



DENİZ BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ (II)

ODTÜ DBE'nin (Deniz Bilimleri Enstitüsü) araştırmalarını tanıtmaya devam ediyoruz. Daha önce (Nisan 2005) deniz biyolojisi araştırmalarını tanıttığımız enstitünün bu defa kimyasal ve fiziksel oşinografi araştırmalarını tanıtacağız. Kimyasal oşinografiyle başlayalım. Bu bölüm, deniz ortamındaki kimyasal döngüleri, bu döngülerin biyolojik ve jeolojik etkilerini, deniz - atmosfer etkileşimlerini, karadan kaynaklanan kimyasal kirleticilerin deniz ekosistemine etkilerini araştırıyor. Araştırmalar, genelde ülkemiz ve bizim kıyılarımızı etkileyebilecek komşu ülke denizlerinde gerçekleşiyor. Böylece denizlerimizdeki doğal kaynakların korunması, geliştirilmesi ve elverişli biçimde kullanılması için en uygun çözüm önerileri oluşturuluyor.

DBE, kurulduktan sonra ülkemiz denizlerinin kimyasal oşinografi verilerini oluşturmaya başlamış. Kimyasal oşinografi, deniz suyunun tuzluluğunu, çözülmüş gazları (oksijen, karbondioksit, metan, hidrojen sülfür), asit baz özelliklerini, besleyici elementleri (azot, fosfor) gibi deniz suyunun kimyasal yapısını ve bunları etkileyen konuları araştıran bilim dalı. Enstitü'de kimyasal oşinografiyle ilgili araştırmalar, genelde TÜBİTAK ve NATO destekli projeler çerçevesinde yapılıyor. Ayrıca, kurulması planlanan Akkuyu Nükleer Santrali, SEKA, İSKİ, vb. gibi kuruluşlar ve bunların denize olan etkileriyle ilgili olarak kıyılarda ve Türk Boğazlar Sistemi'nde kimyasal oşinog-

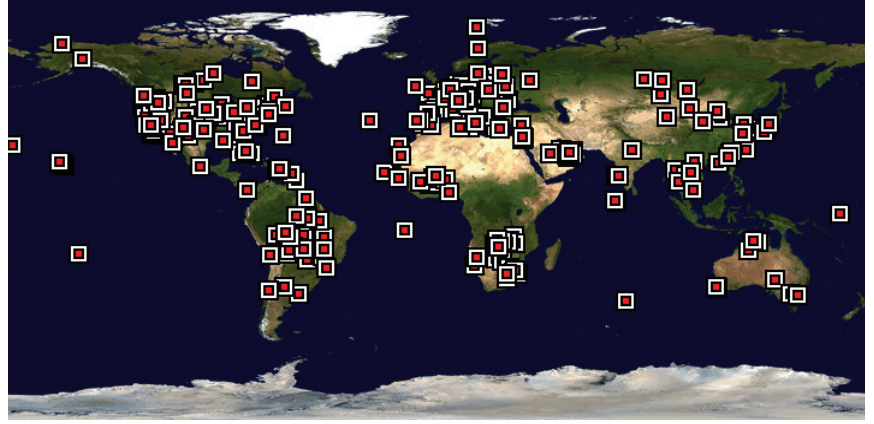
rafi çalışmaları da yürütülüyor. Deniz kirliliği konusunda Doğu Akdeniz'in tümünü kapsayan araştırmalar da yapılmış. Bunların yanında Karadeniz'in kimyasal oşinografisiyle ilgili araştırmalar da var. Bu çalışmalar sonucunda enstitü, şu anda Karadeniz araştırmalarında lider ve yönlendirici konumunda. DBE'de Kimyasal Oşinografi Anabilimsel Başkanlığı'nı Prof. Dr. Süleyman Tuğrul yürütüyor. Tuğrul'un araştırma konuları deniz ortamında azot, fosfor, organik karbon döngülerini ve bunların etkileriyle ilgili. Bu bağlamda, Türk Boğazlar sistemiyle Marmara Denizi'nin besin tuzları, organik karbon döngüleri, iki tabakalı sistemde madde akışı, Marmara Denizi yoluyla Ege ve Karadeniz arasında azot, fosfor ve organik karbon taşınımı ve



bunların yıllık yüklerinin belirlenmesine yönelik araştırmalar yapıyor. Bu araştırmalardan biri de, kirliliğiyle hep gündemde olan Marmara Denizi'yle ilgili. Tuğrul'un yaptığı izleme ve araştırmalara göre, son 20-25 yılda Marmara Denizi'ndeki olumsuz ekosistem değişimlerinde, Avrupa'dan geçip Karadeniz'e dökülen Tuna Nehri'nin etkisi çok fazla. Özellikle, ağır sanayinin fazla olduğu Orta ve Doğu Avrupa ülkeleri ve bunların yarattığı, ağır metaller gibi, çeşitli kimyasallarla kirlenen bu nehir, tüm kimyasal atıklarıyla doğrudan Karadeniz'e akar. Buradan da Marmara Denizi'ne geçer. Karadeniz'den Marmara'ya taşınan azot, fosfor yüklerinin miktarı, Marmara Bölgesi'ndeki yerleşim, sanayi ve tarımsal alanlardan giren kirleticilerin toplam yüklerinden fazla. Eskiden bilinmeyen bu sonuçlara göre, Tuna Nehri'nin etkisi azaltılmadan, karasal kaynakların kontrolüyle Marmara Denizi'nde istenen iyileşme ancak kıyı sularında ve körfezlerde sağlanabilir. Açık denizdeyse, büyük oranda kalıcı bir iyileşme, mümkün değil. Diğer bir deyişle, Tuna Nehri'nin üzerindeki baskılar azaltılmadan, Karadeniz ve Marmara Denizi ekosistemlerindeki bozulmanın düzelmesi çok zor.

Tuğrul, araştırmalarının bir bölümünü de Karadeniz sularında gerçekleştirmiş. Bilindiği gibi Karadeniz'de 150-200 metre derinlikten sonra hidrojen sülfürlü (H₂S) sular bulunur. Canlıların yaşamadığı bu ortamın, yükselip yük-

selmediğiyle ilgili olan bu araştırmada, Karadeniz'in derin çukurunu dolduran hidrojen sülfürlü suların son 30 yılda yükselmediği anlaşılmış. Yüzeyledeki canlı kaynaklar için son derece önemli olan bu durumun, oksijenli üst tabakanın, altındaki oksijenli-oksijensiz ara geçiş bölgesinde devam eden, sudaki redoks potansiyeli değişimine bağlı, karmaşık kimyasal tepkimelerle kontrol edildiği tahmin ediliyor. Yani, oksijenli ve sülfürlü tabakalar arasındaki ince tabakada, nitrat iyonları hidrojen sülfürle tepkimeye girer ve üst tabakadan devamlı nitrat kaybı olur. Benzer biçimde, mangan ve demir oksit bileşikler de hidrojen sülfürle tepkimeye girer ve sülfürlü suda indirgenmiş FE, MN iyonları olarak birikerek fiziksel karışımla ara tabakaya taşınır. Burada nitrat ve oksijenle tekrar oksitlenirler. Bu oksitler tekrar çöker ve yine hidrojen sülfürle tepkimeye girer. Burada çevrim mekanizması işler. Yüzeyleden girenler de, derine inenlerden dolayı açığa çıkan kaybı karşılar. Ayrıca, İstan-



Uydular, fiziksel ve kimyasal oşinografi bilim dallarında da kullanılıyor. Ölçüm yerlerine yerleştirilen bilimsel şamandıralar aracılığıyla denize açılmadan istenilen verileri elde etmek ve tüm dünyayla paylaşmak mümkün.

bul Boğazı alt akıntısıyla giren, Akdeniz kökenli oksijenli sular yoğunluk farkından dolayı, Batı Karadeniz kıtasahanelğinde hidrojen sülfürlü ara tabakaya kadar ulaşarak, buradaki indirgenmiş manganları, amonyum azotu ve hidrojen sülfürü oksitler. Bu oksitlenmiş bileşikler, yatay akıntılarla açık suların ara tabakalarına taşınır ve açık sularda sülfürlü suların yükselmesini en-

gelleleyen temel oksitleyiciler olurlar. Burada Akdeniz'den gelen oksijenli suların önemini de unutmamak gerekir. Tuğrul'un bir başka çalışması da Doğu Akdeniz'in kimyasal oşinografisi üzerine. Bu bölgenin kıyı ve açık sularında yapılan çalışmalara göre, derin sularda nitrat-fosfat oranı yüksek bulunmuş. Bunun en büyük nedeni, nitrat içeriği çok yüksek olan karasal kökenli yağmur suları ve nehirlerin denize girmesi olarak belirlenmiş. Bu girdilerden dolayı, yüzey sularında oluşan birincil üretim (kendi besinin kendisi üreten bakteri ve fitoplankton gruplarının etkinliği), çok fazla etkilenmiş. Bu nedenle, evsel ve endüstriyel kaynaklı atıksuların neden olduğu aşırı fosfor ve azot yükünün kontrol altına alınması gerektiği ortaya çıkmış. Aksi durumda, kendine özgü mavi rengiyle birçok yerli ve yabancı turisti çeken, birçok sucul canlıya ev sahipliği yapan Akdeniz'in ekosisteminin bozulacağı ortada. Tuğrul'un katıldığı bir başka çalışma da kafes balıkçılığı üzerine. Yakın zamanda Ege'nin koylarında gerçekleştirilen TÜBİTAK destekli bir araştırmanın sonuçları, açık denizle etkileşimi zayıf olan bazı koylarda yapılan kafes balığı yetiştiriciliğinin, buradaki doğal ekosistemi olumsuz yönde değiştirmeye başladığı göstermiş.

Deniz Kirliliği

DBE'de deniz kirliliği üzerine olan çalışmalarını Doç. Dr. Semal Yemencioğlu yapıyor. Yemencioğlu, çalışmalarını daha çok Akdeniz ve Ege'de "Akdeniz Eylem Planı" çerçevesinde yürütüyor. Enstitüde deniz kirliliği çalışmaları 1975'te başlamış ve hâlâ devam ediyor. İlk aşamada, Akdeniz kıyı ve açık sularında çözülmüş ve dağılmış petrol hidrokarbonları, kıyı sularındaki balıklarda ağır metaller (özellikle cıva ve kadmiyum), DDT (diklorodifeniltrikloroetan) ve PCB (poliklorlu bifenil) miktarlarının tespiti ve izlenmesi, kıyıda katran yumrularının izlenmesi çalışmaları yapılmış. Daha sonraki dönemlerdeyse Akdeniz'i besleyen nehirlerde, evsel ve endüstriyel atık sularda kirlilik ölçümleri yapılmış. Yemencioğlu da çalışmalarını, daha önce yapılan ve günümüzde de önemini koruyan konular üzerine yoğunlaştırmış. Doğu Akdeniz'de, sularının kimyasal yapısındaki uzun dönemde meydana gelecek değişiklikleri izlemiş ve balıklar ve çökellerde kirlilik seviyelerini belirleme çalışmalarında görev almış. Elde ettikleri sonuçlar, balıklardaki metal kirliliğinin 2000'li yıllarda kısmen de olsa azaldığını göstermiş. Ancak kıyı şeridinde, nüfusun son 25 yıldaki hızlı artışı, su kalitesini olumsuz yönde etkilediği de bir gerçek. Bunun en iyi örneklerden biri Mersin Körfezi'ndeki kirlenme. Burası, karasal kaynaklı kirlenmelerden çok fazla etkilendiğinden, Yemencioğlu bölgenin kirlilik durumunu belirlemek için ötrofikasyon çalışmalarını yapmış. Ayrıca, gemi ve yatlarda kullanılan anti-foulant boyaların içerdiği TBT (tribütillkalay) bileşiğinin deniz canlıları üzerindeki zehirli etkisiyle ilgili bir araştırması da bulunuyor. TBT, yatları ve gemileri boyamak için hazırlanan boyala-



ra katkı maddesi olarak ekleniyor. Zehirli bir madde olduğundan, gemilerin altına yapışan ve hızını düşüren, midye türü organizmaların gemilere tutunmasını önlemek için kullanılıyor. Bunları engellemek için önceleri, ömürleri iki yıl olan bakır katkılı boyalar kullanılıyordu. Bu boyaların deniz canlıları üzerine olan zehirli etkisinin fark edilmesiyle yerine başka bir madde arandı. Sonra ömrü 5 yıl olan ve bakırdan daha etkili, TBT içerikli boyalar kullanılmaya başlandı. Şimdilerdeyse TBT'nin bakırdan daha zehirli olduğu belirlenmiş ve onun yerine kullanılacak alternatif maddeler üzerinde çalışmalar yapılıyor. En çok üzerinde durulan maddelerse, iyon değiştirici ko-polimerler ve DCOI (diklorooktilisotiazolin) gibi organik bazı kimyasallar. Yemencioğlu ayrıca, Akdeniz ve Ege denizlerindeki kirlilik çalışmalarına paralel olarak Karadeniz'in tabanını dolduran sülfürlü suları, yüzeydeki oksijenli tabakadan ayrıran oksijenli-oksijensiz geçiş tabakasındaki kimyasal değişimlerine duyarlı elementlerin dağılımı ve kimyasının tespiti çalışmaları da yapıyor.

Fiziksel Oşinografi

Fiziksel oşinografi, deniz suyunun ısınması, soğuması, akıntılar, dalgalar, gel-git olayı gibi konuların incelendiği bilim dalı. Özellikle yeni atlattığımız Hint Okyanusu'ndaki tsunamiden sonra bu bilim dalının önemi daha da açığı çıktı. DBE'de fiziksel oşinografiyle

İlgili araştırmalar da, Prof. Dr. Temel Oğuz tarafından yapılıyor. Oğuz, denizlerde fiziksel olayların, çeşitli ölçümler ve gözlemler sonucunda elde ettiği oluşum mekanizmalarını, matematiksel modeller kullanarak çözmeye çalışıyor. Çalışmaları daha çok Karadeniz üzerine. Rusya, Ukrayna gibi diğer Karadeniz ülkeleriyle ortak araştırmaları da var. Bu araştırmalarla, Karadeniz'deki akıntı sisteminin detayları, oluşum mekanizmaları ve değişimleri, ölçümlerle desteklenen sayısal modeller yardımıyla büyük ölçüde açıklanmış. Bu araştırmada gerekli olan fiziksel veriler, Karadeniz'de daha önceden belirlenen noktalarda gerçekleştirilen ölçümlerden, denizin içinde akıntılarla birlikte hareket eden, periyodik olarak ölçümler yapabilen, topladığı verileri haftalık olarak, uydular yardımıyla araştırmacılara aktarabilen bilimsel şamandıralar tarafından, gerçekleştirilen ölçümlerden sağlanmış. Bu çalışma hâlâ devam ediyor. Bu gibi çalışmalar ve olanakların geliştirilmesiyle önümüzdeki yıllarda, aynı hava tahminleri gibi denizler için de hassas tahminler yapıl-

ması mümkün olacak. Bu konu, günümüz deniz biliminin, en temel ve çözümlü için büyük çabalar harcanan problemlerinden biri. Oğuz'un akıntı sistemlerini, matematiksel modellerle açıkladığını söylemiştik. Bu modelleme, ekosistem yapısının incelenmesinde de kullanılıyor. Birleştirilmiş akıntı ve ekosistem modelleriyle, son 30 yıl içinde aşırı kirlilik ve balık avcılığı nedeniyle, biyolojik olarak iflasın eşiğine gelmiş Karadeniz'in geçirmiş olduğu evreleri tanımlamak ve gelecekte olabilecek sorunlara karşı çözüm önerileri üretmek mümkün. Ekosistem modellemesi, küresel ısınma ve izlerini şimdiden görmeye başladığımız iklim değişimlerinin, önümüzdeki yüzyıl içindeki olası etkilerinin tahmin edilmesi çalışmalarıyla geliştirilmiş bir yöntem. Bu yöntemle, denizdeki canlıların davranışlarını, besin tuzlarından başlayarak fitoplanktonlar, zooplanktonlar ve son halkadaki balıkları da kapsayan zincirinin yapısının benzetimini (simülasyonunu), bilgisayarda %80'lere varan bir başarıyla gerçekleştirmek mümkün.

Bilim'le Yolculuk

Enstitünün deniz araştırmalarında kullandığı, "R/V Bilim, Lamas ve Erdemli" olmak üzere üç tane araştırma gemisi var. Lamas ve Erdemli gemileri, daha çok kıyı araştırmalarında kullanılıyor. Bilim'se açık deniz araştırmalarında. Oğuz Hoca'ya Bilim'le yaptıkları araştırmaların nasıl gerçekleştiğini sorduk ve ayrıntılı bir yanıt aldık: Her şeyden önce, bilimsel bir sefere çıkmak yoğun bir ön hazırlık gerektirir. Öncelikle "bilimsel sefer planı" hazırlanır. Bu planda hangi bölgede çalışılacağı, yapılacak ölçüm noktalarının koordinatları ve burada ne gibi ölçümler yapılacağı, yaklaşık ne kadar süreyle bu noktalar da kalmacağı belirlenir. Böylece bilimsel seferin yaklaşık kaç gün süreceği, kaç kişilik bir bilimsel ekibe gereksinim olduğu ve bu ekibin hangi teknik personel, yüksek lisans ve doktora öğrencileriyle öğretim üyelerinden oluşacağı ortaya çıkar. Bu sefer planı, üniversiteden gerekli onaylar alındıktan sonra, gemi kaptanına iletilir. Gemi kaptanı da bu plan çerçevesinde hazır-

Atmosferdeki Tozlar

DBE'de, aerosollerle (atmosferde askıda bulunan ince taneli parçacıklar) ilgili araştırmalar Doç. Dr. Nilgün Kubilay tarafından yapılıyor. Aerosol araştırmaları genelde iklim, hava kirliliği ve uzaktan algılama verilerinin toplanıp değerlendirilmesiyle yapılıyor. Kubilay'ın araştırmaları, Doğu Akdeniz aerosollerinin kimyasal ve fiziksel durumları, başlıca kaynakları, lokal ve uzun mesafeli taşınmaları üzerine. Lokal taşınım-dan kasıt, insan etkinlikleri sonucu (orman yangınları, eksoz gazlarından çıkan SO₂'ler) gaz ha-

lindeki SO₂'ler ve bunların aerosollere dönüşümü. Uzun mesafeli taşınım, sahra çölünden taşınan mineral tozlarının Akdeniz'i geçerek ülkemiz kıyılarına ulaşması. Bunların oşinografik önemi, bu tozların deniz yüzeyine yağmurlar ya da rüzgarla çökelediği zaman ortaya çıkar. Bu tozlar, plankton denilen mikroskobik canlılar için besin oluşturan nitrat, fosfat tuzları ve iz metaller (demir, vb) de içerirler. Besin tuzları ve metaller deniz ortamına nehirler ve atmosfer yoluyla sağlanır. Doğu Akdeniz gibi nehir girdileri açısından fakir olan denizler içinse, atmosfer girdileri tek kaynak. Bu bakımdan bu bölgenin

biyojeokimyasal döngüleri üzerine önemli rol oynarlar. Atmosferik olarak bakıldığında, çok yoğun miktarda geldiklerinde güneş ışınlarını tekrar uzaya yansıtırlar ve iklim üzerinde soğutma etkisi yaratırlar. İz metaller, bazen kirlilik de yaratabilir.

Aerosol örnekleri, 1992'den bu yana kesintisiz olarak, enstitü kampusunda bulunan 20 m yükseklikteki atmosferik örnek toplama kulesi üzerine yerleştirilmiş cihazlarla toplanıyor. Daha sonra bu numunelerin besin tuzu ve metal içeriği laboratuvar analizleri yapılıyor. Bunlar uydu verileriyle birleştirilerek kaynakları belirlenmeye



Atmosferik örnek toplama kulesinden 30 Mayıs ve 4 Haziran 2003 tarihlerinde çekilen fotoğraflarda, 30 Mayıs günü (solda) Sahra Çölü'nden taşınan toz nedeni ile görüş mesafesinin oldukça düşmüş.

liklarını tamamlar. Bilimsel araçlar ve cihazlar, gemiyle deniz çalışmaları olmadığı dönemlerde, genellikle gemi üzerinde bulunmazlar. Bunun birkaç önemli nedeni var. Bu tür aletlerin çok pahalı ve genellikle enstitüde yalnızca birer tane olması. Bu aletlerin büyük çoğunluğu sefer olmadığı dönemlerde, enstitüdeki laboratuvarlarda bilimsel analizler için kullanılır. Bunun yanında, aşırı tuzlu ve nemli olan deniz ortamı, aletlerin elektronik devrelerini ve duyarlıklarını olumsuz yönde etkilemekle kalmayıp ömürlerini de kısaltır. Bu nedenle cihazlar, her deniz çalışması sonucu temizlenerek ve bakımları yapılarak orijinal kutularında bir dahaki seferde kullanılmak üzere enstitüye getirilerek saklanır. Deniz seferi başlamadan önce, sefer planına uygun olarak, enstitüdeki depolardan çıkarılan aletler gemiye gönderilir. Burada, teknik ekip tarafından yerlerine yerleştirilerek kullanıma hazır hale getirilir. Bu aletlerden bazıları, bir vinçe sarılı iletken çelik kablolar kullanarak suya indirilir. Araştırmanın içeriğine göre, yaklaşık 2000 metre derinliğe kadar değişik ölçümler yapılır. Toplanan bulgular, iletken tel tarafından anında gemideki bilgisayarlara gönderilir. Burada kaydedilerek yorumlara hazır hale getirilir. Bazı ölçümler, çeşitli derinliklerden toplanan su örneklerinin gemideki laboratuvarlarda analiz edilmeleriyle yapılır. Bu çalışmalarda, gemide bulunan her kişinin önceden belirlenmiş görevi vardır. Başarılı bir deniz çalışması için her-



kes sorumluluklarını en üst düzeyde ve en az hata ile yerine getirmek zorunda. Bu da bir bilimsel uzman önderliğinde, tam uyumlu bir takım çalışmasını gerektirir. Geminin devamlı seyir halinde olması, çalışmaların da günde 24 saat olarak devam etmesini sağlar. Bilimsel ekibin her üyesi, daha önceden hazırlanmış bir program çerçevesinde günün belirli zamanlarında dinlenir. Genelde, en kıdemli profesörden, yüksek lisans ve doktora öğrencisine ve teknik elemanlara kadar herkes günde yaklaşık 16 saat çalışır. Bu yoğun çalışma temposu duruma göre bir hafta kadar sürer. Akdeniz ve Karadeniz’de gerçekleşen ve toplam uzunluğu 15-20 güne kadar uzayan deniz seferlerinde, daha önceden hazırlanmış program çerçevesinde, bir haftalık bir çalışma süresinden sonra bir limana girilir. Burada geminin gerekli kumanya gereksinimleri karşılanır. Bu liman ziyaretleri en fazla bir gün sürer. Bazen, kötü hava koşullarının aniden ortaya çıkmasıyla tehlikeli durumlar ortaya çıkabilir. Böyle durumlarda gemi kaptanı, deniz çalışma planına bakmaksızın gemiyi sağlam biçimde en yakın limana götürmek zorundadır. Hava koşullarında düzelme oluncaya kadar limanda beklenir. Bu gibi durumlarda, o zamana kadar toplanan bulgular elden geçirilir. Bu tür ön değerlendirmeler, sonraki günlerde gerçekleştirilecek deniz çalışmalarına ışık tutar. Çalışmalar bittikten sonra da enstitü limanına dönülür ve buradaki laboratuvarlarda çalışmalara devam edilir.

çalışıyor. Akdeniz, coğrafik konumundan dolayı, hem antropojenik (kuzey batısındaki endüstrilemiş ülkelerin emisyonları), hem de doğal kaynaklardan (güney ve güneydoğusunda yer alan çöl tozları) atmosfere salınan aerosollerin etkisi altında. Elde edilen bulguların bilgiye dönüştürülmesi sonucunda Sahra çölünden, özellikle bahar aylarında, bölüm bölüm yüksek miktarlarda toz taşındığı ve bu tozların deniz yüzeyine çöktüğü belirlenmiş. Enstitüde aynı zaman-

da NASA’yla birlikte ortak yapılan bir çalışma da var. Enstitünün çatısında, Güneş ışığının yüzünde ölçülmesine yarayan “Güneş fotometresi” denilen bir cihaz bulunuyor. Bu cihazlardan dünyanın birçok yerinde var. Aynı anda yer seviyesindeki aerosol yoğunluğu da ölçülüyor. Ölçülen veriler aynı anda NASA’da toplanarak, tüm dünyanın kullanımına açılıyor. NASA’nın bunu yapmasının asıl nedeni, uydu verilerinin ayarlamasını yapmak.

çalışıyor. Akdeniz, coğrafik konumundan dolayı, hem antropojenik (kuzey batısındaki endüstrilemiş ülkelerin emisyonları), hem de doğal kaynaklardan (güney ve güneydoğusunda yer alan çöl tozları) atmosfere salınan aerosollerin etkisi altında. Elde edilen bulguların bilgiye dönüştürülmesi sonucunda Sahra çölünden, özellikle bahar aylarında, bölüm bölüm yüksek miktarlarda toz taşındığı ve bu tozların deniz yüzeyine çöktüğü belirlenmiş. Enstitüde aynı zaman-



Aerosollerin mikrobiyolojik içeriğini (bakteri ve mantar sayımları için) belirlemek için kullanılan numuneler kulinin tepesindeki cihazlardan alınır.

