

Antarktika Deniz Buzullarında Yersel Gözlem

Uluslararası Bilim Kurulu (ICSU) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından, ilki 1882 ve 1883 yılları arasında düzenlenmiş olan Uluslararası Kutup Yılı organizasyonunun 2007-2009 arasında dördüncüsü gerçekleşti. Bu zaman diliminde bilimsel veri toplamları için Antarktika kıtasına iki buzkıran gemisinin gitmesine karar verildi. Amerikan Ulusal Bilim Vakfı (NSF) bu keşif yolculuklarından birini üstlenerek İsviçre'ye ait ODEN adlı buzkıran gemisini kiraladı. Şili, İsveç ve ABD'den bilim insanlarının katıldığı keşif yolculuğu, Mart 2007 - Mart 2009 arasında düzenlenen Uluslararası Kutup Yılı'nda, kuzey ve güney kutbuna yapılacak keşif yolculuklarının öncü adımı oldu. Araştırmacılara yolculuk sırasında akademik çalışma olanağı sunan ODEN gemisi, aynı zamanda ABD'nin Antarktika kıtasındaki McMurdo İstasyonu'na ulaşımı kolaylaştırmak amacıyla, buzulların kırılması ve kanal açılması görevini üstlendi.

Kuzey kutbunda deniz buzullarını gözlem çalışmalarını buzulların etrafı kara parçalarıyla çevirili olduğundan, deniz altılarla ve buzkıran gemileriyle ulaşımın elverişliliği nedeniyle bakımından daha kolay. Arktik buzulların kapladığı alanın 1980'li yıllardan beri azaldığı saptanmış bulunuyor. Ayrıca yersel verilerle uzaktan algılama verilerinin güncellemesi ve doğrulaması yapılarak, uzaktan algılama sistemleriyle zamansal değişimler ortaya konmuş durumda. Deniz buzullarının zamansal değişim ortaya konularak gözlemlenmesinde yersel çalışmalar, yüksek ulaşım maliyetleri yüzünden büyük okyanuslarla çevrili Antarktika kıtasında daha az yapılabilen. Sonuçta, Arktik deniz buzullarının zaman içinde erimesini gösteren sonuçlar bilimsel olarak ortaya konabilmişken, Antarktika kıtasını çevreleyen deniz buzullarının değişimine yönelik hâlâ kesin sonuçlara ulaşabilmiş değil.

Antarktika Keşif Yolculuğuna Hazırlık

Yrd. Doç. Dr. Hongjie Xie ve bana bu keşif yolculuğuna katılmak için seçildiğimizi, 1976'dan beri deniz buzullarını çalışan ve Antarktika kıtasındaki McMurdo İstasyonu yakınlarındaki "Ackley Point" adlı noktaya adı verilmiş tecrübeli bilim insanı Prof. Steve Ackley bildirdi. Şiliden başlayacak keşif yolculuğuna hazırlanmak için iki aydan az zamanımız vardı. Haberi aldıktan sonraki haftalarda kendimizi hazırlıklara adadık. Başlangıcı Şili son durağı Yeni Zelanda olacak yolculuk için iki ülkeden de vize almamız gerekiyordu. Vize hazırlıkları yanında, fiziksel durumumuzla ilgili kontrollerden geçtik. Keşif yolculuğuna katılmadan önce sağlık koşullarını sağlamak gerekiyor; çünkü herhangi bir hastalık halinde Antarktika'ya seyreden bir gemiden insan tahliye etmek zor ve keşif yolculuğunu tümünden tehlikeye atacak durumlar oluşabiliyor. Hazırlığın en önemli kısmı ise deniz buzullarıyla karşılaşmamızın ardından her yarım saatte bir tekrarlayacağımız gözlemler sırasında buz tiplerini tanımlamak için almamız gereken eğitimdi. Bu eğitimde, yapacağımız gözlemlerde kullanılacak bilimsel protokolü, deniz buzullarının sınıflarına göre kodlanmasını ve bunların bilgisayardaki forma nasıl girileceğini öğrendik. Buzul bölgesinde her yarım saatte tekrarlanacak gözlemlerin aksamadan, hızlı ve pratik şekilde yapılması çok önemliydi.

Deniz Buzullarının Gözlemlenmesi ve Kıtaya Varış

Teksas eyaletinin San Antonio şehrinde ikamet ettiğimiz için, Şili'ye yolculuğun ilk ayağı Dallas, ikinci



ayağı Şili'nin başkenti Santiago, üçüncü ve son ayağı ise asıl yolculuğun başlayacağı, Şili'nin güneydeki en uç noktasına yakın bir şehir olan Punta Arenas oldu. 25 kişiden oluşan ekibin buluşma noktası burasıydı.

Antarktika denince soğuk hava koşulları ve dondurucu kar fırtınaları akla gelir. Bu zor koşullar için hazırlanmış giyecek ve teçhizatı içeren paketleri ODEN buzkıran gemisine binmeden önce Punta Arenas'ta ABD Antarktika Programı (USAP) görevlilerinden teslim aldık. Bu paketin içinde, Eskimoların giydiklerine benzer başlıklı kürklü ceket, eldiven, yalıtımlı pantolon, yün şapka ve özellikle ıslak hava koşullarında çok işe yarayan askeri botlar bulunuyor. Çok soğuk hava koşullarında bu teçhizatın eksikliği ölümcül risk taşıyor. Etrafı kalınlığı yerine göre üç metreyi dahi bulan yüzen buz kütleleriyle kaplı ve kendisi de başlı başına büyük bir buz ve kar kütlesi barındıran kıta bizi bekliyordu. Bu yolculuk, bilim ekibinin büyük bir bölümü için ilk kutup yolculuğuydu. Tecrübeli bir mürettebatı olan ve daha önce hep Kuzey kutbuna bilim ekipleri taşımış olan ODEN gemisi ise ilk kez Antarktika kıtasına gidiyordu. Punta Arenas'tan yola çıkışımızın ilk gününde Atlantik ve Pasifik okyanuslarını birleştirip Güney Amerika'yı güneyden Tierra del Fuego takımadaları ile ayıran Magellan geçidini geçerek, Güney Amerika'nın güneydeki en uç noktası olan Horne burnuna yöneldik. Sonraki hedefimiz zorlu Drake geçiti oldu. Hedef, Drake geçidinin ardından Antarktika kıtası kıyılarına paralel giderek güneyde kıtaya yönelip Ross denizine ve son durağımızı McMurdo İstasyonu'na varmaktı.

Okyanusun serin sularında bir haftalık yolculuğun ardından ilk buz kütlesiyle karşılaştık. Dr. Xie'le kutup buzullarıyla ilgili çalışmalarımızı o güne kadar sadece uzaktan algılama sistemleriyle gerçekleştirmiştik. Şimdiye ilk kez uydu verileri olmadan kendi gözlerimizle gerçek deniz buzulları görüyorduk. İlk deniz buzuluyula ODEN'in, Antarktika kıtasının sınırları (koordinat sınırları) içine girdiği günün ertesinde karşılaştık. İlk

Deniz Buzullarının Küresel Isınmadaki Rolü

Her sonbaharda Antarktika kıtası çevresindeki okyanus yüzeyi hava sıcaklığının azalmasıyla donmaya yüz tutar. Kıtanın etrafında oluşan deniz buzullarının genişlemesi, Eylül ayında 20 milyon km²lik bir alanla en geniş sınırlarına ulaşır. Şubat ayında ise buzullar 3 - 4 milyon km²lik bir alanla sınırlı kalır. Bahar ve yaz mevsimlerindeki ısı artışı, yaklaşık 16 milyon km²lik bir alan kaplayan deniz buzullarının erimesine yol açar. Deniz buzulları, yeryüzünün değişik bölgelerinde oluşur, ancak kapladıkları geniş alan ve küresel iklime etkileri açısından Güney (Antarktika) ve Kuzey (Arktik) kutuplarındaki deniz buzulları daha önemlidir.

Antarktika ve Arktik deniz buzulları küresel olarak üç önemli rol oynar. Bunların birincisi ısı, nem değişimi ve okyanusların tuzluluk oranını belirleyici rolleridir. Deniz buzulları, battaniye işlevi görüp sıcak okyanus suyunu soğuk atmosfere karşı izole ederek ısı ve nem değişimini kontrol altında tutar. Ayrıca deniz buzullarının oluşumu sırasında okyanus suyundaki tuz, oluşan buz tarafından denize ihraç edilir.



Bu şekilde buz tabakasının altında tuzluluk oranı artar. Tuz oranı yüksek deniz suyu, daha yoğun ve ağır olduğu için daha derine batarak okyanus altında bir dolaşım başlatır. Bu, deniz buzullarının oynadığı ikinci önemli rolü ortaya çıkarır. Tuz oranı yüksek okyanus suyunun atmosferdeki hava sıcaklığı ile etkileşimi sonucunda Antarktika ve Arktik arasında termoha-



önce karşımıza görünüş ve boyut olarak küçük, yüzen deniz buzulları çıktı. Ancak sayıları artıp boyutları büyüdükçe, buzullar genel manzarayı da belirlemeye başladı. Başlangıçta karşımıza çok seyrek çıkan deniz buzulları artık her yerdedi. Hatta artık etrafta sadece buz kalıpları vardı. ODEN, kalınlığı 1 cm ile 70 cm arasında değişen buzların arasında süzülürken zorlanmıyordu. Fakat daha güneye inerek kıtaya yaklaştıkça buzulların kalınlıkları büyük ölçüde arttı. Artık etrafta kilometrelerce genişlikte ve onlarca metre yükseklikte buz dağları görünüyordu. Deniz buzulu ile buz dağlarını karıştırmamak gerekiyor. Buz dağları ana kıtadan kopan, deniz seviyesinin üstündeki kısmı sadece onlarca metreye varan büyük buz kütleleri. Artık sayıları bile saptanamayacak kadar çoğalan buz dağlarının arasında ODEN, kendine geçitler arayarak yol alıyordu.

Denizin üzerinde sadece küçük kısımları görünen buz dağlarının arasında süzülme büyük dikkat gerektiriyor. Bu arada her ne kadar başlangıçta tedirgin olunsada, insan beyazlığın hâkim olduğu bu manzarada bir tehlikeyle karşılaşabileceğini o güzellik karşısında pek düşünmüyor. Buzulların güzelliği ve doğallığı bir yana, keşif gezisindeki asıl görevimiz de başlamış bulunuyordu. Her yarım saatte bir nöbetleşe buzul gözlemlerine devam ediyorduk. Deniz buzullarının kapladığı alana, kalınlığına, şekillerine ve üzerlerindeki kar tabakasına göre edindiğimiz verileri, protokol çerçevesindeki değişik kodlarla bilgisayar ortamındaki forma girmemiz gerekiyordu.



lin (thermo: sıcaklık, haline: tuzluluk) dediğimiz bir dolaşım oluşur. Kuzey kutbundaki soğuk ve yoğun tuzlu okyanus suyu Güney kutbuna kadar dolaşım ile taşınır, Güney kutbundan Ekvator'a doğru yine dolaşıma devam eder. Ekvator'da ısınan okyanus suyu tekrar Kuzey kutbuna ulaşır ve dolaşımı tamamlar. Termohalin dolaşımının başarılı bir şekilde sürmesi gerekir, dolaşımdaki bir aksaklık büyük iklim değişim-

lerine yol açabilir. Deniz buzlarının diğer önemli işleviyse deniz canlılarıyla ilgilidir. Özellikle foklar, deniz ayıları, (sadece kuzey kutbunda yaşayan) kutup ayıları ve (sadece güney kutbunda yaşayan) penguenler için deniz buzları avlandıkları, beslendikleri ve üredikleri yaşam alanlarıdır.

Kutuplardaki deniz buzlarının küresel önemleri aynı olsa da, Arktik ile Antarktika arasında bazı farklılıklar söz konusudur. Farklılıklardan birincisi coğrafi konumlarıyla ilgilidir. Antarktika kıtası tamamen okyanuslarla çevriliyken Arktik diğer kara parçalarıyla çevrilidir. Bu nedenle Arktik buzullara bilimsel çalışmalara daha fazla olanak sağlayan ulaşım kolaylığı doğmaktadır. Bu coğrafi farklılık nedeniyle kış mevsiminde Antarktika çevresindeki buzulların kapladığı alan Arktik'e göre çok daha fazladır. Antarktika kıtası güney kutbunda olması nedeniyle etrafındaki buzullar Eylülde en fazla alan kaplarken, Arktik'teki deniz buzlarının alanı Eylülde en aza iner.



Uzaktan algılama verileri ile sahada gözlem yapılarak toplanan bilgilerin karşılaştırılması yanında, bu tür çalışmalarda edinilen tüm bilgiler kutup bölgeyle ilgili soruların aydınlatılması açısından büyük önem taşıyor. Asıl amaç, sistemli bir değişimin söz konusu olup olmadığını saptamak ve varsa bu değişimin küresel ısınmayla ilişkisini açıklamak. Çalışmanın bir parçası olarak ayrıca sıcaklık gözlemleri de protokol çerçevesinde kaydedildi. Bu yolculuk Aralık ayında gerçekleştiği için mevsim Antarktika için yazdı. Antarktika sınırları içine girdikten sonra hava sıcaklığı 0 derece ile -8 derece arasında değişti. Deniz suyunun sıcaklığı ise minimum -1,5 °C olarak kaydedildi, yani tuzlu deniz suyunun donması için gerekli -1,8 °C sıcaklık yoktu. Ekibin son durağı olacak McMurdo İstasyonu'ndan alınan bilgilere göre ise kıtadaki istasyonda hava sıcaklığı -10 °C civarında, tam Güney kutup noktasında ise -50 dereceydi.

Antarktika kıta sınırlarını geçip güneye, yani Bellingshausen ve Amundsen denizine doğru indikçe deniz buzlarının

kalınlığı ve miktarı daha da artmaya başladı. Bellingshausen ve Amundsen denizi son 20 yıl içerisinde tüm Antarktika kıtası genelinde, deniz buzul uzantısında en belirgin azalma yaşayan bölgeyi oluşturuyor. Yine de bu bölgede asgari buz kalınlığı 70 cm ile azami 2 m civarında değişiyordu. Her 30 dakikada bir Antarktik deniz buzul oluşumları ve iklimi (ASPeCt - Antarctic Sea Ice Processes and Climate) protokolüne göre tekrar ettiğimiz deniz buzulları gözlemleri, ODEN keşif gemisinin Ross denizine girmesiyle de devam etti. Ross denizi ise Bellingshausen ile Amundsen denizinin aksine son 20 yıl içerisinde tüm Antarktika kıtası genelinde, deniz buzul uzantısında en belirgin artış yaşayan bölge. Bu bölgede asgari buz kalınlığı 70 cm ile azami 3 m civarında değişti. Bellingshausen, Amundsen ve Ross denizlerinde, bir hafta içinde, deniz buzlarının mevcut bir alan içindeki yoğunluğu (konsantrasyonu), kalınlığı, üzerindeki kar tipi ve kar kalınlığıyla ilgili toplam 171 gözlem yaptık.



İki hafta sonra artık karşımızda olan kıtaya sadece 20 km mesafe kalmıştı. McMurdo İstasyonu'nun yanı başındaki aktif Erebus volkanının çıkardığı gri ve yoğun duman inanılması güç ama bir o kadar gerçek. ODEN'in seyrindeyse asıl zorlu kısım şimdi başlıyordu. Hedefe sadece 20 km kalmıştı ancak buz kalınlığının 5 metreye ulaştığı bu aşamadan sonra ODEN'in istasyona ulaşması günler alacaktı. Ekibin gemiden ayrılma vakti de böylece gelmiş oldu. Gemiden hemen ayrılmadık. Bir günü

toparlanmaya ayırdıktan sonra helikopterle gruplar halinde istasyona geçilecekti. Böylece deniz buzuna ayak basma şansı da bulunmuş olduk. Hiçbir dünya ülkesine ait olmayan kıta, çeşitli ulusların imzaladığı antlaşma çerçevesinde, araştırma istasyonlarının kullanımıyla sadece bilime açık. 25 kişilik bilim ekibi helikopterle gruplar halinde McMurdo İstasyonu'na taşındık. ODEN'i ise yine 25 kişilik mürettebatıyla zorlu bir görev bekliyordu. Kıtaya ayak basınca 20 km'lik mesafeden bile geride kalan gemiyi

görebilmek şaşırtıcı oldu. Kıtaya bağlı buz kalıbı düz bir coğrafyaya sahip. McMurdo İstasyonu son durağımızdı.

Kıtaya ilk kez 1902 yılında İngiliz kaptan Robert Falcon Scott ayak basmış. Gemisinin geçit vermeyen deniz buzullarında sıkışması nedeniyle İngiliz kaptan ve ekibi karada barınabilecekleri bir kulübe inşa etmişler ve burada aylarca yaz mevsimini ve gemilerinin deniz buzullarından kurtulmasını beklemişler. Kulübe ve geride kalan her şey hâlâ ilk bırakıldıkları gün gibi



2001 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Denizcilik Fakültesi'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başlayan Dr. Burcu Özsoy Çiçek, San Antonio şehrindeki Texas Üniversitesi'nde (UTSA) deniz buzları üzerinde toplanan uydu görüntülerinin yersel verilerle doğrulanması konusunda doktora çalışmasını tamamladı. Antarktika ve Arktik bölgelerde çalışma yapan Avustralya, Amerika, İsviçre, Norveç gibi ülkelerdeki yetkililerle buzullardaki değişimler ve bunların küresel iklim etkisi konusunda çalışmalar yapmaktadır.

korunuyor McMurdo İstasyonu'nda. Kulübeyi ziyaret ettikten sonra sayılı saatler kaldığımız kıtadan bir C-17 uçağıyla ayrıldık ve beş saatlik bir uçuşla Yeni Zelanda'nın Christchurch şehrine ulaşarak yolculuğumuzu tamamladık.

Uydu görüntülerini yersel çalışmalarla güncellemeden kullanmak eksik ve yanlış bilgiler ortaya koyabiliyor. Uydu verileriyle elde edilen sonuçların öncelikli olarak doğruluğunu kanıtlamak gerekiyor. Bu doğrulama da ancak toplanan yersel verilerin uydudan alınan bilgilerle karşılaştırılması ile mümkün. Keşif gezisi sırasında topladığımız deniz buzularının mevcut

bir alan içindeki yoğunluğu (konsantrasyonu), kalınlığı, üzerindeki kar tipi ve kar kalınlığıyla ilgili bilgilerle, uydu verilerini doğrulama/güncelleme olanakları bulduk. Keşif yolculuğundaki gözlemlerimiz ve uydu verilerini doğrulama çalışmalarıyla ulaşılan bulgular, Güney Kutup bölgesindeki buzullarla ilgili soruların cevaplanmasına bilimsel bir çerçeve oluşturacak.

Kaynaklar

Cavalieri, D. ve C. L. Parkinson, "Antarctic sea ice variability and trends, 1979-2006," *J. Geophys. Res.*, Cilt 113, 2008.
Frakes, L. A., Francis, J. E., SYKTUS, J.L., 1992. *Climate modes of the Phanerozoic-The history of the Earth's climate over the past 600 million years,*

Cambridge University Press, Cambridge.
"Breaking the Ice, Researchers study climate change in Antarctica, Sombrilla", *University of Texas at San Antonio, Magazine*, Spring 2007, Vol 23, No2.