

# Deniz Tabanında Oksijen Üreten Mineral Yatakları

Dr. Mahir E. Ocak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi]





*Pasifik Okyanusu'nun Clarion-Clipperton Bölgesi'nde (CCZ) yapılan araştırmalarda şaşırtıcı bir bulguya ulaşıldı. İskoç Deniz Bilimi Enstitüsünden Andrew Sweetman ve arkadaşları, Güneş ışığı almayan deniz tabanındaki minerallerde oksijen üretildiğini keşfetti. Bilimsel çalışmalar oksijenin, suyun elektrolizle parçalanmasıyla ortaya çıktığına işaret ediyor. Araştırmanın detayları Nature Geoscience'da yayımlandı.*



Pasifik Okyanusu'ndaki CCZ bölgesinin deniz tabanı, görünüşü kömüre bezeyen minerallerle doludur. Polimetalik yumrular olarak adlandırılan bu minerallerde mangan ve kobalt gibi batarya yapımında kullanılan metaller bol bulunur. Ayrıca bu mineral yataklarının civarı zengin bir ekosisteme ev sahipliği yapar.

Yeryüzündeki oksijenin ana kaynağı fotosentez yapan bitkilerdir. Dolayısıyla CCZ'deki Güneş ışığı almayan okyanus tabanlarında oksijen üretilmesi beklenen bir durum değildir. Ancak şaşırtıcı bir biçimde bilimsel çalışmalar, okyanus tabanındaki polimetalik yumrulara oksijen gazı ortaya çıktığını gösterdi.

Aslında bu keşfin tarihi 2013 yılına gidiyor. O yıl Sweetman ve arkadaşları, CCZ'nin tabanındaki organizmaların ne kadar oksijen tükettiğini tespit etmeye çalışıyordu. Araştırmacılar, denizin yaklaşık 4000 metre derinine, deniz tabanında kapalı hazneler oluşturan cihazlar gönderdi ve oksijen seviyelerinin zamanla nasıl değiştiğini ölçtü. Beklenen, Güneş ışığı almayan bu ortamdaki organizmaların zamanla oksijeni tüketmesiydi. Ancak ölçümler, beklenenin aksine haznedeki oksijen miktarının zamanla arttığını gösterdi. Araştırmacılar başlangıçta ölçümleri yapan cihazların arızalı olduğunu düşündü. Ancak ilerleyen yıllarda tekrar tekrar yapılan ölçümlerde de benzer sonuçlar elde edildi. Son olarak 2021'de farklı bir yöntem kullanılarak ölçümler yapıldı ve yine oksijen seviyesinin zamanla arttığı görüldü.

Güneş ışığı almayan bir ortamda ortaya çıkan oksijenin kaynağı ne olabilir? Çeşitli mikroorganizmaların Güneş ışığı olmadan da oksijen üretebildiği biliniyor. Ancak deneyler, oksijenin kaynağının mikroorganizmalar olmadığını gösteriyor. Araştırmacılar, laboratuvar ortamında yaptıkları deneylerde deniz sularını cıva klorür ile zehirleyerek mikroorganizmaları öldürdüklerinde de oksijen üretiminin devam ettiğini tespit etti.



Polimetalik yumrular

Oksijenin kaynağının biyolojik süreçler olmadığı anlaşıldıktan sonra, radyoaktivitenin su moleküllerini parçalaması ya da çeşitli çevresel faktörler nedeniyle minerallerdeki mangan oksitinin bileşenlerine ayrışması gibi çeşitli hipotezler test edildi. Ancak olumlu sonuç alınmadı. Çalışmalar, şu an için polimetalik yumruların nasıl oksijen ürettiğine dair en iyi açıklamanın suyun elektrolizi olduğuna işaret ediyor.

Elektroliz, kendiliğinden meydana gelmeyecek bir kimyasal tepkimenin elektrik akımıyla gerçeğe dönüştürülmesidir. Suyun elektrolizinde de su ( $H_2O$ ), elektrik akımı etkisiyle bileşenlerine ayrışır: Bir pilin iki ucuna bağlanmış iki elektrot tuzlu suyun içine batırıldığında iletken tellerden geçen akım, elektrotların birinde hidrojen gazının ( $H_2$ ) diğerinde oksijen gazının ( $O_2$ ) açığa çıkmasına yol açar.

Polimetalik yumrulara suyun elektrolizi için gerekli ham maddelerin tamamı olsa da bu durum tek başına, deniz suyunun bileşenlerine ayrışması için yeterli değil. Elektrolizin meydana

gelmesi için yumrulardaki pozitif ve negatif yüklü iyonların bir potansiyel farkı oluşturacak biçimde birbirlerinden ayrılması gerekir. Şaşırtıcı bir biçimde, araştırmacılar laboratuvar ortamında yaptıkları ölçümlerde polimetalik yumruların yüzeyinde yaklaşık 1 voltluk bir potansiyel farkı olduğunu tespit etti. Bu değer 1,5 voltluk AA boyutlarındaki bir pille karşılaştırılabilecek kadar büyük. Dolayısıyla polimetalik yumrular üzerinde yapılan elektriksel ölçümler, oksijen gazının kaynağının deniz suyu olduğu düşüncesini destekliyor. Araştırmacılar, bu düşüncenin doğruluğunu test etmek için gelecekte, polimetalik yumruların üzerindeki potansiyel farkını bir şekilde ortadan kaldırarak deneyleri tekrarlamayı planlıyor. Şayet oksijen gazı gerçekten de suyun elektroliziyle ortaya çıkıyorsa potansiyel farkı ortadan kaldırıldığında oksijen üretimi durmalıdır.

Polimetalik yumruların yüzeyinde potansiyel farkı oluşmasına yol açan etkenin ne olduğu tam olarak bilinmiyor.

Yumruların iç yapısı bir soğanınki gibi katman katmandır. Her biri milimetreler kalınlığında olan katmanların oluşması milyonlarca yıl sürer. Her bir katmanın bileşimi ise oluştukları zaman aralığına göre değişir. Araştırmacılar, yumrularda gözlemlenen elektriksel özelliklerin katmanlar arasındaki bileşim farkından kaynaklandığını düşünüyor. Her ne kadar bu durum yumruların yüzeyindeki potansiyel farkını tam olarak açıklamasa da yumruların yapısının, iç katmanlarının elektriksel özelliklerini açığa çıkaracak kadar gözenekli olduğu varsayılıyor.

Hâlâ cevaplanmayı bekleyen bir başka soru da gözlemlenen oksijen üretiminin deniz tabanında doğal olarak gerçekleşip gerçekleşmediği. Deniz tabanına indirilen cihazların yaptığı ölçümlerde, haznenin içindeki oksijen seviyesi iki gün içinde durağanlaşıyor. Dolayısıyla bir ihtimal, ölçümleri yapan cihazın çevresel koşullarda sebep olduğu değişiklikler oksijenin üretilmesine yol açıyor olabilir. Bir başka ihtimal ise oksijen üretiminin durması, ölçümleri yapan cihazın oluşturduğu “kapalı” ortamdan kaynaklanıyor olabilir: Kapalı ortam içinde ürün miktarının artması ve tepkimeye giren

ham madde miktarının azalmasıyla birlikte kimyasal süreç doğal olarak sonlanıyor olabilir. Aynı kimyasal süreçler, açık ortamda doğal olarak daha kararlı bir biçimde uzun süre devam edebilir.

Pasifik Okyanusu’ndaki CCZ bölgesinin tabanında bulunan polimetalik yumruların ve bu yumruları çevreleyen tortulların tek hücreli organizmalardan balıklara ve denizyıldızlarına uzanan zengin bir habitata ev sahipliği yaptığı biliniyor. 2013 yılında yapılan

taramalarda kataloglanan megafaunanın (çıplak gözle görülebilecek büyüklükteki hayvanların) yaklaşık yarısı bölgeye özgüydü. Eğer ortamdaki polimetalik yumrular doğal olarak oksijen üretiyorsa bu durumun ekosistem üzerindeki etkilerinin ne olduğu da henüz bilinmiyor. ■

#### Kaynaklar

Sweetman, A. K., ve ark., “Evidence of dark oxygen production at the abyssal seafloor”, *Nature Geoscience*, <https://www.nature.com/articles/s41561-024-01480-8>, 2024.  
Parshall, A., “‘Dark oxygen’ discovered coming from mineral deposits on Deep Seafloor”, *Scientific American*, <https://www.scientificamerican.com/article/dark-oxygen-discovered-coming-from-mineral-deposits-on-deep-seafloor/>, 22 Temmuz 2024.

