

# Anestezinin Küresel Isınmaya Etkisi ve Sürdürülebilir Anestezi Gerçeği

## The Impact of Anesthesia on Global Warming and the Reality of Sustainable Anesthesia

Gözde İnan, Zerrin Özköse Şatırlar

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye

### ÖZ

Hava kirliliği, artan sıcaklıklar, sel, kuraklık ve vektör kaynaklı hastalıkların yayılmasındaki değişiklikler nedeniyle antropojenik iklim değişikliği, 21. yüzyılda insan sağlığına yönelik en büyük tehditlerden biridir. Hastanelerde sunulan sağlık hizmetlerinin kendisi de, iklim değişikliğinin çoğundan sorumlu olan karbondioksit ve diğer sera gazlarını üreterek çevresel kirliliğe katkıda bulunmaktadır. Ameliyathaneler, bir hastanenin en yoğun kaynak kullanılan bölümüdür ve önemli miktarda atık ve hastanenin geri kalanından üç ila altı kat daha fazla enerji tüketir. Bu derlemenin amacı, inhalasyon ve intravenöz anesteziklerinin, ameliyathanedeki atıkların ve tüketilen enerjinin çevreye olan etkilerini belirlemek ve bu etkilerin azaltılmasına yönelik öneriler sunmaktır.

**Anahtar sözcükler:** Sürdürülebilirlik, iklim değişikliği, sera gazı, atık yönetimi, yeşil ameliyathane

### ABSTRACT

Due to changes in air pollution, rising temperatures, flooding, drought, and the development of vector-borne diseases, anthropogenic climate change is one of the most serious threats to human health in the twenty-first century. Hospital healthcare services contribute to environmental pollution by emitting carbon dioxide and other greenhouse gases, which are responsible for a significant amount of climate change. Operating rooms are the most highly resource-intensive component of a hospital, using significant quantities of waste as well as three to six times the amount of electricity as the rest of the facility. The goal of this review is to evaluate the environmental implications of inhalation and intravenous anesthetics, as well as waste and energy consumption in the operating room, and to provide practical recommendations for reducing these impacts.

**Keywords:** Sustainability, climate change, greenhouse gas, waste management, green operating room

### GİRİŞ

İklim değişikliği, 21. yüzyılın belirleyici sağlık krizidir ve küresel sağlığa yönelik en büyük tehditi oluşturmaktadır (1). Küresel ısınma; asit yağmurları, ozon tabakasının incilmesi, nesli tükenmekte olan türlerin artması ve Amazon'daki orman yangınları gibi çevre sorunları hakkında artan bir farkındalık oluşturmaktadır (2). Küresel ısınmayı azaltmak için yaşamın her alanında çeşitli önlemler alınırken, çevresel olarak sürdürülebilir sağlık hizmetlerinin önemi daha fazla tartışılmaya başlanmıştır.

Sağlık hizmetlerinin sunumu önemli miktarda sera gazı (SG) emisyonuna neden olmaktadır. Ameliyathaneler; yüksek enerji talepleri, sarf malzemesi üretimi ve atık hacimleri ile sağlık hizmetlerinin yoğun bir alt sektörüdür (3). Aynı zaman-

da bir hastanedeki tüm atıkların yaklaşık %20'sini üreterek toplam hastane atığına da yüksek oranda katkıda bulunmaktadır (4). Bu nedenle cerrahi ve anesteziyoloji klinikleri, ülkelerin sağlık sistemlerinin karbon ayak izini azaltmalarına ve sağlık hizmetlerinin gelecekteki çevresel sürdürülebilirliklerini korumalarına yardımcı olmak için önemli bir role sahiptir. Dolayısıyla hasta bakımının kalitesini etkilemeden anesteziklerin çevresel etkilerini en aza indirecek seçimler yapmak önemlidir.


Bu derleme ile amacımız, mevcut literatür eşliğinde sürdürülebilir anestezi ve yeşil ameliyathane uygulamalarına yönelik biz anestezistlerin rolünü belirlemek, anestezinin çevresel etkilerini iyileştirmek ve çevre dostu ameliyathane stratejilerine geçiş için pratik öneriler sunmaktır.

Geliş tarihi/Received : 11.09.2023

Kabul tarihi/Accepted : 20.10.2023

Yayın tarihi : 27.10.2023

\*Yazışma adresi: Gözde İnan • inangozde@yahoo.com

Gözde İnan  0000-0003-0989-1914 / Zerrin Özköse Şatırlar  0000-0002-1623-1503

**Atf:** İnan G, Özköse Şatırlar Z. Anestezinin küresel ısınmaya etkisi ve sürdürülebilir anestezi gerçeği. JARSS 2023;31(4):253-266.



## SERA GAZLARI, KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ – TANIMLAR

Dünya nüfusunun 2022 yılında 8 milyara ulaştığı tahmin edilmektedir (5). Nüfustaki bu hızlı artışla beraber sanayileşme ve atıkların artması, kaynakların tüketilmesi ile iklim değişikliği görülmeye başlanmış ve dünya iklimi tarih boyunca değişmiştir. Sadece son 800.000 yıl içinde sekiz buzul çağı ve daha sıcak dönemler yaşanmış olup, yaklaşık 11.700 yıl önce son buzul çağının sona ermesi, modern iklim çağı ve insan uygarlığının başlangıcı olarak kabul edilmiştir (6).

İnsanlık tarihinde tüketim toplumundan üretim toplumuna geçişle beraber, günümüzde beşinci aşamasına geçilmiş olan endüstriyel devrimler başladı. İleri (endüstri 1.0) 1700'lü yıllarda tekstil ve metallerin seri üretimi için su ve buharın kullanıldığı mekanik süreçlerle ilgiliydi. İkincisi endüstri bağlantılı olup elektrik, petrol ve gaz kullanımının gerçekleştiği, çelik ve sentetik endüstrilerinin yeni iletişim ve ulaşım sistemleriyle kurulduğu devrimdi. Üçüncü sanayi devrimi elektronüğün kullanımı ve bilgi teknolojilerinin gelişmesiyle sağlanan otomasyon ile ilgiliydi. Dijitalleşmenin ve nesnelerin internetlerinin hâkim olduğu dördüncü endüstriyel devrimi ise 2020 yılında tanımlanan ve Toplum 5.0 olarak da adlandırılan beşinci endüstriyel devrim izledi. İlk üç sanayi devriminin aralarında yaklaşık 100 yıllık süreçler varken, son iki sanayi devriminin on yıllar içinde birbirini izlemesi dikkat çekicidir. Elbette ki tüm dünya ülkelerinin aynı devrim süreci içinde bulunmasını beklemek hiç gerçekçi olmayacaktır. Bu devrimlerle amaçlanan insan refahını maksimuma çıkarma gayesi, maalesef çevresel etkileri ile Dünya'ya ve insan yaşamına çok fazla zarar vermiş ve vermeye de devam etmektedir (7,8).

Güneş ışınları atmosferden geçerek Dünya'ya ulaşırlar, toprak ve okyanuslarda bir kısmı emilerek bir kısmı atmosfere geri yansıtılır. Bu yansıyan ışınlar atmosferde bulunan ve yaratık-

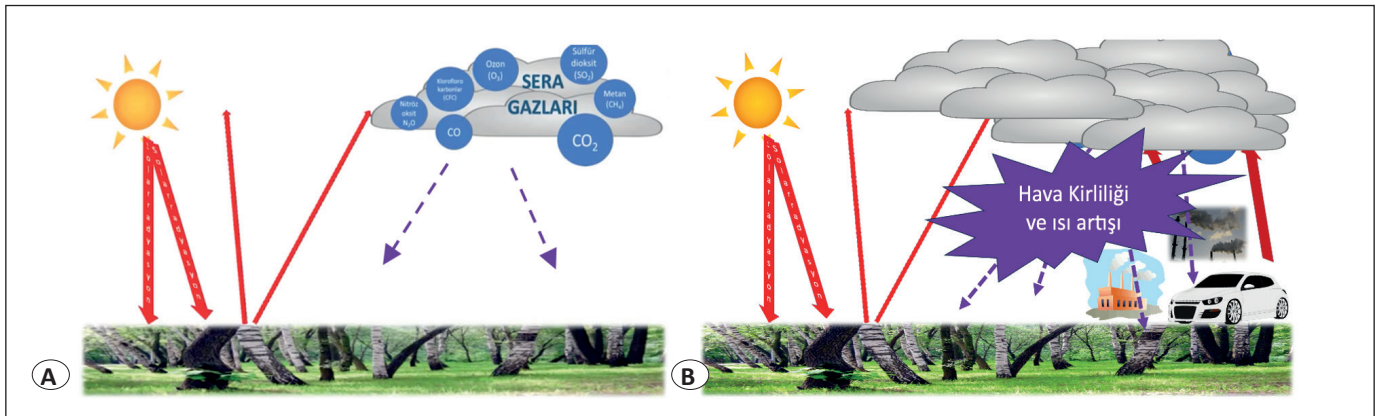
ları etkiden ötürü “Sera Gazları” olarak adlandırılan karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan, nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) ve florlu gazlar tarafından tutulur ve Dünya'nın sıcaklığı korunmuş olur. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Kılavuzu İlkeleri, SG'leri “termal kızılotesi aralıkta radyan enerjiyi emen ve yayan gaz hâlindeki atmosfer bileşenleri” olarak tanımlamaktadır (9). Sera gazları doğal olarak bulunan gazlar olmakla beraber antropojenik yani insanlardan ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan veya insanlar tarafından üretilen gazlar da olabilir. Su buharı, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, metan ve ozon Dünya atmosferindeki başlıca (doğal) SG'lerken, kloroflorokarbonlar (KFK), hidro kloroflorokarbonlar (HKFK) ve perflorlu karbonlar (PFK) tamamen insan yapımı SG'lerdir.

Karbondioksit insan faaliyetleri yoluyla salınan başlıca SG'dir. Fosil yakıtların (kömür, doğal gaz, petrol), katı atıkların, ağaçların ve diğer biyolojik materyallerin yakılmasıyla ve de bazı kimyasal reaksiyonlar sonucunda atmosfere girer (8).

Artan sanayileşme ve atıklar, SG'lerin aşırı miktarda salınarak atmosferde birikmesine, uzun dalgalı radyasyonu Dünya'ya doğru tekrar tekrar yaymalarına ve dolayısıyla küresel ısınmaya neden olur (Şekil 1) (10). Sera gazları içinde küresel ısınma üzerine en etkili olanı ise CO<sub>2</sub>'dir (11).

**Küresel ısınma**, başlıca atmosfere salınan SG'lerin yarattığı sera etkisiyle dünya üzerindeki kara, deniz ve havadaki ortalama sıcaklığın artmasıdır. Sanayileşme ile paralel olarak 1850'li yıllardan bu yana sanayi öncesi dönemden farklı olarak ortalama sıcaklık değişiminin belirgin olarak arttığı görülmektedir. Küresel ısınma nedeniyle dünya sıcaklığındaki artış ortalama 1,2°C'dir ve bu hızlı artışın 2050 yılına kadar 2°C olacağı tahmin edilmektedir (12).

Bu konuda çok duyulan **karbon ayak izi** ise, “Karbondioksit eşdeğeri (CO<sub>2</sub>e) birimi cinsinden ölçülen ve bir kişi, kuruluş veya



**Şekil 1:** Sera gazı etkisi. **A)** Güneş ışınları atmosferden geçerek Dünya'ya ulaşırlar, toprak ve okyanuslarda bir kısmı emilerek bir kısmı atmosfere geri yansıtılır. Yansıyan bu ışınlar atmosferde doğal olarak bulunan sera gazları tarafından tutularak, Dünya'nın sıcaklığının korunmasını sağlar. **B)** Sanayileşme ve artan atıklar gibi nedenlerle, SG'lerin aşırı miktarda salınarak atmosferde birikmesi, uzun dalgalı radyasyonu Dünya'ya doğru tekrar tekrar yaymalarına ve dolayısıyla küresel ısınmaya neden olur.

bir ülkenin faaliyetleri sonucu atmosfere salınan SG'lerin CO<sub>2</sub> olarak karşılığıdır" (13). **Karbondioksit eşdeğeri** ise, çeşitli SG'lerin iklim üzerindeki etkilerini standardize etmek için kullanılan bir ölçü birimidir ve bunların ortak bir birimle tanımlanmasını sağlar. Örneğin, 100 yıl boyunca metan için küresel ısınma potansiyeli 21'dir. Bu, 1 metrik ton metan emisyonunun 21 metrik ton CO<sub>2</sub> emisyonuna eşdeğer olduğu anlamına gelir. Karbon ayak izi ise bir ağırlık ölçüsüdür ve genellikle yıllık ton CO<sub>2</sub> veya CO<sub>2</sub>e ile ifade edilir. Karbon ayak izi ölçümü SG'lerin sayısallaştırılması ile sınırlı olmayıp, herhangi bir ürünün üretim aşamasından tüketimine dek uzanan ve ürünün "Yaşam döngüsü" olarak tanımlanan analizini de içerir.

**Yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD)** yani beşikten mezara analiz ile çevresel etkinin bilimsel bir ölçümü olduğu gösterilmiştir (14,15). Anestezi uygulamalarımızda da olduğu gibi, ister tek kullanımlık veya yeniden kullanılabilir laringeal maske gibi bir ürün, ister rejyonel anestezi gibi bir prosedür olsun, kullandığımız ve yaptığımız her şeyin bir ayak izi vardır. Yaşam döngüsü değerlendirmeleri, kısa vadeli etkilerin ötesinde gerçek çevresel ve finansal maliyetleri yansıtan rasyonel ürün ile uygulama seçimlerine ulaşmamızı sağlar. Ayrıca YDD, yeni gelişmekte olan bir tıbbi araştırma alanı için yapı ve yöntem sağlamakla kalmayıp uygulamalarımızın ne denli sürdürülebilir olduğu konusunda da objektif bilgi sağlar. Daha da önemlisi, su tüketimi ve toksik yan ürünlerin salınımı da dahil olmak üzere CO<sub>2</sub> emisyonlarının ötesindeki çevresel faktörler YDD ile hesaplanabilir.

**İklim değişikliği**, "çeşitli nedenlere bağlı olarak iklimin ortalama durum ve/veya değişkenliğinde onlarca yıldan daha uzun süre boyunca gerçekleşen değişiklikler" olarak tanımlanmaktadır. Küresel ısınmaya bağlı gelişen iklim değişikliklerinden kaynaklanan sorunların kapsamı; deniz seviyelerinde yükselme, hava olaylarında aşırı artış, atmosferik CO<sub>2</sub>'nin önceden görülmemiş seviyelere ulaşması, bulaşıcı hastalıkların yayılması, biyolojik çeşitliliğin kaybı ve bir bütün olarak nüfus sağlığının bozulması gibi çok büyüktür. Dünya Sağlık Örgütü 2030 yılına kadar iklim değişikliğine bağlı 250.000, sıcaklığa bağlı 38.000, diyareye bağlı 48.000, çocuk malnutrisyonuna bağlı 95.000 ve sıtmaya bağlı 60.000 ölüm beklendiğini açıklamıştır (16).

**Sürdürülebilirlik**, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetinden ödün vermeden bugünün ihtiyaçlarını karşılamaktır. Genel olarak bir şeyin sürdürülebilir olması için; sosyal, ekonomik ve çevresel faktörler denilen sürdürülebilirliğin üçlü doğasını karşılaması gerektiği kabul edilmektedir. Dolayısıyla ekolojik sürdürülebilirlik; doğal çevreyi ve sosyal eşitliği koruyan, restore eden, şimdi ve gelecekte sağlık ve refahı desteklemek için doğal kaynakları ve küresel ekosistemleri koruma sorumluluğudur (8).

Bu tanımlara aşina olmak, çeşitli sektörlerin çevre üzerindeki etkisini anlamak ve bu etkiyi azaltabilecek önlemleri belirlemek için çok önemlidir.

## GLOBAL ÇÖZÜM ARAYIŞLARI: ULUSLARARASI ANLAŞMA VE PROTOKOLLER

İklim değişikliğinin Dünya'ya yönelik en büyük tehditlerden biri olduğu giderek daha fazla kabul görmüş, küresel sağlık üzerindeki etkisini hafifletmek için uluslararası iş birliği ile konuyla ilgili zirveler düzenlenmiş ve dünya çapında çözüm aramak amacıyla bazı kararlar alınmıştır. Stockholm'de 1972'de yapılan ilk konferansta, ilk kez SG etkisi tartışılmış ve önlem alınması gerekliliği vurgulanmıştır. Brundland 1987'de, "Ortak Geleceğimiz" başlıklı raporda alınabilecek önlemler ve ilk kez sürdürülebilirlik kelimesi telaffuz edilerek literatüre kazandırılmıştır. Montreal Protokolü, bilim adamlarının Antarktika'daki ozon tabakasında bir boşluk olduğunu fark etmesinden sonra 1987 yılında imzalanmış, ozon tabakasını incelten maddelerin üretim ve tüketiminin aşamalı olarak durdurulması amaçlanmıştır. Uluslararası düzeyde SG emisyonlarının azaltılması, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi tarafından 1992'de kabul edilmiş, daha sonra 1997'de de bu sözleşme kapsamının genişletilmesi için Kyoto Protokolü imzalanmıştır (16). Kyoto Protokolü Aralık 1997'de Kyoto'da kabul edilmiş olmasına rağmen Şubat 2005'te uluslararası yasa hâline gelmiştir. Protokol, SG emisyonlarının çoğundan asıl olarak gelişmiş ülkelerin sorumlu olduğunu kabul etmiş ve ülkeler ulaşmaları gereken bireysel hedeflerini beyan etmişlerdir. Ancak ABD, ülke ekonomilerine zarar vereceği endişesiyle 2001 yılında bu anlaşmadan ayrılmış ve aynı şekilde Kanada da 2011 yılında çekilmiştir.

Paris Anlaşması (2015), Kyoto protokolünün yerini alan, yasal olarak bağlayıcı ilk küresel iklim değişikliği anlaşmasıdır (17). Küresel sıcaklıkların sanayi öncesi seviyelere kıyasla 2°C'nin üzerine çıkmasını engellemek ve bu artışı 1,5°C ile sınırlandırmak protokolün ana hedefidir. Türkiye de ilk kez bu anlaşmanın bir parçası olmuş, 2016'da "gelişmekte olan bir ülke olarak" anlaşmayı imzalamıştır. Anlaşma 2021'de TBMM'de onaylanmış olup, daha sonra Çevre ve Şehircilik Bakanlığının adı Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı olarak değiştirilmiştir.

İklim değişikliği konusundaki uluslararası en önemli karar alma organı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında düzenlenen taraflar arası konferanslardır (*Conference of Parties, COP*). Bunlardan ilki 1995 yılında Berlin'de düzenlenmiş ve 28 yıldır düzenli olarak çeşitli ülkelerin ev sahipliğinde yapılmaya devam etmektedir. En temeldeki iki tartışma başlığı; iklim değişikliğine neden olan fosil yakıt emisyonlarının azaltılması ve halihazırda gerçekleşmiş olan iklim değişikliğinin etkilerine uyum olarak sayılmaktadır. Şarm

El-Şeyh'te 2022'de düzenlenen 27.COP'a ilk kez "kayıp ve zararlar" gündemi ile iklim değişikliğinden en çok etkilenen ve yaşam alanları büyük hasara uğrayan ülkelerin kayıp ve zararlarının giderilmesi için yeni bir fonun kurulması kararı da eklenmiştir. Ülkemiz COP27 kapsamında daha önce %21 olarak ilan ettiği, 2030 yılına kadar olan artıştan azaltım hedefimizi %41'e yükseltmiş ve böylelikle 2030 yılı için yaklaşık 500 milyon ton emisyon azalımı yapacağımızı ve en geç 2038 yılında emisyonlarımızın tepe noktasına ulaşacağını, hatta 2053 yılı için emisyon hedefini net sıfır olarak açıklamıştır (18). Hâlen Türkiye CO<sub>2</sub> salınımı açısından dünyada 16. sırada yer almakta olup, küresel SG'lerin yaklaşık %1'inden sorumludur.

### SAĞLIK HİZMETLERİNİN ÇEVREYE ETKİSİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR SAĞLIK HİZMETLERİ

Zarar Vermeyen Sağlık Hizmetleri (*Healthcare Without Harm-HCWH*); sağlık sistemleri ve profesyonellerinden oluşan ve sağlık sektörünün çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için çalışan uluslararası bir sivil toplum kuruluşudur. Bu kuruluşun 2019 yılında yayınladığı "Sağlık Hizmetlerinin İklim Ayak İzi" başlıklı raporda, sağlık sektörünün bir ülke olması halinde gezegendeki en büyük beşinci emisyon kaynağı olacağı belirtilmiştir.

"Önce zarar verme" şeklindeki Hipokrat yemini hekimlik uygulamalarına rehberlik ederken, sağlık hizmetlerinin kendisi kamu sağlığını kirliletmekte ve iklim değişikliğine katkıda bulunmaktadır (19,20).

Sağlık sektörü 2018'de küresel emisyonların %4,9 ve 2019'da ise %5,2'sine katkıda bulunmuştur (21,22). Birçok analiz, gelişmiş ülkelerin ulusal sağlık sistemlerinin ülkelerinin SG emisyonlarına %3-10 oranında katkısı olduğunu doğrulamıştır (23,24). Sağlık sistemi ABD'de tüm SG emisyonlarının %8-10'unu üretmekte olup, Birleşik Krallık'ta da kamu sektörü emisyonlarının %25'inden sorumludur (20,25).

Dünya Sağlık Örgütü çevresel açıdan sürdürülebilir bir sağlık sistemini, "çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirirken sağlığı iyileştirecek, sürdürecektir veya eski hâline getirecek bir sistem" olarak tanımlamaktadır (26). Mevcut sağlık sistemleri ekolojik açıdan sürdürülebilir olmaktan uzaktır. Sera gazı emisyonları, atık üretimi, hava kirliliği, su tüketimi ve ilaç kirliliği gibi birçok olumsuz çevresel etkiden sorumludur ve sonuç olarak doğrudan ve/veya dolaylı olarak insan hastalık ve ölümlerine katkıda bulunmaktadır. Gerçekten sürdürülebilir bir sağlık sistemi, yalnızca acil sağlık hizmeti ihtiyaçlarını karşılamak ve nüfus sağlığını minimum maliyetle desteklemekle kalmayacak, aynı zamanda doğal kaynakları koruyarak ve ekolojik hasarı en aza indirerek gelecek nesillerin sağlığını da güvence altına alacaktır.

Sera gazı emisyonlarının azaltılması, sürdürülebilir sağlık hizmeti uygulamalarının temel ilkelerinden biridir. Bu nedenle,

küresel olarak sağlık hizmetleriyle ilgili karbon emisyonlarının incelenmesi ve azaltılmaya çalışılmasına yönelik önlemler giderek artmaktadır. Örneğin İngiltere'deki Ulusal Sağlık Hizmetleri, 2040 yılına kadar karbonu 'net sıfır' ulaştırmayı taahhüt etmiş ve 2021 yılında 'karbon ayak izinde' 580 kt'lik CO<sub>2</sub>e'de azalma olduğunu göstermiştir (27).

### ANESTEZİNİN KÜRESEL ISINMAYA ve ÇEVREYE ETKİSİ

Sağlık hizmetlerinin önemli bir kısmını oluşturan ameliyathaneler; enerji tüketimi, sarf malzemeler ve atık miktarı nedeniyle çevreye zararlı etkileri oldukça fazla olan bölümlerdir. Hastanelerin karbon emisyonlarının yaklaşık %5'i inhalasyon anesteziğinden kaynaklanırken, aynı zamanda bir hastanenin tüm atıklarının yaklaşık %20'si ameliyathanelerde üretilmektedir. İnhalasyon anesteziğinin yaygın kullanımı, cihazlar, tek kullanımlık plastiklerin yüksek düzeyde geri dönüştürülmemiş atığa yol açması, havalandırma ve oksijen (O<sub>2</sub>) temini için genel enerji tüketimi ile ameliyathaneler muazzam bir karbon ayak izine sahiptir (28).

Kanada, ABD ve Birleşik Krallık'taki üç farklı hastanedeki ameliyathanelerin karbon ayak izinin 1 yıl boyunca incelendiği bir çalışmada, anestezi gazları ve enerji tüketiminin SG emisyonlarının en büyük kaynağını oluşturduğu görülmüştür. Genel olarak incelenen üç ülkede cerrahinin karbon ayak izinin yılda 7-9 milyon ton olduğu, Desfluran kullanımıyla anestezi gaz emisyonlarında 10 katlık bir artış görüldüğü sonucuna varılmıştır (3).

Anesteziğin çevreye etkileri üç ana başlık altında incelenebilir:

#### 1. İnhalasyon ajanlarının sera gazı etkisi

Tıbbi gazlar; anestezi-analjezi sağlamak, ameliyatlara yardımcı olmak ve çeşitli tıbbi cihazları çalıştırmak için sağlık hizmetlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ameliyathanede sıkça kullanılan gaz ve buharlar O<sub>2</sub>, tıbbi hava, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O ve volatil anestezi ajanlarıdır.

Halojenli volatil anestezi gazları onlarca yıldır anestezi yönetiminin temel dayanağı olmuştur. Kolayca titre edilebilirler, analjezi, amnezi, hipnoz ve kas gevşemesi sağlarlar. İyi çalışılmış MAK'lar nedeniyle, volatil gaz kullanımı anestezi sağlamanın kolay ve tutarlı bir yoldur ve de öngörülebilir derlenme sürelerine izin verir. İnhalasyon ajanlarından sevofluran, int-ravenöz (iv) kanül yerleştirmenin zor olduğu veya hasta işbirliğinin sınırlı olduğu pediatrik hastalarda anesteziğin maske ile indüksiyonu için de sıklıkla kullanılır (8).

Sera gazlarının, atmosferdeki kızılötesi radyasyonu emdikleri ve hapsedtikleri için küresel ısınmaya önemli katkıda buldukları bilinen bir gerçektir. Volatil anestezi ajanları; hidroflorokarbonlar (sevofluran ve desfluran), KFK (izofluran) ve N<sub>2</sub>O güçlü SG'lerdir ve hastanelerin CO<sub>2</sub>e emisyonlarının %5'inden

sorumludurlar (29-31). Anestezide kullanımlarının ardından, vücutta minimum metabolizmaya uğrarlar ve devreden çevreye ana bileşikten neredeyse hiç değişmeden onlarca yıl kalabilecekleri atmosfere atılırlar. Küresel Isınma Potansiyeli (*Global Warming Potential*, GWP), bir gazın, verili zaman süresi içinde (Kyoto Protokolü'nde bu süre 100 yıldır) CO<sub>2</sub> etkisinin 1 birim olarak değerlendirildiğinde, atmosferde yol açtığı göreceli ısınma etkisinin değeri olarak tanımlanır. Bu, farklı SG'lerin küresel ısınma potansiyelini ölçmek için tek bir birim kullanmamızı sağlar. Karbondioksit, referans gaz olarak seçilmiştir ve tanımı gereği 1 GWP'ye sahiptir (31). Troposferde kalış süreleri de göz önüne alındığında Desfluran 2540 GWP100 ile, karşılaştırılabilir miktarda CO<sub>2</sub>'den çok daha fazla enerji emer (29,30). Tersine, izofluran, N<sub>2</sub>O ve sevofluran için GWP100 değerleri ise sırasıyla sadece 510, 289 ve 130'dur (Tablo I) (32).

**Tablo I:** Solunan Anesteziklerin Troposferik Yaşam Süresi ve 100 Yıllık Küresel Isınma Potansiyeli (31).

	Troposferik yarı ömür (yıl)	GWP 100	kgCO <sub>2</sub> e
Sevofluran	1.1	130	49
İzofluran	3.2	510	191
Desfluran	14	2540	893
Azot protoksit	114	298	5066

**GWP100:** 100 Yıllık Küresel Isınma Potansiyeli; **kgCO<sub>2</sub>e:** Kilogram biriminde karbondioksit eşdeğeri.

Anestezik gazların çevre üzerindeki etkisini göstermek için her bir anestezik gazın GWP100 değeri (1 MAK saat<sup>-1</sup> ve 1 L dk<sup>-1</sup> taze gaz akış hızında) gr cinsinden saatte yayılan CO<sub>2</sub>e'ye ve CO<sub>2</sub>e de daha sonra ortalama bir otomobilin km başına 200 g CO<sub>2</sub> yaydığı varsayılarak kat edilen mesafeye (km cinsinden) dönüştürülmüştür (31).

Sonuçta:

- Bir saatlik %2'lik sevofluran'ın 6,5 km'lik sürüşe benzer bir CO<sub>2</sub>e
- Bir saatlik %1,2 izofluran'ın 14 km'lik sürüşe benzer bir CO<sub>2</sub>e
- Bir saatlik %60 N<sub>2</sub>O'nun 95 km'lik sürüşe benzer bir CO<sub>2</sub>e
- Bir saatlik %6 desfluran'ın da 320 km'lik sürüşe benzer bir CO<sub>2</sub>e yaydığı hesaplanmıştır (Şekil 2) (32).

Desfluran en yüksek, sevofluran da en düşük GWP'ye sahiptir, çünkü birincinin atmosferik ömrü ikincinin 10 katından fazladır. Desfluranın MAK'ının sevofluranın üç katı olduğu göz önüne alındığında, GWP'deki farkla birlikte desfluran MAK-saatlik kullanım başına sevoflurandan yaklaşık 60 kat daha fazla ısıtıcıdır. Desfluran ve sevofluran, izofluranla karşılaştırıldığında

Cl<sup>-1</sup> atomu içermediklerinden ozon tabakasını inceltme özelliğine sahip değildir. Troposferik yaşam süresi kısa olduğundan izofluranın ozon tabakasının incelmeye üzerindeki etkisi de ihmal edilebilir düzeydedir. Nisan 2022'de Avrupa Birliği Komisyonu, 1 Ocak 2026'dan itibaren tüm Avrupa'da desfluran kullanımının yasaklanması tavsiyesi de dahil olmak üzere, florlu SG'lerin düzenlenmesi hakkında bir güncelleme önerdi. Bu komisyon kararına göre, en yüksek 100 yıllık küresel ısınma potansiyeline sahip desfluranın 2026'dan itibaren yalnızca açık bir tıbbi endikasyonunun görülmesi, belgelenmesi ve "yetkili mercilerden izin alınarak" kullanılması gerektiği kararı alınmıştır (33).

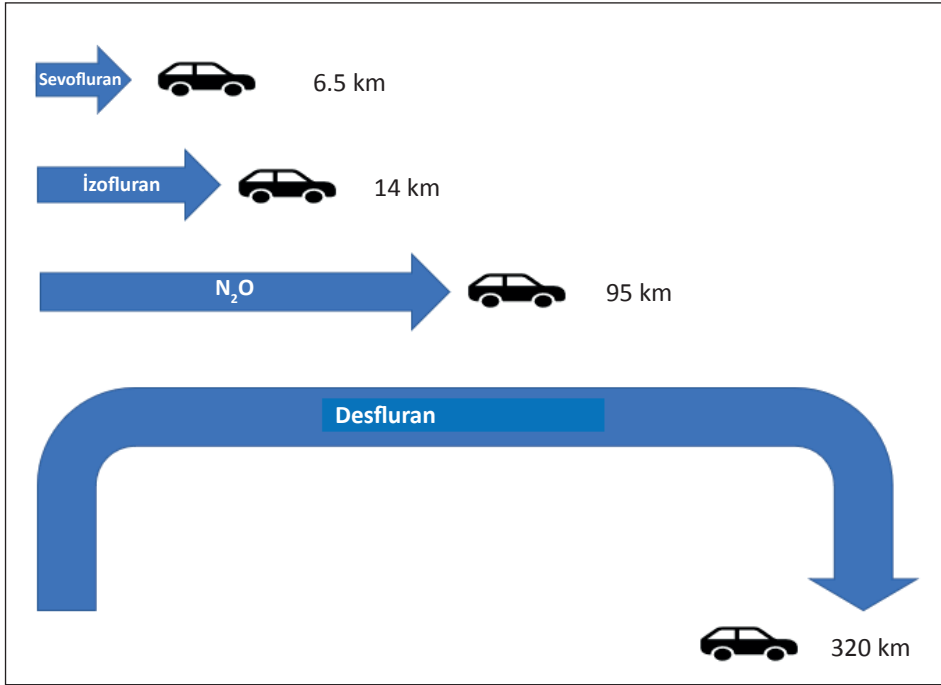
Azot protoksit SG etkisinin (GWP100=298) yanı sıra, ozon tabakasının incelmeye de sorumludur ve 114 yıllık atmosferik ömrü ile bu çok önemli bir etkidir. Küresel ısınma potansiyeli, diğer inhalasyon anestezik ajanlarıyla birlikte kullanıldığında ise abartılıdır.

## 2. Tıbbi atıklar

Sağlık hizmetlerine bağlı atıklar diğer türlere kıyasla daha fazla enfeksiyon ve yaralanma riski taşıdıkları ve ekosistem açısından büyük bir risk oluşturduklarından, bu atıkların toplanması kritiktir. Bilimsel literatür evlerde üretilen atıklarla karşılaştırıldığında, hastanelerdeki atıkların %75-90'ının daha riskli olduğunu göstermektedir. Sağlık alanındaki birçok ekolojik endişe, atık üretimi ve boşaltım yöntemleriyle doğrudan bağlantılıdır. Dünya nüfusundaki artış, artan yaşam süresi ve küresel kriz, daha fazla atık üretimine neden olarak yönetimi zorlaştırmaktadır (34). Dünya Sağlık Örgütü tarafından bildirilen sağlık hizmeti atıklarıyla ilgili en yaygın sorunlar; tehlikelerin farkında olunmaması, uygun atık yönetimi konusunda yetersiz eğitim, atık sistemlerinin eksikliği, yetersiz ekonomik ve insan kaynakları ile konuya yeterince önem verilmemesidir (35).

Etkili bir atık yönetimi programı geliştirmek ve uygulamak çok önemlidir. Her hastanenin kendine ve atık taşıyıcısına uygun bir sistem oluşturması gerekse de, tıbbi atıklar en az 5 kategoriye ayrılmalıdır: biyolojik atıklar, kesici-delici aletler, ilaçlar, radyoaktif maddeler ve evsel genel atıklar (36). Ameliyathanedeki atıklarla ilgili en büyük sorunlardan biri, atıkların genellikle yanlış kutulara atılmasıdır; bu da maliyet artışına ve çevre üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir. Ameliyathane-den çıkan atıklar güvenli hâle getirilmek üzere yüksek enerjili işlemlerden geçirilir bu da tıbbi plastiklerin çevre üzerinde daha olumsuz bir etki yaratmasına neden olur.

Atıkların geri dönüştürülmesini zorlaştıran bazı sorunlar söz konusudur. Hastanelerden çıkan tıbbi atıklar, kan veya diğer potansiyel bulaşıcı maddeler içerdiğinden hastane atıklarının toplanması, ayrıştırılması ve geri dönüştürülmesiyle ilgili endişeler söz konusu olabilir. Öyle ki, kontaminasyon korkusu



**Şekil 2:** Sürülen km cinsinden yaygın anestetik gazların 1 MAK-saat için CO<sub>2</sub>'e'nin görsel haritası. Bir mesafeyi kat etmenin CO<sub>2</sub>'e (km cinsinden), bir otomobilin km başına 200 g CO<sub>2</sub> yaydığı varsayılarak hesaplanır (32). **MAK-saat:** 1 Minimum alveolar konsantrasyon-saat.

tüm geri dönüşüm yükünün reddedilmesine bile neden olabilir. Benzer şekilde, artık ilaçlar da tehlikeli atık olarak ele alınmalıdır. Şu andaki geri dönüşüm teknolojisi tehlikeli maddeleri geri dönüştürülebilir maddelerden ayıramamaktadır (37).

Ayrıca çevre dostu yaklaşımlar, atık geri dönüşüm ünitelerinin inşası ve geri dönüştürülebilir maddelerin toplanması, taşınması, ayrıştırılması, temizlenmesi ve işlenmesi gibi yüksek maliyetleri gerektirmektedir. Yeni geri dönüşüm protokollerinin oluşturulması ve yürütülmesi de ek maliyetler ortaya çıkarmaktadır. Bunun için ilk aşamada personel eğitimi, ardından planlama, uygulama, denetim ve nihayetinde tüm hastane personelinin yeniden eğitilmesi gerekir.

Anestezi sırasında kullanılan iv ilaç atıkları da hem doğrudan hem de enjektör, infüzyon seti vb. gibi sarf malzemelerin atılmasıyla dolaylı olarak çevre kirliliğine yol açar (38).

Propofol anestezi uygulamalarında hacim olarak en çok israf edilen ilaç olup, acil durum ilaçları (atropin, epinefrin, efedrin, fenilefrin, vb) ise en yüksek atık fraksiyonlarına (kullanılmayan ve atılması gereken açılmış ilaç yüzdesi) sahiptir (24).

Bununla birlikte, bir ilaç ve metabolitlerinin üretiminden ve su kaynaklarına atılmasından kaynaklanan su kirliliği ve diğer çevresel etkiler konusundaki kanıtlar hâlâ belirsizdir. Kullanılmayan iv ilaçların doğrudan veya dolaylı atılması sonucunda kanalizasyon sistemlerinden sızarak içme suyuna karışabileceği düşünülmektedir. Stockholm İl Konseyi 2003'te su, hava ve topraktaki ilaç kalıntılarını azaltmak amacıyla ilaçların çevresel risk sınıflandırma veri tabanını oluşturmuştur. Buna göre ilaçların çevresel etkileri kalıcılık-biyoyarlılık-toksisite (persisten-

ce-bioavailability-toxicity; PBT) indeksine göre belirlenmiştir. Bu indeks 0-9 arası rakamlarla belirtilir ve propofol 9 olan PBT değeri ile çevreyi kötü etkileyen iv anestetik ilaçların başında gelmektedir (Tablo II) (39). Her ne kadar yüksek PBT değerine sahip olsa da, atık sularda bulunan propofol miktarının sucul canlılara zararı gösterilememişse de, kalan artık propofollerin özel bir işlemlerle yakılarak yok edilmesi önerilmiştir (40).

### 3. Enerji kullanımında artış

Sağlık hizmetlerinin karbon ayak izinin yarısından fazlası enerji kullanımından kaynaklanmakta olup, bir hastanenin en yoğun enerji tüketen bölümü ameliyathanelerdir. Ameliyathaneler, hastanenin geneline kıyasla m<sup>2</sup> başına 3-6 kat daha fazla enerji kullanmaktadır. Bu büyük ölçüde, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin kullanımından ve ameliyathanelerin genellikle haftanın 7 günü, günün 24 saati tam kapasiteyle açık bırakılmasından kaynaklanmaktadır.

## ANESTEZİ UYGULAMALARINDA FARK YARATACAK BASİT YEŞİL DEĞİŞİKLİKLER

### Güncel Kılavuzlar

Amerikan Anestezistler Derneği'nin (ASA) Etik Komitesi, Anesteziyoloji Etik Uygulama Kılavuzunda anestezistlerin etik sorumluluk alanlarını hastalara, meslektaşlarına, kendilerine, çalıştıkları sağlık tesislerine, topluma ve çevreye karşı olarak alt başlıklarda belirlemiştir (38,39,41).

Birçok uluslararası anesteziyoloji grubu da anestezinin çevresel etkilerini azaltmaya yönelik öneri ve stratejiler sunmuştur (39,42-44).

**Tablo II:** Anestezik İlaçların Kalıcılık-Biyoyararlılık-Toksosite İndeksi (38).

İlaç	PBT indeksi
Propofol	9
Ondansetron	6
Labetolol	6
Buprenorfin	6
Midazolam	5
Bupivakain	5
Fentanil	4
Metoprolol	4
Ketorolak	4
Mepivakain	4
Remifentanil	4
Ropivakain	4
Sugammadex	4
Lidokain	3
Atrakuryum	2

**PBT:** Persistence-bioavailability-toxicity (Kalıcılık-biyoyararlılık-toksosite).

En güncellerinden, Dünya Anestezistler Dernekleri Federasyonu, sürdürülebilirlik konusuna ilgi duyan 45 anestezistten oluşan bir çalışma grubunu bir araya getirmiş ve dünya çapında ulaşılabildiği kadar, sürdürülebilir anestezi ilkeleri oluşturmuşlardır. Çalışma Grubu aşağıdaki üç önemli temel ifade üzerinde anlaşmaya varmıştır:

- Sürdürülebilir anestezi uygulamaları ile hasta güvenliği tehlikeye atılmamalıdır.
- Yüksek, orta ve düşük gelir düzeyli ülkeler, sürdürülebilir sağlık hizmeti (anestezi dahil) sunma konusunda birbirlerini uygun şekilde desteklemelidir.
- Sağlık sistemlerinin küresel ısınmaya katkılarını azaltmak için zorunlu kılınmalıdır.

Çevresel açıdan sürdürülebilir uygulamalara geçişte anestezistlere rehberlik edecek yedi temel ilke belirlenmiştir (Tablo III). Bu değişikliklerin minimum maddi kaynak ve finansal yatırımla gerçekleştirilebileceği ve daha iyi kanıtlar yayınlandıkça yeniden güncellenebileceği sonucuna varılmıştır (45).

**Tablo III:** Dünya Anesteziyoloji Dernekleri Federasyonunun Yayınladığı Küresel Uzlaşma Bildirisindeki Çevresel Açısından Sürdürülebilir Anestezi İlkeleri (45).

#### Anestezistlerin Yapması Gerekenler

- Klinik uygulamaların çevresel etkilerini en aza indirmek
- Klinik olarak güvenli olduğunda çevresel olarak tercih edilebilir ilaçlar ve ekipmanlar kullanmak
- İlaç, ekipman, enerji ve suyun aşırı kullanımını/atığını en aza indirmek
- Çevresel sürdürülebilirlik ilkelerini resmi anestezi eğitimine dahil etmek
- Çevresel sürdürülebilirlik ilkelerini anestezi araştırma ve kalite geliştirme programlarına dahil etmek
- Kendi sağlık kuruluşlarında çevresel sürdürülebilirlik faaliyetlerine liderlik etmek
- Çevresel sürdürülebilirliği geliştirmek için endüstri ile iş birliği yapmak

rimla gerçekleştirilebileceği ve daha iyi kanıtlar yayınlandıkça yeniden güncellenebileceği sonucuna varılmıştır (45).

Daha yakın zamanda ise, acil eyleme geçmenin önemini fark eden Avrupa Anesteziyoloji ve Yoğun Bakım Derneği (ESAIC) tarafından Avrupa'daki anestezi ve yoğun bakımlarda daha fazla çevresel sürdürülebilirliğe ulaşma amacına odaklanarak, sürdürülebilir sağlık hizmetlerinde neyin mümkün ve başarılabılır hedefler olduğuna dair ortak bir görüşü sunmak için Glasgow deklarasyonu yayınlanmıştır (46). Hasta güvenliği için halihazırda mevcut olan Helsinki Deklarasyonu üzerine inşa edilen bu bildirin, tüm Avrupa ülkelerinin sağlık planlarını oluşturmaları için bir kılavuz olması amaçlanmaktadır. Anesteziyoloji ve Yoğun Bakımda Sürdürülebilirlik Deklarasyonu, ilaç kullanımı, enerji kullanımı, tedarik zinciri ve atıklar gibi temel alanlara odaklanmaktadır (Tablo IV).

#### Temel Öneriler (Tablo V)

##### Öneri 1: Tıbbi gazların çevresel etkilerini azalt

Anestezik gazların çevresel etkilerini azaltmak için tek tek veya birlikte kullanılacak çeşitli seçenekler vardır (47).

Temel stratejiler:

1. Kıyaslama, program izleme ve değerlendirme için gaz kullanımının ölçülmesi

Anestezik gaz kullanımının ölçülmesi, kıyaslamaların yanı sıra devam eden program izleme ve değerlendirme için önemlidir. Anestezik gazların çevresel etkisinin önemli bir ölçüsü, genellikle "karbon ayak izi" olarak adlandırılan 20 yıllık CO<sub>2</sub>e'dir. Karbondioksit eşdeğeri, gazın GWP'si ile gaz kütlesinin çarpılmasıyla hesaplanabilir.

Anestezik gazlardan kaynaklanan emisyonların, farklı coğrafi bölgelerden ve sağlık sistemlerinden üç hastanede karşılaştırıldığı bir çalışmada, Amerika ve Kanada hastanelerinde genel karbon ayak izinin çoğunu desfluran oluşturmaktayken, bu oran Birleşik Krallık'taki anestezik gaz emisyonlarından 10 kat daha yüksek bulunmuştur. Bu bulgu, desfluranın Kuzey Amerika hastanelerinde en çok tercih edilen volatil anestetik ajan olmasına rağmen yüksek maliyeti nedeniyle İngiltere'de daha az tercih edilmesine bağlanmıştır (3).

**Tablo IV:** Anesteziyoloji ve Yoğun Bakımda Çevresel Sürdürülebilirliği İyileştirmek için Glasgow Deklarasyonunda Öncelik Verilen Konular (46).

<b>Enerji kullanımı</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin optimizasyonu</li> <li>• Aydınlatma</li> <li>• Elektrikli ekipman</li> <li>• Sürdürülebilir enerji üretimi</li> <li>• Enerji kaybının önlenmesi</li> </ul>
<b>İlaç kullanımı</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İlaç seçimi</li> <li>• İlaç israfının azaltılması</li> <li>• Düşük akımlı anestezi</li> <li>• Florlu gazların ve nitroz oksit kullanımının sınırlandırılması</li> </ul>
<b>Süreçlerde ve atıklarda döngüsellik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Süreçlerde döngüsellik</li> <li>• Tıbbi cihazlar</li> <li>• İlaç atık yönetimi</li> <li>• Atık su yönetimi</li> <li>• Yeniden kullanılabilir ürünler</li> <li>• Geri dönüşüm</li> </ul>

**Tablo V:** Ameliyathanede Atıkların Azaltılmasına ve “Yeşil Ameliyathane” Sağlanmasına İlişkin Temel İlke ve Öneriler (8, 24, 28, 38, 67-70)

<b>Azalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enerji ve su kullanımının azaltılması Kullanılmadığında ışık ve ekipmanların kapatılması, LED cerrahi lambaların tercih edilmesi</li> <li>• Ameliyathanenin gereksiz kullanımının azaltılması</li> <li>• Uygun atık ayrışımı yapılması</li> <li>• Ürünlerdeki gereksiz ambalajların kaldırılması ve gereksiz yere açılan malzemelerin en aza indirilmesi</li> <li>• İntravenöz ilaç atıklarının azaltılması Acil durum ilaçları için önceden doldurulmuş enjektörlerin kullanılması Her bir hasta için uygun boyutta ampuller kullanılması Kullanılmayan ilaçların uygun şekilde imhası ve kanalizasyona atılmasından kaçınılması</li> <li>• Stok seviyelerini yöneterek son kullanma tarihi geçmiş ürünlerin en aza indirilmesi</li> <li>• Volatil ajanların atmosferik atıklarının azaltılması Düşük TGA kullanılması Desfluran ve nitroz oksit kullanılmaması İntravenöz ve rejyonel tekniklerin düşünülmesi Anestezi makinesi için gaz atık yakalama (sadece volatiller için) veya gaz atık yok etme (nitroz oksit dahil tüm volatil anestezi) teknolojisine yatırım yapılması Entübasyon sırasında TGA'nın kapatılması</li> </ul>
<b>Yeniden kullan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tek kullanımlık malzemelerin yeniden kullanılabilir malzemelerle değiştirilmesi Cerrahi örtüler, önlükler, ameliyathane destek yastıkları, aspirasyon tüpleri vb.</li> </ul>
<b>Geri dönüştür</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atıkların türlerine göre ayrılması (farmasötik, katı, biyolojik tehlike, vb.)</li> <li>• Plastik ve kağıt atıkların dönüştürülmesi</li> <li>• Bozuk tıbbi cihazların tamir edilmesi</li> <li>• Pillerin dönüştürülmesi</li> </ul>
<b>Yeniden düşün</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anestezi tekniği ve anestezi gaz atık sistemlerinin bir kez daha düşünülmesi</li> </ul>
<b>Araştırma yap ve yenilenebilir enerjileri kullan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Malzemelerin YDD'lerinin yapılması, teknolojilerin maliyet karşılaştırması ve “yeşil” cihazların geliştirilmesi</li> <li>• Doğal olarak yenilenebilir ve küçük zaman dilimlerinde tükenmeyen enerji kaynağı kullanılması Güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve biyoenerji vb.</li> </ul>



## 2. Çevresel etkileri daha düşük olan anestezi gazlarının seçilmesi

Desfluran veya N<sub>2</sub>O gibi yüksek GWP20 değerlere sahip gazlar yerine sevofluran gibi daha düşük değerlere sahip gazların seçilmesi, anestezi gazlarının çevresel etkilerinin azaltılmasında önemli bir adımdır ve genellikle büyük ölçüde maliyet tasarrufu sağlar.

Kanada'da denendiği gibi anestezi gazlara karbon fiyatlandırması uygulanması, dünyanın dört bir yanındaki ameliyathanelerin karbon ayak izini daha da azaltmak için etkili bir strateji olabilir. Bu çalışmada, sevofluran kullanımında gözlenen artış, desfluran kullanıcılarının diğer stratejileri (total intravenöz anestezi, rejyonal anestezi) kullanmak yerine sevoflurana geçtiğini ve bunun da karbon ayak izini azaltmış olabileceğini düşündürmektedir (48).

## 3. Uygun bir taşıyıcı gaz seçimi

Halojenli anestezi gazlar, genellikle O<sub>2</sub> ve hava veya N<sub>2</sub>O karışımı olan bir taşıyıcı gaz gerektirir. Taşıyıcı gaz olarak kullanıldığında, N<sub>2</sub>O (GWP20 değeri 289'dur), hava/ O<sub>2</sub> karışımı kullanımına kıyasla sevofluranın çevresel etkisini artırır. Tersine, desfluranın çevresel etkisi N<sub>2</sub>O ve O<sub>2</sub> karışımı içinde taşındığında daha düşüktür. Bununla birlikte, 100 yıllık bir zaman boyunca gözlemlendiğinde, desflurandaki N<sub>2</sub>O ile uygulanmasına bağlı iyileşme etkisi ortadan kalkmakta ve CO<sub>2</sub>e değerleri eşitlenmektedir (31). Sonuçta, tercih edilmesi için klinik bir neden olmadıkça taşıyıcı gaz olarak N<sub>2</sub>O'dan kaçınılmalıdır.

Yüksek oranda enerjiye bağlı bir süreç olan tıbbi O<sub>2</sub> üretimi, atmosferik havanın sıvıya sıkıştırılması ve ardından fraksiyonel damıtma ile gerçekleştirilir. Karbondioksit eşdeğeri, elektrik enerji kaynağına bağlıdır ve kabul edilen değer 0,001 kWh enerji L<sup>-1</sup>'dir. Tıbbi havanın CO<sub>2</sub> eşdeğeri, O<sub>2</sub> için olandan daha küçüktür. Bu nedenle ventilatör için de sürücü gaz olarak O<sub>2</sub> yerine tıbbi hava kullanmak çevresel bir avantaj olacaktır.

## 4. Anestezi tekniğinin yönetilmesi

Yanlış anestezi teknikleri, istenmeyen anestezi gaz salınımının bir kaynağıdır; bu nedenle bu olası durumların iyileştirilmesi, emisyonların azaltılmasına yardımcı olabilir.

- En düşük taze gaz akışının (TGA) seçilmesi, anestezi gaz emisyonlarının azaltılmasında önemli bir husustur. Özellikle desfluran kullanılırken gereksiz yüksek TGA oranlarından kaçınılmalıdır. Ancak, yüksek TGA oranlarını neyin oluşturduğunun tanımlanması gerekmektedir. Optimum (çevresel etkisi en düşük) TGA oranı belirlenmemiştir (elbette bir vakanın başlangıcında daha yüksek gaz akış hızları gerekli olabilir ve optimum TGA oranı vakanın bu ilk zaman dilimine bağlı değildir). Mümkün olan en düşük TGA'nın çevre için en iyisi olacağı görülmektedir, çünkü anestezi kullanımını en aza indirecektir.

Ancak, çok düşük akış hızlarında daha fazla CO<sub>2</sub> absorbanı kullanıldığından (bu da ameliyathane atıklarına katkıda bulunur), anestezi ve absorban kullanımıyla ilişkili enerji maliyetleri arasındaki çevresel ilişkinin araştırılması gerekecektir. Sodyum hidroksit içeren absorbanların özel olarak atılmaları gerekir çünkü bunlar çok alkalidir ve absorban atık kapları genellikle tek kullanımlık plastik malzemeden yapılır. Çeşitli TGA oranlarının çevresel etkilerini doğru bir şekilde değerlendirmek için, kullanılan absorban miktarı, atık, nakliye ve atık depolama maliyetlerinin CO<sub>2</sub>e'ler ile incelenmesi gerekecektir. Şimdilik, belirli anestezi makinesi özellikleri daha yüksek akışlar gerektirmedikçe, TGA'nın sevofluran ile 2 L dk<sup>-1</sup>'ya (Federal İlaç İdaresi (FDA), sevofluranın geleneksel CO<sub>2</sub> absorbanları NaCl ve KCl ile etkileşimi sonucu ortaya çıkan Bileşik A'nın potansiyel nefrotoksik miktarlarının üretimini önlemek için sevofluran ile en fazla 2 L dk<sup>-1</sup> 'lık TGA önermektedir) ve desfluran ve izofluran ile 0,5 ila 1 L dk<sup>-1</sup>'ya düşürülmesi ideal TGA oranlarının en iyi yaklaşımı gibi görünmektedir (31,38,49,50). Kalsiyum hidroksit gibi yeni CO<sub>2</sub> absorbanları, sevofluranın 2 L dk<sup>-1</sup> TGA'larda uzun süreli kullanımının daha iyi kabul görmesini sağlayarak sevofluran ve desfluran arasındaki farkı daha da açabilir. Sonuçta, TGA'nın 2 L dk<sup>-1</sup> yerine 0,5-1 L dk<sup>-1</sup> gibi daha düşük bir seviyede tutulması anestezi gazlarının aşırı salınımını azaltır.

Diğer istenmeyen anestezi gaz salınımı önleme önerileri aşağıda sıralanmıştır:

- Anestezi makinesinin buharlaştırıcısının yeniden doldurulması sırasında dökülmenin önlenmesi
- Mümkün olduğunda kafalı endotrakeal tüplerin kullanılması
- Herhangi bir sızıntının önlenmesi/yakalanması için anestezi devresi ve makinelere sürekli kontrollerinin ve bakımının yapılması

## 5. Uygun anestezi atık ve geri dönüşüm teknolojisinin kullanılması

İnhalasyon anestezi gazlarının çevresel etkilerinin ve maliyetlerinin azaltılması alanındaki gerçek inovasyon, günümüzde anestezi gazlarının atmosfere salınmasını önleyen ve yeniden kullanım için gaz yakalamaya izin veren sistemlerin geliştirilmesidir (51,52).

Atık anestezi gazlar (AAG) ameliyathanelerden rutin olarak doğrudan atmosfere atılan çevresel kirleticilerdir. Atık anestezi gazlar ayrıca radyoloji, kardiyoloji ve gastroenteroloji gibi ameliyathane dışı yerlerde ve hatta sevofluranın sedasyon için kullanıldığı yoğun bakım ünitelerinde de anestezi sırasında üretilir. Atık anestezi gaz yönetiminde ilk adım, TGA'yı azaltarak üretimini durdurmaaktır. Diğer adımlar arasında entübasyon sırasında TGA'nın kapatılması sırasında vaporizatörün

değil; kaçakları önlemek için endotrakeal tüpün ve laringeal maske kaflarının uygun şekilde şişirilmesi; sızıntıları önlemek için anestezi makinesi ve valflerin bakımının uygun şekilde yapılması; vaporizatör ve N<sub>2</sub>O kapatılmadığı sürece derlenme için yüksek TGA'ların kullanılmaması yer almaktadır (38,53).

Atık anestezi gazlarının yakalandıktan sonra, yeniden kullanılmak üzere imha edilmesi veya işlenmesi atmosfere salınımlarını azaltır (54). Atık anestezi gazlarının %99'una kadarını yakalamak için sekestrasyon sistemleri geliştirilmiştir. Deltasorb (Blue Zone Technologies, Ltd, Toronto, ON, Kanada), bal peteği şeklindeki silika zeolit kristallerini kullanan ve potansiyel olarak geri kazanım, geri dönüşüm ve yeniden kullanım için inhalasyon anestezi gazlarını yakalayan bir kanister sistemidir, 2019'un başlarından bu yana ticari olarak mevcut tek çözümdü (52). Şu anda birçok Kanada hastanesinde kullanılmasına rağmen, henüz emekleme aşamasındadır ve FDA, kurtarılan volatil anestezi gazlarının yeniden satışını/kullanımını henüz onaylamamıştır.

#### 6. Kaynak yönetimde akıllıca seçim yapılması

Anestezi gazlarının çevresel etkisini azaltmaya yönelik bir diğer strateji de gereksiz ameliyatları azaltmaktır. Örneğin, 2017 tarihli klinik kılavuzlar osteoartritli hastalar için artroskopik cerrahi kullanımından vazgeçilmesini önermiştir (55). Bu tür gereksiz ameliyatların ve dolayısıyla da anestezi kullanımının azaltılması, çevresel faydaların yanı sıra sağlık sistemi için önemli maliyet tasarrufları sağlamaktadır.

Gerekli prosedürler söz konusu olduğunda, bir başka yaklaşım da anestezi gazlarının kullanımını azaltmak için mümkün olan yerlerde hasta güvenliğinden ödün vermeden, "hedefe yönelik anestezi" yönetimini benimseyerek, daha fazla rejyonel ve lokal anestezi kullanmaktır.

Inhalasyon anestezi gazlarının güçlü bir SG kaynağı olduğuna dair artan farkındalık göz önüne alındığında, rejyonel anestezi daha sürdürülebilir bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Yayımlanan son veriler, daha az karbon ayak izini göstermektedir. Birleşik Krallık'ta doğum analjezi teknikleri üzerine yapılan bir çalışma, epidural analjezinin 4 saatlik bir doğumda aralıklı olarak N<sub>2</sub>O solunmasına kıyasla 200 kat daha düşük karbon emisyonu ürettiğini göstermiştir (56).

Rejyonel anestezi daha az ilaç ve malzemenin kullanıldığı nispeten daha basit bir yöntem olduğundan, uygun operasyonlarda, savaş hastaneleri veya düşük ve orta gelirli ülkeler gibi kaynak sıkıntısı çekilen ortamlarda özellikle tercih edilmektedir (28). Rejyonel anestezinin başka çevresel faydaları da olabilir. Ayakta tedavi gören kalça ve diz artroplastisi hastaları üzerinde yapılan çok merkezli bir retrospektif kohort çalışması, spinal anestezi ile ameliyat olan hastaların genel anestezi ile ameliyat olanlara kıyasla aynı gün başarılı bir şekilde taburcu olma oranlarının daha yüksek olduğunu göstermiştir (57).

Bununla birlikte, rejyonel anestezi endikasyonu varsa anestezi uzmanları ve cerrahlar karbon ayak izlerini en aza indirecek teknikler konusunda dikkatli olmalıdır. Bir spinal anestezi sonrasında karbon ayak izinin %18'inin, genel anestezi grubuna (0,5-3 L dk<sup>-1</sup>) kıyasla önemli ölçüde ve atipik olarak daha yüksek akışlarda (6-10 L dk<sup>-1</sup>) kullanılan O<sub>2</sub> uygulamasından kaynaklandığını gösteren çalışma vardır. Yazarlar ayrıca blok uygulamaları sırasında giyilen yeşil önlüklerin sayıca çokluğu ve yeniden kullanımı için *resteril* edilmeleri nedeniyle maliyetin daha yüksek olduğuna da dikkat çekmektedirler (57). Bu nedenle, anestezi uzmanları blok kitlerindeki atıkları azaltabilir, tek kullanımlık ekipman yerine yeniden kullanılabilir ekipman tercih edebilir, ek O<sub>2</sub> uygulamasını klinik olarak uygun en düşük akış hızlarına indirebilir ve gereksiz ilaç/ekipman açmaktan kaçınabilirler. Anestezi uzmanları bu çabaları birleştirerek, SG emisyonlarını ve atıkları azaltmak için uygun vakalarda rejyonel anestezi uygulayabilirler.

#### Öneri 2: TİVA tercih et, ancak iv ajanların da çevresel etkilerini göz önüne al

Inhalasyon anestezi gazlarının SG'ler üzerindeki etkilerine ilişkin çok sayıda veri dikkate alındığında akıllı olan total intravenöz anesteziye (TİVA) geçmek gibi görünmektedir. Lokal, rejyonel ve iv anestezi ajanları, yaşam döngüsü bazında (kaynak çıkarma, üretim, paketlenme, dağıtım, kullanım/yeniden kullanım ve atılım) inhalasyon anesteziye göre önemli ölçüde daha az SG emisyonu ile ilişkilidir (28). Desfluran ve N<sub>2</sub>O ile karşılaştırıldığında fark çok büyüktür. Propofol ile ilgili fiziksel atıklar, enjektörler, iv kanüller ve infüzyon pompalarının enerji tüketimleri dikkate alındığında bile desflurana kıyasla dört kat daha az SG emisyonu bildirilmiştir (10,58).

Çok kullanımlık ilaç formlarıyla ilgili enfeksiyon endişeleri göz önüne alındığında, önceden doldurulmuş ilaç enjektörlerinin kullanılması ve uygun olan en küçük flakon/ampullerin seçilmesi israfı azaltabilir. Mümkün olduğunda inhalasyon ajanlarından kaçınarak, iv ve/veya rejyonel tekniklere geçmek çevre kirliliğini azaltabilir, ancak bir anestezi planlanırken hastanın çıkarları her şeyden önemli olmaya devam etmelidir.

#### Öneri 3: Ameliyathanelerde enerji kullanımı ve su tüketimini azalt

Aydınlatma ve ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri için düzenlenen geri ayarlama programları, ameliyathanelerin çevresel sürdürülebilirliğini artırmanın etkili yollarıdır. "Geri ayarlama", ameliyathane kullanılmadığında ışıklar da dahil olmak üzere tüm elektrikli ekipmanların kapatılması veya tüketimlerinin en aza indirilmesinden oluşur. Örneğin MacNeill ve ark., kullanılmayan ameliyathanelerdeki ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin geceleri ve hafta sonları kapatılmasıyla enerji tüketiminin yarı yarıya azaldığını tespit etmişlerdir (3).

Cleveland Klinik, ameliyathaneler kullanılmadığında hava değişimlerini saatte 20 defadan 6 defaya indirmeyi başarmış ve yılda 2 milyon dolar tasarruf sağlamıştır (59). Ayrıca ameliyathanelerde geleneksel ışıklardansa LED ışık kullanımına geçilmesi tavsiye edilmektedir; çünkü bunlar %49 daha az enerji kullanır, geri dönüştürülebilirler, daha uzun ömürlü ve daha uygun maliyetlidirler. Bu müdahalelerin gereksiz enerjiyi azalttığı ve para tasarrufu sağladığı gösterilmiş olsa da tesis düzeyinde fiziksel değişiklikler ve ön maliyetler gerektirebileceklerinden uygulanmaları zor olabilir (36).

Hem cerrahların kullandığı hem de ameliyatlarda tüketilen su miktarı oldukça fazladır. Suyun dünyamız için ne kadar önemli bir kaynak olduğu düşünüldüğünde ameliyathanede tüketilen su miktarının azaltılması çevresel sürdürülebilirlik için mutlak gereklilik olmaktadır. Son kanıtlar geleneksel el fırçalama ile hazırlığın gerekli olmayabileceğini ve bu sayede su tüketiminde tasarrufun mümkün olabileceğini vurgulamaktadır. Bir kurum, alkol bazlı ajanların kullanıldığı 15.000 prosedürde 900 L'den fazla su tasarruf edilebileceğini göstermiştir (60). Susuz el fırçalama için, klorheksidin ve povidon-iyot fırçalamanın antiseptik etkinliklerini karşılaştıran 11 randomize kontrollü çalışmanın meta-analizinde (5135 hasta), koloni oluşturan birim sayıları veya cerrahi alan enfeksiyonu oranları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (61). Susuz el fırçalama ile geleneksel el fırçasıyla ovarak yapılan el temizliğinin maliyet analizi karşılaştırıldığında, 3600 pediatrik ürolojik operasyonda cerrahi alan enfeksiyonu oranlarında fark bulunmamıştır. Susuz el fırçalama aynı zamanda daha zaman-verimli (standart fırçalama için 6 dakikaya karşılık 2 dakika) ve daha ucuz bulunmuştur (62).

#### Öneri 4: Ameliyathane atıklarını azalt

Ameliyathanede atıkların azaltılması temel beş ilkeye dayanmaktadır (Şekil 3) (63,64):

- Azalt
- Yeniden kullan
- Geri dönüştür
- Yeniden düşün
- Araştırma yap ve yenilenebilir enerjileri kullan.



Şekil 3: Türk Anesteziyoloji ve Reanimasyon Derneği 52. Ulusal Kongresinde Kullanılan Sürdürülebilir Anestezi Logosu.

Yeniden kullanım veya tek sefer kullanım hâlen tartışmalı bir konu olarak güncelliğini korumaktadır (37). Yeşil ameliyathaneye geçiş sistemi, tek kullanımlık ürünler yerine yeniden kullanılabilir ürünleri tercih etmeye teşvik etmekle birlikte tek kullanımlık ürünlerin de bazı avantajları bulunmaktadır. Tek kullanımlık ürünler, sterilite ve enfeksiyon ile ilgili endişeleri azaltırken kullanım kolaylığı da sağlayabilir. Ayrıca, malzemelerin sterilizasyon sırasında bozulması hasara ve işlevin tehlikeye girmesine neden olabilir ve sonuçta hasta güvenliğini etkileyebilir. Yine sterilizasyon işlemi sağlık çalışanlarını ve hastaları toksik kimyasallara maruz bırakabilir. Son yıllarda birçok hastane, temizlemek ve yeniden sterilize etmek yerine elden çıkarma kolaylığı nedeniyle büyük ölçüde maliyet tasarrufu sağlayan tek kullanımlık ürünleri kullanmaya yönelmiştir. Yeniden kullanılabilir veya tek kullanımlık ürünlerin kullanılıp kullanılmayacağına ilişkin kararlar maliyet hesabı ve bilimsel verilere dayanarak verilmelidir.

Günümüzde, yeniden kullanılabilir ve atılabilir ürünlerin kullanılmalarının çevre üzerindeki etkilerini değerlendirmek için YDD yapılmaya başlanmıştır (37). Ameliyathanede yaygın olarak kullanılan anestezi solunum devreleri, laringeal maskeler, laringoskoplar, çarşafklar, kesici-delici alet kapları ve anestezi ilaç tepsileri gibi ürünler üzerinde birçok YDD yapılmıştır. Vozzola ve ark., fosil malzemelerin topraktan çıkarılmasından kullanım ömrü sonunda atılmalarına kadar cerrahi önlüklerin tüm yaşam döngülerini analiz etmiştir. Genel olarak çalışma, yeniden kullanılabilir önlüklerin tek kullanımlık önlüklere kıyasla doğal kaynak enerji tüketimini %64, SG emisyonlarını %66, mavi su tüketimini %83 ve katı atık oluşumunu %84 oranında azalttığını ortaya koymuştur (65).

Tek kullanımlık laringoskop bleydleri, tek kullanımlık veya yeniden kullanılabilirlik kararının ne kadar karmaşık olabileceğine iyi bir örnek oluşturmaktadır. Tek kullanımlık bleydler hastalar arasında çapraz kontaminasyon riskini ve temizlik maliyetlerini ortadan kaldırır, aynı zamanda hastalara fayda sağlayabilecek daha yüksek kalite ve güvenilirlik sağlayabilir. Yeniden kullanılabilir bleydler ise, üretime bağlı karbon ayak izini azaltırken, tek kullanımlık malzemelerin neden olduğu önemli miktarda yığın atığını önler. Yeniden kullanılabilir ve tek kullanımlık laringeal maskeleri karşılaştıran bir YDD, yeniden kullanılabilir laringeal maskelerin daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur (37). Bununla birlikte McGain ve Naylor, yeniden kullanılabilir ve sterilize edilmiş Kardiyopulmoner Resüsitasyon kitlerinin daha ucuz olmasına rağmen, hem CO<sub>2</sub>e hem de su kullanımı açısından çevresel olarak çok daha maliyetli olduğunu göstermiştir (66).

#### SONUÇ

Biz anesteziistler, hasta bakımını etkilemeden çevresel etkiyi en aza indiren bir anestezi planı seçme olanağına ve özgür-

lüğüne sahip olduğumuz kadar, uygulamalarımızın çevre üzerindeki zararlı etkilerini en aza indirmek için bireysel ve bir uzmanlık alanı olarak özel etik sorumluluklara da sahibiz. “Zarar vermeme” yeminimiz, hasta bakımının ötesine uzanmalı ve karbon ayak izimizin azaltılmasını da içermelidir. Ameliyathanenin veya daha spesifik olarak anestezi iş istasyonunun yeşillendirilmesi, her işlem sırasında bir öncelik olmalıdır. Volatil anesteziklerin yol açtığı yüksek SG’ler, florlu gazlardan ve N<sub>2</sub>O’dan kaçınarak ve düşük TGA’ları tercih ederek önlenmelidir. Öncelikle kendimizin, hastalarımızın, toplumun ve bütün olarak gezegenimizin yararına olacak gelişmiş sürdürülebilir davranış biçimi edinmek temel hedefimiz olmalıdır.

#### YAZAR KATKILARI

**Çalışmanın fikri veya tasarımı:** İG, ZÖŞ

**Makalenin taslağının hazırlanması:** İG, ZÖŞ

**Makalenin kritik revizyonu:** İG, ZÖŞ

Yazarlar (İG, ZÖŞ) sonuçları gözden geçirmiş ve makalenin son hâlini onaylamıştır.

#### KAYNAKLAR

- Watts N, Amann M, Arnell N, et al. The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: Shaping the health of nations for centuries to come. *Lancet* 2018;392(10163):2479-514.
- Wysusek KH, Keys MT, van Zundert AAJ. Operating room greening initiatives - the old, the new, and the way forward: A narrative review. *Waste Manag Res* 2019;37(1):3-19.
- MacNeill AJ, Lillywhite R, Brown CJ. The impact of surgery on global climate: a carbon footprinting study of operating theatres in three health systems. *Lancet Planet Health* 2017;1(9):e381-e8.
- McGain F, Jarosz KM, Nguyen MN, Bates S, O’Shea CJ. Auditing operating room recycling: A management case report. *A A Case Rep* 2015;5(3):47-50.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2022). *World Population Prospects 2022: Summary of Results*. UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3. Available from: [https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022\\_summary\\_of\\_results.pdf](https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf).
- How Do We Know Climate Change Is Real? Available from: <https://climate.nasa.gov/evidence/>.
- Bradu P, Biswas A, Nair C, et al. Recent advances in green technology and Industrial Revolution 4.0 for a sustainable future. *Environ Sci Pollut Res Int* 2022;1-32. (Online ahead of print).
- Pradere B, Mallet R, de La Taille A et al. Sustainability task force of the french association of urology. climate-smart actions in the operating theatre for improving sustainability practices: A systematic review. *Eur Urol* 2023;83(4):331-42.
- The Economics of Climate Change: The Stern Review. 2006.
- Campbell JM, Pierce T. Atmospheric science, anaesthesia, and the environment. *BJA Education* 2015;15(4):173-9.
- Friedlingstein P, O’Sullivan M, Jones MW, et al. Global carbon budget 2022. *Earth Syst Sci Data* 2022;14(11):4811-900.
- İklim Değişikliği ve Mevcut Durum. Available from: <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx>.
- Watts N, Amann M, Arnell N, et al. The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: Responding to converging crises. *Lancet* 2021;397(10269):129-70.
- Rizan C, Bhutta MF. Strategy for net-zero carbon surgery. *Br J Surg* 2021;108(7):737-9.
- McGain F, Story D, Kayak E, Kashima Y, McAlister S. Workplace sustainability: The “cradle to grave” view of what we do. *Anesth Analg* 2012;114(5):1134-9.
- What is the Kyoto Protocol? Available from: [https://unfccc.int/kyoto\\_protocol](https://unfccc.int/kyoto_protocol).
- The Paris Agreement. What is the Paris Agreement? Available from: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>.
- Paris Anlaşması. Available from: <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>.
- McGain F, Muret J, Lawson C, Sherman JD. Environmental sustainability in anaesthesia and critical care. *Br J Anaesth* 2020;125(5):680-92.
- Chung JW, Meltzer DO. Estimate of the carbon footprint of the US health care sector. *JAMA* 2009;302(18):1970-2.
- Romanello M, Di Napoli C, Drummond P, et al. The 2022 report of the Lancet Countdown on health and climate change: Health at the mercy of fossil fuels. *Lancet* 2022;400(10363):1619-54.
- Romanello M, McGushin A, Di Napoli C, et al. The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: code red for a healthy future. *Lancet* 2021;398(10311):1619-62.
- National Health System Sustainable Development Unit. NHS Carbon Footprint. 2016. Available from: <https://www.sduhealth.org.uk/policy-strategy/reporting/nhs-carbon-footprint.aspx>.
- Gordon D. Sustainability in the operating room: Reducing our impact on the planet. *Anesthesiol Clin* 2020;38(3):679-92.
- Eckelman MJ, Sherman J. Environmental impacts of the U.S. health care system and effects on public health. *PLoS One* 2016;11(6):e0157014.
- The World Health Organization Regional Office for Europe. *Environmentally Sustainable Health Systems: A Strategic Document*. Copenhagen: The World Health Organization Regional Office for Europe, 2017.
- National Health Service. *Delivering a ‘Net Zero’ National Health Service*. London: NHS England and NHS Improvement; 2020.

28. Molly M.Herr, Rachel E.Outterson, Shreya Aggarwal. Lost in the Ether: The Environmental Impact of Anesthesia. 2022;32(4). Available from: <https://doi.org/10.1016/j.oto.2022.100997>.
29. United States Environmental Protection Agency. Understanding Global Warming Potentials. Available from: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>.
30. Sulbaek Andersen MP, Nielsen OJ, Wallington TJ, Karpichev B, Sander SP. Medical intelligence article: assessing the impact on global climate from general anesthetic gases. *Anesth Analg* 2012;114(5):1081-5.
31. Ryan SM, Nielsen CJ. Global warming potential of inhaled anesthetics: Application to clinical use. *Anesth Analg* 2010;111(1):92-8.
32. Hanna M, Bryson GL. A long way to go: minimizing the carbon footprint from anesthetic gases. *Can J Anaesth* 2019;66(7):838-9.
33. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the council on fluorinated greenhouse gases, amending directive (EU) 2019/1937 and repealing regulation (EU) No 517/2014. Available from: <https://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022P-C0150&qid=1677146769250>.
34. Lattanzio S, Stefanizzi P, D'ambrosio M, et al. Waste management and the perspective of a green hospital-a systematic narrative review. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19(23):15812.
35. WHO. Health-Care Waste. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste#cms>.
36. McLeod R. ASA presidential address: Greening the operating room. *Ann Surg* 2021;274(3):403-5.
37. Yeoh CB, Lee KJ, Mathias S, Tollinche LE. Challenges of going green in the operating room. *Anaesth Surg Open Access J* 2020;2(1):000527.
38. Van Norman GA, Jackson S. The anesthesiologist and global climate change: an ethical obligation to act. *Curr Opin Anaesthesiol* 2020;33(4):577-83.
39. Salgueirinho C, Pereira H. The anesthesiologist and global climate change: An ethical obligation to act and being scientifically rigorous. *Eur J Anaesthesiol* 2022;39(10):840.
40. Waspe J, Orr T. Environmental risk assessment of propofol in wastewater: A narrative review of regulatory guidelines. *Anaesthesia* 2023;78(3):337-42.
41. Guidelines for the Ethical Practice of Anesthesiology. American Society of Anesthesiologists Last amended Oct 17, 2018. Available from: <https://www.asahq.org/standards-and-guidelines/guidelines-for-the-ethical-practice-of-anesthesiology>.
42. American Society of Anesthesiologists. Greening the operating room and perioperative arena: Environmental sustainability for anesthesia practice. 2020. Available from: <https://www.asahq.org/about-asa/governance-and-committees/asa-committees/committee-onequipment-and-facilities/environmental-sustainability/greening-the-operatingroom>.
43. Australia and New Zealand College of Anaesthetists. Statement on environmental sustainability in anaesthesia and pain medicine practice. PS64. 2019. Available from: [https://www.anzca.edu.au/resources/professional-documents/standards-\(1\)/ps64-statementon-environmental-sustainability-in.aspx](https://www.anzca.edu.au/resources/professional-documents/standards-(1)/ps64-statementon-environmental-sustainability-in.aspx).
44. European Society of Anaesthesiology and Intensive Care Sustainability Committee. Sustainability toolkit: How to reduce our carbon footprint in the OR, in the hospital, on the planet? 2020. Available from: <https://www.esaic.org/uploads/2020/03/display-mobile1.pdf>.
45. White SM, Shelton CL, Gelb AW, et al. Representing the World Federation of Societies of Anaesthesiologists Global Working Group on Environmental Sustainability in Anaesthesia. Principles of environmentally-sustainable anaesthesia: A global consensus statement from the World Federation of Societies of Anaesthesiologists. *Anaesthesia* 2022;77(2):201-12.
46. Buhre W, De Robertis E, Gonzalez-Pizarro P. The Glasgow declaration on sustainability in anaesthesiology and intensive care. *Eur J Anaesthesiol* 2023;40(7):461-4.
47. Aldoori J, Hartley J, MacFie J. Sustainable surgery: In and out of the operating theatre. *Br J Surg* 2021;108(6):e219-e20.
48. Caycedo-Marulanda A, Mathur S. Suggested strategies to reduce the carbon footprint of anesthetic gases in the operating room. *Can J Anaesth* 2022;69(2):269-70.
49. Saidman LJ, Eger EI. Safety of low-flow sevoflurane anesthesia in patients with chronically impaired renal function is not proven. *Anesthesiology* 2003;99(3):752-4.
50. Kharasch E. Reply to letter to Editor. Safety of low-flow sevoflurane anesthesia in patients with chronically impaired renal function is not proven. *Anesthesiology* 2003;99:752-4.
51. Ang TN, Baroutian S, Young BR, Hyland MM, Taylor M, Burrell R. Adsorptive separation of volatile anaesthetics: A review of current developments. *Separation and Purification Technology* 2019;211:491-503.
52. Deltasorb® - Anesthetic Collection Service [Internet]. [cited 2019 Dec 17]. Available from: <https://www.bluezone.ca/Vanderbilt-magazine>. Available from: <http://www.vanderbilt.edu/magazines/vanderbilt-magazine/2009/03/recycled-anesthetic-technology-saves-dollars-environment/> Blue-Zone Technologies Ltd. Available from: <http://www.bluezone.ca/site05/Home/tabid/36/Default.aspx>.

53. Scott JR, Ruttman TG. "Gas off" or "vaporizer off". *Br J Anaesth* 2005;95(6):838.
54. Barrick B, Snow E. WAG treatment and CO<sub>2</sub> absorbers: New Technologies for pollution and waste prevention. *ASA Monitor* 2018;82:12-4.
55. Siemieniuk RAC, Harris IA, Agoritsas T, et al. Arthroscopic surgery for degenerative knee arthritis and meniscal tears: A clinical practice guideline. *BMJ* 2017;357:j1982.
56. Pearson F, Sheridan N, Pierce JMT. Estimate of the total carbon footprint and component carbon sources of different modes of labour analgesia. *Anaesthesia* 2022;77(4):486-8.
57. McGain F, Sheridan N, Wickramarachchi K, Yates S, Chan B, McAlister S. Carbon footprint of general, regional, and combined anesthesia for total knee replacements. *Anesthesiology* 2021;135(6):976-91.
58. Sherman J, Le C, Lamers V, Eckelman M. Life cycle greenhouse gas emissions of anesthetic drugs. *Anesth Analg* 2012;114(5):1086-90.
59. Practice Greenhealth. (The value of sustainability initiatives in surgical suites: An analysis of environmental stewardship programs, trends, and emerging issues. Available from: [https://practicegreenhealth.org/sites/default/files/upload-files/2018.gor\\_.report.pdf](https://practicegreenhealth.org/sites/default/files/upload-files/2018.gor_.report.pdf)
60. Jehle K, Jarrett N, Matthews S. Clean and green: Saving water in the operating theatre. *Ann R Coll Surg Engl* 2008;90(1):22-4.
61. Ho YH, Wang YC, Loh EW, Tam KW. Antiseptic efficacies of waterless hand rub, chlorhexidine scrub, and povidone-iodine scrub in surgical settings: A meta-analysis of randomized controlled trials. *J Hosp Infect* 2019;101(4):370-9.
62. Weight CJ, Lee MC, Palmer JS. Avagard hand antisepsis vs. traditional scrub in 3600 pediatric urologic procedures. *Urology* 2010;76(1):15-7.
63. French HM. Blueprint for reducing, reusing, recycling. *AORN J* 1994;60(1):94-8.
64. Hutchins DC, White SM. Coming round to recycling. *BMJ* 2009;338:b609.
65. Vozzola E, Overcash M, Griffing E. An environmental analysis of reusable and disposable surgical gowns. *AORN J* 2020;111(3):315-25.
66. McGain F, Naylor C. Environmental sustainability in hospitals - a systematic review and research agenda. *J Health Serv Res Policy* 2014;19(4):245-52.
67. Guetter CR, Williams BJ, Slama E, et al. Greening the operating room. *Am J Surg* 2018;216(4):683-8.
68. American Society of Anesthesiologists Environmental Task Force, 'Greening the Operating Room and Perioperative Arena'. Available from: <http://www.asahq.org/resources/re-resources-fromasa-committees/greening-the-operating-room>.
69. Sherman J, McGain F. Environmental sustainability in anesthesia pollution prevention and patient safety. *Advances in Anesthesia* 2016;34(1):47-61.
70. Kampman JM, Sperna Weiland NH. Anaesthesia and environment: Impact of a green anaesthesia on economics. *Curr Opin Anaesthesiol* 2023;36(2):188-95.