

KANAL İSTANBUL'UN AKINTILAR, DENİZ EKOSİSTEMİ VE BÖLGESEL İKLİM ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Prof. Dr. Emin Özsoy*, Prof. Dr. Cemal Saydam**

Planlanan Kanal İstanbul nam-ı diğer Çılgın Proje, bilindiği gibi iki denizi birleştiren bir su yolu şeklinde oluşturulmuştur. Bir yatırım ve kâr aracı olarak sermaye kurumları tarafından desteklenen, lehinde ve aleyhinde pek çok değerlendirme ve eleştiri yapılmış böylesine büyük bir projenin yapılmasına ancak ayrıntılı bilimsel ve teknik çalışmalar sonunda karar verilebilir. Ulusal doğal ve mali servetin kullanılacağı (ve belki de bu çalışmalar yapılmadan karar verilirse heba edilebileceği) bir projede, insanlığın doğal ve kültürel mirası ve yaşam alanı olan denizlere yapılacak müdahalenin etkileri tümüyle, yansız ve bilimsel/teknik değerlendirmeler yapılmadan uygulamaya geçilmesi kesinlikle kabul edilemez. Geniş çaplı fiziksel, iklimsel, ekolojik, sosyo-ekonomik sonuçları olabilecek bir konuda gerekli incelemelerin çok geniş tutulması ve bilimsel incelemelere öncelik ve ağırlık verilmesi gerekmektedir.

Dünyada şimdiye kadar gerçekleştirilen ve doğaya ve toplumlara yarar ve zarar hesapları netleşmeyen bir yığın benzer proje bulunmaktadır. Büyük, hatta kıtasal ölçekte iklimsel, çevresel ve ekolojik, hatta sosyo-ekonomik sonuçları olabilecek bu gibi devasa bir projede çok detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır ve bunu yapmayan, çevre konusunda duyarsız toplumların girişimleri bazı hallerde uluslararası toplumun tepki ve değerlendirmeleriyle sonuçlanmıştır. Kaldı ki, bu gibi projeler aynı devletin toprakları içindeki alanları ve toplumları ilgilendirse bile, Sovyet Rusya örneğinde olduğu gibi, bölgesel iklime olası etkileri nedeniyle uluslararası toplumun tepkisini çekmiştir. Kanal İstanbul önerisi, sadece Marmara Denizi'ni değil, kıyılarında pek çok ülkenin ve yoğun insan topluluklarının yer aldığı iki büyük denizi etkileyebilecektir. Dolayısıyla uluslararası toplumu dikkate almadan karar verilebilecek bir öneri değildir.

*Prof. Dr. Emin Özsoy (Denizbilimci) ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü, Fiziksel Oşinografi Bölümü Öğretim Üyesi. Çalışma konuları: Türk Bağazlar Sistemi, Karadeniz ve Doğu Akdeniz oşinografisi, hidrodinamik ve ekosistem modelleri, operasyonel oşinografi ve meteoroloji, atmosferik taşınım modelleri, Doğu Akdeniz tsunamileri, gelgit ve sediman hareketleri, denizbilim tarihi.

**Prof. Dr. Cemal Saydam (Denizbilimci) Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi. ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü emekli Öğretim Üyesi. Çalışma konuları: Çöl kökenli tozlar ve tabiat ilişkisi, akıllı bulut yönetimi, Türk denizlerinin yapısal özellikleri, NOAA ve ESA uydu verilerinin çeşitli amaçlar doğrultusunda kullanılması.

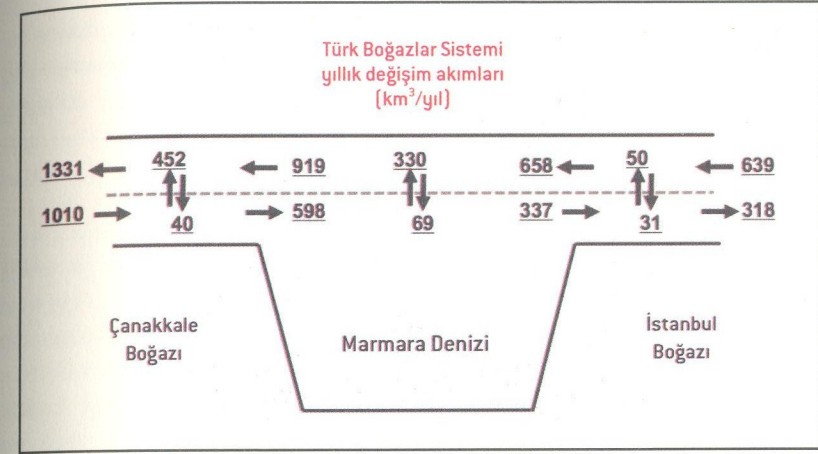
Karadeniz ile Akdeniz arasındaki etkileşimi sağlayan, su, ısı ve kütle taşınımını, ayrıca kıtalar ve denizler arasında insan, mal, enerji geçişlerini denetleyen Boğazlar ve Marmara Denizi'nin oluşturduğu Türk Boğazlar Sistemi (TBS), yerkürede sadece kendine has özellikler taşıyan iki tabakalı bir su ve akım yapısına sahiptir. Bu sistemi bir başka deniz ile benzeştirmek ve diğer kanal sistemleri gibi düşünmek olanaksızdır. Bu sistemin özelliklerini bilmeden, Panama, Süveyş, Korint örneklerinin bile ne zahmetli süreçlerle yapılabildiği veya olası olumsuz etkileri gözetilerek on yıllardır yapılmasına karar verilemeyen benzer projelerin varlığı yadsınarak, Marmara Denizi'nde ve komşu denizlerde geri dönüşü olmayacak olumsuz tablolara yol açabilecek bir öneriyi hayata geçirmeye çalışmak son derece yanıltıcıdır.

Üstelik projenin tasarımının ayrıntıları, hatta nereden geçeceği bile kamuoyuna sunulmamıştır. Bu gizli projenin detaylarının bir an önce açıklanması ve projenin gerçekleştirilme aşamasına geçilmeden kanalın Marmara Denizi'ne olası etkilerinin bu denizlere has özellikler göz önüne alınarak, geniş çerçevede incelenmesi, bilimsel incelemelerin devlet eliyle ilgili bilim kurumlarına yaptırılması, uluslararası bilim toplumu ile paylaşılması ve görüş alınması mutlaka gerekmektedir.

Nitelikli denizbilim çalışmalarıyla, çevre denizlerimiz olan Akdeniz, Ege Denizi, Türk Boğazlar Sistemi ve Karadeniz'in akıntılarını, fiziksel ve ekosistem davranışını tanıyan, etkileşimlerini tahmin etme yetisini uluslararası alanda kanıtlamış bir denizbilim (oşinografi) altyapısı ve deneyimi ülkemizde mevcuttur. Ancak, böylesine geniş çaplı projelerin etkilerinin değerlendirilebilmesi için özgün bilimsel çalışmaların yapılması gerekir. Ülkemiz bilimi, istenirse bu yeni sorulara da yanıt arama yetisine sahiptir. Karadeniz ile Marmara'yı herhangi iki deniz gibi birleştirmek, halen olumsuz etkiler ve büyük çevresel riskler altında bulunan Marmara Denizi'ni ve hatta bir taşına cihan değer İstanbul ve çevresini tümüyle yaşanmaz bir hale getirme potansiyeline sahiptir. Bu etkiler özellikle bu konuda uzmanlaşmış bilim toplumu tarafından tüm ayrıntılarıyla incelenmeden böyle bir projenin gerçekleşmesi düşünülemez.

Türk Boğazlar Sistemi'nde kütle korunumu gereğince hesaplanan ve Şekil 1'de verilen yıllık ortalama su akıları (Ünlüata et al. 1990), İstanbul Boğazı'nın alt tabakasındaki Akdeniz suyu ve üstteki Karadeniz suyu arasındaki tuzluluk oranının yaklaşık olarak $S2/S1 = 38.5/18.0 \approx 2$ değerini sağladığını gösterir. Boğazlarda uzun dönemli ortalama kütle dengesi ise Karadeniz ve Türk Boğazlar sisteminin ortak su bütçesine göre İstanbul Boğazı akımları arasında $Q1/Q2 = 658/337 \approx 2$ oranını doğrular.

Karadeniz'den Ege Denizi'ne doğru gidildikçe, yatay ve dikey su transferleri ile Karadeniz'den giren üst suların hacmi Ege Denizi'ne varıncaya kadar iki misli artarken, Ege'den giren alt suların ise ancak %30'u Karadeniz'e ulaşır.



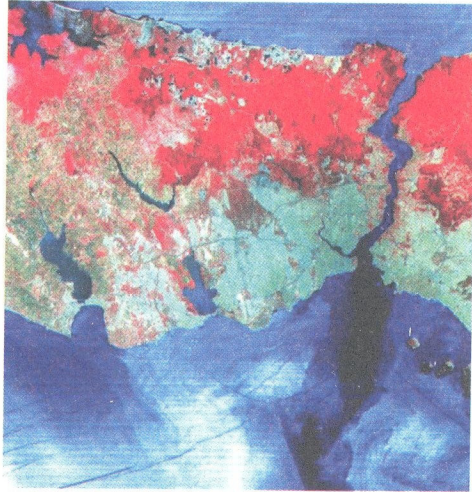
Şekil 1: Boğaz Çıkış Kesitlerinde Gözlenen Ortalama Tuzluluk ve Karadeniz Su Bütçesinden Hesaplanan Türk Boğazlar Sistemi (TBS) Yatay Değişim ve Katmanlar Arası Geçiş Akıları

Türk Boğazlar Sistemi'ndeki yoğunluk katmanlaşmalı ve türbülanslı akımlar, özellikle Boğazlardaki topoğrafik engellerde hidrolik kontrol ve hidrolik sıçramalar yaratır ve bu kontrol mekanizmaları, komşu denizlerin fiziksel özelliklerini ve davranışını birinci derecede belirleyen etkenlerdendir (Gregg et al., 1999; Gregg ve Özsoy, 1999, 2002; Özsoy et al., 2001, Sözer, 2013). Özellikle iki deniz arasındaki değişime en ciddi engeli teşkil eden İstanbul Boğazı, en az iki yerde tabi olduğu hidrolik kontroller ile yaratılan maksimal değişim rejimi sayesinde dünyada benzersiz bir konuma sahiptir. Model çalışmalarıyla da gösterildiği gibi, maksimal değişim rejimi, komşu denizlerin iç salımlarının birbirine iletilmesini engeller (Özsoy et al., 2001, Sözer 2013). İşte İstanbul Boğazı bu kadar özel koşullara sahiptir ve Karadeniz ile Akdeniz arasındaki etkileşim, İstanbul Boğazı'nın tek başına sağladığı eşsiz doğal dizginlerle kontrol edilmektedir.

İstanbul Boğazı'ndan güneye doğru ilerleyen jet akımının İstanbul Boğazı'nın Karadeniz'den Marmara'ya madde taşıma işlevi (Şekil 2) ve yüzey sıcaklık dağılımı üzerine etkisi (Şekil 3) ve akım yönü üstündeki küçük adaların (Sivriada, Hayırsızada ve Yassıada) jeti ikiye bölmesi, infrared dalga boylarındaki resimlerde sergilenmektedir.



Şekil 2: 16 Nisan 2004 Tarihli Uluslararası Uzay İstasyonu Programı, Astronot Fotoğrafı, ISS008-E-21752, 200mm lens, Kodak DCS760 kamera, NASA, [http://visibleearth.nasa.gov/view.php%253Fid=4466]

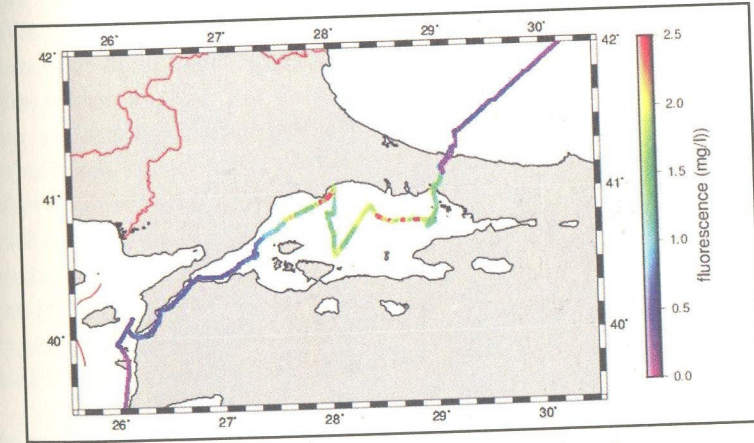


Şekil 3: 16 Haziran 2000 ASTER Uydu Resmi
NASA/GSFC/METI/Japan Space Systems, U.S./Japan ASTER Science Team
[http://asterweb.jpl.nasa.gov/gallery-detail.asp?name=Istanbul]

Ölçümlerde olduğu kadar, bilimsel inceleme araçları olan hidrodinamik model sonuçlarında da Türk Boğazlar Sistemi boyunca deniz suyu özelliklerinin hızla değiştiği görülebilir. En hızlı değişimlerin olduğu yerler

ise İstanbul ve Çanakkale Boğazları ile bunların komşu denizlere bağlandığı yerlerde gerçekleşir. Özellikle İstanbul Boğazı Marmara çıkışındaki jet akımı, Marmara Denizi'nde dikey yönde alt ve üst tabakalar arası ve yatay yönde madde (ve besin) taşınımını birinci derecede etkiler. Üst akımın jet etkisiyle alt akımdan su kapması sonucunda, Şekil 1'de gösterildiği gibi, İstanbul Boğazı'ndan Marmara'ya ulaşan üst akım, Marmara Denizi'ni geçerek Çanakkale Boğazı'na ulaştığında yaklaşık %50 oranında artmış olur; üst tabakaya girdi ise büyük oranda İstanbul açıklarındaki jet akımının katkısıyla gerçekleşmektedir.

Türk Boğazlar sistemi ve komşu denizlerde elde edilen klorofil-a derişimleri (Şekil 4), en yüksek değerlerin Marmara Denizi içerisinde gerçekleştiğini, bu değerlerin, komşu denizlere ve hatta yüksek üretime sahip Karadeniz'e göre bile yüksek olduğunu göstermektedir. Uydu verilerinden elde edilebilen klorofil ölçümlerinin ortalama değerleri de aynı sonucu doğrulamaktadır. Özetle, Marmara Denizi halen sürekli ötrofikasyon sonucunda can cekişen bir denizdir ve bahar aylarında artmakla birlikte, hemen hemen yılın her döneminde, jet etkisi ve buna ek olarak rüzgâr karışımı ile üst sulara pompalanan besin, sürekli plankton üretimine ve buna bağlı diğer canlıların aşırı derecelerde üremesine neden olmaktadır. Bu da Marmara Denizi'nde çalışan deniz biyologlarının işini zorlaştırmaktadır, çünkü örnekleme ağları sürekli zooplankton ve çeşitli küçük canlılarca tıkanmakta ve ölçüm yapmaları bazen olanaksız hale gelmektedir.



Şekil 4: Nisan 2008'de Sürekli Örnekleme ile
ODTÜ R/V Bilim Gemisi Rotası Üzerinde Elde Edilen Klorofil-a Derişimleri

Bu yoğun ötrofikasyon ortamında Marmara Denizi'nde son yıllarda toksik alg patlamalarının da yaşandığı bilinmektedir. Burada 24 Nisan - 29 Nisan

2013 tarihleri arasında yaşanan toksik, zararlı alg patlaması (harmful algae bloom - HAB) olayını ve İstanbul Boğazı jet akımlarıyla ilişkisini ortaya koymakta yarar vardır. 24 Nisan gazete haberlerinde Tekirdağ kıyılarında turuncu renkte olası bir alg patlaması yer almıştır (Şekil 5). 28 Nisan tarihinde Yeşilköy yönünde ilerleyen bir yolcu uçağından elde edilen resimlerde ise (Şekil 6) portakal renkli birikimlerin oldukça geniş alanlara yayıldığı görülmüştür.



Şekil 5: 24 Nisan 2013 Tarihli Milliyet Gazetesi Haberinde Tekirdağ Kıyılarında Gözlenen Olası Toksik Alg Patlaması
[<http://gundem.milliyet.com.tr/marmara-da-korkutan-tablo/gundem/gundemdetay/24.04.2013/1697729/default.htm>]



Şekil 6: Marmara Denizi Üzerinde Uçaktan Elde Edilen Resimler, 28 Nisan 2013
[Foto: Dr. Bettina Fach, IMS-METU]

İncelenen örneklerde (İÜ ve MAM) Noctiluca Scintillans adlı toksik alg saptanmıştır. Bu süre içinde elde edilen bir dizi MODIS Aqua uydu resminde, İstanbul Boğazı jetinin ve etkilediği alanın sınırlarında ve dışındaki bölgelerde yüzeyde anormal birikimler saptanmıştır (Şekil 7). Jet civarındaki deniz alanının büyütülmüş renkli resimlerinde ise (Şekil 8), jetin sınırlarındaki farklı suların karşılaştığı cephelerde birikimler görülmektedir. Böylece, anılan dönemde en az 4-5 gün süre ile Marmara Denizi'nde büyük ölçekli bir zararlı alg patlamasının yer almış olduğu anlaşılmaktadır.

Yukarıda anılan sadece geniş ölçekte gözlenme olanağı bulunan bir örnektir ve daha başka zamanlarda yapılan tekil ölçümler ve analizler ise Marmara Denizi'nde benzer olayların giderek arttığını göstermektedir. Şekil 2, Şekil 3, Şekil 7 ve Şekil 8, İstanbul Boğazı'ndan Marmara'ya çıkan jet akımının bu olaydaki rolünü ortaya koymaktadır. Özellikle, jet sınırlarında ve izleyen resirkülasyon bölgelerinde küçük ölçekli çeşitli denizel cephelerde bir kısmı canlı olduğu anlaşılan madde birikimlerinin farklı renklerdeki İstanbul Boğazı kaynaklı jet suları ile Marmara suları arasında yer aldığı izlenmektedir.

Plankton üretiminin doğal bir sonucu, "kendini gölgeleme" yoluyla üretim için gerekli (fakat fazlası sınırlayıcı olan) ışık geçirgenliğini etkilemesidir. Türk Boğazlar Sistemi'nde üst katmanın altına hemen hemen hiç ışık geçmemekte, birincil üretim sadece yüzeye yakın katmanda gerçekleşmektedir. Bunun sonucunda yüzey katmanda aşırı üretimle oluşan artıklar ve bozunma ürünleri tabana çökmektedir. Türbülans çoğu yerde, özellikle derin kesimlerde, rüzgârlarla karıştırılan üst katman akımıyla sınırlıdır ve dolayısıyla yüzeydeki oksijenin aşağıya doğru iletilmesi engellenmiştir. Aslında Marmara Denizi'nin derin kesimine oksijen hemen hemen sadece Çanakkale Boğazı'ndan giren Akdeniz sularınca sağlanır ve bu nedenle Karadeniz'dekinin benzeri oksijensiz (anoksik) koşullar en azından bugüne kadar oluşmamıştır (Beşiktepe et al., 1993, 1994). Ancak tarihsel verilere bakıldığında, uzun yıllar içinde özellikle alt ve üst sular arasındaki bölgede oksijenin bir miktar azaldığı görülmektedir. Yine çevre denizlerden ve karasal girdilerden çabuk etkilenen Marmara Denizi'nde artan olumsuz koşulların, önlem alınmaması halinde, daha büyük yıkımlara gebe olduğu öngörülebilir.

Halen kaykay, musilaj, toksik alg patlamaları gibi olaylar Marmara Denizi'nde giderek artan oranlarda yaşanmaya başlanmıştır. Karadeniz'den güneye yönelik akımın ve madde taşınımının kolaylaştırılması Marmara Denizi'nde bugünkünden çok daha büyük oranda ötrofikasyona; artan alg patlaması, red tide, kay-kay, müsilaj olaylarına neden olarak daha fazla organik madde çökmesine yol açacak, alt su kütlesi oksijen yetersizliğinden (hypoxia) oksijensiz koşullara (anoxia) doğru değişebilecektir.



Şekil 7: Marmara Denizi 25 Nisan 2013 Tarihli MODIS Uydu Resmi



Şekil 8: Marmara Denizi 25 Nisan 2013 Tarihli MODIS Uydu Resmi

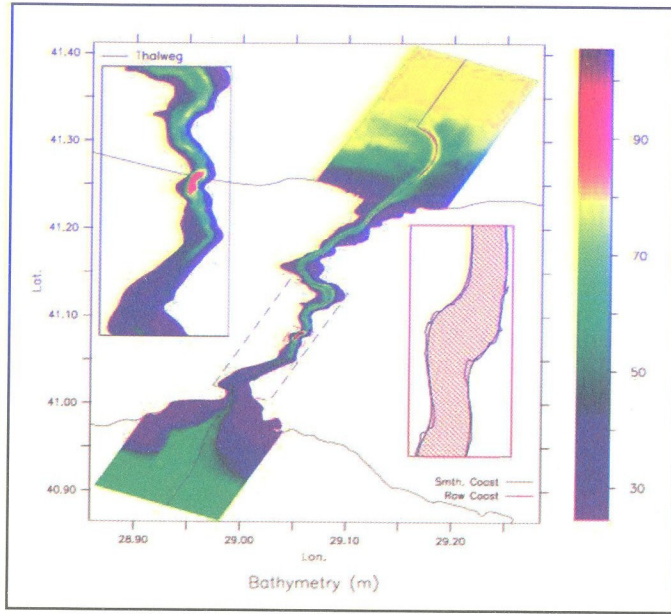
Pelajik canlıların, balık göç yol ve davranışının, kışlama alanlarının etkilenmesi, Marmara'nın hemen hemen yarısını kaplayan sığ bölgelerde taban canlılarının yok olması kaçınılmaz olabilir. Etkiler yalnız Marmara ile sınırlı kalmayıp Çanakkale Boğazı ve hatta kuzey Ege'ye kadar ulaşabilecektir.

İstanbul Boğazı alt akımı ile sağlanan oksijen hemen tüketildiği için Karadeniz'in derinlikleri tümüyle oksijensizdir ve dikey dolaşım bu suların türbülanslı girişim ile sağladıkları akılar sonucunda oluşur. Bölgesel hidrolojik döngü ile ilişkili olarak Karadeniz ile Akdeniz arasında gerçekleşen su seviyesi farkları iki deniz arasındaki akım miktarları ile doğrudan ilişkilidir. Bu da Karadeniz'deki tabakalaşmayı etkiler. Bu etkiler ise dikey dolaşım yoluyla fiziksel koşullara ve dolayısıyla ekosisteme yansır.

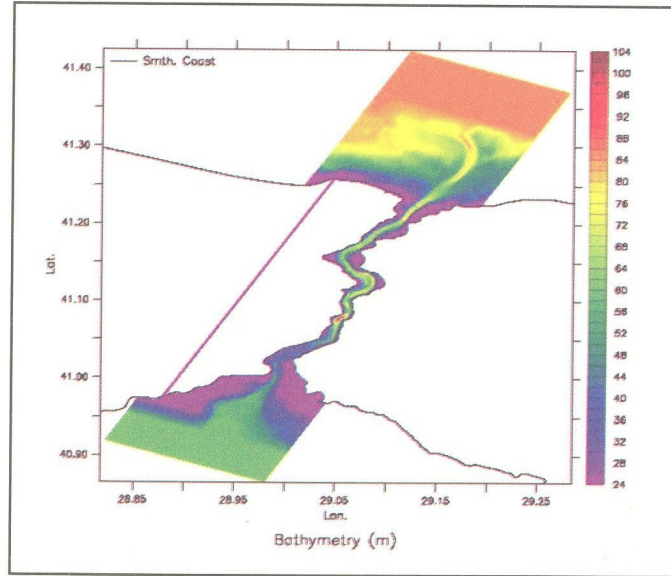
Karadeniz bugün ötrofikasyon (besin fazlalığı) olarak bilinen ekosistem dengesizliğini fazlasıyla ve büyük ölçekte yaşamaktadır. Kısmen iklimsel hidro-meteorolojik koşulların zorlamasıyla 1993 yılından itibaren deniz ürünlerinde ani bir çöküş ve ekosistemde rejim kayması da görülmektedir (Oğuz ve diğ., 2006). Marmara'daki birincil üretim ve klorofil yoğunluğu çoğu zaman Karadeniz'den daha yüksektir. Bunun sonucunda, Marmara Denizi'nde Karadeniz'den daha da büyük etkiler sergilenmektedir. Son yıllarda yaşanan, balıkçıların ağlarını ve denizin yüzeyini kaplayan "kaykay" gibi olaylar bu duyarlı ekosistemin, Karadeniz'de de olduğu gibi, sanayileşme öncesi normal koşullarından çok fazla saptığını hatırlatmaktadır.

Marmara Denizi alt sularının yenilenme zamanı hacimsel basit hesaplamalarla 6-7 yıl olarak tahmin edilse de, kloroflorokarbon izleyiciler ile (Lee ve diğ., 2002) 12-19 yıl gibi daha uzun süreler belirlenmiştir. Karadeniz'de ise Soğuk Ara Katman'da (Cold Intermediate Layer, CIL) 5 yıl olan bu süre 500 m derinlikte 625 yıl ve tabanda ise 2000-3000 yıla kadar çıkar. Marmara'da bugünkünden çok daha olumsuz koşullara ulaşılır ve oksijen kullanımı artarsa yenilenme süresi uzun olan derin basendeki alt sularda oksijensiz koşullara doğru evrim gerçekleşebilir.

Yukarıdaki bilgilerle birlikte son yıllarda yapılan incelemeler, yüzey tabakasında biyolojik birincil üretim ve dolayısıyla diğer türlerin üretiminin ve ötrofikasyon süreçlerinin en üst düzeyde olduğunu göstermektedir ve zaten uzun dönemde sistemin karşılaştığı asıl risk de budur. Gemi trafiği, endüstriyel ve insansal karasal kirleticiler var olan problemi daha da artırıcı etkenlerdir. Bu durumun artarak sürmesi ve önlem alınmaması halinde, ötrofikasyon sürecinin oksijeni daha fazla tüketeceği ve büyüyen yükler altında bugüne kadar gerçekleşmemişse bile, sistemin Karadeniz'deki oksijensiz (anoksik) derin sulara doğru evrileceği varsayılabilir.



Şekil 9: İstanbul Boğazı Model Çalışmalarında Kullanılan İstanbul Boğazı Konfigürasyonları ve Model Batimetritleri (Sözer 2013)



Şekil 10: İstanbul Boğazı Model Çalışmalarında Kullanılan İstanbul Boğazı + Kanal İstanbul Konfigürasyonları ve Model Batimetritleri (Sözer 2013).

İçerdiği türbülanslı ve katmanlaşmış akım rejimi, karmaşık topografya etkileşimleri ve özgün hidrolik kontroller ve enerji sıçramaları bulunan İstanbul Boğazı'nın modellenmesi, açık deniz koşullarındaki okyanus modellerine göre çok daha güçtür. En kapsamlı süreç ve parameterizasyon seçeneklerine sahip üç boyutlu hidrodinamik modellerin ideal koşullarda ve İstanbul Boğazı'nın özgün topografya ve rezervuar koşullarına uyumlu olarak geliştirilmesi, şu an yanıt bekleyen pek çok soruyu yanıtlamaya yetiyor olsa da (Sözer, 2013), yeni ve artan karmaşık soruların yanıtlanması daha gelişmiş ve sadece İstanbul ve Çanakkale Boğazlarının değil, Türk Boğazlar Sistemi'nin tümünün bölümlere ayırmadan yüksek çözünürlükte incelenmesini gerektirmektedir.

Ayrıntıları burada verilemeyecek olan model çalışmasında (Sözer, 2013) İstanbul Boğazı'nın davranışı ayrıntılı olarak incelenmiştir. Aynı çalışmada ulaşılan ilk sonuçlarla, Kanal İstanbul'un olası etkilerini sadece büyüklük olarak öngörebilmek hedeflenmiştir. Özetle, (i) eğer İstanbul Boğazı'nın belli koşullarda tek başına davranışını ve iki deniz arasında geçirdiği toplam akıları biliyorsak, aynı koşullarda hipotetik ikinci bir Boğaz'ın, yani Kanal İstanbul'un eklenmesi ne gibi bir değişim yaratır? (ii) bu durumda Kanal İstanbul'daki akım koşulları nasıl olacaktır?

Yukarıdaki sorulara yanıt verebilmek, Kanal İstanbul'un ilan edilmemiş olan tasarımının kamuoyuna sunulmuş olmasını gerektirse de, bu bilgiler elde olmadığı için en basit bir konfigürasyonla gerekli testler yapılmıştır. Bu amaçla gazetelerde çıkan rivayetler doğrultusunda 150 m genişliğinde ve 25 m derinliğinde düz, dikdörtgen kesitli bir kanal düşünülmüş ve yine kanalın nereden geçeceği ve uzunluğu da bilinmediği için, modelin en basit şekilde hesaplayabileceği şekilde düz bir kanal, İstanbul Boğazı'nın hemen yanına eklenmiştir (Şekil 9, Şekil 10). Karadeniz'den Akdeniz'e geçen toplam akı sabit tutularak, basit bir konfigürasyonla yapılan deneylerde İstanbul Boğazı'ndaki akım yapısı fazla değişmemekle birlikte Kanal İstanbul prototipinde yeni iki tabakalı bir akım oluşmaktadır. Marmara Denizi çıkışına doğru ara yüzeyin hızla yüzeye yaklaşması sonucunda kanalın Marmara ucunda yüzeyde önemli derecede artan hızlar görülmektedir.

Sadece İstanbul Boğazı'nın bulunduğu durumla her iki kanalın bulunduğu durum arasında toplam akı sabit tutularak, kanalların toplam akıya katkıları araştırılmıştır. Kanal İstanbul'dan geçen akı, denenen her durumda İstanbul Boğazı'ndan geçen akıya oranla 600–800 m³/s değerleri arasında bir artış göstermektedir.

Yapılan bu basit analizle elde edilen sonuç, ilk bakışta oldukça iyimser görünebilir. Ancak gerçek öyle değildir ve Karadeniz ve Marmara arasında bağlantıyı sağlayacak dar ve sığ bir ikinci kanal açılması gibi ilk bakışta masum görünebilecek bir girişimin önemli riskleri barındırdığı görülecektir.

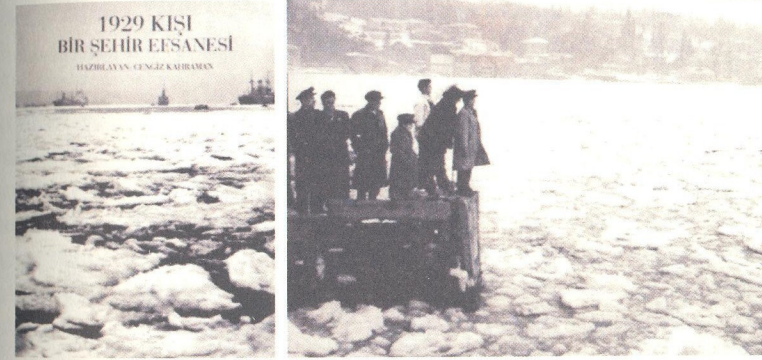
Örneğin seçilen basit Kanal İstanbul prototipinin 600–800 m³/s gibi bir debi taşıması hiç de küçümsenmemelidir. Çünkü yaratılabilecek bu debi farkı az değildir; orta büyüklükteki nehirlerin debileriyle karşılaştırılabilir büyüklüktedir. Örnek vermek gerekirse, Sakarya Nehri yaklaşık 200 m³/s, Nil Nehri 540 m³/s büyüklüğünde ortalama debilere sahiptirler. Doğu Akdeniz kıyılarımızdaki Göksu, Lamas, Tarsus, Seyhan, Ceyhan ve Asi nehirlerinin toplam debisi ise 870 m³/s civarındadır. Sonuç olarak, açılan ikinci kanalın, yani Kanal İstanbul'un Karadeniz ve Akdeniz arasındaki su dengesini etkilemesi kaçınılmazdır.

Kısaca, Kanal İstanbul'un açılması, Sakarya Nehri'nin 3-4 misli büyüklükte yeni bir nehrin, Marmara Denizi'ne girdi olarak eklenmesi demektir. Hem de bu ek su girdisi tatlı nehir sularını değil, besin ve kirlilik yüklü Karadeniz kıyı sularını, Marmara'ya taşıyacaktır. Dolayısıyla, görece küçük ama boyut itibarıyla büyük bir yeni su hacminin ve kirlilik kaynağının sisteme eklenmesinin, Marmara'da halen var olan problemleri artırıcı bir etki yapması, beklenebilecek ve ciddiye alınması gereken bir sonuçtur.

Kaldı ki, Karadeniz, kapalı bir deniz olarak nehir debilerinin en fazla olduğu denizlerden biridir ve nehir girdileri ile Akdeniz suyunun Karadeniz'e girişi İstanbul Boğazı'ndaki değişim akımları ile dengede tutulmaktadır. Marmara'ya eklenecek su akısı, aynı miktarın Karadeniz su bütçesinden eksilmesi, dolayısıyla İstanbul Boğazı'ndaki alt ve üst tabaka akımları arasındaki dengenin değişmesi demektir. Oysa Karadeniz'in iklimsel dengesi tümüyle su bütçesine bağlıdır ve küçük de olsa su bütçesindeki değişim, Karadeniz'e giren ve çıkan su kütlelerinin miktar ve özelliklerini değiştirebilecektir. Türk Boğazlar Sistemi'nin kontrol ettiği Karadeniz su bütçesindeki değişim, duyarlı dengelerle korunan Karadeniz'deki yoğunluk tabakalaşmasını etkileyebilecek ve bu değişim, uzun zaman ölçeklerinde Karadeniz'in iklimsel dinamiklerine yansıtacaktır.

Öte yandan, yukarıdaki incelemenin en basit bir hipotezin denenmesinden öteye gidemeyeceğini ve daha kesin sonuçların alınabilmesi için tüm faktörleri ve tasarım parametrelerini dikkate alan, daha kapsamlı incelemelerin ve denemelerinin yapılmasının da gerekli olduğunu vurgulamakta yarar vardır. Örneğin kanalın kıvrımlı güzergâhı, geometrisi, tabanı ve içinin kaplama materyali gibi fiziksel özellikleri sonuçları

değiştirecektir. Türbülanslı karışım özellikleri de bütün bu parametrelerden etkilenecektir. Ayrıca yukarıda durağan koşullar farz edilmekle birlikte bölgede durağan bir durum hemen hemen hiç olanaklı değildir. İstanbul Boğazı'nda gözlenen rüzgâr, barometrik basınç, nehir ve yüzey su girdileri, su seviyesi gibi etkenlere bağlı hızlı değişimlere ek olarak, mevsimsel ve uzun süreli değişimler Kanal İstanbul için de geçerlidir ve sonuçlar bunlara çok bağımlı olacaktır. Bu soruların önemli bir bölümü ancak ayrıntılı gözlemler ve Türk Boğazlar Sistemi ve Kanal İstanbul'un gerçek boyutları ve özellikleriyle temsil edildiği, hatta Karadeniz, ve Akdeniz koşullarının da gerçek durumlarını içeren akuple modeller ve gerçek-zamanlı hidrometeorolojik zorlamalar altında yapılması gereken, çok daha kapsamlı öngörü çalışmalarıyla aydınlatılabilir.



Şekil 11: Buzların İstanbul Boğazını İstilasını Anlatan Kitap Kapağı ve 1954 Kışında Boğaz'da Buzlar

Atlantik ve Hint Okyanusları arasındaki geçiş bölgesinde, birbirine karşıt deniz ve kara özellikleri, orta-enlemlerin enerjik deniz-atmosfer-kara etkileşimleriyle birleşerek bu bölgede ekstrem iklim dinamiklerini hayata geçirir. Bölgenin kuzey-güney ve batı-doğu arasındaki en keskin eğimlerinin, coğrafi ve iklimsel karşıtlıklarının, Karadeniz ve Akdeniz arasındaki Boğazlar civarında olması, bu bölgeyi yıllar arası iklimsel değişkenliğe ve uzun-dönemli iklim değişimine duyarlı kılar (Özsoy, 1999). Öte yandan, iç denizler, dünya denizlerinden izolasyon ve termal eylemsizliklerinin az olması nedeniyle iklimsel zorlamalara okyanuslardan daha hızlı yanıt verirler. Aynı nedenlerle çevresel bozulmaya karşı daha duyarlıdırlar. Avrasya Denizleri, hem hızlı nüfus artışı, hem de yukarıdaki nedenlerle dünya denizleri içinde en sorunlu olanlar arasındadır.

Özsoy ve Ünlüata, [1997] ve Özsoy [1999] denizlerimizdeki iklimsel değişkenliğin büyük ölçekli kontrollerle ilgili olabileceğini savunmuşlardır. Akdeniz'deki iklimsel değişkenlik, küresel Hint Muson sistemi, El Nino/

Güney Salınımı (ENSO) ve de Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) ile olduğu gibi, belki de daha fazla, Kuzey Denizi – Hazar (NCP) iklim bileşeni ile karakterize edilebilir (Gündüz ve Özsoy, 1999; Lionello et al., 2006; Oğuz et al., 2006; CIESM, 2010). Doğu Akdeniz, Karadeniz ve Hazar Denizleri arasında hava ve deniz yüzey sıcaklıklarında eş zamanlı değişimler dikkat çekicidir (Özsoy, 1999). Deniz suyu sıcaklığı, tuzluluk, su seviyesi, nehir akıları, hava sıcaklığı gibi değişkenlerde yıllar ve on yıllar arası değişkenlik sıkça gözlemlenmektedir (Özsoy et al., 1998; Oğuz et al., 2006; CIESM, 2010).

Karadeniz'in ilginç kuvaterner geçmişi araştırılan Ryan et al. (1997) sonuçlarına dayanarak, Ryan ve Pitman (2000) Nuh Tufanı Hipotezi'ni ileri sürmüşlerdir. Kutsal kitaplardaki Nuh Tufanı hikayesine atıfta bulunan bu ani değişim senaryosuna gelen pek çok tepki ile birlikte (örneğin Yanko-Hombach et al., 2006, Giosan et al., 2009; Vidal et al., 2010) farklı görüşler ortaya çıkmıştır.

Karadeniz'in dip çökellerinde, 150 ve 300 yıllık aralıklarla biyolojik üretim artışının görüldüğü dönemlere işaret eden iklimsel salımlar izlenebilmektedir (Hay and Honjo, 1989). Bu izlere göre, Karadeniz'e Akdeniz'in tuzlu sularının ilk girişinden epey sonra, belli tuzluluk eşik değerinin üstünde yaşayabilen kokolitoforların ilk kez 8. yüzyılda ortaya çıkmış olması bu denizin hidrolojisinde ve ekosistemindeki değişimlerin ve bunların Türk Boğazlar Sistemine olan yansımalarının, tarihsel skalada epeyce yeni olduğunu düşündürmektedir.

Tarihsel dönemlere bakıldığında, Karadeniz'in kuzeyinden kaynaklanıp İstanbul Boğazı'na ulaşan buz kütlelerinin varlığı Herodot döneminden beri bilinmektedir. MS 7-17, 401, 739, 753, 755, 763, 928, 934, 1011, 1232, 1621, 1658, 1669, 1755, 1823, 1849, 1862, 1878, 1893, 1918, 1928, 1929, 1954 (Yavuz et al., 2003, Kahraman, 2007) yıllarında böyle soğuk dönemlerin etkin olduğu bilinmektedir. Haliç'in tümüyle donduğunu Gylli (1561) kendi gözlemlerine dayanak aktarmakta ve 756 yılında Karadeniz'in batı ve kuzey kıyılarının 20 m kalınlığında buzlarla kaplı olduğunu, at ve öküz arabalarının buz üzerinde İstanbul Boğazı'nı geçtiklerini ve buz kitlelerinin şehrin duvarlarına ve evlere çarparak hasar verdiklerini o dönemdeki sözlü geleneğe dayanarak aktarmaktadır. Osmanlı döneminde ve daha sonra 1929 ve 1954'te (Şekil 11) donan Boğazı yürüyerek geçenlerle birlikte yaşanan yıkım ve sefalet de anlatılmaktadır. 13. yüzyıl ortasına kadar olan dönemde (Ortaçağ Ilıman Dönemi – Medieval Warm Period) ve belki de küresel ısınma sonucu olarak 1954'ten bu yana İstanbul Boğazı'nda buz kitleleri görülmemiştir.

Umuyoruz ki yukarıdaki özet bilgiler, Türk Boğazlar Sisteminin ve barındırdığı ekosistemin son derece duyarlı, ama tüm süreç ve etkileşimlerinin anlaşılmasının o derece güç olduğunu ortaya koymaktadır. Böyle yüksek enerjili ve dinamik etkileşimler sergileyen bir sistemin, basit sosyo-ekonomik ve politik gerekçelerle, gerekli bilimsel incelemeler yapılmadan, doğal dengesinin bozulması yaşadığımız iklim değişimi çağında, iklimsel etkilere en çok açık olan bir bölgemizin tahribata uğratılması ve burada yaşayan insanların, sağlıklı ve doğa hazinelerimizden en değerli birisiyle barış içinde yaşama olanağının riske sokulması, ileride çok büyük sorunlara yol açabilir.

Kaynakça

- Beşiktepe, Ş., Özsoy, E. and Ünlüata, Ü., 1993. Filling of the Marmara Sea by the Dardanelles Lower Layer Inflow, *Deep-Sea Res.*, 40, 1815-1838.
- Beşiktepe, Ş., Sur, H. İ., Özsoy, E., Latif, M. A., Oğuz, T. and Ü. Ünlüata 1994. The Circulation and Hydrography of the Marmara Sea, *Prog. Oceanogr.*, 34, 285-334.
- CIESM, 2010. Climate forcing and its impacts on the Black Sea marine biota. No. 39 in CIESM Workshop Monographs [F. Briand, Ed.], 152 pages, Monaco.
- Giosan, L., Filip, F. and Constatinescu, S., 2009. Was the Black Sea catastrophically flooded in the early Holocene?, *Quaternary Science Reviews*, 28, 1-6.
- Gregg, M. C., Özsoy E. and Latif, M. A., 1999. Quasi-Steady Exchange Flow in the Bosphorus, *Geophysical Research Letters*, 26, 83-86.
- Gregg, M. C. and Özsoy, E., 1999. Mixing on the Black Sea Shelf North of the Bosphorus, *Geophysical Research Letters*, 26, 1869-1872.
- Gregg, M. C. and Özsoy, E., 2002. Flow, Water Mass Changes and Hydraulics in the Bosphorus, *J. Geophys. Res.*, 107 [C3], 10.1029/2000JC000485.
- Gündüz, M. and Özsoy, E., 2004. Effects of the North Sea Caspian Pattern on Surface Fluxes of Euro-Asian-Mediterranean Seas, *Geophys. Res. Letters*, L21701, doi: 10.1029/2005GL024315.
- Gylli, P. 1561. De Bosphoro Thracio Libri III, Lyon 1561 [2nd printing, Leiden 1632]. (Türkçe basımı: Petrus Gyllius, İstanbul Boğazı, Eren Yayınları, 2000, 268s.)
- Hay, B. J. and Honjo, S., 1989. Particle Deposition in the Present and Holocene Black Sea, *Oceanography*, 2(1), 26-31.
- Lee, B.-S., Bullister, J. L., Murray, J. W. and Sonnerup, R. E., 2002. Anthropogenic chloro urocarbons in the Black Sea and the Sea of Marmara, *Deep Sea Res.*, 49, 895-913.
- Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P. and Boscolo, R., [eds.] 2006. Mediterranean Climate Variability, Elsevier Science, 438 pp.
- Kahraman, C. 2007. The winter of 1929, An Urban Legend, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, İstanbul, 186 pp. (in Turkish).
- Oğuz T., Dippner, J.W. and Kaymaz, Z. 2006. Climatic regulation of the Black Sea hydro- meteorological and ecological properties at interannual-to-decadal time scales. *J. Mar. Syst.*, 60, 235-254.

Özsoy, E. and Ünlüata, Ü., 1997. Oceanography of the Black Sea: A Review of Some Recent Results, Earth Sci. Rev., 42 (4), 231-272.

Özsoy, E., Latif, M. A., Beşiktepe, S., Çetin, N., Gregg, N. Belokopytov, V., Goryachkin, Y. and Diaconu V., 1998. The Bosphorus Strait: Exchange Fluxes, Currents and Sea-Level Changes, in: L. Ivanov and T. Oğuz (editors), Ecosystem Modeling as a Management Tool for the Black Sea, NATO Science Series 2: Environmental Security 47, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, vol. 1, 367 pp + vol. 2, 385 pp.

Özsoy, E., 1999. Sensitivity to Global Change in Temperate Euro-Asian Seas (the Mediterranean, Black Sea and Caspian Sea): A Review, The Eastern Mediterranean as a Laboratory Basin for the Assessment of Contrasting Ecosystems, editors: P. Malanotte-Rizzoli and V. N. Eremeev, NATO Science Series 2, Environmental Security, 51, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, s. 281-300.

Özsoy E., Di Iorio D., Gregg M. and Backhaus J. 2001. Mixing in the Bosphorus Strait and the Black Sea Continental Shelf: Observations and a Model of the Dense Water Outflow, J. Mar. Sys., 31, 99-135.

Özsoy, E., Rank D. and Salihoğlu, İ., 2002. Pycnocline and Deep Vertical Mixing in the Black Sea: Stable Isotope and Transient Tracer Measurements, Est., Coastal and Shelf Sci., 54, 621-629.

Ryan, W. B. F., Pitman III, W. C., Major, C. O., Shimkus, K., Maskalenko, V., Jones, G. A., Dimitrov, P., Görür, N., Sakiç, M., and Yüce, H. 1997. An Abrupt Drowning of the Black Sea Shelf, Mar. Geol., 138, 119-126.

Ryan, W. B. F. and Pitman, W. C., 2000. Noah's Flood: The New Scientific Discoveries About the Event that Changed History, Simon and Schuster, 320pp.

Sözer, A. 2013. Numerical Modeling of the Bosphorus Exchange Flow Dynamics, Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, Erdemli, Mersin, Turkey (unpublished Ph.D. thesis).

Ünlüata, Ü., Oğuz, T., Latif, M. A., ve Özsoy, E., 1990. On the physical oceanography of the Turkish Straits, In: L. J. Pratt (ed), The physical oceanography of sea straits. Kluwer Academic Publ., London, NATO Advanced study institutes series, Series C.

Vidal, L., Ménot, G., Joly, C., Bruneton, H., Rostek, F., Çağatay, M. N., C. Major, and Bard, E., 2010. Hydrology in the Sea of Marmara during the last 23 ka: Implications for timing of Black Sea connections and sapropel deposition, Paleoceanography, 25, PA1205. doi:10.1029/2009PA001735.

Yanko-Hombach, V., Gilbert, A. S., Panin, N. and Dolukhanov, P. M., 2006. The Black Sea Flood Question, Springer, 999pp.

Yavuz, V., Akçar, N., C. and Schluechter, C., 2003. The Frozen In Bosphorus And Its Paleoclimatic Implications - A Summary of the Historical Data, the Geological Society of America, XVI INQUA Congress, Reno, Nevada.

İSTANBUL'DA YAPILMASI P YEREL İKLİM VE İKLİM DE ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Prof. Dr. Murat Türkeş*

Giriş

3. Köprü, 3. Havalimanı ve Kanal
arazi kullanımı değişikliklerinin v
insan etkinliklerinin, Yerküre yü
pürüzlülük, bitki örtüsü vb. özellik
havanın bileşiminde oluşturabile
akıları, ısı ve nem dengesi ile b
bölgesel iklimde değişikliğe ned
Köprü, 3. Havalimanı ve Kanal is
yakın çevresinin yüzey özellikle
değiştireceği, bölgedeki yeni a
kaynakları kullanımı potansiyeli
belirlenmesi açısından önemlidir

Sözü edilen bu projelere konu ol
insan etkinliklerinin doğrudan
bölgesi dikkate alındığında, o bö
söz etmek gerekiyor. Birincis
yöresinde bir bölgesel iklim de
ise, söz konusu projelerin doğur
alanı, yeni ve ek daha fazla yerle
olanak ve desenlerinin bölge ikl
Sümer, 2004; Türkeş ve ark., 200

Konu aşağıdaki satırlarda tüm
olmakla birlikte, 3. Köprü, 3. H
büyük ölçekli arazi kullanımı de

*Prof. Dr. Murat Türkeş (Klimatolog-Meteorolo
Coğrafya Bölümü emekli Öğretim Üyesi. Çalışma
ve çölleşme, küresel klimatoloji ve iklim dinamiği,
meteoroloji ve klimatolojisi, doğal afetler ve afet
biyocoğrafya, iklim değişikliği/çevre ve enerji pol
değişikliği, sınırlarötesi hava kirliliği, çölleşme, vb.