

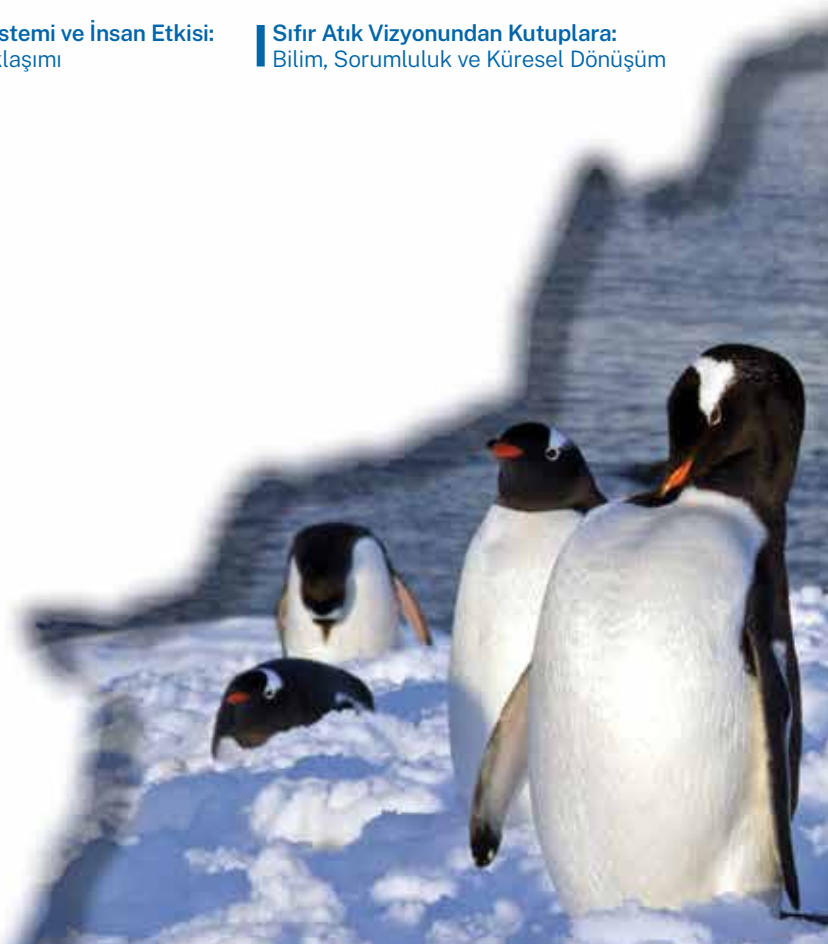


KUTUPLARDA SIFIR ATIK

Beyaz Kıta ve Sıfır Atık:
Antarktika'da Bilim ve Çevre Mücadelesi

Arktik Ekosistemi ve İnsan Etkisi:
Sıfır Atık Yaklaşımı

Sıfır Atık Vizyonundan Kutuplara:
Bilim, Sorumluluk ve Küresel Dönüşüm





KUTUPLARDA SIFIR ATIK



İçindekiler

Yayınevi

Sıfır Atık Vakfı

Yayınevi Sertifika No.

81207

Baskı

1. Baskı / Mayıs 2026

Yayın Kurulu

Prof. Dr. Burcu Özsoy

Samed Ağırbaş

Prof. Dr. Ersan Başar

Prof. Dr. Halit Kandemir

Prof. Dr. H. Hakan Yavaşoğlu

Doç. Dr. Bengisu Mirasoğlu

Dr. Özgün Oktar

Dr. Atilla Yılmaz

Dr. Göksu Uluslar

Kpt. Doğan Baybars İşler

Furkan Ali Küçük

Genel Yayın Yönetmeni

Furkan Ali Küçük

Baş Editör

Prof. Dr. Burcu Özsoy

Editör

Prof. Dr. Ersan Başar

Basım

Mavi Ofset Basım Yayın Tic. San. Ltd. Şti.

Ziya Gökalp Mah. Süleyman Demirel Blv. Sinpaş İş

Modern İş Merkezi B Blok Kat 1

No: 22-23, Başakşehir, İstanbul, Türkiye

Matbaa Sertifika No: 45756

ISBN

978-625-96510-3-3

e-ISBN

978-625-96510-7-1

Kandilli, Hidrellez Sk. No: 3, 34684 Üsküdar/İstanbul

☎ +90 216 651 20 00 ✉ info@sifiratikvakfi.org

© 2026 **Sıfır Atık Vakfı**

Bu eser TÜBİTAK iş birliğiyle hazırlanmıştır.

10

Beyaz Kıta ve Sıfır Atık:
Antarktika'da Bilim ve
Çevre Mücadelesi

12

Arktik Ekosistemi ve
İnsan Etkisi: Sıfır Atık
Yaklaşımı

14

Sıfır Atık Vizyonundan
Kutuplara: Bilim,
Sorumluluk ve Küresel
Dönüşüm

20

Küresel İklim: Değişikliği:
Kutuplardan Anadolu'ya
Yansıyan Alarm Zilleri

22

Kutuplarda Sıfır Atık:
Karbon Ayak İzi

26

Siyah Karbon,
Atmosferik ve
Oşinografik Taşınım

32

İnsan Etkisi ve
Mikroplastik

36

Kutuplarda Makroplastik
Kirliliği ve Etkileri

38

Kutup Bölgelerinde
Atık İzleme Çalışmaları

42

Döngüsel Atık
Yönetimi

44

Kutuplar-Türkiye ve
Bilimsel Faaliyetler

46

Sefer Öncesi Hazırlık:
Ekipman, Malzeme ve
Acil Durum Planlamaları

50

Kamp Üs ve Gemilerde
Uygulama Örneği

56

Türkiye'nin Kutuplarda
Çevre Vizyonu

60

Kutup Bölgelerinin
Yönetişiminde
Uluslararası Antlaşmalar,
Örgütler ve Birlikler

68

Kutuplarda Turistik
Faaliyetler ve
Çevreye Etkileri

76

Geleceği Korumak:
Eğitim, Farkındalık
ve Yenilikçi Yaklaşımlar

80

Antarktika'da
Sıfır Atık ve
Bilim İletişimi

86

Sıfır Atık ve Görsel Bilim
İletişimi: Kutuplarda
Görsel Tanıklık

87

Bilim ve Sanatın
Kesişiminde: Görsel
Bilim İletişimi

90

Kutupların Kırılgan
Doğasında: Görsel
Tanıklar

91

Görsel Tanıklık ve
Etik Çevre Haberciliği

Önsöz

EMİNE ERDOĞAN

Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanı Eşi
Sıfır Atık Vakfı Onursal Başkanı
Birleşmiş Milletler Sıfır Atık
Yüksek Şahsiyetli Danışma Kurulu Başkanı

Kutup bölgeleri, iklim değişikliğinin yıkıcı etkilerinin en yoğun hissedildiği ve bu etkilere karşı en kırılgan coğrafyaların başında gelmektedir. Her ne kadar, dünyanın en uzak ve el değmemiş noktaları gibi görünseler de plastik kirliliğine ciddi bir biçimde maruz kalmakta, ekosistemler telafisi güç zararlar görmekte, buzullar erimekte, bu da küresel iklim değişikliğini daha da hızlandırmaktadır.

2017 yılından bu yana gerçekleştirilen 9 Antarktika ve 5 Arktik seferiyle Türkiye, kutuplarda çok yönlü, nitelikli ve öncü bilimsel araştırmalar yürütmüştür. Bilim insanlarımız bu süreçte, el değmemiş en uzak coğrafyalarda dahi mikroplastiklere rastlamış; atıksız üretim ve tüketim modellerinin artık bir tercih değil, ertelenemez bir zorunluluk olduğu gerçeğini bilimsel kanıtlarla tüm insanlığa sunmuştur. Bu bulgular, 2017’de ülkemizde başlattığımız ve bugün küresel ölçekte liderliğini üstlendiğimiz

Sıfır Atık Hareketinin, insanlığın ortak geleceği açısından ne denli vazgeçilmez bir adım olduğunu bir kez daha açıkça ispatlamıştır. Elinizdeki bu kıymetli eser, kutupların doğası ve insanlık için taşıdığı öneme dair kapsamlı ve çok yönlü bir çalışma olmasının yanı sıra, herkesi, iklim değişikliğiyle kararlılıkla mücadeleye davet eden güçlü bir çağrı niteliğindedir.

Eserin hazırlanmasında emeği geçen Sanayi ve Teknoloji Bakanlığına, TÜBİTAK MAM Kutup Araştırmaları Enstitüsüne ve kıymetli bilim insanlarımıza şükranlarımı sunuyorum. Bilim seferleri sırasında, çalışmaların her aşamasında ortaya konan sıfır atık yaklaşımının, ülkemizin sıfır atık misyonunun somut ve son derece değerli bir örneği olduğunu düşünüyor; katkı sunan herkesi gönülden kutluyorum.

Bu çalışmanın önemli ve kalıcı bir farkındalık oluşturacağına inanıyor, ülkemiz ve tüm insanlık için hayırlı olmasını temenni ediyorum.





Takdim

MEHMET FATİH KACIR

Sanayi ve Teknoloji Bakanı

Gezegenimizin milyarlarca yıllık iklim hafızasını taşıyan ve küresel ekolojik sistemin denge unsuru olan kutup bölgeleri, bugün insanlığın ortak kaderini doğrudan etkileyen stratejik alanların başında gelmektedir. Ne var ki iklim krizi, etkilerini en erken ve en belirgin biçimde bu eşsiz coğrafyada göstermektedir. Eriyen buzullar, yükselen deniz seviyesi ve bozulan doğal denge; kutupları korumanın, aslında yeryüzünün geleceğini ve insanlığın istikbalini teminat altına almak anlamına geldiği gerçeğini sarsılmaz bir biçimde gözler önüne sermektedir.

Türkiye olarak kutuplara yönelik çalışmalarımızı; bilimsel merakımızın, stratejik vizyonumuzun ve gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakma sorumluluğumuzun gereği olarak görüyoruz. Milli Teknoloji

Hamlesi vizyonumuz doğrultusunda kutup bölgelerinde kendi imkânlarımızla yürüteceğimiz çalışmalardan elde edeceğimiz bilgi birikimini; bilimsel ve teknolojik değere dönüştürmeyi hedefliyoruz. Bu anlayışla her yıl düzenlediğimiz Ulusal Kutup Bilim Seferlerimizle, Antarktika'daki Türk Bilimsel Araştırma Kampımızla, uluslararası iş birliklerimizle, kutup ekosisteminin korunması için somut katkılar sunuyoruz.

Bilim insanlarımızın bilim seferlerimizde yürüttüğü araştırmalar; son derece hassas dengeler üzerine kurulu, kendini yenileme kapasitesi sınırlı ve dış müdahalelere karşı dayanıklılığı düşük bir doğa düzenine sahip kutuplara ulaşan atıkların, çok katmanlı ve geniş boyutlu etkilerini ortaya koyuyor. Karşı karşıya olduğumuz tablo, yalnızca iklim değişikliğiyle mücadeleyi değil; aynı zamanda insanlığın



tüketim alışkanlıklarını yeniden düşünmesini, kaynakları verimli kullanmasını ve doğaya bırakılan izi en aza indiren yeni bir kalkınma anlayışını da gerekli kılmaktadır. Sayın Emine Erdoğan Hanımefendi'nin himayelerinde küresel bir markaya dönüşen Sıfır Atık Hareketi; atığın kaynağında azaltılmasını, kaynak verimliliğinin artırılmasını ve döngüsel ekonomi ilkeleri doğrultusunda yeniden değerlendirilmesini esas alan yaklaşımıyla, kutup ekosistemlerinin korunması için ihtiyaç duyduğumuz bütüncül bir vizyondur.

Kutuplarda Sıfır Atık yaklaşımını sistematik biçimde ele alan bu çalışma; bilimsel faaliyetlerin çevreyle uyum içinde nasıl yürütülebileceğini ortaya koyan önemli bir başvuru kaynağıdır. Kutuplarda "iz bırakmadan" bilim yapma ilkemiz, atık yönetimine dair kararlılığımız ve çevreye

karşı hassasiyetimiz bu kitabın her bölümünde titizlikle ele alınmıştır.

Kitapta; kutup ekosistemlerinin hassas yapısı, saha çalışmalarında karşılaşılan atık türleri, çevresel riskler, ulusal ve uluslararası çevre protokolleri ile iyi uygulama örnekleri açık ve uygulanabilir bir formatta sunulmaktadır. Bu yönüyle eser, yalnızca teknik bir kılavuz değil; gelecek nesillere karşı taşıdığımız sorumluluğun yazılı bir ifadesidir.

Cumhurbaşkanlığı himayelerinde, Bakanlığımız sorumluluğunda ve TÜBİTAK Kutup Araştırmaları Enstitüsü (KARE) koordinasyonunda yürütülen çalışmalara katkı sunan; aynı zamanda sıfır atık bilincinin yaygınlaşmasına vesile olan bu kıymetli eserde emeği geçen tüm bilim insanlarımıza, ekiplerine ve Sıfır Atık Vakfı'na teşekkür ediyorum.

Sunuş

SAMED AĞIRBAŞ

Sıfır Atık Vakfı Başkanı

Büyük emekler sonrasında ortaya çıkan bu değerli çalışma, bilginin sınırlarını genişletirken insanlığın geleceğine dair yeni bir düşünme ufku açmaktadır. Çalışmada ele alınan konular, uzak coğrafyalara dair teknik gözlemler olmanın ötesinde; insanlığın üretim, tüketim ve doğayla kurduğu ilişkiye dair derin bir muhasebeyi beraberinde getirmektedir. Burada sunulan perspektif, gezegenin uç noktalarında yürütülen araştırmaların, küresel ölçekte etik bir yönetim anlayışıyla ele alınması gerektiğini güçlü biçimde ortaya koymaktadır. Türkiye’de Sayın Emine Erdoğan Hanımefendi’nin öncülüğünde gelişen Sıfır Atık vizyonu, çevre alanında yeni bir kavramsal çerçeve oluşturmuş; kaynak verimliliğini, sorumluluk bilincini ve uzun vadeli düşünmeyi merkeze alan bir yaklaşımı kurumsallaştırmıştır. Bu vizyon sayesinde ülkemiz, çevre politikalarında uygulayıcı bir aktör olmanın ötesine geçerek, küresel sürdürülebilirlik tartışmalarına yön veren bir konuma ulaşmıştır. Bilimsel faaliyetlerin

bu anlayışla ele alınması, çevre ve bilimin aynı etik zeminde buluşabileceğini göstermesi bakımından büyük önem taşımaktadır.

Bu eserin ortaya çıkmasında Sanayi ve Teknoloji Bakanlığımızın kararlı desteği, TÜBİTAK MAM Kutup Araştırmaları Enstitüsünün yüksek bilimsel yetkinliği ve özveriyle çalışan kıymetli bilim insanlarımızın emeği belirleyici olmuştur. Ortaya konan çalışmalar, çevresel hassasiyetin bilimsel disiplinlerle birlikte ele alındığında nasıl derinlik kazandığını açıkça göstermektedir. Kutuplarda Sıfır Atık, bugünün sorunlarını anlatan bir derleme olmanın yanında, yarının dünyasına dair ilkesel bir yön tayini sunmaktadır. Bilim dünyası için yeni araştırma yollarını besleyen güvenilir bir başvuru kaynağı, insanlık için ortak sorumluluk bilinci inşa eden ve küresel sıfır atık yaklaşımının bilimsel temellerine katkı sunan nitelikli bir eserdir. Bu çalışmanın, gelecek kuşaklara karşı taşıdığımız emaneti daha bilinçli biçimde kavramamıza katkı sunacağına inanıyorum.



Fotoğraf: Şebnem Coşkun - Foto Muhabiri / Anadolu Ajansı

Beyaz Kıta ve Sıfır Atık: Antarktika'da Bilim ve Çevre Mücadelesi

Prof. Dr. Burcu Özsoy

İstanbul Teknik Üniversitesi
Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü,
TÜBİTAK Kutup Araştırmaları Enstitüsü

Antarktika, 1959 tarihli Antarktika Antlaşması ve 1991'de kabul edilen Madrid Protokolü (Çevrenin Korunmasına İlişkin Protokol) çerçevesinde dünyanın ortak mirası olarak tanımlanmış, askeri ve ticari faaliyetlere kapatılmış ve yalnızca bilimsel araştırmalarla sınırlandırılmıştır. Ülkemiz de 1996 yılında Antlaşmaya taraf olarak, Antarktika'daki faaliyetlerinde çevresel korumayı uluslararası düzeyde taahhüt etmiştir.

Madrid Protokolü'nün 2.maddesi, Antarktika'yı "barış ve bilime adanmış doğal bir rezerv" olarak tanımlar. 3. maddesi, kıtada yürütülen her türlü faaliyetin çevreye ve ekosistemlere en az düzeyde etki yapması gerektiğini vurgulamaktadır. 8. maddesi ise, tüm faaliyetlerin çevresel etkilerinin önceden değerlendirilmesini zorunlu kılar; bu çerçevede önerilen projeler "önemsiz, küçük veya kapsamlı etki" seviyelerine göre sınıflandırılır

ve gerekirse Kapsamlı Çevresel Değerlendirme süreci uygulanır. Ayrıca protokole eklenen EK-1 (Çevresel Etki Değerlendirmesi) bu süreci detaylandırmaktadır. EK-3 (Atıkların Bertarafı ve Yönetimi) ise atıkların kaynağında azaltılmasını, sınıflandırılmasını, mümkün olduğunda yeniden kullanılmasını ve en önemlisi kıta dışına çıkarılmasını şart koşmaktadır. Bu bağlamda Antarktika'daki tüm ülkeler, faaliyetlerini sıfır atık (zero waste) prensibine uygun yürütmekle yükümlüdür.

Ülkemizde 2017'den bu yana, Cumhurbaşkanlığı himayelerinde, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı uhdesinde ve TÜBİTAK Kutup Araştırmaları Enstitüsü (KARE) koordinasyonunda, yürütülen Ulusal Antarktika Bilim Seferleri (TAE) Antarktika Antlaşma Sistemi hükümlerine tam uyumla gerçekleştirilmektedir. Seferlerin çevre izin süreçleri Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği



Bakanlığı ve TÜBİTAK KARE tarafından ortaklaşa yürütülmekte, sefer planlaması çevresel etki değerlendirmeleri doğrultusunda şekillendirilmektedir. Ayrıca, TAE seferleri sırasında bir çevre zabiti görevlendirilerek, tüm bilimsel ve lojistik faaliyetlerde çevresel uyum denetlenmektedir. Atık yönetimi de TAE seferlerinde kritik bir öncelik olup, ortaya çıkan atıkların bertarafı seferin gerçekleştirildiği gemiyle ortaklaşa yürütülen süreçler aracılığıyla sağlanmaktadır. Organik, geri dönüştürülebilir ve tehlikeli atıklar ayrı ayrı depolanmakta; tamamı kıta dışına çıkarılarak uluslararası standartlara uygun şekilde bertaraf edilmektedir. Böylece, Madrid Protokolü'nün atıkla ilgili hükümlerine tam uyum sağlanmaktadır.

Güncel bilimsel araştırmalar, Antarktika'da insan kaynaklı çevresel etkilerin hâlen kritik düzeyde olduğunu göstermektedir. Örneğin, Doğu Antarktika deniz buzunda litre başına 12 mikroplastik parçacığı tespit edilmiştir [1]. Bir diğer araştırmada ise, Antarktika kar örtüsünde litre başına 29 parçacığa kadar mikroplastik bulunduğu rapor edilmiştir [2]. Bununla birlikte, küresel iklim değişikliğinin en somut örneklerinden biri olarak, kıtadaki buz tabakaları ve deniz buzunun hızla eridiği de yine bilimsel olarak ortaya konmuştur. Örneğin, Batı Antarktika'daki buz tabakasının kütle kaybı üzerine yapılan çalışmalar, giderek artan bir erime trendinin olduğunu gösterirken [3], 2023 yılında deniz buzunun rekor düşük seviyelere gerilediği bildirilmiştir [4].

İklim değişikliği ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan bu değişimler beraberinde zincirleme risklere neden olmaktadır. Özellikle farklı parametrelerde gözlemlenen olağandışı değişimler ve bunların kriyosfere etkisi, kıta ekosistemini daha kırılgan hale getirmektedir. Bu nedenle sıfır atık politikaları, Antarktika'yı korumanın ötesinde, iklim değişikliğinin etkilerini yavaşlatmaya yönelik küresel çabalara da anlamlı katkılar sağlamaktadır. Diğer yandan, bu bulgular, atık yönetimi ve sıfır kirlilik hedeflerinin yalnızca bölgesel değil, küresel iklim dengesi açısından da zorunluluk olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, Antarktika genelinde gerçekleştirilen bilimsel ve lojistik çalışmalarda sıfır atık yaklaşımı, yalnızca bilimsel faaliyetlerin sürdürülebilirliği için değil, aynı zamanda küresel iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya yönelik kolektif bir sorumluluk ve ortak mirasın korunması açısından kritik önem taşımaktadır.

Arktik Ekosistemi ve İnsan Etkisi: Sıfır Atık Yaklaşımı

Arktik Bölgesi, küresel iklim değişikliğinin en hızlı ve en çarpıcı şekilde gözlemlendiği bölgelerden biridir. Küresel ortalamanın yaklaşık dört katı hızla ısındığı bilinen Arktik, deniz buzu ve buzulların erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi ve ekosistemlerin dönüşümü açısından kritik bir öneme sahiptir [5]. Bölge, Antarktika'dan farklı olarak yoğun yerleşimlere, yerel halklara (örneğin Inuit toplulukları) ve artan ekonomik faaliyetlere (deniz taşımacılığı, petrol-gaz çıkarımı, balıkçılık) ev sahipliği yapmaktadır. Bu durum, Arktik çevre yönetimini daha karmaşık hale getirmekte ve sıfır atık yaklaşımını bir zorunluluk haline getirmektedir. Arktik'te çevre koruma çerçevesi, Arktik Konseyi tarafından geliştirilen stratejiler ve özellikle Arktik Çevre Koruma Stratejisi (AEPS, 1991) ile şekillenmektedir [6]. Ayrıca Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi (UNCLOS), bölgedeki deniz tabanı kaynaklarının kullanımını düzenlemektedir. Bu belgelerde özellikle atık ve kirlilik kontrolü, deniz ekosistemlerinin korunması ve petrol sızıntıları gibi yüksek riskli faaliyetlerin sınırlandırılması vurgulanmaktadır.

Ülkemizde 2019 yılından itibaren, Cumhurbaşkanlığı himayelerinde, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı uhdesinde ve TÜBİTAK KARE koordinasyonunda gerçekleştirilen Ulusal Arktik Bilim Seferleri (TASE), çevre izin süreçleri açısından bölgenin uluslararası hukuki statüsüne uygun şekilde planlanmaktadır. Özellikle seferlerin Barents Denizi ve Svalbard Adası çevresinde gerçekleşmesi sebebiyle, hazırlık aşamasında Norveç'in ilgili çevre kurumlarıyla ortaklaşa



detaylı izin prosedürleri yürütülmektedir. Bu iş birliği sayesinde, sefer faaliyetleri yalnızca ulusal mevzuata değil, aynı zamanda Norveç'in Svalbard kapsamındaki çevre koruma rejimine de uyumlu şekilde gerçekleştirilmektedir. Sefer sırasında bir çevre zabiti görevlendirilerek, atık yönetiminden fauna-flora korumasına kadar tüm süreçlerin denetimi sağlanmaktadır.

Arktik'te gerçekleştirilen bilimsel araştırmalar, insan faaliyetlerinden kaynaklanan kirliliğin giderek arttığını göstermektedir. Örneğin, Arktik deniz buzunda mikroplastik yoğunluğunun, normal metre küp başına 31,75 ile 12.000.000 parçacık arasında değiştiği rapor edilmiştir [7]. Ayrıca bölgedeki petrol ve gaz faaliyetlerinden kaynaklanan atıkların, yerel ekosistemlerde ağır metal birikimine neden olduğu gösterilmektedir [8]. Küresel ölçekte, Arktik'te açılan yeni deniz



ulaşım rotalarının (örneğin Kuzeydoğu Geçidi) ek atık üretimi ve kirlilik riskini artıracakı öngörülmektedir [9].

Sıfır atık yaklaşımı, Arktik için yalnızca çevresel değil, aynı zamanda sosyo-ekonomik bir boyut da taşımaktadır. Bölgenin farklı ülkelerin egemenlik alanlarına bölünmüş olması ve yerel toplulukların varlığı nedeniyle atık yönetimi oldukça karmaşık bir şekilde yürütülmektedir. Norveç'in Svalbard Çevre Yasası (2001, 2025), bölgedeki araştırma istasyonları ve yerleşimlerde atıkların sınıflandırılması, geri dönüşümü ve tehlikeli atıkların ana karaya taşınarak bertaraf edilmesini zorunlu kılmaktadır [10]. Benzer şekilde, son yıllarda yürütülen projeler, bölgesel atıkların ciddi bir çevresel öncelik haline geldiğini göstermektedir [11]. Ayrıca, Kanada ve Grönland'daki yerli topluluklarla yapılan çalışmalar, düzenli atık yönetimi altyapısının yetersizliğinin

deniz ekosistemlerinde mikroplastik ve organik atık baskısını arttırdığını ortaya koymuştur [12]. Bu durum bölgedeki önemli geçim kaynaklarının (balıkçılık, avcılık) korunabilmesi adına da oldukça önemlidir.

Arktik genelinde hem karada hem denizde gözlemlenen çok katmanlı değişimler, bölgenin "iklim değişikliğinin erken uyarı sistemi" olarak işlev gördüğünü göstermektedir. Dolayısıyla sıfır atık politikaları, yalnızca yerel kirliliği azaltmak için değil, küresel karbon döngüsü üzerindeki baskıyı hafifletmek ve iklim değişikliğinin hızını yavaşlatmak için de kritik önem arz etmektedir. Sonuç olarak, bölgede yürütülen bilimsel ve toplumsal faaliyetlerin bu politikalarla uyumlu biçimde gerçekleştirilmesi hem bölgesel hem de küresel ölçekte yaşamsal bir sorumluluk taşımaktadır.

Sıfır Atık Vizyonundan Kutuplara: Bilim, Sorumluluk ve Küresel Dönüşüm

Samed Ağırbaş

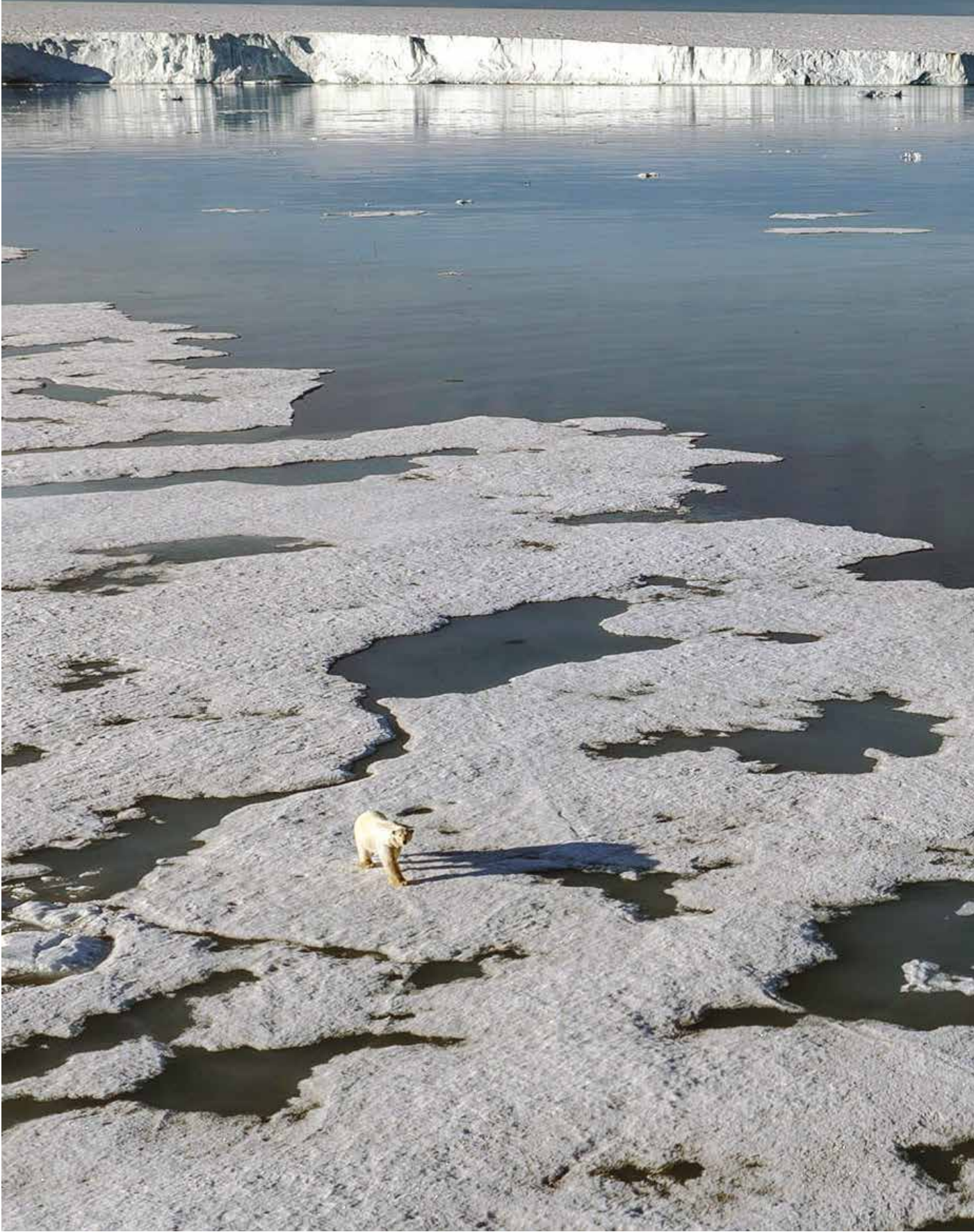
Sıfır Atık Vakfı Başkanı | Sıfır Atık Vakfı

Dünyamız, insanlık tarihinin en büyük çevresel sınavıyla karşı karşıya. İklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı, artan atık hacmi ve kaynakların tükenişi, yalnızca doğayı değil, insan yaşamının sürdürülebilirliğini de tehdit ediyor. Bu tablo karşısında atılacak her adım, alınacak her karar, sadece bugünün değil, yarının da kaderini tayin edecektir. İşte tam da bu noktada, Sayın Emine Erdoğan Hanımefendi'nin liderliğinde başlatılan Sıfır Atık Hareketi, ulusal sınırları aşarak küresel ölçekte kabul gören bir değişim vizyonunun adı hâline gelmiş bulunmaktadır.

Sıfır Atık, dar anlamda yalnızca bir çevre politikası değil; üretimden tüketime, bilimden eğitime, kamu yönetiminden bireysel alışkanlıklara kadar uzanan bütüncül bir medeniyet dönüşümüdür. Bu dönüşüm, doğayı sömürülecek bir kaynak olarak değil, gelecek

nesillere aktarılması gereken kutsal bir emanet olarak gören anlayış üzerine inşa edilmiştir. Bugün Sıfır Atık yaklaşımı, dünyanın dört bir yanında çevre yönetimi stratejilerinin merkezine yerleşmiş, Birleşmiş Milletler nezdinde küresel bir sürdürülebilirlik hedefi olarak kabul edilmiştir.

Türkiye, bu vizyonun taşıyıcısı ve uygulayıcısı olarak, doğa ile uyumlu kalkınmanın mümkün olduğunu tüm dünyaya göstermektedir. Sayın Emine Erdoğan Hanımefendi'nin himayelerinde başlatılan Sıfır Atık Hareketi, 2017 yılından bu yana yalnızca ulusal ölçekte değil, uluslararası diplomasi sahnesinde de güçlü bir etki ortaya koymuştur. Bugün Sıfır Atık Vakfı olarak bizler, bu vizyonun bilimsel, toplumsal ve kültürel boyutlarını derinleştiriyor; dünyanın ortak geleceği için kalıcı ve yapısal adımlar atıyoruz.



Fotoğraf: Şebnem Coşkun - Foto Muhabiri / Anadolu Ajansı

Bilimle Güçlenen Bir Ekolojik Sorumluluk: Kutuplar

Kutup bölgeleri, gezegenimizin iklim regülasyonunda hayati rol oynayan, ancak aynı zamanda mikroplastik kirliliği ve buzul erimesi gibi çevresel baskılara karşı en kırılgan ekosistemleridir. Bu bölgelerdeki bozulmalar, sadece yerel bir çevre sorunu değil, küresel deniz seviyesi artışından ekosistem dengesinin değişmesine kadar insanlığın tamamını ilgilendiren bir varoluşsal tehdittir. Bu bağlamda, TÜBİTAK Kutup Araştırmaları Enstitüsü tarafından yürütülen çalışmalar, sadece bilimsel bir keşif değil, aynı zamanda küresel çevre bilincinin ve sorumluluğunun da en güçlü temsili niteliğindedir.

Sıfır Atık Vakfı olarak, bilim insanlarımızın kutuplarda yürüttüğü her araştırmayı, “doğaya zarar vermeden bilgi üretme” etiğinin bir

yansıması olarak görüyoruz. Çünkü biliyoruz ki; gerçek bilim, gezegenle uyum içinde ilerleyen bilimdir. Bu nedenle sıfır atık anlayışını, sadece bir çevre yönetim modeli olarak değil, aynı zamanda bilimsel faaliyetlerin temel etik zeminini oluşturan bir yaklaşım olarak ele almak gerekiyor.

Bir plastik atığın yok olması yüzlerce yıl sürerken, doğaya bırakılan her iz insanlığın vicdanında bir sorumluluk oluşturuyor. Bu farkındalık, kutuplarda yürütülen araştırmaların “sıfır atık prensibiyle” uyum içinde olmasını zorunlu kılıyor. Biz de Sıfır Atık Vakfı olarak, bilimin bu ekolojik yönünü güçlendirecek her adımı destekliyor, çevreyle uyumlu araştırma yöntemlerinin yaygınlaştırılması için aktif çalışmalar yürütüyoruz.

Geleceğe Yönelik Taahhüt: Sınırlarını Bilen Bir Medeniyet

Gezegenimizi koruma yükümlülüğü, artık yalnızca çevre mühendislerine, bilim insanlarına veya politikacılara ait bir görev olmaktan çıkmış; her bireyin ve kurumun temel sorumluluğu hâline gelmiştir. Tüketim alışkanlıklarımızdan döngüsel atık yönetimine, enerji verimliliğinden eğitim müfredatına kadar uzanan bu bütünsel dönüşüm, sürdürülebilir bir geleceğin olmazsa olmazıdır. Sıfır Atık Vakfı olarak en büyük

önceliğimiz, bu dönüşümü yalnızca teknik değil, kurumsal ve kültürel bir hareket hâline getirmektir. Hedefimiz; çocuklarımızın doğayı koruma bilinciyle büyüdüğü, üniversitelerimizin yeşil kampüsler hâline geldiği, kurumlarımızın döngüsel ekonomi modellerini merkeze aldığı bir gelecek inşa etmektir. Çünkü “sıfır atık” sadece bir performans hedefi değil; insanlığın varoluş ahlakıdır.

Bilimle Güçlenen Bir Ekolojik Sorumluluk: Kutuplar

Kutup bölgeleri, gezegenimizin iklim regülasyonunda hayati rol oynayan, ancak aynı zamanda mikroplastik kirliliği ve buzul erimesi gibi çevresel baskılara karşı en kırılgan ekosistemleridir. Bu bölgelerdeki bozulmalar, sadece yerel bir çevre sorunu değil, küresel deniz seviyesi artışından ekosistem dengesinin

değişmesine kadar insanlığın tamamını ilgilendiren bir varoluşsal tehdittir. Bu bağlamda, TÜBİTAK Kutup Araştırmaları Enstitüsü tarafından yürütülen çalışmalar, sadece bilimsel bir keşif değil, aynı zamanda küresel çevre bilincinin ve sorumluluğunun da en güçlü temsili niteliğindedir.



Kutuplardan Dünyaya Uzanan Bir Mesaj

Kutup bölgelerinde yürütülen bilimsel çalışmalar, bir yandan insanlığın doğaya verdiği zararın aynası olurken, diğer yandan bu zararın önlenmesi için gereken çözümlerin anahtarını sunmaktadır. Bu alanlarda elde edilen her veri, sadece bilimsel bir bulgu değil; aynı zamanda gezegenin geleceği için acil bir uyarıdır. Sıfır Atık Vakfı olarak bizler, bu uyarıyı somut bir

küresel eylem çağrısına dönüştürmekle mükellefiz.

Geleceği koruyarak güvence altına almanın yolu, doğayla rekabet etmekten değil, onunla uyum içerisinde hareket etmekten geçmektedir. Sıfır Atık Hareketi, işte bu uyumun adı ve bilimin vicdanıdır. Kutuplardan dünyaya yayılan bu sorumluluk çağrısının aktif bir parçası olmak, insanlığın ortak ve vazgeçilmez taahhüdüdür.







Küresel İklim Değişikliği: Kutuplardan Anadolu'ya Yansıyan Alarm Zilleri

Prof.Dr. Mikdat Kadioğlu

İstanbul Teknik Üniversitesi İklim Bilimi ve
Meteoroloji Mühendisliği Bölümü

Kutuplar ve Gezegenin Nabızı

Kutuplar sadece uzak buz diyarları değil, gezegenimizin nabzını ölçen hassas bölgelerden biridir. Burada yaşanan her değişim, binlerce kilometre uzaktaki Anadolu'ya kadar etki yansıtır. İklim değişikliği genellikle kutup ayılarının dramı üzerinden gündeme gelir. Oysa mesele sadece kutuplardaki ayının değil, farklı coğrafyalardaki ayının da meselesidir. Bu nedenle iklim değişikliğini uzak diyarlara ait bir sorun değil, yaşamımıza doğrudan dokunan bir gerçek olarak görmek gerekir.

Küresel Isınma mı, İklim Değişikliği mi?

Sıklıkla birbirine karıştırılan iki kavram var: küresel ısınma ve iklim değişikliği. Küresel ısınma yalnızca ortalama sıcaklıkların yükselişini ifade ederken, iklim değişikliği kuraklık, sel, fırtına, sıcak hava dalgaları gibi tüm uzun vadeli değişimleri kapsar. Hava olayları günlük iniş-çıkışlardır;

iklim ise bu olayların uzun dönemli düzenidir. Bugün tanık olduğumuz değişim, doğanın kendi döngülerini çoktan aşmış durumda. Son 150 yılda kaydedilen sıcaklık artışı, doğal süreçlere göre bin kat daha hızlı ilerliyor.

İnsan Kaynaklı Kanıtlar

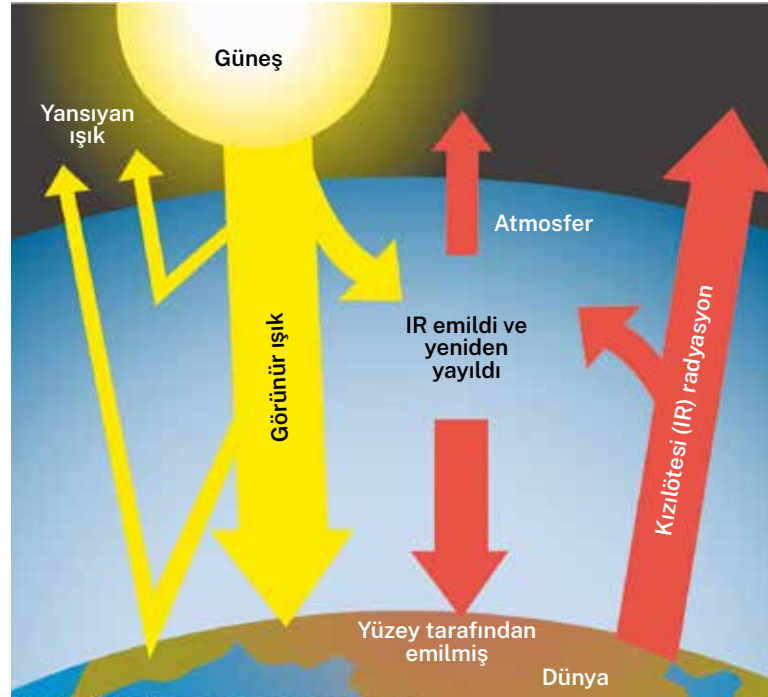
Sanayi Devrimi'nden bu yana atmosfere salınan sera gazları, dünyanın ortalama sıcaklığını yaklaşık 1 °C yükseltti. Okyanuslar bu ısının büyük kısmını emdi, asitlendi ve ekosistemleri bozdu. Grönland ve Antarktika'daki buzullar hızla eriyor; deniz seviyeleri yalnızca son yüzyılda 20 cm yükseldi ve bu artış giderek hızlanıyor. Permafrostların çözülmesiyle atmosfere salınan metan, ısınmayı daha da körüklüyor. Hatta buzulların erimesi jeolojik dengeyi bile etkileyerek mikro depremleri tetikleyebiliyor. Kısacası, kutuplardaki erime, sadece bir çevre meselesi değil, küresel bir güvenlik sorunudur.

Ekolojik Günah ve Bireysel Sorumluluk

İklim değişikliğini durdurmak için yalnızca hükümetler arası anlaşmalara bel bağlayamayız. İsraf, en büyük ekolojik günahımızdır. Her gereksiz ve fazla tüketim, her çöpe giden gıda, her boş harcanan enerji, doğaya karşı işlenmiş bir ihanet anlamına gelir. Et tüketiminin yüksek su ayak izi, tropikal ürünlerin yetiştirilmesi ve bilinçsiz alışkanlıklar iklim krizini derinleştiriyor. Daha az tüketmek, yeniden kullanmak, yerel ve suya daha az ihtiyaç duyan gıdaları tercih etmek zorundayız. Bu bireysel adımlar, afetlerin şiddetini de azaltır. Çünkü daha az israf, daha az sera gazı, daha az kuraklık, sel ve yangın demektir.

Türkiye'ye Yansımalar

Türkiye yarı kurak bir iklim kuşağında ve risk grubunda. Su kaynaklarının azalması, kuraklık, çölleşme, orman yangınlarının artışı en büyük tehditler arasında. İklim kuşaklarının kayması tarımı ve biyoçeşitliliği tehdit ediyor. Ancak unutulmamalı: yaşanan her felaketi sadece iklim değişikliğine bağlamak yanlış bir bakış açısıdır. Dere yataklarına yapılan yanlış yapılaşmalar, kötü şehir planlaması, altyapı eksiklikleri selleri felakete dönüştürüyor. İklim değişikliği yağışı artırabilir ama yıkıcı seli yaratan insan hatalarıdır. Dirençli şehirler kurmadan, sorumluluğu sadece "iklime" atarak çözüme ulaşamayız.



Çözüm ve Vizyon

İklim kriziyle mücadelede iki temel yol vardır: azaltım ve uyum. Azaltım, sera gazı emisyonlarını düşürmeyi; uyum ise değişen koşullara hazırlık yapmayı ifade eder. Sıfır atık politikaları, su bütçeleri, yeşil şehirler, tarımda yerel ürünlere yönelmek hem azaltım hem uyum stratejileridir. Bilim dışı "yapay yağmur" projeleri umut tacirliğinden

öteye gidemez. Gerçek çözüm, bilime dayalı ve sürdürülebilir adımlar atmaktır. Sonuçta mesele sadece buzulları kurtarmak değil, yeni bir yaşam kültürü inşa etmektir. Daha az tüketmek, daha çok paylaşmak ve israfı terk etmek... Bu zihniyet dönüşümü gerçekleşmeden ne kutuplar ne de Anadolu güvenli bir geleceğe sahip olabilir.

Kutuplarda Sıfır Atık: Karbon Ayak İzi

Doç. Dr. Nazlı Olgun Kıyak

İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü

Karbon Ayak İzi Nedir?

Karbon ayak izi kavramı, insan faaliyetlerinin iklim değişikliği üzerindeki etkisini somutlaştırmak ve ölçülebilir hâle getirmek için ortaya çıkmıştır. İklim değişikliğinin başlıca nedeni olan sera gazı emisyonlarının (özellikle karbondioksit (CO_2)) kaynağını ve miktarını göstermek için “ortak bir ölçü birimi” olarak kabul görmektedir. Kyoto Protokolü (1997) ve ardından gelen Paris Anlaşması (2015) gibi uluslararası iklim anlaşmalar, emisyonların ölçülmesinin ve azaltılmasının zorunlu kılındığında, karbon ayak izi hesaplamalarını pratik bir araç hâline getirmiştir.

Karbon ayak izi, bireylerin, kurumların veya faaliyetlerin doğrudan (birincil) ya da dolaylı (ikincil) olarak atmosfere saldırdığı sera gazlarının toplamını ifade eder. Bu miktar genellikle karbondioksit eşdeğeri (CO_2e) cinsinden ölçülür. Kavram; ulaşım, ısınma, enerji kullanımı ve tüketilen her türlü ürünün (örneğin tekstil, elektronik cihazlar, gıda) üretim ve kullanım süreçleri sonucunda atmosfere salınan karbon miktarını tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır.

Doğrudan karbon ayak izi, fosil yakıtların kullanımı sonucu ortaya çıkan emisyonları (örneğin kara yolu ulaşımı, deniz taşımacılığı ve hava taşımacılığı kaynaklı yakıt tüketimi) kapsarken; dolaylı karbon ayak izi, ürün ve hizmetlerin üretim, taşınma, kullanım ve bertaraf süreçlerinden kaynaklanan emisyonları ifade eder [1]. Karbon ayak izi, iklim değişikliğiyle mücadelede temel göstergelerden biri olarak değerlendirilmektedir. Özellikle kutup bölgeleri, düşük insan yoğunluğuna sahip olmalarına rağmen küresel iklim sisteminde oynadıkları kritik rol nedeniyle bu bağlamda özel bir öneme sahiptir.





Fotoğraf: Şebnem Coşkun - Foto Muhabiri / Anadolu Ajansı

Kutuplarda Karbon Ayak İzi

Doğal Kaynaklı Emisyonlar

Kutuplar yalnızca iklim değişikliğinden etkilenen bölgeler değil, aynı zamanda bu değişimin hızlandırıcı unsurlarından biridir. Arktik bölgesinde permafrostun (iki ve daha fazla yıl suyun donma noktası veya altında yer alan donmuş toprak) çözülmesi, özellikle kış aylarında atmosferik karbon salınımını artırmaktadır.

NASA destekli bir çalışmada, 2003–2017 yılları arasında kış döneminde topraktan salınan karbon miktarının yıllık yaklaşık 1,7 milyar ton olduğu; buna karşılık, yaz aylarında bitkiler tarafından atmosferden çekilen karbonun yalnızca 1 milyar ton civarında kaldığı belirlenmiştir [2]. Bu bulgu, Arktik'in net bir karbon kaynağına dönüşme riski taşıdığını ortaya koymaktadır.

İnsan Faaliyetlerinin Etkisi

Kutuplardaki insan kaynaklı karbon ayak izinin en önemli bileşenleri şunlardır:

Bilimsel araştırma seferleri: Kara araçları (Şekil 1, 2), araştırma gemileri, buz kırıcılar, lojistik uçuşlar (Şekil 3) ve kar araçlarının kullanımı.

Turizm faaliyetleri: Özellikle Antarktika'ya yönelik gemi turları ve uçuşlar.

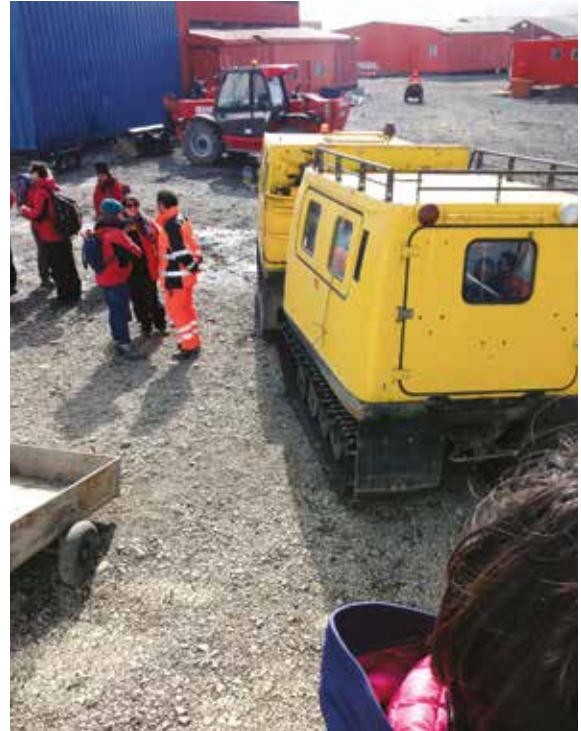
Antarktika'da gerçekleştirilen bir çalışmada, 94 kişilik bir sefer sırasında gemi yakıtı tüketiminden 378 ton CO₂, uçuşlardan ise 400 tonun üzerinde CO₂ salındığı belirlenmiştir [3]. Bu değer, kişi başına yaklaşık 800 New York–Londra ekonomi sınıfı uçuşuna eşdeğer bir emisyonu karşılık gelmektedir.

Karbon Ayak İzi İzleme ve Azaltma Zorlukları

Kutup bölgelerinde, turistik veya bilimsel faaliyetlerin karbon ayak izini izlemeye yönelik bağlayıcı uluslararası bir zorunluluk bulunmamaktadır. Bu nedenle, bölgesel karbon bütçelerinin net olarak ortaya konması güçleşmektedir [4].



Şekil 1: Antarktika Araştırmaları kapsamında King George Adası'nda yer alan Escudero İstasyonu'nda (Şili Üssü) lojistik amaçlı kullanılan çeşitli ulaşım araçları. Fotoğraf: Nazlı Olgun Kıyak



Şekil 2: Antarktika King George Adası'na hava ulaşımını sağlayan Fuerza Aerea De Chile askeri uçakları. Fotoğraf: Nazlı Olgun Kıyak, Şubat 2017.

Sıfır Atık Perspektifiyle Karbon Ayak İzi Azaltımı ve Çözüm Önerileri

Sıfır Atık yaklaşımı, kutup bölgelerindeki karbon ayak izini azaltmak için bir çerçeve sunmaktadır:

1

Yenilenebilir enerji kullanımı: Araştırma istasyonlarında güneş ve rüzgâr enerjisinin payını artırmak.

2

Yakıt verimliliği: Lojistik operasyonlarda düşük emisyonlu motorlar ve rota optimizasyonu.

3

Dijital veri toplama: Yerinde gözlem gereksinimini azaltacak uzaktan algılama teknolojileri.

4

Karbon telafisi: Sefer öncesi ve sonrası karbon dengeleme projeleri ile emisyonların nötrlenmesi.

5

Kara karbon azaltımı: Fosil yakıt kullanımından kaynaklanan siyah karbon partiküllerinin azaltılması.

Kutup bölgelerinde karbon ayak izinin azaltılması, yalnızca yerel ekosistemlerin korunmasına katkı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda küresel iklim değişikliğiyle mücadelede

de kritik bir rol oynar. Bu bağlamda Sıfır Atık yaklaşımı, bölgede gerçekleştirilen tüm insan faaliyetlerinin planlanmasında temel bir strateji olarak değerlendirilebilir.





Siyah Karbon, Atmosferik ve Oşinografik Taşınım

Doç. Dr. Mahmut Oğuz Selbesoğlu , Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Fahri Karabulut, Arş. Gör. Esra Günaydın
İstanbul Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü

Kar ve buz örtüsüyle kaplı kutup bölgeleri, küresel iklim değişikliğinin etkilerinin en belirgin biçimde gözlemlendiği alanlardır. Küresel ısınmaya bağlı olarak Dünya'nın radyatif dengesi (Enerji dengesi ile eş anlamlı) bozulmakta; bu durum sera gazı etkisinin güçlenmesine, mikro ölçekten makro ölçeğe kadar ekosistemlerin dönüşmesine ve buzulların hızla erimesiyle birlikte küresel deniz seviyesinin yükselmesine neden olmaktadır. Bununla birlikte, termohalin (Oşinografide tuzluluk ve sıcaklığın birlikte hareket etmesiyle oluşan okyanus sirkülasyonları) dolaşımının yavaşlaması; okyanus ekosistemlerinin bozulmasına, aşırı ve ani hava olaylarının artmasına

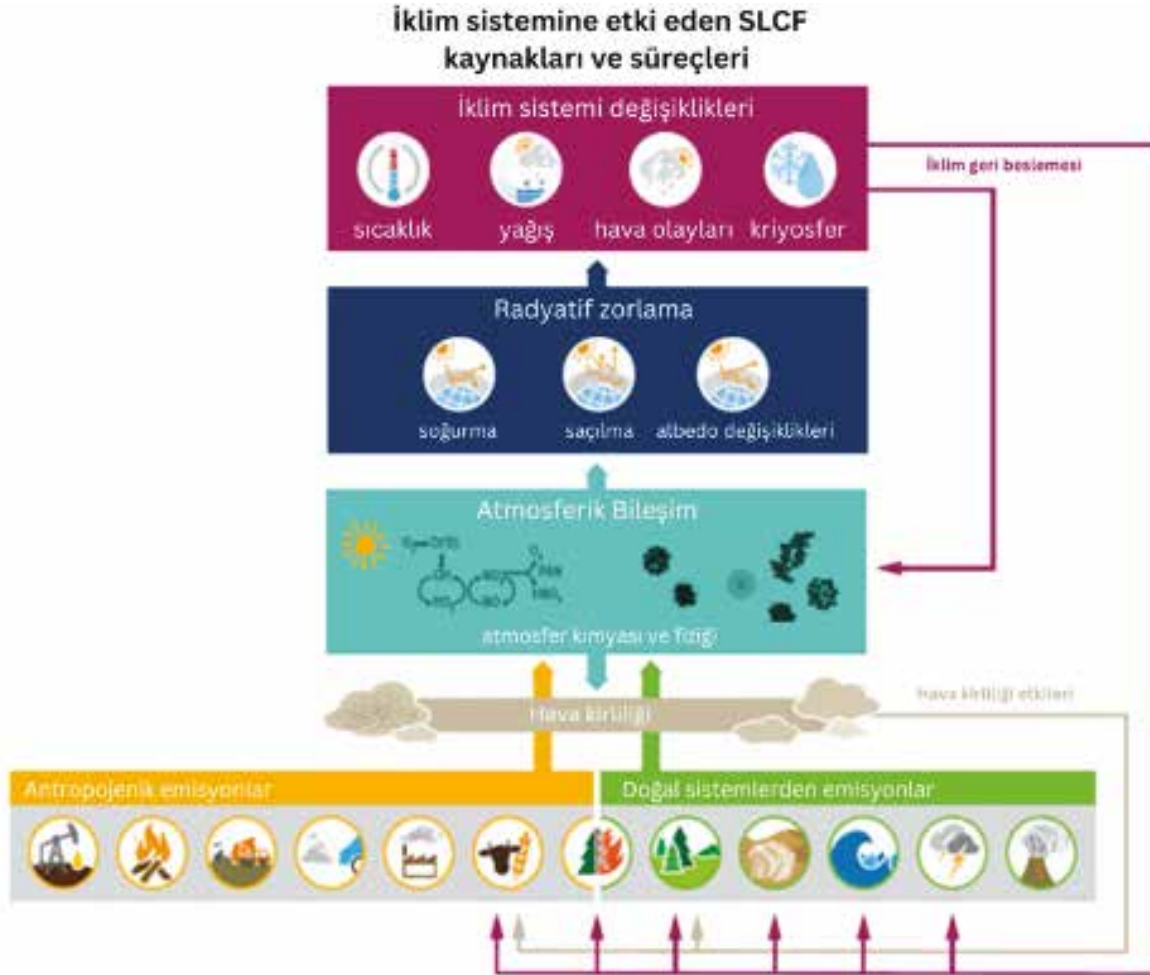
ve insan yerleşimlerinin risk altına girmesine yol açarken, küresel ısınmanın tetiklediği buzul alanlardaki kayıplar da albedo (Herhangi bir nesnenin yüzeyinin, elektromanyetik ışınımı yansıtma oranı) değerlerinde azalmaya neden olmaktadır. [1-6]. Kutuplarda iklim değişikliğini hızlandıran unsurlar arasında atmosferde kalış süreleri çoğunlukla yirmi yıldan kısa olan ve hem kimyasal hem de fiziksel açıdan reaktif özellik gösteren, çevresel etkileri ile fiziko-kimyasal nitelikleri bakımından çeşitlilik arz eden Kısa Ömürlü İklim Zorlayıcılar'da yer almaktadır (Şekil 1) [7]. Kısa Ömürlü İklim Zorlayıcılar nanometrelerden onlarca mikrometreye kadar

değişen formlarda bulunan aerosoller (sülfat, nitrat, amonyum, karbon esaslı aerosoller, mineral tozu ve deniz spreyi) ve kimyasal reaktif gazlardan (metan, ozon, bazı halojenli bileşikler, azot oksitler, karbon monoksit, metan dışı uçucu organik bileşikler, kükürt dioksit ve amonyak) meydana gelirler ve çoğu durumda kirletici olarak sınıflandırılırlar [7].

Karbon esaslı aerosoller arasında yer alan siyah karbon; kömür, petrol, doğal gaz ve biyokütle gibi yakıtların eksik yanması sonucu oluşan ince karbon partiküllerinden meydana gelmektedir. Siyah karbon atmosferdeki ince partikül formu sayesinde genellikle uzun mesafeler boyunca taşınır ve yol boyunca diğer aerosollerle karışarak yüksek soğurma özelliğine sahip kıtalararası kahverengi bulut kütlelerini oluştururlar [8].

Bunlar güneş ışığını engelleyerek yüzeyde soğutucu etki yaparken siyah karbonun yüksek soğurma kapasitesi nedeniyle atmosferde ısınmaya yol açar ve bu ikili etki bölgesel ve küresel iklim dengelerini etkilemektedir. Ayrıca siyah karbon, güneş ışığını soğurarak ısınmaya yol açması ve kar/buz yüzeylerine çöktüğünde ise yansıtıcılığı yani albedoyu azaltması nedeniyle, günümüzde küresel ısınmaya karbondioksit emisyonlarından sonra en güçlü ikinci katkıyı sağlar [8].

Sanayi bölgelerinden, fosil yakıt kullanımından ya da biyokütle yangınlarından atmosfere salınan siyah karbon, özellikle üst troposfere ulaştığında güçlü rüzgâr sistemleri ve jet akımları aracılığıyla kutup bölgelerine taşınmaktadır. Bu süreç, kutup atmosferine insan kaynaklı kirleticilerin taşınmasında en kritik mekanizmalardan biridir.



Şekil 1. Atmosferdeki kısa ömürlü iklim zorlayıcılarının (SLCF) birikimine yol açan kaynaklar ve süreçler ile bunların iklim sistemiyle etkileşimleri [7]



Şekil 3. TAE-6 kapsamında albedometre ile Horseshoe Adası'nda gözlemlene çalışmaları

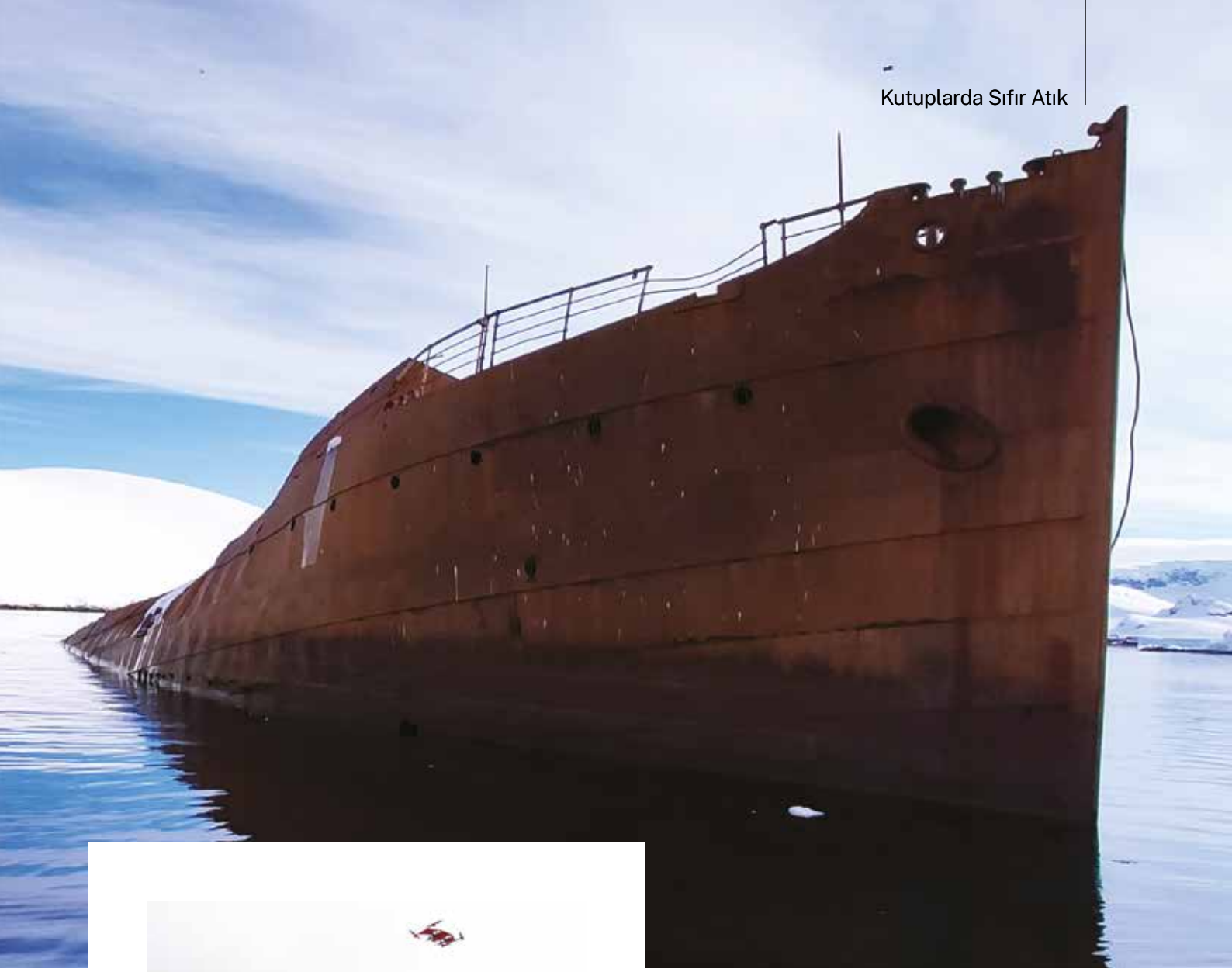


Şekil 2. TAE-6 kapsamında güneş fotometresi ile Horseshoe Adası'nda gözlemlene çalışmaları

Siyah karbonun atmosferden okyanuslara geçişi ise oşinografik taşınım açısından oldukça önemlidir. Atmosferden çökme yoluyla deniz yüzeyine ulaşan bu partiküller, su sütununda asılı kalmakta ya da organik maddelerle birleşerek deniz tabanına çökmektedirler. Çöken partikül halindeki siyah karbonun bir kısmı çözünerek deniz suyunda çözünmüş siyah karbon formuna geçer ve okyanus karbon döngüsünün uzun ömürlü bir bileşeni haline gelir [9]. Böylece siyah

karbon, yalnızca atmosferik taşınım ile sınırlı kalmayıp, okyanusların jeokimyasal döngüsünde de rol oynayarak ekosistemi etkilemektedir [9, 10]. Ayrıca, su kolonunda asılı kalan bu partiküller, ışığın soğurulma dengesini etkileyerek fitoplanktonun fotosentez kapasitesini dolaylı biçimde değiştirebilmektedir. Bu çift yönlü taşınım mekanizması, atmosferden kar ve buz yüzeylerine ve oradan da okyanuslara olmak üzere siyah karbonun kutup ekosistemlerinde çok katmanlı etkiler yaratmasına neden olmaktadır. Atmosferik taşınım ile gelen partiküller buzulların erimesini hızlandırırken, oşinografik taşınım aracılığıyla da deniz ekosistemlerinin üretkenliği ve karbon döngüsü üzerinde uzun vadeli olumsuz sonuçlar doğurmaktadır.

Türkiye'nin Antarktika seferleri kapsamında yürütülen uzun dönemli iklim değişikliği izleme çalışmaları, kutup ekosistemlerinde atmosferik ve yüzey süreçlerinin izlenmesine odaklanmaktadır. Bu çerçevede Horseshoe Adası'nda 2019'dan günümüze kadar gerçekleştirilen saha gözlemleri, özellikle albedo ölçmeleri, su buharının, deniz seviyesi değişiminin GNSS istasyonlarımızca izlenmesi ve fotometre ve uzaktan algılama aracılığıyla aerosol optik derinliği (AOD) takibi üzerine yoğunlaşmıştır. Örneğin, 2022 yılında gerçekleştirilen 6. Ulusal Antarktika Bilim Seferi kapsamında (TAE-6) Horseshoe Adası'nda fotometre ve albedometre cihazlarıyla gerçekleştirilen ölçmelere dair fotoğraflar Şekil 2 ve Şekil 3'te sunulmuştur.



Bu çalışmalar sonucunda, atmosferdeki aerosol miktarının artış eğilimi gösterdiği gözlemlenmiştir. Buna paralel olarak, kar ve buz yüzeylerinin yansıtıcılığını temsil eden albedo değerlerinde azalma kaydedilmiş, yüzeylerde güneş ışınımının daha fazla soğrulmasına işaret eden sonuçlar elde edilmiştir. Bu bulgular, aerosollerin ve özellikle siyah karbonun varlığının, kutup yüzey süreçlerini etkilemiş olabileceğine işaret etmektedir. Aynı zamanda, Horseshoe Adası'nda dört yıldır düzenli olarak İnsansız Hava Aracı ile 3 Boyutlu Haritalandırılarak izlenen

buzulların her yıl önemli ölçüde kütle kaybına uğradığı gözlemlenmiştir. Albedo değerlerindeki düşüş ile buzulların erime hızındaki artış arasında olası bir ilişki bulunabileceği değerlendirilmekte; siyah karbonun bu süreçleri hızlandırıcı yönde etki etmiş olabileceği düşünülmektedir. Dolayısıyla, Horseshoe Adası özelinde elde edilen bu veriler, aerosol miktarı, albedo değişimi ve buzul kayıpları arasındaki etkileşimin kutup ekosistemlerini şekillendiren başlıca süreçlerden biri olabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, daha doğru neden sonuç ilişkilerinin kurulabilmesi için bu gözlemlerin daha uzun süreli gerçekleştirilmesi ve farklı yöntemlerle de desteklenmesi gerekmektedir. Türkiye'nin TÜBİTAK MAM Kutup Araştırmaları Enstitüsü öncülüğünde yürüttüğü bu çalışmalar, küresel iklim araştırmaları açısından önemli bir veri tabanı oluşturmakta ve "Kutuplarda Sıfır Atık" vizyonuna bilimsel katkı sağlamaktadır.





Fotoğraf: Şebnem Coşkun - Foto Muhabiri / Anadolu Ajansı

İnsan Etkisi ve Mikroplastik

Doç Dr. Sevil Yakan Dündar

İstanbul Teknik Üniversitesi
Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi
Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümü

İnsanoğlu ürettikçe tüketmekte, tükettikçe de yeniden üretmektedir. Ancak bu süreç kapalı bir sistem değildir; ortaya çıkan sistem açığı atık olarak karşımıza çıkmaktadır. İnsan varlığı, bulunduğu çevreyi etkiliyor ve bu etkilerin uzun vadede olumsuzlukları da gözlemlenebiliyor. Bu gözlemlerin en yaygın ve belirgin örneklerinden biri plastik ve çöp atıklardır. Söz konusu bu atıklar sadece karada değil aynı zamanda sucul ortamlarda da yıllarca varlığını sürdürmektedir. Oluşan bu yüzen çöp adaları, rüzgârın ve su akıntılarının yönü ve şiddetine bağlı olarak okyanuslar arasında geçiş yaparak Arktik veya Antarktik Okyanusları'na ulaşabilmekte; bu bölgelerde yaşayan canlılara boğulma ve dolanma gibi fiziksel etkilerin yanı sıra, toksik bileşikler yoluyla zehirlenme gibi kimyasal etkilerle de zarar verebilmektedir.

Kutup Bölgeleri'ndeki insan etkilerine bakıldığında: Güney Kutup Bölgesi'nde daimi yerleşim bulunmamakla birlikte, farklı ülkelere ait bilimsel araştırma istasyonlarında kış aylarında yaklaşık 1.000, yaz aylarında ise 4.000 civarında kişinin görev yaptığı bilinmektedir.

Kuzey Kutup Bölgesi'nde ise Kanada, Grönland (Danimarka), Rusya, Alaska (Amerika Birleşik Devletleri), İzlanda, Norveç, İsveç ve Finlandiya'nın 60° kuzey enlem hattının kuzeyinde yer alan bölgelerinde yerleşik olarak yaşamakta olan 4 milyon insan yerleşik olarak yaşamaktadır. [1]. İnsan faaliyetleri; aşırı avlanma, atık bırakımı, küresel ısınma, petrol ve doğal gaz çıkarımını içeren madencilik gibi faaliyetleri aracılığıyla kutup ekosistemini doğrudan etkilemektedir. Özellikle yasadışı aşırı balıkçılık kutup denizlerinde önemli bir tehdit haline gelmektedir. İnsan kaynaklı atıklar ise kutup bölgelerinde binlerce



yıl çürümeden varlığını sürdürebilmekte ve buz örtülerinin adeta birer çöp alanına dönüşmesine neden olabilmektedir.

Küresel ısınma ise buzulların erimesi, deniz suyu seviyelerinin artması, deniz suyunun asitlik oranının yükselmesi ve bu nedenle kabuklu deniz canlılarının kabuk yapısında bozulmalar oluşması gibi sorunlara neden oluyor. Tüm



Fotoğraflar: Şebnem Coşkun - Foto Muhabiri / Anadolu Ajansı

bunlara ek olarak, kutup ekosistemleri açısından büyük önem taşıyan bir diğer konu ise biyolojik güvenliktir. Kutup ortamına ait olmayan istilacı türlerin bölgeye giriş yapması, bölgede daha önce gözlenmeyen hastalıkların ortaya çıkması ve türler arası ilişkilerin bozulması, ekosistemde kalıcı ve geri dönüşü zor etkiler bırakabilmektedir [2].

İnsan etkilerinin en belirgin ve yaygını olan

plastik atıklara, kıyı şeritleri, deniz buzı, su yüzeyi, su kolonu, deniz tabanı, sediman ve besin zinciri dahil olmak üzere çok farklı çevresel bileşenlerde tespit edilmektedir. Plastikler boyutlarına göre makro (> 5 mm), mikro (≤ 5 mm) ve nanoplastik (≤ 100 nm) olarak sınıflandırılmakta; bu fiziksel farklılıklarından dolayı rüzgâr ya da akıntı gibi dış etkenlerin etkisiyle bulundukları ortamlarda farklı



Kuzey Kutbu, coğrafi konumu, denizcilik faaliyetleri, ticaret rotaları, aşırı avlanma, madencilik, petrol ve gaz arama çalışmaları, insan kaynaklı kirleticiler, okyanus sularındaki plastik gibi sebeplerle dünyada küresel iklim değişikliğinden en çok etkilenen alan olurken, hızla ısınarak erimeye devam ediyor. Uluslararası Doğa Koruma Birliği (IUCN) tarafından nesli tükenen hayvanlar arasında kırmızı listede “hassas” statüsünde bulunan ve dünyadaki en büyük kara etoburu olan kutup ayılarının, Kuzey Kutbu’ndaki erime devam ederse yaşam alanlarını kaybedeceği ve nesillerinin tükenmekle karşı karşıya kalacağı öngörülmüyor.

güzergâhlar izleyerek ya birikmekte ya da yollarına devam etmektedir [3]. Özellikle mikroplastikler rüzgâr vasıtasıyla atmosferde uzun mesafeler kat ederek kutup bölgelerine ulaştıktan sonra kar kristalleri tarafından tutulup yağışla birlikte yeryüzüne düşmektedir.

Okyanus ortamında, Kuzey Amerika ve Avrupa kıyılarından kaynaklanan plastik atıklar, Gulf Stream akıntısı aracılığıyla Kuzey Atlantik Okyanusu’nun kuzeydoğusuna taşınmaktadır. Soğuk sularda enerji kaybederek hareketi yavaşlayan plastik parçacıklar, okyanus akıntılarıyla kuzeye doğru ilerleyerek buzullar

arasında birikmektedir. Suda yüzen plastikler, kış mevsiminde donarak deniz buzuna hapsolmakta ve bu şekilde yıllarca varlıklarını sürdürebilmektedir. İlkbahar aylarında güneşin etkisiyle buzların kısmen erimesi sonucunda, buz kütlesi içinde gömülü olan plastikler aniden deniz ortamına geri salınmaktadır. Rüzgâr ve okyanus akıntılarının yanı sıra küresel ısınma da plastik kirliliğinin kutup bölgelerinde artış göstermesine katkıda bulunmaktadır.

Özetle, kuzey kutup bölgelerinde plastiklere çoğunlukla mikroplastik formunda; deniz buzunda, yüzey sularında ve derin okyanus

tabanında rastlanmaktadır [4, 5, 6, 7, 8]. Mikroplastikler, özellikle araç ve gemilere uygulanan koruyucu kaplamalarda yaygın olarak bulunurken, diğer önemli kaynakları kauçuk ve naylon gibi sentetik liflerdir. Güney kutup bölgesinde ise balıkçı şamandıraları ve ambalaj bantları gibi büyük boyutlu plastikler, okyanus yüzeyinde sürüklenmekte ve adaların kıyılarında birikmektedir [8, 9, 10]. Ayrıca Antarktika Dairesel Akımı, plastiklerin sınırlar arası geçişini sınırlandırarak birikimlerinde etkili olmaktadır [8, 11]. Plastikler, boyutlarından bağımsız olarak deniz ve kara kökenli faaliyetler, nehir çökeltileri veya atmosfer taşınımları aracılığıyla kutup ekosistemlerine taşınabilmektedir. Deniz kökenli faaliyetler kapsamında, özellikle ticari balıkçılıkta kaybedilen ya da artık kullanılmayan ağlar, ipler ve halatlar büyük miktarda plastik atığın oluşmasına yol açmaktadır. Kutup bölgelerinde doğrudan faaliyet göstermemelerine rağmen balık çiftlikleri, nakliye, petrol ve gaz endüstrisi gibi deniz temelli sektörler de plastiklerin bölgeye taşınmasında rol oynamaktadır. Kara kökenli faaliyetler arasında ise turizm, sanayi, yetersiz atık su arıtma tesisleri ve dolgu alanı yönetimi öne çıkmakta; bu faaliyetler kutup bölgelerinde plastik çöp varlığını artırmaktadır. Ayrıca atmosfer aracılığıyla taşınan daha küçük boyutlu plastikler, geniş alanlara yayılım göstererek ekosistem üzerinde ek baskılar oluşturmaktadır.

Ek olarak, özellikle Kuzey Kutup Bölgesi'nde, Kara ve Laptev Denizleri'ne dökülen nehirler, plastik çöplerin kutuplara taşınmasında önemli rol oynamaktadır [12]. Plastik atıklar kutup bölgelerindeki besin zincirine girdikçe balık, fok ve balina leşleriyle beslenen kutup ayıları gibi büyük yırtıcılarda yağ dokularında plastik tarafından taşınan toksik kimyasalların biyolojik birikimine yol açabilmektedir. Söz konusu kimyasallar, hormon bozuklukları ve doğum kusurları gibi ciddi olumsuz etkilere neden olabilmektedir.

Lastik kirliliği, kutup ekosistemlerinde yaşayan canlıların yalnızca doğrudan sağlığını değil; aynı zamanda iklim değişikliği, okyanus asitlenmesi gibi küresel ve balıkçılık, turizm ile araştırma istasyonlarından kaynaklanan kirlilik gibi bölgesel baskılara karşı dayanıklılıklarını da zayıflatmaktadır [8, 13]. Plastiklerin kutup ekosistemine etkisi; malzemenin boyut, şekil ve bileşimi gibi özgün özelliklerinin yanı sıra UV radyasyonu, kuvvetli rüzgârlar ve düşük sıcaklıklar gibi bölgeye özgü çevresel koşullara da bağlıdır.



İklim değişikliği Kuzey Kutup canlılarının yaşam alanını tehdit ediyor.

Bu faktörler, plastiklerin ortamda kalıcılığını ve dönüşüm süreçlerini belirlemektedir. Sonuçta, besin zincirine dahil olan plastikler, boyut ve yapısında meydana gelen değişimlerine bağlı olarak canlılarda zararlı etkiler gösterebilmekte; ayrıca mikroorganizmaların üzerinde kolonileşerek antibiyotik direncinin yayılmasına da katkı sağlayabilmektedir [8, 14, 15].



Kutuplarda Makroplastik Kirliliği ve Etkileri

Prof. Dr. Ülgen Aytan

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi
Su Ürünleri Temel Bilimleri Bölümü

Plastik kirliliği günümüzde yalnızca yoğun nüfuslu kıyı bölgelerinin değil, aynı zamanda dünyanın en uzak ve bakir ekosistemleri olan kutupların da karşı karşıya bulunduğu en önemli çevresel sorunlardan biri haline gelmiştir. Arktik Okyanusu ve Antarktika, insan faaliyetlerinden uzak görünmelerine rağmen küresel plastik kirliliğinin etkilerine maruz kalmaktadır. Bu durum, plastiğin kalıcılığı, taşınabilirliği ve küresel ölçekteki yayılım

kapasitesinin en çarpıcı göstergelerinden biri olarak değerlendirilmektedir [1, 2].

Kutuplardaki plastik kirliliği hem yerel hem de küresel kaynaklardan beslenmektedir. Yerel kaynaklar arasında araştırma istasyonları, turizm faaliyetleri, balıkçılık ve denizcilik önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle Antarktika çevresindeki yoğun balıkçılık faaliyetleri, kaybolan ağlar ve gemi kaynaklı atıklar ciddi kirlilik unsurlarıdır [3]. Küresel

ölçekte ise, okyanus akıntıları yoluyla binlerce kilometre taşınan plastikler, Arktik Okyanusu'na özellikle Kuzey Avrupa ve Kuzey Amerika kıyılarından ulaşmakta; ayrıca atmosfer yoluyla taşınan mikroplastikler kar ve buz tabakalarında birikerek kutuplara beklenmedik bir giriş yolu sağlamaktadır [2].

Kutup ekosistemleri son derece hassastır. Soğuk sularda biyolojik bozunma yavaş ilerlemesi, plastiklerin bu bölgelerde çok uzun süre kalıcı olmasına yol açmaktadır. Mikroplastikler zooplankton ve kril gibi temel türler tarafından yutulmakta, besin zinciri yoluyla balık, kuş ve deniz memelilerine aktarılmakta ve buz tabakalarında ağır metaller ile organik toksinler gibi kirleticilerin birikimine aracılık etmektedir [4]. Kril gibi anahtar türlerin plastik tüketimi, kutuplardaki tüm besin ağının sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir.

Makroplastikler ise en sık balıkçılık ekipmanları (ağlar, misinalar, halatlar) ve tek kullanımlık ambalaj ürünleri (torbalar, şişeler, paketler) şeklinde görülmektedir [5, 6, 7]. Okyanus akıntıları nedeniyle kutuplar, uzak bölgelerden taşınan makroplastiklerin nihai birikim alanı haline gelmekte, deniz tabanı, kıyılar ve buzullar çevresinde birikerek ekosistemlere fiziksel zarar vermekte ve hayalet avcılık yoluyla biyolojik çeşitliliği tehdit etmektedir. Uzun dönemli izleme çalışmaları hem Arktik hem de Antarktika'da makroplastik kirliliğinin artış trendinde olduğunu ortaya koymaktadır. Türk bilim insanları da bu alana katkı sunmaktadır. Birkaç yıl önce yapılan bir çalışmada Antarktika çevresinde gerçekleştirdikleri saha çalışmalarında deniz ortamındaki mikroplastik kirliliğini rapor etmiş, elde ettikleri bulgularla bölgedeki kirliliğin boyutunu ortaya konulmuştur [8]. Bu çalışma, Türkiye'nin kutup araştırmalarına plastik kirliliği perspektifinden katkı sağlayan ilk sistematik araştırmalardan biri olarak görülmektedir.

Plastik kirliliği yalnızca ekosistem sağlığını değil, aynı zamanda iklim değişikliğini de etkilemektedir. Buz tabakalarında biriken mikroplastikler yüzey albedosunu düşürerek daha fazla ışığın emilmesine neden olmakta, bu da buzların erime sürecini hızlandırmaktadır [9, 10]. Böylece plastik kirliliği kutuplarda iklim sistemini tetikleyen ikincil bir hızlandırıcı faktör olarak değerlendirilmektedir.

Bu nedenle kutuplardaki plastik kirliliği sınır ötesi bir sorun olup, uluslararası anlaşmalarla yönetilmesi gerekmektedir. Araştırma istasyonları ve turizm faaliyetleri için sıkı atık yönetimi kuralları uygulanmalı, tek kullanımlık plastiklerin azaltılması, balıkçılık ekipmanlarının izlenmesi ve geri



dönüşüm zincirinin güçlendirilmesi öncelik haline getirilmelidir. Plastik kirliliğinin boyutu hâlen tam olarak bilinmediği için daha fazla gözlem, örnekleme ve modelleme çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Sonuç olarak, kutuplar gezegenimizin en uzak ve en kırılgan ekosistemleri olmalarına rağmen plastik kirliliğinin ulaştığı boyutun bir aynası haline gelmiştir. Bu durum, plastiğin yalnızca yerel değil, küresel bir çevre sorunu olduğunu açıkça göstermektedir. Kutupların korunması, yalnızca bu bölgelerdeki türler için değil, tüm dünyanın ekolojik dengesi ve iklim geleceği için hayati öneme sahiptir.

Kutup Bölgelerinde Atık İzleme Çalışmaları

Prof. Dr. Güleda Engin ve Prof. Dr. Hanife Sarı Erkan

Yıldız Teknik Üniversitesi
Çevre Mühendisliği Bölümü

Dünya yüzeyinin yaklaşık %71'i suyla kaplıdır ve tüm kıtalar okyanuslarla birbirine bağlanmaktadır. İnsanlar tarih boyunca okyanusları atıklarını doğrudan veya dolaylı olarak bertaraf etmek için kullanmıştır[1]. Kutup bölgeleri, Dünya'nın toplam yüzey alanının yaklaşık beşte birini kaplamaktadır. Özellikle, Antarktika kıtası ortalama 1,8 km kalınlığında bir buz tabakasına sahip olup yüzölçümünün yaklaşık %99,68'i buz örtüsü ile kaplıdır [2]. Antarktika, 14 milyon kilometrekarelik alanı ile Dünya'nın kara alanının %10'unu oluşturan Avrupa ve Avustralya'dan daha büyük yüzölçümüne sahip devasa bir kıtadır.



Soğuk hava sirkülasyonları, su akıntıları ve göç eden deniz kuşları ve deniz memelileri aracılığıyla ekvatorun ötesine uzanan çok daha da geniş bir coğrafyayı etkilemektedir [3]. Dünya üzerinde kaydedilen en düşük doğal hava sıcaklığı 21 Temmuz 1983 tarihinde Antarktika'daki Rus Vostok İstasyonu'nda -89,2 °C olarak kaydedilmiştir. Antarktika, dünyadaki tatlı suyun %70'inin depolandığı yerdir [4]. Kıta hem en soğuk hem de en rüzgârlı kıtadır. Bu iki faktör bir araya gelerek son derece elverişsiz bir ortam yaratmaktadır. Ancak bu sert şartlar, hem sınırlı bir insan yaşamı oluşturmakta ve böylece doğayı korumaktadır [4].

Kutup bölgelerindeki kirliliğin başlıca kaynağını uzun mesafeli atmosferik taşınım oluşturmaktadır. Buna ek olarak kuzey kutup bölgesinde antropojenik ve endüstriyel faaliyetler etkili olurken Antarktika'da araştırma istasyonları kirliliğe katkı sağlamaktadır. Bilindiği gibi Antarktika'da sürekli yerleşim bulunmamakla birlikte, yıl boyunca faaliyet gösteren araştırma istasyonları ve artan turizm faaliyetleri bu bölgeye insan kaynaklı atıkların ulaşmasına neden olmaktadır. Arktik bölgesinde Avrupa, Rusya ve Güney Asya kaynaklı taşınım ön plana çıkarken, Antarktika'da Güney Amerika'daki endüstriyel emisyonlar ve sınırlı ölçekte yerel insan faaliyetleri belirleyici olmaktadır. Özellikle mikroplastikler [5-8], radyoaktif kirleticiler [9-11] (örneğin sezyum elementinin radyoaktif izotopu ^{137}Cs), ağır metaller [12, 13] (örneğin bakır, kurşun, cıva), kalıcı organik kirleticiler [14, 15] (tarımda kullanılan pestisitler, endüstri ve sağlık uygulamalarında kullanılan kimyasallar), hidrokarbonlar [16, 17] (polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve petrol türevleri) ve perflorlu ve poliflorlu alkil maddeler (PFAS)[18, 19] gibi "sonsuz kimyasallar" bu hassas ekosistemde birikmeye başlamıştır. Bu kirleticiler, kutupların zorlu doğa koşullarına rağmen atmosfer, okyanus akıntıları ve göçmen hayvanlar aracılığıyla taşınmakta ve birikmektedir. Bu da, kutupların gelecekte çevresel baskılara daha fazla maruz kalabileceğini göstermektedir. Tüm bu nedenlerle, kutup bölgelerinde atık izleme çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Bu izleme faaliyetleri, sadece mevcut kirlilik düzeyini değerlendirmekle kalmaz, aynı zamanda alınması gereken önlemler ve politikaların şekillendirilmesine de önemli katkılar sağlamaktadır.

Kutup bölgelerinde atık izleme çalışmaları, bu hassas ve uzak ekosistemlerde insan faaliyetlerinin çevresel etkilerini değerlendirmek açısından büyük



önem taşır. Bu nedenle kutup bölgelerinde atık araştırmaları için, bilim insanları ve Arktik Konseyi Çalışma Grupları (Arktik İzleme ve Değerlendirme Programı (AMAP) ve Arktik Kirleticiler Eylem Programı (ACAP) gibi)[19] ve Ulusal Antarktika Programları Yöneticileri Konseyi (COMNAP) (Antarktika Araştırmaları Bilimsel Komitesi (SCAR), Çevre Koruma Komitesi (CEP), Antarktika Deniz Canlıları Koruma Komisyonu (CCAMLR)) [20] çabaları ile hem insan kaynaklı (örneğin araştırma istasyonları ve turizm faaliyetlerinden kaynaklanan) hem de uzak bölgelerden rüzgar, akıntı veya göçmen hayvanlar yoluyla taşınan atıkları takip etmelidir. Mevcut izleme sistemleri, kirleticileri çok düşük limitlerde dahi tespit



edebilmekte ve uzun vadeli eğilim verileri sağlayabilmektedir. Bununla birlikte, özellikle Antarktika'da Arktik bölgesine kıyasla çok daha seyrek bir istasyon ağı bulunduğuundan, önemli mekânsal veri boşlukları devam etmektedir.

Mikroplastikler, kimyasal kirleticiler ve organik atıklar gibi farklı atık türlerinin izlenmesi; çevresel risklerin belirlenmesine ve sürdürülebilir yönetim stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Bu çalışmalar, numune alma, uzaktan algılama ve çevresel analizler gibi yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. İzleme çalışmaları ile elde edilen veriler modellenerek uzun vadede bu kirleticilerin akıbetinin ve birikiminin belirlenmesine katkı sağlar ve

geleceğe yönelik önlemler alınmasını temin eder. Bu noktada ana amaç, atıkların yayılımını, kaynaklarını ve canlılar üzerindeki etkilerini anlamak ve bu eşsiz doğal alanları gelecek kuşaklara koruyarak aktarabilmektir. Kutuplarda yapılan atık izleme çalışmaları, aynı zamanda küresel iklim değişikliğinin bu bölgelerdeki atıkların davranışı üzerindeki etkilerini anlamak açısından da önemli bir veri kaynağı oluşturmaktadır. Bu nedenle, atık izleme faaliyetlerinin kesintisiz olarak sürdürülmesi, hem Kuzey hem de Güney Kutbu'nun korunması açısından elzem olup, değişen iklim koşullarında ekosistemler üzerindeki potansiyel etkilerin daha iyi anlaşılmasına ve gerekli önlemlerin zamanında alınmasına imkân tanımaktadır.



Fotoğraf: Şebnem Coşkun - Foto Muhabiri / Anadolu Ajansı

Döngüsel Atık Yönetimi

Prof. Dr. Elif Genceli Güner
İstanbul Teknik Üniversitesi
Kimya Mühendisliği

Günümüzün küresel sanayileşmesi ve atık üretimi, fiziksel olarak çok uzak olan bu bölgelere bile kara, hava ve su yoluyla ulaşarak ekosistemi tehdit etmektedir. Bu bağlamda, sıfır atık politikaları yalnızca şehirler için değil, kutup gibi hassas bölgeler için de kritik önem taşımaktadır. Bu farkındalık sayesinde günümüzde kimya mühendisliği ayırma teknolojileri, toplumların uygulayabileceği stratejiler, doğadan ilham alınan atıksız yaşam örnekleri ve sanayinin geliştirdiği sıfır atık teknolojileri ışığında, kutuplarda sürdürülebilir yaşamın yolları incelenmektedir.

Atıkların kaynağında azaltılması ve geri kazanımı kritik bir role sahiptir. Özellikle distilasyon, kristalizasyon, membran teknolojileri, ekstraksiyon ve adsorpsiyon gibi temel ayırma işlemleri sayesinde atıklar geri dönüştürülebilir hale getirilmektedir.

Kutup bölgelerinde görev yapan bilim insanları ve üslerde çalışan ekipler için atığın kaynağında ayrıştırılması yaşamsal öneme sahiptir. Bu süreçte

geliştirilmiş olan çeşitli ayırma teknolojileri etkin biçimde kullanılmaktadır. Örneğin, membran teknolojileri sayesinde atık sulardan içme suyu elde edilerek hem atık miktarı azaltılır hem de mevcut su kaynaklarının verimli kullanımı sağlanır. Kristalizasyon teknolojileri ise, organik ve inorganik atıkların çözünmüş bulundukları ortamlardan saf halde ayrıştırılmasına olanak tanırken, donma kristalizasyonu sayesinde suyun geri kazanımına katkı sunar. Gaz fazı ayırma sistemleri, biyolojik veya kimyasal süreçler sonucu oluşan sera gazlarının çevreye salınmadan güvenli şekilde ayrıştırılıp depolanmasını mümkün kılar. Bunun yanı sıra, termal ayırma yöntemleri kullanılarak organik atıklar kontrollü bir biçimde yakılabilir ya da gazlaştırılarak enerji üretimi sağlanabilir. Bu mühendislik çözümleri, kutuplarda sürdürülebilir ve çevreyle uyumlu bir yaşam için kritik teknolojik çözümler sunarken, aynı zamanda dışarıdan lojistik destek ihtiyacını azaltarak bölgenin doğasına minimum müdahale ile yaşamayı mümkün kılar.

Kutuplarda Sıfır Atık için Toplumların ve Bireylerin Alabileceği Önlemler

Kutup bölgelerinde görev yapan bilim insanları, yalnızca araştırma yapmakla kalmaz; aynı zamanda sıfır atık yaklaşımının öncü uygulayıcılarıdır. Antarktika Antlaşması kapsamında, bu kıtada üretilen hiçbir atığın geride bırakılmasına izin verilmez. Yani kutuplarda çalışan bir araştırmacı, ürettiği her atığı — ambalaj, yiyecek artığı, laboratuvar malzemesi — geri götürmek zorundadır. Bu durum, bilim insanlarını daha sorumlu tüketim alışkanlıkları geliştirmeye yöneltir. Tek kullanımlık ürünlerden kaçınmak, tekrar kullanılabilir eşyaları tercih etmek ve atıkları kaynağında ayrıştırmak, günlük yaşamın vazgeçilmez bir parçası haline gelir. Bu bilim insanları ve kısa süreli ziyaretçiler için sıfır atık stratejilerinin belirlenmesi, bu hassas bölgelerin korunması açısından büyük önem taşır. Atık yönetiminin ilk adımı, her türlü atığın kaynağında ayrışdırılmasıdır. Bu da ancak bir disiplin ilke olur. Bu disiplin, aslında kutupların bize verdiği önemli bir dersi de gözler önüne serer: Doğada hiçbir şey “yok” olmaz, sadece yer değiştirir. Bilim insanları, atıkları sorumlu biçimde yöneterek hem bu eşsiz ekosistemi korur hem de dünyaya örnek olur. Bir plastik şişenin binlerce kilometre ötedeki buzullara kadar ulaşabildiği bir çağda, bireysel tercihlerimizin küresel etkisini en iyi kutuplarda görmek mümkündür. Bu nedenle kutuplarda uygulanan sıfır atık ilkeleri, yalnızca uzak buz diyarları için değil, günlük hayatımız için de güçlü bir yol haritası sunmaktadır. Kutup üslerinde atık yönetiminin ilk adımı, atıkların kaynağında

titizlikle ayrışdırılmasıdır. Organik, plastik, metal ve tehlikeli atıklar ayrı ayrı sınıflandırılarak, hem geri dönüşüme uygun hale getirilir hem de çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi kolaylaştırılır. Tek kullanımlık ürünler mümkün olduğunca tercih edilmez; bunun yerine yeniden kullanılabilir, dayanıklı ya da biyobozunur malzemeler kullanılır. Organik atıklar ise, düşük sıcaklıklarda bile çalışabilen özel mikroorganizmaların yardımıyla kapalı kompost sistemlerinde dönüştürülebilir. Böylece hem atık miktarı azalır hem de elde edilen kompost biyolojik açıdan faydalı bir ürün haline gelir. Ayrıca modern kutup üslerinde, kullanılan malzemelerden enerji geri kazanımı sağlamak da önemli bir stratejidir. Organik atıkların kontrollü yakılması veya biyogaz sistemleri sayesinde elde edilen enerji, ısıtma ve elektrik ihtiyacını karşılamada kullanılabilir. Bu yöntemler, lojistik desteğe olan bağımlılığı azaltırken, aynı zamanda doğaya en az müdahale ile sürdürülebilir bir yaşamı mümkün kılar. Kısacası kutuplarda geliştirilen bu döngüsel çözümler, yalnızca uzak buz diyarlarını değil, dünyadaki tüm ekosistemleri korumanın da bir parçasıdır.

Kutup bölgeleri, doğanın en saf ve korunması gereken alanlarından. Burada sıfır atık hedefi sadece etik bir tercih değil, bir zorunluluktur. Kimya mühendisliğinin sağladığı teknolojiler, toplumların bilinçli davranışları, doğadan alınan ilham ve sanayinin sürdürülebilir dönüşümü ile kutuplarda sıfır atık bir hayal değil, gerçekleştirilebilir bir hedeftir. Sıfır atık, yalnızca kutupları değil, tüm gezegeni korumanın anahtarıdır.





Kutuplar - Türkiye ve Bilimsel Faaliyetler

Prof. Dr. H. Hakan Yavaşoğlu

İstanbul Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü,
TÜBİTAK Kutup Araştırmaları Enstitüsü

Günümüzde küresel iklim değişikliğinin etkileri giderek artarken, dünyanın en zor ve uzak coğrafyaları olan kuzey ve güney kutup bölgeleri bilim insanları için vazgeçilmez birer “doğa laboratuvarı” olarak görülmektedir. Antarktika ve Arktik bölgeleri, gezegenimizin geleceğini anlamak açısından kritik öneme sahiptir. Türkiye Cumhuriyeti olarak biz de bu bilimsel yolculukta yerimizi emin adımlarla almış bulunuyoruz. Peki, bu noktaya nasıl geldik?

Ülkemizin kutup bölgelerine ilgisi aslında yeni değildir. Osmanlı İmparatorluğu’nun önemli denizcisi ve kartografi Piri Reis’in 1513 tarihli haritasında Antarktika’ya en yakın kara parçalarını gösterdiği bilinmektedir. Osmanlı’dan Cumhuriyet’e uzanan süreçte birçok bilimsel çalışma ve eser üretilmiş olsa da, ulusal düzeyde ilk sistematik kutup seferimiz 2017 yılında gerçekleştirilmiştir. Cumhurbaşkanlığı himayelerinde ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın

uhdesinde düzenlenen Birinci Ulusal Antarktika Bilim Seferi, ülkemizin bu alandaki ilk büyük adımı olmuştur. İTÜ Kutup Araştırmaları Uyg-Ar Merkezi (PolReC) koordinasyonunda başlayan bu çalışmalar, 2019 yılında TÜBİTAK çatısı altında kurulan Kutup Araştırmaları Enstitüsü (KARE) ile birlikte daha kapsamlı ve kurumsal bir yapıya kavuşmuştur.

Bugün TÜBİTAK KARE, Türkiye'nin kutup araştırmaları konusundaki odak kurumudur. Ulusal Kutup Bilim Stratejisi (2023–2035) kapsamında, Türkiye'nin kutup bölgelerindeki bilimsel varlığını güçlendirmeyi ve bu alandaki araştırmaları koordine etmeyi amaçlamaktadır. KARE'nin temel misyonu; kutup bölgelerinde (Antarktika ve Arktik) bilimsel araştırma kapasitesini artırmak, ulusal ve uluslararası iş birliklerini güçlendirmek, kutup seferlerini koordine etmek ve bu bölgelerdeki bilimsel faaliyetleri desteklemektir. Ayrıca, sürdürülebilir bir bilimsel varlık oluşturmak ve Türkiye'nin bu alandaki uluslararası görünürliğini artırmak da enstitünün öncelikleri arasındadır. KARE'nin vizyonu, Türkiye'nin kutup bilimleri alanında saygın ve öncü bir ülke konumuna gelmesini sağlamak, disiplinler arası araştırmaları teşvik etmek ve Antarktika'da sürdürülebilir bilimsel faaliyetlerin yürütülmesini mümkün kılacak bir bilimsel araştırma istasyonu kurmaktır. 2025 yılı itibarıyla ülkemiz, pandemi şartlarına rağmen, 9 Antarktika ve 5 Arktik seferini başarıyla tamamlamıştır. Bu seferlerde 60'tan fazla kurumdan 236 Türk ve 33 yabancı araştırmacı görev almış, ayrıca 18 Türk araştırmacı diğer ülkelerin sefer ve araştırma üslerinde çalışmalar yürütmüştür. Bugüne kadar farklı disiplinlerde yürütülen bu projeler sonucunda 232 bilimsel makale yayımlanmış, 84 lisansüstü tez hazırlanmıştır.

İlk seferin ardından, 2017 yılında düzenlenen Birinci Ulusal Kutup Bilimleri Çalıştayı, Türkiye'nin kutup araştırmalarına yönelik hedef ve önceliklerinin belirlenmesine zemin hazırlamış; bu çalıştay sonucunda 2018–2022 Ulusal Kutup Bilim Programı hazırlanmıştır. Programın tamamlanmasının ardından 2023–2035 Ulusal Kutup Bilim Stratejisi yürürlüğe girmiştir. Bu strateji, Türkiye'nin kutup bölgelerindeki faaliyetlerini uzun vadeli, sürdürülebilir ve uluslararası iş birlikleriyle desteklenen bir yapıya kavuşturmayı amaçlamaktadır.



Ülkemiz, kutup araştırmaları çalışmalarında disiplinler arası bir yapıya sahiptir. Türk bilim insanları, Antarktika ve Arktik bölgelerinde; buzul ve yer bilimi araştırmalarında buzulların hareketi, erime hızları, kar örtüsü değişimleri ve jeolojik yapı analizleri gibi konularda çalışmalar yürütmektedir. Bu araştırmalar, iklim değişikliğinin etkilerinin anlaşılmasına önemli katkılar sağlamaktadır. Ayrıca atmosferik taşınım, oşinografi, deniz ekosistemleri ve mikrobiyoloji alanlarında da araştırmalar yapılmaktadır. Deniz suyu sıcaklığı, tuzluluk, çözünmüş oksijen miktarı ve plankton dağılımı gibi veriler toplanmakta; Antarktika'nın zorlu koşullarında yaşayan makro ve mikroorganizmaların genetik ve biyoteknolojik özellikleri incelenmektedir. Bunlara ek olarak jeokimya, çevre kirliliği, uzaktan algılama, jeodezi ve mühendislik jeofiziği alanlarında da önemli projeler yürütülmektedir. Sosyal ve Beşeri Bilimler yönünden ise Türkiye'nin kutuplardaki varlığının uluslararası iş birlikleri, bilim diplomasisi ve çevre politikaları üzerindeki etkileri araştırılmaktadır. Tüm bu bilimsel çalışmalar, Türkiye'nin bilimsel üretkenliğini ve kutuplardaki görünürliğini artırmakta; ülkemizin bilim diplomasisine değerli katkılar sunmaktadır.

Sefer Öncesi Hazırlık: Ekipman, Malzeme ve Acil Durum Planlamaları

Prof. Dr. Ersan Başar

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi

Kutuplar, iklim değişikliği araştırmalarından biyolojik çeşitliliğin korunmasına kadar pek çok alanda kritik bilimsel çalışmaların yürütüldüğü eşsiz bölgelerdir. Kuzey Kutbu (Arktik) ve Güney Kutbu (Antarktika), yılın büyük bölümünde aşırı düşük sıcaklıkların, güçlü rüzgârların ve uzun süreli karanlık ile gündüz döngülerinin hâkim olduğu bölgeler olarak tanımlanır. Her iki kutupta da çevresel şartlar oldukça zor ve ağırdır. Arktik, deniz buzullarıyla kaplı bir okyanus iken, Antarktika kalın buz tabakasıyla örtülü bir kıtadır. Bu bölgeler, küresel iklim sisteminde ısı dengesini düzenleme, okyanus akıntılarını yönlendirme ve karbon döngüsüne katkıda bulunma açısından kritik rol oynamaktadır. Ayrıca kutuplar, zorlu



Çadır Kamp Alanı,
Kaynak: Ersan Başar

koşullara uyum sağlamış özgün canlı türlerine ev sahipliği yapmakta ve iklim değişikliğinin etkilerini gözlemlemek için hassas göstergeler sunmaktadır. Bu hassas alanlar bilim insanlarını cezbetmenin yanında birçok insanında görmek istediği bölgelerdir. Kutuplar, eşsiz doğası itibarıyla birçok bilimsel çalışmaya da ev sahipliği yapmaktadır. El değmemiş özelliklere sahip olan kutupların temiz tutulması ve kirlenmemesi ekosistemlerin ve özel yapıların korunması açısından önemlidir.



Birçok ülke Antarktika ve Arktik bölgelerde bilimsel seferler düzenlemektedir. Bu bilimsel seferlerde iklim değişikliği, buzul hareketleri, deniz ekosistemi, atmosferik ölçümler, yer bilimleri, uzay çalışmaları ve biyolojik çeşitlilik gibi birçok konuda çalışmalar yürütülmektedir. Her bir çalışma farklı uzmanlık gerektiren ve teknik anlamda farklı ekipman ve cihazlara ihtiyaç duyan niteliktedir. Bu ekipmanların üslere emniyetli bir şekilde taşınması ve kurulması projelerin yürütülmesindeki en önemli unsurlardan biridir. Seferler süresince bilim insanları yürüttükleri projeler esnasında çevresel veya fiziksel zorluklar yaşayabilmektedirler. Özellikle kutuplar gibi çalışma alanlarındaki zorluklar acil durumlara

karşı hazırlıklı olmayı gerektirmektedir. Kutuplar uluslararası anlaşmalar ile korunan bölgelerdir. Seferler esnasında atıkların geri getirilmesi ve atık üretiminin en aza indirilmesi kutupların korunması için uyulması gereken kurallardan bir tanesidir.

Seferlerin hazırlıkları en az bir yıl önce başlamaktadır. Yürütülen seferlerin başarılı ve sürdürülebilir olabilmesi için ön hazırlık süreçlerinin titizlikle planlanması gerekir. Bilim seferine katılacak olan kişiler alışlagelmiş çalışma ortamlarının dışında çalışacakları için hem fiziksel hem de mental olarak bir hazırlık içine girmeleri gerekmektedir. Fiziksel açıdan zorlu doğa koşullarına göre yapılacak hazırlıkların başında sağlık kontrolleri gelmektedir.



Denizden
Örnek
Alınması,
Kaynak:
Şebnem
Coşkun

Kutuplarda çalışılırken karşılaşılabileceğimiz herhangi bir sağlık sorununu çözmek oldukça zordur. Bu sorun hem kişiyi hem de tüm ekibi riske sokmakla birlikte aynı zamanda yürütülen projelerin iptal edilmesine kadar varabilmektedir. Bundan dolayı sefer öncesi yapılan sağlık kontrolleri, fiziksel hazırlıklar tüm sefer için en kritik safha olarak değerlendirilmektedir. Kutuplar iletişimin zor olduğu, izole bir alanda çalışılan ve aileden uzak bir ortamdır. Bundan dolayı yalnızlık, özlem, korku, başarısızlık ve başıma bir şey gelirse nasıl kurtulurum gibi bazı kaygılar psikolojik olarak sefer katılımcılarını olumsuz etkiler. Bundan dolayı mental olarak sefere katılacak kişilerin bu konuda kendilerini hazırlamaları veya destek almaları gerekmektedir. Bunun yanı sıra kutuplar gibi özel bir alanda çalışacak kişilerin ulusal ve uluslararası mevzuat ve kuralları bilmesi gerekmektedir. Bu kuralların dışında hareket etmemek bölgenin korunması açısından bir zorunluluktur. Aynı zamanda yapılacak bilimsel çalışmalara uygun ekipmanların ve kıyafetlerin hazırlanması bunların kullanılması ile ilgili olarak hazırlık çalışmaları yapılmalıdır. Kutup bölgelerinde seferler bazen gemi ortamında, bazen üslerde, bazen de çadır kamplarda olabilmektedir. Bu seferlerin her biri kendi ihtiyaçlarını belirlemektedir. Bundan dolayı her seferin kendi gerekliliklerine göre sefer hazırlığı yapılmalıdır.

Seferlerde kullanılacak olan ekipmanlar iki grupta değerlendirilebilir. Bunların ilki kişinin kendi emniyeti için gerekli olan ekipmanlar diğeri ise bilimsel çalışmalarda kullanılacak olan donanım ve sistemlerdir. Soğuk hava şartlarına uygun alt, orta ve dış katman olarak adlandırılan kıyafetler sefer üyelerinin mutlaka sefer öncesi hazırlaması gereken kıyafetlerdir. Bunların yanı sıra sert kar ve buzlu ortamlarda yürürken kullanılan kramponlar ve batonların yanı sıra buz yarıklarından geçiş veya buzlu alanlara tırmanış gerektiği durumlarda kullanılan tırmanış ekipmanları gerekmektedir. Çalışmalar sadece buz ortamında olmayıp su ortamında da olmaktadır. Buralarda ise ıslanmaz kıyafetler ve can yelekleri de gerekli ekipmanlar arasında yer alır. Yapılacak iş ve çalışılacak ortama göre birçok farklı kıyafet ve ekipman bulunmaktadır. Bunlar katılımcılar tarafından önceden belirlenerek tedarik edilmesi gerekmektedir. Bilimsel çalışmalarda kullanılacak donanımlar ise çok farklı boyutlarda ve kullanım özelliklerinde olmaktadır. Bunların da ağırlıkları büyüklükleri önemlidir. Lojistik olarak nasıl taşınacağı, gümrük mevzuatları ve kuruluş aşamaları detaylı olarak planlanması gerekmektedir. Bilimsel çalışmalarda kullanılacak cihazların özellikle arızalanması veya parçalarının zarar görmesi durumuna karşı mutlaka yedek parça



GNSS
İstasyonunun
Kurulumu,
Kaynak:
Ersan Başar

veya yedek cihaz bulundurulmasında yarar vardır.

Arktik ve Antarktika’da hava şartları çok hızla değişirken fırtına ve tipi bir anda lokal bölgelerde oluşabilir. Bu durum sahada çalışan kişiler için riskli bir durum haline gelebilir. Buzulların üzerinde örneklemeye yapılması veya bir noktadan başka bir noktaya giderken buz yarıklarına düşülmesi gibi durumlar kutuplarda meydana gelen kazaların başında gelmektedir. Ayrıca deniz ortamındaki çalışmalarda denize düşme çok riskli bir durum olarak görülmektedir. Buna benzer birçok doğa olayı veya kaza sonucunda acil durumlar söz konusu olmaktadır. Bundan dolayı kutup seferleri öncesinde her türlü olumsuz durum için acil durum planlamaları yapılmaktadır. Bu planlar, sefer sürecinin her aşaması için meydana gelebilecek kazalar ve olumsuz durumlarda nasıl davranılması gerektiği ile ilgili prosedürleri kapsamaktadır. Sefer katılan tüm personele kaza önleme ve acil durum uygulamaları konusunda eğitim verilmesi de riskleri azaltmaktadır. Ayrıca

sefer katılımcılarına bu konuda bilgilendirme yapılarak herhangi bir olumsuz durumda acil müdahale prosedürleri uygulamalı olarak anlatılmaktadır.

Kutuplara yapılan her sefer, sadece bilimsel bir yolculuk değil, aynı zamanda insanın sınırlarını keşfettiği bir serüvendir. Zorlu hazırlıkların ardında yatan emek, dayanıklılığın ve kararlılığın bir sembolü olarak görülmektedir. Soğuk rüzgârların, sessiz beyazlığın ve sonsuz ufukların ortasında atılan her adım, bilimin gücüyle birleşerek insanlığın ortak geleceğine ışık tutar. Bu yolculukta sıfır atık ilkesi, yalnızca çevreye saygının değil, aynı zamanda gelecek nesillere karşı sorumluluğun da ifadesidir. Sefer boyunca el değmemiş bir çevreye sahip olan kutup bölgelerinde çevreye duyarlı olmak bizlerin görevidir. Kutupların zorlu koşullarına uyum sağlayabilmek için hazırlık süreci, seferin başarısını belirleyen en kritik aşamalardan biri olarak değerlendirilmektedir.

Kamp Üs ve Gemilerde Uygulama Örneği

Prof. Dr. Ersan Başar
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi

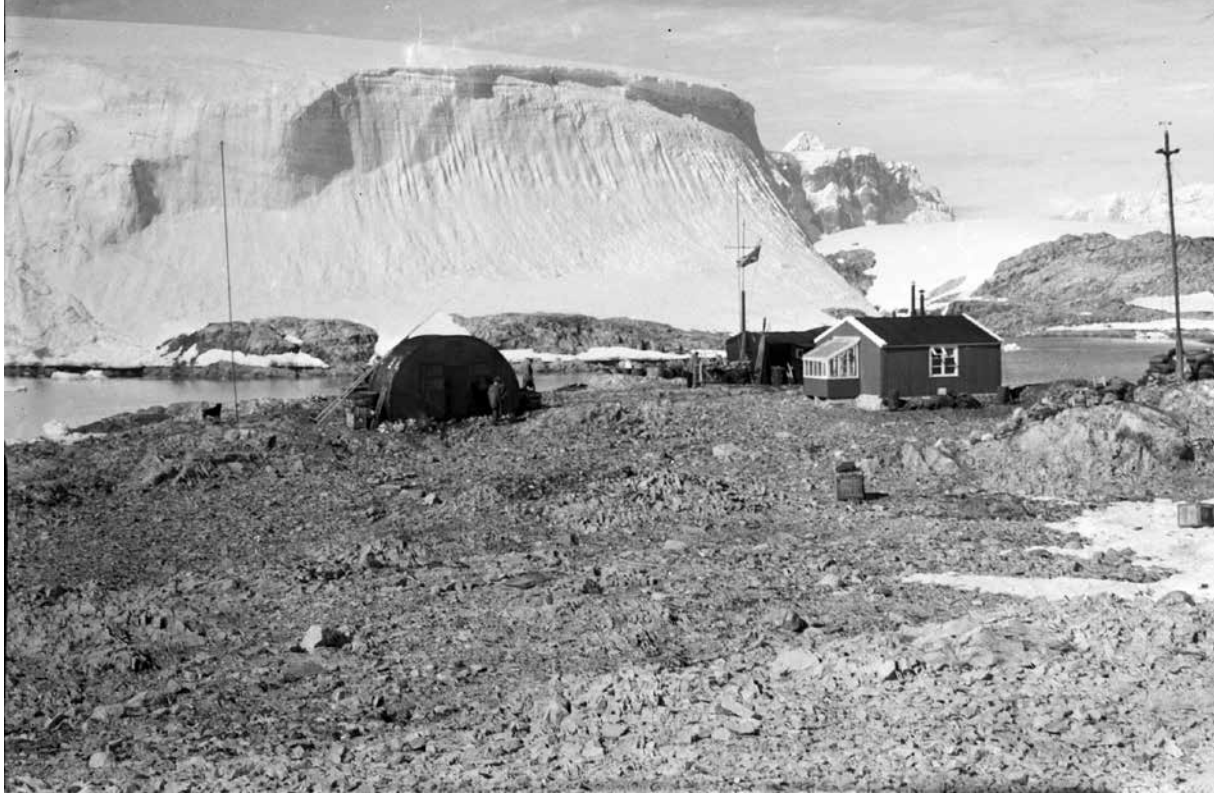


Fotoğraf: Şebnem Coşkun - Foto Muhabiri / Anadolu Ajansı

Kutuplar dünyamızı anlayabilmek için bizlere eşsiz bir kaynak ve laboratuvar sunmaktadır. El değmemiş bir yapıya sahip olan kutuplar üzerinde milyonlarca yıl önceki verileri saklamaktadır. Bu veriler insanlık için bilinmeyen birçok soruya cevap bulmak açısından önemlidir. Kutuplarda yapılan her bilimsel sefer sonrasında yeni bakteriler, minareller ve birçok yeni bilinmeyeni keşfediyoruz. Bu zorlu coğrafyada bilinmeyenleri keşfetmek için yapılan seferler 18.yüzyıldan itibaren başlamıştır. Özellikle 19. yüzyılın sonu ve 20. yüzyılın başlarında gemilerle yapılan seferler geçici kamplara dönüşmüş sonrasında ise 20.yüzyılın ortalarına gelindiğinde kalıcı üslerin yapıldığı görülmüştür. Özellikle, 12 ülkenin Antarktika’da bilimsel işbirliği yapmak için 1959 yılında yapmış oldukları Antarktika Antlaşması ile kıta bilim ve barış alanı ilan edilmiştir. Bu durum Antarktika’daki bilimsel çalışmaların hızlanmasına sebep olmuştur.

Antarktika’da ilk olarak kurulan üsler ile günümüzde kurulan modern üsler arasında büyük farklılıklar olduğunu görmekteyiz. 20.yüzyılın başlarında ilk olarak barınaklar şeklinde kurulan

kamplar hem araştırmacıların kullandığı hem de balina avcılarının tercih ettiği sığınaklar şeklinde olduğu görülmektedir. Sonrasında bu barınaklar birbirinden bağımsız olarak inşa edilmiş ahşap dayanıklı kulübeler şeklini almıştır. Bu kulübelerin bir birinden ayrı olması yangın gibi acil bir durumda diğer kulübelerin zarar görmemesi için sığınabilecek bir yapıda olmasıdır. Teknolojinin de ilerlemesi ile üslerde rüzgâr dayanımı ve ısı yalıtımı yüksek yeni üsler oluşturulmaya başlanmıştır. Bu dönemde kalıcı üslerin sayısı oldukça artmış ve tüm yılı üslerde geçiren lojistik ve bilim insanı sayısı da kış döneminde binleri bulmuştur. 21. yüzyıla gelindiğinde ise çevre duyarlılığı ön plana alınarak atık yönetimi, yenilebilir enerji kullanımı öne çıkmış yüksek uydu teknolojilerinin kullanıldığı sistemler yer almıştır. Son dönemde uluslararası işbirliklerinin artması ile ülkelerin ortak üsleri olmaya başlarken farklı ülkelere bilim insanlarının katılımı ile çok uluslu üsler oluşmuştur. Bu üsler modern ve çevreci yapıları ile düşük enerji kullanarak birçok bilimsel çalışmanın yapılabilmesine imkân tanımaktadırlar.



İlk kurulan üsler



Günümüzdeki
Modern Yeni
Nesil Üsler

Üslerdeki en büyük sorunlardan bir tanesi enerji ihtiyacının karşılanmasıdır. Denizden uzaklaşıp iç taraflara doğru gidildiğinde enerjinin temelini oluşturan yakıtın taşınması güçleştiği için ilk dönemlerde üsler kıyıya yakın bölgelerde iken daha sonra ise iç bölgelere taşınmaya başladığı görülmektedir. Enerji kaynağı olarak üslerde ilk olarak yağ daha sonrasında ise mazot ve benzin kullanılmaya başlanmıştır. Gelişen teknoloji ve alternatif enerji kaynak arayışları sonrasında rüzgâr enerjisi ve güneş panelleri üslerdeki enerji ihtiyacın belli bir oranda karşılayan sistemler haline gelmiştir. Özellikle yaz dönemlerinde güneş panelleri ile üslerdeki enerjinin önemli bir kısmı sağlanabilirken soğuk ortamdaki üslerin ısıtılması en önemli enerji kaynağı ihtiyacı gerçeğini korumaktadır.

Son dönemlerde üslerde enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik öne çıkarken ileri haberleşme tekniklerinin kullanılması da üslerdeki önemli gelişmeler olarak görülmektedir. Rüzgârlı ve soğuk iklimde binaların ısıtılması yalıtım önemli bir unsurdur. Ayrıca binaların buz üzerinde dengeli bir şekilde inşa edilmesi yüksek bir mühendislik çalışması olduğu aşikârdır.

Kutup bölgelerinde ki üslerin enerji ihtiyaçlarının yanı sıra üste kullanılacak tatlı suyun tedariki ve kirli su ve atıkların bertarafı da önemli bir ihtiyaçtır. Tatlı su bazen eriyen buzullardan bazen de göllerden elde edilmektedir. Güneşli

ve günün sıcak saatlerinde su elde edilebilirken akşam ve soğuk dönemlerde buzuldan su elde edilmesi güçleşmektedir. Sıcaklığın düşmesi ile erimenin azalması su tedarikini güçleştirmektedir. Göllerden ise su tedariki kolay olmakla birlikte göllerin hassas bir alan olması farklı ekosistemleri bünyesinde bulundurması da sürekli kontrolleri gerektiren bir durumdur. Göllerin özel yapılarına zarar verilmemesi gerektiği için bu su tedariki bazen sorun olabilmektedir. Üslerde elde edilen suyun temizlenmesi için bazı arıtma sistemlerinden yararlanılmaktadır. Üslerdeki atık sular ise bertaraf edilmek için komposlama süreci veya farklı arıtma sistemlerine tabi tutulurlar.

Kutup bölgelerinde üslerin dışarı ile direkt bağlantısı olmaması nedeni ile ihtiyaç duyulan tüm ekipmanları ve sistemleri barındırmak zorundadırlar. Havalandırma sistemleri, laboratuvarlar, atölyeler, mutfak, gibi birçok ünite bulunmaktadır. Bu ünitelerde üs için gerekli olan birçok şey bulunmaktadır. Ayrıca ihtiyaç olduğunda eldeki malzemeleri kullanarak gerekli olan malzemelerin veya parçaların üretilebilmesi için gerekli alt yapılarda bulunmaktadır.

Üslerde çalışan lojistik personeli her türlü bakım onarımı yapabilecek kabiliyete olmakla birlikte acil bir durumda arama kurtarma operasyonlarını yönetebilecek ve fiili görev alabilecek yeterliğe sahip olan kişilerdir. Özellikle kötü hava şartlarında soğuğa maruz kalındığında acil durum



TAE II Çadır
Kamp, Robert
Adası
Kaynak:
Ersan Başar



TAE IV Konteyner
Kamp, Horseshoe
Adası
Kaynak: Ersan Başar

operasyonlarında bulunabilirler. Bunun yanı sıra üslerdeki bilim insanları da bilimsel çalışmaları yürütmenin yanında üste ihtiyaç duyulan diğer işlerde de üstlenebilecek yetenek ve kabiliyete olmaları gerekmektedir.

Üslerde yaşam oldukça zordur. Kapalı ve sınırlı bir alan içerisinde insanlar günlük rutin işlerinin yanı sıra üsle ilgili işleri de yaparlar. Hava şartlarının uygun olmadığı zamanlarda sürekli üste kalınarak laboratuvar veya atölyelerde çalışılabilir. Yıl boyunca çalışan üslerde kalan insanlar kışın karanlık dönemde günlerini genellikle üs içerisinde

geçirmektedirler. Üslerde uzun süre kalan personel yalnızlık ve özlem duyguları en üst noktaya çıkar. İletişimde yeterli kadar olmaması da bu süreçleri zorlaştırır. Bundan dolayı üslerde görev yapan insanların sosyal faaliyet yapabilecekleri alanların olması bu zorlu süreçleri yenmek için önemlidir.

Üsler hiyerarşik bir düzen içerisinde yönetilmektedir. Tüm personelin iş tanımları yapılmış sorumluluk alanları belirlenmiştir. Bu hiyerarşik düzen içerisinde tüm operasyonlar yürütülmektedir. Ayrıca bilim insanlarının görev tanımları yapacakları işler de belirlenmiştir.



R/V Betanzos
Gemisi
Kaynak: Ersan Başar

Kutup bölgelerinde araştırma üslerinin yanı sıra geçici kamplarda bulunmaktadır. Bu geçici kamplar üsse uzak bölgelerde geçici olarak çalışacak bilim insanlarına hizmet vermek amacı ile kurulmaktadır. Bazen bu kamplar ahşap olarak yapılmış küçük kulübeler veya konteynerlerde olabilmektedir. Bunun yanı sıra daha kısa süreli olarak kullanılacak kamplarda ise çadır olarak planlanmaktadır. Bu tip kamplar sınırlı malzeme ile 1-2 aylık süre için örnekleme veya gözlem yapılması için kurulmaktadır.

Kutuplarda bilimsel seferler üslerde gerçekleşmesine karşın gemilerle de seferler düzenlenmektedir. Gemi seferlerinde genel olarak oşinografik ve atmosferik çalışmaların yanında gözlem çalışmaları da gerçekleştirilmektedir. Arktik ve Güney Okyanusu olsun deniz çalışmalarının çok zor olduğu bölgelerdir. Okyanus hareketlerine açık olan bu bölgeler genelde yüksek dalgalı rüzgârlı ve zorlu deniz koşullarını barındırır. Gemi personeli

uluslararası kurallar gereği kutup kodu çerçevesinde bu tip sularda seyir yapmaya ve gemiyi yönetmeye haiz kişiler olup bu zorlu denizlere kolay intibak sağlayabilmektedirler. Ancak bu seferlerde görev yapan bilim insanları bu zorlu koşullara çok alışık olmadıklarından dolayı gemi seferlerinde zorluklar çekebilmektedir. Denizde yapılan örnekleme bazen yüzeyde bazen ise denizin yüzlerce derinliğine kadar varabilmektedir. Örnekleme operasyonları zorlu ve risklidir. Oluşabilecek kazalara karşı gemi personeli her zaman kontrolü ve emniyet kurlarına riayet ederek çalışmalarını yürütmektedirler. Gemiden yapılan operasyonlarda botlar ve helikopterler en çok kullanılan ulaşım araçlarıdır. Bazen karaya çıkmak veya denizden örnek alınması için botlar kullanılmakla birlikte malzeme taşınması veya personelin karaya çıkartılmasında helikopterler de kullanılmaktadır.

Kutuplarda yürütülen bilimsel araştırmalar, hem araştırma gemilerinin hem de karasal üslerin sağladığı farklı imkânlarla bütüncül bir şekilde ilerlemektedir. Üsler, kalıcı laboratuvar altyapısı, ileri teknoloji gözlem sistemleri ve uzun dönemli verilerin toplanmasına olanak sunarken; gemiler, hareket kabiliyeti sayesinde deniz ekosistemleri, buzullar ve kıyı bölgelerinde eşsiz gözlemler yapılmasını mümkün kılmaktadır. Günümüzde her iki yapı da çevreye duyarlı tasarımlar, yenilenebilir enerji sistemleri ve sıfır atık prensipleriyle donatılarak, bilimsel keşiflerin sürdürülebilir biçimde gerçekleştirilmesine hizmet etmektedir. Böylece kutuplar, hem gezegenimizin iklim geçmişini anlamada hem de geleceğini şekillendirmede insanlığa ışık tutmaya devam etmektedir.



R/V Betanzos Gemisine Ait Helikopter
Kaynak: Ersan Başar



Jhon Biscoe Gemisi

Türkiye'nin Kutuplarda Çevre Vizyonu

Dr. Atilla Yılmaz
TÜBİTAK Kutup Araştırmaları Enstitüsü

Başta Antarktika olmak üzere kutup bölgeleri, bütün insanlığın ortak mirası olarak değerlendirilmektedir. Bu özel bölgeler, gezegenimizin iklim döngülerinde kritik rol oynamakta ve bilimsel açıdan gezegenimize dair geçmişin izlerini saklayarak geleceğe ışık tutar. Özellikle küresel iklim değişikliğinin etkilerini günlük hayatımızda hissettiğimiz bugünlerde kutup bölgelerinin ve çevresinin korunması insanlığın geleceği için özel bir önem taşımaktadır. Dünyanın en izole coğrafyası olan Antarktika'nın benzersiz ekosistemi, insan faaliyetlerine karşı büyük ölçüde savunmasızdır. Özellikle turizm, balıkçılık ve bilimsel çalışmalar nedeniyle artan insan varlığı, bölgenin doğal dengesi üzerinde baskı oluşturmaktadır.

Dünyada hiçbir ülkeye ait olmayan tek toprak parçası olan Antarktika 1959 yılında imzalanan ve Türkiye'nin de 1996 yılında taraf olduğu Antarktika Antlaşması ile yönetilmektedir. Bu Antlaşma kıtanın yalnızca barışçıl amaçlarla kullanılmasını vurgularken, kıtada bilimsel

faaliyetleri ve bu konudaki uluslararası iş birliklerini teşvik etmektedir. Çevresel anlamda ise Beyaz Kıta 1998 yılında imzalanan ve Madrid Protokolü olarak bilinen Antarktika Çevre Koruma Protokolü hükümleriyle korunmaktadır. Türkiye bu protokolü 2017 yılında mevcut tüm ekleriyle birlikte onaylamıştır. Protokol; kıtayı barışa ve bilime adanmakta, flora (bitki) ve fauna (hayvan), deniz kirliliği ve atık yönetimi gibi birçok konuda kurallar getirmektedir.

Ülkemiz, bu protokolün henüz yürürlüğe girmemiş olan ve acil çevresel kazalarda doğacak sorumlulukları içeren 6. ekini kabul eden az sayıdaki ülke arasında yer almaktadır.

2020 yılında ise Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayınlanan





Fotoğraf: Sebnem Coşkun - Foto Muhabiri / Anadolu Ajansı

“Antarktika’da Çevre Koruma Protokolünün Uygulanmasına Dair Yönetmelik” ile birlikte iç hukuka uyarlanarak ülkemizin Antarktika’daki çevre vizyonu daha da güçlenmiştir. 2017’den itibaren düzenlenen Ulusal Antarktika Bilim Seferleri kapsamında protokol ve yönetmelik hükümleri büyük hassasiyetle uygulanmaktadır. Sefer öncesinde tüm katılımcılar Antarktika’nın çevre kuralları hakkında detaylı şekilde bilgilendirilmekte ve bu eğitimlerde özellikle doğal yaşam alanlarında flora ve faunayla etkileşim ve yerel olmayan türlerin Antarktika’ya taşınmasının engellenmesi konularına özel bir önem verilmektedir.

Antarktika’da gerçekleştirilecek tüm faaliyetler özel bir izin sürecine tabidir. Bu süreç, Çevre,

Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yürütülmektedir. Katılımcılar, faaliyet öncesinde çevresel etki değerlendirmesi (ÇED) niteliği taşıyan ön bildirim formları doldurmakta; sezon sonunda da yapılan çalışmaların belirtilen planlarla ne kadar uyumlu olduğu raporlanmaktadır. Etki düzeyine göre farklı ÇED süreçleri işletilmektedir: göz ardı edilebilir faaliyetlerde ÇED aranmazken, geçici etkiler için öncül ÇED raporu, kalıcı ve önemli etkiler için kapsamlı ÇED raporu hazırlanması gerekmektedir. Kıtada yürütülen bilimsel araştırma faaliyetlerinde doğaya zarar verme amacı taşınmasa da, çalışmaların dolaylı ya da kümülatif etkileri çevresel açıdan istenmeyen sonuçlar doğurabilmektedir. Bu nedenle TÜBİTAK MAM Kutup Araştırma Enstitüsü tarafından

düzenlenen Ulusal Antarktika Bilim Seferlerinde, kıtada mümkün olan en az ayak izi bırakmak hedeflenmekte ve tüm çalışmalarda çevresel önlemler en üst düzeyde uygulanmaktadır. Sefer öncesinde katılımcılar, Antarktika'da uyulması gereken çevre kuralları konusunda kapsamlı eğitimlerden geçirilmekte; sefer sırasında ise bilimsel ve lojistik faaliyetlerin protokollere uygunluğunu denetlemek üzere ekibe bir çevre zabiti eşlik etmektedir. Öne çıkan çevresel kurallar olarak örneğin, canlılarla en az 10 metre mesafe kuralı titizlikle işletilmekte, uçak, gemi ve bot geçişlerinde tüm ekipmanlar özel solüsyonlarla dezenfekte edilmektedir. Ayrıca, göl ve deniz örneklemeleriyle çevresel izleme çalışmaları yapmakta, deniz çöprü gözlemleri yürütmekte ve güncel durum hakkında bilgi toplamaktadır.

Antarktika Antlaşması kapsamında yıllık olarak gerçekleştirilen Antarktika Antlaşması İstişare Toplantılarıyla (ATCM) paralel bir şekilde Çevre Koruma Komitesi (CEP) toplantıları da gerçekleştirilmektedir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının konuyla ilgili uzmanları bu toplantılara düzenli olarak katılarak, Antarktika çevresinin korunması yönünde katkı sağlamaktadır.

Antarktika'daki bir bölge, çevresel, bilimsel, tarihi, estetik veya doğal yaşam değerlerini korumak veya yürütülmekte olan bilimsel



Fotoğraf: Şebnem Coşkun - Foto Muhabiri / Anadolu Ajansı



araştırmaları güvence altına almak amacıyla “Özel Koruma Alan” ilan edilebilmektedir. Bu konuda Ülkemiz de 2023 yılında, Belçika ve İngiltere ile iş birliği yapılarak Türkiye’nin bilim kampının bulunduğu Horseshoe Adası’ndaki tatlı su göllerinin özel koruma alanı ilan edilmesi yönünde bir çalışmada bulunmuştur.

Özet olarak Türkiye, bir insanlık mirası olarak gördüğü kutup bölgelerinin korunmasına yönelik süreçleri büyük bir titizlik ve sorumluluk anlayışıyla yürütmektedir. Kutup bölgelerinde gerçekleştirdiği bilimsel araştırmalarda yalnızca bilgi üretmeyi değil, aynı zamanda bu bölgelerin hassas ekosistemini korumayı da temel hedeflerden biri olarak benimsemektedir. Türkiye, kutup bölgelerinde yürüttüğü faaliyetlerde çevre vizyonunu ön planda tutarak şekillendirmekte ve bu bölgelere minimum ayak izi bırakmaya özen göstermektedir. Ayrıca kutup bölgelerinin korunması konusunda uluslararası iş birliğine her fırsatta açık olduğunu vurgulamakta ve bu konuda uluslararası düzeyde yürütülen çalışmalara da aktif katkı sunmaktadır. Bu sayede, Antarktika’daki ulusal faaliyetlerimiz, bilimin yanı sıra çevreye duyarlı bir gelecek vizyonunun da simgesi haline gelmektedir.



ATCM 47'de Görevli Türk Heyeti

Kutup Bölgelerinin Yönetişiminde Uluslararası Antlaşmalar, Örgütler ve Birlikler



Dr. Özgün Oktar

TÜBİTAK Kutup Araştırmaları Enstitüsü
İstanbul Teknik Üniversitesi
ozgun.oktar@tubitak.gov.tr

Arktik ve Anti-Arktik

Arktik ve Antarktika, kutup bölgeleri olmaları nedeniyle benzer ekolojik özellikler taşımakla birlikte, coğrafi ve siyasi açıdan belirgin farklılıklar göstermektedir. Coğrafi açıdan, Arktik, Kuzey Kutbu çevresindeki okyanus ve onu çevreleyen kara parçalarından oluşur. Bu nedenle Arktik, deniz buzu, kıyı ekosistemleri ve yerleşim bölgeleri ile karakterize edilir.

Arktik bölgesinde Rusya, Kanada, Norveç, Danimarka (Grönland), ABD (Alaska), Finlandiya, İsveç ve İzlanda gibi devletler bulunur. Buna karşılık Antarktika, tamamen kara kütlesi üzerine oturan, kalın bir buz tabakası ile kaplı kıtadır. Sürekli yerleşik insan nüfusu bulunmaz ve yalnızca bilimsel araştırma üsleriyle faaliyet gösterilir.

Siyasi açıdan, Arktik, kıyıdaş devletlerin egemenlik hakları ve Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi (UNCLOS) çerçevesinde düzenlenmektedir. Ayrıca Arktik Konseyi, bölgesel iş birliği için önemli bir forumdur. Buna karşılık Antarktika, 1959 tarihli Antarktika Antlaşması (AA) ile düzenlenir. AA, kıtayı yalnızca barışçıl ve bilimsel faaliyetlere açarken askeri faaliyetleri ve doğal kaynakların ticari amaçla kullanılmasını yasaklamaktadır.

Dolayısıyla Arktik'te ulusal çıkarlar ve ekonomik faaliyetler ön planda iken, Antarktika daha çok küresel ortak miras olarak değerlendirilmektedir. Sonuç olarak, Arktik ve Antarktika coğrafi açıdan biri okyanus temelli, diğeri kara temelli kutup alanları olmalarıyla; siyasi açıdan ise biri ulusal egemenliklerin kesiştiği, diğeri ise uluslararası hukukla korunan alan olmasıyla birbirinden ayrılmaktadır.

Kutup bölgeleri, yalnızca coğrafi olarak uç sınırları temsil etmez; aynı zamanda küresel iklim sistemi, biyolojik çeşitlilik ve uluslararası ticaret rotaları açısından stratejik öneme sahiptir. Arktik'te buzulların erimesiyle birlikte yeni deniz yolları açılmakta ve enerji kaynaklarına erişim kolaylaşırken, Antarktika kıtası uluslararası hukuk çerçevesinde “insanlığın ortak mirası” kabul edilerek barışçıl bilimsel araştırmalara ayrılmıştır. Bu nedenle kutuplar, çevre koruma, enerji güvenliği ve çok taraflı diplomasi arasında kesişim noktası oluşturan benzersiz coğrafyalardır. Dolayısıyla bu bölgelerin yönetimi, yalnızca kıyıdaş ülkelerin değil, küresel toplumun geleceği açısından da kritik öneme sahiptir.

Arktik'te Uluslararası Antlaşmalar, Türkiye'nin Yeri ve Rolü

Arktik bölgesi, devletler arası iş birliği ve rekabetin kesiştiği bir alan olup, özellikle deniz hukukuna dayalı düzenlemeler ile yönetilmektedir. Bölgedeki başlıca hukuki çerçeve, Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi'dir (UNCLOS, 1982). UNCLOS, kıyıdaş devletlere kıta sahanlığı ve münhasır ekonomik bölge (MEB) hakları tanırken, aynı zamanda seyrüsefer özgürlüğü ve

deniz çevresinin korunmasına dair yükümlülükler getirmektedir. Arktik Konseyi ise 1996 yılında kurulmuş, çevresel koruma, sürdürülebilir kalkınma ve yerli toplulukların katılımına odaklanan hükümetler arası bir iş birliği platformudur. Ayrıca, Svalbard Antlaşması (1920) Norveç'in Svalbard Takımadaları üzerindeki egemenliğini teyit ederken, diğer taraf devletlere ticaret ve bilimsel araştırma gibi alanlarda eşit haklar tanımaktadır.

Forum of Arctic Research Operators (FARO), 1998 yılında kurulmuş, Arktik bölgesinde araştırma yapan ülkelerin ve kurumların lojistik ve operasyonel iş birliğini güçlendirmeyi amaçlayan bir uluslararası forumdur. FARO'nun temel misyonu, araştırma altyapılarının (örneğin gemiler, üsler, gözlem istasyonları) etkin kullanımını desteklemek, kaynak paylaşımını teşvik etmek ve saha çalışmalarının güvenliğini artırmaktır. Böylece bilimsel verimlilik artarken, maliyetler düşürülmekte ve çevresel etkiler en aza indirilmektedir.

Türkiye, Arktik'e kıyası olmamakla birlikte bölgeye artan bilimsel ve stratejik ilgi göstermektedir. Türkiye 2014 yılından itibaren Arktik Konseyi toplantılarına gözlemci ülke olma yönünde girişimlerde bulunmuş, fakat henüz resmi gözlemci statüsü elde edememiştir. Bununla birlikte, Türk araştırmacılar Arktik araştırmalarında aktif rol almakta; iklim değişikliği, deniz biyolojisi ve kutup lojistiği gibi alanlarda uluslararası projelere katılım

sağlamaktadır. Türkiye'nin Arktik'e ilgisi, enerji güvenliği, deniz ulaştırma rotalarının çeşitlenmesi (örneğin Kuzey Deniz Rotası) ve iklim değişikliğinin küresel etkileriyle doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda Türkiye, bilim diplomasisini ön plana çıkararak Arktik bölgesinde uluslararası iş birliğine katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

Türkiye'nin bilimsel düzeydeki en önemli adımlarından biri, 2024 yılında Uluslararası Arktik Bilim Komitesi'ne (IASC) üye olmasıdır. IASC üyeliği sayesinde Türkiye, Arktik araştırmalarında küresel ölçekte iş birliği yapabilmekte, uluslararası bilimsel projelere dahil olmakta ve kutup araştırmalarında bilim diplomasisini güçlendirmektedir. Bu üyelik, Türkiye'nin hem akademik hem de diplomatik olarak Arktik'te görünürliğini artırmıştır.

Antarktika'da Uluslararası Antlaşmalar, Türkiye'nin Yeri ve Rolü

Antarktika, uluslararası hukukun en kapsamlı ve özgün rejimlerinden biri olan Antarktika Antlaşması Sistemi (ATS) ile düzenlenmektedir. 1959'da imzalanan ve 1961'de yürürlüğe giren Antarktika Antlaşması, kıtanın yalnızca barışçıl amaçlarla kullanılmasını, askeri faaliyetlerin yasaklanmasını ve bilimsel araştırmaların serbestçe yürütülmesini öngörür.

Bu temel antlaşmayı tamamlayan çeşitli protokol ve sözleşmeler bulunmaktadır:

1

Madrid Protokolü / Antarktika Çevre Koruma Protokolü (1991): Antarktika'yı "doğal rezerv" ilan etmiş, maden kaynaklarının ticarî amaçla çıkarılmasını yasaklamış ve çevre koruma hükümlerini sistematik hale getirmiştir.

2

Antarktika Deniz Canlıları Kaynaklarının Korunması Sözleşmesi (Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources - CAMLR, 1980): Güney Okyanusu ekosistemini korumaya yönelik olup özellikle balıkçılık faaliyetlerinin sürdürülebilirliğini düzenler.

3

Antarktika Foklarının Korunmasına İlişkin Sözleşme (Convention for the Conservation of Antarctic Seals - CCAS, 1972): Antarktika'daki fok türlerinin korunmasını sağlar.

4

Antarktika Maden Kaynakları Faaliyetlerinin Düzenlenmesine İlişkin Sözleşme (Convention on the Regulation of Antarctic Mineral Resource Activities - CRAMRA, 1988): Antarktika'da maden kaynaklarının düzenlenmesini amaçlamış, ancak çevresel kaygılar nedeniyle taraf devletler tarafından onaylanmamış ve Madrid Protokolü'nün kabulü ile fiilen geçersiz hale gelmiştir.



Arktik'te Eriyen
Bir Buzul Kaynak:
Sebnem Coşkun
Foto Muhabiri /
Anadolu Ajansı

Bunların yanı sıra Antarktik Araştırmalar Bilimsel Komitesi (Scientific Committee on Antarctic Research - SCAR), Antarktika'da bilimsel araştırmaları koordine eden en önemli bilimsel organdır. Antarktik Program Yürütücüleri Konseyi (Council of Managers of National Antarctic Programs - COMNAP) ise ulusal programlar arasında lojistik, güvenlik ve operasyonel iş birliğini sağlar.

Türkiye, 1995 yılında Antarktika Antlaşması'na taraf olmuş ve 2015'ten itibaren ulusal seferlerini düzenlemeye başlamıştır. Henüz danışman statüsü (consultative status) kazanmasa da bu yönde aktif çaba göstermektedir. Türkiye, SCAR üyeliğini elde ederek Antarktika'daki bilimsel araştırmalara kurumsal düzeyde katılım sağlamış, aynı zamanda COMNAP üyesi olarak lojistik iş birliği ağında yerini almıştır.

Her ne kadar CAMLR, SCAR veya COMNAP gibi örgütler çevre yönetiminde önemli roller üstlense de bu yapıların etkinliği çoğu zaman siyasi uzlaş

eksikliği, çıkar çatışmaları ve uygulama kapasitesi sınırlılıklarıyla kısıtlanmaktadır. Örneğin, CAMLR'nin aşırı balıkçılığı engelleme çabaları, üye ülkeler arasındaki ticari çıkar farklılıkları nedeniyle zaman zaman zayıflamaktadır. Benzer şekilde, Antarktika Çevre Koruma Protokolü güçlü bir normatif çerçeve sunsa da denetim ve yaptırım mekanizmalarının zayıflığı uygulamada boşluklar yaratmaktadır. Bu durum, çevre koruma hedeflerinin yalnızca bilimsel iş birliğiyle değil, aynı zamanda güçlü siyasi irade ve uzun vadeli bağlayıcı mekanizmalarla desteklenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Türkiye, Antarktika'da yürüttüğü seferlerle iklim değişikliği, ekosistem araştırmaları, deniz bilimi ve yerbilimleri alanlarında katkı sunmakta; ATS'nin bilimsel iş birliği ve barışçıl kullanım ilkelerine bağlılığını sürdürmektedir. Türkiye'nin Antarktika stratejisi, hem bilimsel diplomasi hem de küresel çevre politikalarına uyum çerçevesinde şekillenmektedir.





Fotoğraf: Şebnem Coşkun - Foto Muhabiri / Anadolu Ajansı

Uluslararası Birlik ve Örgütlerin Çevre Yönetimi ve Koruma Çalışmaları

Arktik bölgesinde çevre yönetimi büyük ölçüde Arktik Konseyi ve ona bağlı çalışma grupları üzerinden yürütülmektedir. Arktik Konseyi, özellikle iklim değişikliği, deniz kirliliği ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi çevresel tehditlere odaklanmakta; Arktik İzleme ve Değerlendirme Programı (Arctic Monitoring and Assessment Programme - AMAP) ve Arktik Flora ve Faunanın Korunması (Conservation of Arctic Flora and Fauna - CAFF) gibi alt birimleri aracılığıyla bilimsel veri toplamakta ve politika önerileri geliştirmektedir. IASC (International Arctic Science Committee) ise disiplinler arası bilimsel iş birliği yoluyla iklim değişikliğinin Arktik ekosistemleri üzerindeki etkilerini araştırmakta, çevre yönetimine yönelik bilim temelli politika yapımını desteklemektedir. Benzer şekilde, FARO (Forum of Arctic Research Operators) araştırma operasyonlarında lojistik kaynak paylaşımını ve çevresel etkinin azaltılmasını amaçlayarak bölgedeki saha çalışmalarının daha sürdürülebilir şekilde yürütülmesini sağlar. Antarktika'da çevre yönetimi Antarktika Antlaşması Sistemi kapsamında daha

kurumsallaşmış bir yapıya sahiptir. Madrid Protokolü (1991), Antarktika'yı "doğal rezerv" olarak ilan ederek kıtanın ekosistemlerini korumaya yönelik en kapsamlı düzenlemeleri getirmiştir. Bu çerçevede CAMLR (Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources) Güney Okyanusu'nda sürdürülebilir balıkçılığı sağlarken, CCAS (Convention for the Conservation of Antarctic Seals) fok türlerinin korunmasına odaklanır. Bilimsel düzeyde SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research), iklim değişikliğinin, deniz seviyesinin yükselmesinin ve ekosistem değişimlerinin bilimsel temellerini araştırarak çevre koruma politikalarına destek sağlar. COMNAP (Council of Managers of National Antarctic Programs) ise hem üye ulusal program aracılığı ile hem de bünyesinde yürütülen uzman grubu toplantıları, sempozyumlar ve diğer bilgi paylaşım platformları ile çevre dostu lojistik uygulamaları, sıfır karbon ve atık yönetimini teşvik ederek, ulusal programların çevresel ayak izini azaltmaya katkıda bulunur.

Türkiye'nin Kutuplarda Geleceği

Türkiye, son yıllarda kutup araştırmalarında önemli kurumsal ve bilimsel adımlar atarak Arktik ve Antarktika'daki varlığını güçlendirmiştir. Antarktika özelinde, 1995'te Antarktika Antlaşması'na taraf olduktan sonra düzenli ulusal seferler gerçekleştirmiş, SCAR üyeliğini kazanmış ve COMNAP'a katılarak operasyonel iş birliği ağında yer almıştır. Ayrıca Antarktika'da kalıcı bir Türk bilim üssü kurulması yönünde stratejik çalışmalar yürütülmektedir. Bu bağlamda, Türkiye, Antarktika Antlaşması kapsamında danışman statüsü elde edebilmek için gerekli bilimsel sefer, uluslararası iş birliği ve çevresel yükümlülükler gibi tüm temel kriterleri karşılamış durumdadır. Bu statünün kazanılması, Türkiye'nin Antarktika'daki karar alma mekanizmalarına doğrudan katılımını sağlayacak ve küresel kutup yönetiminde etkisini artıracaktır.



Arktik bağlamında ise Türkiye, Uluslararası Arktik Bilim Komitesi (IASC) üyeliği ile bilimsel diplomaside kendine yer edinmiştir. Ancak Arktik, Antarktika'dan farklı olarak yoğun jeopolitik rekabetin yaşandığı bir bölgedir. Arktik Konseyi her ne kadar çevresel ve bilimsel iş birliğini teşvik eden bir “centilmenler kulübü” görünümünde olsa da üyelerinin büyük çoğunluğu aynı zamanda NATO üyesidir. Bu durum, Türkiye açısından Arktik'i yalnızca bir bilimsel araştırma alanı değil, aynı zamanda stratejik ve güvenlik boyutu olan bir bölge haline getirmektedir. Enerji güvenliği, yeni deniz ulaştırma rotaları (Kuzey Deniz Rotası gibi) ve küresel iklim değişikliğinin etkileri, Türkiye için Arktik'teki gelişmeleri kritik hale getirmektedir.

Türkiye'nin kutup politikalarının geleceğinde yalnızca bilimsel varlık göstermek değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik ve iklim diplomasisi alanında öncü bir aktör olmak da

kritik bir hedef olarak öne çıkmaktadır. Avrupa Yeşil Mutabakatı ve küresel iklim taahhütleriyle uyumlu şekilde, Türkiye'nin kutuplarda yürüttüğü araştırmaların çevre dostu teknolojiler, yenilenebilir enerji uygulamaları ve ekosistem temelli yönetim yaklaşımlarıyla desteklenmesi, ülkenin uluslararası alanda “çevre liderliği” kimliğini pekiştirebilir. Bu yaklaşım, Türkiye'nin hem Antarktika'da danışman ülke statüsü talebini güçlendirecek hem de Arktik'te bilim diplomasisi yoluyla güvenilir ve sorumlu bir ortak olarak konumlanmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, Türkiye'nin kutuplardaki geleceği, hem Antarktika'da danışman statüsünü elde ederek uluslararası yönetimde etkinlik kazanmasına, hem de Arktik'te bilimsel iş birliği ile stratejik dengeyi gözetmesine bağlıdır. Bu vizyon, Türkiye'nin küresel ölçekte bilim diplomasisini güçlendirmesinin yanı sıra, jeopolitik çıkarlarını da pekiştirecek niteliktedir.

**Türk Antarktik
Araştırma Kampı**
Kaynak: Şebnem
Coşkun-Foto Muhabiri
Anadolu Ajansı



Görsel 1. Horseshoe Adası/Antarktika, 2025
(Fotoğraf Y. Müh. Kpt. Doğaç Baybars İşiler)

Kutuplarda Turistik Faaliyetler ve Çevreye Etkileri

Y. Müh. Kpt. Doğaç Baybars İşiler
TÜBİTAK MAM Kutup Araştırmaları Enstitüsü

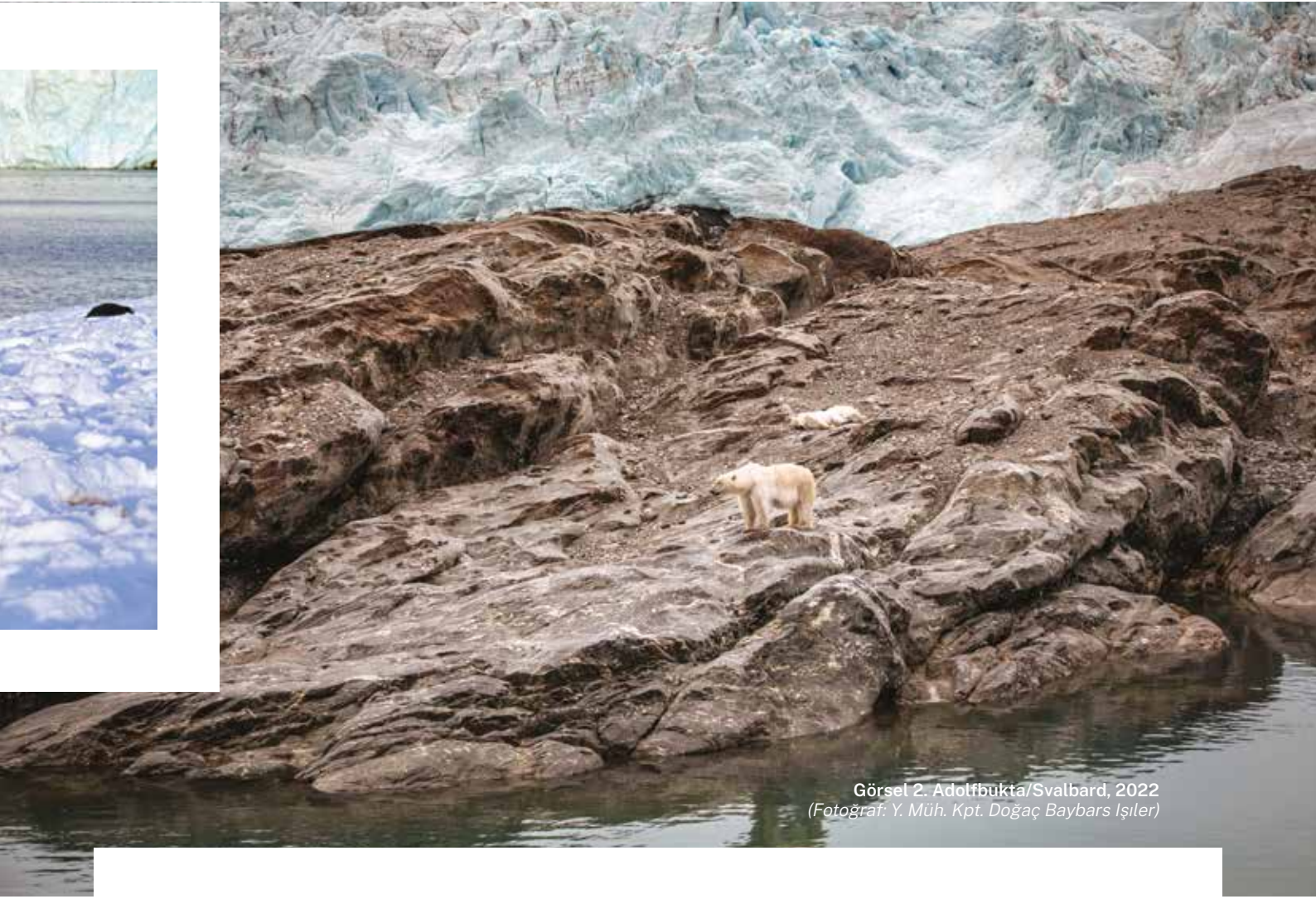


Hem Arktik hem de Antarktika, kaşiflerin ilgi odağı olmuştur. Bu odak doğrultusunda da kaşifler, mevcut dönemlerindeki el verdiği imkanlar kapsamında, her iki kutup bölgesine de ulaşmayı, daha ileriye keşfetmeyi ve en uçlara ulaşmaya çalışmışlardır. Ancak kuzeyde Arktik'in Arktik Çemberi'nde (Arctic Circle) bulunan ülkelere yakını olması, Antarktika'nın ise güneyde ve coğrafi olarak en yakın ülkelere bile uzak ve daha izole olarak konumlanması bu iki kutup bölgesinin keşfedilmesi ve anlaşılması arasında büyük bir zaman farkı yaratmıştır. 1400'lerden itibaren Arktik Bölge'ye seferler düzenlenirken, Antarktika'ya 1800'lerden itibaren seferler düzenlenmeye başlamıştır. Kutuplara duyulan ilgili yüzyıllardır hiç kaybolmamış, aksine öğrenilen bilgilerin ve keşfedilen canlıların artması ile hem bilimsel hem de turistik seferler her iki kutup bölgesinde de artarak devam etmiştir (Görsel 1. Horseshoe Adası/Antarktika, 2025, Görsel 2. Adolfbukta/Svalbard, 2022).

Zaman içerisinde gemi türleri ve seyahat deneyimleri arttıkça, devletler de kutuplara daha fazla zaman ve kaynak ayırmaya başlamışlardır[3,4]. Ancak, Arktik ve Antarktika'nın birbirinden farklı coğrafyaları, farklı hukuki statüleri ve farklı ulaşılabilirlikleri yönetim sistemleri ve

değişen Dünya'ya karşı üzerlerine verilen karar ve yöntemlerde de farklılıklar yaratmıştır. Arktik Bölge, içinde barındırdığı ülkelerin hukuki olarak kendi suları olduğu için her egemen devletin ayrı kararları bulunmaktadır. Ancak, bu ülkeler Arktik Konsey'de (Arctic Council) bir araya gelerek ortak iletişim zeminini de sağlamaktadır. Antarktika ise hiç kimseye ait olmayan denizleri ve kara parçası ile bir kıtadır ve Uluslararası Jeofizik Yılı sırasında 1 Aralık 1959'da imzalanan Antarktika Antlaşması (Antarctic Treaty) doğrultusunda yönetilmektedir. Bu antlaşma ile birlikte de Beyaz Kıta yalnızca barışa ve bilime adanmıştır.

Arktik Bölge'de bulunan egemen devletler kendi planlamalarını, politikalarını ve çevre kurallarını yürütmekle birlikte aynı zamanda ortak anlaşmalara da uyum sağlamaktadırlar. Nitekim Arktik hakkında ilk çevre hakkında düzenlemeler 1991 yılında Arktik Çevre Koruma Stratejisi (Arctic Environmental Protection Strategy – AEPS) kabulü ile gerçekleştirilmiştir. 1991 yılında başlayan bu süreç ile birlikte yeni anlaşmalar da imzalanmış ve 1996 yılında Ottawa Deklerasyonu (Ottawa Declaration) ile Arktik Konsey (Arctic Council) kurulmuştur. Devam eden yıllarda yeni gözlemci üye devletler ile birlikte yerel halk temsilcileri ve ilgili dernekler de Arktik Konsey'e dahil



Görsel 2. Adolfbukta/Svalbard, 2022
(Fotoğraf: Y. Müh. Kpt. Doğaç Baybars İşiler)

olmuşlardır.

Profesyonel anlamda Arktik Turizm ilgili ise 1950'li yıllara dayanmaktadır [3]. Günümüzde ise küresel iklim değişikliği sebebi ile artan deniz buzı miktarındaki erimeden kaynaklı olarak yeni ticaret rotaları Arktik Bölge'nin ticaret kullanımı açısından da daha popüler olmasını sağlamıştır [3]. Artan bu popülerlik ve ulaşım imkanlarının artması da peşinde turistik ilgiyi getirmiştir. Arktik Bölge'nin Antarktika'ya nazaran daha ulaşılabilir olması ve hali hazırda içerisinde ülkeleri barındırması turist sayılarına da yansımış durumdadır. Tüm Arktik Bölge göz önüne alındığında - her ülkenin net olark sayılarını paylaşmaması nedeni ile net bilgiler bulunmasa da - yıllık 25 – 30 milyon arası konaklama gecesi olduğu tahmin edilmektedir. Konaklama açısından Alaska, İzlanda ve Svalbard ise turistlerin birinci ve ikinci tercihleri olarak ön plana çıkmaktadır

[3]. (Görsel 3. Longyearbyen/Svalbard'da bulunan turist gemisi, 2025 (Fotoğraf: Y. Müh. Kpt. Doğaç Baybars İşiler)).

Bu turist sayılarını görmemizde ise bölgenin ulaşılır olmasına ek olarak, "son şans" turizminin de katkısı bulunmaktadır. Küresel iklim değişikliği ile azalan deniz buzı miktarları ve eriyen buzullar özellikle ileri yaşlardaki turistlerin Arktik'te ilgisini arttırmaktadır [3]. Artan bu turistik ilgi karşısında da Arktik Konsey çevre düzenlemeleri gerçekleştirmiş hatta çevre etki değerlendirme konusunda ödül almıştır [4]. Ziyaret edilen bölgenin koşullarına göre de her ülke çevre korunumu için kendi kurallarını koymakta ve yaptırımlar uygulamaktadır.

Antarktika'da ise 1950'lerden itibaren özel şirketler tarafından da turistik faaliyetler başlamıştır ve 1956 yılında ilk turistik uçuş 1958 yılında ise ilk yolcu gemisi Antarktika'ya

Görsel 3.
Longyearbyen/
Svalbard'da bulunan
turist gemisi, 2025
(Fotoğraf: Y. Müh. Kpt.
Doğaç Baybars İşler)



ulaşmıştır [4,5]. 1966 yılından itibaren, artık yolcu gemileri Antarktika'ya yıllık ve düzenli seferler düzenlemeye başlamıştır [4]. Yıllar içerisinde turist sayısı ve hacmindeki artış, beraberinde 1991 yılında özel sektörde faaliyet gösteren firmalar tarafından Uluslararası Antarktika Tur Operatörleri Birliği'nin (International Association of Antarctica Tour Operators – IAATO) kurulmasını getirmiştir.

Aynı yıl Çevre Koruma Komitesi (The Committee for Environmental Protection – CEP) tarafından Çevre Protokolü (Environmental Protocol / Madrid Protokolü) kabul edilmiştir. 1990'lı yılların başında kurulan IAATO ve Madrid Protokolü'nün imzalanması, artık Antarktik turizmi için koordinasyonun, kontrol mekanizmalarının ve en önemlisi de çevre hakkında hayata geçirilecek düzenlemelerin habercisi olarak sayılabilir.

1993 – 94 Antarktik sezonunda 10.000'in altında olan toplam turist sayısı, 2024 – 25 sezonu ile birlikte 115.000 üzerine ulaşmıştır. Gerçekleşen bu artış, 1990'lı yılların başında kurulan IAATO'nun ve Madrid Protokolü'nü imzalayan ülkelerin ön görüşlerini haklı çıkartır niteliktedir. Nitekim yine bu öngörü ile paralel olacak şekilde, artan turist hacmi, yürütülen sefer sayısı, King George

Adası'na günlük gerçekleştirilen uçuşların 5'i geçmesi ve Antarktika'da gerçekleştirilen turistik aktivitelerdeki artış bu sefer devletleri ek önlemler almaya itmiştir. Bu motivasyonla, yıllık olarak gerçekleştirilen Antarktika Antlaşması Danışmanlar Toplantısı'nın (Antarctic Treaty Consultative Meeting – ATCM) 46.sında ilk defa Turizm Çerçevesi'nin Geliştirilmesi (Development of a Tourism Framework) adı altında, ATCM içerisinde yeni bir çalışma grubu kurulmuştur.

Görsel 4. King George
Adası/Antarktika'da
bulunan turist gemisi, 2025
(Fotoğraf: Y. Müh. Kpt. Doğaç
Baybars İşler)



Fotoğraf: Şebnem Coşkun - Foto Muhabiri / Anadolu Ajansı



Çalışma grubu ise planlanan “çerçeve”nin yayımlanması için ATCM 50’yi hedef olarak belirlemiştir (Görsel 4. King George Adası/ Antarktika’da bulunan turist gemisi, 2025).

Özel sektörün ve devletlerin artan turist sayısına ilgisi ile birlikte bilim insanlarının da çalışmaları bu alana yönelmeye başlamıştır. Bu yönelim doğrultusunda, çevresel kaygılar bağlamında Antarktika turizmi üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Antarktika turizminin çevresel

etkileri, meta-analiz ve sera gazı emisyonları açısından yayınlanan makaleler aracılığıyla incelenmiş ve atık yönetimi ve bertarafını ele alan modeller geliştirilmiştir [4,5,6]. Turizm yönetimi ve düzenlemesi ile uyarlanabilir yönetim yaklaşımları üzerine de araştırmalar yapılmıştır [4,5]. Ayrıca, mevcut ATS raporları analiz edilerek turizm yönetimine yönelik politika seçenekleri bilimsel çalışmalarla irdelenmiştir [4].

Yukarıda bahsedilen her iki kutup bölgesindeki artan turist sayıları ve bu konuda gerçekleştirilen düzenlemeler dikkate alındığında, “çevre” en önemli konu olarak önümüze çıkmaktadır. Peki çevrenin bu kadar ön plana çıkması kural koyucuların takip isteklerinden mi yoksa haklı hassasiyetlerinden mi kaynaklanmaktadır?

Her iki kutup bölgesi de küresel iklim değişikliğine karşı en kırılgan ve hassas çevre koşullarına sahiptir ve dolayısı ile küresel iklim değişikliğinden doğrudan etkilenen en hassas bölgelerdir. Nitekim, küçük iklim dalgalanmaları bile kutuplarda hızlı değişikliklere yol açmaktadır [4]. Bu değişikliklerin de belki de en net görünen yüzü yıllık deniz buzu oluşumu ve dağılımlarındaki azalmalardır. Arktik ve Antarktika’da son 10 yılda



birbiri ardınız izleyen “en düşük deniz buzu oluşumları” gözlemlenmiştir [4,5].

Bilimsel veriler, küresel iklim değişikliğinin Arktik ve Antarktika’ya direkt ve kalıcı etkisini gösterirken, turistler de bu gelişmelerden etkilenecek kutup bölgelerine “son şans” turizmi gerçekleştirmektedir. Ancak, “son şans” olarak gerçekleştirdikleri bu doğa harikası yerlere turistik ziyaretlerde aklarını ne kadar kontrol altına almaktadırlar? Çevreye ne kadar duyarlılık göstermektedirler? Doğal yaşama ve mevcut düzene ne kadar uyum sağlamaktadırlar?

İlk sorunun cevabı yine bir bilimsel çalışmada karşımıza çıkmaktadır. Her ne kadar turistik faaliyetleri düzenleyenler atık konusunda hassas davranışlar da, genel bilinci yaratmak ve kitleyi kontrol etmenin zorluklarından “çöp” ve “atık” konusu en hassas noktaların başında gelmektedir [4]. Keza Arktik Bölge çerisinde olan Svalbard kıyılarında ve adalarında, Antarktika’da da insan atıkları gözle görülür olarak bulunmaktadır. Üstelik deniz buzu erimesinden kaynaklı açılan Kuzey Deniz Rotaları sebebi ile artan deniz trafiği de yalnızca insan atıklarını değil aynı zamanda hava kirliliğinin artması adına da endişe vermektedir. Dolayısı ile de canlı yaşamı adına da olumsuz senaryolar barındırmaktadır [5]. (Görsel 5. Ulusal Kutup Bilim Seferleri sırasında toplanan atıklar, 2024 – 2025.).



Fotoğraf: Şebnem Coşkun - Foto Muhabiri / Anadolu Ajansı

Görsel 5. Ulusal Kutup Bilim Seferleri sırasında toplanan atıklar, 2024 – 2025.





Görsel 6. Deception Adası üzerindeki eski üssün duvarına yapılan grafiti, 2025.

İkinci ve üçüncü soruların cevapları ise elbette bilimsel çalışmalarla da ortaya konmaktadır. Ancak 2025 yılında Antarktika’da yaşanan bir hadise bu soruya en net cevabı vermektedir. Antarktika’daki Deception Adası’nda (Deception Island) bulunan ve 71 numara ile Tarihi Yer ve Anıt (Historic Site and Monument – No. 71) konumunda olan eski Norveç ve İngiliz üssü tarihi yapı duvarlarına grafiti çizimi gerçekleştirilmiştir [5] (Görsel 6. Deception Adası üzerindeki eski üssün duvarına yapılan grafiti, 2025.).

Sahadan örnekleri ile de görüldüğü üzere, kural koyucular her ne kadar düzenlemeler geliştirseler, önlemler alsalar hatta yaptırım uygulasalar da, her iki kutup bölgesinin de maruz kaldığı etkilerden korunması bir hayli zor gözükmemektedir. Arktik ve Antarktika’nın olası etkilerden korunmasının tek ve yegane yolu bilinçli bir şekilde gerçekleştirilen düzenlemelere ek olarak, uygulayıcıların da bilinçli olması ve farkındalık ile profesyonel olarak seferlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Üstelik bu bilinç yalnızca turistik operasyon gerçekleştirenler için değil, aynı zamanda kutuplarda bilimsel varlık gösteren ülkeler için de son derece önemlidir. Zira, kutup bölgelerinde çalışmalar gerçekleştiren bilim insanlarının da bu bilinçle sahip olması son derece elzemdir.

Ulusal Arktik Bilimsel Araştırma Seferleri (Turkish Arctic Scientific Expedition) ve Ulusal Antarktika Seferleri (Turkish Antarctic Expedition)

Cumhurbaşkanlığımız himayelerinde, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığımız sorumluluğunda, TÜBİTAK MAM Kutup Araştırmaları Enstitüsü (KARE) yürütücülüğünde gerçekleştirilmektedir. Her bir sefer öncesinde, katılımcılara gerçekleştirilen eğitimlerin bir parçası da “çevre” eğitimidir. Bugüne kadar 200’ün üzerinde Türk bilim insanına bu eğitimler verilmiştir. Ancak bu sayıyı yeterli görmeyen ve geleceğin bilinçli nesillerine katkı sunmak isteyen KARE aynı zamanda farkındalık çalışmaları düzenlemektedir. Düzenlediği farkındalık çalışmaları ile bugüne kadar sayısız kurumsa eğitimler düzenlemiş, 5 belgesel yayımlamış, 4 ansiklopedi oluşturmuş, yarışmalar düzenlemiş, çizgi roman kitapları basmış ve daha nice farkındalık aktiviteleri gerçekleştirmiştir. 2015’ten bu yana hem Arktik hem Antarktika’da sahadan elde edilmiş tecrübeler ve operasyonlar sırasında elde edilen deneyimler geleceğimizi, çevremizi kurtarmak ve daha temiz kılmak adına KARE tarafından topluma aktarılmaktadır.

Bugünün çocukları, yarının bilim insanları ve turistleri olduklarında çevresine duyarlı ve “sıfır atık” bir yaşam gerçekleştirebilmeleri için şimdiden bilinç kazandırılmalıdır. Her ne kadar turistler kutuplar için ilk olarak “çevre” endişesinin akla getirirse de, küresel iklim değişikliğine yerinde şahit olunması aynı zamanda toplum bilincini de arttırmaktadır. Arktik ve Antarktika’yı koruyarak keşfetmek, geleceğimize yatırımdır!





Fotoğraf: Şebnem Coşkun - Foto Muhabiri / Anadolu Ajansı



Geleceği Korumak: Eğitim, Farkındalık ve Yenilikçi Yaklaşımlar

Dr. Kpt. Sinan Yirmibeşoğlu
TÜBİTAK Kutup Araştırmaları Enstitüsü

Dünyanın en soğuk bölgesi Antarktika ile en sığ okyanusunu içinde barındıran Arktik, haritaya baktığımızda bize binlerce kilometre uzakta görünüyor. Ama kutupları yakından öğrenmeye başladığımızda hemen başucumuzda olduğunu anlıyoruz. Peki bu coğrafyalara ne kadar hakimiz? Eğitim öğretim hayatımızda yeterince kutupları öğreniyor muyuz? Buzlu, uçsuz bucaksız, soğuk ve rüzgârlı arazilerde penguen, kutup ayısı gibi gezegenin en ilginç hayvanlarını araştırmayı kaçımız merak ediyoruz? Farkında olmadan bulunduğumuz

şehirlerden kutupları kirletiyor muyuz? Atıklarımız gerçekten de okyanus akıntılarıyla buzlu sulara kadar taşıyor mu?

Geleceği korumak için ilk bakmamız gereken yerlerin başında kutuplar geliyor. Çünkü kutuplardaki buzla kaplı yüzeyler güneş ışığını büyük ölçüde geri yansıtarak (albedo etkisi) dünyanın ısı dengesini sağlıyor. Eğer bu denge, başta kirlilik olmak üzere çevresel etkiler ile bozulursa okyanus akıntıları, mevsimler, hava sistemleri, deniz seviyeleri başta olmak üzere geri dönülemez

sonuçlar yaşanacağı öngörülüyor (IPCC, 2023). İşte! Tam da bu yüzden kutuplar hakkında eğitim ve farkındalığı artırma görevimiz ortaya çıkıyor. Son derece hassas olan kutup ekosistemlerini korumak için bilimsel çalışmaların yanı sıra toplum bilincinin arttırılması ve özellikle yeni nesle erken yaşta çevre sorumluluğu kazandırılması gerekiyor (UNESCO, 2020). Eğitim ve farkındalık çalışmaları bireylere davranış değiştirme fırsatı sunarak uzun vadeli çevresel kazanımlar sağlar. Sıfır atık kültürü ise bu süreçte en önemli yapıtaşlarından biridir. Atıkları ilk ortaya çıkacağı noktada azaltabilmek, çıkan atığı yeniden kullanabilmek, görevi biten atığı geri dönüştürebilmek gibi adımlar sadece günlük yaşamda değil, lojistik maliyeti çok zor olan kutuplarda hayati öneme sahiptir.

Kutuplar, gençler ve çocuklar için yalnızca uzak ve gizemli bir coğrafya olarak değil; aynı zamanda insanlığın ortak geleceğini simgeleyen bir laboratuvar olarak sunulmaktadır. Bu nedenle, kutup teması üzerinden sıfır atık bilincini aktarmak güçlü bir sembolik mesaj taşır ve geleceği hep birlikte korumamıza imkân sağlar.

TÜBİTAK kutup bölgelerine gerçekleştirilen Ulusal Kutup Bilim Seferlerini koordine etmenin yanı sıra kutup bilimlerinde eğitim ve farkındalık çalışmalarında da öncü rol üstlenmektedir. Kutup Araştırmaları Enstitüsü uzmanları belgeseller, fotoğraf sergileri, vlog serileri, popüler bilim kitapları, çocuk kitapları, çizgi romanlar, popüler bilim sunumları gibi birbirinden farklı birçok etkinlik ile 7'den 70'e toplumun her kesimine ülkemizdeki her şehirde ulaşarak farkındalık oluşturuyor.

Ülkemiz genelinde ilkökul, ortaokul ve lise öğrencilerine yönelik düzenlediğimiz "Cumhuriyetimizin 100. Yılında Kutuplarda Bilim" ve "Okyanus On Yılı" temalı resim yarışmaları gençlerin sanat aracılığıyla kutupları yorumlamasına olanak tanıdı. Ortaya çıkan eserler öğrencilerin sıfır atık bilincine büyük ölçüde sahip olduğu ve geleceği korumak için çalışmaya hevesli olduklarını gösteriyor.

TEKNOFEST kapsamında TÜBİTAK tarafından düzenlenen 2204-C Kutup Araştırmaları ve 2204-D İklim Değişikliği lise öğrencileri araştırma projeleri yarışmaları ile son beş yılda binlerce başvuru alındı. Yarışmalar, öğrencilerin çevre, iklim, sıfır atık, kutup, okyanus, hava, buz küre gibi konularda proje üretmek yenilikçi yaklaşımlar sergilemesine olanak tanıyor. Dahası en başarılı öğrenciler arasından seçilen özel ekipler 2023 yılından beri kutuplara

projelerini test etmek üzere götürülüyor. Bugüne kadar Ulusal Kutup Bilim Seferleri kapsamında 13 lise öğrencisi 7 farklı projeyi denemek için kutuplara ayak basma fırsatı elde etti. Yapılan projeler kutuplarda uygulanırken sıfır atık konseptine %100 uydular hatta bazı projeler doğrudan sıfır atıklı malzeme üreterek kutuplarda kullanımı ile doğa uyumlu sürdürülebilir şekilde tasarlandı.

Lise öğrencilerinin yanı sıra üniversitelerde farklı bölümlerden kutuplara ilgi duyan öğrenciler Kutup Kulüpleri kurarak bir araya geliyor. Günümüzde sayısı her geçen gün artan kulüplerde öğrenciler kariyerlerinde kutuplarda çalışabilmek için yeni bilgilerin peşinden gidiyorlar. Enstitü kulüpleri ile iletişim kurarak çalışmalarına destek oluyor ve kutup bilimlerinin üniversitelerde yaygınlaşmasını amaçlıyor.

Kutup Şenlikleri ise 2020 yılından beri yılda bir kez farklı şehirlerde düzenlenerek kutupları festival havasında bizlere sunuyor. Şenlikte öğrenciler sunumlar yaparak stantlar açarak kutuplardaki probleme çözüm arıyor, geliştirdikleri projeleri aktarıyor ve geleceğin kutup bilimcilerinin yetişmekte olduğunu gözler önüne seriyor (Arslan vd., 2024).

Kutup bölgelerinde yürütülen çalışmalar sırasında atık sayısı, karbon tüketimi vb. konulara özellikle dikkat edilerek minimum ayak izi sağlanmaktadır. Bu sebeple belgesel ve video çekimlerini bilim insanları da gerçekleştirmek ve uzman ekiplere destek olmaktadır. TÜBİTAK Bilim Genç isimli youtube kanalında izleyiciler Arktik ve Antarktika'daki çalışmaları, doğayı ve çevreyi yakından görebilmektedir.



TÜBİTAK Kutup Seferleri çocuk kitabı ve Kutup Bilimleri Ansiklopedisi.



Resim yarışması derecelerinden örnekler.

Enstitüye her yıl, farklı alanlardan stajyer ve bursiyer öğrenciler başvuru sonucu göre katılarak kutupları çalışma imkânı buluyor. Kutup kariyeri yapan öğrenciler ilk olarak kutuplardaki atık sistemini öğreniyor ve yaşadığımız şehirlerden çok farklı bir ortam koşuluna sahip olması onları etkiliyor. Bu doğrultuda çalışma konuları şekilleniyor. En son stajyerlerden biri oyun geliştirme bölümünden. Kendisinin danışmanlığında yaptığı çalışmayı buradan indirip oynayabilirsiniz. “FlappyPenguin” yani Uçan Penguen isimli bu oyun popüler bir oyun türünde yazıldı. Oyunda gezegenimizin en büyük pengueni olan İmparator Penguen ana karakter olarak Güney Okyanusu derinliklerinde yüzüyor. Burada penguenimiz atıklardan kaçarak, kutuplardaki bilimsel çalışmaları ve ekosistemi eğlenceli bir şekilde öğretmeyi amaçlıyor.

Pullar, devletler veya yetkili kurumlar tarafından çıkartılan kültürel, tarihi ve bilimsel değerleri yansıtan koleksiyon nesneleridir ve çoğunlukla posta gönderiminde karşımıza çıkar. Bir ülkenin yaptığı

çalışmaları pul koleksiyonlarından öğrenebiliriz. 2017 yılında İlk Ulusal Kutup Bilim Seferinde çekilen ekip fotoğrafı PTT tarafından pul haline getirilmiş ve ülkemizin kutuplardaki çalışmalarını ve uluslararası alandaki görünürliğini belgeleyen kalıcı bir simge olmuştur. Pul üzerindeki ekip, Türk Bayrağı eşliğinde geleceğe emin adımlar ile ilerlerken, eriyen buzullar, iklim değişikliği ve geleceğin okyanus bilimleri konularında mesaj vermektedir. Bu tür farkındalık çalışmaları ile kutuplardaki araştırmalarımız gelecek nesillere yüz yıllar sonra bile “Türkiye, Antarktika’da çevre ve bilimi korumak için buradaydı” şeklinde aktarılacaktır.

Enstitü tarafından eğitim ve farkındalık faaliyetleri, geleneksel yöntemlerin ötesine geçerek yenilikçi araçlar ve teknolojiler ile destekleniyor. Bu sayede kutuplarda yürütülen Türk bilim çalışmaları yalnızca akademik bilgi üretmekle kalmıyor, aynı zamanda gelecek nesillerin çevre bilincini sıfır atık kültürüyle birleştirerek şekillendiriyor. Öğrencilerin



Kutuplarda öğrenciler projelerini uygularken.



İlk Antarktika Pulu
(2017, Dr. Sinan Yirmibeşoğlu)

geliştirdiği projeler hem kutupların hem de dünyanın korunması için umut veriyor. Kutuplar, uzak coğrafyalar olmaktan çıkıp gençlerin zihninde korunması gereken ortak bir mirasa dönüşüyor. Bu bilinçle yetişen bir nesil, yalnızca Türkiye’de değil, tüm dünyada geleceği koruyacak güçlü bir adım anlamına geliyor. Bu doğrultuda TÜBİTAK geleceğin bilim insanlarını yetiştirmek için var gücüyle çalışırken kutuplar gibi stratejik önemli bölgeleri de her zaman gündemde tutuyor.

Kutuplar, yalnızca bilim insanlarının değil, tüm insanlığın ortak mirasıdır. Onları korumak için atacağımız her adım, geleceğimizi korumaktır. Gelin, bu sorumluluğu birlikte üstlenelim.

Daha fazla bilgi için TÜBİTAK sosyal medya hesaplarını takip etmeyi unutmayınız.



Antarktika'da Sıfır Atık ve Bilim İletişimi

Kağan Gökhan Görgişen
TÜBİTAK Bilim ve Toplum Başkanlığı

Binlerce yılda oluşan buzullar, bu buzulların şekillendirdiği eşsiz coğrafya, daha önce insan eli değmemiş sevimli ve ilginç canlı türleri ile ani değişim gösterebilen ekstrem hava koşulları sayesinde kıta, hem bilim insanları hem de turistler için önemli bir cazibe merkezi hâline gelmiştir. Bilim insanları burada, oluşması binlerce yıl süren buzulların içinde hapsolmuş kıymetli kimyasal izleri ve modern yaşamın bıraktığı kalıntıları incelemektedir. Bu çalışmalar, yalnızca günümüzü anlamamıza değil; geçmişi çözümlememize ve geleceğe dair güçlü öngörüler geliştirmemize de katkı sağlamaktadır. Ancak yürütülen tüm bilimsel faaliyetler ve turizm etkinlikleri, kıtanın son derece hassas ekosistemine en az etkiyle ve zarar vermeden gerçekleştirilmek zorundadır. Çünkü Antarktika'da bırakılan her türlü atık, yok olması yüzlerce hatta binlerce yıl sürebilecek ciddi çevre kirliliği problemlerine yol açabilmektedir.

Dahası, bu tehdit yalnızca kıtada gerçekleşen



Bir yıl arayla Lemaire Kanalı seyiri, TÜBİTAK Bilim Genç YouTube kanalından.

insan faaliyetlerinden kaynaklanmamakta; farklı coğrafyalardaki endüstriyel faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıklar da okyanus ve atmosfer aracılığıyla Antarktika'ya taşınarak canlı yaşamını etkilemektedir. İşte bu nedenle, kıtada geçirilen her an “Sıfır Atık” yaklaşımıyla değerlendirilmelidir. Bilimsel araştırmaların yanı sıra, bu “Sıfır Atık” uygulamalarının ve Antarktika'daki bilimsel çalışmaların geniş kitlelere doğru ve etkili biçimde aktarılması da büyük bir sorumluluk taşımaktadır. Bu süreç, yalnızca doğayı korumakla sınırlı kalmaz; aynı zamanda çevre bilincinin artırılmasına ve gelecek nesillere sürdürülebilir bir miras bırakılmasına da hizmet eder. Bu bağlamda TÜBİTAK Bilim Genç ekibi, bilim iletişimi faaliyetleri yürütmek amacıyla 8. ve 9. Ulusal Antarktika Bilim Seferleri'ne (TAE 8 & TAE 9) katılmıştır. Bilim iletişimi; toplumda bilim farkındalığını artırma, bilime karşı merak uyandırma ve bilime dair sağlıklı bir bakış açısı kazandırma gibi önemli hedefler taşır. Bu sayede, seferlerde elde edilen veriler ve Antarktika'ya ilişkin bilgiler çok daha geniş kitlelere ulaşmakta,

yanlış algılar ise giderilmektedir. Her iki sefer kapsamında da görsel ve işitsel yöntemler kullanılarak videolar, fotoğraflar ve podcast'ler üretilmiştir. Ardışık iki yıl boyunca gerçekleşen bu seferlere katılım, izleyicilere bir yıl içinde yaşanan çevresel değişimleri somut biçimde görme imkânı sunmuştur. Örneğin, Lemaire Kanalı'ndan geçiş sırasında küresel iklim değişikliğinin etkileri çarpıcı video görüntüleriyle belgelenmiş ve geniş kitlelerle paylaşılmıştır (Görsel1).

Bilim iletişimsi olarak görev almak, her bir bilimsel çalışmanın tüm aşamalarını ve bu süreçte görev alan bilim insanlarını kayıt altına almak anlamına gelir. Bu sayede, sefer öncesinde tüm katılımcılara verilen “Sıfır Atık” eğitimlerinin sahaya yansımaları anlık olarak kayda geçirilmiştir. Saha çalışmaları sırasında Horseshoe Adası'nda organik ve organik olmayan atıklar tespit edilmiştir. Ardından bu atıkların söz konusu kaynakları belirlenmiş, koordinat ve fotoğraf bilgileri kaydedilmiştir. Daha sonrasında sefer çevre sorumlusuna raporlanmış ve uygun şekilde imha edilmek üzere toplanmıştır (Görsel 2).

“Sıfır Atık” kavramı çoğunlukla plastik, kâğıt veya elektronik atıkların azaltılmasıyla ilişkilendirilse de, organik atıklar, yani gıda atıkları da ciddi bir çevresel sorun oluşturmaktadır. Dünyada üretilen gıdaların yaklaşık üçte biri kaybolmakta veya israf edilmektedir. Ancak tüm gıdanın dışarıdan getirildiği Antarktika gibi bir kıtada, gıda israfını önlemek hayati bir önem taşımaktadır. Bu nedenle saha çalışmalarında tüketilecek tüm gıdalar dikkatle planlanmış; israfın önüne geçilmiş, artan ürünler ise diğer araştırma ekipleriyle paylaşılmıştır. Antarktika’nın soğuk ve kuru iklimi, organik gıdaların bozunma sürecini büyük ölçüde yavaşlattığından, bu atıkların kıtada bırakılması ciddi bir çevre sorununa yol açabilecek niteliktedir. Gösterilen bu hassasiyet, bilim iletişimi içerikleri aracılığıyla topluma aktarılmış; sosyal medya paylaşımları sayesinde geniş kitlelerde farkındalık oluşturulmuştur.

TAE-9 kapsamında gerçekleştirilen güneş paneli operasyonları sayesinde, Türk Bilimsel Araştırma

Kampı’nın ve ölçüm cihazlarının enerji ihtiyacı yenilenebilir kaynaklarla karşılanmıştır. Bu sayede, fosil yakıt kullanımına bağlı karbon ayak izi önemli ölçüde azaltılmıştır. Söz konusu çalışmalar anbean kayıt altına alınmış; üretilen görsel materyaller, sosyal medya platformlarında ve çeşitli yayınlarda kullanılarak geniş kitlelere ulaştırılmıştır. Böylece hem yenilenebilir enerji kullanımının önemi hem de “Sıfır Atık” yaklaşımının çevresel sürdürülebilirlikteki rolü kamuoyuna etkili bir şekilde aktarılmıştır. (Görsel 3).

Antarktika’da yürütülen bilim iletişimi faaliyetleri, yalnızca bugünün yetişkinlerine değil, geleceğin bilim insanlarına da ilham oluyor. Artık günlük hayatın vazgeçilmez bir parçası haline gelen sosyal medya platformlarında Türk bilim insanlarını Antarktika’da görmek, bilimi uzak ve soyut bir kavram olmaktan çıkararak ulaşılabilir, heyecan verici bir keşif yolculuğuna dönüştürüyor. Bu sayede özellikle gençler ve çocuklarda “Ben de yapabilirim!” duygusu oluşabilir.

Saha çalışmalarında rastlanan organik olmayan (solda) ve organik (sağda) atıklar.





TAE 9 ekibi ile taşınan güneş enerjisi paneli, TÜBİTAK Bilim Genç YouTube kanalından.

Ayrıca, bilim insanlarının Antarktika’da dahi olsalar çevreye zarar vermeden araştırma yapılabilirdiğini görmek, bilimin sorumlulukla yürütülmesi gerektiğini ve doğayla uyum içinde bir yaşamın mümkün olduğunu gösteriyor.

Bu içerikler, çocuklara bilimin yalnızca laboratuvarlarda değil, dünyanın en uç noktalarında da sürdürülebileceğini öğretiyor.

Böylece seferlerde üretilen her bir popüler bilim içeriği gelecekte çevreye duyarlı mühendislerin, biyologların ve araştırmacıların yetişmesine katkı sağlıyor; onları ileride yeni bir keşfe, bir buluşa ya da gezegenimizi koruyacak bir fikre yönlendiriyor. Bu sayede, Milli Teknoloji Hamlesi’nin gelecekte ihtiyaç duyacağı nitelikli insan kaynağının oluşumuna da katkı sağlanıyor.

Peki siz ne yapabilirsiniz?

1

Özellikle piknikte, sahilde yani doğada bulunduğunuz sürede geride atık bırakmadığınızı, günlük yaşamınızda tek kullanımlık değil, sürdürülebilir ürünler kullandığınızı sosyal medya hesaplarınızda #SıfırAtık etiketi ile paylaşabilirsiniz.

Birçoğumuzun dünyayı tek başına kurtarma şansı olmayabilir, ama yakın çevremizi bilinçlendirerek bu bilincin bir kartopu etkisine dönüştürmek her birimizin sorumluluğunda.



Fotoğraf: Şebnem Coşkun -Foto Muhabiri / Anadolu Ajansı

Sıfır Atık ve Görsel Bilim İletişimi: Kutuplarda Görsel Tanıklık

Şebnem Coşkun
Anadolu Ajansı

Kuzey Kutbu'nda kutup ayları, Güney Kutbu'nda penguenler...

Yalnızca bu bölgelerin simge türleri değil, ortak habitatı paylaşan tüm ekosistem ve canlılar, insanın doğayla kurduğu ilişkinin en uç sınırlarında sessiz fakat derin bir mücadele vermektedir.

Arktik'te deniz buzları her geçen yıl küçülmesi, Antarktika'da dev buzulların parçalanışı, gezegenin geleceğine dair sessiz ama güçlü bir uyarı niteliğindedir.

Kutuplar yalnızca iklim değişikliğinin değil,

aynı zamanda insan faaliyetlerinin de görünmez izlerini taşımaktadır. Denizcilik faaliyetleri ve insan kaynaklı kirleticiler, mikroplastikler, ağır metaller ve kuş gribi gibi biyolojik tehditler, bu "bakir" görünen coğrafyaları giderek daha kırılgan hale getiriyor. Kutupların sessiz çağrısı, aslında insanlığın kendi geleceğine yönelmiş bir uyarıdır.

Tam da bu noktada çevre haberciliği yalnızca bilgi aktarmakla kalmaz; aynı zamanda etik sorumlulukları da beraberinde getirir. Görsel iletişim, doğanın bu sessiz çağrısını dünyaya duyurmanın en güçlü araçlarından biridir.





Bilim ve Sanatın Kesişiminde: Görsel Bilim İletişimi

Bilimsel çalışmalarda fotoğraf ve video üretimi, yalnızca estetik bir anlatı aracı değil, aynı zamanda bilimsel araştırmaların yapı taşı hâline gelen teknik bir belge üretim aracıdır. Keşif seyahatlerinin özellikle 19. yüzyılda hız kazanmasıyla birlikte, fotoğraf makineleri de bilimsel araştırma ekiplerinin ayrılmaz bir parçası olmuştur. Belgeleyiciler, bu süreçte yalnızca gözlemleri kaydetmekle kalmamış, aynı zamanda o gözlemlerin yorumlanması ve paylaşılmasına da katkı sağlamışlardır.

Bilimsel veriler, doğadaki değişimleri rakamlarla ortaya koyarken; sanat, bu değişimlere duygusal bir derinlik katar. Kutuplardan aktarılan bir grafik, buz kayıplarının miktarını gösterirken; bir fotoğraf, o kaybın insan belleğinde bıraktığı sarsıntıyı görünür kılar.

Kutup bölgeleri yalnızca coğrafi değil, aynı zamanda görsel anlamda da insan algısının sınırlarını zorlayan mekânlardır. Belgesel fotoğrafçılık, bu “uç” coğrafyayı belgeleyerek bilimsel keşiflerin, insan emeğinin ve merakın izlerini görselleştirmiştir. Bugün o dönemden kalan her kare, yalnızca bir anı değil; aynı zamanda bilimsel kanıt ve insani tanıklıktır.

Fotoğraf, belgesel ve görsel anlatılar sayesinde kutuplarda eriyen buzullar yalnızca bilimsel raporlarda değil; kolektif hafızamızda da yankı bulur. Bu noktada bilim ve sanat birbirini tamamlar: Çevre haberciliği, bilimsel gözlemleri estetik bir anlatıya dönüştürerek toplumsal farkındalık yaratır. Görsel iletişim yalnızca bir kanıt değil; aynı zamanda vicdani bir çağrıdır.





Fotoğraf: Şebnem Coşkun -Foto Muhabiri / Anadolu Ajansı

Kutupların Kırılğan Doğasında: Görsel Tanıklar

Arktik'te deniz buzlarının erimesi, kutup Ayılarının yaşam alanlarını doğrudan tehdit ediyor. Yavrusuyla birlikte yiyecek arayışına çıkan bir kutup ayısı, yalnızca dramatik bir doğa sahnesi değil; aynı zamanda iklim krizinin canlı bir belgesidir. Antarktika'da ise Horseshoe Adası yakınlarında, Shoesmith Buzulu'ndan kopan dev parçalar, bilim insanlarının gözleri önünde denize karışıyor. Bu anlar yalnızca bilimsel raporlarla değil, aynı zamanda görsel tanıklıklarla da belleğimizde yer ediniyor.

Kuzey'in simge canlısı kutup ayısı ile Güney'in dayanışma yaşam ustaları penguenler, aslında aynı mesajı taşır: İnsanlığın eylemleri, kutupların geleceğini ve dolayısıyla tüm dünyanın kaderini belirliyor.

Kutupların en çarpıcı gerçeklerinden biri,

dünyanın geri kalanında yapılanların burada da hissedilmesidir. Antarktika'da son yıllarda gözlemlenen mikro ve makroplastikler, denizcilik faaliyetlerinden kaynaklanan kirleticiler ve ağır metaller, ekosistemin dengesini tehdit ediyor. Dahası, kuş gribi salgınlarının bile insan kaynaklı etkenlerle hızlandığına dair bulgular mevcut. "Ulaşılmaz" olarak bilinen bu kıtalarda bile insan izlerinin bulunması, sıfır atık yaklaşımının küresel ölçekte ne kadar gerekli olduğunu gösteriyor.

Bilimsel araştırma kamplarında uygulanan "atığını geride bırakma" kuralı, bu felsefenin en somut örneğidir. Kutuplarda çalışan bilim insanları, ürettikleri her atığı geri götürmek zorundadır. Bu yaklaşım, aslında günlük yaşamımıza taşımamız gereken basit ama güçlü bir ders verir: Geride iz bırakma.





Görsel Tanıklık ve Etik Çevre Haberciliği

Çevre haberciliğinde görsellik yalnızca belge değil, aynı zamanda tanıklık işlevi görür. Ancak bu tanıklık, etik sorumluluklarla örülmelidir:

- Canlıların davranışlarını değiştirmemek,
- Fotoğraf veya video çekerken müdahaleden kaçınmak,
- Gerçeği çarpıtmadan olduğu gibi aktarmak,
- Görsel tanıklığı sansasyon değil, gerçeklik üzerine inşa etmek.
- “Doğayı belgele, ama zarar verme. anlat, ama iz bırakma.”

Bu ilkeler yalnızca çevre haberciliğinin değil, insanlığın doğaya karşı etik pusulası olmalıdır.

Bu anlamda etik çerçevede kutup bölgelerinde çalışma yaparken uygulanması gereken çevre kurallarını birkaç başlıkta özetlemek mümkündür:

1

Müdahale Etmeme: Araştırma ya da haber sırasında doğaya ve canlılara doğrudan müdahale edilmemelidir.

2

Atıksızlık: Her atık geri götürülmeli, hiçbir iz bırakılmamalıdır.

3

Görsel Sorumluluk: Görüntüler, canlıların yaşamını tehlikeye atmamalı veya davranışlarını değiştirmemelidir.

4

Gerçeğe Sadakat: Haber dilinde sansasyon yerine gerçeklik ön planda tutulmalıdır.

Sonuç: Görsel Bellek ve Ortak Gelecek

“Kutupların derin sessizliğinde yaşam mücadelesi veren canlıların eriyen dünyaları, doğanın içsel dengesinin kaybını yansıtır.” Bu kaybı belgelemek yalnızca bir gazetecilik ya da bilim görevi değil; aynı zamanda insanlığın vicdani sorumluluğudur.

Sıfır atık yaklaşımı, görsel bilim iletişimiyle birleştiğinde kutuplardan tüm dünyaya güçlü bir mesaj verir:

“Unutmayalım, bir B gezegenimiz yok.”

A polar bear is lying on its back on a large, melting ice floe. A trail of footprints leads away from the bear towards the top of the frame. The ice is white and blue, with some dark patches. The background is a vast, open expanse of water and ice.

**Burası Senin Çöplüğün Değil,
Onun Yuvası.
Alışkanlıklarımızı
Değıştirme Zamanı.**

#SıfırAtık



Fotoğraf: Şebnem Coşkun - Foto Muhabiri / Anadolu Ajansı

**Beyaz Kıta ve Sıfır Atık:
Antarktika'da Bilim ve Çevre Mücadelesi
Arktik Ekosistemi ve İnsan Etkisi:
Sıfır Atık Yaklaşımı**

- Kelly, A., Lannuzel, D., Rodemann, T., Meiners, K. M., & Auman, H. J. (2020). Microplastic contamination in east Antarctic sea ice. *Marine Pollution Bulletin*, 154, 111130.
- Aves, A. R., Revell, L. E., Gaw, S., Ruffell, H., Schuddeboom, A., Wotherspoon, N. E., ... & McDonald, A. J. (2022). First evidence of microplastics in Antarctic snow. *The Cryosphere Discussions*, 2022, 1-31.
- Shepherd, A., Gilbert, L., Muir, A. S., Konrad, H., McMillan, M., Slater, T., ... & Engdahl, M. E. (2019). Trends in Antarctic Ice Sheet elevation and mass. *Geophysical Research Letters*, 46(14), 8174-8183.
- Josey, S. A., Meijers, A. J., Blaker, A. T., Grist, J. P., Mecking, J., & Ayres, H. C. (2024). Record-low Antarctic sea ice in 2023 increased ocean heat loss and storms. *Nature*, 636(8043), 635-639.
- AMAP, 2024. AMAP Arctic Climate Change Update 2024: Key Trends and Impacts. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Tromsø, Norway. x+122pp
- AMAP, 1997. Arctic Pollution Issues: A State of the Arctic Environment Report. Arctic monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. xii+188 pp.
- Bergmann, M., Collard, F., Fabres, J., Gabrielsen, G. W., Provencher, J. F., Rochman, C. M., ... & Tekman, M. B. (2022). Plastic pollution in the Arctic. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3(5), 323-337.
- AMAP, 2005. AMAP Assessment 2002: Heavy Metals in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. xvi + 265 pp.
- Bayırhan, İ., Gazioğlu, C., & Nas, S. (2025). Changing oceans and maritime transport: research on new routes and geographical convenience in the Arctic region. *Singapore Journal of Tropical Geography*.
- Svalbard Environmental Regulations in English, AECO, 26 November 2024, <https://aeco.no/svalbard-environmental-regulations/> (erişim tarihi: 29/09/2025)
- AMAP, 2017. AMAP Assessment 2016: Chemicals of Emerging Arctic Concern. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. xvi+353pp
- Jensen, P. E., Boratto, D., Rossi, P. M., Velmitskaya, M., Øverjordet, I. B., Andradóttir, H. Ó., ... & Jamieson, R. (2025). The status of domestic wastewater treatment in the Arctic. *Environmental Science: Advances*.

**Kutuplarda Sıfır Atık:
Karbon Ayak İzi**

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2023). Karbon Ayak İzi Rehberi. Ankara.
- Natali, S. M., et al. (2019). Large loss of CO2 in winter observed across the northern permafrost region. *Nature Climate Change*, 9, 852-857. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0592-8>
- ASOC (2022). Carbon Footprints of Antarctic Activities. Antarctic and Southern Ocean Coalition.
- WWF Arctic (2021). Arctic nations are responsible for 22% of the world's carbon footprint. Erişim: <https://www.arcticwwf.org>

**Siyah Karbon, Atmosferik ve
Oşinografik Taşınım**

- J. Box, X. Fettweis, J. Stroeve, M. Tedesco, D. Hall, and K. Steffen, "Greenland ice sheet albedo feedback: thermodynamics and atmospheric drivers," *The Cryosphere*, vol. 6, no. 4, pp. 821-839, 2012.
- M. G. Flanner, K. M. Shell, M. Barlage, D. K. Perovich, and M. Tschudi, "Radiative forcing and albedo feedback from the Northern Hemisphere cryosphere between 1979 and 2008," *Nature Geoscience*, vol. 4, no. 3, pp. 151-155, 2011.
- M. Huss and R. Hock, "Global-scale hydrological response to future glacier mass loss," *Nature Climate Change*, vol. 8, no. 2, pp. 135-140, 2018.
- D. Jacobsen, A. M. Milner, L. E. Brown, and O. Dangles, "Biodiversity under threat in glacier-fed river systems," *Nature Climate Change*, vol. 2, no. 5, pp. 361-364, 2012.

5. V. Masson-Delmotte et al., "Climate change 2021: the physical science basis," Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, vol. 2, no. 1, p. 2391, 2021.
6. K. E. Trenberth, "Changes in precipitation with climate change," *Climate research*, vol. 47, no. 1-2, pp. 123-138, 2011.
7. S. Szopa et al., "Short-Lived Climate Forcers," in "IPCC Assessment Reports," 2021, vol. Sixth Assessment Report.
8. V. Ramanathan and G. Carmichael, "Global and regional climate changes due to black carbon," *Nature geoscience*, vol. 1, no. 4, pp. 221-227, 2008.
9. R. Jaffé et al., "Global charcoal mobilization from soils via dissolution and riverine transport to the oceans," *Science*, vol. 340, no. 6130, pp. 345-347, 2013.
10. S. Wagner, R. Jaffé, and A. Stubbins, "Dissolved black carbon in aquatic ecosystems," *Limnology and Oceanography Letters*, vol. 3, no. 3, pp. 168-185, 2018.
11. J. G. Canadell et al., "Global carbon and other biogeochemical cycles and feedbacks," in "IPCC AR6 WGI, final government distribution," 2021.
5. Cózar, A., Martí, E., Duarte, C.M., García-delomas, J., Seville, E. Van, Ballatore, T.J., Eguíluz, V.M., González-gordillo, J.I., Pedrotti, M.L., 2017. The Arctic Ocean as a dead end for floating plastics in the North Atlantic branch of the thermohaline circulation. *Sci. Adv.* 3, 1-9. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600582>.
6. Bergmann, M., Wirzberger, V., Krumpfen, T., Lorenz, C., Primpke, S., Tekman, M.B., Gerdts, G., 2017. High quantities of microplastic in Arctic deep-sea sediments from the HAUSGARTEN observatory. *Environ. Sci. Technol.* 51, 11000-11010. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b03331>.
7. Peeken, I., Primpke, S., Beyer, B., Gütermann, J., Katlein, C., Krumpfen, T., Bergmann, M., Hehemann, L., Gerdts, G., 2018. Arctic sea ice is an important temporal sink and means of transport for microplastic. *Nat. Commun.* 9, 1505. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03825-5>.
8. Ilaria Corsia, Elisa Bergami, Gabriella Caruso. Special issue plastics in polar regions. *Environment International* 149 (2021) 106203. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106203>.
9. Convey, P., Barnes, D.K.A., Morton, A., 2002. Debris accumulation on oceanic island shores of the Scotia Arc, Antarctica. *Polar Biol.* 25, 612-617. <https://doi.org/10.1007/s00300-002-0391-x>.
10. Barnes, D.K.A., Walters, A., Gonçalves, L., 2010. Macroplastics at sea around Antarctica. *Mar. Environ. Res.* 70, 250-252. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2010.05.006>.
11. Isobe, A., Uchiyama-matsumoto, K., Uchida, K., Tokai, T., 2017. Microplastics in the Southern Ocean. *Mar. Pollut. Bull.* 114, 623-626. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.037>.
12. Balton, D., Janis, B., Logaddottir, H.H., Maddox, M., Ulmer, F. 2020. Policy and Action on Plastic in the Arctic Ocean: October 2019 Workshop Summary & Recommendations. The Arctic Initiative, The Polar Institute. <https://www.wilsoncenter.org/publication/policy-and-action-plastic-arctic-ocean>
13. Stark, J.S., Raymond, T., Deppeler, S.L., Morrison, A.K., 2019. Antarctic Seas. In: Sheppard, C. (Ed.), *World seas: an environmental evaluation*. Academic Press, London and New York (Elsevier), pp. 1-43. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805068-2.00023-1>.

İnsan Etkisi ve Mikroplastik

1. Arctic Human Development Report: Regional Processes and Global Linkages. (2015). <https://doi.org/10.6027/TN2014-567>.
2. Australian Antarctic Division, About Antarctica, Environmental Management, Human Impacts in Antarctica, Commonwealth of Australia 2020, <https://www.antarctica.gov.au/about-antarctica/environment/human-impacts-in-antarctica/>. Son erişim tarihi: 15 Ağustos 2025.
3. AWI-LITTERBASE, The amount and distribution of litter and microplastic https://litterbase.awi.de/litter_detail. Son erişim tarihi: 15 Ağustos 2025.
4. Obbard, R.W., Sadri, S., Wong, Y.Q., Khitun, A.A., Baker, I., Richard, C., 2014. Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth's Future*. 2, 315-320. <https://doi.org/10.1002/2014EF000240>.

14. Dawson, A., Kawaguchi, S., King, C.K., Townsend, K.A., King, R., Huston, W.M., Bengtson Nash, S.M., 2018. Turning microplastics into nanoplastics through digestive fragmentation by Antarctic krill. *Nat. Commun.* 9 <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03465-9>.
15. Lagana, P., Caruso, G., Corsi, I., Bergami, E., Venuti, V., Majolino, D., La Ferla, R., Azzaro, M., Cappello, S., 2019. Do plastics serve as a possible vector for the spread of antibiotic resistance? First insights from bacteria associated to a polystyrene piece from King George Island (Antarctica). *Int. J. Hyg. Environ. Health* 222, 89–100. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.08.009>.

Kutuplar Makroplastikler Kirliliği ve Etkileri

1. Obbard, R. W., Sadri, S., Wong, Y. Q., Khitun, A. A., Baker, I., & Thompson, R. C. (2014). Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth's Future*, 2(6), 315–320. <https://doi.org/10.1002/2014EF000240>
2. Bergmann, M., et al. (2019). White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. *Science Advances*, 5(8), eaax1157. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax1157>
3. Barnes, D. K. A., & Milner, P. (2005). Drifting plastic and its consequences for sessile organism dispersal in the Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 50(9), 1137–1144. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.04.002>
4. Kelly, A., Lusher, A., Doyle, T., & Murphy, J. (2020). Microplastic ingestion by Antarctic krill (*Euphausia superba*). *Frontiers in Marine Science*, 7, 571. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00571>
5. Bergmann, M., & Klages, M. (2012). Increase of litter at the Arctic deep-sea observatory HAUSGARTEN. *Marine Pollution Bulletin*, 64(12), 2734–2741. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.09.018>
6. Cózar, A., Martí, E., Duarte, C. M., García-de-Lomas, J., van Sebille, E., Ballatore, T. J., ... & Irigoien, X. (2017). The Arctic Ocean as a dead end for floating plastics in the North Atlantic branch of the Thermohaline Circulation. *Science Advances*, 3(4), e1600582. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600582>

7. Bergmann, M., Tekman, M. B., & Krumpen, T. (2017). Marine litter on the Arctic seafloor continues to increase and spreads to the North at the HAUSGARTEN observatory. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 120, 88–99. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2016.12.011>
8. Aytan,   .,   ENT  RK KOCA, Y.,   zkan, K., & Kandemir, R. (2024). Microplastics in Lake Sediments in Robert Island, Antarctica. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.
9. Zhang, Y., Gao, T., Kang, S., Sillanpää, M., & Jiang, Y. (2022). Microplastics have light-absorbing ability to enhance melting of snow and ice in cryospheric regions. *Journal of Environmental Sciences*, 124, 311–322. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2021.12.027>
10. Gaylarde, C. C., Baptista Neto, J. A., & da Fonseca, E. M. (2023). Microplastics in the cryosphere – a potential time bomb? *Water Emerging Contaminants & Nanoplastics*, 2, 27. <https://doi.org/10.20517/wecn.2023.27>

Kutup Bölgelerinde Atık İzleme   alışmaları

1. A. K. Mishra, J. Singh, and P. P. Mishra, "Microplastics in polar regions: an early warning to the world's pristine ecosystem," *Science of the Total Environment*, vol. 784, p. 147149, 2021.
2. S. Deng, L. Cao, X. Yan, M. Peng, K. Ke, L. Wang, et al., "A review of progress and challenges in research on the environmentally sound treatment of polar drilling fluids," *Journal of Cleaner Production*, vol. 479, p. 144035, 2024.
3. P. Bharti and K. Gajananda, "Environmental monitoring and assessment in Antarctica," *Environmental Health and Problems (Eds.-Bharti, PK and Gajananda, Kh.)*, Discovery Publishing House, Delhi, pp. 178-186, 2013.
4. P. K. Bharti, B. Sharma, R. Singh, and A. Tyagi, "Waste generation and management in Antarctica," *Procedia Environmental Sciences*, vol. 35, pp. 40-50, 2016.
5. M. P. Nair and A. Gopinath, "Microplastic pollution in the polar oceans–A review," *Microplastics in the Ecosphere: Air, Water, Soil, and Food*, pp. 15-27, 2023.

6. R. W. Obbard, "Microplastics in polar regions: the role of long range transport," *Current Opinion in Environmental Science & Health*, vol. 1, pp. 24-29, 2018.
7. A. Kelly, D. Lannuzel, T. Rodemann, K. Meiners, and H. Auman, "Microplastic contamination in east Antarctic sea ice," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 154, p. 111130, 2020.
8. I. Peeken, S. Primpke, B. Beyer, J. Gütermann, C. Katlein, T. Krumpfen, et al., "Arctic sea ice is an important temporal sink and means of transport for microplastic," *Nature communications*, vol. 9, p. 1505, 2018.
9. M. Karcher, I. Harms, W. J. Standring, M. Dowdall, and P. Strand, "On the potential for climate change impacts on marine anthropogenic radioactivity in the Arctic regions," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 60, pp. 1151-1159, 2010.
10. P. Strand, B. Howard, A. Aarkrog, M. Balonov, Y. Tsaturov, J. Bewers, et al., "Radioactive contamination in the Arctic — sources, dose assessment and potential risks," *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 60, pp. 5-21, 2002.
11. A. A. Ayoub and Y. Song, "Radioactivity measurement in glacier and Polar ice-caps: an overview," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, p. 012058.
12. W.-L. Chu, N.-L. Dang, Y.-Y. Kok, K.-S. I. Yap, S.-M. Phang, and P. Convey, "Heavy metal pollution in Antarctica and its potential impacts on algae," *Polar Science*, vol. 20, pp. 75-83, 2019.
13. S. Darham, N. N. Zakaria, A. Zulkharnain, S. Sabri, K. A. Khalil, F. Merican, et al., "Antarctic heavy metal pollution and remediation efforts: state of the art of research and scientific publications," *Brazilian journal of microbiology*, vol. 54, pp. 2011-2026, 2023.
14. R. Kallenborn, H. Hung, and E. Brorström-Lundén, "Atmospheric long-range transport of persistent organic pollutants (POPs) into polar regions," in *Comprehensive analytical chemistry*. vol. 67, ed: Elsevier, 2015, pp. 411-432.
15. M. C. Mangano, G. Sara, and S. Corsolini, "Monitoring of persistent organic pollutants in the polar regions: knowledge gaps & gluts through evidence mapping," *Chemosphere*, vol. 172, pp. 37-45, 2017.
16. J. E. Balmer, H. Hung, Y. Yu, R. J. Letcher, and D. C. Muir, "Sources and environmental fate of pyrogenic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the Arctic," *Emerging Contaminants*, vol. 5, pp. 128-142, 2019.
17. M. J. Valdivia, S. Sánchez, J. Saa, R. Bastías, G. Higuera, Z. L. Fleming, et al., "Emission of polycyclic aromatic hydrocarbons in the north-west Antarctic Peninsula region," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 31, pp. 64950-64960, 2024.
18. Z. Xie and R. Kallenborn, "Legacy and emerging per-and poly-fluoroalkyl substances in polar regions," *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, vol. 42, p. 100840, 2023.
19. A. Arulanathan, O. Þ. Vilhelmsson, U. Karsten, H.-P. Grossart, A. Sigurbjörnsdóttir, Ó. Rolfsson, et al., "Per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in the cryosphere—occurrence, organismic accumulation, ecotoxicological impacts, transformation, and management strategies," *Frontiers in Environmental Science*, vol. 13, p. 1559941, 2025.
20. J. Retamales and M. Rogan-Finnemore, "The Role of the Council of Managers of National Antarctic Programs," *Proceedings and Other Publications*, 2011.

Kutuplarda Turistik Faaliyetler ve Çevreye Etkileri

1. Kuchumov, A. V., Karpova, G. A., Testina, Y. S., & Voloshinova, M. V. (2020, July). Arctic tourism: Prospects for the development of historical routes. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 539, No. 1, p. 012095). IOP Publishing.
2. Bernacchi, L. C. (1935). *ANTARCTIC EXPLORATION PAST AND PRESENT*. Geography, 176-190.
3. Blanchette, R. A., Held, B. W., Jurgens, J. A., Aislabie, J., Duncan, S., & Farrell, R. L. (2004). Environmental pollutants from the Scott and Shackleton expeditions during the 'Heroic Age' of Antarctic exploration. *Polar Record*, 40(2), 143-151.
4. Tin, T., Fleming, Z. L., Hughes, K. A., Ainley, D. G., Convey, P., Moreno, C. A., ... & Snape, I. (2009). Impacts of local human activities on the Antarctic environment. *Antarctic Science*, 21(1), 3-33.

5. Hall, C. M., & Johnston, M. E. (1995). Introduction: Pole to pole: Tourism issues, impacts and the search for a management regime in Polar regions. In C. M. Hall & M. E. Johnston (Eds.), *Polar tourism: Tourism in the Arctic and Antarctic regions* (pp. 1–26). Chichester: Wiley.
6. Maher, P. T. (2017). Tourism futures in the Arctic. In K. Latola & H. Savela (Eds.), *The interconnected Arctic – UArctic congress 2016* (pp. 213–220). Cham: Springer.
7. Müller, D. K. (2015). Issues in Arctic tourism. In *The new arctic* (pp. 147–158). Cham: Springer International Publishing.
8. Lemelin, R. H., Dawson, J., Stewart, E. J., Maher, P., & Lück, M. (2010). Last-chance tourism: The boom, doom, and gloom of visiting vanishing destinations. *Current Issues in Tourism*, 13 (5), 477–493.
9. International Association for Impact Assessment (IAIA) Global Award. (2025. 08, 19). (<https://arctic-council.org/news/arctic-council-receives-iaia-2019-global-award/>)
10. Headland, R. K. (1994). Historical development of Antarctic tourism. *Annals of Tourism Research*, 21(2), 269–280.
11. Palmowski, T. (2020). Development of Antarctic tourism. *Geo Journal of Tourism and Geosites*, 33, 1520–1526.
12. Basberg, B. L. (2010). Antarctic tourism and maritime heritage. *International Journal of Maritime History*, 22(2), 227–246.
13. Tejado, P., Benayas, J., Cajiao, D., Leung, Y. F., De Filippo, D., & Liggett, D. (2022). What are the real environmental impacts of Antarctic tourism? Unveiling their importance through a comprehensive meta-analysis. *Journal of Environmental Management*, 308, 114634.
14. Amelung, B., Lamers, M., (2007). Estimating the Greenhouse Gas Emissions from Antarctic Tourism. *Tourism in Marine Environments*, Volume 4, Numbers 2-3, 121–133.
15. Kariminia, S., Ahmad, S. S., & Hashim, R. (2012). Assessment of Antarctic tourism waste disposal and management strategies towards a sustainable ecosystem. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 68, 723–734.
16. Verbitsky, J. (2013). Antarctic tourism management and regulation: the need for change. *Polar Record*, 49(3), 278–285.
17. Cajiao et al. (2021). Adaptive Management of Sustainable Tourism in Antarctica: A Rhetoric or Working Progress? *Sustainability*, 13(14), 7649.
18. Makanse, Y. (2024). Contextualising Antarctic tourism diversification: tourism management implications from multinational policy debates. *The Polar Journal*, 14(1), 270–313.
19. Overland, J.E., Wang, M., 2016. Recent extreme Arctic temperatures are due to a split polar vortex. *J. Clim.* 29 (15), 5609–5616.
20. Shijin, W., Yaqiong, M., Xueyan, Z., & Jia, X. (2020). Polar tourism and environment change: Opportunity, impact and adaptation. *Polar Science*, 25, 100544.
21. İşiler, D. B. (2022) A decadal analysis of Antarctic tourism and investigation of current trends.
22. Chen, J. S., Wang, W., Jensen, O., Kim, H., & Liu, W. Y. (2021). Perceived impacts of tourism in the Arctic. *Journal of Tourism and Cultural Change*, 19(4), 494–508.
23. Anadolu Ajansı. (2022). Azalan deniz buzu sadece kutup ekosistemini değil tüm dünyanın iklimini etkiliyor. <https://www.aa.com.tr/tr/cevre/azalan-deniz-buzu-sadece-kutup-ekosistemini-degil-tum-dunyanin-iklimini-etkiliyor/2659685>
24. Fotoğraflar: Dr. Atilla Yılmaz ve Y. Müh. Kpt. Doğaç Baybars İşiler.
25. UKAHT. (2025). <https://www.ukaht.org/latest-news/2024/whalers-bay-graffiti/>
26. IAATO. (2025). <https://iaato.org/iaato-community-shocked-and-disgusted-whalers-bay-graffiti>. (Fotoğraf Fede Arribere tarafından temin edilmiştir.)

Kutup Bölgelerinin Yönetişiminde Uluslararası Antlaşmalar, Örgütler ve Birlikler

1. Arctic Council. (1996). Declaration on the Establishment of the Arctic Council. Ottawa, Canada
2. Berkman, P. A., Lang, M. A., Walton, D. W. H., & Young, O. R. (Eds.). (2011). *Science diplomacy: Antarctica, science, and the governance of international spaces*. Smithsonian Institution Scholarly Press
3. Heininen, L., Exner-Pirot, H., & Plouffe, J. (Eds.). (2020). *Arctic Yearbook 2020: Climate Change and the Arctic*. Arctic Portal.

4. Caymaz, E., Büyüksağnak, Y. B., & Özsoy, B. (2022). Arctic science diplomacy of Norway: A case study of svalbard. *Polar Science*, 34, 100901.
5. TÜBİTAK MAM (2023). Ulusal Kutup Bilimleri Stratejisi 2023–2035, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi.
6. Antarctic Treaty. (1959). The Antarctic Treaty. Washington D.C.
7. COMNAP. (2020). Council of Managers of National Antarctic Programs: Annual Report 2020. Christchurch.
8. Dodds, K., Hemmings, A. D., & Roberts, P. (2017). Handbook on the politics of Antarctica. Edward Elgar Publishing.
9. Secretariat of the Antarctic Treaty. (1991). Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty (Madrid Protocol). Madrid.

Geleceği Korumak: Eğitim, Farkındalık ve Yenilikçi Yaklaşımlar

1. Arslan, A., Yirmibeşoğlu, S., & Özsoy, B. (2024). Popularizing Polar Sciences: Opinions on the Polar Festival. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 12(1), 500-534.
2. IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
3. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2020). Education for sustainable development: A roadmap. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802>

Antarktika'da Sıfır Atık ve Bilim İletişimi

1. <https://www.usgs.gov/faqs/how-old-glacier-ice>
2. <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/bilim-iletisimi>
3. <https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/makale/antarktikada-mikroplastik-kirliligi>
4. <https://www.tarimorman.gov.tr/Sayfalar/Detay.aspx?Sayfald=77>

UNUTMA!

Kutuplardaki canlılar konuşamıyor,
ama hikâyeleri evrensel.



**SIFIR ATIK
VAKFI**