**DİYALİZ ÜNİTELERİNDE KARBON AYAKİZİ**

**CARBON FOOTPRINT OF DIALYSIS UNITS**

**Şenay Öztürk**

(İzmir Kavram Meslek Yüksekokulu, Diyaliz Bölümü, Öğretim Görevlisi Türkiye, senay.ozturk@kavram.edu.tr,0000-0002-7208-5395)

**Özet**

Hemodiyaliz, su ve enerjiyi en fazla tüketen tıbbi alanların başında yer almaktadır. Bu nedenle su tüketimi ve israfı ile ilgili iyileştirmelerin yapılması gereken sağlık alanlarının başında gelmektedir. Son dönem böbrek hastalığının (SDBY) tedavisinde, kullanımdan sonra kanla kontamine olan önceden sterilize edilmiş tek kullanımlık ürünler yaygın olarak kullanılır. Bu tür maddelerin tercih edilen bertaraf yolu yakmadır. Bertaraf maliyetlerdeki bu artış ve oluşturdukları karbon emisyonu ile böbrek birimlerindeki atık yönetimi programları bu durumu yönetmek için yetersiz kalmıştır. Üretilen atık maddelerin çoğu, yakılması çevreye duyarlı olan polivinil klorür (PVC) de içermektedir. Bir diyaliz ünitesinin yeşil diyaliz olabilmesi için, klinik atık üretimi analiz edilmeli, bertarafla ilgili konular tartışılmalı ve uygun maliyetli, çevresel açıdan sürdürülebilir bir klinik atık yönetim programına yönelik yaklaşımlar planlanmalıdır.

**Anahtar kelime:** Diyaliz, Karbon Emisyonu, Çevre

**Abstrac**

Hemodialysis is one of the medical fields that consume the most water and energy. For this reason, it is one of the health areas where improvements in water consumption and waste should be made. Pre-sterilized disposable products that are contaminated with blood after use are commonly used in the treatment of end-stage renal disease (ESRD). The preferred disposal route for such substances is incineration. With this increase in disposal costs and the carbon emissions they create, waste management programs in kidney units have been insufficient to manage this situation. Most of the waste materials produced also contain polyvinyl chloride (PVC), which is environmentally friendly to incinerate. For a dialysis unit to be green dialysis, clinical waste generation must be analyzed, disposal-related issues discussed, and approaches planned for a cost-effective, environmentally sustainable clinical waste management program.

**Key Words:** Dialysis, Carbon Emission, Environment

**Giriş**

Son dönem böbrek yetmezliği dünyada giderek artan bir sağlık sorunu haline gelmiştir. İstatistiksel veriler 2025 yılında dünya genelinde 4 milyon diyaliz hastasının olacağını öngörmektedir. Diyaliz, 40 yılı aşkın süredir milyonlarca diyaliz hastanın akut ya da kronik böbrek yetmezliğinde hayatta kalmasını sağlamıştır. Her geçen gün hayatta kalan hasta sayısı artmaktadır (8). Diyaliz işlemlerindeki değişimler için tıp, mühendislik, fizik, kimya ve mikrobiyoloji alanlarının uyum içinde çalışması ile başarılmıştır. Diyaliz tedavisinin gelişim aşamasında, hemodiyaliz (HD) güvenli yaşam tedavisi olmanın yanı sıra büyük atıklar oluşturan bir durum haline gelmiştir (1). Bu durum ele alındığında rakamlar sadece sağlık bütçeleri için değil, su ve enerji ihtiyaçları ile atık üretimi konusunda dünyanın ekolojik dengesinin bozulmasını da beraberinde getirmesi beklenmektedir (2). Son dönemde yapılan çalışmalar, küresel karbon ayak izinin %4.4'ünün sağlık sektörü tarafından üretildiği tahmin edilmektedir. Bu alanda diyaliz tedavisi özelliklede hemodiyaliz (HD), fazla su tüketimi, atık üretimi ve yüksek karbon ayak izi nedeniyle çevre açısından çok büyük risk oluşturmaktadır. Bu karbon ayak izinin artmasına % 2’lik oran ile uzun zamandan bu yana, sağlık bakım hizmetleri alanına birçok avantaj sunan ve ilerlemelere neden olan bilgisayarlı iletişim teknolojilerinin (BİT) kullanımının artması da katkı sağlamaktadır. Doğru kullanılmadığında büyük miktarlarda enerji israfına ve tüketimine neden olmaktadır. Bilgisayarlı iletişim teknolojileri temiz bir teknoloji olarak değerlendiriliyor olsa da çevre ve insan sağlığını olumsuz etkileri de olabilmektedir (2).

Diyaliz başarısının çoğunu önceden paketlenmiş steril maddelerin mevcudiyetine ve kullanımına borçludur, ancak bu tür maddelerin kullanımı önemli miktarda klinik ve klinik olmayan atık üretir. 100 hastayı tedavi eden bir diyaliz ünitesi, yılda 39 metrik ton atık üretmektedir ve bunun önemli bir kısmı klinik atıktır. Bu tür atıkların bertaraf maliyeti metrik ton başına 180 euro ile 320 euro arasındadır. Daha katı çevresel gerekliliklere uyum, şüphesiz bertaraf maliyetlerinde daha fazla artışa neden olacaktır. Maliyetleri en aza indirmek için diyaliz birimlerinin klinik atık bertaraf uygulamalarını gözden geçirmesi ve atık yönetimi programlarını uygulamaya koyması gerekir (9). Üretilen atığın çoğu PVC bazlı olduğundan, bertarafı daha “çevre dostu” olan alternatif malzemelerin kullanımına da dikkat edilmelidir (3).

İngilterede yapılan bir çalışmada hastalar tarafından gerçekleştirilen en yaygın diyaliz şekli, haftada üç kez diyaliz merkezinde uygulanmaktadır. Karbon ayak izi  hasta başına yılda 3818 kg CO2 Eq'dir ve emisyonların çoğu tıbbi ekipmandan kaynaklanır, bu ekipmanların tedarik edilmesi de bu sürecin içerisinde yer almaktadır (%37) , bina enerji kullanımı (%21) ve hasta seyahati (%20) oranındadır.

Diyaliz üniteleri atık ve eliminasyon yönünden ele alındığında; diyalizör, kan tüp setleri, enjektörler ve konsantre kaplardan kaynaklanan plastikler gibi katı atıklar dahil olmak üzere çeşitli atıklar oluşmaktadır. Damar erişim cihazlarından ve iğnelerden küçük miktarlarda metalin yanı sıra tedavi sırasında kullanılan farmasötik preparatlardan (örneğin ilaçlar ve antikoagülan) cam atıklar da üretilir. Diyaliz işleminde kullanılan öğelerin her biri önceden paketlenmiş olduğundan, işlem esnasında ayrıca ambalaj atığı da oluşmaktadır. Diyalizörler, kan tüpleri setleri ve başlangıç ​​ve bitiş paketleri gibi kullanılan ürünlerin çoğu toplu olarak satın alınmakta ve diyaliz ünitesine farklı boyutlarda karton kaplarda teslim edilmektedir bu da kağıt atık oluşmasına sebep olmaktadır (bu atıklar seans başına 0.075 kg kadardır). Tek bir hemodiyaliz seansı, %38'i oranında plastik katı klinik atık oluşmaktadır. Bu atık heterojendir ve diyalizörde kullanılan membranlar, polipropilen, polikarbonat ve polivinil klorür (PVC) gibi çeşitli malzemeler içermektedir (10). PVC en yaygın kullanılan malzemedir ve atık miktarın 0,65 kg'ını oluşturmaktadır. Bu değerler temelinde, haftada üç kez diyalize giren ve diyaliz cihazını yeniden kullanmayan bir hastanın ürettiği atık miktarının, 101 kg'ı PVC olmak üzere yılda 390 kg olduğu tahmin edilmektedir. Bu tür atıklarla arasında karton atıklar dönüştürüldüğü için hariç tutulmuştur. Böylece 100 hastayı tedavi eden tipik bir böbrek ünitesi, 10.100 kg'ı PVC olmak üzere yılda 39 metrik ton (yılda 39.000 kg) atık oluşmaktadır(1).

Sürekli ayaktan periton diyalizi (SAPD) ile tedavi edilen ve günde dört değişim gerçekleştiren hastalar için, üretilen toplam günlük katı atık 1,69 kg'dır ve bunun %56'sı (0,94 kg) PVC'dir. Haftada üç kez yapılan hemodiyalizin aksine, periton diyalizi günlük olarak yapılmakta olup, hasta başına yıllık atık üretimi 343 kg'ı PVC olmak üzere 617 kg'dır. Bu işleme yöntemi aynı zamanda az miktarda kağıt atığı üretir. Prosedürlerdeki farklılıklar ve kullanılan diyalizör ve kan hatları tipi nedeniyle üretilen atık miktarında önemli farklılıklar olabileceği vurgulanmalı (5). Atık oluşumunu azaltmak için planlamalar yapılmalıdır.

Tüm bu katı atıkların yanısıra diyaliz merkezlerinde su için kullanılan arıtmalarda ortalama olarak konsantre elektrolitlerle karıştırılmış 120-150 L arıtılmış su tüketir, bu su diyalizörden aktıktan sonra kanalizasyon sistemi yoluyla atıklara boşaltılır. Hemodiyaliz sisteminin hidrolik devreleri, benzer şekilde boşaltılan yaklaşık 300-400 ml kimyasal kullanılarak hastalar arasında temizlenir ve dezenfekte edilir (10). Normal şartlar altında bu sıvılar herhangi bir özel işleme tabi tutulmazlar; Çamurun anaerobik çürütülmesiyle tamamlanan kanalizasyonun olağan ikincil bakteriyolojik arıtımı, herhangi bir riski kontrol etmek için yeterlidir(11).

**Yeşil Diyaliz**

Diyaliz merkezlerinin diğer sağlık kuruluşları gibi günümüzde çok atık üreten, çok enerji tüketen ve çok kaynak kullanan kurumlar haline gelmeleri yeşil sağlık kuruluşu(hastane, diyaliz v.b.) kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu sayede sağlık kuruluşları daha az atık üreten, daha az enerji tüketen ve çevreye daha az zarar veren yapılar olması hedeflenmiştir (6).

Tüm bu çevresel zararlar, karbon emisyonu değerlendirilerek, İngiltere’de 2009 yılında, Sürdürülebilir Sağlık Programı kapsamında “Yeşil Nefroloji Ağı (YNA)” kurulmuştur. Sürdürülebilirliği iyileştirmek için özellikle, düşük karbon emisyonlu sağlık hizmetlerinin sunulması gerektiği belirtilmiştir.

Sürdürülebilirliğin sağlanması için yeşil diyaliz tanımı oluşturulmuştur. Yeşil diyalizin açılımı; malzemeleri geri dönüştüren ve bu dönüştürülmüş malzemeleri kullanan, daha temiz bir hava için katkı sağlayan ve atık üretimini azaltan bir sağlık kurumunu tanımlamak için kullanılmaktadır. Diyaliz ünitelerinin yeşil yapı olabilmeleri için bazı bileşenlere sahip olmalıdır (2,3). Bunlar; enerji verimliliği, alternatif enerji üretimi, atık yönetimi, tehlikeli maddelerin kullanımının azaltılması, su yönetimi, alternatif ulaşım yolları, sağlık personeli ve hastalar için çevre dostu alanlar sağlama, çevre dostu bina tasarımları ve çevre dostu satın almadır (3).

**Alınabilecek Önlemler**

Bir diyaliz kliniğinin çevre yönetim sisteminin bileşeni, kaynak tüketiminin, enerjinin (elektrik, ısıtma enerjisi) ve sıvıların (su, sıvı konsantreleri) yanı sıra bertaraf edilen miktarların aylık ölçümü olarak ele alınabilmektedir.

Her alanda olduğu gibi, sağlık alanında da finansal ve doğal kaynakların verimli bir şekilde kullanımının önemini giderek arttırmaktadır. Atık yönetiminin etkili olarak gerçekleştirilmesi gibi konular sürdürülebilirliğe katkı sunduğundan dolayı küresel olarak büyük önem kazanmıştır (3).

Enerji verimliliği için alınabilecek önlemler doğal kaynakların verimli kullanılması için hem doğal hem de yapay aydınlatmanın kullanımı sağlanmalı. Genel aydınlatmaya karşı işin yapıldığı yerde aydınlatma olmalı. Doğal ışık kullanımı enerji tasarrufu için basit bir yol olup aynı zamanda, binada yaşayan ve çalışan insanların refahını da arttırmaktadır. Her durumda, yapılan işe göre aydınlatma için ışık seviyesi ayarlanmalıdır. Genellikle doğal ve yapay aydınlatmanın optimal karışımından yararlanılmaktadır. İşe uygun aydınlatma, özellikle farklı etkinliklerin yapıldığı geniş alanlarda enerji israfını azaltan bir başka yoldur. İlaç hazırlama veya dökümantasyon gibi işlerin yapıldığı istasyonlarında ışığın yüksek seviyede olması gerekirken, hastaların bulunduğu alanlarda daha düşük olması ya da diyalizle direkt ilişkili ya da ilişkisi olmayan yerlerde ışık seviyesinin yüksek olması gerekli değildir. Aydınlatma seviyesi otomatik olarak kontrol edilemiyorsa, en iyi strateji, aydınlatma için gerekli olan enerjinin akıllıca kullanımı için personel ve hasta bilincini artırmaktır. Geceleri ve hafta sonları ışıkların kapalı tutulması gibi net talimatlar da enerji koruyucu ileri stratejiler uygulanmalı (4).

Evde hemodiyaliz uygulamaları gibi daha az hasta seyahati gerektiren bakım modelleri, sağlık hizmeti emisyonlarını azaltabilir.  Diyalize giren hastaların bakımı, diyaliz merkezinin karbon ayak izine önemli ölçüde (%62,5) arttırmaktadır (10).

Sürdürülebilirlik kriterlerinin diyaliz hizmetleri tarafından ihale edilen sözleşmelere dahil edilmesinin bu emisyonları zamanla aşağı çekmesi beklense de, daha kısa vadeli stratejiler de gereklidir. Bu stratejilerden en önemlisi tıbbi ekipman parçalarının ve özellikle diyalizörlerin yeniden kullanılması emisyonları düşürmekte ve çevresel fayda sağlanmaktadır (7).

Diyalizörlerin 10 tedaviden fazla yeniden kullanımı, haftada üç kez diyaliz merkezinde kullanımının sağlanması karbon ayak izini  yılda hasta başına 3818'den 3448 kg CO2 Eq'ye %9,7 oranında azaltığı görülmüştür. Bu önemli karbon tasarrufu, yalnızca diyalizörlerin (290 kg CO 2  Eq) ve ilgili ambalajların (4 kg CO 2  Eq) tedarik zinciri emisyonlarındaki azalmalardan değil, aynı zamanda atık yönetimi emisyonlarındaki azalmalardan da kaynaklanmaktadır. Bu hesaplamalar, diyalizörleri yeniden işlemek için gerekli sarf malzemelerinin (eldivenler, önlükler ve test şeritleri gibi) tedarikinde ve bertarafında yeniden kullanımla ilgili artışlardan kaynaklanan emisyonları ve işlemin kendisinin (ısıtma suyu dahil) enerji maliyetlerini hariç tutsa da, önemli bir karbon tasarrufu sağlanmaktadır (5).

**Sonuç**

Küresel karbon emisyonlarına böylesine önemli bir katkı yapan sağlık sektörü, sağlık çalışanlarının temel değerlerinden biri olan “zarar vermeme” ilkesi ile doğrudan çatışmaktadır.

Sağlık tedavilerinin ve yollarının karbon ayak izlerinin belirlenmesi giderek artan bir öneme sahiptir. Diyaliz ünitelerinde çevre dostu uygulamalarının yetersiz olduğu ve yeşil diyaliz kapsamında planlamaların yapılması gerekmektedir. HD'nin sağlanması önemli bir karbon ayak izine sahiptir. Bireysel tedaviler düzeyinde emisyonları azaltmak için planlamalar yapılmalıdır. Diyaliz ünitelerde atık yönetimindeki yetersizlikler, su yönetimi ve enerji yönetiminde iyileştirmeler yapılması gerekmektedir.

**Kaynakça**

1. Kasti. J., Pancirova. J. European Dialysis and Transplant Nurses Association/ European Renal Care Association, September 2011, Spain, Ed. Imprenta Tomás Hermano.
2. Kastl, J., Himstedt, T., Boccato, C., Giordana, G., & Gatti, E. (2011). Water saving in dialysis care through the consequent use of an environmental management system. Blood purification, 32(2), 143. <https://doi.org/10.1159/000327612>
3. Özer Z. , Bahçecioğlu Turan G. , Aksoy T. Diyaliz Üniteleri Çevre Dostu mu? Bir Anket Çalışması / Are Dialysis Units Environmentally Friendly? A Survey Study. Nefroloji Hemşireliği Dergisi. 2021; 16(2): 41-53.
4. Hoenich, N.A., Levin, R. and Pearce, C. (2005), Clinical Waste Generation from Renal Units: Implications and Solutions. Seminars in Dialysis, 18: 396-400. <https://doi.org/10.1111/j.1525-139X.2005.00078.x>
5. Ponson, L., Arkouche, W. and Laville, M. (2014), Toward green dialysis. Hemodial Int, 18: 7-14. <https://doi.org/10.1111/hdi.12117>
6. Connor, A., Lillywhite, R. and Cooke, M.W. (2011), The carbon footprints of home and in-center maintenance hemodialysis in the United Kingdom. Hemodialysis International, 15: 39-51. <https://doi.org/10.1111/j.1542-4758.2010.00523.x>
7. Çilhoroz, Y., Işık, O. Ankara’daki Hastanelerin Yeşil Hastane Ölçütlerine Uygunluğunun İncelenmesi, Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi, 2018; 21(1): 41-63.
8. Süleymanlar G, Ateş K, Seyahi N. Türkiye 2019 Yılı Ulusal Nefroloji, Diyaliz ve Transplantasyon Kayıt Sistemi Raporu. Ankara: Türk Nefroloji Derneği Yayınları. 2020:51-60
9. Hoenich, N. A., Levin, R., & Pearce, C. (2005). Clinical waste generation from renal units: implications and solutions. Seminars in dialysis, 18(5), 396–400. <https://doi.org/10.1111/j.1525-139X.2005.00078.x>
10. Hoenich, N. A., & Pearce, C. (2002). Medical waste production and disposal arising from renal replacement therapy. Advances in renal replacement therapy, 9(1), 57–62. <https://doi.org/10.1053/jarr.2002.30469>
11. Kastl J, Himstedt T, Boccato C, Giordana G, Gatti E: Water Saving in Dialysis Care through the Consequent Use of an Environmental Management System. Blood Purif 2011;32:143-143. doi: 10.1159/000327612