iyice azaldı ve onların yerini derin deniz omnivor balıkları aldı.

Özellikle şunu belirtmeden geçemeyeceğiz: 1950'lerde Karadeniz'de 1 milyon yunus vardı, bu sayı 1980 başlarında 100 000'nin altına düşmüştür.

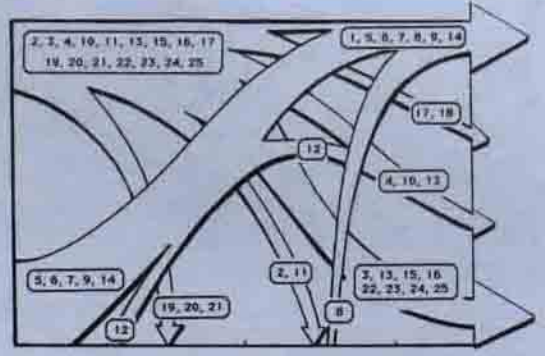
Kısaca dökümlüdüğümüz bütün bu bilimsel veriler bize gösteriyor ki Karadeniz'deki ekosistem değişimleri karşısında Karadeniz artık sevda türküleri söylemiyor, ağıt yakıyor. Bu ağıtı yakıtıran nedenler ise yani Karadeniz'in ekosistemlerini, yaşam kaynaklarını çökeren nedenler fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozulma, deniz ötrofikasyonu ve insan eliyle yapılan değişimlerdir.

Peki ne olacak? Bu konuda Kıyıları-razası Tanı Analiz Stratejik Hareket Planı'nda belirtilen durum tespiti ve sonuçları, hem Karadeniz'in sorununu ortaya koyuyor hem de yapılması gerekenlere açıklık getiriyor. Örneğin, rapora göre, Karadeniz'e gelen besinler karasal tabanlıdır ve nehirler aracılığıyla buraya getirilir. Tuna nehri ise bu duruma yol açan en önemli etmendir. O halde Karadeniz'in geniş alanlarında meydana gelen bu gübrelemeye karşı, Karadeniz'e kıyısı olan her ülke üzerine düşeni yapmak durumundadır. Yine, artırılmamış veya yeterince artırılmamış lağım sularının Karadeniz'e akışı mikrobiyolojik kirlilikle sonuçlanır ki bu durum halk sağlığını tehdit ettiği gibi gelişmekte olan turizm ve deniz kültürünü de etkilemektedir.

Petrol de Karadeniz'in ekosistemini etkileyen önemli bir unsurdur. Petrolün bir kısmı kazalarla, bir kısmı borulardan atık olarak ve yarısından fazlası

Karadeniz kuzeybatı sularında bitki ve hayvan değişimleri

- Dinoflagellates
- 1. *Procentrum cordatum*
- Makroalgler
- 2. *Cystoseira barbata*
- 3. *Phylophora*
- Denizotları
- 4. *Zostera*
- Tek Hücreli
- 5. *Mesodinium rubrum*
- 6. *Noctiluca miliaris*
- Deniz anası
- 7. *Aurelia aurita*
- Ktenofor
- 8. *Mnemiopsis leidyi*
- Yumuşakça
- 9. *Rapana venosa*
- 10. *Mytilus galloprovincialis*
- 11. *Ostrea edulis*
- 11. *Mya arenaria*



1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990

- Kabuklu
- 12 *Centropages kroeyeri*
- 13 *Oithana nana*
- 14 *Penilla avirostris*
- 15 *Crangon crangon*
- Balık
- 16 Hamsi
- 17 At uskumrusu
- 18 Uskumru
- 19 Torik
- 20 Tuna balığı
- 21 Kaya balığı
- 22 Kalkan balığı
- 23 Pisi balığı
- Memeli
- 24 Yunus

da Tuna nehri aracılığıyla Karadeniz'in sularına karışmaktadır.

Balık kaynaklarının, hem de balıkçılık politikalarının yetersizliği Karadeniz'de sürdürülebilir bir kalkıma engel olabilmektedir. Karadeniz'deki çoğu balık stokları bu kirlenme yüzünden tehlike altındadır. Öte yandan, gelişmiş teknolojiler kullanılarak yapılan balık avcılığı balığa hiçbir şans tanıtmakta ve yavru, ergin demeden her türlü balık acımasızca yakalanmaktadır. Yani kısaca Karadeniz'in ekosistemi birden fazla yönden ciddi risk altındadır. Ancak bütün bu sorunların çözümsüz, Karadeniz'deki bozulmanın geri dönüşsüz olduğu anlaşılmalıdır. Örneğin, son 4-5 yıllık çevre göz-

lemlerinden, Karadeniz ekosisteminin bazı bölgelerde iyileşme yönünde gelişimde bulunduğu saptanmıştır. Bunun nedeniyse, bu bölgelerdeki ekonomik hareketliliğin inişe geçmiş olmasının dolaylı sonucu olarak görülüyor. Ayrıca, bu bölgelerde hükümetlerce bir dereceye kadar koruma önlemleri de alınmıştır. Zaten Karadeniz'i ve çevresini kurtarma savaşımı ekonomik düzelmeye ve gelişmeye sağlandııkça sürecektir. Karadeniz'in kaynaklarını ve sorunlarını Gürcistan, Romanya, Rusya, Türkiye ve Ukrayna gibi Karadeniz'e kıyısı olan ülkeler paylaşıyorlar. Paylaşılan kaynakların yönetimi de bu ülkelerin sorumluluğunda; ancak, denizin, hava ve su kirliliğinin denetimi öteki ülkeler arasında da paylaşılmalı ki sorunlar küçülebilin. Bunun için de ortak stratejiler geliştirmeye, yasal ve politik amaçları harmanlamaya büyük gereksinim vardır. Tıpkı TÜBİTAK'ın Nato ile Karadeniz için el ele vermesi gibi.

Gülğün Akbaba

Konu Danışmanı: Şükrü Beşiktepe
Doç.Dr., ODTÜ Erdemli Deniz Bilimleri Enst.

Kaynaklar

- Boovstin, D. J. *Keçifler ve Balıklar*, Türkçesi: Fatos Dilber, T. 14 Bankası Kültür Yayınları, Ankara, 1994, s. 575
- Comert B. *Mitoloji ve İkonografi*, HÜ Sosyal ve İdari Bilimler Fak. Sanat Tarihi Böl. Yay. Ankara, 1980
- Çetin, N. "Karadeniz", *Karadeniz'in Sesi*, Sayı 6, Şubat 1988 <http://www.tesp.org.informe/him/chefelov/chapt06.htm>
- Karadeniz'de Stok Tespiti Projesi (Balıkçılık Araştırmaları)*, ODTÜ Deniz Bilimleri Enst. ve TKB Su Ürünleri Araş. Enst., Ankara, 1995
- Karadeniz Kıyısındaki Balık Stoklarının Tespiti*, 1990 Yılı Raporu, ODTÜ Erdemli Deniz Bilimleri Enst. ve TOKB Trabzon Su Ürünleri Araş. Enst., 1991
- Kıdeys, A. E. Recent dramatic changes in the Black Sea ecosystem: The Reasons for the sharp decline in Turkish anchovy fisheries. *J. Mar. Syst.* 5, 171-181, 1994
- Leppökoski and Pii Elena Mihnea, "Enclosed Seas Under Man-Induced Change: A Comparison Between the Baltic and Black Seas." *Ambio* Vol 25, No 6, Sept 1996

