

# Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

## RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

### Yedek ve Duyuru Kanallarımız

Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

- Telegram: <https://t.me/birkitapbir>
- WhatsApp Kanalımız : <https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4lvMoc0Y>

# BİLİM ve UTOPIYA



2019 NOBEL BİLİM  
ÖDÜLLERİNİN ANLAMI



EVO MORALES'İ KİM,  
NEDEN VE NASIL DEVİRDİ?



YAŞAMIN EVRİMİNDE KRİTİK ZAMAN

## KAMBRİYEN PATLAMA

CANLILIĞIN “BÜYÜK PATLAMA”SI BİZE NE ANLATIYOR?

PROF. DR. SİNAN AKGÖL • PROF. DR. ALİ DEMİRSOY • PROF. DR. NURDAN İNAN • PROF. DR. MEHMET SAKINÇ • DR. KEVSER KUŞAT OL



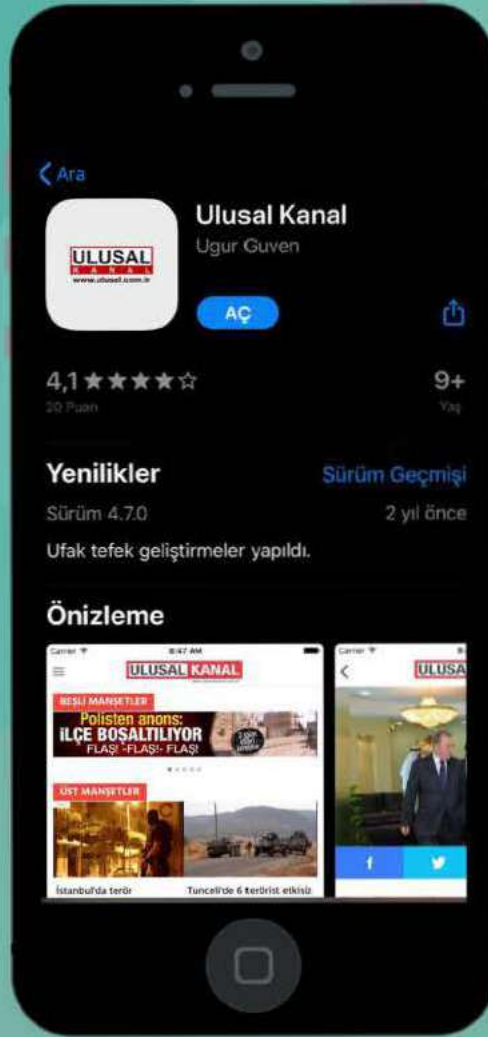
İNTİHARA KARŞI NE YAPMALI?  
PSİKİYATRLAR YAZDI

PROF. DR. IŞIK KARAKAYA • UZM. DR. ALIŞAN BURAK YAŞAR • DR. YUNUS HACIMUSALAR



## 3 ADIMDA HABER CEBİNDE

- 1- Google Play Store ya da App Store uygulamasını aç
- 2- Arama kutusuna Ulusal Kanal yaz
- 3- Uygulamaya tıkla, indir



 Google Play



App Store

# HABERDE GERÇEK İÇİN

# www.ulusal.com.tr



/ulusalkanal



/ulusalkanaltv

**SAYI: 306 ARALIK 2019**

S.S. Ütopya Bilimsel ve Kültürel Araştırmalar Yay.  
ve Üretim Koop. Adına Sahibi:  
**Prof. Dr. H. Çağatay KESKİNOK**

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü:  
**Gökalep ÇİFTÇİOĞLU**

Genel Yayın Yönetmeni: **Emrah MARAŞO**  
Yazı İşleri Müdürü: **Melih OKYAY**  
Editör: **Hazal SARAL**  
Görsel Yönetmen: **Fatih Veli ÖLMEZ**  
Düzeltilen: **Halim YURDAKUL**

Yazı Kurulu: **Prof. Dr. Cüneyt Akalın, Çağrı Mert Bakırcı, Dr. Necmi Dayday, Prof. Dr. Remzi Demir, Prof. Dr. Ercan Enç, Prof. Dr. Erksin Savaş, Efe Can Gürcan, Erkan İldız, Prof. Dr. Bekir Karaoğlu, Prof. Dr. Hamit Zafer Kars, Prof. Dr. Çağatay Keskinok, Prof. Dr. Semih Koray, Prof. Dr. Tülin Oygür, Feyziye Özberk, Prof. Dr. Hüseyin Özel, Doç. Dr. Hakan Seçkin, Doç. Dr. Haldun Soyğür, Prof. Dr. Osman Şadi Yenen, Doç. Dr. Hüseyin Çağrı Sağlam, Prof. Dr. Yıldırım Beyatlı Doğan, Prof. Dr. Birol Kılış, Prof. Dr. Gökhan Tanyer, Prof. Dr. Sıtkı Çağdaş İnam, Doç. Dr. Burçin Aşkın Gümüş, Dr. Elif Yılmaz, Dr. Mustafa Sevim.**

Yönetim Yeri: **Fidanlık Mahallesi, Sakarya Caddesi, 32/1 • 06420 Çankaya/ANKARA**  
e-posta: **bilimveutopya@gmail.com**

Ankara Temsilcisi: **Feyziye ÖZBERK**  
Tel: (0312) 418 52 64

İstanbul Temsilcisi: **Dr. Mustafa SEVİM**  
Tel: (0505) 548 51 38  
**sevimmustafa@gmail.com**

İzmir Temsilcisi: **Dr. Ceyhun BALCI**  
Tel: (0532) 233 42 35  
**ceyhun1961@gmail.com**

Eskişehir Temsilcisi: **Alaz TETİK**  
Tel: (0505) 911 73 46  
**bilimveutopyaesekisehir@gmail.com**

Gaziantep Temsilcisi: **Mehmet İYİGÜN**  
Tel: (0505) 669 48 71  
**doctoryigun@hotmail.com**

**AVRUPA TEMSİLCİSİ**

Yener GÜNEŞ  
**gunesyener@gmail.com**  
**abone.avrupa@bilimveutopya.com.tr**  
Tel: +43 676 5472682

**ALMANYA TEMSİLCİLERİ**

**ALMANYA TEMSİLCİSİ**  
Emre Ünver  
**emreuenver@googlegmail.com • Tel:+49 157 55064436**

Aşağı Saksonya Temsilcisi  
Çınar Aydın  
**cinar.aydin@hotmail.de • Tel: +49 152 0661105**

Baden-Württemberg Temsilcisi  
Uğur Albayrak  
**a.ugur@hotmail.de Tel: +49 179 6668154**

Bavyera Temsilcisi  
Akif Yüce  
**akif.yuce@freenet.de • Tel:+49 163 1345643**

Berlin Temsilcisi  
Barış Göktepe  
**baris.goektepe@outlook.de • Tel:+49 151 10427077**

Bielefeld Üniversitesi Temsilcisi  
Can Çakır  
**can.cakir@gmx.net • Tel:+49 170 2428725**

Duisburg Üniversitesi Temsilcisi  
Kaan Karagöz  
**kaan.67@live.de • Tel:+49 176 64944305**

Frankfurt Üniversitesi Temsilcisi  
Gökhan Dağtekin  
**goekhandagtekin@hotmail.de • Tel:+49 1578 9576048**

Hamburg Temsilcisi  
Tuğba Almışlar  
**tugba.almislar@gmail.com • Tel:+49 176 34694504**

Köln Üniversitesi  
Can Burak Naz  
**can.naz@web.de • Tel:+49 1520 2737324**

Kuzey Ren-Vestfalya Temsilcisi  
Eren Alıcı  
**alicieren@web.de • Tel:+49 157 35699900**

Marburg Üniversitesi Temsilcisi  
Tunay Kuru  
**tunaykuru90@gmail.com • Tel:+49 1578 9576048**

Münster Üniversitesi Temsilcisi  
Meram Tosun  
**meram\_tosun@hotmail.com • Tel:+49 157 58146708**

Siegen Üniversitesi Temsilcisi  
Simel Gültekin  
**simel.ueltekin@web.de • Tel:+49 163 2060225**

**AVUSTURYA TEMSİLCİSİ:**  
Emre ER  
**emre\_er\_64@hotmail.com • Tel: 0043 660 4731120**

**ÇİN HALK CUMHURİYETİ TEMSİLCİSİ**

Elif Nisa ŞENCAN • Tel: +86 15618239747  
**nisaelifsencan@yandex.com**

**DANİMARKA TEMSİLCİSİ:**

İncilay Şehnazi  
**cili65@hotmail.com • Tel:+45 22 83 26 34**

**FRANSA TEMSİLCİSİ:**

Funda Akin  
**alisyatuna@gmail.com • Tel:+33 6 01 90 80 01**

**HOLLANDA TEMSİLCİSİ:**

Kenan ÖZYİĞİT  
**kenanozyigit@hotmail.com • Tel: 31614612207**

**İNGİLTERE TEMSİLCİSİ:**

Murat Metin  
**4.muratmetin@gmail.com • Tel:+44 7903 333711**

**İSVİÇRE TEMSİLCİSİ:**

Aytekin GÜRSOY  
**a.guersoy68@hotmail.com • Tel: +41 - 76 442 10 10**

**MACARİSTAN TEMSİLCİSİ**

Sefik Doğu Erk  
**doquerk@outlook.com • Tel:+36 70 608 6871**

**Abone Koşulları: 6 Aylık: 90.00 TL.**

**Yıllık: 180.00 TL**

**Avrupa ve Ortadoğu Yıllık: 90 Euro**

**Amerika ve Uzakdoğu Yıllık: 150 \$**

**E-Dergi Yıllık: 50 TL**

**E-Arşiv 25 Yıllık: 150 TL**

**Hesap Numaraları: S.S. Ütopya Bilimsel ve Kültürel Araştırmalar Yayıncılık ve Üretim Kooperatifi**

**(TL) İş Bankası Bilkent Şubesi:**

**Hesap No: 4276 0292027**

**IBAN: TR04 0006 4000 0014 2760 2920 27**

**(EUR) İş Bankası Ankara/Bilkent Şubesi**

**Hesap No: 4276 0239523**

**IBAN: TR16 0006 4000 0024 2760 2395 23**

**Yurtdışı Satış Fiyatı**

**Avrupa: 9 Euro**

**Basıldığı Yer: Sonsöz Grup Matbaa Reklam İnş. San. Tic. Ltd. Şti.**

**İvedik O.S.B. Matbaacılar Sitesi 1341. Cad. No.56 Yeni-mahalle / Ankara**

**Sertifika No: 18698 Telefon: (0312) 394 57 71**

**Dağıtım: Turkuvez Dağıtım Pazarlama A.Ş**

**ISSN 1301-6717 Aylık Yaygın Süreli Yayın**

## *Bu Sayıda*

- 3** **Çiviyazısı**  
Emrah MARAŞO  
**Bugünkü canlılığın kökeni: Kambriyen Patlama**
- 4** **Can Pınarından**  
Prof. Dr. Ahmet İNAM  
**Düşün küre özlemi**
- 6** **Kapak**  
Prof. Dr. Mehmet SAKINÇ  
**Yaşamın evriminde kritik zaman**  
**Kambriyen: Neden, niçin, nasıl?**
- 22** **Kapak**  
Prof. Dr. Ali DEMİRİSOY  
**Kambriyen Patlaması ve nedenleri**
- 34** **Kapak**  
Dr. Kevser KUŞAT OL  
Prof. Dr. Sinan AKGÖL  
**Kambriyen patlaması ve yaşamın köklü değişimi**
- 40** **Kapak**  
Prof. Dr. Nurdan İNAN  
**Kambriyen Patlaması: Yaşam serüveninde satır başı**
- 46** **Uzm. Dr. Alişan Burak YAŞAR**  
**İntihar ve intiharı**  
**konusmak-duymak-duyurmak**
- 50** **Dr. Yunus HACİMUSALAR**  
**İntiharın nedenleri ve önleme çalışmaları**
- 54** **Prof. Dr. Işık KARAKAYA**  
**Çocukluk ve ergenlikte intihar**
- 57** **Uzm. Dr. Arzu ERKAN YÜCE**  
**Dijital dünyada ebeveynlik**
- 62** **Parantez**  
Prof. Dr. Remzi DEMİR  
**Nataşa'nın Dansı bize ne anlatıyor?**
- 64** **Yerden Göğe**  
Prof. Dr. Sıtkı Çağdaş İNAM  
**2019 Nobel Fizik Ödülleri:**  
**Astronomi ve kozmolojide çığır açanlar**
- Dr. Kevser KUŞAT OL**  
**Prof. Dr. Sinan AKGÖL**  
**Nobel 2019 Kimya Ödülü**  
**Bilgi teknolojileri devriminin arkasındaki**  
**gizli kahramanlar: Li-iyon pilleri** **66**
- Dr. Didem AĞAÇ ÇOBANOĞLU**  
**Nobel 2019 Tıp Ödülü**  
**Hücrelerin oksijen yeterliliğini algılaması** **71**
- Kondor'un Güncesi**  
**Özgür UYANIK**  
**Evo Morales'i kim, neden ve nasıl**  
**devirdi?** **73**
- Makro ve Mikro Boyutta Evren**  
**Dr. Ali Emre GENÇ**  
**Jupiter'in uydusu Europa'da su bulundu**
- Kitapkurdu**  
**Hazırlayan: Gökalp ÇİFTÇİOĞLU** **80**

## ÇİVİYAZISI

# Bugünkü canlılığın kökeni: Kambriyen Patlama



Emrah MARAŞO • Genel Yayın Yönetmeni • emrahmaraso@gmail.com

**D**ünyamız yaklaşık 4.6 milyar yıl yaşında. Kambriyen Patlama ise adeta dünyanın oluşum sürecinde canlılık için bir kopuşu temsil ediyor. Bu bakımdan ona "evrimde devrim" de diyebiliriz. 543 milyon yıl önce gerçekleşen bu büyük dönüşüm anlık ve doğaüstü bir gücün sihirli değneğine bağlı bir oldubittiye işaret etmiyor. Aksine milyonlarca yıl sürüyor. Ancak bu süre yerküremizin tarihinin çok ama çok küçük bir zamanını temsil etmesine rağmen bugünkü canlılığın temelleri atılıyor. Çok çeşitli ve karmaşık hayvan anı bir patlama ile bu 40 milyon yıllık zaman diliminde ortaya çıkıyor. Belirsizlikten sistematik özellikleri belli olan dal, sınıf ve gruplara geçiliyor. "Belirli Canlılar Dönemi" açılıyor. Çeşitlilik, gelişmişlik, sayısal çokluk ve coğrafi yaygınlık bakımında kambriyen hayvan topluluğu kendisinden önceki 4 milyar yıldan keskin bir şekilde ayrılıyor. Kambriyen Patlama'nın fosil kayıtları da yaygın bir şekilde mevcut.

Bu sayıyı elinde tutan siz değerli okurlarımızı canlılığın ve dolayısıyla bizim kökenimiz olan Kambriyen Patlama'nın öncesi ve sonrasına dair büyük bir yolculuğa çıkarıyoruz. Bu yolculukta hurafeler, mitolojiler, efsaneler yok. Çıplak gerçeğin kendisi ve o gerçeği kanıtlarla gösteren ve sistemleştiren bilim var. Bu nedenle sayımızı aynı zamanda doğaüstü ve dinsel anlatılara karşı gerçeğin kendisi olarak da okumanızı rica ediyoruz.

Kapak dosyamıza katkı sunan çok değerli bilim insanlarına tek tek teşekkür ediyoruz. Her zaman merak edilen ama ana hatlarıyla üstünde durulan bir konuyu ayrıntılı ve bilimin son verilerine dayanarak açıkladılar.

Böylelikle Bilim ve Ütopya evrim külliyatına çok değerli bir sayı daha kazandırmış oluyor. Bizi biz yapan da evrim başta olmak üzere birçok doğa yasasını ve bilimsel alanı derinliğine ele alıp sunmamız diye düşünüyoruz.

## İntihara karşı umut ve bilim

Adını anarken bile tereddüt ediyoruz. Çünkü çok hassas bir konu. Geçtiğimiz ay ülkemizde yaşanan çeşitli vakalar intihar olgusunu, buna yönelik yaklaşımı ve medyanın yayınlarını gündeme getirdi. İntihar konusunda bir şeyler söylemek, zamanla ilgili olduğu kadar ne söylediğiniz ve nasıl söylediğinizle de ilgili. Ve en önemlisi kimlerin söylediğiyle... Bu sayımızın ikinci dosyasını çok değerli psikiyatrların yazıları oluşturuyor. İntiha-

ra nasıl yaklaşmamız gerektiğinden ne yapmamız gerektiğine kadar bir kılavuz adeta. Ciddi bir halk sağlığı problemi olan ve sadece tek bir nedene bağlanamayacak bu soruna karşı konunun uzmanlarının üç yazısına yer veriyoruz. İntihara karşı ne yapmalıyız? Aileler, ana-babalar çocuk ve ergen intihar olasılığına karşı nasıl bir yaklaşım geliştirmeli ve medya hangi sorumlulukla bu duruma yaklaşmalı?

Sayfalarımızda sizleri bekliyoruz...

## Nobel Bilim Ödülleri

Nobel Bilim Ödüllerini bu sayımızda alanında uzman akademisyen ve araştırmacılar yazdı. Sadece haber vermekle yetinmiyoruz. Aynı zamanda ödüllerin öncesini, işlevini ve geleceğe yönelik çıkarımları da yansıtıyoruz.

## Bolivya ve Morales

Geçtiğimiz ay Bolivya Devlet Başkanı Evo Morales Amerikancı bir darbeyle devrildi ve Meksika'ya sığındı. Darbe ırkçı, dinci ve faşist bir senatörü; üstelik toplumda hiçbir karşılığı olmayan birini devlet başkanlığı koltuğuna oturttu. Yaptığı ilk şey İncil'i sallayarak meclise girmek oldu. ABD emperyalizmi en gerici azınlığa dayanarak iş görmeye çalışıyor. Bu azınlığın Bolivya'yı birleştirme ve istikrar içinde yönetme şansı uzun erimde görünmüyor. Dolayısıyla emperyalizmin tek seçeneği kaos... Peki darbeye giden yolun taşlarını döşeyen etkenler, darbeye ulusal ve uluslararası güçlerin rolü ve tutumu, Morales'in doğruları ve yanlışları neydi? Bolivya deneyimini, özgünlüğünü dikkate alarak incelemek bu bakımdan önem taşıyor. Hiçbir yerde bulamayacağınız Özgür Uyanık'ın bilgilendirici analiz yazısını bu sayımızda okuyacaksınız.

## Merhaba 2020!

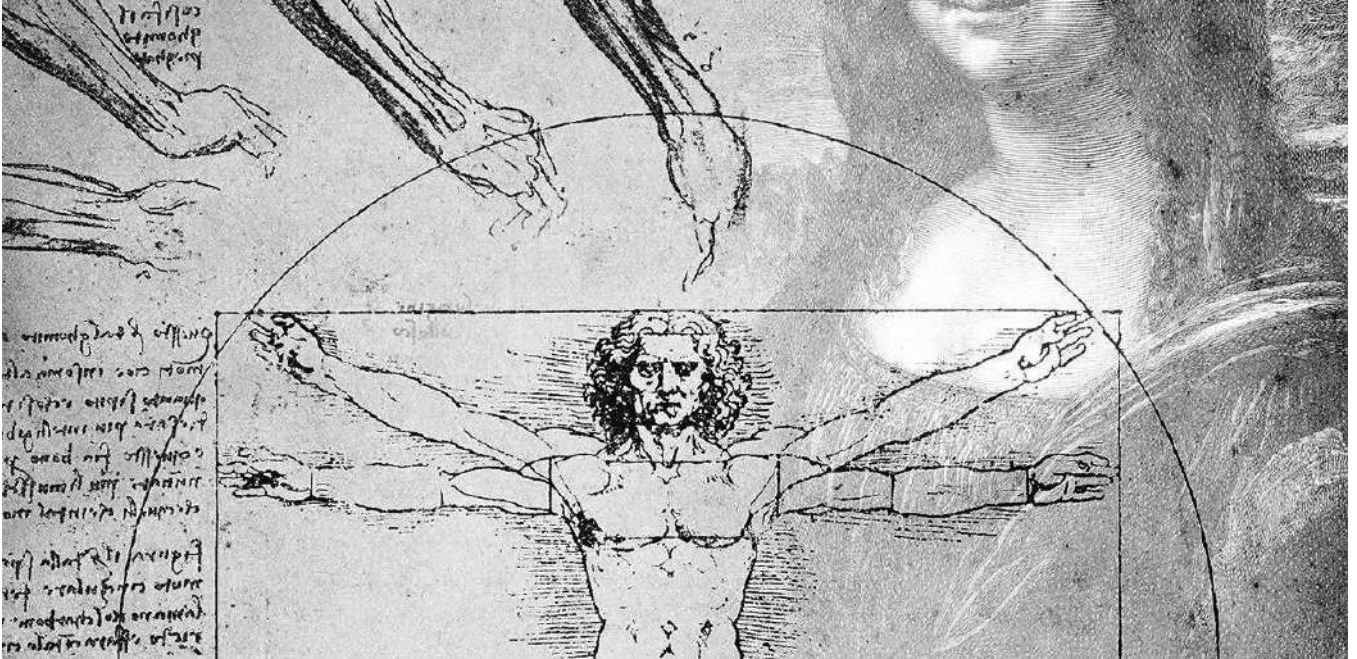
Yeni yıla giriyoruz. Zorlukların büyüklüğü umudun ve iyimserliğin büyüklüğü anlamına geliyor. Hiçbir zorluk ne ülkemizi ne milletimizi ne de insanlığı yıldıramaz. Bilimin, aydınlanmanın, devrimin, özgürlüğün ve eşitliğin kurulacağı bir dünyaya bir adım daha yaklaştığımızın bilinciyle hepimizin yeni yılını kutlarız!

CAN PINARINDAN

# Düşün küre özlemi

Prof. Dr. Ahmet İNAM • ODTÜ Felsefe Bölümü Öğretim Üyesi

Düşün küre; bilimle, sanat etkinlikleriyle düşünen, anlamaya çalışan, yorumlayan, eleştiren, arayan, araştıran, duyarak, düşünerek, yaşayarak hakikat yolculuğu yapanların düşün enerjileriyle beslenip oluştuğunu düşündüğüm küredir.



**D**üşün küre; hava küre (atmosfer), su küre (hidrosfer) gibi, gezegenimizi kuşattığını düşündüğüm fiziksel olmayan sanal bir küredir. Düşün sözcüğü ile dile gelen kavram düşünce, fikir sözcükleriyle dile getirilen kavramları da kapsıyor. Biyokimyacı Vladimir Vernadski gezegenimizde jeosfer, biyosferden sonra oluşmuş bir katman olarak insan bilincinin meydana getirdiği noosferden söz eder (*Noos* düşünce, akıl; *sfeira* küre, top demek Eski Yunancada). Noosfer oldukça yerleşmiş bir kavram; örneğin *noocenosis*, *noocenology* kavramlarını da doğurmuş, bilimde etkin kullanım alanları var. Pierre Teilhard de Chardin de noosferi teolojik açıklamalar için kullanıyor.

Ben düşün kürenin Eski Yunanca'dan yola çıkarak Batı dillerindeki karşılığının *gnomasphere* olabileceğini düşünüyorum (Türkçe yazılışıyla *gnomasfer*!). *Gnôma*ya da *gnômé* düşünce, yargı, niyet, erek; *sfeira* ise küre demek (Ayrıca *gnômai*, bilgelerin düşünce-

leri demek!). *Gnomasfer*, elbette insanın bilinçli bir canlı olarak düşünsel, sanatsal, tinsel etkinliklerini kapsayan noosferde bulunur. Orada yaratıcı, etkileyici, yeni düşüncelere yol açıcı düşünsel, sanatsal çalışmalar kuşağı olarak kendine özgü bir katman oluşturur. Düşün küre noosferin deyim yerindeyse "demiorgik" (*dêmiourgikos*) yanıdır. Onun yaratıcı, yapı oluşturucu, yeni, taze, canlı, doğurucu, doğurtucu bir alanıdır.

Düşün küre; bilimle, sanat etkinlikleriyle düşünen, anlamaya çalışan, yorumlayan, eleştiren, arayan, araştıran, duyarak, düşünerek, yaşayarak hakikat yolculuğu yapanların *düşün enerjileriyle* beslenip oluştuğunu düşündüğüm küredir. Gerçekten, içtenlikle kendini yaptığı düşün yolculuğuna adanmış insanların *düşün güçleri* düşün küreyi diri tutar. Düşün küreyi bilimin, sanatın, düşünce ve duyguların yoğun yaşandığı çevrelerde duyabilirsiniz. Düşün küre sizi düşünce oluşumunun, işleyişinin içtenlikle



Görsel Danielle Feliciano tarafından oluşturulmuştur.

gerçekleştirildiği ortamları yaşamamızı sağlar, eğer siz de düşün arayıcısı iseniz.

Bir ülkede salt ezberlenip aktarılan düşünceler varsa, birkaç egemen düşünceden başka düşüncelerin farkına varılmıyor da düşünsel çeşitlilik çok azsa, bu düşüncelerin, tasarıların *düşün gücü* çok düşüktür. O ülkede düşün küre cılızdır, çok seyrek bir yapı gösterir. Dolayısıyla orada düşün kürenin getirebileceği "düşün yağmurları", "düşün fırtınaları, meltemleri, lodoları" yoktur. Düşün toprağı verimsizdir, çoraktır. Düşün bahçelerini ayrıık otları sarmıştır. Düşün çiçekleri solmuş, düşün ağaçları kurumuştur. Düşün küre yokluğunu gizlemek için o ülkelerde yapma düşün çiçekleri, plastik düşün ağaçları üretilir. Ürünler düşün enerjisiyle beslenemediği için doğal değildirler. Sahte, hırsız bilimciler; sığ, yüzeysel sanatçılar; derin düşünceler ortaya attığını sanan kısır, kör, duyarsız düşünürler sarar ortalığı. İçinde düşün insanların olmadığı binalarla, kurumlarla düşünler üretilebileceğini düşünürler. Düşün gücü çok düşük çalışmalarla düşün kürenin enerjisini düşürüp ona zarar verirler. Ortalıkta makaleler, tezler, kitaplar vardır da onları düşün yapıtı yapacak düşün gücü, düşün kürenin tını yoktur. Onlar için düşün düzeyine çıkamamış, irdelemekten ürktükleri inançları önemlidir. Onları savunmak için düşün görünümünde sığ düşünceler türetirler. Türettikleri bu düşüncelerin derin olduğunu sanırlar. Düşün yoğunluğu olmayan bu inançlar sığ yaşanır, giderek düşün kürenin dışına itilir.

Düşüncelerini mana derinliğiyle irdeleyip sebatla sonuna kadar götürmeye çabalayan, düşün heyecanı dolu olanlar düşün kürenin gücünü yükseltebilir. Sahte, kopyacı, kurnaz, düşünmeyi, sanat üretimini ticaret sanan yetersiz insanlar hava kürede, su kürede, yer kürede yaşarlar da, düşün küre örtmez

hiçbir zaman üstlerini. Düşüncelere, olgulara, sanatsal duyarlılıklara bağlanmazlar. Sanat, bilim, düşünme, duyma gibi onları aydın yapabilecek etkinlikler, ürünler, onlar için yaşamlarını sürdürmeye yarayacak bir iştir. Meslektir. Onlar yalnızca düşünce memurlarıdır.

Bir düşün toprağı edinip oralara düşün ekip, onlara özenle bakarak düşün yetiştirmeyi düşünmezler. Düşünseler de böyle bahçelerin resimlerini kitaplardan, internetten edinmişlerdir. Tohumları dışarıdan alırlar (GDO'lu!). Bir otoriteye bağlanıp onun buyruklarına uyarak sözde düşün ürünleri yetiştirirler. Ürünler satış için, bir memur kadrosu için ya da ün için üretilirler. Büyük olasılıkla sıradan, basmakalıp olduklarından düşün güçleri düşüktür. Düşün kürede yağmurlara, fırtınalara yol açmazlar.

Teknolojinin ipine sarılıp düşünme sürecinin yalnızca algoritmalarla yürütülebileceğini sanan düşün gücü düşük ama uyanık insanların da düşün kürede pek saygın yerlerinin olmadığını söyleyebiliriz. Düşün, ayrıca, düşünceleri arasında tutarsızlıklar olan, "bir öyle, bir şöyle düşünen" insanlara uğramaz. Düşün tutarsızlıklardan kaçır. Siyaseti tutarsızlıklarla yapan bir ülkenin üstündeki düşün küre çok cılızdır.

Yeteneğe, bilgiye, liyakate önem vermeyen; düşünme üzerine, bilim ve sanat üzerine düşünmeyen bir ülkede düşün küre en ufak bir kültürel, toplumsal, ekonomik fırtınada uçup terk eder o ülkeyi.

Fiziksel dünyada gökkuşağı nasıl farklı renkleriyle şaşırtıcı güzelliğini ortaya koyabiliyorsa, düşünme, duyma, araştırma çabalarıyla oluşturulacak düşün küre de rengârenk düşün kuşakları sunabilir bize. Böyle kuşakları seyredebileceğimiz bir ülke özlüyorum.



# Yaşamın evriminde kritik zaman Kambriyen: Neden, niçin, nasıl?

Prof. Dr. Mehmet SAKINÇ • İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Daha soğuma evresinde olan gezegende yüksekçe bir yere çıkıp da etrafa bakarsak şöyle bir manzarayla karşılaşırız. Volkanların yaydığı lavlarla kaplı meteor yağmuruna tutulmuş bir ateş topuna benzeyen uçsuz bucaksız alanlarla kaplı bir Dünya. Sanki zaman makinesine binmiş gibi önce Dünya'nın geçmişine 4.600 myö'ye bir gidelim. Sonra, dura dinlene etrafa bakarak, gözleyerek 541 myö'ye kadar gelelim. Son durak da "Kambriyen" olsun.



## Öz

**D**ünya Gezegeni'nin oluşumu ve başta biyosfer olmak üzere tüm küresel yapıların bugünkü duruma gelebilmesi için yaklaşık 4.600 milyon yıl geçti. İnsan aklının alamayacağı zaman bu.

Bu sürenin yaklaşık 4.000 my bu yazının konusunu oluşturuyor. 541 my yani canlılığın çeşitlenmeye başladığı fanerozoik zamanın başlangıcına, diğer bir anlamıyla, Kambriyen zamanına ve onun süreçlerine kadar olan zaman aralığı bu yazının konusu içinde ele alınacak ve Dünya'nın başından geçen olayların sebepleri nelerdir, nasıl olmuşlardır, gibi sorular cevap bulacaktır.

Dünya, kabuk bağlamaya başladığının ilk safhalarında moleküler ve kimyasal değişim içindedir. Bu değişimi oluşturan sebeplerin başında volkanlar ile denizaltı volkanizmasının hidrotermal bacaları yer alır. Sıcak gazlar, yüksek enerji altındaki suyla temasa geldiğinde kimyasal tepkime ile moleküler evrim başlar ve ilk prokaryot hücreler oluşur. Bundan sonra canlılığın temeli olan fotosentetik bakteriler yani siyanobakterilerin güneş enerjisini kullanarak fotokimyasal yolla ürettiği oksijen; gezegenin yaşamında önemli rol oynar. Bu O<sub>2</sub> molekülünün yaptığı bir devrimdir. Artık tüm yaşamdan sorumlu "O"dur. Dünya kabuğu soğurken, su buharı gazdan sıvı hale geçerken yani su oluşurken bile oksijen olayın içindedir.

Arkeen döneminde ilk prokaryot yaşamın oluşmasında baş rol yine oksijenindir. Prokaryotların fosilleşip de okyanuslara karışıp organik malzemenin oluşmasında oksijenin rolü vardır. Arkeen'de başlayan buzullaşma ve kıta hareketlerinin sorumlusu yine oksijendir. Proterozoik'in başlarında gezegende Büyük Oksijen Olayının (GOE) yaşanmasına neden olur ve Huroniyen biotasının yok olmasının da nedenidir. Faunayı oluşturan organik canlı kabuklarının okyanus suyundaki organik karbon ( $\delta^{13}C$ ) değerini arttırmasından da oksijen sorumludur.

Paleoproterozik'te 1.800-800 milyon yıl arasında yaşanan oksijen krizi tüm gezegeni etkisi altına alır. "Çorak Dönem" olarak bilinen oksijenin azlığı yaklaşık 1.000 my kadar sürecektir. Bunun nedeni; Columbia ve Rodinia süper kıtalarının oluşumları ve parçalanmalarını sürecini sağlayan kıta hareketleri (Levha Tektoniği) sonucunda

“ Dünya Gezegeni'nin oluşumu ve başta biyosfer olmak üzere tüm küresel yapıların bugünkü duruma gelebilmesi için yaklaşık 4.600 milyon yıl geçti.

”

üretile CO<sub>2</sub>'in atmosfere salınması olmalıdır. Çorak Dönem belki de Dünya'nın dinlenme zamanıdır. Bu dönem sona erdiğinde, Dünya'da yeni yaşam formlarının görülmeye başlaması ile birlikte oksijen değerlerinde önemli artışlar meydana gelecek; Kartopu Dünyası'nı temsil eden Kiryogeniyen ve Gaskiers buzullaşmalarının etkileri görülecektir. Her şey bundan sonradır. Bu; Ediakariyen'in çıplak canlılığı ve sonrasında, günümüz biotalarına benzeyen zırh ya da kabuklarla örtülü metazoan canlılardan oluşan "*Biyolojik Çeşitlenme*", kimyasal, moloküler, biyolojik, jeolojik ve daha birçok süreçler dizisinin insan aklının alamayacağı bir zaman içinde gelişerek bir bütünü oluşturmanın hikâyesidir.

Bundan sonra günümüze kadar geçecek 541 my Dünya için çok daha rahat olacaktır diyebiliriz, ama zaman zaman canlılığın evrimini biçimlendiren katastrofik olayları da yaşayacaktır Dünya. Örneğin Gezegene düşen meteorlar, değişen iklim koşulları, büyük volkan patlamaları volkanik kışlar yaşamı birkaç kez yok edecektir ama 4.000 my sürede oluşan yerleşik düzen yaşamın yeniden, durmaksızın yeniden canlanmasını ve devamını sağlayacaktır.

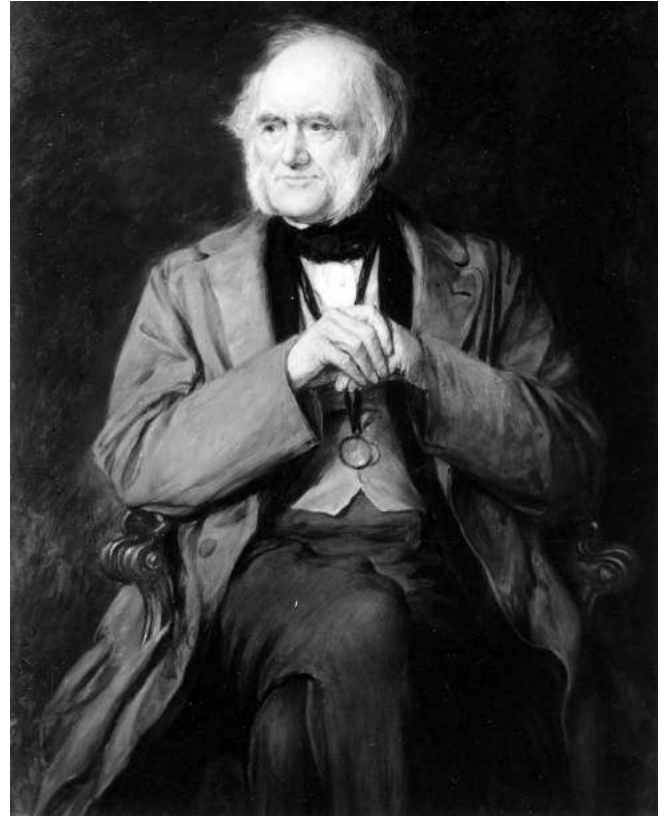


Şekil-1: James Hutton (Aktuelizim / Güncelcilik)

## Giriş

İnsanın "zaman denen soyutu" algılayabilmesi ne-reye kadardır? Örneğin eski fotoğraflar, eşyalar, giysiler, kullanım araçları, arkeolojik eserler ve diğerleri olan her şey insanı geçmişinde ne kadar zaman ve onun süreçlerine kadar geriye götürebilir, neleri, hangi olayları hatırlamasına yardımcı olur? Peki, insanın yaşamadığı zamanlarda, insan Dünya'nın geçirdiği zamanları, geçen olayları, yaşayan canlıları, yağan yağmurları, depremleri, patlayan volkanları ve nicelerini bilmesi ve anlaması mümkün

müdür? İnsanın zamanı algılayabilmesine yönelik bu sorular daha da çeşitlenebilir. Biz jeologlar bazı prensipleri kullanarak geçmiş zamanın fotoğrafını çekebiliriz. Nedir bu prensipler? Aktuelizim (James Hutton, 1726-1797 Şekil-1) yani güncelcilik ve Uniformitarianism, diğer anlamıyla tekdüzecilik (Charles Lyell 1797-1875 Şekil-2). Güncelcilik prensibine göre günümüzde yaşanan doğa olaylarının benzerleri geçmişte de yaşanmıştır, olmuştur. Örneğin depremler, yağmurlar, seller, diğer doğal afetler gibi. Ancak burada önemli olan değişmezlik düşüncesidir. Şu soruyu sormak zorunda kalırız. Olaylar olmuştur ama nasıl? Buna cevap veren prensip de tekdüzeciliktir. Olaylarda yavaş ya da süratli değişimler yaşanıyorsa, o zaman bir tarih ve bir zaman kavramı düşüncesi oluşur ki bu da ancak tekdüzecilik ya da uniformitarianizm prensibi ile açıklanır. Geçmişte yaşanmış olayları anlayabilmemiz için bugünkü doğa olaylarına bakarak yeniden kurgulayabiliriz. Bunun için de birçok kanıt kullanırız.



Şekil-2: Charles Lyell (Uniformitarianizm / Tekdüzecilik)

Jeolojik zamanı algılamada bize kolaylık sağlayacak bu prensiplerin ışığında Dünyamızın oluşumunun ilk zamanlarına 4.600 (milyon yıl / 4.6 milyar yıl) öncesine gidelim. Bakalım o zamanlar Dünya'da neler olmuş, neleri yaşamış bu yaşlı gezegen, bunları anlamaya çalışalım.

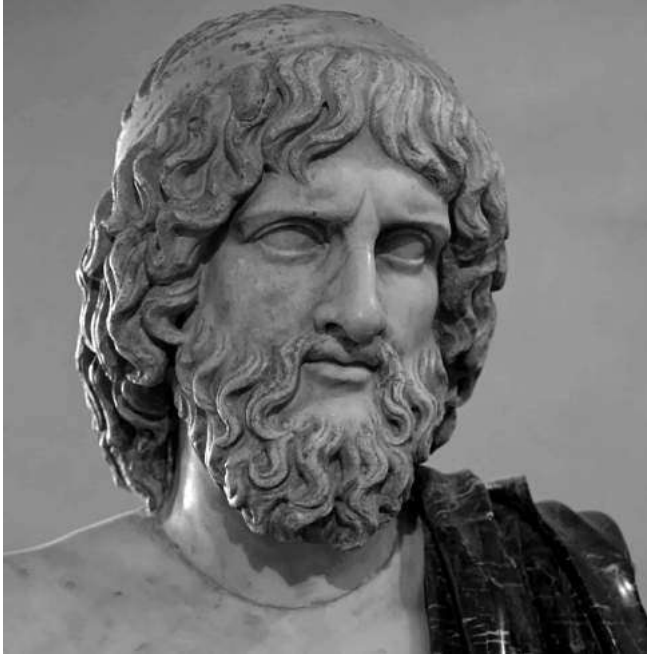
Darwin (1809-1882 Şekil-3) Türlerin Kökeni isimli eserinde "Kambriyen Patlaması" diye adlandırılan biyolojik zenginleşmeden bahsetmiş, ancak bu zamandan önce de mikroskobik düzeyde bir canlılığın olabileceğini de belirtmiştir. Zaten paleontolog ve biyologların bu konudaki düşünceleri de bu yön-

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - <https://rantey.org>

meteor yağmuruna tutulmuş bir ateş topuna benzeyen uçsuz bucaksız alanlarla kaplı bir Dünya. San-ki zaman makinesine binmiş gibi önce Dünya'nın geçmişine 4.600 myö bir gidelim. Sonra, dura din-lene etrafa bakarak, gözleyerek 541 myö'ne kadar gelelim. Son durak da "Kambriyen" olsun.

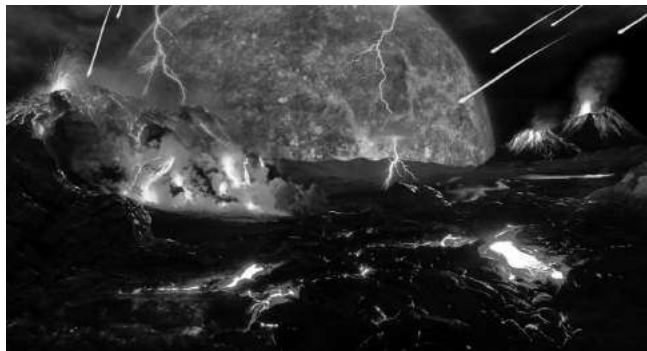
#### Hadean 4.600-4.000 myö

Bu "ateş zamanı" iki dönemle temsil edilir. Bunlar Kaotiyen ve Zirkoniyen'dir. Kaotiyen 4.600-4404 myö. Tam anlamıyla Dünya'da kaosun sürdüğü bir zamandır.



Şekil-5: Yeraltı Tanrısı Hades

4.404-4.030 myö zaman aralığını temsil eden Zir-koniyen ise Hadean zamanının içindeki ikinci dö-nemdir. Kaos Dönemi'nin sonundan 4.031 myö, Eoarkeen'in başlangıcına kadar 373 milyon yıl sür-müştür. Bu, Batı Avustralya'daki Jack Hills'de (Yıl-garn kratonu) ilk Hadean zirkonlarının meydana gelme yaşına karşılık gelir. Yani diyebiliriz ki bun-lar Dünya'nın en yaşlı kayalardır.



Şekil-6: Hadean Zamanı Dünya

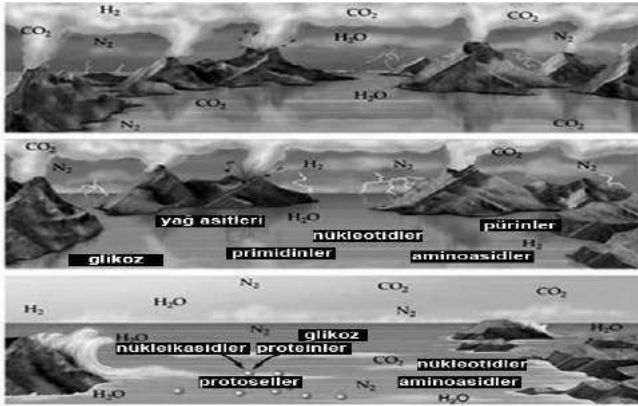
Yunan Mitolojindeki yeraltı tanrısı ya da cehenne-min tanrısı Hades'e (Şekil-5) karşılık olan bu zaman

Hadean'dır. Dünya gerçekten cehennem gibidir ve yalnızca ateş egemendir (Şekil-6). Tüm bu zor ko-şullara rağmen Dünya üzerinde önce moloküler ve kimyasal düzeyde başlayan yaşam; kompleks canlıların oluşmasına kadar milyarlarca yıl sürecek evrimleşmenin yolculuğuna çıkma hazırlıklarını tamamlanmak üzeredir.

#### Önce H<sub>2</sub>O ve okyanuslar

Biliyoruz ki Dünya Gezegeni'nin 2/3'ü okyanus ve denizlerle kaplıdır. Geri kalanı ise karasal alanlar yani kıtalardır. Dünya, Güneş Sistemindeki kayalık gezegenler arasında benzersizdir, çünkü yüzeyin-deki "sıvı su okyanusları" olan tek gezegendir. Ya-şam için gerekli olan sıvı su, Dünya yüzeyinde var olmaya devam edecektir, çünkü sera etkisi nede-niyle Dünya, suyunu kaybetmeyecek kadar güneşe uzaktadır. Peki öyleyse yaşamın kaynağı olarak bi-linen bu su nereden gelmiş olabilir? Kökeni nedir? Bu konudaki araştırmalarda ileri sürülen önemli hipotezler vardır. Bunlardan en akla yatkın olanı erimiş kayalardan meydana gelmiş olan magmadır. Şöyle ki, erimiş kayadaki su buharının büyük bir oranının, bir okyanusu oluşturmadan önce hızlı bir buhar atmosferini oluşturabileceğidir. Bu süreç, on milyonlarca yıl sürmüş olabilir, bu da okyanusların 4.400 myö kadar Dünya'da var olabileceğini gösterir. Ayrıca bir önemli faktör de levha tektoniğinin etki-leridir. Bunun sonucunda büyük miktarlarda CO<sub>2</sub> hapsolmuş ve sera etkileri azalmıştır. Bu da daha soğuk bir yüzey sıcaklığı ile katı kaya ve sıvı su oluşumuna yol açacaktır ki, bunun da anlamı 4.600 myö gezegen yüzeyinin küçük de olsa sularla kaplı olduğu ve hatta levha tektoniğinin etkin olduğudur. Şimdi yaşamın nasıl evrildiğini artık söyleyebiliriz. Her şey; yüksek ısı ve basınç altındaki magmanın volkanlarla dışarı çıktığında etrafa yaydıkları N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, gibi yaşam gazlarının soğuduktan sonra atom ve moleküllerinin yağmurlarla okya-nuslara karışmasıyla başlar (Şekil-7). Yüksek ener-jili yıldırımlar ve güneş ışınlarının etkimesiyle ilk organik moloküller; yağ asitleri, aminoasitler, nükleotidler, primidinler, purinler ve glukoz bu yüksek enerjili ortamda birbirleriyle etkileşime girerek ilk ilkel hücrenin oluşumunun kapısını açar. Nükleo-tidler, aminoasitlerle beraber genetik kodun temeli-ni oluşturduğundan hayati öneme sahiptir ve haya-tın yapı taşı olarak bilinir. Glukoz, fotosentezin ana ürünlerinden biridir ve hücresel solunum onunla başlayacaktır. Ortamdaki karbon, hidrojen, azot, oksijen veya sülfürden yapılmış organik bileşikler olan amino asitler proteinleri oluşturur. İlk yaşam; proteinlerin nükleik asitlerle birleşmesi sonucunda ilk basit hücreli canlının (kemoheterotrof) bu yük-sek enerjili ortamda meydana gelmesidir. Burada yaşamın önemli kaynaklarından bir olan RNA'dan (Ribonükleik asit) biraz bahsedelim. Herkes DNA'yı (Deoksiribonükleik asit) bilir de RNA hakkında pek fazla bilgileri yoktur. Oysa "O", yaşamı organize

eden bir nukleotittir. Onun görevi kimyasal reaksiyonları katalize etmedir. RNA, genetik bir molekül olarak büyük kabiliyete sahiptir; bir zamanlar kalıtsal süreçleri kendi başına sürdürmek zorunda kalmıştır. Yapılan araştırmalar RNA'nın kalıtımın ilk molekülü olduğunu belirtmiştir. DNA gelişmeden önce genetik bilgiyi depolamak ve ifade etmek için gerekli tüm yöntemleri geliştiren RNA'dır. Bununla birlikte, tek sarmallı RNA oldukça kararsızdır ve enzimler tarafından kolayca zarara uğratılabilir. Ancak RNA molekülü riboz yerine deoksiriboz şekeri kullanarak, daha stabil olan DNA'ya genetik bilgiyi doğrudan iletmek için çok daha kararlı bir form olarak da gelişebilir.



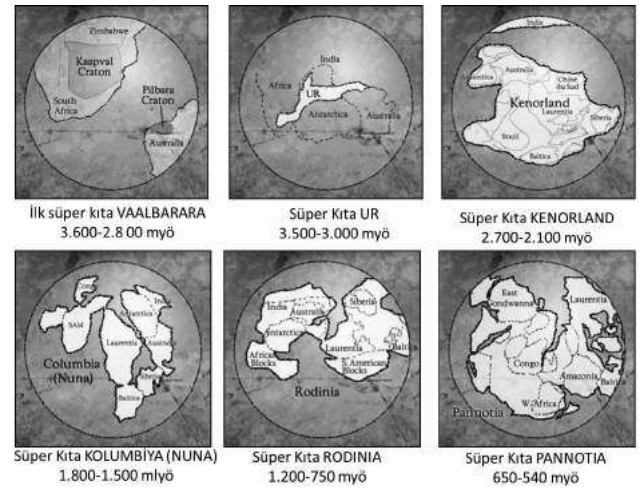
Şekil-7: Volkanizma ve Kimyasal Evrim

Bu biokimyasal evrim sulu alanlarda yüksek enerji eşliğinde gelişirken ve yaşamın ilk adımları atılırken, daha sonraki milyarlı yıllarda yaşam için önemli bir molokül ortaya çıkacaktır. Bu da oksijendir. Basit organizmalar enerjileri için fotosentez yapma kabiliyetini geliştirene kadar bu işlem fotoliz yolu ile gerçekleşir. Nedir bu? Bileşiminde oksijen olan CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O gibi gazlar güneş ışığı (fotoliz yolu) ile serbest kalır. H<sub>2</sub>O → H + OH ve CO<sub>2</sub> → CO + O, O + OH → O<sub>2</sub> + H. Açığa çıkan serbest oksijen basit bakteriler tarafından enerji için kullanılmıştır. Dünya'nın gerçek anlamdaki O<sub>2</sub> ile tanışması için ise yaklaşık 2.000 my daha geçmesi gerekecektir.

Ortamdaki bu kimyasal reaksiyonlar; Hadean sonu Arkeen başı ilk basit hücrenin oluşmasına kadar RNA zamanı olarak da bilinen 3.000-3.800 my kadar sürecektir. Bundan sonraki süreçte yaşam; prokaryotik yani bakteriyel düzeyde yaklaşık 1.500 my kadar süren bir zaman içinde gerçekleşmiş olmalıdır. Bu da Arkeen zamanıdır. Arkeen süreçlerinin en önemlisi fotosentez yapabilen mavi-yeşil alglerin yani siyanobakterilerin (tek hücreli kloroplastlı bakteriler) okyanuslarda 2.700 myö çoğalmaya başlamasıdır. En önemli özellikleri fotosentez yaparak oksijen üretebilmeleridir. İşte ilk oksijenli atmosfer Proterozoyik zamanın başlarında 2.200 myö böyle oluşacaktır. Daha da sonrasında 1.900 myö atmosfere salınan oksijen ve oluşan Ozon (O<sub>3</sub>) tabakası Dünya'yı güneşin zararlı ışınlarından tam anlamıyla korumaya başlayacaktır.

İlk prokaryotik yani tek hücreli bakteri fosillerinin

3.500 my yaşındaki kayalarda bulunmasının önemli bir nedeni vardır. Dünya litosferinin yani kayaların oluştuğu anlamını taşır ki bu da bize levha tektoniği hareketlerinin süratlendiğini söyler. Bunun sonucunda Dünya'nın iyice soğuması ve yaklaşık 3.200 myö litosferin parçalanmasıyla kıtalar oluşmaya başlayacaktır. İlk süper kıta Vaalbrara'dır. 3.600-2.800 my yaşındaki kayalardan meydana gelmiştir. Devam eden levha hareketleri durmayacak ve daha birçok yeni kıtanın oluşumunu sağlayacaktır. Bazıları da parçalanıp başka başka kara parçalarını oluşturacaktır. Zaman, kara parçalarının bir araya gelip süper kıtaları oluşturma zamanıdır ki bu da Proterozoyik'te çok daha belirgindir. Levha hareketlerinin sonucunda sırasıyla 3.500-3.000 myö "Ur", 2.700-2.100 myö "Kenorland", 1.800-1.500 myö "Kolumbiya (Nuna)", 1.200-750 myö "Rodinia" ve 650-540 milyon yıl önce "Pannotia" süper kıtaları 3.500-540 myö kadar yaklaşık 3.000 my süre içinde oluşan kıtalar olmuştur (Şekil-8). 4.000 -3.800 my arasında kimyasal evrimden ilk hücre oluşumuna kadar geçen süre içinde biyokimyasal evrim sonrasında ilk basit hücre gelişimi görülür. Sonra, söz bakterilerin olacaktır.



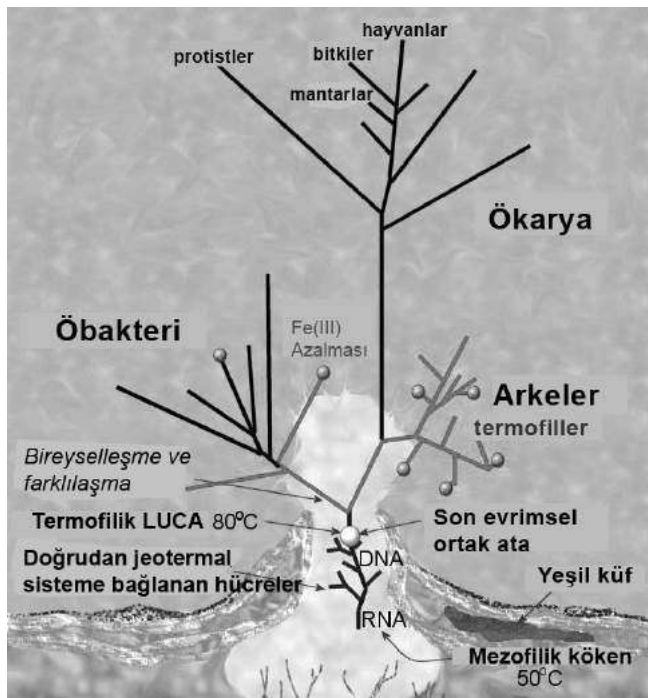
Şekil-8: Arkeen ve Proterozoyik Süper Kıtaları

## Hidrotermal bacalar

Volkanlardan çıkan kızgın gazlar okyanuslarla birleşip suyla reaksiyona girerken, diğer taraftan da 3.800 myö okyanusların derinliklerinde bu sefer deniz altında yani okyanus tabanında gaz püskürten hidrotermal bacalar ya da günümüzde hot spot diğer bir deyişle "sıcak noktalar" diye bilinen bölgelerdir. Bu gaz çıkışlarının milyarlarca yıl önce canlılığın oluşumunda, biokimyasal, moloküler evrimde rol oynadıkları düşüncesi bu oluşumların 1970'li yıllarda Galapagos adalarındaki keşfinden son başlar. Günümüz okyanuslarındaki hidrotermal bacalarının çevresindeki canlı çeşitliliğine ve kimyasal özelliklerine bakarak milyarlarca yıl önce de yaşamın böyle sıcak su ve gazlarının etkisiyle gelişebileceği düşüncesi birçok taraftar bulmuştur. Bu konuda birçok araştırma vardır Bunlar yazının

başlangıcında anlatılan doğayı baştan kurma prensipleri olan "güncelcilik ve tekdüzecilik" ile bire bir örtüşen öngörülerdir. Dediğimiz gibi; "günümüz geçmişin aynasıdır." Ya da diyebiliriz ki, okyanuslardaki hidrotermal bacalar yani sıcak noktalar bugün nasıl varsalar geçmişte de olmalıdır. Böylece günümüzdeki hidrotermal bacaların özelliklerini inceleyerek 3.800 myö'sinin yaşamını yeni baştan kurgulayabilir, konuyla ilgili birçok araştırma yaparak bu öngörünün doğruluğunu sağlayabiliriz.

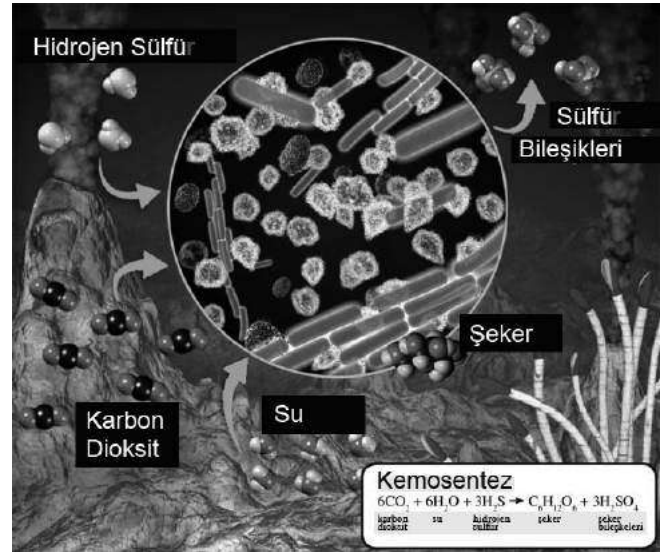
Yaşamın öncüleri olan amino asitler ve nükleotitler (DNA'nın yapıtaşları) bu yapı taşlarını oluşturmak için ilkel şartlarda mevcut olan karbondioksiti ve hidrojeni kullanmış olmalıdır. Ancak bu kimyasal reaksiyonlar için bir güç kaynağı gereklidir. Okyanus tabanındaki hidrotermal bacaları çevreleyen kayaların enerji üretebildiği varsayımı ise araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarla kabul görmektedir. Onlar bacaları saran kayalık mineral duvarların bu enerjiyi oluturabileceklerini düşünmektedir. Bu varsayımı biraz açalım: *Yaşamın başlangıcında, ilk okyanuslar asidikti ve pozitif yüklü protonlarla doluydu. Derin deniz hidrotermal bacaların çıkarttığı maddeler ise negatif yüklü hidroksit iyonlarıyla zengin ve alkali özellikteydi. Bacalardan çıkan ılık alkali akışkanların daha soğuk, asitli deniz suyuyla teması geldiğinde ortamda aynen pillerde olduğu gibi, küçük gözeneklerle dolu demir ve kükürt bakımından zengin enerji duvarları oluştu. Bu okyanusal pil daha sonra karbondioksit ve hidrojenin amino asitler veya proteinler gibi basit karbon bazlı moleküllere kimyasal dönüşümünü sağladı. Sonunda bu enerji duvarı DNA'ya benzer bir molekül olan hücresel membranların, komplike proteinlerin ve ribonükleik asidin (RNA) oluşumunu sağlamış oldu. Bu noktada ilkel hücreler; yeni karbon bazlı moleküller, ilkel prokaryot hücrelerin öncülerini bir araya getirmek için bacaların ultramafik yani*



Şekil-9: Hidrotermal Baca etkinliği

*serpantin duvarlarını katalizör olarak kullandı* (Şekil-9).

Günümüz okyanus tabanındaki hidrotermal bacaların civarında bulunan bakteriler her türlü ortama kolaylıkla uyum sağlayabilir. Örneğin yüksek sıcaklık, pH, tuzluluk, kükürt, asidite ya da demir eriyiklerinin fazla olduğu olduğu ekstrem ortamlara kolaylıkla uyum sağlayabildikleri gibi ve işte bunlar 3.800 myö yaşamın en ilkel canlıları olmuşlardır. Bu ilkel hücreler karbondioksiti bitkiler gibi şekere dönüştürmek için ışık enerjisi kullanmak yerine, hidrotermal bacalardan çıkan minerallerden ve kimyasal bileşiklerden kimyasal enerji toplayarak kemosentez olayını gerçekleştirirler. Hidrojen sülfid, hidrojen gazı, demir ve amonyak gibi bu bileşikler karbon içermez. Bakterilerin bazıları toksik olan kemosentezden sonra yeni bileşikleri açığa çıkarır ve bunlar diğer bakteriler tarafından besin maddesi olarak kullanılmış olmalıdır (Şekil-10). Tek hücreli bu organizmalar günümüzde de olduğu gibi 4.000 my beri her türlü zor koşula uyum sağlayarak yaşamını sürdürmektedir. Arkeen döneminin sonu ya da Proterozoyik'in başı ilk çevre kirlenmesinin yaşandığı zamandır. Nedir bu kirlenici. Oksijenden bahsediyoruz. Yakıcı olan bu madde ilk kez mavi yeşil algler siyanobakteriler tarafından fotosentez yolu ile üretilmeye başlayacak ve 2.200 myö de ozon tabakası meydana gelecektir.



Şekil-10: Hidrotermal Baca ve Kemosentez

### Paslı Dünya'ya yolculuk: Büyük oksijen olayına doğru (GOE; Great Oxygen Event)

Gezegende iklimsel, kimyasal ve jeolojik büyük olayların yaşandığı ve bunların Dünya için büyük sonuçlar oluşturduğu Arkeen dönemi; Dünya zamanlarının belki de en ilginç süreçlerini sergilediği zaman olmuştur. Bu nedenle önemlidir. 4.000-2.500 myö Dünya'nın başından ne gibi olaylar geçmiştir. Bunların kayıtları var mıdır? 1.500 my kadar süren bu zamanın en önemli olaylarının başında oksijen molekülünün (O₂) her şeye burnunu

sokması gelir ki, bu da Dünya üstündeki canlılığın temeli demektir. Arkeen geçirdiği süreçlerin karakterleri nedeniyle dört zaman aralığına bölünebilir.

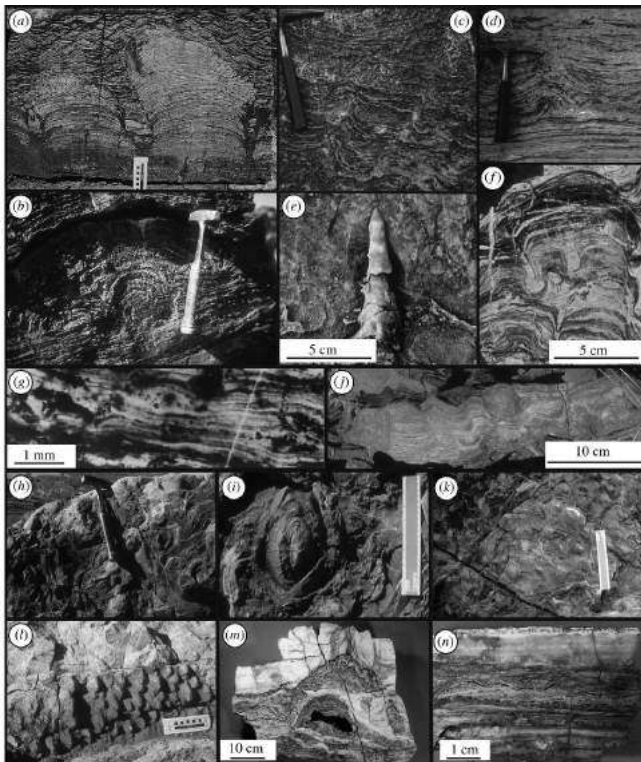
### Eoarkeen, 4.000-3.600 myö

Dünya kabuğunun katılaşmaya başladığı zamandır. Yaşamın cansız moloküllerden canlı moleküllere geçişi (abiogenez), bu dönemin önemli özelliğidir. Dünya artık sağlam bir kabuğa sahiptir, yoğun meteor bombardımanı altındadır. Eoarkeende kaya oluşumları vardır. Zirkon tarihlendirilmesine göre Grönland'ın güney-batı kıyısındaki Isua Greens-tone 3.800 my yaşındadır. Kanada Kalkanı içindeki Acasta Gneiss 4.031 my olarak tarihlendirilmiştir. Bu korunmuş en yaşlı kayadır.

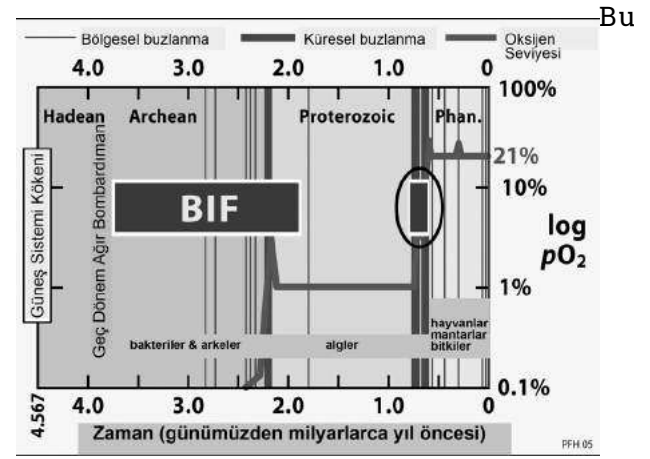
### Paleoarkeen, 3.600-3.200 myö

Bu dönemin en önemli özelliği, Avustralya'da 3.400 my'dan yaşlı bakteri fosillerinin bulunmasıdır. İlk süper kıta Vaalbara bu dönemde şekillenir. Güney Afrika'daki Kaapval kratonu ile Avustralya'daki Pilbara kratonundaki kaya kayıtları bunların Vaalbara süper kıtasının parçası olduklarını belirtmekte ve ayrıca jeomanyetik çalışmalar da bu iki kratonun 3.400 myö birlikte Valbara süper kıtasını oluşturduğunu doğrulamaktadır.

### Mesoarkeen, 3.200-2.800 myö



Şekil-11: Mavi-Yeşil Alg Siyanobakteri Fosilleri (Avustralya, Schopf, J. W., 2006)



Şekil-12: BIF (Bantlı Demir Oluşumları) Zamanı

zamanın önemli keşfi, Mavi-yeşil alg siyanobakterilerin oluşturduğu Avustralya'daki stromatolit fosilleridir (Schopf, 2006, Şekil-11). Dünya'da ilk buzullaşma 2.900 myö "Pongola buzullaşması" bu dönemde başlamış ve devam etmiştir. Mesoarkeen'in zaman aralığı; eski karasal havzaların oluştuğu zamanda başlaması ve ilk kıtasal sel bazaltlarının oluşmasıyla birlikte sona ermesidir. Grönland, Miitsoq'ta bilinen en eski meteor krateri bu dönemde meydana gelmiştir ve yaklaşık 2.975 myö tarihlendirilmiştir. Oksijenik fotosentez ilk önce Pongolan döneminde gelişmeye başlar ve daha sonra da oksijen dönemi'nde ortaya çıkacak olan oksijen felaketinin sebebi olacaktır. Güney Afrika'daki ilk süper kıta Vaalbara bu dönemde parçalanır. İlk stromatolit resif kalıntıları Mesoarkeen'e aittir. Bu zamanda Dünya'nın yüzey sıcaklığı, günümüzdeki sıcaklıklardan çok daha yüksek değildir. Atmosferik karbondioksit konsantrasyonu ise endüstriyel zaman öncesindeki değerden sadece birkaç kat daha yüksektir ve güneşin parlaklığı günümüzdeki değerinin sadece % 70'i kadardır. Bu, oluşabilecek daha büyük bir sera etkisinin ortadan kalkmasına neden olacaktır.

### Dünya'nın ilk demir çağı (BIF): Bantlı demir oluşumları

Bantlı ya da laminalı demir oluşumlarının Dünya gezegeni için ne anlama geldiği önemlidir. Okyanusların atmosferle olan ilişkileri ve zengin demir yatakları şeklindeki BIF'ler nasıl bir süreçten geçerek meydana gelmiştir? Arkeen döneminden başlayarak 1.800 myö öncesine kadar devam eden bu ilginç demir oluşumlarının hikâyeleri de ilginçtir. O zamanlar Dünya okyanusları asitli ve demir içeriği bakımından zengin sular. Atmosfer ise oksijensizdir. Yaşam formları ise siyanobakterilerin oluşturduğu fotosentetik ilkel mavi-yeşil alglerdir. Demirin oksijene karşı oldukça reaktif olduğunu biliyoruz. Bu bakterilerin, demir oksitlerin yani BIF'lerin eski okyanuslarda oluşmasına ve yerleşmesine neden olduğuna ait birçok yayımlanmış araştırma sonucu vardır. Dünya atmosferindeki oksijen gazının yükselişi hakkındaki bilgilerimiz;

bantlı demir oluşumlarının yaşı ve dağılımı ile okyanus kayalarındaki mikrofosillerin varlığı ve kükürt izotopları dahil olmak üzere kaya kayıtlarındaki verilere dayanmaktadır (Şekil-12).

Bantlı demir oluşumları (BIF'ler), yaklaşık 3.000 ila 1.800 myö demir bakımından zengin minerallerin (çoğunlukla hematit) ve silis bakımından yoğun çökeltilerin bantlı yapı şeklinde oluşturduğu katmanlı mineral yataklarıdır (Şekil-13). Katmanlar çoğu kez mm veya cm kalınlığında ince laminalar biçiminde olabilir. Laminalar silis, hematit, pirit, siderit ya da manyetit ardalanması şeklinde oluşabilir. BIF yatakları, yüzlerce hatta binlerce metre kalınlığa ulaşabilir. Prekambriyen döneminde, BIF yatakları büyük olasılıkla küresel okyanus havzalarının büyük bölümünü kaplamıştır. BIF'ler, Dünya'nın demir cevherinin ana kaynağıdır ve tüm kıtalarda korunmuş olarak bulunur.



Şekil-13: BIF Kayaları

BIF'ler konusunu şöyle sonlandırabiliriz: Jeolojik okyanuslarda 1.200 my süren BIF egemenliği 1.800 myö Paleoproterozoyik dönemde sona erecektir. Bu süreç içinde gelişen olayların en önemlisi büyük oksijen olayının tüm gezgende hissedilir olmasıdır. Bu şunu gösterir: Oksijen üreten organizmalar, toksik oksijen seviyeleri üretene kadar büyüyecek ve gelişecektir. Bundan sonra oksijenin yok edici etkisi başlar ki bu da birçok bakterinin yok olmasına neden olur. Geride kalanlar düşük oksijenli ortamlarda ancak yaşamlarını sürdürebilecektir. İşte BIF'ler burada devreye girer. Demir oksit bantlarını üretmek için üretilen oksijen, sudaki demir ile birleşerek atmosferden uzaklaştırılır; bu düşük oksijen koşullarında, oksijen üreten organizmalar bir kez daha artabilir ve döngü tekrar başlar. Böylece BIF'lerdeki bantlı yapı meydana gelmiş olur.

### Neoarkeen, 2.800-2.500 myö

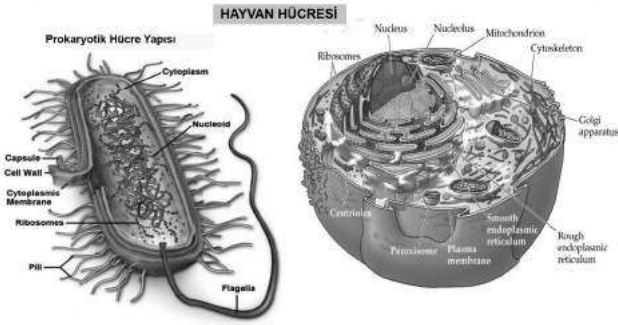
Siyanobakterilerin ürettiği oksijen ile yapılan fotosentez bu zamanda da gelişerek devam edecektir. Bu yakıcı gaz Paleoproterozoik'te gerçekleşecek olan oksijen felaketinin tek sorumlusu olacaktır. Diğer anlamıyla Dünya bu dönemde bir yerde pas-

lanmaya başlayacaktır. Bunun en güzel örneği BIF (Banded Iron Formation) yani oksitlenmiş demir oluşumlarıdır. Bir taraftan oksijen kaosu yaşanırken, bir başka büyük jeolojik olay da süper kıta Kenorland'ın yaklaşık 2.700 myö Dünya coğrafyasındaki yerini alması olacaktır.

2.500 myö "Büyük Oksijen Olayı", "Oksijen Felaketi", "Oksijen Krizi", "Oksijen Soykırımı", veya "Oksijen'in Devrimi" olarak ne dersiniz deyin Büyük Oksidasyon Olayı (Great Oxidation Event, GOE) sırasında jeolojik, izotopik ve kimyasal kanıtlar biyolojik olarak indüklenen moleküler oksijen (di-oksijen, O<sub>2</sub>) Dünya'nın atmosferinde birikmeye başlamasıdır. Bu olay Dünya'nın atmosferini zayıf indirgeyen bir atmosferden oksitleyici bir atmosfere değiştirir. Bilimsel araştırmalara göre bu konudaki olasılıklar oldukça fazladır. Yaşam için gerekli oksijen, gezegenin ilk evrelerindeki kimyasal reaksiyonlar, moleküler oksijen üretimine neden olmuş olabilir, ya da oksijen, oksijensiz fotosentez sırasında suyun oksidasyonu, suyun oksijene ve hidrojene elektrolizi ile meydana gelmiş olabilir, veya 2.300 myö bakteriler ölüp de ortama gömüldüğü zaman, organik karbon miktarındaki ani artış, serbest oksijen oluşumunun sebebi olabilir. Birçok varsayım vardı, ama akla en yakın ve taraftar bulanı bildiğimiz siyano-bakteriler yani mavi-yeşil alglerin faaliyetleri olmalıdır. Bakteriyal prokaryot olan bu canlılar Arkeen dönemi ortalarında ilk defa güneş ışınlarını kullanarak fotosentez yaparak serbest oksijen üretmişlerdi. Siyanobakterilerin tatlı sularda veya karasal bir ortamda protolikenler şeklinde ortaya çıktığı varsayılmaktadır. Heterotrofik prokaryotların aksine, bunların dâhili membranları vardır. Tabaka benzeri zara bağlı düzleştirilmiş keselerden oluşan yapılar ışığa bağlı fotosentez reaksiyonlarının yapıldığı yerlerdir. Fotosentezle oksijen bu bölgelerde üretilip atmosfere yayılmış olmalıdır. Oksijenik fotosentezin 3.000–3.500 myö geliştiği ve böylece Dünya'daki atmosferi oksijenle zenginleştirdiği tahmin edilmektedir. Siyanobakterilerin bu ilginç faaliyeti sonrasında atmosferde oksijen değerleri süratle artar ve gezegen büyük oksijen dönemine girerek ilk çevre kirliliğini yaşamaya başlar. Dünya'nın yaşam formlarının kompozisyonunu çarpıcı biçimde değiştirir ve anaerobik solunum yapan organizmaların çoğu yok olur. Zaman artık oksijeni kullanarak parçaladığı besinlerden elde edilen enerjiyle yeni bir yaşam biçimi aerobik yaşamın olacaktır.

Arkeen'den Proterozoyik'e geçiş (2.500 myö) Büyük Oksijen Olayının (GOE) başlaması iledir. Bundan sonra yani Proterozoyik'te Dünya gezegeninde yaşamın süreçleri çok daha karmaşık olacaktır. Bir taraftan biyokimyasal olaylar, diğer taraftan kıta hareketleri, meteor bombardmanı ve buzullaşma yaşam biçiminin bundan sonra belirleyici olacaktır. Bu olaylar devam ederken biokimyasal ortamlarda da siyanobakterilerin yaydıkları oksijen nedeniyle ortama uyum sağlayan yeni organeller

## Prokaryotik vs. Ökaryotik Hücre



Şekil-14: Prokaryot ve Ökaryot Hücreler

gelişmeye başlar. Bunlar fototrofik prokaryot bakteriyal hücrelerdir ama biyolojik evrimde oynadıkları rolleri de büyüktür. Evet mitokondri ve kloroplastlardan bahsediyoruz. Nedir prokaryot hücre? Hücre zarı ve çekirdeği olmayan sitoplazmasının içinde nükleotidlerin genetik materyelin diğer anlamıyla DNA'nın serbest olarak bulunduğu hücredir. Özellikle bakteriler bu tip hücrelerdir. Ökaryot hücre ise çok daha farklıdır. Fazla detaya girmeden, bunlarda çekirdek (nükleus) bir zarla korunmuştur ve genetik malzeme yani nükleotidler bu korunaklı yere yerleşmiştir. Bunun dışında sitoplazma içinde görevleri değişik olan hücre organelleri yer alır ve bunlar da bir hücre zarı ile çevrilmiştir. Dünya gezegenindeki kompleks yaşam başlangıcının jeolojik evrim+biyokimyasal evrim birlikteliğinin ilk adımları, Proterozoyik zamanın ortalarında yani mesoproterozoyik diliminde yani günümüzden 2.000 myö atılmış olmalıdır (Şekil-14).

### Proterozoyik zaman, 2.500-541 myö

Paleoproterozoyik, Mesoproterozoyik ve Neoproterozoyik olmak üzere üç periyottan oluşur. Birçok jeolojik ve paleobiolojik olaylar dizisi bu üç alt zamanı birbirinden ayırır.

### Paleoproterozoyik, 2.500-1.600 myö

Bu zaman aralığında Dünya'da önemli jeolojik ve iklimsel olaylar sürekliliğini korumaktadır. Oksijensiz atmosferinde oksijen oranı yükselmeye devam etmektedir. İki milyar yıl önce, gezegende küresel sıcaklıklar olasılıkla tropik yerlerde bile oldukça ılık olmalıdır. Bilinen en eski buzullaşma (Huronian Buzullaşması) yaklaşık 200 milyon yıl önce sona ermişti ve öncelikle de stromatolitler büyük gelişme içindeydi.

Atmosferdeki oksijen seviyeleri, ilkel algler ve bakteriler tarafından fotosentezden türetilerek kademeli olarak artmıştı. Demirce zengin tortular "BIF"ler yaygındı. Bu dönemin en önemli olayların-

dan biri de saf karbon içerikli Shungite oluşumları oldu. Parlak siyah renkli konkoidal kırılma yüzeyli altıgen şekilli kristaller halinde büyüyen grafitin aksine shungit şekilsizdir, yani kristal yapıya sahip değildir. Shungit bir yerde taşlaşmış petroldür ya da buna "fossil petrol" de diyebiliriz. Organik karbon bakımından bu zengin oluşumlar, örneğin Finlandiya, Rusya, Kuzey Amerika, Gönrland ve Batı Afrika gibi, Dünya'nın birçok coğrafyasında bilinmektedir. Birçok bilim insanı bu oluşumların küresel bir olay sonucunda meydana geldiği konusunda ortak görüşe sahiptir. Bu organik birikimlerin kökeni arkitark ve diğer organik yapıları bakteriler ve hatta siyanobakterilerdir. Bunların oluşmasının nedeni olarak kitlesel yok oluşları gösterebilir miyiz? Ya da okyanuslarda birikmesini sağlayan olay nedir? Shungitler, şimdiye kadar ve hatta dinazorların yok olmasına neden olan çiksolup (Chicxulub) göktaşından daha büyük bir göktaşının Dünya'ya çarpması sonucu meydana gelen katstrofik etki nedeniyle oluşabilir mi? Yapılan çalışmalar 2.000 myö Güney Afrika'da Johannesburg yakınlarına 300 km'lik bir krater oluşturan göktaşının (Vredefort) düşmesi, bu yok oluşun sebebi olabilir mi? Buna cevabımız evet olacaktır. Göktaşının yaptığı tahribat büyük boyutlardadır. Organik yapıları (organik karbon değeri %98) birçok bakteriyal yaşam ortadan kalkmıştır. Bunun sonucunda okyanuslarda değerlerinin çok üstünde organik karbonlu çökeller birikmiştir. İşte Shunga olayı ya da shungit oluşumlarının nedeni bu olmalıdır. Bunun yanı sıra gezegen ilk kez bu durumdan etkilenerek Huroniyen buzul dönemine (2.400-2.100 my) girer ve aynı zamanda önemli dağ oluşumları meydana gelir. Columbia (Nuna) süper kıtası bu zamanda büyük kara parçalarından oluşan bir topluluk biçimindedir. Bu olaylar devam ederken de Dünya meteor bombardımanı altındadır.

### Huroniyen buzul çağı ve ilk biyolojik yok oluşlar

Oksijenin üretilmesi bakımından okyanuslarda büyük başarıları imza atan siyanobakteriler kısa süre içinde mikrobiyal matlara (tabakalara) dönüşür. Bir süre sonra atmosferdeki metan, karbondioksit ve suya dönüşerek sera etkisini hızlandırır. Güneş'in enerji üretiminin ilk aşamalarda çok daha düşük olduğu düşünülürse, bu büyük orandaki metan, Dünya'yı nispeten ılıman bir gezegen olarak tutacaktır. Aynı zamanda, siyanobakterilerin ürettiği oksijen, oksijenin kendileri için toksik olması nedeniyle oksijen içermeyen yaşam formlarının çoğunu da yok edecektir. Bu güçlü sera gazını yok eden oksijenle gezegen ısınısını koruyamaz. Oluşan buz tabakalarının kutup bölgelerinin dışına ilerlemesi gezegenin toplam yansıtıcılığının artmasına neden olur. Yani daha az güneş enerjisi Dünya tarafından emilir ve bu durum daha fazla soğumaya ve daha fazla buz oluşumuna yol açar ki, sonunda gezegenin tüm yüzeyi buzlarla kaplanır ve Dünya buz dönemine girerek kartopu haline gelir. 300 my

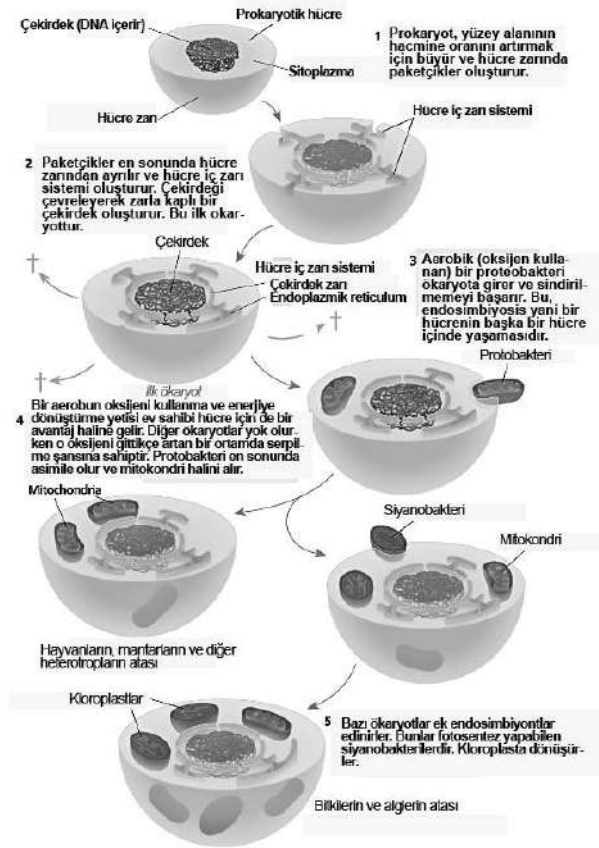
sürecek olan bu olay Huroniyen buzullaşmasıdır. Bu olay Dünya'daki yaşam için bir felaketi de beraberinde getirir. Bakteriyal düzeydeki yaşam son bulur, ama siyanobakterilerin gelişmesi kısmen de olsa devam edecektir. Organizmaların daha küçük popülasyonları değişen bir çevre ile karşı karşıya kaldıklarından uyum sağlayarak farklılaşır ve çok sayıda yeni nukleotidler ve ökaryotlar değişime daha dirençli olduklarından hayatta kalma şansları artar. Huronian buzullaşması sonunda ökaryotik yaşam; daha zor koşullara daha da dirençli hale gelecek ve günümüzde yaşayan tüm protistlere, bitkilere, mantarlara ve hayvanların yaşamına yol açacak değişimi gerçekleştirecektir. Şöyle de düşünebilir miyiz? Eğer oksijen, metan bakımından zengin atmosferimizi hiç tahrip etmemiş olsaydı ve kartopu Dünyası oluşmasaydı, bugünkü dünya yaşamı ve de insan yaşamı olabilir miydi? Dünya tarihinin bu zaman dilimi, gezegenimizin şimdiye kadar karşılaştığı en büyük kitlesel yok olma olabilir. Ancak, yine de, bu ilkel aşamada bile, yaşam her yerde kendine yer bulabilmiştir. Mevcut türlerin yok olması sonucunda her zaman olduğu gibi yeni ve boş ekolojik nişler oluşmuş olabilir. Bunlar yeni türlerin evrimleşmesi için son derece uygun koşulların olduğu yerlerdir.

### Endosimbiyotik evrim

Yaşamın biçimlenmesinde en önemli kavşaklardan biri protokaryot hücreli yaşamdan ökaryot hücreli yaşama geçiştir ki bunun devamı çok hücreli canlıların evrilmesiyle çeşitlenecektir. İki önemli bakteriden bahsetmek istiyoruz. Bunlardan biri mitokondri, diğeri ise kloroplasttır. Mitokondrileri, mor renkli ve oksijenle solunum yapan bakteriler olarak düşünebiliriz. Benzer şekilde, kloroplastlar da ışık enerjisini kullanarak fotosentez yapabilen bakterilerdir. Basit olarak ortamdaki bir prokaryot hücre yüzey alanını ve hacim oranını arttırmak için başka bir prokaryot hücre zarı içerisine girmeye çalışacaktır. Bu durumda hücre zarı endoplazmik retikulumu oluşturmak için içe doğru katlanır ve endosimbioz olayı başlar. Bu konudaki keşiflere tarihsel pencereden bakarak ne olduklarını anlamaya çalışalım.

1883'te Alman Bitki bilimci Andreas Schimper, hücrelerde potansiyel endosimbiyotik yapıyı inceleyen ve tanımlayan ilk kişidir. Schimper, fotosentetik organizmalarda bulunan kloroplastların siyanobakterilere çok benzer özelliklere sahip olduğunu gözlemler. 1905 yılında Rus Botanikçi Konstantin Mereschkovsky, endosimbiozun kökeninin plastidler olduğu fikrini savunur. 1926'da Amerikalı biyolog Ivan Emanuel Wallin bu fikri mitokondri için "Simbiyojenez ve Türlerin Kökeni" adlı kitabında açıklar. 1920'lerde, endosimbioz fikrini mitokondrinin kökenlerini içerecek şekilde genişleten Ivan Wallin; hem Schimper hem de Mereschkovski,

siyanobakterilerden geçişe odaklanırken, Wallin çalışmalarını aerobik bakterilerin ökaryotik hücrelerin mitokondriye nasıl dönüştüğü üzerine yoğunlaştırır. Bu çalışmalar ve oluşan fikirler; 1960'larda elektron mikroskoplarının icadı sonunda hem mitokondri hem de kloroplastların kendi DNA'larını içerdiğinin keşfi ile daha da güçlü olarak desteklenecektir.



Şekil-15: Endosimbiozis

1967'de Lynn Margulis tarafından yapılan mikrobiyolojik çalışmalardan elde edilen kanıtlarla endosimbiozis; prokaryotik organizmalardan oluşan ökaryotik hücrelerin kökeninin evrimsel teorisi olarak bilimin kaynaklarına geçer. Margulis ilerleyen yıllarda yapmış olduğu çalışmalar sonucunda 1981'de yayımlanan "Hücre Evrimi'ndeki Simbiyosis" makalesi bu araştırmaların dönüm noktasıdır. Bu çalışmada Margulis daha çok mitokondrinin kökenine odaklanır ve sonuçlara göre de mitokondrinin çok daha büyük hücreler tarafından yutulan ve serbest yaşayan aerobik bakteriler olduğunu belirtir. Bu konudaki egemen varsayım; yeryüzü atmosferi oksijen açısından zenginleşmeye başlamasıyla birlikte, büyük anaerobik bakterilerin, hücresel solunumlarının ürünlerini kullanmak için daha küçük aerobik bakterileri kullanmış olmalıdır. Küçük aerobik bakteri ayrıca büyük hücrenin korunmasından faydalanması, her iki organizmanın bu durumdan yararlanmasını sağlayacaktır. Bu da simbiyotik ilişki sonucunda yeni hücre yutuldukça yutulan aerobik bakteriler nihayetinde bugün bildiğimiz mitokondrileri oluşturacaktır. Margulis, gezegende görülen yaşam karmaşıklığının yalnızca

rastgele mutasyonlarla gelişemeyeceğini ve bunun endosimbiyotik ilişkinin bir sonucu olarak ökaryotik organizmaların gelişmesi için önemli olduğunu çalışmalarında vurgulayacaktır. Ancak en çok tartışılan noktalardan biri, hücrelerin sitoplazmasında bulunan DNA'nın kökeni ile ilgilidir. Margulis'e göre DNA'nın başlangıçta daha büyük bir hücre tarafından yutulan endosimbiyotik bakterilerin bir parçası olmalıdır (Şekil-15).

Moloküler oksijen (O<sub>2</sub>) Dünya'nın ilk zamanlarında atmosferde bulunmazdan önce, yani Arkeen döneminde oksijen olmadan prokaryotların diğer anlamıyla ilkel hücreler ya da yaşamı temsil edenler siyanobakterilerdir. Bilinen şudur ki, siyanobakteriler dünya sularında görülmeye başladıklarında anerobik yani oksijensiz solunum yapıyorlardı. Bunu nasıl yaptıkları son derece basitti. Suyu bir hidrojen kaynağı olarak kullandılar ve O<sub>2</sub>'yi atık ürün olarak serbest bıraktılar. Bunun sonucunda siyanobakteriler O<sub>2</sub>'nin bulunduğu ortamları tercih ederek yaşamlarını sürdürdüler.

### Çorak dönem, 1.800 milyar-800 myö

Paleoproterozoyik ortalarından başlayarak Neoproterozoyik zamanın ortalarına kadar süren Dünya için kasvetli ve sanki Dünya'nın ortaçağları olarak adlandırabileceğimiz yaklaşık 1.000 my süren ve de Dünya için en zor zamanlardır. Ancak "bu sıkıcı" etikete rağmen, levha tektoniği, çevre koşulları ve ökaryotik yaşamın evrimi göz önüne alındığında, bu dönemde yaşamın evrimini tetikleyen birçok olayın yaşandığı bilinmektedir. Bu döneme gelirken çok yaygın buzlanmalar, prokaryotik yaşamın çeşitlenmesi, siyanobakterilerin O<sub>2</sub> üretmesi ve fotosentez olayı ile atmosfere oksijenin yayılması, atmosfere UV-engelleyici ozonun oluşması ve okyanuslarda oksitleyici ortamların meydana gelmesi ile BIF'ler (Banded Iron Formation) yaşamın biçimlenmesinin ya da Fanerozoik'e (541 milyon

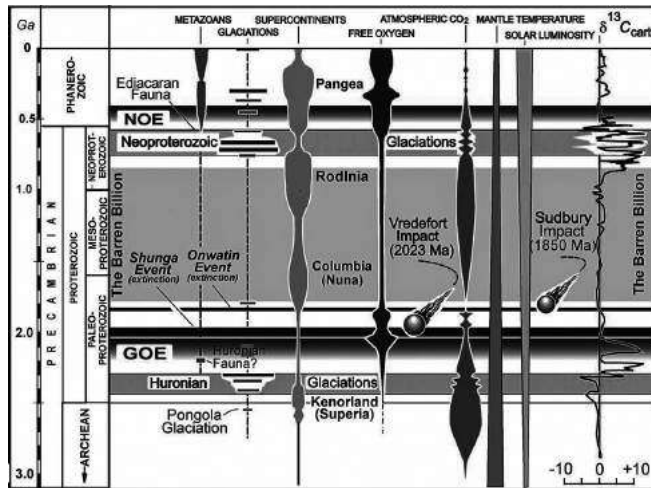
manlarındaki yaşam çeşitliliğinin ilk adımları olarak dikkati çekecektir (Şekil-16).

Bu dönem içinde iklimsel durağanlık, düşük atmosferik oksijen seviyeleri, göreceli biyolojik olay eksikliği ile atmosferik ve okyanusal kompozisyonda aşırı değişiklikler pek yaşanmamıştır. Bunun nedeni Columbia (Nuna) süper kıtasının durağan kalmasıdır. Böyle bir kıtayı çevreleyen anoksik ve sülfidik bir okyanus yeşil ve mor fotosentetik bakterilere ev sahipliği yapmış olabilir. Bu okyanus, modern okyanuslardan çok daha az üretkendi; toksik hidrojen sülfid içeren sülfürlü gazlar okyanus dibini bacasından durmaksızın yayılıyordu. Ökaryotik yaşam, okyanus içindeki bir Arkitekt atadan evrimleşmiş olmalıdır. Bu dönem sonrasında ilk yaşamın izleri bakteriyal anlamda karaya taşınacaktır. Bunlara örnek olarak çok hücreli algler, mantarlar ve proto-likenleri verebiliriz.

İlk ökaryotlar ortaya çıktıktan sonra, evrimleri yavaş ilerledi. Çevresel koşullar, özellikle toksik sülfidin varlığı, okyanus suyunda oksijen, kilit besin ve iz metallerin eksikliği ve/veya çok az tektonik aktivite, ökaryotik evrimi yavaşlattı. Ancak bu dönemin sonlarına doğru enerjiye aç, hızlı hareket eden hayvanların gelişimi boş nişleri işgal ederek süratle gelişti ve evrimleşti. Hızlı kopyalanma, çok daha büyük ökaryotik genom, ökaryotlarda birçok farklı tipte hücre oluşumuna yol açarak, bunlara birlikte büyük, karmaşık, çok hücreli bir yaşamda bir araya gelme kapasitesini sağladı. 1.200 myö tek hücreli ökaryotlarda mayoz ve cinsel üreme gelişmeye başladı. Yine aynı zaman içinde hücresel farklılaşmanın bir kanıtı olan diferansiyel spor / gamet oluşumunu gösteren çok hücreli kırmızı alg olan *Bangiomorpha pubescens*, cinsel olarak üreyen ilk organizma olarak tanımlandı. DNA ve fosil kanıtlarının moleküler saat tarihine göre, hayvan ve mantarların ayrışması 1,200 ile 1,900 myö gerçekleşti. 1.430 myö tarihlenen *Tappania* fosil mantarların ilk temsilcisi oldu. Dallanan düzensiz hücreler tomurcuklanma ile vejetatif üremeyi yönetiyordu. Hücre iskeleti ve tomurcuk gibi çıkıntıları vardı. 900-800 myö Çorak Dönemin sonuna yakın tarihlenen *Tappania* fosilleri, kesin çok hücreliğe ve farklılaşmaya işaret etti.

### Mesoproterozoyik, 1.600-1.000 myö

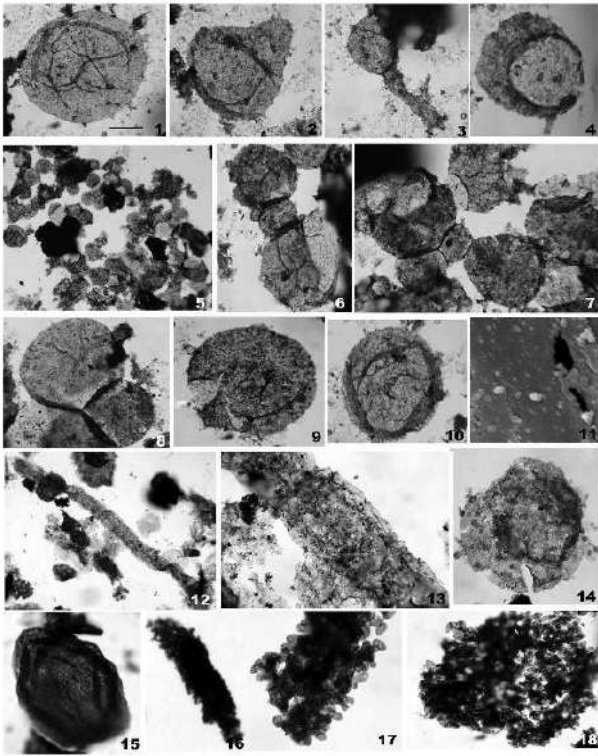
Dünya halen Büyük Oksijen Olayının etkisindedir. Kolombia süper kıtası parçalanmış, onun yerini Rodina süper kıtası almıştır (1.300-900 my). Dünya'da artık tam anlamıyla levha tektoniği etkilidir. Kıta çarpışmaları dağ oluşumlarını, okyanuslardaki değişimleri de beraberinde getirecektir. Bu döneme ait kayalarda önemli bir fosil dikkati çeker; dinoflegellatların atası olan arkitektaların fosilleri yaygın olarak bulunur. Aslında çok daha eski kayalarda bunların fosillerine rastlanılmıştır ama en



Şekil-16 a: Çorak Zaman

yıl önce) yaklaşırken veya Prekambriyen'in son za-

etkin çoğalmaları ve okyanuslarda görülmeleri bu dönemdedir. Akritarklar, 1.800 yıl öncesine hatta 3.500 myö ait, Dünya tarihinin çoğunun kaya kaydında bulunan küçük, kapsül benzeri, korunmuş önemli bir fosil grubudur. Bunlar çoğunlukla birkaç mikrometreden bir milimetreye kadar değişen tek hücreli mikrofosillerdir ve her biri bir organik doku kesesinden meydana gelmiştir. Vücut biçimleri en yaygın şekilde düzdür ya da üstleri dikenlerle kaplı olabilir. Bu tek hücreli canlılar denizel ve karasal su ortamlarında genelde Proterozoik'ten (2.500 myö) başlayarak bugüne kadar olan tüm zaman dilimlerinde ve tüm kıtalardaki bölgelerden tanımlanmış kayalarda yaygın olarak bulunmuştur. Bu canlılar, Dünya tarihinin çeyreği ve stromatolitler olarak adlandırılan yapılar ve bakteriyel mikro fosiller dışındaki diğer fosil gruplarından daha uzun bir kayıt özelliğine sahiptir. Daha da önemlisi, akritarklar Neoproterozoyik döneminde okyanuslardaki oksijen miktarını artırarak diğer büyük ve karmaşık organizmaların yükselişine neden olan tek hücreli yaşam tarihinin enigmatik canlıları olarak bilinir. (Şekil-16 b)



Şekil-16 b: Mesoproterozoyik (Avustralya) arkitarkları (Javaux, E. J. and Knoll, A. H., 2017).

### Neoproterozoyik, 1.000 milyar-541 myö

Bu zamanın süreçlerini anlamak artık çok daha kolay olacak; çünkü fosiller bize her şeyi anlatacak. Neoproterozoyik önemli; çünkü süreçleri ve bıraktıkları izler artık çok net. Yaşanan önemli olaylara göre bu zaman dilimini üçe ayırabiliriz.

### Tonian dönemi, 1.000–720 Myö

Çorak Dönem ile Kiryogenik (Kartopu Dünya) dönem arasında kritik bir geçiş zamanıdır. Jeokimyasal veriler; Tonian Dönemi'nde atmosferik pO<sub>2</sub> seviyelerinde önemli bir artışa ve ağırlıklı olarak da deniz sularında sülfidik koşullardan demirsel koşullara geçişi göstermektedir. Biokimyasal veriler ilkel faunanın Tonian Dönemi'nde farklılaştığını ve evrimsel gelişmelerin süratle arttığını belirtir. Bu dönemden elde edilen fosil kayıtları, büyük ökaryot gruplarının farklı ve önemli evrimsel yeniliklere sahip olabileceğini göstermiş olmasına rağmen, çoklu yaşamın Kambriyen çeşitlenmesinden önce bu dönemde gelişmeye başladığını belirtmektedir (Şekil-16 c). Rodinia süper kıtasının parçalanması devam ederken Pannotia süper kıtasının oluşumu başlamak üzeredir. Dinoflagellat benzeri arkitarkların ilk çeşitlenmesi bu zamanda gerçekleşir. Bunun yanı sıra Afrika'daki Pan-Afrikan orojenez gibi bir çok dağ oluşumunun benzerleri Dünya'nın çeşitli coğrafyalarında gerçekleşecektir.

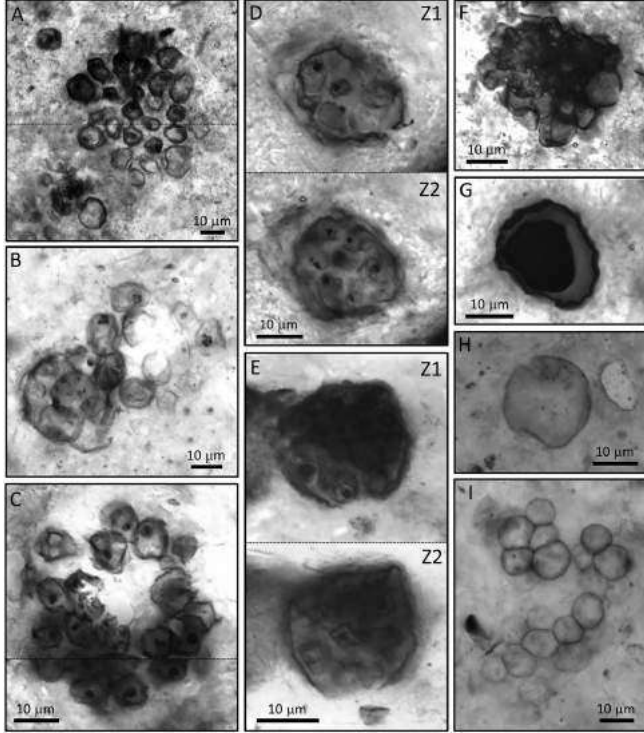
### Kiryogeniyen, 720-635 Myö

Bu dönemde 85 milyon yıl gibi bir sürenin süreçleri neredeyse buzullar olacak ve bu kısa zaman içinde Dünya bir kartopuna (Snowball) dönüşecektir. Rodinia süper kıtasının parçalanması devam edecek ve bunun yerini alacak Pannotia süper kıtası ise biçimlenmesini sürdürecektir. Bunlar küresel düzeyde devam eden olaylardır. Bunun yanı sıra izleri Avustralya'da görülen büyük bir buzul zamanı Sturtian 717-660 my arasında yaşanacaktır ve daha sonra Ediacariyen dönemine yaklaşırken ve bu sınırı belirleyen bir başka buzul dönemi Marinoan 650-635 my arasında gezegeni etkisi altına alacaktır.

### Ediacariyen dönemi, 635-541 Myö

Charles Darwin, Türlerin Kökeni üzerine yazdığı eserinde kendisi ve çoğu paleontolog Kambriyen Devri'nin trilobit, brakiopod, sölentrat ve kurtçuk fosillerinin en eski hayvan fosilleri olduklarını açıklamaktadır. Ama bu konuda çalışan birçok paleontolog bundan daha basit yaşam biçimlerinin var olması gerektiğine, ancak bunların fosil bırakmadıklarını düşünmektedir. Bazıları ise teolojik bir görüşle Kambriyen döneminde yaşamış canlıların fosillerine göre Tanrı'nın bu canlıları birden yarattığını, ya da İncil'de açıklanan tufan sonucunda meydana geldiğini ve bunların da ilk canlılar olduğuna inanıyordu. Darwin, Kambriyen'den daha yaşlı canlılığın varlığı konusundaki bilgi eksikliğini belirterek ilerideki çalışmalara göre daha eski fosillerin bulunabileceğini eserinde açıklamıştı.

Darwin bu konuda yanılmamıştı. Onun bu görüşlerinden sonra yapılan birçok araştırma ile Dünya'daki yaşamın fosil tarihinin bugünden 3.500 myö'ye kadar geri gittiği açıklandı. Bu fosillerin çoğu mikroskobik bakteri ve alglerdi. Bununla birlikte, en son Proterozoyik'te şimdi Vendiyen veya Ediakariyen olarak adlandırılan ve yaklaşık 650 ila 540 my arasında dünyanın çeşitli yerlerinde Darwin'in görüşünü destekleyen yumuşak gövdeli organizmaların makroskopik fosilleri bulundu.



Şekil-16 c: Toniyen dönemi (1.000-720 myö) arkitarkları (İskoçya, Wacey ve diğ., 2019).

Bu dönem gezegenin tarihinde önemli bir dönüm noktasıdır. Yaklaşık 4.000 my bir süreçler dizisinden sonra kompleks yaşamın biçimlenmeye ve çeşitlenmeye başladığı zamandır. Fosil kayıtlarının çok belirgin olması nedeniyle dönem hakkında artık bir çok bilgiye sahibiz. Bu zaman aralığı Proterozoik ve Fanerozoik arasındaki geçişi temsil eder ve bu nedenle her iki zamanın da özelliklerini paylaşır. Günümüzde Ediakariyen'i temsil eden Kambriyen öncesi zaman aralığı geleneksel olarak Proterozoik'in bir parçası olarak görülmektedir. Bununla birlikte, yumuşak gövdeli ve heyecan verici enigmatik Ediakariyen biotası görünür bir yaşamın izlerini taşıması ve bunları da bugünkü yaşamdan bazı örneklerle karşılaştırabilmemiz bu biota hakkında önemli bilgiler edinmemizin nedeni olabilir. Paleontologların çoğu Ediakariyen fosillerini metazoan olarak kabul etmelerine rağmen, bazıları bu fosillerin bir kısmının veya tamamının alg veya mantarlara benzeyen soyu tükenmiş bir ilkel bitki benzeri organizma çizgisini de temsil ettiğini öne sürmüşlerdir. Bununla birlikte, bu bioata ilkel omurgasızlara alg veya mantarlardan daha fazla benzemektedir (Şekil-17). Yaygın fosil kayıtlarından, yassı kurtlara, sölenterat, annelidlere, yumuşak gövdeli eklembacaklılara ve yumuşak gövdeli



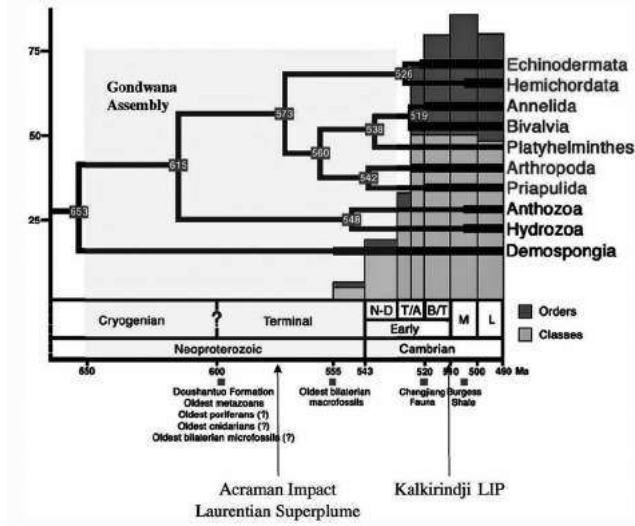
Şekil-17: Ediakariyen Fauna

ekinodermilere ata olabilen formları içeren birçok Ediakariyen türü tanımlanmıştır.

Dönemi stratigrafik açıdan incelersek, Ediakariyen Dönemi'nin Proterozoik'in son dönemi olarak kabul edildiği geleneksel görüşe göre doğru olabilir. Özellikle biota bakımından bir sonraki zaman olan Fanerozoik'in ilk dönemi olan Kambriyen biotası ile benzerlikler gösterebilir, ancak aralarında çok önemli bir fark olduğu gözden kaçırılmamalıdır. Ediakara biotasının temsilcilerinin çoğu metazoandır, ancak Kambriyendeki biota ise dış iskelete sahip yani canlı organizma  $CaCO_3$  bir kabuk ile korunmuştur. Ediakariyen Dönemi, Dünya'nın evriminde önemli bir aralığı temsil ettiğini araştırmalardan biliyoruz. Bunu önemli yapan ise yukarıda belirttiğimiz gibi canlılarda koruma içgüdüsünün oluşması olmalıdır. Çünkü ortamda mücadele ve besin bulabilme çabaları vardır. Bunu yaparken de daha güçlülerden korunmak için bazı organların gelişmesi söz konusudur. Tüm bunların böyle olmasının sebebi nedir? Son buzul dönemi olan Gaskires'in sona ermesi, oksijenin,  $CO_2$  ve kayalardan aşınan besin elementlerinin okyanuslara taşınarak zırlı bir yaşamın oluşmasının yanı sıra bol besin maddesinin getirdiği çeşitlenme, sonrası fiziksel gelişmeler ve işte tüm bunlar bir araya geldiğinde Kambriyen Patlaması denilen küresel bir olayın meydana gelmesi de kaçınılmaz olacaktır.

Bu biotaya ait fosillerin yaşlandırılmaları bulundukları kayalardaki U-Pb zirkonu yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Araştırmalara göre Güneybatı Afrika'da Namibya'daki Ediakariyen fosil faunasının 575 my'dan daha eski olmadığı ve bazı formların 543 my kadar yaş verdiklerini bilinmektedir. Yaşlar Pre-Kambriyen / Kambriyen sınırını temsil eder. Bu fosil biotanın bir parçası olmasa da son zamanlarda Avustralya'dan süngerimsi yapıya sahip fosiller biraz daha yaşlı 650 my oldukları anlaşılmıştır. Şu sorun artık çözülmüştür. Ediakariyen fosilleri ile aniden Kambriyen'de ortaya çıkan çeşitli omurgasız formları arasında büyük bir boşluk olduğu düşünülmese de, yapılan zirkon yaşlandırılmaları kabuklu Kambriyen formlarından bazılarının Ediakariyen formlarıyla birlikte oldukları bilinmektedir (Kimura ve Watanabe, 2001). Bu yeni bulgular, bazı Ediakariyen formlarının Kambriyen omurgasızla-

rının ataları olduğu fikrini desteklemektedir (Şekil-18).



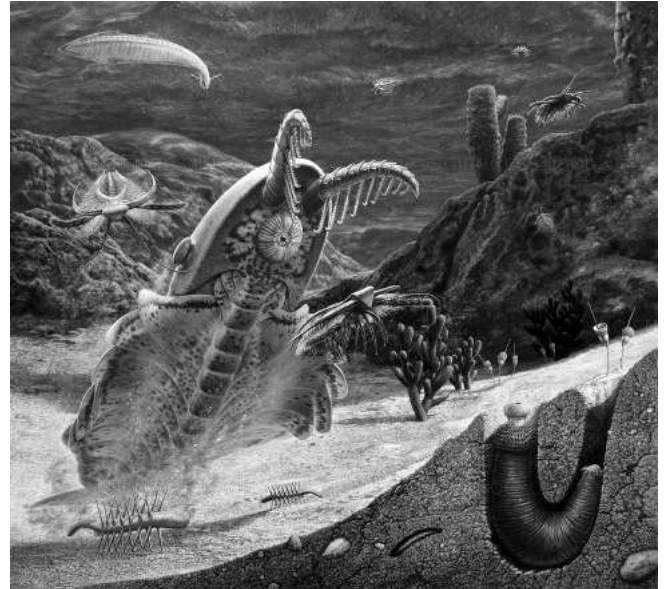
Şekil-18: Ediacariyen ve Kambriyen Faunasının evrimi

## Biyolojik patlamaya doğru

541 myö sıg deniz tabanında siyanobakteriler tarafından Ediacariyen dönemde inşa edilmiş resiflerin zamanını temsil eden okyanuslar o kadar az oksijen içeriyordu ki, bu ortamda yaşayan organizmalar yavaş hareket eden son derece durağan canlılardı. Yaşam basitti ve hiçbir yırtıcı yoktu. Ancak, birkaç milyon yıl içinde, bu basit ekosistem ortadan kalktı ve yerini modern anatomik özelliklere sahip, oldukça hareketli hayvanların yönettiği bir diğer ekosistem aldı. Kambriyen patlaması olarak adlandırılan bu dönemde eklembacaklılar, tüylü solungaçları vermesler ve avını kolaylıkla avlayacak organlara sahip hızlı avcılar evrimleşti. Biyologlar on yıllardır bu evrimsel patlamayı neyin ateşlemiş olduğunu tartışmaktadır. Bazıları, oksijendeki ani bir yükselişin değişimi tetiklediğini düşünmekte, bazıları ise bazı temel evrimsel yeniliklerin gelişmesinden bu gelişmenin olabileceğini belirtmektedir. Kesin sebep ilk yıllarda anlaşılamamış ve birçok soru cevapsız kalmıştır. Ancak geçtiğimiz birkaç yıl boyunca yapılan yeni araştırmalara göre, bu Enigmatik Ediacariyen biotasının sonuyla ilgili bazı ipuçları vermiştir. Buna göre Dünya'nın çeşitli bölgelerinden alınan bu döneme ait kayalardan elde edilen sonuçlar, Kambriyen biyolojik çeşitlenmesinin aslında büyük evrimsel gelişmeleri tetikleyen küçük çevresel değişimler arasındaki karmaşık bir etkileşimden ortaya çıktığını göstermektedir. Bazı bilim adamları, oksijendeki küçük ama ani artışın ekolojik dengeyi değiştirdiği ve avcılarının ortaya çıkmasını sağladığı görüşünü savundu. Böylece oksijendeki bu ani bir artışın, evrimsel bir silahlanma yarışında önemli rol oynaması kaçınılmaz olacaktı. Canlılar için oksijenin önemi göz önüne alındığında, araştırmacılar oksijenin okyanuslardaki modern seviyelere yakın bir artışın Kambriyen patla-

masını hızlandıracak konusunda şüpheleri vardı. Bunun çözmek için, Namıbya, Çin ve Dünya'nın diğer coğrafyalarındaki Ediacariyen ve Kambriyen okyanuslardaki çökelleri temsil eden ve yaklaşık yaşları 635 milyon ila 485 milyon yıl arasında olan kayaları incelediler. Deniz suyundaki metallerin çözünürlüğünün okyanus sularında var olan oksijenin miktarına bağlı olduğunu biliyoruz. Buradan yola çıkarak kayaların içindeki demir, molibden ve diğer metallerin miktarlarını analiz ettiler. Buna göre Ediacariyen dönemi sonları ile Kambriyen dönemi başlarında diğer anlamıyla bu zaman sınırında okyanuslardaki oksijen değerinin arttığı ve organizmaların çeşitlenmesi için gerekli düzeylerde olduğu sonucuna varıldı.

Erken Kambriyen inanılmaz bir çeşitlilik zamanıdır. Bu dönemde denizlerin sürekli yükseldiğini biliyoruz. Yüksek su her zaman yaşam için iyidir ama derin okyanuslar yaşamı için pek kullanışlı değildir. Derin okyanusların sadece ilk 200 metresine güneş ışığı ulaşır, bu da organizmaların yaşamı için gereklidir. Denizler yükseldiğinde, canlılar için elverişli durumlar ortaya çıkar. Kıta kenarlarında düzlüklerde sular geniş alanlara yayılır. Karadan gelen akarsuların getirdiği besin maddeleri bu düzlüklerden okyanusların sıg bölgelerine taşınır. Bu, burada yaşayan canlılar için bulunmaz bir besin kaynağıdır. Sularda oksijen değerlerinin yükselmesinin yanı sıra bu fiziksel olaylar da Kambriyen dönemindeki biyolojik patlama denilen süreci başlatmış olmalıdır. Dolayısıyla deniz seviyesindeki nispeten küçük artışların olması bile okyanusların üretkenliği üzerinde büyük etkilere neden olabilmektedir.



Şekil-19: Kambriyen (Burgess Şeyl) Faunası

Erken Kambriyen döneminin sonlarına doğru (530–510 Ma) Dünya okyanuslarında yaşanan biyolojik patlamanın önemli sebeplerinden bir diğeri de Gondvana'daki kıtasal kökenli tortul kayaç birikimidir. 1.000-650 my başlayarak Doğu ve Batı Gondwana arasındaki çarpışma sonrasında olu-



şan kilometrelerce uzunluğundaki ekvatora yakın "Transgondwanan Supermountain" dağ zincirinin aşınması sonrası oluşan muazam çökel topluluklarının 260 my süreyle okyanusa taşınması sularda eşi benzeri görülmemiş bir P, Fe, Sr, P, Fe, Ca ve bikarbonat iyonları zenginliğini oluşturdu. Bu zenginleşmeye ilave olan stronsyumla birlikte okyanuslarda büyük bir besin kaynağı meydana geldi. Böylece, beslenerek zenginleşen paleobiota da önce Vendiyen/Ediakariyen enigmatik metazoanları daha sonra da Ca ve karbonatın zenginleşmesiyle de, dış iskelete sahip Artropoda (eklembacaklı-Trilobitler), Ekinodermata (derisi dikenliler), Hemikordata (Yarı kordalılar-ilkel omurgalılar) Annelida (kurtçuklar), resif yapıcı mercanlar, Hydrozoa, süngerler gibi metazoan gruplarından oluşan zengin bir Kambriyen Ekosistemi (Burgess) oluştu (Şekil-19).

### Sonra!

Kambriyen başlangıcından itibaren çeşitlenmeye başlayan yaşam, en ilkelden en gelişmişine kadar sürecek olan 541 milyon yıllık yolculuğuna artık başlamalıdır. Bu yolculukta levha hareketleri, özellikle de iklim ona eşlik eden doğanın ana bileşenleri olacaktır. Büyük katstrofik olaylarla birbirlerinden ayrılan zamanların ilki olan, 210 milyon yıl sürecek Paleozoyik dönemde; evrimi fosilleriyle en iyi izlenebilen omurgalılarından üç büyük sınıf; balıklar, amfibiler ve sürüngenler evrimleşerek çeşitlenecek, bitkiler karalara çıkacak, tüm gezegeni işgal ededeceklerdir. 241 myö birçok katastrofik olay Dünya yaşamını sarsacak ve birçok canlı yok olacaktır. Örneğin, omurgasızlarda Paleozoyik gruplarının hepsi, zırhlı balıkların tümü, amfibia ve reptil-

lerin ilkel formlarının tümünün soyu tükenecektir.

Gezegenin jeoloji tarihine dev sürüngenlerle damga vuran Mesozoyik (251-65 milyon yılları arasında) 185 milyon yıl sürmüştür, dinazorlar bu zamanda Dünyaya egemen olmuştur. Okyanuslarda, havada ve karada dev sürüngenlerin yaşamları filmlere bile konu olacak, bu arada son süper kıta Pangea parçalanma sürecine girecektir. Yepyeni kıtalar oluşarak, Dünya coğrafyası yavaş yavaş günümüzün Dünyasına benzeyecektir. Okyanusal alanların genişlemesi birçok deniz canlısının evrimleşmesine neden olacak, örneğin kemikli balıklar çeşitlenecek, karalarda çiçekli bitkiler gelişecektir. Fakat aniden 66 myö dev bir göktaşı bu güzelim Dünya'ya düşer ve her şey bir anda biter. Dünya'da hemen hemen hiç canlı kalmaz. Dev sürüngenler tümüyle Dünya yaşamından fosillerini geride bırakarak yok olur. Peki, şimdi ne olacaktır? Çok çok önemli bir grup evrimleşmek için bu anı beklemektedir. Omurgalı hayvanların insanın da içinde yer aldığı en gelişmiş sınıfı memeliler, sürüngenlerin geride bıraktıkları tüm boş ortamları bir anda işgal eder ve artık Dünya onlarındır. Günümüze kadar 66 milyon yıl sürecek olan 3. Zaman Kenozoyik bu işgalle birlikte başlar. Süratli, vahşi, uysal memeli grupları alabildiğine boş ortamların her türlüşünde yayılır. Bitkiler bu şiddetli yayılmacılığa eşlik ederek onlar da boş buldukları alanları yeşille örter. Günümüze yaklaştıkça memelilerden önemli bir grup bu canlılığın başına geçer ve Dünya benim der. Acımasızdır, vahşidir, en tehlikeli yanı aklının olmasıdır. Talancıdır, yalancıdır. Ne yapacağı belli olmaz. İşte bu İNSANDIR!

## Kaynaklar

- Agić, H., 2016. Fossil Focus: Acritarchs. *Palaeontology Online*, Volume 6, Article 11, 1-13.
- Bobrovsky, I., Hope, J. M., Brocks, J., J., 2017, Biomarker analysis of the Ediacaran macrofossil *Beltanelliformis*. Goldschmidt, Abstract.
- Derry, L. A., 2017, Biogeochemical consequences of ferruginous oceans Goldschmidt, Abstract.
- Goldblatt, C., Zahnle, K.J., Sleep, N.H., Nisbet, E.G., February 2010, "The Eons of Chaos and Hades". *Solid Earth*. 1 (1). doi:10.5194/se
- Erwin D.H., 2015 Was the Ediacaran-Cambrian radiation a unique evolutionary event? *Paleobiology*. 41, 1–15. (doi:10.1017/pab.2014.2).
- Erwin, D. H., 2015, Early metazoan life: Divergence, environment and ecology. *Phil. Trans. R. Soc. B* 370: 20150036. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2015.0036>
- Han, J., Zhang, Z., Liu, F., 2008, A preliminary note on the dispersal of the Cambrian Burgess Shale-type faunas. *Gondwana Research* 14, 269–276.
- Kimura, Hiroto and Watanabe, Y., 2001, Oceanic anoxia at the Precambrian Cambrian boundary. *Geology*, 29 (11): 995-998.
- Javaux, E. J. and Knoll, A. H., 2017, Micropaleontology of the lower Mesoproterozoic Roper Group, Australia, and implications for early eukaryotic evolution. *Journal of Paleontology*, 91(2), p. 199–229.
- Lane, N., 2019, Why is Life the Way it Is? *Molecular Frontiers Journal* | Volume 3 | Number 1.
- Lechte, M. A., Wallace, M. W. and Hood, A.V., 2007, Neoproterozoic glaciomarine ironstones as geochemical proxies for Cryogenian oceans. Goldschmidt, Abstract.
- Meert, J. G. and Lieberman, B. S., 2008, The Neoproterozoic assembly of Gondwana and its relationship to the Ediacaran–Cambrian radiation. *Gondwana Research* 14 5–21.
- Och, L. M., Shields-Zhou, G. A., 2012, The Neoproterozoic oxygenation event: Environmental perturbations and biogeochemical cycling. *Earth-Science Reviews* 110, 26–57.
- Roberts, N.M.W., 2013, The boring billion? e Lid tectonics, continental growth and environmental change associated with the Columbia supercontinent. *Geoscience Frontiers* 4, 681-691.
- Schopf, J. W., 2006, Fossil evidence of Archaean life. *Royal Society* DOI:10.1098/rstb.2006.1834.
- Squire, R. J., Campbell, I. H., Allen, C. M., Wilson, C.J.L., 2006, Did the Transgondwanan Supermountain trigger the explosive radiation of animals on Earth? *Earth and Planetary Science Letters*.
- Stern, R.J., 2016, Is plate tectonics needed to evolve technological species on exoplanets? *Geoscience Frontiers* 7. 573-580.
- Wacey, D., Sirantoine, E., Saunders, M. & Strother, P., 2019, 1 billion-year-old cell contents preserved in monazite and xenotime. *Scientific Reports* volume 9, Article number: 9068.
- Xiao, S., Tang, Q., Pang, K., Bykova, N., Ye, Q., Yuan, X., 2017, Tonian Evolution and Geobiology. Goldschmidt, Abstract.
- Young, G. M., 2015, Environmental upheavals of the Ediacaran period and the Cambrian “explosion” of animal life. *Geoscience Frontiers* 6, 523-535.
- Young, G. M., 2013, Precambrian supercontinents, glaciations, atmospheric oxygenation, metazoan evolution and an impact that may have changed the second half of Earth history. *Geoscience Frontiers* 4. 247-261.
- Zhou, G. S., 2012, The case for a Neoproterozoic Oxygenation Event: Geochemical evidence and biological consequences. *GSA Today*, v. 21, no. 3, doi: 10.1130/GSATG102A.
- <https://www.wikizeroo.org/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lb353aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvU3ltYmlvZ2VuZXNpcw>
- <https://www.shapeoflife.org/video/cambrian-explosion>
- <https://www.shmoop.com/eukaryotes/eukaryote-origin.html>
- <https://burgess-shale.rom.on.ca/en/science/origin/04-cambrian-explosion.php>
- <https://burgess-shale.rom.on.ca/en/science/origin/04-cambrian-explosion.php>
- <https://earthhow.com/great-oxygenation-event/>
- <https://phys.org/news/2009-05-oxygen-earth-earliest-ice-age.html>
- <https://courses.lumenlearning.com/wm-nmbiology1/chapter/animal-cells-versus-plant-cells/>
- <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fe-art.2015.00044/full>
- [https://globalchange.umich.edu/globalchange1/current/lectures/Perry\\_Samson\\_lectures/evolution\\_atm/](https://globalchange.umich.edu/globalchange1/current/lectures/Perry_Samson_lectures/evolution_atm/)
- <http://palaeos.com/proterozoic/paleoproterozoic/paleoproterozoic.html>
- <http://www.snowballearth.org/week12.html>
- <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/ediacaran>
- <https://www.nature.com/news/what-sparked-the-cambrian-explosion-1.19379#/life>
- <https://hartm242.wordpress.com/>
- [https://www.molevol.hhu.de/fileadmin/redaktion/Fakultaeten/Mathematisch-Naturwissenschaftliche\\_Fakultaet/Biologie/Institute/Molekulare\\_Evolution/Dokumente/Preiner\\_et\\_al\\_Life\\_2018.pdf](https://www.molevol.hhu.de/fileadmin/redaktion/Fakultaeten/Mathematisch-Naturwissenschaftliche_Fakultaet/Biologie/Institute/Molekulare_Evolution/Dokumente/Preiner_et_al_Life_2018.pdf)

# Kambriyen Patlaması ve nedenleri



Prof. Dr. Ali DEMİRİSOY • Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi

Yaşam bundan 3.8 milyar yıl önce ortaya çıktı. 2.5 milyar yıl önce az karmaşık Prokaryotlar (çekirdeksiz) ortaya çıktı. Bunu izleyen 700 milyon yıl içinde Ökaryotik hücreler ortaya çıktı. Bundan 100 milyon yıl sonra da birbirinden farklı belli başlı 3 fauna ortaya çıktı ve geniş yayılış gösterdi. Sonuncu faunadan ise bugün bilinen şubeler ortaya çıktı. Bunu izleyen 500 milyon yıl içerisinde de yeni bir şube oluşmadı; ancak türlerde patlarcasına tür çeşitliliği ortaya çıktı.



## Dünya oluşuyor

**Y**aklaşık 5 milyar yıl önce, güneşin çevresinde, en az iki farklı büyüklükteki yıldız yıkımının kalıntılarından 12.500 km çapında bir gezegen oluşuyor. Bu gezegenin özel adı "Dünya"dır.

Başlangıçta, yüksek sıcaklıktan dolayı her şeyin akışkan olduğu belirli bir evreden sonra, taşküre şekillenmeye başlıyor. Ancak sıcaklığın 100 °C'nin altına inmediği, yani sıvı faza henüz ulaşmadığı, esnek yapılı, uzun, değişebilir biyomerlerin oluşmasının olanaksız olduğu bir evre yaşanıyor.

Bu evrede, kükürt, su buharı, azotlu gazların egemen olduğu, serbest oksijenin bulunmadığı (bu nedenle bu dönemde oluşan demir yatakları Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> şeklindedir) bugünkünden 90 kat daha yoğun bir atmosfer oluşuyor.

## Allen kuşakları ve ozon tabakası

**Allen kuşakları:** Taşküre oluşunca, ay ile etkileşim sonucu, Allen kuşakları, yani manyetik alan çizgileri oluşuyor. Güneşten ve uzayın derinliklerinden gelen zararlı ışınların önemli bir kısmını süzen etkili bir süzgeç böylece devreye girmiş oluyor.

**Ozon tabakası:** Allen kuşaklarını geçerek dünyaya ulaşan ışınlar, süzülükleri için oldukça farklı bir bileşime ulaşmışlardır (sarı, mavi, kırmızı ışınlar, bir bant morötesi ışınlar, bir bant kızılötesi ışınlar ve bir radyo dalgası bantı geçebilmekte; diğerleri önemli ölçüde süzölmeye başlamıştır). Fakat bu süzölmüş ışınlarla birlikte Dünya üzerine ulaşan bir dalga boyu vardır ki; bu dalga boyu, canlı molekülleri için hâlâ büyük tehlike oluşturur. Bu dalga boyu, bugün morötesi olarak bilinen, geniş spektrumlu, yani değişik ışın boylarından oluşmuş bir ışın demeti içerisindeki belirli nitelikte olan bir dalga boyudur (özellikle 260 nanometre uzunlukta olanlar). Bunlar, bugün hâlâ DNA'yı tahrip eden ışınlardır.

“Yaklaşık 5 milyar yıl önce, güneşin çevresinde, en az iki farklı büyüklükteki yıldız yıkımının kalıntılarından 12.500 km çapında bir gezegen oluşuyor. Bu gezegenin özel adı "Dünya"dır.

”

## İlkin ozon tabakası

Bundan yaklaşık 5 milyar yıl öncesi bu sonuncu ışınları, yani morötesi ışınları önleyecek hiçbir süzgeç yoktu. Çünkü katı küre oluşmadığı için, manyetik kalkanlar, yani Allen Kuşakları henüz oluşmamıştı. Dolayısıyla, bu ışınlar henüz yeterince soğumamış, sıcaklığı 100 derecenin altına düşmemiş, yanardağ işlevleriyle birçok basit molekülün karmakarışık olduğu, *serbest oksijenin hemen hemen hiç olmadığı*, elektrik şarjlarının, yani yıldırımların çok yoğun olduğu ilkin atmosfere, tüm hızıyla çarpmaktaydı. Bu ışınların, özellikle morötesi ışınların molekülleri birbirine bağlama ya da polimerize etme özelliğinden dolayı, bu yoğun atmosferde karmaşık birçok molekül sentezlendi. Bu sentezleme tepkimelerinin büyük bir kısmı, bugün yapay olarak laboratuvarlarda tekrarlanabilmektedir.

Bundan yaklaşık 4.5 milyar yıl önce, dünya yüzünün sıcaklığı 100 derecenin altına düşünce, yoğun atmosfer içindeki su buharı, içerisindeki moleküllerle birlikte dünyanın çukur yerlerine sıvı halinde çökerek ilkin okyanusları meydana getirdi. İlk defa mavi gök, beyaz bulutlar ve yağmur ortaya çıktı. Morötesi ışınları önleyecek etkin bir süzgeç "Allen Kuşakları meydana gelmiş olmasına ve bu ışınları kısmen süzmüş olmasına karşın" henüz devreye girmediği için, morötesi ışınlar, yine tüm şiddetiyle, okyanusların yüzeyine çarpmaya başladı. Işınların bir kısmı suların derinliklerine girerek, orada, bir taraftan suda çözünmüş olan basit temel moleküllerden daha karmaşık moleküllere sentezlerken, bir taraftan da daha önce oluşmuş olan karmaşık moleküller belirli dalga boyları ile yıkıma uğramaya başlamıştı. *Ancak suların derinliklerine doğru çöken bu moleküllerin bir kısmı yıkımdan kurtulabiliyorlardı.* Canlılığın denizlerin dibinden başlamasının nedeni de budur.

## Fotodisosiyasyon

İlkin okyanusların yüzeyine çarpan yüksek enerjili güneş ışınları, özellikle morötesi ışınlar, suyu, elementlerine, yani oksijene ve hidrojene kadar parçalıyordu "Fotodisosiyasyon." Hidrojen hafif, Dünya'nın kütlesi yeterince büyük olmadığı için, hidrojen sürekli olarak uzaya kaçtı (bugün hâlâ kaçmaktadır). Oksijen ise ya daha önce inorganik yoldan oluşturulmuş organik ya da inorganik molekülleri oksitlemeye başladı ya da daha yükseklere çıkarak, morötesi ışınlarla çarpışmak suretiyle  $O_3$ 'e, yani ozona dönüştü. Bu dönemdeki oksijen varlığı bugünkü oksijenin yaklaşık 1/1000'i kadardı. Böylece ilk defa, özellikle bugün canlı biyomerler için çok yıkıcı olan morötesi ışınlarla karşı, çok etkili bir süzgeç devreye girdi.

## Ozon tabakası ve RNA-DNA oluşumu

**Ozon tabakası:** Bu süzgeç, ancak, bugün renk olarak algıladığımız ışınların dalga boylarını (mavi, kırmızı ve yeşil), morötesi ışınların çok az bir kısmını, sıcaklık olarak algıladığımız kızıl ötesi ışınları ve birkaç radyo dalgasını bırakıp, diğerlerini soğurmaya başladı. Yani, bu evreden sonra, güneşten çıkan ışınların ancak belirli bir kısmı dünyaya bırakılmaya başlandı. İşte canlıların mimarisini oluşturan özelliklerin tümü, bu süzöntünün özelliklerine göre evrimleşmiştir.

**RNA ve DNA oluşuyor:** Bundan yaklaşık 4-3.9 milyar yıl önce, Dünya'daki koşullar, inorganik, yani canlınin işe karışmadığı ve bulunmadığı bir çevrede, birçok organik molekülün sentezlenmesi için uygun ortam oluşturmıştı (uygun sıcaklık, ışın bombardımanı, yanardağ işlevleri vs.). Bu sırada, bugün bizim tanıdığımız ya da tanımadığımız birçok molekül ve keza onların arasında, bugün doğal olarak sadece canlılar tarafından sentezlendiği bilinen birçok basit organik molekül oluşmuştu. Bunların içinden biri (belki o zamanlar birçoğu), yapısı ve taşıdığı elektrik yükleri nedeniyle, çevresindeki daha küçük birimleri alarak kendinin kopyasını yapma yeteneği kazanmıştı. Bu molekül, C (sitozin), G (guanin), A (adenin) ve U (urasil) bazlarından oluşmuş, tek bir iplikçik halinde bulunan, küçük boyutlardaki bir RNA molekülüydü.

Zaman içerisinde, bu molekül, özellikle U (urasil) bazı yerine T (timin) bazının girmesiyle ve riboz şekiri yerine de oksiriboz şekirinin girmesiyle, sentezlediği karşı zincirinden (koplementerinden) ayrılmayarak, daha kararlı bir yapı olan DNA'ya dönüştü. Böylece, bir taraftan kararlı yapı kazanmış DNA molekülleri yaşamlarını sürdürürken, RNA molekülleri de DNA ile ya da kendi başlarına (RNA virüsleri) sentezleme işlevlerini sürdürmeye devam ettiler. Zaman içinde DNA molekülü, RNA molekülünü sentezleme görevini üstlendi ve işlevsel bir birlik oluştu. Bu birlik yaşamın ilk taşlarını döşüyordu. *Bu birliğin oluşma zamanını 3.9-3.5 milyar yıl öncesine dayandığını varsayıyoruz.*

## Hücre zarı oluşuyor

Daha sonra bu çıplak molekül kendini milyonlarca yıl çoğaltmaya devam etti ve bir gün bu molekül çifti başka bir kaynaktan oluşturulmuş bir zar içerisine girerek kendini daha güvenli bir ortama alma şansını buldu. Böylece ilkel hücre oluştu.

Bu evrimsel atılım, korumasız diğer çıplak DNA ve RNA moleküllerinin sonunu getirmişti. Böylece, ortamda, sadece, bir zarla çevrili, içerisinde kalıtsal şifrenin, yani DNA'nın taşındığı, bugünkü bakterilerin

atalarını oluşturan bir canlı grubu kalmıştı. Bu canlı, ilkel hücrenin gerek duyduğu basit bilgileri taşıyan DNA ile yetiniyordu. Fakat zamanla gerek mutasyonla gerekse dış ortamdan alınan diğer DNA parçalarının hücredeki DNA'ya eklenmesiyle, kalıtsal öz daha karmaşık molüküllere doğru hayranlık verici serüvenine başlamıştı. Merdivenin bir kere ilk basamağına basılmıştı, yukarı katlara, çağlara tırmanmak artık zaman işiydi...

Bu ilkin hücrede her şifrenin denetlediği ya da sorumlu olduğu bir özellik olduğu için, bu şifreler kısıtlanmaksızın boydan boya okunarak, bir yenisi meydana getiriliyordu. Uzun süre bu işleyiş tarzı devam etti.

## DNA denetimi

### DNA okunmasının denetimi öğreniliyor (bakteri ve alg benzeri prokaryotlar)

*Yaklaşık 2 milyar yıl önce*, çevre olanakları kısıtlanınca, hücre daha tasarrufluk çalışmak zorunda kaldı. Örneğin kendi olanakları ile sentezleyebileceği ya da o güne kadar sentezlediği -vazgeçilmez- önemli bir molekül, eğer çevreden alma olanağını sürekli ya da geçici olarak bulmuş ise, bu maddeyi sentezlemeyi sürdürmesi, boşuna bir enerji kaybı olacaktı ve çevredeki diğer canlılara göre daha hantal bir işletim sistemi kurduğu için, zamanla yaşam mücadelesine dayanamayarak ortadan kalkacaktı. Böyle de oldu... Çevresinde kullanabileceği uygun molekülü sürekli ya da zaman zaman hazır durumda alabilen böyle bir canlı, o molekülü sentezleyecek şifresini, bugün "*Transakting Faktör*" (TF) dediğimiz bir molekülle kapatarak enerji tasarrufu uyguladı ve bunu uygulayanlara göre çok daha başarılı bir yaşam stratejisine ulaştığı için evrimsel mücadelede başarılı oldu. Böylece ilk defa canlılar dünyasında şifrelerin bir kısmının ihtiyaca göre geçici ya da sürekli olarak kullanılması (denetleme) mekanizması bulunmuş oldu.

*Bu değişim, aynı zamanda ölüme giden yolun taşlarını döşüyordu...* Bugün çekirdeksiz birhücreliler dediğimiz canlılar hâlâ bu yaşam stratejisini uygulamaktadır. Örneğin bir bakteri, glikozun olmadığı, laktozlu bir ortama konursa, laktozu yıkacak DNA kısmının üzerindeki kılıf (protein), laktozun katıldığı bir seri işlemle kaldırılır. Glikoz varsa, enerji korunumu için, laktoz olsa bile, bu kılıf kapatılır ve sadece glikozdan enerji elde etme işlemine geçer. Bakteriler kural olarak sonsuz yaşar.

## Çekirdek ve telomer

*Çekirdek (ve Telemorli Kromozom) bulunuyor (Ökaryotlar).* Bundan yaklaşık 1.5 milyar yıl önce, bu çıplak DNA'lı birhücrelilerin bir kısmı, ilginç bir ev-

rimleşmeyle, kalıtsal materyali çekirdek içine alınmış ve histon denen proteinlerle DNA'sının büyük bir kısmı kaplanmış, ökaryotik denen çekirdekli canlıları yaptılar. Vücut organizasyonu bakımından çok daha karmaşık olduklarından, DNA'larının bir kısmı ancak gelişim evrelerinde okunuyor; daha sonra sürekli ya da zaman zaman kapatılıyordu.

## Telomer evrimleşiyor

Ökaryotik canlıların vücut organizasyonu gelişmiş olduğundan, tüm bu bilginin bakterilerde (prokaryot) olduğu gibi halka bir DNA zinciri ile bir arada tutulması ve okunması olanaksız hale geçmişti. Bu zorluk TTGGGG bazlarının bir araya geldiği yerde kromozom iplikçığının birbirinden ayrılması ile aşıldı. Normalde kromozomların herhangi bir dizilimindeki serbest uçları birbirine karşı çok yapışkandır. Ancak TTGGGG dizilimi taşıyan yerler bu yapışkanlığı göstermez. Bu kısım, eskiden beri kromozomun telomer kısmı olarak bilinir. Böylece düz (lineer) kromozom iplikçığı birçok parçadan oluşmuş kromozom düzenini geçti. TTGGGG bazlarının bulunduğu yerde ise aynı kombinasyonda zaman içinde tekrarlar oluştu, yani TTGGGGTTGGGG... Çünkü her hücre bölünmesinde bu dizilerden bir *kısmı polimerazın bağlanma noktası bir miktar içeriden olduğu için kesilip atılıyordu*. Kesilen kısım yaklaşık 200 baz uzunluğundadır. İnsanlarda (bireysel olarak) bu tekrarın sayısı 5.000 ile 20.000 arasında değişmektedir. Bu durumda 20.000 tekrar taşıyan bir birey daha çok hücre bölünmesi yapabileceği için kıyaslamalı olarak daha uzun yaşayacaktır.

## Telomer ölümü başlatıyor

**Telomerazın oluşumu düzenli ölüm olayını yaşam dünyasına sokuyor:** 1996 yılında yapılan bu tespit, ömür ile ilgili kaderimizin özünde, yıldızlarda, vs. yatmadığını, önemli ölçüde telomerlerde yattığını göstermiştir. Kanser hücrelerinde bu kısmı rejener eden telomeraz yeniden (büyük bir olasılıkla embriyonik bölünmelerin ilk evrelerinde de üretilmektedir) üretildiği için, yani hücre sonsuz bölünme yeteneğine kavuştuğu için, tümör meydana gelir. *Telomerin meydana gelişi yaşam uzunluğunu sınırlamıştır; daha doğrusu ölüm olgusunu ilk defa canlılar dünyasına sokmuştur.* Fakat daha sonra değineceğimiz gibi, parçalı kromozomların meydana gelişini sağlayarak mayoz bölünmede genetik ayrışımı sağlayarak, genetik kombinasyonun oluşmasını, yani evrimsel seçimdeki seçeneğin artırılmasını sağlamıştır. Bu çeşitlenmenin sağladığı yarar o denli yüksek olmuştur ki, ölüm denen fatura bile onun yanında önemsiz kalmıştır.

## Kromozomlar oluşuyor

**Kromozomlar paketleniyor (renkli ibrişimler):** Hem kalıtsal bilginin artmış olması hem de birbirinden ayrı kromozomlar şeklinde düzenlenmesi, bu kalıtsal bilginin yavru döllerle eşit olarak aktarılmasında karışıklıklar ortaya çıkarmıştır. Nitekim bu sapmaları ilkel organizmalarda (amip gibi) kısmen görmekteyiz. Fakat iplik şeklinde olan bu kromozomlar, bölünme sırasında üretilen özel enzimler ile kısaltılınca, karışıklık giderilmiş oldu. Bir insanda, örneğin, interfazda, boyu hücre çapına göre çok fazla olan 23 çift kromozom vardır. Bu bir odaya konmuş 23 çift (46 tane) farklı renkte binlerce kilometre uzunluğunda birbirine karışmış bir ibrişim demeti gibidir. Bölünme sırasında bu sayı ikiye çıkar. Böyle bir uzun ibrişim demetinin doğrulukla yavru hücrelere verilmesi olanaksızdır. Bu nedenle bir ipliğin bir makaraya sarılması gibi, özel proteinlerle kısaltılarak ve üzerlerine bir matriks (histon+protein) geçirilerek kromozom haline dönüştürülür ve derlitoplulu bir yapı kazandırılır. Böylece bu makaraların (yani kromozomların) sentromer ve iç iplikleri aracılığıyla da, yavruya paylaştırılması kolay olur. Daha sonra makara açılarak ipliksi düzene geçer ve okunması gereken kısımlar okunur. *Böyle bir kromozom oluşumunun bundan 2-1.5 milyar yıl önce ortaya çıktığını varsayıyoruz.*

## Eşeyli üreme bulunuyor

O güne kadar sadece basit bölünmelerle (amitoz bölünme), daha sonra büyük bir olasılıkla mitozla eşeysiz çoğalan canlılık, çeşitlilik meydana getirmede zorlanmıştı. Ancak anlamlı bir protein meydana getirecek bir kalıtsal parça (gen) ikiye ayrılıp biri bir hücreye diğeri diğeri bir hücreye verilince, *erkek ile dişinin ilk ayrımı ortaya çıktı.* Anlamlı bir protein meydana gelebilmesi için iki bireyin bir araya gelerek bu kısmı tamamlaması gerekiyordu. *Yani döllenme gerekiyordu.* Başlangıçta bakterilerde sitoplazmik köprülerle bu işlev yerine getirildi. *Daha sonra kırmızı alglerde, bundan 1.2 milyar yıl önce, seks yapan ilk canlılar oluştu (fosil kanıtlar bunu gösteriyor) (Paleobiology, vo. 26, p: 380, 2000). İlk defa aynı türe ait birbirinden farklı iki bireyle temsil edilen bir canlı oluşmuştu. Birisi, küçük sporları meydana getiren erkek, diğeri de büyük sporları meydana getiren dişiydi. Hücre çoğalmasının ayrıntıları, bugünkü Bangia'nınkine çok benziyordu. İlk defa, aynı türe ait, şekli, yapısı, davranışı birbirinden farklı olan bireyler ortaya çıkmıştı (eşeyssel dimorfizm); çeşitlenme ve yarış (eşeyler arasında yarışma). Daha sonra da av-avcı ilişkisine bağlı olarak türler arasındaki yarış (violence) ya da aynı olanaklara kavuşmak için yarış (Competiti-on) başlamıştı.* Halbuki eşeysiz çoğalan ökaryotlar ve prokaryotlar bu yeteneğe sahip değillerdi. Fakat

bu kadar eziyetli bir işleyişin kazandırdığı çok şey olmalıydı ki, bu mekanizma korunarak kalabilsin. Bakalım bu kazanç neydi?

## Mayoz bölünme bulunuyor

Eşeyli çoğalmaya geçince, bir bireyde hem anadan hem babadan gelen kromozom takımı olduğu ve bu kromozomlar mayoz bölünmede (yani eşey bezlerinde oluşan bölünme şeklinde) hücrenin ortasındaki ekvatoryal düzleme, üst (kuzey) ya da alt (güney) kutbuna tamamen rastgele dizileceği için, bir erkekte ya da bir dişide olabilecek gamet çeşitliliği (kombinasyonu), insanda 23 çift kromozom olduğu için  $2^{23} = 8.388.608$ 'dir. Yani bir erkek ya da dişide hiç mutasyon olmamış ise ya da kromozomlar arasında parça değişimi olmamış ise bu kadar çeşitte (kalıtsal kombinasyonu farklı) sperm ya da yumurta meydana getirir. Bir bireyin oluşabilmesi için iki gametin bir araya gelmesi gerekeceği ve bu da yeni bir kombinasyona neden olacağı için, bir karı kocadan, hiç mutasyon olmamış ve kromozomlar arasında parça değişimi (krossing-over) olmamış ise  $8.388.608 \times 8.388.608 = 70.368.744.000.000$  (yaklaşık yetmiş trilyon) çeşit (yapısı birbirinden farklı) çocuk olur. Yani bir karı kocanın her ikisinde hiç mutasyon olmamış, kromozomlar arasında parça değişimi olmamış ise, 70 milyardan fazla çocuğu olursa; bu çocuklardan ancak ikisi kalıtsal olarak birbirine tamamen benzer. Kaldı ki bu çocuklar farklı ortamlarda gelişecekleri için, yine de farklı sonuca ulaşılacaktır. Ayrıca, mayoz bölünme sırasında ana ile baba kromozomları arasında rastgele parça değişimi yapıldığı, her bireyde belirli sayıda mutasyon olduğu için, bu kombinasyonun sayısal değeri 100'lerce trilyonun, hatta katrilyonun üstüne taşmaktadır. Kambriyen Patlaması'nın nedeni büyük bir olasılıkla mayoz bölünmenin devreye girmesidir.

## Hücre simbiyozisi ve uyum

**Hücre simbiyozisi:** Bundan 1.5 milyar yıl önce, daha önce oluşmuş organizmaların (kloroplast ve mitokondri; son zamanlarda bulunan bulgulara göre mikrotübüller ve keza sitoiskeletin) birbirinin içine girerek simbiyozis yaptıklarını ve karmaşık hücre yapısını ortaya çıkardıklarını varsayıyoruz. *Ökaryotik hücreler.*

**Uyumda (adaptasyonda) patlama:** Bu aşamada canlılık o denli çok varyasyon meydana getirmeye başlamıştır ki, bu kombinasyonlardan en azından birkaç tanesi, yeni bir ortama uyum sağlayacak yeteneğe kavuşmuş olabilir. Böylece son 1-1.5 milyar yıl içerisinde çeşitlenme ve her ortamı işgal büyük bir hızla sürmeye başladı. İlk olarak denizler işgal edildi ve birincil denizel canlılar (hep denizde ya-

şamış ve karaya hiç çıkmamış canlılar) oluştu. Bu aşamada tüm kıtalar hemen hemen bir arada bulunuyordu. Bu kıtanın adı, bugün Pangea olarak bilinmektedir.

## Prekambriyen

### Prekambriyen dönemine ilişkin birkaç açıklama

Dünyanın bugüne kadar geçirmiş olduğu ömrün yaklaşık %88'ini oluşturan Prekambriyen'in sonuna kadar, yani bundan 540 milyon yıl öncesine kadar, dünya denizlerine sadece ilkel çok hücreliler egemendi. Büyük bir olasılıkla Prekambriyen'in sonuna doğru henüz mayoz bölünme bulunmamıştı (evrimleşmemişti). Bu evredeki canlılar en çok ilkel "eşey-siz çoğalan" yassısolucan halinde bulunmaktadırlar. Bir yüzyıl önce, bulunan en eski "vücudun bizzat kendisinin fosilleştiği" fosil olarak bilinen fosil, Kambriyen'e aitti (540 milyon yıl önce). Bilim dünyası bir türlü, bugün de örneğin trilobitlere benzer canlıların birden nasıl ortaya çıktığını filogenetik olarak tam olarak bilmiyor. Özellikle mayozun mekanizmasını ve etkisini yeterince anlayamayanlar için bunun kavranması çok zor olmaktadır.

Sorunun yanıtı Prekambriyen kayaçlarında bulunacak fosillere bağlı. Ancak, Prekambriyen kayaçları, algler tarafından çökeltilen (kalıplanan) kalsiyumla şekillenmiş "Stromatolit" fosilleri ile özellik kazanmıştır. Bu fosiller, Prekambriyen'in ortalarından (yaklaşık 2 milyar yıl önce) daha eskiye ulaşmazlar. Alt Prekambriyen'in kayaçları sadece mikrofosil ve çok küçük yapıli organizmalar içerir (ancak çok ince silt içerisinde korunmuş bakteri ve alg benzeri canlılar güçlü mikroskoplarla incelenebilir). Fosil olarak tanımlanabilen en eski fosil 3.5 milyar yıl öncesine dayanır.

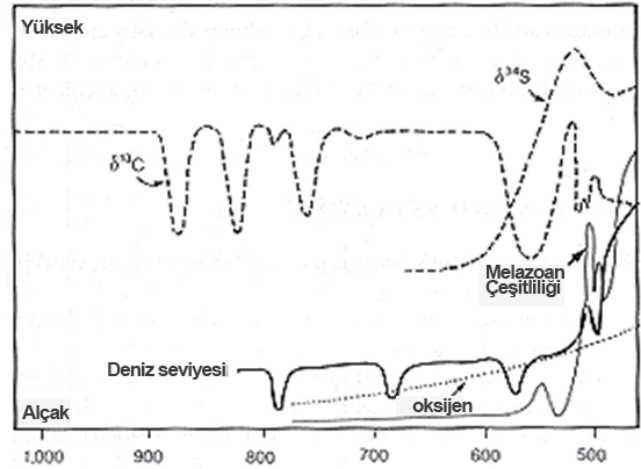
## İlk fosiller

*Mikrofosiller*, Güney Afrika (3.1 milyon yıl önce) ve Superior Gölü (1.7 milyon yıl önce) kayaçlarında bulunan fosiller, Prokaryot (çekirdeksiz) olan ve eşeysiz üreyen bakteriler ve mavi-yeşil alglerdir.

*Siyanobakteriler* (mavi-yeşil bakteriler) döngüsel fosforilasyonda, elektron kaynağı olarak suyu kullandıkları için, yan ürün olarak oksijen salgırlar. Bu özellikleri ile fotosentetik bakterilere değil, bitkilere benzerler (kloroplastlar büyük bir olasılıkla bunlardan türemiştir; her ikisinde de klorofil a vardır).

*Çekirdek taşıyan, ökaryot canlı, bundan yaklaşık bir milyar yıl öncesine etiketlenmiş*, Avusturalya'da (Bitter Spring) bulunan, Prokaryotlara benzemeyen, eşeysel üreyen yeşil alglerdir.

Böylece varyasyonu artıran en önemli etken, bireyler arasında kalıtsal materyal alışverişi başlamış, yani "Rekombinasyon" evrimleşmiştir. Bu mekanizmanın bulunuşu "*Kambriyen Patlaması*"na zemin oluşturmıştır.



Oksijen (keza deniz, karbon) düzeyinin değişimi

İlk iz fosiller: Prekambriye'nin ortasından sonra ilk olarak ökaryot bitki, biraz gecikmeli olarak ökaryot hayvan fosillerinin bizzat kendilerinin tam fosili değil, kalıntıların izleri, işlevlerine ilişkin izler, bıraktıkları tüpler (yuva) bulunmuştur. Avustralya ve Newfoundland'da yüzlerce yumuşak vücutlu canlıların fosil kalıbı bulunmuştur. *Hiçbirinde koruyucu kabuk yoktur*. Korunmak amacıyla kabuk oluşumu ilk defa Paleozoyik'te görülmektedir.

*Prekambriyen'de bugüne kadar kömür, petrol ve gaz yataklarının bulunmayışı, kara bitkilerinin ve hayvanlarının bulunmadığını gösterir.*

**Önemli not:** Eğer mayoz mekanizması bulunmamış olsaydı, canlılığın, bugün gelişmiş bir halkalı solucandan daha fazla evrimleşmesi beklenemezdi.

## Kambriyen Patlaması

**Evrimin ham materyali (rekombinasyonlar ve mutasyonlar):** Prekambriye'nin sonlarına doğru bulunmuş mayoz mekanizması, canlılara inanılmaz bir çeşitlilik sunma zeminini hazırlamıştır. Bir anababadan uyum yetenekleri birbirinden farklı olan milyarlarca-trilyonlarca yavru oluşturma olanağı yaratılmıştır.

**Evrimleşmeyi sağlayan ana faktör: (genetik yalıtım):** Evrimin ham malzemesi yani varyasyonlar, yani şeker ve un hazırdır; sıra onu pişirecek kap kacak, mutfak ve fırının sağlanmasına kalmıştır. Evrimsel fırın, özünde birbirinden yalıtılmış alanlarda farklı koşulların bulunmasıdır. Yani "Genetik İzolasyon" mekanizmasıdır.

## Enerji veriminde artış

Fotosentetik organizmalar ve enerji veriminde artış: Başlangıçta, sadece okyanusların yüzeyinde, suyun morötesi ışınlarla parçalanması sonucu, fotodisasyasyonla elde edilen serbest oksijen olmasından (bugünkü miktarın ancak %01'i kadar) dolayı, etkin bir ozon tabakası meydana gelememişti ve yine bu nedenle canlılar, denizlerin yüzeyine ve karalara çıkamıyorlardı. Çünkü biyomerleri parçalanıyordu. Canlılık, ancak belirli derinliklerde, oksijensiz (anaerobik) koşullarda sürüyordu. Enerji verimi de düşük olduğu için (bir mol glikozdan ancak 2 ATP elde edebiliyorlardı; gerisini alkol ya da pruvit asit olarak ortama salıyorlardı). Bu nedenle Prekambriyen kayaçlarının çok büyük bir kısmı sadece  $Fe_2O_3$  içerir (yani ortamda serbest oksijen olmadığı zaman oluşan demir oksit).

## Ozon tabakası güçleniyor

Ozon tabakasının güçlenmesi, karaya çıkış: Fotosentetik bakteriler evrimleşince, oksijen miktarı %16'lara kadar yükseldi; ozon tabakası güçlendi, morötesi ışınlar daha etkin olarak tutulmaya başlandı. Böylece canlılar yüzeye çıkma olanağını buldular. Güneş ışınlarına doğrudan maruz kalan canlılarda mutasyon oranı yükseldiği için, yeni varyasyonların oluşumu çok daha güçlendi.



**Orta Kambriyen**  
Pangea- Burgess Fanusu  
Döneminde (540-500 milyon yıl önce)  
Oksijen düzeyi bugünkü düzeyde  
Kalıverengi kara kütlesi Gondwana'yı  
oluşturacak şekilde hareket etmektedir.  
Her iki kutuptan görülebilen için  
kutupların yeri çarpıtılmıştır



**Ordovisyan**  
(500-440 milyon yıl önce).  
Bu dönemde kara kütlesinin  
büyük bir kısmı Güney  
Kutbu'nda toplanmıştır.  
Gondwana güneye doğru  
hareket ediyor (kalıverengi  
karalar). Kuzeydeki kıtalar,  
Kambriyen'e göre birbirine  
daha çok yaklaşmıştır. Güney  
Amerika, bu dönemde, Güney  
Kutbun ortasında yer alıyor.

Prekambriyen sonuna doğru (1.2-2.5 milyar yıl önce) kayaçlarda  $Fe_2O_3$  (hematit) görülmesinin temeli, atmosferde serbest oksijenin artmış olmasındandır.

Ayrıca hücre içine giren mitokondri aracılığıyla oksijenli solunuma geçilince bir mol glikozdan artık 2 ATP değil, 36, duruma göre 38 ATP elde etmeye başladılar (ana besin maddesi glikoz, solunum ürünü olan su ve karbondioksit kadar indirgendiydi). Bu enerji verimi de bu özelliği kazanan canlılara büyük bir etkinlik kazandırdı.

## Vücut büyüklüğü artıyor

**Oksijen oranının artışı; vücut büyümesi:** Daha önce düşük oksijeni bir çeşit diffüzyonla çevreden alan canlılık, yüksek derişimli oksijeni almaya başlayınca, vücut büyüklüğü de ona göre arttı. Özellikle solunum organlarını geliştirince, dev vücutlu canlıların oluşmasının da tasarımı hazırlanmış oldu.

Ancak, Kambriyen Patlaması'nın temelini, mayoz bölünmenin yanı sıra, galiba, fırın görevini yapacak, dünya yüzeyinin bölmelere ayrılması, en derinden etkiledi. Bunu daha ayrıntılı olarak görelim.

## Genetik yalıtım etkinleşiyor

**Sucul ortamların bölmelere ayrılması ve karaya çıkış:** Kıtalar bitki örtüsüyle kaplı olmadığı için, özellikle parçalanmış kıtalarda, erozyonla hızla aşınıp sahillerinde çeşitli niteliklere (tuzlu, tatlı, acı vs.) sahip lagünler, su ortamları ve zaman zaman kuruyan göletler meydana gelmeye başladı. Gen aktarımını önleyecek şekilde birbirinden yalıtılmış bu yaşam alanlarında, seçim—> uyum—> çeşitlenme zinciri, birdenbire inanılmaz derecede güçlendi.

Burada bulunan canlıların uyum yapamayanları ortadan kalkarken, değişik gruplardan birçok canlı karaya çıkış denemelerine başlamıştı. Sonuçta, bitkiler, böcekler, solucanlar, omurgalılar değişik kollarından ve tarzlarla karaları işgal etmeye başladılar. Bu uyum, dünyaya ulaşan bir miktar morötesi ışının, yerküreden salgılanan bir miktar temel radyoaktif ışınının, değişik kaynaklardan gelen bazı kimyasalların ve kendiliğinden oluşan mutasyonların ortaya çıkardığı genetik çeşitlenme ve bu genetik çeşitlerin, ortamına göre seçilmesi, yani "*Doğal Seçilim*" ile oluşuyordu.

Her canlı o ortama en iyi uyumu yapacak kalıtsal kombinasyonunu koruyor ve geliştiriyordu. Bunu da o kombinasyonu kalıtsal olarak gelecek kuşaklara aktararak yapıyordu. Bu aktarmayı yapamayanların soyu tümüyle tükeniyordu ya da uygun olmayan kalıtsal kombinasyonları tükeniyordu.

Evrimin ham materyali, Kambriyen'e geçerken en etkin bir şekilde işlenmeye başlandığı için, uygun kombinasyonlar ilk defa bu dönemde şekillenmeye başladı ve bilinen canlı grupları "işte bu nedenle" bu dönemde yaşam sahnesine çıkmış oldu. Ana tasarım ya da mimari bir defa şekillendikten sonra, bu tasarımın küçük küçük işlemlere tabi tutularak çeşitlenmesi, canlıların filogenetik ağacını meydana getirmiş oldu.

## Karalar parçalanıyor

**Pangea parçalanıyor:** Magmanın hareketleri ile bu süper kıta (Pangea) parçalanmaya ve ilk olarak güneyde Gondwana, kuzeyde Laurasia diye iki ana kıtaya, daha sonra bugünkü kıtalara ayrılmaya başlayınca daha da etkili yalıtım zonları oluştu.



**Devon**  
(400-345 milyon yıl önce)  
Güney ve kuzeydeki kara parçaları birbirine yaklaşmaya başlıyor. Mercanlarda, kabuklu kafadanbacaklılarda patlırcasına evrimsel çeşitlenme görülür. Çeneli balıklar ortaya çıkması ve çeşitlenmiştir. Karayusunları, atkıyrukları ve amfibiler karaları istilaya başlıyor. İki kıtanın çarpışması sonucu, denizel tırlarda kitle halinde yok oluş görülür.



**Perm**  
(290-250 milyon yıl önce)  
Bu Süper Kıta'nın orta kısmında son derece sert iklim egemen olmuştur. Dünyanın en büyük buzlaşmasının bu dönemde olduğu varsayılır. Dolayısıyla denizlerin düzeyi düşmüştü; sığ denizler kurumuştur. Bu denizlerde yaşayan canlıların çoğu yok olmuştur. Günümüz böceklerinin belirli bir kısmı, örneğin Odonata örnekleri, ortaya çıkmıştır. Devrin sonunda doğru süratlenir, amfibilere egemen olmuştur. Tırtıslı balıklar büyük ölçüde çeşitlenmiştir. Memelilere giden hat bu dönemin sonunda doğru şekillenmeye başlamıştır. Bu dönemin sonunda denizel ve karasal tırların 9600'ü 10 milyon yıl içerisinde ortadan kalkmıştır. Bu ortadan kalkışın nedeni, Sibirya'daki yoğun volkanik aktiviteler olabilir. Meteor düşmesi saptanmamıştır. En büyük nedeni, iki kıtanın çarpışması olabilir. Pangea'nın iç kısmı büyük ölçüde yıkılarak, sert bir iklimin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Kara bitkileri oluşunca oksijen miktarı %21'e yükseldi ve evrimleşme daha da hızlandı.

Prekambriyen'den sonraki süre üç zamana (era), "Paleozoyik, Mezozoyik ve Senozoyik" bölünür.

Paleozoyik toplam 292 milyon yıl sürer ve bu üç devrin en uzun zamanını oluşturur. Kendi içinde 7 periyoda ayrılır (Kambriyen-Ordovisiyen-Silüriyen-Devoniyen-Mississipiye-Pennsilvaniyen-Permien; ilk üçü erken Paleozoyiktir).

## Erken Paleozoyik

### Erken Paleozoyik'in yorumlanması

**Coğrafik yapı:** Kıtaların düzenlenmesi bugünkünden farklıydı. Gondwana, bugünkü beş kıtadan oluşmaktaydı (Güney Amerika, Afrika, Avusturalya, Antartika, Hindistan ve belki Çin).

Afrika'nın Güney Kutbu'na ulaşmış ucu buzullarla kaplıydı. Buna karşın, Kuzey Amerika, Kuzey Avrupa, Sibirya, Batı Asya daha kuzeyde birbirinden ayrı bir küme oluşturuyordu. Kuzey Amerika ve Avrupa dar bir denizle birbirinden ayrılıyordu.

**Kuzey Amerika kıtasının sığ denizi:** Paleozoyik başladığı zaman, Kuzey Amerika'da yaşayan bitki ve hayvan yoktu. Apalaşlar ve Kayalık Dağları da yoktu. Kara son derece sığdı. Kambriyen ve Ordovisiyen'de sığ deniz defalarca karaların içine binlerce kilometre derinlere kadar istila etmişti (kum taşlarından anlıyoruz).

İlerleyen evrede Kuzey Amerika'da önemli dağ oluşumları ortaya çıktı. "Taconic Orogeny" ve sedimanların aşınması ile kıyılarda birçok lagünler ortaya çıktı. Aynı durum Silüriyen'de tekrarlandı ve sığ denizin girmiş olduğu yerlerin çoğunda açık denizle bağlantı koparıldı. Bu sığ yerlerde "basin" buharlaşma ile çok farklı koşullar oluştu ve buna bağlı olarak tuz ve jips birikimleri oldu.

Bu kompartımanların her biri, buraya giren canlılar bakımından coğrafik yalıtım alanları oluşturarak, türleşmeye ve çeşitlenmeye önemli katkılarda bulundular. Artık sıcaklığı ve yanma süresi farklı olan fırınlarda, değişik pastalar pişiriliyordu.

**İlk kabuklu fosiller:** İlk defa kabuklu canlıların Kambriyen'de ortaya çıkışı, fosil bilginimizin en önemli kaynağını oluşturur. Kabuk, korunma, için en önemli yapıyı oluşturduğu için, canlıların çevreye uyumu için de yarar sağlamıştır. Ayrıca, su yüzeyine yaklaşan ya da karaya çıkan canlıları morötesi ışınların yıkımından korumuş, duruma göre mutasyonlarda bir dengenin oluşmasına katkıda bulunmuştur.

Bu fosillerin bulunuşu, Dünya yaşamının zaman olarak 1/7'sini oluşturan kısmının çok ayrıntılı bölmelere ayrılmasına neden olmuştur. Halbuki Prekambriyen'i bölmelere ayırmak çok zor görünmektedir.

*Paleozoyik'in başında* henüz omurgalı hayvanlar oluşmamıştı. Hayvanlar âlemi sadece omurgasızlardan oluşuyordu. Kambriyen "Trilobitlerin" (kitin kabuklu) altın çağıydı. Çamura gömülerek yaşamış bu canlıların, dünyanın her tarafına yayılmış, tanımlanmış 600 kadar fosil cinsi bilinmektedir.

*Ordovisiyen'de* Brachiopoda türlerinin sayısı trilobitleri geçti (bugün bir grubu hariç tümü tükenmiştir). Bunların her ne kadar erginleri deniz tabanında yaşıyorlarsa da, larvaları serbest yüzdükleri için Dünya'nın her tarafına yayılma olanağını bulmuşlardır.

Ordovisiyen hareket yetenekleri fazla olan ve devrinin en yırtıcı hayvanlarını oluşturan Cephalopoda ile simgelenmiştir. Cephalopoda, dünyadaki ilk büyük yapıtlı hayvanlardır. En büyük trilobit 30, en büyük Brachiopoda 20 cm olmasına karşın, bilinen bir kafadanbacaklı türü 10 metreden uzundu.

### Kambriyen faunası

#### Kambriyen dönemine simgesini vuran fauna çeşitleri

#### Doushantuo formasyonu (faunası)

Weng'an/Güney Orta Çin'de, Erken Vendian'da (590 -565 milyon yıl öncesi), yani Kambriyen Patlaması'ndan yaklaşık 40-50 milyon yıl önce, ince dokuları gösteren fosiller bulunmuştur. Bu fo-

sillerin ilki, çamurda oyuk açan solucanlardı. Bu fosillerin bir kısmı segmentasyona (embriyonun) aitti ve bileterel simetri gösteriyordu (Xiao et al. 1998). Bu dönemin en önemli canlıları algler, süngerler, haşlamlılar (Cnideria) ve yanall simetrik hayvanlardı (Bileteralia). Bu faunanın bundan sonraki faunaya temel oluşturduğu varsayılır.

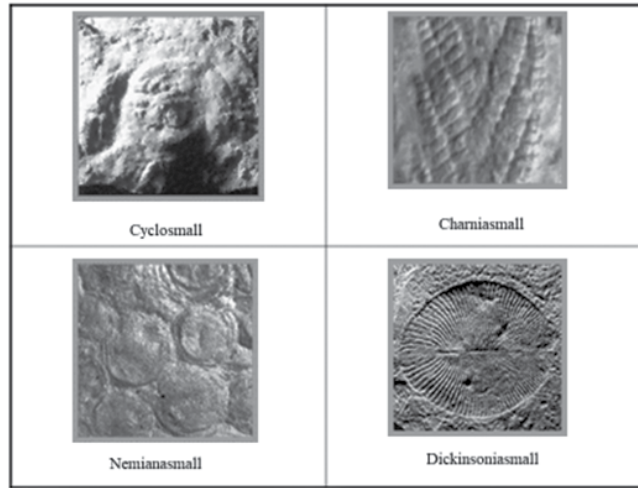
### Ediacarian faunası

#### Ediacarian faunası-kabuksuzlar (yumuşak vücutlular) faunası

*Metazoa ne zaman ortaya çıkmıştır?* Eldeki fosil kanıtlar bundan 1000-800 milyon yıl önce ortaya çıktığını göstermektedir. Genetik kanıtlar şubelerin (filumların) ayrılmasının yaklaşık bir milyar yıl önce başladığını göstermektedir.

Bu süre içerisinde stromolitlerin azalması, kazıcı ve sürünücü türlerin artmasına zemin hazırlamıştır.

Ediacarian faunası hayvansal vücut planını oluşturan genlerin oluşumundan yaklaşık 400 milyon yıl sonra ortaya çıkmıştır.



Vendian Faunası-1

### Ediacarian periyodu

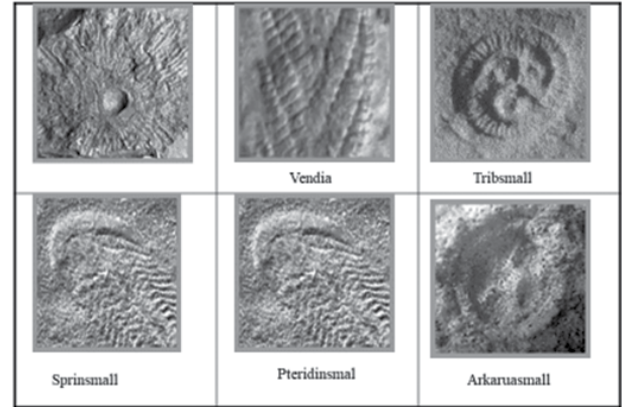
*Ediacarian periyodu*, ilk defa Prekambriyen fosillerinin bulunduğu Avustralya'nın Ediacara tepesinden adını almıştır. Daha sonra, İrlanda, Meksika ve Rusya'da (keza Newfoundland ve Amerika'nın kuzeybatı bölgelerinde) bulunmuştur.

1955 yılına kadar bu faunanın Kambriyen'den önce ortadan kalktığına inanılıyordu. Ancak daha sonra bulunan fosiller, bu faunanın Erken Kambriyen'e kadar sürdüğünü göstermektedir. Yumuşakça, denizanasları, deniz şakayıkları, solucanlar, hatta bugün Chiton benzeri hayvanlar ve hatta halkalısolucanlardan oluştuğu varsayılır. Ediacarian faunasının

zamanımızdan 570 milyon yıl önce başladığı ve Kambriyen'in girişini oluşturan 543 milyon yıl öncesi başat duruma geçtiği varsayılmaktadır (bazı kaynaklarda 600-545 milyon yıl önce). En son örnekleri İrlanda'da 510 milyon yıl önce bulunmuştur.

Kural olarak vücutları mineralize olmamıştır; yumuşak vücutludurlar (denizanası gibi). Hemen hepsi kum taşlarının ya da bugün Amerika'da cam sanayiinde kullanılan kumların içerisinde bulunmuştur. Sığ denizin karalar içerisine uzan mesafelerinde girmesi kumların oluşumunu hazırlamıştır.

1950 yılında *Martin Glaesner* (Adelaide Üniversitesi) Ediacarian faunasının bugün yaşayan (denizanasları, deniz şakayıkları ve bazı halkalısolucanların, örneğin çiğneyici *Dickensonia*) familyaların erken üyesi olduğunu ileri sürmüştür.



Vendian Faunası-2

Bu düşünce 1983 yılına kadar kabul görmüştür. Ancak *Adolf Seilacher* (Tübingen Üniversitesi), Ediacarian faunasının bugünkü türlerle benzerliği olmadığını ileri sürmüş ve bunların özünde su ile şişmiş birhücreli canlılar olduğunu belirtmiş, bu organizmaları *Vendobionta* denen yeni bir âlem içerisine yerleştirmiştir. Bunların vücutlarının yassı olduğunu ve Kambriyen'in başlangıcından hemen önce birdenbire ortadan kalktıklarını ileri sürmüştür.

### Karbon buzullaşması

**Karbon buzulu:** Bu faunanın ortadan kalkış nedenleri, son yaklaşımlara göre, karbon izotoplarının yorumundan, büyük bir buzul döneminin yaşanması olarak gösterilmektedir (Knoll & Carroll 1999). Bu buzulların, denizleri, sadece ekvatorunda deniz kalacak şekilde örttüğü ileri sürülmüştür "Varanger-Marinoan Glaciation". Buzul dönemi ile bio-jeokimya arasındaki ilişki incelenmektedir.

Namibia'dan (Güneybatı Afrika) elde edilen yeni fosiller, hem Ediacarian faunasının hem de kabuklu faunanın (Burgess Faunası) birlikte Kambriyen'de bulunduğunu göstermiştir. Yani hem Seilacher



Vendian Faunası-3

hem de Glaesner kısmen haklıydılar.

*Douglas Erwin (Smithsonia Institution-Washington) Güneybatı Asya'da yer alan Namibia Çölü'nün Kambriyen'den biraz önce oluşmuş (550 milyon yıl önce) kum taşlarını çözerek-eleyerek, yumuşak vücutlu, solucana benzeyen canlıların mineralleşmiş kalıplarını bulmuştur. Daha sonra yumuşak vücutlu poliketleri, yuvarlak solucanları, yumuşakçaları, denizhiyarlarını ve denizanalarını da saptamıştır.*

Daha sonraki canlıların bir kısmı, Edicarian faunasından evrimleşerek çeşitlenmeye devam ederken, bir kısmı da daha önce Prekambriyen sedimanları içinde yaşayan küçük organizmalardan türemiştir.

Edicarin faunasının bir kısmı (*Ediacaria*) ışınsal simetri, bir kısmı da bilateral (*Spriggina*) simetri gösteriyordu.

Bir kısmı segmentli vücutlu (*Dickinsonia*) bir kısmı da (*Eoporpita*) segmentsiz vücut yapısına sahiptir.

*Birçok vücut formuna sahip olmalarına karşın, birçoğu sadece iki doku tabakasından (endoderm ve ektoderm) oluşmuştur.*

*Üç embriyonik tabakaya sahip olanlarda ise henüz sölom oluşmamıştır.*

Ediacarian faunasının hiçbirisi söloma sahip değildi ve büyük bir olasılıkla fosil bırakan diğer Metazoa gruplarıyla (eklembacaklı ve yumuşakça vs) yakın akraba değildi.

İki grup mineralize olmuş iskelete sahipti. Bunlardan bazıları poliplerdi, bir kısmı da süngerler gibi iç iskelete sahipti (bunlar Proterozoyik kayaçlar içinde bulunmuştur). Diğer fosiller ise, sedimanları kazan ya da sedimanlarda iz bırakan fosillerdir.

Stromatolitler ise bu dönemde hâlâ sığ denizlerde mevcuttu.

*Bu faunanın daha sonraki olası akrabaları denizanaları ve diğer haşlamlılardır. Bir kısmı da yassıso-*

lucanlardır.

Bu hayvanların sedimanların içine tüp açarak yaşayamamalarının nedeni, sölom boşluklarının oluşmamasıdır (bu nedenle bu hayvanlara ait tüp izlerine rastlanmamıştır). Bu nedenle hidrostatik iskelet ve segmentli yapı da gelişmemiştir.

Denizanaları ve denizşakayıklarına benzer olanlar büyük bir olasılıkla etçildi. Bilateral solucanlar büyük bir olasılıkla organik maddelerce zengin çamurlar üzerinde yaşıyorlardı.

Tamamen yassı olan ve ağızdan yoksun olan solucanlar dokuları içerisinde fotosentez yapan endosimbiyoz canlıları barındırıyorlardı.

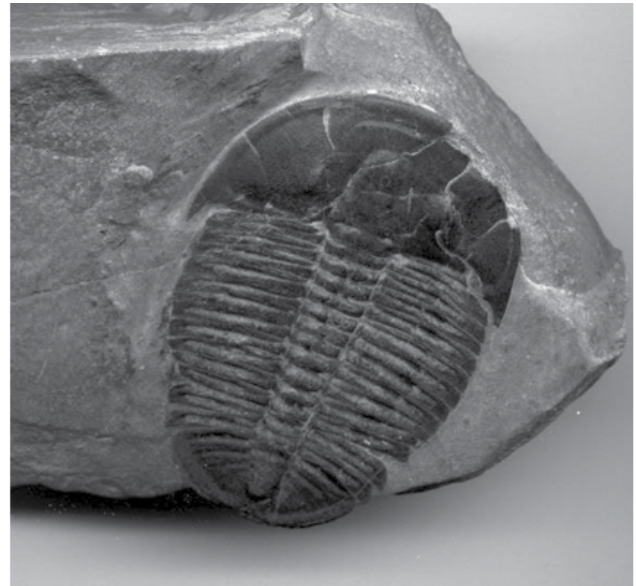
*Birkaç ayrıcasını göz önüne almaz isek, bundan 545 milyon yıl önce Ediacarian fauna tümüyle ortadan kalktı. Bu yok oluşun nedeni, Kambriyen'de ortaya çıkan organizmaların yol açtığı tahribat ya da oluşan büyük buzul dönemi olduğu düşünülmektedir. Kalanlar ise bugünkü haşlamlıları ve akrabalarını oluşturmuştur. Galiba, yumuşak vücutlu hayvanların bu kadar zengin olduğu bir dönemi bir daha göremeyeceğiz.*

Stromatolitler ise bu noktadan itibaren düşüşe geçmiştir. Bunların ortadan kalkmasının en önemli nedeni, yeni çıkan Metazoa'nın bunların üzerinde avlanması olarak görülmektedir.

Çok hücrelilerin bugünkü şubelerinin çoğu Phanerozoic dönemin başlangıcında (Paleozoyik çağın başlangıcı, Kambriyen Periyodu) patlarcasına ortaya çıkmıştı.

### Sert vücut parçalarının ortaya çıkışı

Büyük bir olasılıkla yüzeye yakın pelajik organizmalarda, hem Mg/Ca iyon dengesinin hidrotermal



Trilobit

sirkulasyon nedeniyle değişmesi ve hem de ekolojik uyarımları sonucu ortaya çıkmıştır.

### Tommatotian faunası-sölumlu hayvanlar dönemi

Bundan 545 milyon yıl önce sedimanları delerek yaşayan hayvanların izine rastlandı ve böylece *sölomu olan büyük hayvanların sahneye çıktığı* anlaşıldı. Bu dönemde yumuşak vücutlu hayvanlar da devam ediyorlardı; ancak fosili az bulunduğu için bugün açıkça bir şey söyleyemiyoruz.

### 530 milyon yıl önce küçük kalkerli, fosfatlı, sert organik materyalli kabuklu hayvanlar oluşuyor

Tommatotion Faunas, bilinen ilk kabuklu Metazoa (çok hücreli hayvanlar) faunasıdır. En iyi bilinenleri *Archaeocyathadır* (süngerlere benzer). Bunlar resifleri oluşturan ana organizmalardır.

Faunayı oluşturan türlerin çoğu 1-5 mm boyundadır.

Günümüz gruplarıyla akrabalıkları kurulamamıştır. Çeşitli tüpler, dikenler, koniler ve plaka şeklinde kısımları vardır.

Kambriyen'in başında, iskeletleşme ilerlemiş, üyeleri olan organizmalar daha çok görülmeye başlamıştır.

525 milyon yıl önce büyük kabuklu fosiller oluşuyor.

Organik maddeleri süzerek yaşayan Trilobitler sahneye çıkıyor. Arthropoda şubesi ve Brachiopoda (articulata ve inarticulatanın ikisi birden) da bu dönemde görülmeye başlıyor.

Echinodermata'nın birkaç grubu da bu dönemde görülmüyor (Eocninoidler ve Helicoplacoidler).

### Yirmi milyon yıl içerisinde, Bryozoa ve Chordata dışındaki tüm çok hücreli grupları oluşturmuştu

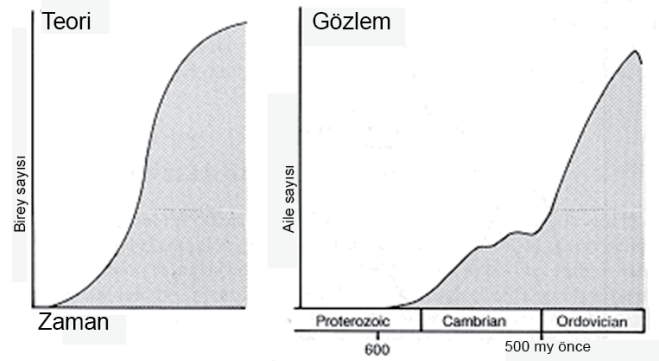
Yumuşak vücutlu çok hücreli gruplarının hangi yöne doğru yöneldiğini gösteren fosil kanıtlara ne yazık ki sahip değiliz. Yumuşak vücutluların da bu dönemde patlayıp patlamadığını bilemiyoruz. Kurduğumuz fosil bırakan gruplara dayanmaktadır.

**Özet:** Bu fauna Brachiopoda, Trilobiteler, Nautiloidler, Pelecypoda, Gastropoda Echinodermata'nın ataları ile simgelenmiştir.

Bu döneme ait fosilleşmiş embriyoya rastlanmıştır. Bu bize evrimsel ilişkiyi kurmanın yolunu açmıştır.

### Burgess (kabuklu) faunası (Orta Kambriyen) (525-515 milyon yıl önce)

Sığ ortamdaki fauna, daha derinlerdeki oksijensiz ortamlara sürüklenmiş ve çamurlara gömülmüştür; böylece daha iyi fosilleşmiştir. Kambriyen'in ilerleyen evrelerinde, ilk olarak trilobitler, daha sonra midyeler, salyangozlar, arthropotlar (eklembacaklılar) ortaya çıkmıştır. Denizyıldızları gibi derisidenliler (Echinodermata) ve sırtıplılar (Chordata) onlardan kısa bir süre sonra görülmeye başlamıştır.



Tür ve Familyaların Jeolojik Değişimi

Çin'in Yunnan Eyaletinde Erken Kambriyen'in son dönemlerine ait, çok iyi korunmuş yumuşak vücutlu fauna ile, Orta Kambriyen'in kabuklu faunası (İngiliz Kolombiyası'ndan) arasındaki benzerlik bu formların her ikisinin de geniş yayılış gösterdiğini ve milyonlarca yıl varlıklarını sürdürdüklerini göstermektedir.



Charles Walcott, Burgess Faunası'nın bulucusu (1909)

Her biri bir şehir büyüklüğünde olan ve fosilleri iyi bir şekilde korumuş olan şist niteliğindeki iki fosil yatağı çok önemlidir. Bunlardan biri Batı Kanada'nın dağları arasında gizlenmiş olan Burgess Şisti, diğeri ise Güney Çin'de Chenajiang Bölgesi'dir.

*Burgess faunası, bir grup poliketi, Unimaria (Crus-*

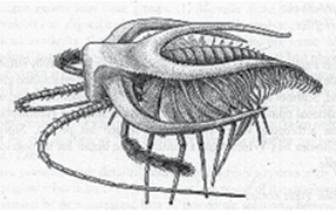
tacea ve böceklerin dâhil olduğu mandibulluları), keliserlileri (örümcek, akrep, atnalı yengeçleri vs.) ve en eski omurgalıyı kapsar.

**Burges Kabuk Faunası** Smithsonian Enstitüsünün başkanı **Charles Walcott** tarafından (1909) Kanada dağlarında (İngiliz Columbiası) keşfedilmiş ve bu fosillerin günümüzde yaşayan şubelerin öncüleri olduğu yorumlanmıştır.

### Canlı şubeleri (filumlar) oluşuyor

Şubeler oluşuyor: Günümüz bilgileri, bugünkü şubelerin tümünün temsilcilerinin Orta Kambriyen'den beri var olmalarına karşın, o dönemde yaşayan birçokunun bugün uzantısı yoktur. Toplam en azından 50 (yumuşak vücutlular da dâhil edilirse bu sayı 100 de olabilir) şubenin (Phylum) evrimleştiği; bugün ise sadece 38'inin yaşadığı bilinmektedir.

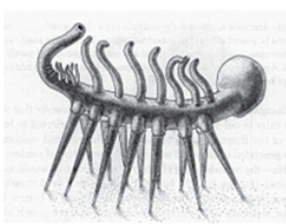
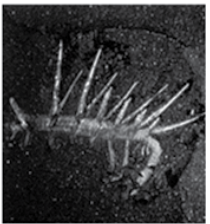
#### YUMUŞAK VÜCUTLU ŞUBELERİN DEVAMI



Bugünkü gruplarla ilişkisi kurulamayan *Mariella* (akıttığı sıvı da fosilleşen tür)

#### BURGESS FAUNASI

Günümüz faunası ile ilişki kurulabilen formlar



*Hallucigenia* (ilk eksteremiteli hayvan)



*Aysheaia-Onikofor* atası

**Burges faunası**

Günümüz faunasıyla ilişkisi kurulabilen

*Hallucigenia*: Zemine dayanan 7 çift üyesi var.

*Aysheaia*: Büyük bir olasılıkla onikofor atasıdır.

O günkü **eklembacaklıların** hemen hepsi yok olmuştur. Sedimanlarda, bugün yaşamayan yaklaşık 30 sınıf saptanmıştır. Bu grupların neden ortadan kalktığı bilinmemektedir (yaklaşık türlerin %80-90'ı ortadan kalkmıştır).

İleri evrelerdeki çeşitlenme patlaması, boş mekânların işgali ile kolaylaşmıştır; ancak tür sayısı arttıkça, birbirleriyle kıyasıya rekabete ve yarışmaya girenlerden, evrimsel tasarımı yetersiz olanlar seçilerek elenmişlerdir (**sonlu evrimleşme**).

Özellikle eklembacaklılar içerisinde çok fazla miktarda çeşitlilik vardı. Hatta bugün tanımlanabilen birçok fosil gruplar bile çok ilginç vücut yapısına sahipti (Trilobitler gibi).

**Yumuşak vücutlu şubelerin devamı olan** Süngerlerin Halkalı solucanları Priapulid solucanların devamı olan fosillerin yanı sıra, eklembacaklı olduğu varsayılan; ancak bugünü eklembacaklılarla benze-meyen *Mariella*: Çıkardığı sıvı ile tanınır.

### Burgess faunası

Günümüz faunası ile ilişki kurulamayan formlar

*Opabinia*: Başında 5 gözü var, burnu pençeli, solungaçlar üste ve kuyruk üç segmentli.

*Wiwaxia*: Denizin tabanında sürünüyor olabilir.

*Anomalocaris*

*Dinomiscus*

### Günümüz sırtiplileri ve omurgalıları ile bağlantısı kurulmaya çalışılan

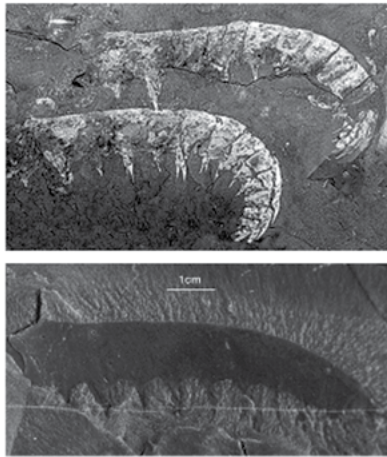
*Pikia*: Burgess Kabuklu Faunası'ndan bilinen ilk sırtipli hayvan (Notochordata). Sırtında destek görevi yapan önden geriye doğru uzanan sırtipi mevcuttur. Bizde omurların içinde kalıntı halinde kalmıştır. Kasları da miyomerik "zikzaglı bantlar şeklinde" dizilmiştir.

*Mylokunmingia*: İlk omurgalı

### Kambriyen Patlaması'nın ileri sürülen nedenleri

1. Mayozun ortaya çıkışı
2. Oksijen miktarının artması
3. Kabuk oluşumu
4. Avcı-av ilişkisinin gelişerek; üye oluşumun teşviki
5. Habitat ve nişlerin oransal olarak boş olması
6. Karaların sığ denizlerle geniş ölçüde istila edilmesi ve koşulları farklı habitatların oluşu.
7. Farklı hareket şekillerinin ortaya çıkışı.
8. Vücut planının tasarımından sorumlu genler "Hox Kopleksi" bu dönemden itibaren bilateral hayvanların tümüne yayıldığı için, günümüzde farklı görünen bilateral hayvan şubelerinin tümünün gelişim modelleri benzerdir. Birçok araştırmacıya göre bu gelişim modeli kararlı hale geldiği için, daha sonra yeni şubeler oluşmamıştır.

## Poliketlerin atası



*Burgess faunası*

*Günümüz faunası ile ilişki kurulabilen formlar*

*Poliketlerin atası*

Bilateral simetrinin ortaya çıkışı, başın, duyu organlarının ve onları denetleyen merkezi sinir sisteminin ön ucunda toplanmasına, uzunlamasına sinir şeritlerinin oluşumuna ve üyeli ve segmentli vücudun oluşumuna zemin hazırlamıştır.

Bu dönem iyi bir dönem miydi yoksa kötü bir zaman mıydı?

Neden bütün bunlar 100 milyon yıldan daha kısa bir dönemde ortaya çıktı?

Bu öykünün en ilginç tarafı, her üç faunanın da 5-10 milyon yıllık aralıklarla patlamış olmasıdır.

## Özet

Yaşam bundan 3.8 milyar yıl önce ortaya çıktı.

2.5 milyar yıl önce az karmaşık Prokaryotlar (çekirdeksiz) ortaya çıktı.

Bunu izleyen 700 milyon yıl içinde Ökaryotik hücreler ortaya çıktı.

Bundan 100 milyon yıl sonra da birbirinden farklı belli başlı 3 fauna ortaya çıktı ve geniş yayılış gösterdi (bunlar sırasıyla Ediacaran, Tommotian ve Burgess Kabuklu Faunası'dır). Sonuncu faunadan, bugün bilinen şubeler ortaya çıktı.

Bunu izleyen 500 milyon yıl içerisinde de yeni bir şube oluşmadı; ancak türlerde patlarcasına tür çeşitliliği ortaya çıktı.

## Kaynaklar

Arthur, Wallace 1997: The Origins of Animal Bodyplans.

Cambridge Press, London.

Ayala, Francisco Jose/; Rzhetsky, Andrey; Ayala, Francisco J. 1998: Origins of the Metazoan Phyla: Molecular Clocks Confirm Paleontological Estimates. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA 95: 606-611.

Bengtson, S. 1992: The Cap-Shaped Cambrian Fossil Maikhanella and the Relationship Between Coeloscleritophorans and Molluscs. Lethaia 25: 401-420.

Bengtson, Stefan; Zhao, Yue 1997: Fossilized Metazoan Embryos from the Earliest Cambrian. Science 277: 1645-1648.

Butterfield, N.J. 1999: Interpreting Axial Structures in Burgess Shale-Type Fossils. Palaeontological Association 44th Annual Meeting, University of Edinburgh, 17-20 December 1999 (Oral Presentation).

Chen, Jun-Yuan; Oliveri, Paola; Li, Chia-Wei; Zhou, Gui-Qing; Gao, Feng; Hagadorn, James W.; Peterson, Kevin J.; Davidson, Eric H. 2000: Precambrian Animal Diversity: Putative Phosphatized Embryos from the Doushantuo Formation of China. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA 97: 4457-4462.

Darwin, Charles 1947: On the Origin of Species. (Reprint of the second edition.) Oxford University Press.

Fortey, Richard 2001: The Cambrian Explosion Exploded? Science 293: 438-439.

Gould, Stephen Jay 1977: Ever Since Darwin. Reflections in Natural History. Penguin. 285 pp.

Gould, Stephen Jay 1989: Wonderful Life. Penguin. 347 pp.

Grotzinger, J.P.; Bowring, Samuel A.; Saylor, Beverly Z.; Kaufman, Alan J. 1995: Biostratigraphic and Geochronologic Constraints on Early Animal Evolution. Science, 270: 598-604.

Grotzinger, John P.; Watters, W.; Knoll, Andrew H.; Smith, O. 1998: Diverse Calcareous Fossils from the Ediacaran-Age Nama Group, Namibia. Abstracts with Programs, Geological Society of America, 20, 7, pp. A-147.

Haas, W. 1981: Evolution of Calcareous Hardparts in Primitive Molluscs. Malacologia, 21: 403-418.

Keeton and Gould (ed. Demirsoy ve Türkkan), 1999: Genel Biyoloji (tercüme) 512-ve 545-547, PALME yayıncılık.

Knoll, Andrew H.; Carroll, Sean B. 1999: Early Animal Evolution: Emerging Views from Comparative Biology and Geology. Science v. 284 (5423), issue of 25 Jun 1999, pp. 2129 - 2137.

Nash, J. M. 1995: When life exploded. Time, December

Runnegar, Bruce 1992: Chapter 3 – Evolution of the Earliest Animals. In, Schopf, J. William (ed) Major Events in the History of Life. Jones and Bartlett.

Schopf, J. William 1999: Cradle of Life. Princeton University Press.

Siveter, David J.; Williams, Mark; Waloszek, Dieter 2001: A Phosphatocopid Crustacean with Appendages from the Lower Cambrian. Science v. 293: 479-481.

Valentine, J.W.; Awramik, S.M.; Signor, P.W.; Sadler, P.M. 1991: Evol. Biol. 25: 279.

Wray, Gregory A.; Levinton, Jeffrey S.; Shapiro, Leo H.

1996: Molecular Evidence for Deep Precambrian Divergences Among Metazoan Phyla. Science v. 274 (5287), issue of 25 Oct 1996, pp. 568 - 573.

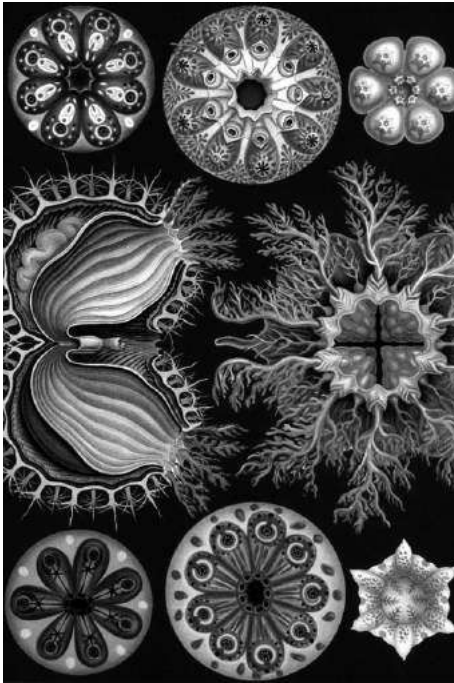
Zhang, X; Pratt, B.R. 1994: Science 266: 637

# Kambriyen Patlaması ve yaşamın köklü değişimi



Dr. Kevser KUŞAT OĞ. • Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu, Ankara  
Prof. Dr. Sinan AKGÖL • Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyokimya Bölümü, İzmir

Kambriyen patlaması ve dönemi oldukça etkileyici bir olay; bazı açılardan oldukça özgün, bizlere yaşam tarihini anlamamız için bazı ipuçları verse de; zamanımızdan çok çok uzaklarda gerçekleşmiş olması ve eldeki verilerin azlığı bakımından incelenmesi ve aktarması zor bir olay... Tabii bu da bilim insanları arasında tartışmalı bir konu olarak karşımıza çıkmakta... Şimdi Kambriyen dönemi ve patlamasından bahsedelim, elimizdeki veriler ışığında.



**C**anlılığın ana süreçlerini kapsayan DNA replikasyonu, protein sentezi, solunum ve hücre bölünmesinin evrimleşmesiyle birlikte biyolojik çeşitlilik artmıştır. Fotosentez ve çekirdek zarının evrimi gibi sıçramalar gerçekleşmiştir. Bu olaylar yaklaşık 3,2 milyar yıl önce gerçekleşerek yaşam ağacının ilk dalları ortaya çıkmaya başlamıştır. Kambriyen patlamasına kadar olan dönemde bazı algler hariç tüm organizmalar tek hücreliydi [1].

İlk hayvanlar fosil kayıtlarında 565 milyon yıl önce görülmektedir. Bu yaştaki kayalarda görülen canlılar çok hücreli olmalarına rağmen (denizaneleri, süngerler) basit morfolojide ve oldukça küçük canlılardır. Bundan sonraki 543-506 milyon yıl dönemine ait tabakalarda günümüzde yaşayan temsilcileri bulunan hayvan şubeleri görülmeye başlar. Bunlara örnek verecek olursak; krustaseler, eklem bacaklılar, halkalı solucanlar, yumuşakçalar, onkiforlar, sırtiplileri sayabiliriz. Bu dönem Kambriyen dönemi olarak bu dönemdeki gerçekleşen olaylar ise Kambriyen patlaması olarak adlandırılır. Paleozoik döneminin bir parçası olan Kambriyen dönemi, şimdiye kadar bilinen en yoğun evrim patlamasını oluşturmaktadır. Kambriyen patlaması, günümüzde yaşayan birçok temel hayvan grubu da dâhil olmak üzere inanılmaz bir yaşam çeşitliliğini ortaya koymaktadır. Patlamanın başlangıcı yaklaşık 542 milyon yıl önce Paleozoik Çağ'ın başlangıcındaki Kambriyen Döneminde olmuştur. Bu dönem dünya tarihinin %1'inden daha az bir süreyi temsil etmektedir. Çok sayıda büyük ve kompleks hayvanların ani bir patlama ile ortaya çıkışı canlılık tarihindeki en önemli olayı temsil etmektedir. Vücut planlarının, hücre tiplerinin ve gelişim modellerinin şaşırtıcı çeşitliliği Kambriyen'de meydana gelmiştir [1];[2];[4].

Günümüzdeki neredeyse tüm hayvan şubeleri Kambriyen Dönemi'ndeki 40 milyon yıllık bir zamana ait fosil kayıtlarında görülürler. Bu süre içindeki evrimsel olayları analiz etmek için fosil kayıtlarına bakmak gerekmektedir.

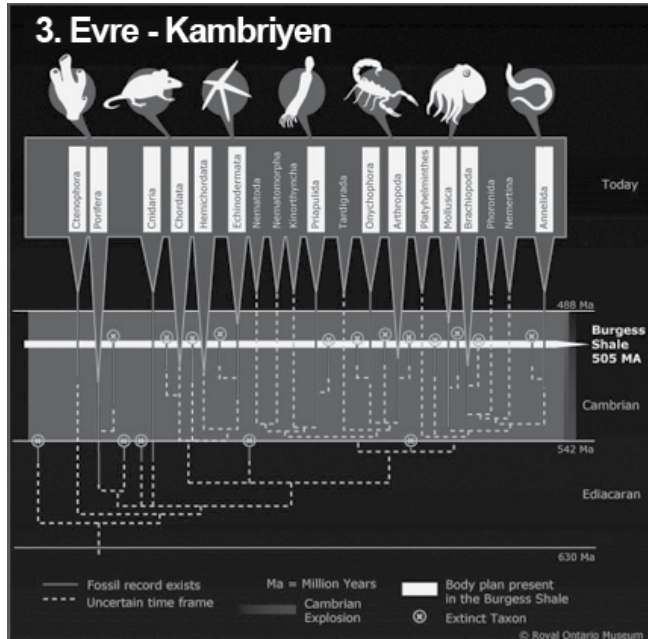
“ Kambriyen patlamasına kadar olan dönemde bazı algler hariç tüm organizmalar tek hücreliydi. ”

## Fosil kanıtları

### Mineralleşmiş iskeletler

Kambriyen patlamasının ilk kayıtları esas olarak mineralleşmiş iskeletlerin ve karmaşık iz fosillerin ortaya çıkmasına dayanır. Bun-

lar, çeşitli hayvan türlerini hatırlatan çok çeşitli skleritler, spiküller, tüpler ve kabuklulardan oluşur. Ne yazık ki, fosillerin birçoğu yeterince anlaşılmadığı için bilinen taksonomik gruplar içinde sınıflandırılması zor olmuştur [3].



Şekil 1: Kambriyen patlaması sırasında hayvanların kökeni ve çeşitliliği. Noktalı çizgiler, belli hayvan gruplarının muhtemel aralığını temsil etmektedir. Kesintisiz çizgiler, fosil kanıtlarını göstermektedir. Soyu tükenmiş gruplar, daire içine alınmış bir çarpı işareti ile gösterilmektedir. Koniler, modern filumların yaklaşık kökeni ve çeşitliliğini göstermektedir. Önemli hayvan gruplarının temel vücut taslakları (bugünün filumları) Burgess Şisti zamanında evrimleşmiştir [3].

Kambriyen'in ikonik eklemli hayvanları olarak çok sayıda fosil bırakan trilobitler 521 yılında tespit edilmişlerdir. Trilobitlerin, yırtıcı hayvanlarla dolu denizlerde korunmalarına yardımcı olan basık, segmentli ve plakalı gövdeleri vardı. Bu zırhlı hayvanlarda sefalon (kafa), segmentlitoraks (gövde) ve kuyruk bölümü olmak üzere üç dorsal kabuklu bölüm bulunmaktadır. Birçok çeşit ve büyüklükte olan trilobitlerin boyu 1 milimetreden 2 metre uzunluğa kadar değişiyordu ve trilobitler tüm tarih öncesi hayvanların en başarılı ve kalıcı olanları arasındaydı. 250 milyon yıl önce Permiyen dönemini sonlandıran neslinin tükenmesine kadar 17.000'den fazla türün hayatta kaldığı bilinmektedir [3];[4].

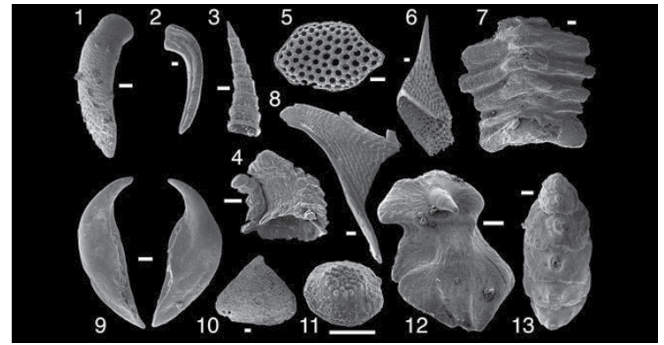
Kambriyen'in bir avcısı, avını kancalarla kaplı korkutucu ağız bölümlerine hapseden dev boyutta, karides benzeri Anomalocaris'di. Hatta yabancı, kurbanlarını kafasına yapışık esnek bir kol kullanarak yakalayan beş gözlü Opabinia türleri vardı. Bu hayvanlar, siyanobakteriler tarafından oluşturulan organik, mineral yapılar üzerinde büyüyen arkaik sünger kolonilerini deniz dibi boyunca avlamaktaydı. Bu süngerler, sudan topladıkları kalsiyum karbonat ile iskeletlerini desteklemekteydiler. Bilinen en eski ilkel omurgalı, orta Kambriyen denizlerinde yüzen solucan benzeri bir yaratık olan *Pikaia gracilens*'tir. British Columbia'daki Burgess

Shale'da bulunan fosiller, omurgalıların evriminde önemli ölçüde basamak oluşturacak bir adım olan bir notokordun (bir çubuk benzeri ilkel omurga) izlerini göstermektedir[4].

### İz fosilleri ve Kambriyen Substrat Devrimi

İlk Kambriyen kayalarında iz fosiller de oldukça karmaşık ve çeşitlidir. Ediacaran'ın sonlarında Metazoanlar, deniz tabanı yüzeyinde sadece basit yatay izler çıkarmışlardır. Kambriyen'den başlayarak hayvanlar sedimentler boyunca dikey olarak tünel açmaya ve daha çeşitli davranışlar sergilemeye başlamışlardır. Bu durum farklılaşmış doku ve organlara sahip hareketli bilaterallerin hâlihazırda geliştiğini gösteren kanıtlar sunmaktadır [3].

Bu bilaterallerin artışı (genellikle Kambriyen Substrat Devrimi olarak adlandırılan olay) deniz tabanının yapısını kalıcı olarak değiştirmiştir.



Şekil 2: İlk Kambriyen sklerit taşıyan hayvanlar.

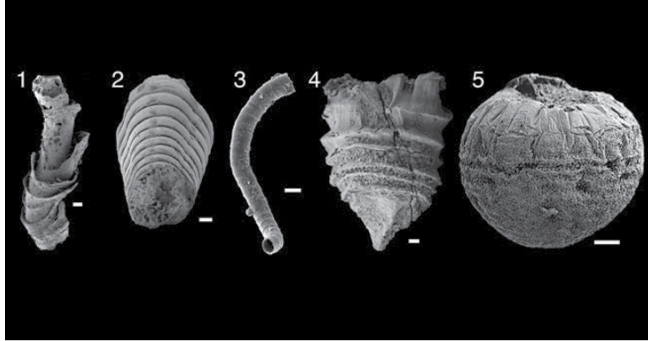
- 1, Siphononuchites. 2, Hippopharangites. 3, Lapworthella. 4, Eccentrotheca. 5, 6, Microdictyon. 7, Tumulduria. 8, Scopinodus. 9, Jaw-like elements of Cyrtoschites. 10, Porcauricula. 11, Dermal element of Hadimopanella. 12, Cambroclavus. 13, Paracarinachites [3].

Prekambriyen döneminde, deniz tabanı üstündeki çamur, kum veya alüvyon katmanları yüzeyi kaplayan ve stabilize eden bakteriyel yığınları sayesinde nispeten sağlam kalmıştır. Bu yığınlar aynı zamanda deniz tabanı boyunca otlayabilen Ediacaran organizmalar için temel besin kaynağı olarak da kullanılmıştır (örneğin *Kimberella*). Kambriyen'in yeraltında yaşayan oyuk açan hayvanları, yer altındaki tortuyu çalkalayarak, mikrobiyal yığınlar boyunca tüneller açmışlardır. Yeraltında yaşayan bu hayvanlar, yeni gıda kaynaklarına (deniz tabanına gömülü planktonik organizmaların kalıntıları gibi) erişmek için veya alt tabakanın derinliklerine kadar oyuklar açarak avlardan kaçmak için tünel açmaya başlamış olabilirler [3].

### Ediacaran faunası

Hayvanlara ait ilk kesin kayıtlar fosil kayıtlara bakıldığında Ediacara faunasından gelmektedir. Ediacara faunasının ilk temsilcileri yaklaşık 565 milyon yıl yaşında, en genç temsilcileri ise 544 milyon yıl yaşındadır ve bu dönem Proterozoyik (ilkin yaşam)

sonuna denk gelmektedir. Bu faunaya ait fosillerin hemen hemen hepsi kabuk veya benzeri sert kısımlara sahip değildirler. Teşhis etmesi zor olan bu fosil örnekleri için uzmanların büyük kısmı süngerlerin, denizanalarının ve taraklıların bu dönemde bulundukları konusunda uzlaşırlar. Ediacaran hayvanları küçük boyuttadırlar ve çok azı birkaç santimetre boydadır. Basit morfolojik yapıdadırlar.



Şekil 3: 1, *Cloudina*, kalsitle desteklenmiş mineralize iskelete sahip en eski hayvanlardan biri (geç Neoproterozoik); 2, *Aculeochrea*, aragonit destekli tüp (Prekambriyen-Kambriyen sınır yatakları); 3, *Hyolithellus*, tüpünü kalsiyum fosfat ile destekleyen bir hayvan (İlk Kambriyen); 4, *Olivoides*, muhtemelen kesecikli büyük denizanası polipi; 5, *Olivoides*'in kuluçka öncesi embriyosu [3].

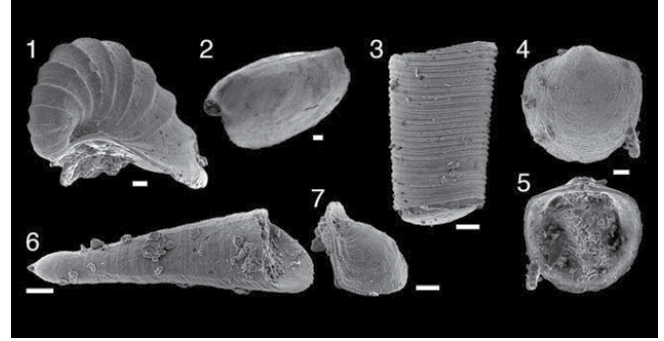
Ediacaran faunası ile ilgili yakın zamana ait analizler yanıtlaması oldukça zor olan tek soruya odaklanmıştır: "Günümüz okyanus ve karalarının baskın grupları olan yumuşakçalar, solucanlar ve kabuklular gibi kompleks bilateral simetrlili hayvanlar, hayvan evriminin bu kadar erken aşamasında bulunmakta mıydılar?" Güney Çin'in Doushantou yataklarında bulunan ve 636-551 milyon yıl yaşında olan embriyonik fosiller bilateral simetrlili hayvanların Kambriyen'den önce evrimleştikleri görüşünü desteklemiştir. Doushantou kayalarında, fosfat mineralleri ölen organizmaların yumuşak dokularının organik maddesi ile yer değiştirmiş ve detayların en iyi şekilde görüldüğü fosillerin oluşumunu sağlamıştır.

Xiao ve arkadaşları (1998) yarım milimetre çapında olan ve bölünmekte olan bir embriyonun blastomerleri gibi görünen iki, dört, sekiz ve daha fazla yumuşak yapıları olan fosiller bulmuşlardır (şekil 8). Fosillerde gözlenen yapılar gelişmekte olan bir eklembacaklı embriyosunun ilk hücrelerine benzetilerek bilateral simetrlili bir türün embriyosu olarak yorumlanmıştır; fakat bazı araştırmacılar tarafından da çelişkili bulunmuştur. Bu tür çelişkiler iz fosil olarak değerlendirilen Ediacaran örnekleri için de geçerlidir. İz fosiller hayvanların içinde yaşadıkları oyuk, dışkı atığı, sürünme izi veya organizma tarafından bırakılan başka izlerin kalıntılarıdır. İz fosilleri yorumlamak zordur, fakat bazı araştırmacılar, bulunan çizgisel oyuk veya izleri bir baş ve kuyruğa sahip ve bir yönde hareket eden bilateral simetrlili organizmalarca oluşturulmuş izler olduğunu öne sürmüşlerdir[1].

Son zamanlarda, yumuşakça benzeri *Kimberella* ve küçük *Vernanmaculaquizhouena* gibi fosillerin bulunması, bilateral simetrlili hayvanların geç Prekambriyen'de yaşamış olduklarına ilişkin güçlü kanıtlar sağlamıştır. Tümü birlikte değerlendirildiğinde, veriler Kambriyen'den önceki periyotta bilateral simetrlili hayvanların boyut olarak küçük olduklarını ancak kesin olarak var olduklarını söylemektedir [1].

### Burgess Şisti faunası

Kambriyen Periyoduna ait Burgess Şisti faunası, Prekambriyen öncesine ait Ediacaran fosilleri içinde bilateral simetrlili hayvanların aksine, büyük, karmaşık yapı ve bilateral simetrlili formların şaşırtıcı bir çeşitliliğini barındırır. Günümüzde yaşayan türce en zengin şubelerin (eklembacaklılar, yumuşakçalar, sırtipliler ve ekinodermiler) tamamı Burgess faunasında temsil edilmektedir.



Şekil 4: İlk Kambriyen dönemi kabuk taşıyan hayvanlar. 1, *Archaeospira*, muhtemelen gastropod. 2, *Watsonella*, muhtemelen yumuşakça. 3, *Cupithec*, 4, 5, *Arooniaolasilıkla* bir kök grubu brakiopod. 6, 7, *Conchveoperculum* (hiyolit) [3].

Fosiller ilk olarak 20. Yüzyıl başlarında İngiliz Kolombiyası'nın Field kasabası civarında keşfedilmiştir. Burgess Şisti (520-515 milyon yıl yaşında) ve Çin'in Yunnan eyaletindeki Chenjiangbiyotası (525-520 milyon yıl yaşında), şimdiye kadar saptanmış fosil yataklarının en harikulade olanlarıdır. Burada bulunan fosiller esas olarak baskı ve iz fosillerdir, fakat fosillerde korunan detaylar ve bu detayların ifadesi ettikleri olağanüstüdür.

Ediacaran ve Burgess Şisti kaynakları arasında bulunduğukları türler bakımından çok az bir benzeşme vardır. Fakat en azından geniş yapı ve koloni şeklinde yaşayan haşlamlılar (günümüz deniz teleklerine = Pennatulacea benzeyen) gibi bazı organizmalar her ikisinde de bulunurlar. Bu örnekler içerisinde, trilobitler de dâhil beklenmedik genişlikte bir eklembacaklı çeşitliliği vardır. Aynı zamanda halkalı solucanlar, priapulidler (yırtıcı deniz solucanları), spinkulidler ve çok sayıda yumuşakça çeşidi vardır. Daha çarpıcı olanı, bu fosiller arasında çenesiz omurgalı türleri dâhil birçok sırtipli bulunmaktadır. Bu ilk sırtipliler segmental halde gövde kaslarına ve notokord denen bir sırtipine sahiptirler.

Burgess Şisti ve Chengjiang faunalarının üyeleri başlangıçta biyologların kafalarını karıştırmıştı. Şekil 9'daki gibi farklı görünüme sahip olan bu fosiller rasgele biçimde "Problematica" ismi verilen bir grupta toplandılar. Bazı gözlemciler bunların her birinin günümüzde yaşayanlardan farklı olan şubeleri temsil ettiklerini savunurken, yapılan ek çalışmalar, Problematica'ya ait formların çoğu ya da tümünün halen canlı temsilcileri olan şubelerin üyeleri olduğunu veya çok yakın akraba olduklarını gösterdi. Örneğin, *Opabinia regalis*, düzenli olarak tekrarlanmış lateral plakaları, beş adet dorsal gözü ve önde çıkıntı şeklinde bir ağız olan, uzun yapılı bir bilateral hayvan olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlama, sınıflandırma bakımından *Opabinia*'yı günümüzde canlı temsilcileri olan şubelerin dışında bırakmıştır. Daha yakın zamanda tanımlanmış örneklerden biri, görünüşte uçta pençeleri olan üyelere sahiptir. Bu yeni tanım, *Opabinia*'nın aslında Arthropoda'ya dâhil ya da yakın akraba olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde, *Wiwaxia corrugata* taksonuna, ilk önce diken ve plakaları olan problemli bir fosil olarak şube statüsü verilmişti. Fakat sonraki çalışmalar bu hayvanın bir poliket solucan veya halkalı solucanları veren atasal formun bir üyesi olduğunu ortaya koymuştur. Bu analizlerin sonucu olarak, Kambriyen'de var olan şube sayısı, günümüzde belirlenen biyolojik çeşitlilik ile yaklaşık aynı idi.



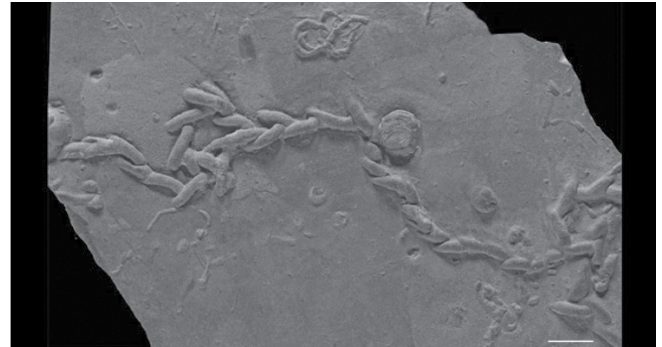
Şekil 5: İlk Kambriyen trilobit türleri (Güney Dakota'daki Black Hills Jeolojik Araştırma Enstitüsü'nde bulunan bu korunmuş örnek) Dünya popülasyonunu arttıran en başarılı organizmalar arasındadır. Bu bilinen deniz arthropodları ilk olarak erken Kambriyen döneminde yaklaşık 545 milyon yıl önce ortaya çıkmıştır ve geç Permien'e kadar yayılış göstermişlerdir [4].

Hemen hemen tüm hayvan şubelerinin ilk temsilcileri fosil kayıtlarda dünyanın coğrafik olarak uzak kısımlarında aynı zamanda kısa sürede ortaya çıkmıştır. Burgess Şisti faunası büyük vücutluluk, ilk segmentli vücut planı, üye, anten, kabuk, dış iskelet ve sırtipinin de dâhil olduğu şaşırtıcı bir çeşitlilik ve sayıda morfolojik yeniliği kaydedilmiştir. Bu hayvanlar başlangıçta bilinen günümüz hayvan şubelerine dâhil edilememişlerdir. Bu problemli formların birçoğu, daha güvenilir olarak günümüz şubeleri veya Fa-nerozoyik fosilleri ile gruplanabilmektedir [1].

En dikkat çekici bölgeler, Çin'deki Maotianshan Shales ile birlikte Kanada'daki orijinal Burgess Şisti bölgesinin çevresinde (Yoho Ulusal Parkı'ndaki Walcott Maden Ocağı, British Columbia) bulunanlardır. Diğer önemli yerler: Çin'deki kaili katmanları ve Amerika Birleşik Devletleri'nin batısındaki bölgeler (Utah'daki Spence Shale ve Marjum ve Wheeler Oluşumları, Nevada'daki Pioche Oluşumu), Grönland (Sirius Passet) ve Avustralya (Emu Bay Shale) [3].

### Kambriyen patlaması gerçekten bir patlama mıydı?

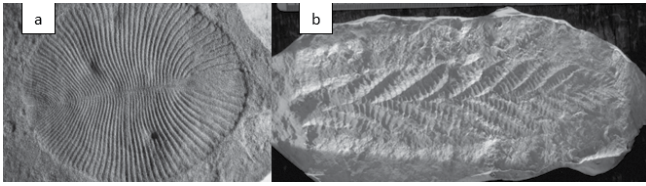
Kambriyen Döneminde ilk kez birçok şube ve morfolojik yenilik görülmektedir. Ancak bu tür ve özelliklerin Burgess Şisti ve Chengjiang yataklarında fosilleşmeden önce var olması gerektiğini bilmek gerekmektedir. Buradaki tek soru ne kadar süre önce evrimleştikleridir. Evrim çalışan bilim adamları bu sorunun cevabını moleküler saati kullanarak bulmuşlardır. Hayvan filogeni ağacının ilk dallarının ne zaman meydana geldiğini moleküler saat ile hesaplamışlardır. DNA veya protein dizilerindeki seçim bakımından nötral değişimler mutasyonlarla meydana geliyor ve sonrasında bir saatin tarzında düzenli olarak fiksasyona sürükleniyor olmalıdır. Ayrılma zamanları fosil veya jeolojik kayıtlarla belirlenebilen taksonlar arasında oluşmuş seçim bakımından nötral genetik farklılık miktarı belirlenerek her bir milyon yıl için beklenen değişim miktarı yardımı ile moleküler saat ayarlanabilir. Sonra bu ayarlama fosil kayıtlarla tarihlendirilemeyen olayların tarihlerini belirlemede kullanılabilir.



Şekil 6: İlk Kambriyen iz fosilleri. Alt Kambriyen'den *Treptichnus pedum*. Mickwitzia Sandstone, İsveç (İsveç Jeolojik Araştırma, Uppsala) (3).

Andrew Smith (1999) günümüz bilateral simetrlili gruplarına köken teşkil eden soy hatlarının Proterozoyik'e uzanan bir süreçte birbirlerinden ayrıldıklarını, ancak oluşan türlerin büyük çoğunluğunun fosil kayıtlarda iz bırakmayan küçük larva benzeri canlılar olduğu önerisinde bulunarak fosil kayıtlar ve moleküler saate dayandırılan tahminler arasındaki çelişkiyi çözmeye çalışmıştır. Buradaki bakış açısına göre, Kambriyen Patlaması bir soy hatları patlamasından ziyade hayvan morfolojik çeşitliliğinde ortaya çıkan bir patlamadır. Morfolojik çeşitlilikteki bu artış nasıl bu kadar kısa sürede meydana gelmiştir?

Bilateral simetrlili hayvanların çeşitlenmesinin bu hayvanların nasıl yaşadıklarıyla ilgili olduğunu bilmek kilit noktadır. Ediacaran hayvanlarının çoğu ya sesil yaşayan ve süzücü beslenen hayvanlar ya da su hareketine bağlı olarak hareket eden ve planktonik organizmalarla beslenen avcı hayvanlardı. Burgess Şisti faunası bentik ve pelajik avcılar, süzücü beslenenler, bitki tüketicileri, atıklarla beslenen çöpçüler ve oyuk açan, yürüyen, su hareketine bağlı olarak hareket eden, bir yere yapışan ve yüzen detritivorlar (atık yiyiciler) gibi geniş bir hayvan çeşitliliğini kapsamaktadır. Kambriyen Patlaması sığ denizel habitatlarda bulunan bu nişleri doldurmuştur. Bu verilere dayalı olarak 'neden Kambriyen Patlaması olmuştur?' sorusu 'hangi çevresel değişimler bu yaşama tarzlarını olası kılmıştır?' sorusuna dönüşür.



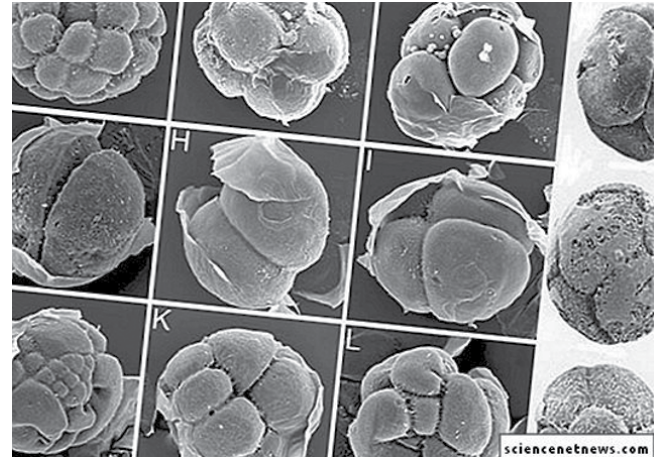
Şekil 7: Ediacara faunası (a) Radial simetrlili hayvan olan *Dickinsonia* (3,5 cm), (b) *Rangea* grubuna dâhil edilen eğrelti otu biçimindeki bu hayvanın hangi gruba ait olduğu tam olarak bilinmemektedir [5];[6].

Proterozoyik'te fotosentetik alglerin artışına bağlı olarak, deniz suyunda oksijen artışının çok hücreliliğin kökeninde anahtar bir rol oynadığı açıktır. Su ve oksijen sediment tabakalarına girebildiğinden, yeraltında yaşayan hayvanlar deniz tabanının altına yeni ekolojik nişler açmışlardır. Aynı zamanda, bakteriyel yığınlar devamlı olarak yok edilmiştir ve daha sınırlı habitatlara zorlanmıştır (Hayvanlar için elverişsiz ortamlar). Alt katmandaki bu değişikliğin, Ediacaran biyotasının ölümünden kısmen sorumlu olduğu düşünülmektedir. Diğer faktörlerin de (suyun kimyasındaki değişiklik veya yırtıcı hayvanların artması) neslin tükenmesinde önemli roller oynamış olabileceği düşünülmektedir. Devir, bir zamanlar tek formda olan deniz tabanını heterojen bir yama çalışmasına dönüştürmüştür. Bu sayede Burgess Şisti de dâhil hayvanlar için yeni nişlerin çeşitliliği artmıştır [1].

### "Kambriyen Patlaması" yorumlaması

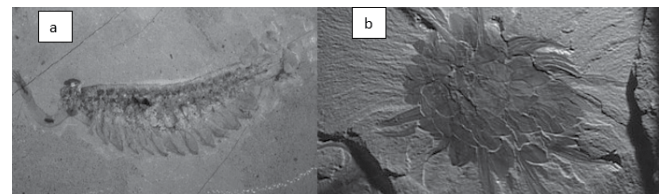
Bilim adamları Kambriyen Patlaması'nın alışılmadık derecede hızlı bir evrimsel değişimi temsil ettiği fikrini kabul etmemekte; yine fosil kayıtları özellikle küçük ve yumuşak gövdeli formlar için oldukça yetersiz olması bu durumu desteklemektedir. Bazı araştırmacılar, vücut taslaklarının görünürde hızlı bir şekilde çeşitlenmesinin kısmen daha etkili fosilleşen iskeletlerin evrimi nedeniyle, fosilleşme oranındaki artışın bir ürünü olduğunu savunmaktadır. İlk Kambriyen dönemi hayvanlarının birçoğu bazı sert mineralleşmiş yapılara sa-

hipti (dikenler, spiküller, plakalar vs.). Çoğu durumda bunlar genellikle çok küçük mineralize yapıda fosil olarak bulunmaktaydı. Geç Prekambriyen'den Kambriyen'e kadar deniz ortamı ve kimyasında büyük değişiklikler oldu ve bunlar yumuşak gövdeli organizmalar arasında mineralleşmiş iskeletlerin artışını etkilemiş olabilir.



Şekil 8: Prekambriyen embriyoları mı? Doushantou fosil yataklarında bulunan bu mikrofosiller, Proterozoyik dönemine ait, bilateral simetrlili bir hayvanın zigotu ve bölünme evresindeki embriyoları olabilir [1];[7].

Çoğu bilim insanı Kambriyen döneminin şafağında önemli bir şey olduğuna ikna olmuş ve Kambriyen Patlamasını heyecan verici ve üretken bir araştırma alanı olarak görüyor. Örneğin, bilim insanları şimdi yeni fosil keşiflerinin bir sonucu olarak Kambriyen Patlaması'ndan önce neler olduğunu daha iyi anlıyorlar. Son keşifler, Prekambriyen faunasına ait fosil kayıtlarını dünyanın dört bir yanında bulunan Ediacaran topluluklarında olduğu gibi yumuşak gövdeli organizmalarla dolduruyor. Geç Prekambriyen fosil keşifleri süngerler, *Cnidarianlar* (modern denizanası, mercanlar ve anemonlar dâhil) yumuşakça ve çeşitli solucan gruplarının temsilcilerini de içermektedir. Yeni fosil keşiflerinden bazıları, aslında Kambriyen vücut taslaklarının daha ilkel öncülleri gibi görünmektedir. Bu tür öncüllerin keşfi, Kambriyen organizmalarının kayıplara karışmadığının göstergesidir. Başka keşifler şüphesiz Prekambriyen organizmaların Burgess Şisti ve Chengjiang yataklarında bulunan canlılarla olan ilişkisini daha açık bir şekilde ortaya koyacaktır.



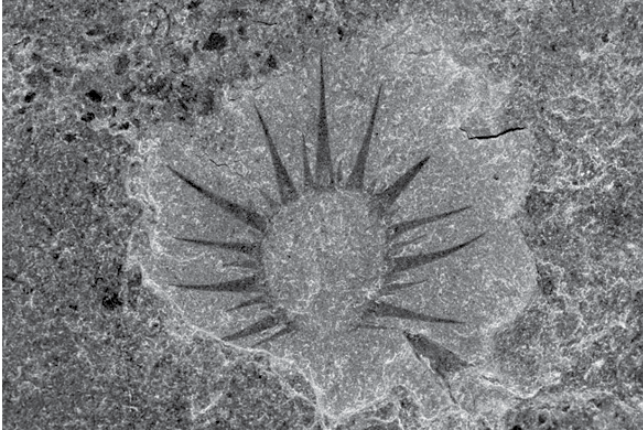
Şekil 9: Problematica? (a) *Opabinia* eklembacaklılara akrabadır (ya da bu şubeye dahil olabilir). (b) *Wiwaxia* büyük olasılıkla bir deniz solucanıdır [1];[8];[9].

Genomik çalışmalar, bize Kambriyen Patlaması'nın kökenleri hakkında daha fazla bilgi sağlamaktadır. Her ne kadar organizmaların genetik farkları fosil kayıtlardaki yeni vücut taslaklarının tanınmasın-

dan önce gelse de, genomik verilerin toplanması fosil kayıtlarıyla geniş ölçüde tutarlıdır. Her ikisi de Prekambriyen Ediacaran'daki bilaterlerin (bilateral simetrik omurgasız hayvanlar) artışına ve Kambriyen'deki çeşitlilikteki ekolojik patlamalara işaret etmektedir[2].

### Cevapsız sorular

Kambriyen Dönemindeki ani değişim, göreceli olarak, evrim süreci için çok ani bir değişim olarak değerlendirilemez. Bu dönemde meydana gelen değişiklikler, onlarca yılda, yüzyıllarca, hatta binlerce yıl boyunca gerçekleşmedi; bu evrimsel değişim için oldukça zaman alan milyonlarca yılda meydana geldi. Ancak, milyonlarca yıl önce, hayvanların vücut taslakları nispeten sabit kalmış ve bu zaman dilimine kadar kayda değer bir değişiklik olmamıştı. Kalan sorular: Kambriyen Patlamasını ne tetikledi? Ve bu zamanda neden bu kadar çok değişiklik oldu?



Şekil 10: *Acinocricus cricus*, Spence Shale'dan bir lobopod parçası.

Çeşitli farklı teoriler Kambriyen Patlaması'nın kökenine değinerek, etkileyici bir şekilde çevresel değişikliklerin doğal seçilimin üzerinde çalışması için yeni boşluklar açması gerektiğini öne sürdü. Bu öneriler arasında, buzulların yeryüzünün çoğunu kapsadığını öne süren kaçak buzullaşma teorisi ve bunun sonucunda, evrimin daha hızlı hareket edebileceği darboğazlar yaratan habitat kaybını içerir. Diğer bir teori, atmosferik oksijendeki bir değişikliğin, evrimsel değişimlerde bu ani patlamalara yol açtığını göstermektedir.

Kambriyen Patlaması'nın nedenleri açık ve heyecan verici bir tartışma konusu olmaya devam ederken, Kambriyen ve Prekambriyen dönemindeki devam eden fosil keşifleri evrimsel bilmeceye daha fazla açıklık getirmektedir. Bu fosiller, özellikle çeşitli grupların ortak atalarını öngörmek için değerli bilgiler sağlamaktadır. Örneğin, hem omurgalılar (balık) hem de ekinodermiler (denizkestaneleri, denizyıldızı), deuterostomlar adı verilen grubun bir parçasıdır. Fosil kanıtları olmadan, bu kadar fark-

lı çeşitlilikteki türlerin nasıl bir ortak atadan geldiğini düşünmek çok zor... Kambriyen fosilleri bu açıdan bakıldığında bu resmi tamamlayıcı etkiyi sağlamaktadır[2].



Şekil 11: Tipik Alt Kambriyen naraoiid benzeri eklembacaklı (kitap = 20x12 cm)

### Kaynaklar

1. Freeman, S., & Herron, J. C., Kambriyen Patlaması ve Sonrası, (Ed. Çıplak, Battal ve ark.), Evrimsel Analiz, Palme Yayıncılık, Ankara 2009, s.(689-722).
2. Biologos, Does the Cambrian Explosion Pose a Challenge to Evolution?, [biologos.org/common-questions/does-the-cambrian-explosion-pose-a-challenge-to-evolution/](http://biologos.org/common-questions/does-the-cambrian-explosion-pose-a-challenge-to-evolution/), (Erişim Tarihi: 04.10.2019)
3. Burgess-shale, The Cambrian Explosion, <https://burgess-shale.rom.on.ca/en/science/origin/04-cambrian-explosion.php> (Erişim Tarihi: 04.10.2019)
4. National Geographic, Cambrian Period, <https://www.nationalgeographic.com/science/prehistoric-world/cambrian/> (Erişim Tarihi: 04.10.2019)
5. New Atlas, Animal, vegetable or mineral? Strange fossil's identity finally confirmed, <https://newatlas.com/dickinsonia-strange-fossil-animal/51394/>, (Erişim Tarihi: 04.10.2019)
6. Evolution News, Simple Fractal Branching Explains the Ediacaran Rangeomorphs, [https://evolutionnews.org/2014/08/simple\\_fractal/](https://evolutionnews.org/2014/08/simple_fractal/), (Erişim Tarihi: 04.10.2019)
7. Sciencenet News, Dousantuo fossil embryos are not muhtemelen embriyo değildir, <https://tr.sciencenetnews.com/dousantuo-fossil-embryolari-muhtemelen-embriyo-degildir/>, (Erişim Tarihi: 04.10.2019)
8. Burgess-shale, Opabinia regalis, <https://burgess-shale.rom.on.ca/en/fossil-gallery/view-species.php?id=93&m=9&>, (Erişim Tarihi: 04.10.2019)
9. BBC, In Pictures, <https://www.bbc.co.uk/programmes/p03t939l/p03t8yvs>, (Erişim Tarihi: 04.10.2019)

# Kambriyen Patlaması: Yaşam serüveninde satırbaşı



Prof. Dr. Nurdan İNAN • Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Öğretim Üyesi

543 milyon yıl önce omurgasız hayvanların farklı dallarına ait çok sayıda cins ve tür birdenbire ortaya çıkıyor. Bu olay "Kambriyen Patlaması" olarak ifade ediliyor. Burada kullanılan "patlama" terimi, canlıların soy hatlarının çeşitlenmesi, morfoloji ve yaşam tarzında meydana gelen değişimlerin tümünü ifade ediyor. Bu anlamda Kambriyen Patlama Dünya'daki yaşam serüveninde ilk dev adım.



## Kambriyen Patlama'dan önce neler oldu?

Dünya oluşumunun Kambriyen Patlama'dan önceki 4 milyar yıllık dönemine canlı yaşamı için hazırlık olarak bakabiliriz bir anlamda. Kısaca özetlersek; 4.3 milyar yıl önce, manyetik alan çizgilerinin (*Allen Kuşakları*) oluşması, yaşamı sağlayan en önemli ilk adım. Bu kuşaklar sayesinde Güneş'ten gelen radyasyon yüklü parçacıkların Dünya'ya erişmesi engellenmiş ve yaşam için zararlı bu ışınlarla karşı etkili bir süzgeç devreye girmiş. Bu süzgeç, hem canlılığın oluşmasını, hem de bunun korunmasını sağlamış.

Daha sonra; 4.3 milyar yıl önce ilkel ozon oluşumu, 3.9 milyar yıl önce Dünya'yı etkisi altında tutan meteorit bombardımanlarının aniden azalması etkili olmuş. Çünkü meteorit bombardımanlarının azalması sayesinde Dünya'da ilk kararlı kıtasal kabuk oluşmaya başlamış.

3.7 milyar yıl önce yaşamın ilk kanıtları olan mikrobiyal organizmaların (*stromatolit*) oluşması, 3.5 milyar yıl önce atmosferdeki karbonun oksijensiz ilkel okyanusa karışmaya başlaması ve bu maddelerin sentezlenmesiyle birlikte yeni moleküllerin oluşması, bunların biriktirilmesiyle kimyasal evrim sürecinin hazırlanması, sonra bu moleküllerden bir kısmının zamanla değişime uğraması, karbon bazlı bazı moleküllerin karmaşık bir yapı kazanmasıyla canlıların temel maddesi olan DNA ve RNA moleküllerinin oluşması başlıyor.

Sığ denizlerde aminoasit ve karbonhidrat moleküllerinin biriktirilmesiyle "*organik çorba*"nın oluşması ve böylece kimyasal evrim evresine girilmesi, sonra kimyasal evrimin en üst noktaya erişmesiyle artık cansız organik moleküllerin-canlı organizmalara dönüşmesinin gerçekleştiği organik evrim evresinin başlaması ve bu sayede, basit organizmaların (*Prokaryot*) oluşması gerçekleşiyor.

Prokaryotların okyanus sularındaki karbon moleküllerini kullanarak gelişmesi ve Güneş enerjisini kullanarak fotosentez yapmaya başlamasıyla mavi-yeşil algler (*siyanobakteriler*) ortaya çıkıyor.

Mavi-yeşil alglerin fotosentez işleviyle serbest oksijenin okyanus sularına ve atmosfere verilmesi, sonraki yaşamın en önemli satırbaşını oluşturuyor.

“ 4.3 milyar yıl önce, manyetik alan çizgilerinin oluşması, yaşamı sağlayan en önemli ilk adım.

”

2.5 milyar yıl önce ila 543 milyon yıl öncesi (*Prote-rozoyik*), oksijenli atmosferin gelişmesi, bakterilerin yaygınlaşması ve ökaryotik canlıların oluşması dönemi.

Ökaryotik canlıların hücre zarı ve çekirdekli hücrelerinin olması, hücrenin dış etkenlerden korunmasını, dolayısıyla da genetik çeşitliliğin gerçekleşebileceği koşulları hazırlamış oluyor.



Böylece; organik evrimin birinci eşiği biyosentez, ikinci eşiği çeşitlenme ve üçüncü eşiği ökaryotik hücrenin ortaya çıkışıyla tamamlanmış oluyor.

Genetik çeşitlilik, daha gelişmiş organizmaların ortaya çıkmasını sağlaması bakımından evrimsel ilerlemedeki en önemli adım kabul ediliyor. Bu adımla 742 milyon yıl önce ilk çok hücrelilere "*Ediakara topluluğu*" ile ulaşılmış oluyor. Böylece jeolojik tarihin yazılmasına dönem tanıklığı yapan organizmalar gerçek fosil kanıtlarını bırakmaya başlıyor.

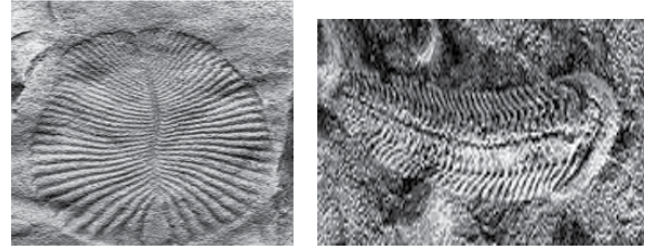
543 milyon yıl önce "*Kambriyen Patlaması*" ile de Dünya'nın günümüzdekilere benzeyen canlıları kazanma serüveni başlıyor.

### Kimyasal bileşenler ve karbon bazlı moleküllerin kaynağı ne olabilir?

Dünya'da yaşamın kaynağı olan organik çorbayı oluşturan ilk kimyasal bileşenler ve karbon bazlı moleküllerin kaynağı konusunda yapılmış pek çok çalışma var. Öne çıkan çalışmalar bunların uzay kaynaklı olduğu yönünde. En bilinen çalışmalar; Fred Hoyle ve Chandra Wickramasinghe'nin çalışmaları.

Fred Hoyle, 1970'li yıllardan itibaren "*Panspermia Teorisi*" adını verdiği araştırmasında, Dünya'ya ya-

şamın uzaydan taşındığını ileri sürmüştü. Chandra Wickramasinghe, uzaydaki yıldızlararası küçük zerreciklerin gizemi üzerinde çalışırken, basit kimyasal bileşenler olarak tanımlanabilecek zerreciklerin ışık tayflarını açıklayamamış. Hoyle, bu zerreciklerin organik maddelerden oluştuğunu düşünmüştü. Wickramasinghe, zerrecikleri bakteri olarak kabul ettiğinde, en uygun tayfa ulaştığını görmüştü. Bu fikir, Dünya'da yaşamın doğuşunu tetikleyen büyük bir bakteri bulutunun içinden geçilmiş olduğu fikrini güçlendirmişti.

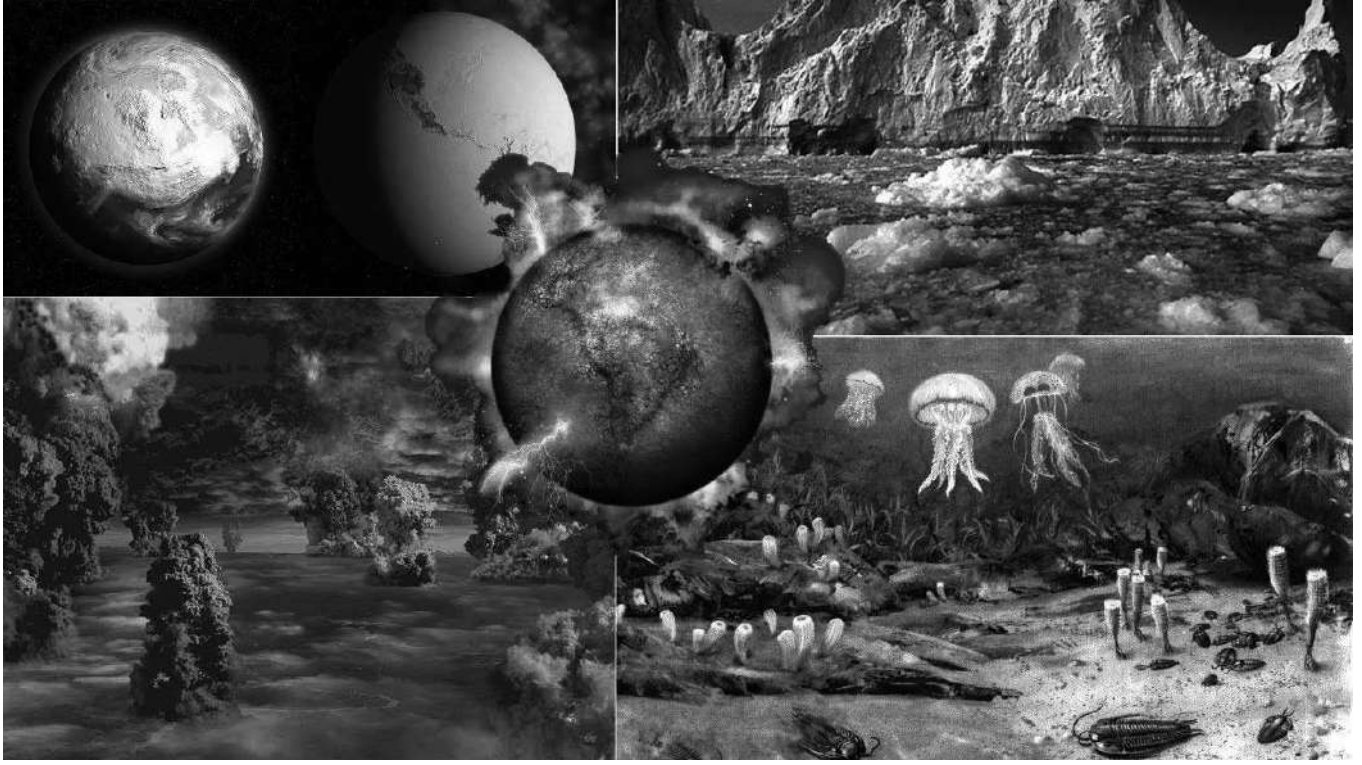


İlk çok hücreli canlıları temsil eden Ediacara faunasından örnekler: *Dickinsonia* ve *Spriggina*

Hoyle ve Wickramasinghe, organik maddelerin uzaydaki varlığı konusunda yoğunlaşmışlar. 1977'de Hoyle, Bopp kuyruklu yıldızından kopan gaz ve toz parçacıklarını incelediğinde bulduğu su, hidrokarbonlar ve organik maddelerle bu savı desteklemiş. Bulunan organik maddelerin, aminoasitleri ve yaşam için gerekli proteinin yapı taşlarını oluşturabileceği belirlenmiş. Günümüzde de bu görüşü destekleyen çalışmalara diğerleri eklenmiştir.

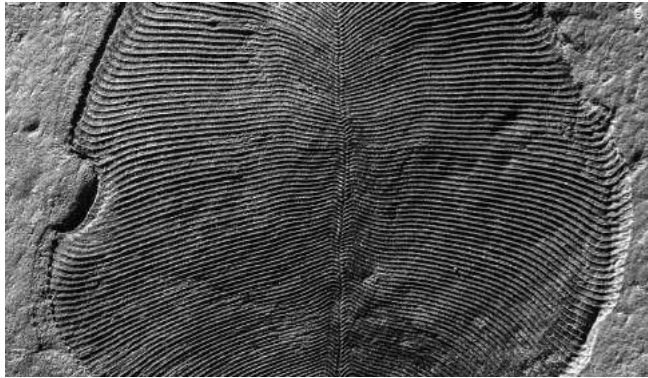
### İlk çok hücreliler olan "*Ediakara topluluğu*" nedir?

Oksijenin giderek artmasının ilk çok hücreli canlıların ortaya çıkmasını sağladığı düşünülüyor. 742 milyon yıl önceye yaşılandırılan "*Ediakara faunası*" (Ediakara topluluğu) fosilleri, ilk kez Güney Avustralya'daki Ediacara tepesindeki kayalarda bulunmuş. Bu fosil topluluğunun %65'i denizkestanelerine, %25'i halkalılara, %5'i de eklembacaklılara benziyor. Topluluk; algler, süngerler, haşlamlılar, çamurda oyuk açan ilkel solucanlar, yanal simetrik ve yumuşak bir gövdeye sahip olan kabuksuz denizel organizmalarla temsil edilen sınırlı bir çeşitlenme sunuyor. Bu toplulukta, halkalılara benzeyenlerinin solucan gibi yumuşak ve olağanüstü yassılaştırmış gövdeleri var. Bunların günümüzde yaşayan örneklerinde olduğu gibi suyu süzerek beslendikleri düşünülüyor. *Dickinsonia* cinsinde olduğu gibi 1 metre çapa ve sadece 5 milimetre kalınlığa sahip yassı vücutlu, yumuşak gövdeli, çok ilginç vücut modelleri mevcut. Bu anormal durum, yaşam ortamı olan denizlerde besin kaynağının sınırlı oluşuyla açıklanıyor. Bu hayvanların az besin içeren ortamlarda ışığı kullanarak kendi besinlerini kendilerinin oluşturdukları düşünülüyor.



### Kambriyen Patlama nedir?

543 milyon yıl önce omurgasız hayvanların farklı dallarına ait çok sayıda cins ve tür birdenbire ortaya çıkıyor. Bu olay "*Kambriyen Patlaması*" olarak ifade ediliyor. Burada kullanılan "patlama" terimi, canlıların soy hatlarının çeşitlenmesi, morfoloji ve yaşam tarzında meydana gelen değişimlerin tümünü ifade ediyor. Bu anlamda Kambriyen Patlama Dünya'daki yaşam serüveninde ilk dev adım.



Bu zamana kadar ilkel tek hücreliler, basit bakterilerle sınırlı olan yaşamda çeşitlenme Kambriyen Patlaması ile en üst seviyeye çıkıyor.

Kambriyen'in ilk 25 milyon yılı içinde okyanuslarda sert kavrılı denizel omurgasızların yayılımı gerçekleşiyor. Okyanus kimyasının değişmesiyle birlikte kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) tortullaşması başlıyor. Bu gelişme, denizel omurgasızların çeşitlenmesinin ilk şartı olarak kritik bir diğer evrimsel adım. Ayrıca, bu seviyeyi oluşturan kayaların çökel (tortul=sedimanter) kayalar olması da jeolojik tarihte bu kayaların ilk kez temsil edilmesi bakımın-

dan çok önemli.

Kambriyen Patlaması; çok sayıda ve karmaşık yapı-  
lı canlı çeşidinin aniden ortaya çıkması nedeniyle "*Biyolojik Büyük Patlama*" ya da "*Evrimsel Radyasyon*" adıyla da anılıyor. Bunun nedeni bu süreçte evrimin diğer jeolojik evrim süreçlerine göre çok daha hızlı adımlarla ilerlemesi. Kambriyen'de evrimsel açıdan çok kısa sayılabilecek süreler içinde birçok canlı türü ortaya çıkıp, kısa sürede yok oluyor. Yani Kambriyen'de hem türlerin ortaya çıkışı, hem test edilmesi, hem onaylanması ve uyum sağlayıp tutunanların yoluna devam edip, uyum sağlamayanların elenmesi (yok olması) süreci, sonraki jeolojik dönemlere kıyasla çok hızlı gerçekleşiyor.

### Kambriyen Patlama'nın nedenleri neler?

Kambriyen Patlama ile başlayan yaşam serüveni, henüz tam olarak açıklanamayan pek çok soru barındırıyor. Tek bir neden değil, birbirini tetikleyen pek çok nedenle gerçekleşmiş olabilecek Kambriyen Patlaması'nda biyolojik faktörler; mayoz bölünmenin ortaya çıkışı, oksijen oranının artması, karbonatlı kavrı oluşumu, avcı-av ilişkisinin gelişmesi, habitat ve ekolojik nişlerin neredeyse boş olması, karaların geniş ölçüde sığ denizler tarafından istila edilmesi, koşulları birbirinden farklı habitatların mevcudiyeti, farklı hareket şekillerinin ortaya çıkması ve vücut planının tasarımından sorumlu genler olan *Hox Kompleksi*'nin bu dönemden itibaren bilateral hayvanların tümüne yayılması olarak gösteriliyor.

Ayrıca; deniz seviyesindeki yükselişin Kambriyen Patlama'nın gerçekleşmesinde çok önemli bir rolü

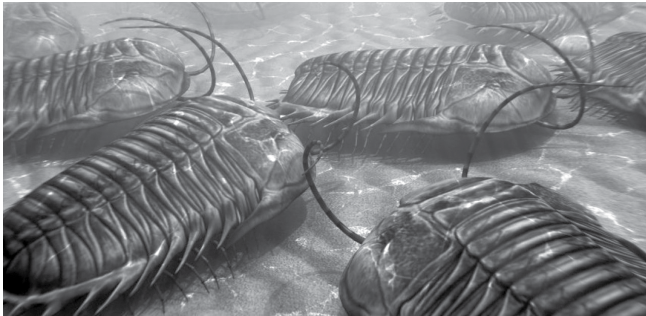
olduğu düşünülüyor. Çünkü deniz seviyesinin yükselişi sonucunda pek çok mineral suya karışmış ve mevcut mineral konsantrasyonunu 3 kat artırmış. Bu durum, dönem denizlerinde yaşayan canlılarca sanki zehirmiş gibi algılanmış. Buna karşı bir savunma olarak da kalsiyumu vücutlarında depolamaya başlamışlar ve bu maddeyi hem saldırı hem de savunma uzuvları geliştirmek için kullanmışlar. Zırh, diken, kabuk gibi yapılar geliştirebilen türler hayatta kalmış. Kambriyen'de yaşanan biyolojik patlama dönemi sona erdiğinde ise ekolojik dengeler yeniden tanımlanmaya başlamış.

### Kambriyen Patlama'da açıklanamayan sorular neler?

Kambriyen Patlama'yı açıklamaya çalışan hipotezler iki soruda net cevap bulamıyor; neden bu patlama 742 milyon yıl önce Ediacara faunasıyla temsil edilmeye başlanan ilk çok hücreliler döneminde gerçekleşememiş ve kireç kavkılı canlıların ortaya çıkışındaki bu 200 milyon yıllık gecikmenin nedeni nedir?

Bu sorulara açıklık getirmeye çalışan pek çok hipotez var. Ancak, bu hipotezlerden hiçbirisi soruları tek başına yanıtlamak için yeterli değil.

Bu hipotezlerden biri, Kambriyen dönemden önceki denizlerin canlıların kireçli kavkı oluşturmalarına izin vermeyecek kadar asidik özellikte olduğunu ileri sürüyor. Böyle bir durumda, asidik özellikli sularda yaşayabilecek silis kavkılı canlıların da bulunmayışı soruyu yanıtsız bırakıyor.

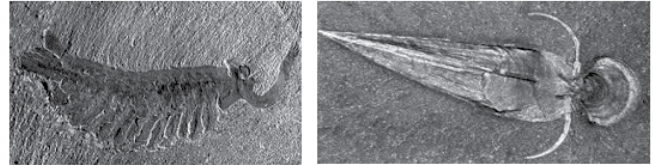


Başka bir hipotez, Kambriyen Patlaması'nı buzulların erimesine bağlıyor. Kambriyen'den önceki denizlerde karbonat ( $\text{CO}_3$ ) yok. Kambriyen'de buzulların eriyip gerilemesiyle birlikte okyanusların kimyası, ısı ve derinliği değişiyor. Bu değişime bağlı olarak denizlerde kalsiyum karbonatın ( $\text{CaCO}_3$ ) erimesi gerçekleşmeye başlıyor. Bunun sonucu olarak da kireç kavkılı omurgasız hayvan grupları ortaya çıkıyor. Bu hipotez, Kambriyen'den önceki denizlerde karbonat tortularıyla oluşturulmuş stromatolit adı verilen kayaların yaygın olarak bulunması nedeniyle geçersiz kalıyor.

Başka bir hipotez, Kambriyen'de çok hücrelilerin evriminin nedeni olarak, atmosferdeki oksijenin

yeterli orana ulaşmasını gösteriyor. Ancak, Kambriyen dönemden 1 milyar yıl önce mevcut olan oksijen eşiğinin de çok hücrelilerin ortaya çıkışları için yeterli olabilecek düzeyde olması bu hipotezi geçersiz kılıyor.

Kambriyen Patlaması'nın yanıtsız kalan gizlerinden bir diğeri de, birdenbire çeşitlenen oldukça gelişmiş canlıların en azından ilkel olanlarının Kambriyen'den önce neden bulunmadığı konusu. Kambriyen dönemin hemen başında ortaya çıkan çok hücreli omurgasız hayvan gruplarının atalarının bulunamamış olması bu soruyu halen de gündemde tutuyor.



Kambriyen Patlaması'nda ilk eklembacıklardan *Anomalocaris* ve ilk yumuşakçalardan *Haplophrentis*

Bu soruyu yanıtlamaya çalışan, ancak tek başına yeterli olamayan birçok hipotez mevcut. Bu hipotezlerden birine göre, çok hücreli omurgasızlar Kambriyen'den önce de yaşamışlar, ancak fosil olarak korundukları kayalar daha sonra büyük fiziksel ve kimyasal değişiklikler geçirerek metamorfik kayalar haline gelmişler. Dolayısıyla, bunların fosillerine ulaşılması olanaksız hale gelmiş.

Bir diğer hipoteze göre, Kambriyen'den önce de çok hücreliler yaşamış, ancak bu çok hücreliler kavkı taşımadıkları için fosil bırakamamışlar. Çok hücreli yaşamın ilk kez kara göllerinde evrimleşmiş olduğunu kabul eden hipoteze göre ise, denizel omurgasızlar kara göllerinden denizlere göç etmiş. Kambriyen'den önce de henüz kara gölleri olmadığı için çok hücreliler oluşamamış.

Yer bilim felsefesine yaptıkları katkılarla bilinen Niles Eldredge ve Stephen Jay Gould ise, Kambriyen Patlaması ile canlıların çeşitliliğinin hızlı artışını "kesintili denge kuramı" ile açıklamışlar. 1972'de ileri sürülen "kesintili denge kuramı"na göre; türler aslında doğal seçim etkisi altında çok uzun zaman dilimleri boyunca oldukça az değişime uğrar. Esas evrimsel değişimler, çevresel değişimlerin çok belirgin ve etkili olduğu zamanlarda, belli popülasyonlarda, göreceli olarak daha hızlı bir şekilde ve daha kısa bir zaman aralığında meydana gelir. Burada, evrimin ana mekanizması olarak "genetik sürüklenme" söz konusudur.

Sonuçta, nedeni henüz tam olarak yanıtlanamamış olsa da, sınırlı sayıdaki ilkel tek ve çok hücreli canlıdan, muhteşem bir çeşitliliğe uzanan ilk dev adım Kambriyen Patlama ile atılmış oluyor. Kambriyen Patlama ile okyanuslar omurgasız canlılarla doluyor ve milyon yıllarda evrimsel süreçlerle çeşitlenecek yaşam serüveninin satırbaşı Kambriyen Patlama oluyor.

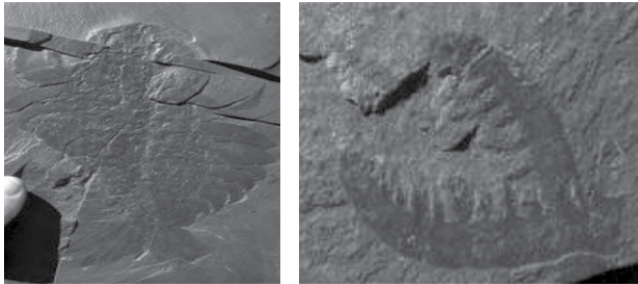
## Kambriyen Patlama'nın jeoloji tarihi bakımından önemi nedir?

Kambriyen Patlama'yı temsil eden faunayla birlikte, daha önce birtakım kılıflar, kurtçuklar gibi sistematik olarak tanımlanamayacak özellikler taşıyan Prekambriyen yaşam izlerinden, sistematik özellikleri belirgin olan dal, sınıf ve gruplara geçilmiş oluyor. Böylece jeolojik tarihin "*Belirsiz Canlılar Dönemi*" (Prekambriyen) sona ermiş ve "*Belirli Canlılar Dönemi*" (Fanerozoik) başlamış oluyor. Bu sayede Jeolojik Zaman Prekambriyen ve Fanerozoik olarak iki büyük Üst Zaman'a ayrılarak incelenebiliyor. Bu anlamda Kambriyen devri, hem günümüz yaşamını anlamlandırmak, hem de organik evrim basamaklarını değerlendirmek bakımından büyük önem taşıyor.

## Kambriyen Patlama'yı oluşturan canlıların ortak özelliği nedir?

Kambriyen Patlaması'nı oluşturan canlıların hepsinin ortak özelliği bunların tümünün kireç (kalsiyum karbonat-CaCO<sub>3</sub>) bileşiminde kavkı taşıyor olmaları. Dünya'daki tüm Kambriyen yüzeyleri bu kireç kavkılı omurgasızların fosillerini bollukla içeren bir seviye ile başlıyor. Kambriyen faunasında tanımlanmış toplam 900 tür omurgasız hayvan mevcut. Bu omurgasız hayvanlarda; vücut büyüklüğünde görülen artış, hayvanların sert bir dış iskelete (kireç kavkı) sahip olması, üye gibi vücut yapılarının ortaya çıkmış olması, evrimsel açıdan çok önemli adımlar.

Bu fauna (hayvan topluluğu); hem çeşitliliği, hem gelişmişliği, hem sayısal olarak çokluğu, hem de farklı coğrafyalardaki yaygınlığı bakımından kendinden önceki 4 milyar yıldan keskin bir şekilde ayırt edilmeyi sağlıyor. Bu seviyeyi temsil eden canlıların çoğu, günümüzdeki okyanus canlılarına benzemiyor.



Kanada Burges Şeyl (Burgess Shale) çökellerinde bollukla bulunan eklembacaklılardan *Sidneyia* ve yumuşakçalardan *Wiwaxia*

## Kambriyen dönemde hangi canlılar var?

Kambriyen dönemin ilk 10 milyon yılını temsil eden Tommotiyen katında karındanbacaklılar (gastropoda), kol ayaklılar (brachiopoda), arkeosiyatid ve sünger fosilleri mevcut.

Tommotiyen'den hemen sonra, üç loblular (trilobit), denizkestaneleri (echinodermata), yumuşakçaların (mollusca) tüm sınıfları, kol ayaklılar (brachiopoda) ve mercanlar (anthozoa) en başkın grupları oluşturuyor. Bu hayvan topluluğu, Kambriyen denizlerinin ılıman, dengeli ve canlı yaşamına uygun koşullar taşıdığını gösteriyor.

Alt Kambriyen kayaları, neredeyse günümüzdeki tüm omurgasız dallarının temsil edildiği bir döneme girilmiş olduğunu kanıtıyor. Bu dönemde Dünya okyanuslarındaki ekolojik roller de hemen hemen paylaşılmış durumda.

Kambriyen çökellerinde bollukla bulunan eklembacaklılar, tüm jeolojik zaman eklembacaklılarının atası durumunda. Örneğin; bir eklembacaklı (Arthropoda) cinsi olan *Isoxys*'ler (Sualtı gözcüsü), 521-494 milyon yıl önceye yaşlandırılıyor. Boyları 1-10 cm olabilen, kavrayıcı uzuvları ve gözleri gelişmiş fertleriyle, okyanusların en başarılı avcıları arasında yer aldıkları düşünülüyor. Bunlar, sırtlarındaki yumuşak yapılı koruyucu kalkan sayesinde düşmanlarından korunuyorlar. Yine bir eklembacaklı (Arthropod) olan *Canadaspis* (Kazıcı), 525-505 milyon yıl önceye yaşlandırılmış. Fertleri 1-5 cm boyunda olan bu cinsin daha sonraki yengeç türlerinin atası olduğu düşünülüyor. Kavrayıcı uzuvlar ve dikenlerle kaplı bacakları olan bu cinsin, deniz tabanını kazıyıp karıştırarak beslendiği düşünülüyor. Eklembacaklılardan *Anomalocaris* (Anormal karides-Denizlerin kabusu) ise 75 cm boyunda olup, oldukça büyük. Güçlü kavrayıcı uzuvlara ve güçlü bir çeneye sahip. 521-494 milyon yıl önceye yaşlandırılıyor. Opabinia (Beş gözlü), kavrama yeteneğine sahip olduğu düşünülen bir hortumu olan, vücudu uzun ve esnek eklembacaklılardan *Sidneyia* (Çok boğumlu) 5-16 cm boyunda. 9 ayrı vücut parçasına sahip olan bu hayvanın bacaklarında deniz tabanında av yakalamasına yardımcı olan kavrayıcı uzuvlar var.

Yumuşakçaların atası sayılan *Wiwaxia* (Dikenli savunma), 525-505 milyon yıl önceye yaşlandırılıyor. Boyu 5 cm'den küçük olan fertleri deniz tabanında (bentik) yaşıyor ve sırt kısmı zırhlı bir plaka ve keskin uzuvlarla donatılmış. Bu durum, yaşadığı ortamda çok sayıda avcı olduğunu belirliyor. Yine yumuşakçalardan *Haplophrentis*'in baş kısmında uzun ve kıvrık boynuzlar var.

*Metaspriggina* ilkel bir omurgaya sahip olan ilk canlılar. Bunlar daha sonraları omur kemiğine dö-

nüşecek olan merkezi omurgaya sahip canlıların prototipi sayılıyor. Yani; balıkların ve sonuçta insana ulaşacak omurgalıların ataları. Fosillerinde kıkırdaktan oluşan sırt kısımlarındaki kas dokuları ipliksi ve düzensiz olarak net bir şekilde görülüyor. Ayrıca; kafatası, göz, burun benzeri bir organ, ağız ve baş kısmına yakın solungaç yayları belirgin organlar olarak seçiliyor.

### **Kambriyen Patlaması'nı kanıtlayan en iyi fosil alanları nerelerde?**

Kambriyen Patlaması'na dair en iyi korunmuş fosiller; Kanada'da Yoho Ulusal Parkı içindeki Burges Şeyl (Burgess Shale), Kootenay Milli Parkı ve Çin'deki Chengjiang çökellerinde bulunuyor. Namibya Nama bölgesindeki çökellerde saptanan küçük kabuklu faunasının ise ilk avcılar olduğu düşünülüyor.

Günümüzde "Yoho Ulusal Park"ı içinde yer alan Burges Şeyl alanı Kambriyen Patlaması'nın ipuçlarını en iyi şekilde temsil eden bir alan. Şeyl; %50-60 oranında kil boyu malzeme içeren bir çökel (sedimenter) kaya türü olup, bu alanda geniş şekilde yüzeylenmektedir.

Burges Şeyl'in önemi, ilk defa 1800'lerin sonunda tren yolu yapımı sırasında ortaya çıkan fosillerle keşfedilmiş. Bulunan ilk fosiller, 1900'lerin başında Paleontolog Charles Doolittle Walcott tarafından tanımlanmış. Bu bölgeden 1910-1924 yılları arasında 65.000'den fazla fosil toplanmış ve 140 farklı tür tespit edilmiş. Günümüzde bu bölge UNESCO'nun Dünya Kültürel Mirası listesinde yer alıyor.

Burges Şeyl canlılarının, karalarda henüz yaşamın olmadığı, dolayısıyla kara bitkileri ve kara hayvanlarının henüz evrimleşmediği bir dönemi temsil ettiği, ortamın dönem ekvatoruna yakın, ılık ve sıg bir denizde, geniş bir karbonat resifinin yakınlarını işaret ettiği düşünülüyor.

Kanada'nın güneyinde bulunan Calgary şehrinin 200 km batısında "Kootenay Milli Parkı" yer alıyor. Bu park, Rocky Dağlarının yukarı kısımlarında ve "Bear Country" olarak anılıyor. Bölgenin "Marble Canyon" mevkiinde 1914 yılından itibaren yapılan araştırmalar çok sayıda yeni Kambriyen cins ve türünün bulunmasını sağlamış. Bu bölgede sadece bir yaz sezonu kazı süresince 10.000'den fazla fosil bulunmuş. Alanda yapılan çalışmalarla bilinen cinslere durmadan yenileri eklenmeye devam ediyor. Araştırmalar, Kambriyen dönemde bu bölgenin de dönem ekvatoruna çok yakın, tropik ve sıg bir denizel ortam olduğunu gösteriyor.

Kanada'nın farklı bölgelerinde bulunan fosil örneklerinden bazılarının canlıların iç organlarına kadar muazzam bir şekilde korunmuş olması, Paleontologlar ve evrim bilimciler açısından çok büyük önem taşıyor.

### **Kambriyen Patlama'dan sonra ne oluyor?**

Kambriyen devrinin başında sadece iskeletli küçük süngerler ve yumuşakçalardan (mollusk) oluşan denizel bir fauna yaşarken, devrin ortalarında trilobitler, arkeosiyatidler, brakiyopodlar (kol ayaklılar), mollusk (yumuşakça) ve ekinitler (derisi dikenliler) gibi özellikle kavkısı olan formlarda cins, tür temelinde ve bireysel sayıda çok büyük bir artış oluyor. Daha sonra Kambriyen devri (543-490 milyon yıl önce) boyunca 4 ayrı dönemde toplu yok oluşlar gerçekleşiyor.

Bu yok oluşlardan ilki Erken Kambriyen'de gerçekleşiyor ve üç loblu (trilobit) türlerinin en yaşlı gruplarıyla, resif yapıcı organizmalar olan arkeosiyatidler tamamen siliniyor. Geç Kambriyen'in sonuna doğru gerçekleşen diğer 3 yok oluş ise, yine üç loblular (trilobitler), kol ayaklılar (brakiyopod) ve konodontları hedef alıyor.

Kambriyen sonu yok olmalarının nedeni olarak; bu devirde küresel ölçekte gerçekleşen soğuma ve buzullaşmaya bağlı olarak geniş çaptaki donma nedeniyle deniz sularının çekilmesi (regresyon), deniz suyunun soğuması ve oksijenin azalması gösteriliyor...

Günümüzde sayıları giderek artan fosil veriler, Kambriyen Patlaması'yla birlikte yaşam serüveninde dev bir adım atılmış olduğunu ve 543 milyon yıl sonra İnsan'ın da içinde olacağı yaşam yelpazesinde en önemli satırbaşının gerçekleştiğini gösteriyor...

### **Kaynaklar**

- Anonim, 2001, Sır Fred Hoyle: Elementlerin Üstadı, Focus, Sayı 2, 88-96.  
Gould, S. and Eldredge, N., 1977, Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered. Paleobiology, volum 3/ 2, pp.115-151.  
İnan, N., 2010, Yaşam Serüveninde Satır Başı: Kambriyen Patlaması, Bilim ve Ütopya dergisi, sayı 194, s. 54-56.  
İnan, N., 2017, Tarihsel Jeoloji, Jeolojik Devirlerde Yaşam ve Önemli Evrim Adımları, 224 s., 2.Baskı, Seçkin Yayıncılık  
Paulsen, S., 2015, Konserve Fosiller, Geo, Sayı 29, 146-160.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Miguasha\\_National\\_Park](http://en.wikipedia.org/wiki/Miguasha_National_Park)  
<http://heritage-pics.com/en/country/Canada>  
[http://tr.wikipedia.org/wiki/Burgess\\_%C5%9Eeyli](http://tr.wikipedia.org/wiki/Burgess_%C5%9Eeyli)  
[http://tr.wikipedia.org/wiki/Stephen\\_Jay\\_Gould](http://tr.wikipedia.org/wiki/Stephen_Jay_Gould)  
<http://www.albertawow.com/>  
<https://evrimagaci.org/kesintili-denge-teorisi-6002>

# İntihar ve intiharı konuşmak-duymak-duyurmak

Uzm. Dr. Aışan Burak YAŞAR • Marmara Üniversitesi Pendik EAH

İntiharın önlenmesinde medya ve medya çalışanlarına da önemli görevler düşmektedir. İntihar haberlerinin medyada ayrıntılı olarak yer alması, dramatize edilmesi ve intiharı kriz durumlarına verilebilecek normal bir tepki olarak sunulması intihar riski yüksek olan bireyleri olumsuz etkilemektedir. Medyada intihar haberleri mümkün oldukça yer almamalı; haber yapılacaksa Basın Kanunu'nun 20. maddesine uygun olarak özendirme etkisi yaratmayacak, mümkün olan en yalın şekilde haber yapıp, intihar düşünceleri olan kişilerin uygun hizmetlere yönlendirilmeleri hedeflenmelidir.



## İntihar

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), 2015 yılında Dünyada 800.000 kişinin intihar sonucu öldüğünü bildirmiştir. Bu sayı dünyada her 40 saniyede bir kişinin intihar sonucu yaşamını kaybettiğini göstermektedir. DSÖ, bu sayının 2030 yılında bir milyonun üzerine çıkacağını öngörmektedir. İntihar girişimleri ise bu sayıların yaklaşık 20 katıdır. İntihar sonucu yaşamını kaybedenlerin yakınlarının yaşadığı ruhsal acı da düşünüldüğünde, intiharı toplumun önemli bir kısmını etkileyen ciddi bir halk sağlığı problemi olduğu nettir. Bu nedenle her ülkenin ölçülebilir hedefleri olan, etkinliğinin değerlendirilebildiği, tüm toplumu kapsayan ve süreklilik gösteren ulusal intihar önleme programlarına ihtiyacı bulunmaktadır. Bu nedenle bu alanda yapılacak önleme programlarının yalnızca psikiyristlere bırakılmayacak şekilde multidisipliner olması gereklidir. İntihar önlemede hükümetler, ruh sağlığı çalışanları, eğitimciler, medya, aile ve arkadaşlar hep birlikte çalışmalıdır. Önyargılar, uygun zamanda ruh sağlığı hizmetlerine ulaşımı engellemektedir.(1)

## İntiharla ilgili mitler ve yanlış bilinen gerçekler

İntiharla ilgili bugün toplum arasında ve hatta bazen sağlık çalışanları arasında bile pek çok yanlış bilinen kavram vardır. Geçmişte sağlık çalışanlarının bile bilimsel olarak uygulamış olduğu bu yöntemlerin zamanla doğru olmadığı bilimsel olarak gösterilmiştir. Bu yanlış bilinen doğrulara birkaç örnek vermek yerinde olacaktır. Örneğin:

**Yanlış:** Risk altında olduğunu düşündüğümüz kişilere intihar düşüncesini sormak, insanın aklına intiharı getirir, onları özendirir?

**Doğru:** Kişi özkıyım (intihar) eğilimi sezdiğinde bunu açıkça konuşabilmeli, bunun ne kadar güçlü olduğunu araştırmalıdır. Her türlü özkıyım düşüncesi ciddiye alınmalıdır. Bu konuya giriş yaparken daha yumuşak cümlelerle giriş yapılabilir. "Gelecek hayallerin neler?" gibi. (2) Bu konuda risk gördüğümüzde bir an evvel bir psikiyatriste yönlendirmek gerekir.

**Yanlış:** İntihar eden kişi genelde bunu gizlice kafaya koymuştur ve bir anda gerçekleştirir.

“İntihar önlemede hükümetler, ruh sağlığı çalışanları, eğitimciler, medya, aile ve arkadaşlar hep birlikte çalışmalıdır.”

”

**Doğru:** Tamamlanmış intihar girişimlerini incelediğimiz zaman, önemli bir kısmının önceden en az bir kez denemiş ve en az bir kez profesyonel destek almaya çalışmış ya da yakınlarına mesaj vermeye çalışmıştır.

**Yanlış:** Kimlerin intihara daha meyilli olduğunu anlamak mümkün değildir.

**Doğru:** Şu an tam olarak intihar riskini analiz edecek bir kan analizi veya test olmamasına rağmen araştırmalar göstermiştir ki, *intihar riskinin en önemli belirtisi* umutsuzluktur.(3) Kişinin gelecekle ilgili ne kadar umutlu hayali varsa intihar riski bunla ilişkili olarak daha azdır denebilir. Bu nedenle intihar riski değerlendirilirken özellikle gelecekle ilgili planları ve gelecek umutları sorulur.

### Medya ve basında intihar

İntiharın önlenmesinde medya ve medya çalışanlarına da önemli görevler düşmektedir. İntihar haberlerinin medyada ayrıntılı olarak yer alması, dramatize edilmesi ve intiharın kriz durumlarına verilebilecek normal bir tepki olarak sunulması intihar riski yüksek olan bireyleri olumsuz etkilemektedir. Medyada intihar haberleri mümkün oldukça yer almamalı; haber yapılacaksa Basın Kanunu'nun 20. maddesine uygun olarak özendirme etkisi yaratmayacak, mümkün olan en yalın şekilde haber yapıp, intihar düşünceleri olan kişilerin uygun hizmetlere yönlendirilmeleri hedeflenmelidir. Türkiye Gazeteciler Cemiyeti Hak ve Sorumluluklar Bildirgesi'nde "İntihar olayları hakkında haber çerçevesini aşan ve okuyucu veya izleyiciyi etki altında bırakacak nitelikte ve genişlikte yayın yapılmamalıdır. Olayı gösteren fotoğraf, resim veya film yayınlanmamalıdır" denilse de maalesef çoğu zaman bildirgeye uyulmadığı görülmektedir. (4)



Dünya Sağlık Örgütü'nün aşağıda yer alan intihar haberlerinin medyada yer alması ile ilgili kuralları bu konuda bir an önce uygulanmalıdır! (5)

• Haberde ölme kararında rol oynayan psikososyal nedenler aydınlatılmalı, altta yatan bir psikiyatrik hastalık varsa belirtilmelidir. İntihara yol açan depres-

yon, madde bağımlılığı gibi hastalıkların tedavisinin olduğu vurgulanmalı ve nasıl yardım alınacağı konusunda bilgi verilmelidir. Kişilerarası ilişki güçlükleri ve çatışmalarda çözüm yollarını örneklerle belirten yol gösterici haberler şeklinde verilmelidir.

- İntihar, haberlerde cesur bir davranış olarak sunulmamalı. Haber ilk sayfalarda, resimli, renkli ve intihar yöntemi ayrıntılı verilmemelidir.
- Olay romantik ve gizemli bir davranış olarak gündemlenmemelidir.
- İntihar bir çözüm yolu olarak gösterilmemelidir.
- İntihar girişimlerinden sonra meydana gelebilecek ağır bedensel sorunlar-beyin hasarı, felç, vs.- tanımlanmalı ve caydırıcı bir şekilde kullanılmalıdır.
- İntiharlar bir problem çözümü olarak sunulmamalıdır. Çeşitli başka etkili çözüm yolları olduğu, bunlara ulaşamama durumunda bu sonucun ortaya çıktığı belirtilmelidir.
- Kurbanı bazı özenilebilecek nitelikler, dikkat çeken özellikler ve bir özel statü kazandıracak sunumlardan kaçınılmalıdır.
- Kurbanı intihar davranışıyla bir ün kazandırılmamalı, intiharın ün kazanmak için bir yol olduğu mesajı verilmemelidir.
- Haberlerde bireylerin intihar düşünceleriyle baş etmelerine yardımcı olabilecek kurumlar, tedavi seçenekleri hakkında bilgi verilmelidir.
- Tercihen yalnızca ölümle sonuçlanan intihar davranışı haber yapılmalı ve haber kısa, resimsiz, intihar yöntemi bildirilmeden verilmelidir.
- Nasıl intihar edilebileceğini gösteren ayrıntılı intihar haberlerinden sakınılmalıdır.
- Olay hiçbir şekilde geniş ve tekrarlayan biçimde haberleştirilmemelidir.
- Lokal medya ve sağlık kurumları arası sürekli bir diyalog sağlanmalıdır.



### İntihar ve öğrenme

İnsanlar, grubun içinde yaygın olanı uygulama, fikirleri benimsemeye yatkındır. Sosyal öğrenme kuramına göre, insanlar bilgi edinme ve deneyimleme dışında belki de en az onlar kadar önemli bir öğrenme sistemine sahiptir. Ayna nöronlar vasıtası ile pek çok

beceriye sadece izleyerek öğrenebiliriz. İzleyerek ve taklitte öğrenme...(6) Bunun dışında intihar haberleri ve uygulama şekillerine maruz kalmanın diğer bir riski de; çözüm yolu olarak düşünme ve yapılabilir olduğunu görmedir. İntihar düşüncesi olan örneğin depresyondaki hastalarımızın çoğunun acısız ölüm araştırmaları yaptığını biliyoruz. Bunun gerçekten kolay bir yolunun olmadığı ve sakat kalma riskleri de olduğu için özellikle çökkünlüğün en dip noktasında sırf bu zorluklar nedeni ile kişi uygulamadan vazgeçebilir. Bu gibi riskler nedeni ile intiharın yapılabilir olmaması ve intihara yöntem bulunamaması riskli dönemlerde kişiyi bu davranışa itmekten koruyan faktörler olabilir. İntihar haberlerinin umutsuz insanlar için bir çözümümüş gibi gösterilmesi, hem yöntemlerin reklamının yapılması hem de grubun diğer üyelerinin (toplum) kolaylıkla yaptığı yanlışına neden olması medyatik kirlenmenin en önemli riskleridir.

Her ne kadar medya, intihar davranışlarının öğrenilebileceği sosyal çevrenin sadece küçük bir unsuru olsa da, muhtemelen intihar için diğer psikososyal risk faktörleriyle birlikte düşünülünce gerçekliğin toplumsal inşasında yine de önemli bir etkidir. Bazı bireylerin intihar fikrini ve intihar eylemiyle ilgili etkilenme konusunda daha savunmasız bir dönemde ve yöntem arayışındayken daha risk altında oldukları düşünülmektedir.(7) Birçok çalışma sadece belirli hassas gruplar için intiharın bulaşıcı etkilerinin mevcut olacağını söylemiştir. Yani özellikle risk altındaki hassas kişilerde medyatik riskli haberlerin tamamlanmış intiharlar için daha riskli olduğunu söyleyebiliriz. Bazı ülkeler ve kuruluşlar (örneğin; Dünya Sağlık Örgütü, Amerikan İntihar Önleme Vakfı) medya profesyonellerini eğitmek ve güçlendirmek için çalışmalar yapmaktadır. Çalışmaların büyük çoğunluğu, intihar davranışlarının medyada yer almasının ve gerçek intiharın, intihar düşüncesiyle ilişkili olduğu fikrini desteklemektedir. Kitle iletişim araçları araştırmaları etkinin taklit teorisinde olduğu gibi başka şekilde de çalışabileceğini (pozitif model) göstermektedir. Altı araştırma makalesi, medyada yer alan gazetelerdeki ilgili kurallarla yapılan bir karartma ile haber miktarını azaltarak veya medya raporlama kalitesini değiştirerek koruyucu etki ve intiharda düşüş gözlemlenmiştir. Medyada canlandırmanın olumsuz ve provoke edici etkisinin belirtilmesi için, "Werther effect" ifadesi, Phillips tarafından zaten on yıllar önce tanımlanmıştı. Bunun tersine önleyici etki için "Papageno etkisi" ifadesi, yakın zamanda Niederkrötenhaler ve arkadaşları tarafından önerildi. (7)

Medya etkisini değerlendirirken ihmal edilemeyecek önemli bir konu, belirli intihar yöntemleri hakkında haber yapmaktır. İntiharın haber değeri ile ilgili araştırmalar, medya haberlerinin resmi intihar verilerini temsil etmediğini ve ünlülerin intiharları ve olağandışı durumlar veya yöntemleri içeren intiharlar gibi bazı intihar türlerini abartma eğiliminde olduğu bulunmuştur. Medya haberleri resmi intihar verilerinin objektif örneği değildir ve sansasyonel intiharları abartma eğilimindedir. Çalışmaların çoğu, ölümcül ve ölümcül olmayan intihar eylemlerini kışkırtmak için oldukça uygun bir dönem olan medya haberleri-

nin kısa vadeli etkisine (örneğin 1-2 gün ile 3-4 hafta) odaklanmıştır. Bununla birlikte, intihar düşüncesi (toplumdaki intihar düşünceleri), yaklaşık 1 yıllık bir süre boyunca, tanınmış bir ünlünün intiharı etkisinde kalabildiği görülmüştür.(7) Uzun vadeli etki, günümüz dünyasında muhtemelen daha da önem kazanmaktadır.(3)

### Taklit intihar ('Werther etkisi')

'Werther etkisi', bir intihar olayının medya vb. kaynaklar aracılığı ile tasvir edilerek topluma yansıtılması ve özendirilmesi sonucunda insanların bu davranışı (intihar) taklit etmesi ve intihara yönelmesi olarak tanımlanabilir.(8) 'Werther etkisi' terimi; Goethe'nin 1774 yılında Almanya'da yayımladığı "Genç Werther'in Acıları" isimli kitabından esinlenilerek literatüre uyarlanan bir ifadedir. Yüksek düzeyde haber (veya sosyal medyada paylaşılan) intihar eylemini yapan (çoğu zaman ünlü) kişiyle benzer özellikleri olduğunu düşünen insanlar daha savunmasızdır. 1970'lerde, Britanya'da, bir kendini yakarak intihar etme eylemi uluslararası medyada oldukça fazla yer bulmuştur. Bunu takip eden 12 ay içerisinde Britanya'da kendini yakarak intihar etme eyleminin (taklit intihar) normalde beklenenden 60 adet daha fazla arttığı saptanmıştır. Avustralya'da yapılan bir araştırma, ülkenin iki ulusal gazetesinde intihar haberlerinin yer almasından sonra Avustralyalı erkeklerde intihar oranının yükseldiği görülmüştür. 1985 yılında ABD'de genç yaş intiharlarını önlemeye yönelik dört film hazırlanmış, değişik haftalarda yayınlanarak, ailelerin ve gençlerin intihar davranışına dikkat çekmesi hedeflenmiştir. Ancak bu filmlerin gösteriminden sonra intihar girişiminde bulunan gençlerin sayısında artış görülmüştür.(4) Yıllar önce Boğaziçi Köprüsü'nde intihar girişimi haberlerinin verilmesinin kesilmesinden sonra intihar girişimlerinin azalması, Avusturya'da intihar haberlerinin kısıtlanmasından sonra intihar olgularının azalması gibi örnekler intiharın medyada yer alması ile gerçekleşmesi arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. (4)

### İntiharın bulaşıcılığı

Gazetelerde intihar vakaları bildirildikten sonra intihar bulaşımı hakkındaki görüşler 19. yüzyıldan itibaren makalelerde bulunmaktadır. Bu intihar bulaşıcılığı, taklit veya toplu küme intiharı gibi tanımlarla araştırılmıştır.(4) Medya kaynaklı bulaşıcı etkinin gençler arasında ve özellikle yaşlılar arasında daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun nörobiyolojik özellikleri olabileceği gibi yaşam içerisindeki aktif rollerle ilgisi olabileceği de düşünülmüştür.

### Ruh sağlığını güçlendirme

"Ruh sağlığının güçlendirilmesi" ile "psikiyatrik bo-

zukluktan korunma" kavramları arasında örtüşen yanlar olduğu gibi farklılıklar da vardır. Korunmada hastalıklara yakalanmama veya etkisini azaltma üzerinde durulurken, ruh sağlığının güçlendirilmesinde sağlık ve iyilik hali temel alınmaktadır. Ruh sağlığının güçlendirilmesinde sağlığın ayrılmaz bir parçası olan ruh sağlığının iyileştirilmesi, geliştirilmesi, önemsenmesine odaklanılmaktadır.(9) Sağlığın geliştirilmesi için, sağlık sistemine daha kolay erişim, toplumun ekonomik olarak güçlendirilmesi, işsizliğin azaltılması, temel haklar ve demokratik hakların güçlendirilmesi, medya, politikacılar, yerel yöneticiler, haberciler, kolluk kuvvetleri ve hatta oyuncak sektörünün bile ruh sağlığına hassas bir şekilde politika geliştirmesi gerekir. Toplumun bir üyesi olarak, bir çocuk olarak, bir ebeveyn olarak, bir arkadaş olarak, bir meslektaş veya bir komşu olarak ruh sağlığının güçlendirilmesine ve intiharın önlenmesine katkıda bulunabilirsiniz!

Örneğin bir araya gelmek, sivil toplumun güçlendirilmesi, yan yana olmak ve dayanışma, intiharı önlemek için kritik öneme sahiptir! İntiharı önlemek, birçok kişinin çabasını gerektirir. Aile, arkadaşlar, iş arkadaşları, topluluk üyeleri, eğitimciler, dini liderler, sağlık uzmanları, siyasi yetkililer ve hükümetleri kapsar. İntiharı önleme, birey, sistem ve topluluk düzeyinde çalışmayı kapsayan bütünleştirici stratejiler gerektirir.(9)

Eğer bir kişi ile ilgili intihar hakkında endişeleriniz var ise şunları bilmelisiniz (WHO) (10)

- İntihar önlenabilir.
- İntihar hakkında konuşabilirsiniz.
- İntihar ile ilgili sorular sormak intihar etme davranışına neden olmaz. Çoğu zaman kaygıyı azaltır ve insanların anlamaya başlamasına yardımcı olur.

Bir kişinin ciddi bir şekilde intihar etme düşüncesine sahip olduğunu gösteren uyarı işaretleri

- Kendini öldürmekle tehdit etmek
- "Ben yokken kimse beni özlemez" gibi cümleler kurmak.
- Böcek ilaçları, ateşli silahlar veya ilaçlar gibi kendini öldürme yolları aramak ya da internette bu konu ile ilgili araştırmalar yapmak
- Yakın aile üyelerine ve arkadaşlarına veda etmek, değerli eşyalarından vazgeçmek veya vasiyetini yazmak

#### Kimler intihar riski altındadır?

- Daha önce intihara teşebbüs eden kişiler
- Depresyon, alkol veya uyuşturucu sorunu olan kişiler
- Sevdiği bir kişinin hayatını kaybetmesi veya bir ilişkinin sona ermesi sebebiyle ciddi duygusal sıkıntı çeken kişiler
- Kronik ağrı veya hastalıktan acı çeken kişiler
- Savaş, şiddet, travma, istismar veya ayrımcılığa ma-

ruz kalan kişiler

- Sosyal ortamlardan kendini soyutlamış kişiler

#### Ne yapabilirsiniz?

- Endişelendiğiniz kişi ile intihar hakkında konuşmak için uygun bir zaman belirleyin ve sakin bir yer bulun. Dinlemek için orada olduğunuzu bilmelerini sağlayın.
- Doktor, ruh sağlığı uzmanı, danışman ya da sosyal hizmet görevlisi gibi uzmanlardan yardım isteme konusunda kişiyi teşvik edin. Görüşmeye gideceği zaman ona eşlik etmeyi teklif edin.
- Kişinin durumunun tehlikeli olduğunu düşünüyorsanız, onu yalnız bırakmayın. Acil servislerden, bir kriz hattından veya bir sağlık uzmanından ya da aile üyelerinden yardım isteyin.
- Endişelendiğiniz kişi sizinle birlikte yaşıyorsa, evde kendisine zarar verebilecek (böcek ilacı, ateşli silah ya da ilaç gibi) nesnelere ulaşamayacağından emin olun.
- Kişinin durumunu kontrol etmek için kişiyle iletişim halinde olun

*UNUTMAYIN: İntihar etmeyi düşünen birini tanıyorsanız, bu konu hakkında onunla konuşun. Önyargılı olmadan kişiyi dinleyin ve ona desteğinizi sunun.*

#### Kaynaklar ve ileri okuma

- 1) <http://www.psikiyatri.org.tr/basin/545/intihar-onemli-bir-halk-sagligi-sorunudur>
- 2) Öztürk, M. O., & Uluşahin, A. (2014). *Ruh sağlığı ve bozuklukları*, Nobel Tıp Kitabevleri.
- 3) Dilbaz, N., & Seber, G. (1993). Umutsuzluk kavramı: Depresyon ve intiharda önemi, *Kriz Dergisi*, 1(3).
- 4) <http://www.psikiyatri.org.tr/1465/tpd-51-upk-basin-toplantisi-intihar-ve-medya-sorumlulugu>
- 5) [https://www.who.int/mental\\_health/prevention/suicide/resource\\_media.pdf](https://www.who.int/mental_health/prevention/suicide/resource_media.pdf)
- 6) <https://bilimveutopya.com.tr/makale/gruplar-ve-sosyal-etkilesim-3-algilariniza-saygi-duyun-sapka-cikarin-ama-onlari-o-kadar-da>
- 7) Sisask, M.; Värnik, A. Media Roles in Suicide Prevention: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2012, 9, 123-138
- 8) O'Connor, R. C.; Platt, S. and Gordon, J. (Ed.) (2011), *International Handbook of Suicide Prevention Research, Policy and Practice*, West Sussex, UK: Wiley-Blackbell Publication
- 9) COŞKUN, B. (2011). Koruyucu Psikiyatri Açısından Ruh Sağlığının Güçlendirilmesi, *Türkiye Klinikleri Psychiatry-Special Topics*, 4(4), 110-119.
- 10) <http://www.psikiyatri.org.tr/halka-yonelik/52/turkiye-psikiyatri-derneği-halka-yonelik-bilgilendirme-kartları>

# İntiharın nedenleri ve önleme çalışmaları

Dr. Yunus HACIMUSALAR • Yozgat Bozok Ü. Tıp Fakültesi Ruh Sağlığı ve Hastalıkları ABD

İntihar davranışının genetik, psikolojik, sosyal ve kültürel birçok risk faktörü vardır. Bu nedenle yapılacak intihar önleme programlarında birçok disiplinin ortak çalışması gereklidir. İntihar önlemede hükümetler, ruh sağlığı çalışanları, eğitimciler, medya, aile ve arkadaşlar hep birlikte çalışmalıdır. Birden fazla kurumun içinde yer aldığı programların birbirini güçlendirici özelliği ile çok daha etkin sonuçlar sağlamaktadır. Dünya Sağlık Örgütü her ülkenin ölçülebilir hedefleri olan, etkinliğinin değerlendirilebildiği, tüm toplumu kapsayan ve süreklilik gösteren ulusal intihar önleme programlarına ihtiyacı bulunduğunu bildirmektedir.



## İntiharın tanımı ve sıklığı

Dünya Sağlık Örgütü, intiharı, ölümle sonuçlanmayan, bireyin kendisinin başlattığı ve başkaları tarafından engellenmeyen kendine zarar verme davranışı veya tedavi dozundan daha fazla ilaç kullanma durumu olarak tanımlamaktadır. İntihar, kişinin yaşamını bilerek ve isteyerek sonlandırmasıdır. İntihar ilk on ölüm nedeni arasında olup; günümüzde önemli bir halk sağlığı sorunudur. Bu nedenle yalnızca psikiyatri uzmanlarını değil, bütün sağlık çalışanlarını ilgilendiren bir sorundur. Dünya üzerinde tüm ölümlerin %1,8'i intihar sonucunda gerçekleşmektedir. Dünyada her yıl ortalama 800.000 kişi intihar sonucu hayatını kaybetmektedir. 2030 yılında bu sayının bir milyonun üzerine çıkacağı öngörülmektedir. Bu sayı yaklaşık olarak 40 saniyede bir kişinin intihar ettiği anlamına gelmektedir. İntihar girişimleri ise gerçekleşmiş intiharların 10 ile 40 katıdır. Yani her üç saniyede bir intihar girişiminde bulunulmaktadır. İntihar 15-35 yaş arası gençlerde ilk üç ölüm nedeninden biridir. Tüm intiharların yaklaşık %25'i 15-24 yaş arasında gerçekleşmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu 2018 yılında Türkiye'de intihar hızının yüz binde 3,8, intihar sonucu yaşamını kaybeden kişi sayısının ise 3.161 olduğunu bildirmiştir.

## Psikiyatrik kriz ve intihar

Kişiler olumsuz yaşam olayları karşısında genellikle etkili çözümler geliştirebilir. Hayatta karşılaşılan bu zorlanmalar çoğunlukla belirgin bir kriz durumu ortaya çıkmadan sonlanmaktadır. Kişinin başa çıkma becerileri yetersiz kaldığında yaşanan olay kişi için yıpratıcı olabilir. Kişiler bazı dönemlerde başa çıkma mekanizmalarını yeterince kullanamayabilir. Psikiyatrik kriz, bireyin yaşamının aniden zorlayıcı ve zarar verici yaşantılar sonucu kesintiye uğradığı tepkisel bir durum olarak tanımlanabilir. Kişinin olumsuz yaşam olayları sonucunda oluşan duygusal sıkıntıyı azaltamaması veya ortadan kaldıramaması sonucunda kriz durumları ortaya çıkar. Çoğu kriz durumları sosyal ve aile desteği veya gerektiğinde profesyonel bir yardım ile atlatılabilir. Kriz yaşantısı insanların kişilik gelişimlerine katkı sağlayabileceği gibi, bazılarında psikiyatrik bozukluklar gelişmesine ve bu kişilerde intihar girişimleri ya

“ Dünyada her yıl ortalama 800.000 kişi intihar sonucu hayatını kaybetmektedir. ”

da zarar verici davranışlara neden olabilir. İnsanlar bazen stresli olaylar karşısında intiharı ilk çözüm olarak akla getirebilir. Bu durum genç yaş grubunda daha sıktır. Kriz olayları sonrasında intihar girişiminde bulunan gruptaki bireylerin genellikle daha yalnız olan, sosyal olarak izole hisseden ve ekonomik güçlükleri daha çok yaşayan bireyler olduğu bildirilmiştir. Yalnızlık ve sosyal izolasyon, sorunlarını daha çözümsüz algılamalarına ve bu sorunlar karşısında kendilerini daha çaresiz hissetmelerine neden olabilmektedir.



İntihar girişimlerinin bir bölümü gerçek bir ölüm isteğinden daha çok psikiyatrik kriz içerisindeki kişilerin yardım çağrısı ve iletişim çabası olarak çıkabilmektedir. İntihar girişiminde bulunan kriz vakaları ümitsizlik ve kontrolü kaybetmiş olma duyguları içindedirler. Bu kişiler kendilerini yalnız ve sosyal yönden yardımsız hissederler. Psikiyatrik kriz genellikle kişiler arası ilişki sorunları, kayıplar, travmatik olaylardan sonra ortaya çıkar.

### **İntihar için risk etmenleri ve koruyucu etkenler**

İntihara eğilimi olan kişilerin belirlenmesi, bu kişilerde intihar riskinin sistematik bir şekilde değerlendirilmesi ve gerekli girişimlerde bulunulması çok önemlidir. İntihar sıklığının oranları ülke, cinsiyet, yaş, intiharın nasıl tamamlandığı gibi değişkenlere bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. İntihar çok yönlü bir olgudur ve nadiren tek bir nedeni vardır. Bununla birlikte intihar riski en çok ruhsal hastalıklar ile ilişkilidir.

Bazı durumlar kişilerin intihara eğilimi olabileceğini düşündürmelidir. Dürtü ve öfke kontrolü problemi olanlar, riskli davranışlar sergileyenler, problem çözme becerileri yetersiz olanlar, genç yaştakiler, daha önce intihar girişiminde bulunmuş olanlar, kadın cinsiyeti, düşük sosyoekonomik durum intihar girişiminde riskli grubu oluşturmaktadır. Ergenlerde depresif bozuklukların varlığı, ailesinde intihar düşünce ya da intihar girişiminin varlığı, anne baba ayrılığı, ebeveyn kaybı, aile içerisinde çatışma, stresli yaşam olayları ve istismar intihar riskine neden olabilecek faktörler arasındadır. Ye-

terli sosyal destek, kişinin sevildiğine, değer verildiği, önemsendiğine ve yükümlülüklerinin olduğu bir sosyal grubun üyesi olduğuna inanmasını sağlayan bilgi olarak tanımlanmaktadır. Sosyal destek kapsamı içerisinde; duygusal destek (ilgilenme, empati, değer verme), bilgi desteği, öneri ve yeni bakış açısı sunma, maddi destek, toplumsallaşmaya ve bir gruba ait olma duygusunu veren destek yer almaktadır. Sosyal desteğe sahip olan kişilerin stresli yaşam olayları ile ve ruhsal sorunlarla daha kolay başa çıkabildikleri belirtilmektedir.

Psikiyatrik bozukluklar arasında başta depresyon olmak üzere kişilik bozuklukları, şizofreni, duygudurum bozuklukları gibi çeşitli hastalıklarda intihar riski yüksek bulunmuştur. Psikiyatrik bozukluğu olanlarda intihar riskinin psikiyatrik bozukluğu olmayanlara göre daha yüksek olduğu bilinmektedir. Alkol ve madde bağımlılığı, kaygı belirtileri, yoğun umutsuzluk, karamsarlık, ergenlerdeki davranım bozukluğu, dürtüsel davranışlar, şiddet ve riskli davranışlara yatkınlık gibi özelliklerin eşlik ettiği bazı kişilik bozuklukları, daha önce intihar girişiminde bulunmuş olma, intihar planlarının olması riskin yüksek olduğu durumlardır. Var olan bir hastalığı eşlik eden diğer hastalıklar ya da tıbbi durumlar, eşlik eden hastalık (komorbidite) olarak tanımlanır. Eşlik eden hastalıklar artmış intihar riski ile ilişkilidir. Alkol kullanım bozukluğu bir ruhsal bozuklukla birlikte ise risk yüksektir. Bunun yanında madde kullanım bozukluğu, kişilik bozukluğu olanlarda da intihar riski yüksektir. Fiziksel hastalıklar arasında kronik özellik gösteren ölümcül bir hastalığın olması, ağrıya neden olan hastalıklar da intihar riskini artırabilir. Gebelik ve doğum sonrası dönem de riskli dönemlerdir. Çocukluk ve yetişkinlik dönemi travmaları, sosyal yalıtılmışlık, ekonomik güçlükler, ilişki sorunları, umutsuzluk ve dürtüsellik de intihar riskini arttırmaktadır.

Yalnız yaşıyor olmak, işsizlik, ekonomik sorunlar intihar davranışı riskini artırır. Ekonomik kriz dönemlerinde intiharlar artar. Sosyal konumda ortaya çıkan ani değişiklikler, düşük sosyal sınıftan olma, eğitim düzeyinin düşük olması, kentte yaşama intihar riskini artırır. Ailede intihar öyküsünün olması, psikiyatrik hastalık öyküsünün olması, aile içi şiddet, fiziksel ve cinsel istismara uğrama, sosyal desteğin yetersiz olması, aile içi iletişim sorunları riski artıran diğer faktörlerdir.

Sevilen biri tarafından terk edilme, yakınlarını kaybetme, iş kaybı, herhangi bir nedenle yeti yitimine uğrama, özellikle çocukluk ve ergenlik dönemlerine ilişkin travmalar, ateşli silah gibi intihar araçlarının kolay ulaşılabilir olması, birden fazla zorlayıcı olayla aynı dönemde karşılaşma, riski artırır.

Bir yaşam amacı ve gelecek planlarının olması, iletişim becerilerinin iyi olması, kişinin kendini ifade araçlarını kullanıyor olması, yardım alma, tedavi görme konusunda istekli olma, aile desteği ve sos-

yal desteğin yeterli olması, yakın arkadaş ilişkilerine sahip olma, dini inançlar, kadınlar için küçük çocuğun olması (lohusalık depresyonu hariç) başlıca koruyucu etkenlerdir.

### İntihar riski değerlendirmesi

Uzmanlar tarafından kişi muayene edilmiş bile olsa kimin kendisini öldürmeyi düşüneceğini veya intihar edeceğini önceden tahmin etmek güçtür. Yapılan bir çalışmada, uzmanlar tarafından intihar davranışının tahmin gücünün %50 düzeyinde olduğunu göstermektedir. İntihar riskinin değerlendirilmesi oldukça zor bir süreçtir. Bu nedenlerle intihar riskinin değerlendirilmesi direkt olarak kimin intihar davranışında bulunup bulunmayacağını saptamak değildir. İntihar riskinin değerlendirilmesi, bir kişiyi intihar davranışına sürükleyebilecek sosyal, psikolojik, biyolojik ve kültürel özelliklerin değerlendirilerek tedaviyi planlama ve etkilerini değerlendirmede yardımcı olmasıdır. Risk değerlendirmesi klinik görüşme, bazı ölçek ve testlerle yapılabilir.



İntiharı konuşmanın kişinin olumsuz duygularını arttırabileceği ya da intihar düşüncesini tetikleyebileceği düşünülebilir. Ancak bu doğru değildir ve intiharla ilgili sorular açık bir şekilde sorulmalıdır. İntihar riski değerlendirirken yaş, cinsiyet, medeni durum, çalışma durumu, daha önce intihar düşüncesi veya davranışı olup olmadığı, varsa girişim yöntemi, intihar girişiminin tekrar edip etmediği, intihar girişiminde bulunma yöntemi, yeri, zamanı, daha önceden planlanıp planlanmadığı, intihar girişimi sonrası intihar düşüncelerinin devam edip etmediği bilgileri önemlidir.

İntihar için gerekli araçlara kolay ulaşılabilirlik intihar riskini arttıran etkenlerden birisidir. İlaç, kimyasal ürünler, ateşli silah, delici kesici aletler, yüksek katlarda kapı pencerelerin kontrolü ve kliniğin risk açısından değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Kişide intiharı düşündürecek tutum ve davranış değişiklikleri konusunda dikkatli olunmalıdır. Bunlar sıklıkla, ölüm hakkında konuşma, yeme uyku düzeninde bozulma, tutum ve davranışlarda

farklılaşma, ruhsal durumunda farklılaşma, ölüme hazırlığı içeren davranışlar (yarım kalan işlerin tamamlanması, vasiyet düzenleme) riskli davranışlarda artışı içerir. Daha önce intihar girişiminde bulunan bireylerde tekrar intihar etme olasılığının daha fazla olduğunu bildirilmiştir.

Sonuç olarak intihar riskini tam olarak değerlendirebilecek bir yöntem bulunmamaktadır. Klinisyen tarafından intihar riskinin değerlendirilmesinde bütün risklerin göz önünde tutulması, kişinin klinik durumunun ayrıntılı değerlendirilmesi, intihar düşüncelerinin konuşulabilmesi ve sorgulamaktan kaçınılması oldukça önemlidir.

### İntiharın önlenmesi

İntihar davranışının genetik, psikolojik, sosyal ve kültürel birçok risk faktörü vardır. Bu nedenle yapılacak intihar önleme programlarında birçok disiplinin ortak çalışması gereklidir. İntihar önlemede hükümetler, ruh sağlığı çalışanları, eğitimciler, medya, aile ve arkadaşlar hep birlikte çalışmalıdır. Birden fazla kurumun içinde yer aldığı programların birbirini güçlendirici özelliği ile çok daha etkin sonuçlar sağlamaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) her ülkenin ölçülebilir hedefleri olan, etkinliğinin değerlendirilebildiği, tüm toplumu kapsayan ve süreklilik gösteren ulusal intihar önleme programlarına ihtiyacı bulunduğunu bildirmektedir.



Tıpta hastalıkların önlenmesi ile ilgili halk sağlığı modelinde olduğu gibi intiharı önleme çalışmaları da birincil, ikincil ve üçüncül önleme olarak sınıflandırmaktadır. Birincil önleme çalışmaları hastalığın oluşmasını önlemek amacıyla yapılanları kapsamaktadır. Bu kapsamda intihar davranışının sıklığını azaltmak, risk etmenlerini azaltıp intihardan koruyucu etmenleri güçlendirmek temel hedeftir. Birincil önleme kapsamında farkındalık çalışmaları, başa çıkma becerilerini geliştirmeye yönelik eğitimler, ölümcül intihar araçlarına ulaşımın kısıtlanması, medyada yer alan intihar haberleri ile ilgili düzenlemeler yapmak, intihar davranışı açısından daha yüksek riskli olan grupları desteklemektir. İntihara eğilimli kişilerin erken fark edilmesi amacıyla risk gruplarına yönelik tarama programları geliştirmek ve bu kişilerin kolaylıkla her an başvurabilecekleri krize müdahale

servisleri, telefon ve internet servis hatları oluşturulmalıdır. İntiharla ilgili toplumsal etiketlerin yardım istemeyi engellediği, insanların tıbbi yardım almasına engel olduğu bilindiğinden, hizmetlerin ulaşılabilir olması sağlanmalıdır.



İkincil önleme çalışmaları kendine zarar verme riski olan ve tanımlanmış bir ruhsal hastalığı bulunan kişileri hedef alan çalışmalardır. Temel amacı, var olan ruhsal bozuklukların sıklığını azaltmak, tanı konulmamış olguları erken tespit edebilmek ve onlara uygun tedavi seçenekleri sunabilmektir. Genel toplumda intihar açısından riskli grubu tanımlamayı hedefleyen tarama çalışmalarıdır. Son zamanlarda bu çalışmalar daha çok ergenlerde yürütülmektedir. Risk altında olan ergenleri fark edebilmek amacı ile depresyonu, intihar düşüncelerini tarayan anketler uygulanması ikincil önleme çalışmaları içinde tanımlanmaktadır. İntihar riski yüksek olan kişilerle karşılaşabilecek personelin eğitimi diğer önemli bir çalışmadır. Bu müdahale stratejisi okullarda ve birinci basamak sağlık hizmetlerinde uygulanabilir.

Üçüncül önleme çalışmaları ise intihar girişiminde bulunmuş kişilere ve yakınlarına yönelik çalışmalardır. Ruhsal hizmetlerin hastaların kolaylıkla ulaşabileceği şekilde düzenlenmesi, sürekli bir hizmetin sunulması, hasta ve hasta yakınlarının da rehabilitasyon sürecine dâhil edebilmesi olarak tanımlanabilir.

Sonuç olarak intihar sadece intihar davranışında bulunan kişinin değil, aile bireyleri, yakınları, sağlık çalışanları ve bütün toplumun etkilendiği önemli bir sorundur. Bütün kurumların iş birliği içerisinde çalıştığı, hükümetler tarafından desteklenen, uygulanabilir intiharı önleme programları, intihar oranlarında belirgin düşüş sağlayabilir. Ülkemizde de kapsamlı bir intiharı önleme programına ihtiyaç bulunmaktadır. İntihara yönelik damgalayıcı

tutumlar intihar düşüncesi olan kişilerin yardım arama davranışını azaltarak intihar sonucu ölümlerin artmasına neden olabilir. İntihar riskini artıran faktörlerin azaltılması, koruyucu faktörler ve sosyal destek programlarının artırılması, toplumu etkileyen kişiler üzerinde önemli stres oluşturan sorunların çözümü intihar önlemeye yönelik çalışmaların temelini oluşturmaktadır.

## Kaynaklar

1. <http://www.psikiyatri.org.tr/2077/10-ekim-dunya-ruh-sagligi-gunu-tpd-krize-mudahale-ve-intihari-onleme-calisma-b>
2. İntiharı Anlama ve Müdahale-Temel Kitap, Türkiye Psikiyatri Derneği Yayınları, 2019, Ankara
3. France K, Crisis Intervention A Hand-book of Immediate Person-to-Person Help Charles Thomas Publisher, Illinois, USA, 1990;p 61-77.
4. Sayıl I, Kriz kavramı, krize müdahale ve koruyucu ruh sağlığındaki yeri Kriz ve Krize Müdahale (içinde) Ankara Üniversitesi Psikiyatrik Kriz Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayınları, Ankara, 2000;s 7- 38
5. Sayıl I, İntihar davranışı Kriz ve Krize Müdahale (içinde) Ankara Üniversitesi Psikiyatrik Kriz Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayınları, Ankara, 2000;s 165-198
6. Özgüven HD, Soykan Ç, Haran S. İntihar Girişimlerinde Sorun Alanları ve Tetikleyiciler. Kriz Dergisi 2001;11;13-14
7. Agerbo E, Nordentoft M, Mortensen PB. Familial, psychiatric, and socioeconomic risk factors for suicide in young people: nested case-control study. BMJ. 2002;325(7355):74.
8. Cornwell B. The Dynamic Properties of Social Support: Decay, Growth, and Staticity, and Their Effects on Adolescent Depression. Soc Forces. 2003;81(3):953-78.
9. Yumru M, Savaş HA, Herken H, Kokaçya MH. İntihar ve kişilik. Anadolu Psikiyatr Derg. 2008;9(4):232-7.
10. Öncü B. İntihar Eğilimi Olan Hastaya Müdahale. Kriz Derg. 2003;14(2):31-7.
11. Batıgün Durak A, Şahin NH. Türk psikoloji dergisi. Türk Psikol Derg. 2003;18(51):37-52.
12. Güleç G. Psikiyatrik Bozukluklar ve İntihar. Türkiye Klin J Psychiatry-Special Top. 2016;9(3):21-5.
13. Franklin JC, Ribeiro JD, Fox KR, Bentley KH, Kleiman EM, Huang X, et al. Risk factors for suicidal thoughts and behaviors: A meta-analysis of 50 years of research. Psychol Bull. 2017;143(2):187-232.
14. Eskin M, Devrimci Özgüven H. İntihar Riskinin Değerlendirilmesi. Psikiyatr Güncel. 2017;7(1):15-26.
15. Önen Sertöz Ö, Noyan MA, Sertöz N, Elbi H. İntihar girişimleri öngörülebilir mi? Bir üniversite hastanesi acil servisine intihar girişimiyle başvuran hastaların altı aylık izlem sonuçları. Anadolu Psikiyatr Derg. 2010;11(1):1-8.

# Çocukluk ve ergenlikte intihar

Prof. Dr. Işık KARAKAYA • Çocuk Ergen Psikiyatristi

Pek çok ülkede olduğu gibi bizim ülkemizde de intiharlar çocuk ve gençlerin ölümü ile sonuçlanabilmektedir. İntihar eğilimi olan çocuk ve gençlerin erken tanınması ve erken müdahale öncelikli konularımızdan birisidir. Bu noktada toplumun her düzeyinde risk azaltmaya yönelik çalışmalar, toplumsal duyarlılık ve ruh sağlığı politikalarındaki düzenlemeler bir gerekliliktir.



**İ**ntihar; yani “bireyin bilerek ve isteyerek canına kıyması” çocuk ve ergenlik çağının da önemli halk sağlığı sorunlarından birisidir. Ülkelere göre değişmekle birlikte, intiharla ölümler 18 yaş öncesindeki ölüm nedenleri arasında ilk sıralarda yer almaktadır.

Shneidman (1986), bütün intiharların ortak nedeninin “ruh acısı” olduğunu belirtmiştir. Çocuk ve gençlerde de farklı nedenlerden kaynaklanan “ruh acısından” söz etmek mümkündür. Her yaşta olduğu gibi bu yaş grubunda da intihar, kendini sorunlu bir şekilde ifade etme ve çözüm arayışı yolu olarak kullanılmaktadır.

On sekiz yaş öncesindeki intihar sıklıklarına bakıldığında, ergenlikle birlikte sıklığın arttığı görülmektedir. Ergenlik öncesi dönemdeki çocukların intihar edip etmeyeceği ise bir tartışma konusudur. Ancak literatürde nadir de olsa çocukluk çağı intiharları ile ilgili yayınlara rastlanmaktadır. Bu tartışmayı yaratan en önemli etken, çocukların ölümü algılayış biçimleridir. Okul öncesi çocuklar ölümü geri dönüşü olan bir olay olarak algılayarak, okul çağında artık geri dönüşün olmayacağı kavranır. Ergenlikle birlikte ölümün evrensel olduğu bilinci yerleşir. Yapılan çalışmalar çocukların 8 yaş itibari ile intihar kavramını tam olarak anlayabilir hale geldiklerini, ancak tamamlanmış intiharların ergenlikle arttığını göstermektedir. Aynı zamanda ergenlik öncesi dönemdeki çocukların ruhsal bozukluklar, madde kötüye kullanımı gibi önemli risk etkenlerinden daha az etkilenmelerinin de intihar açısından koruyucu olduğu söylenmektedir. Bu bilgiden yola çıkarak okul çağı çocuklarının intiharın sonuçlarını kavrayabildikleri, ama çeşitli risk faktörlerinden uzak olmaları nedeniyle intiharların nadir görüldüğü söylenebilir.

## Çocuk ve ergenler neden intihar ederler?

Bu dönemde meydana gelen intiharların birden fazla nedeni aynı anda barındırabildiği bilinmektedir. İntihar girişimlerinde “dürtüsellik” bu çağın en dikkat çeken özelliklerinden biridir. Çoğu olguda anlık karar vererek girişim olduğu bilinmektedir. Akut olarak ortaya çıkan krizler bu dürtüsel girişimleri tetiklemektedir.

Çocukluk ve ergenlik çağında birçok risk etkeninden söz edilmektedir. Çocuğun taşıdığı ruhsal hastalıklar (duygudurum bozukluğu, davranım bozukluğu, öfke ve saldırganlık, kişilik ve kimlik sorunları gibi), yoğun olarak değersizlik ve umutsuzluk hisleri taşımak, daha önceki intihar girişimleri, akranları ve okulla ilgili sorunlar, ev içinde yaşadığı ihmal ve istismar, alkol-madde kötüye kullanımı,

“ Ülkelere göre değişmekle birlikte, intiharla ölümler 18 yaş öncesindeki ölüm nedenleri arasında ilk sıralarda yer almaktadır.

”

akran intiharları yazında sıkça karşımıza çıkmaktadır. Kız ve erkek cinsiyetler arasında da intihar girişimleri açısından farklar mevcuttur. Ölümle sonuçlanan girişimlerin erkeklerde daha sık olduğu bilinmektedir. Bu durum erkeklerin ateşli silahlar, yüksekten atlama gibi daha ölümcül yöntemleri tercih ediyor olmasından kaynaklanmaktadır. Genel olarak bakıldığında ise kızların daha fazla intihar girişiminde bulunduğu, ölümle sonuçlanma oranlarının ise erkeklere göre daha düşük olduğu görülmektedir. Ülkemizde de durum benzer şekildedir.

Aile ilgili risk etmenleri içinde ise; anne-baba kaybı, boşanma, eş sorunları, çok çocuklu ailede yaşamak, yetersiz anne-baba denetimi ve desteği, aile içinde şiddete maruz kalmak, düşük sosyoekonomik düzeye sahip olmak, işsizlik ve göç vardır. Ailede ruhsal hastalık ve akrabalarda intihar girişimi öyküsü güçlü bir ortaya çıkarıcı etkidir. Aile ortamının çocuk ve genç tarafından olumsuz algılanması ve düşük aile desteği de intihara zemin hazırlayabilmektedir.

Sosyal ve toplumsal düzeyde çocuk ve ergenlerin yaşadıkları baskı, talepleri yerine getirememesi, sosyal yalıtılmışlık ve yalnızlık hisleri, sosyal çevrenin yetersizliği ve destekleyici olmaması, yaşadıkları çevrede olumsuzluklarla karşı karşıya kalma (işsizlik, yoksulluk gibi) ve sınırlı toplumsal kaynaklar intihara sürükleyici etkenlerdir. Çocuk ve gençlerin içinde bulundukları çevrede yaşatılan ya da erişkinler tarafından zorbalığa maruz kalmaları da intihar nedenleri arasındadır. Kentsel bölgelerde yaşayan çocuk ve ergenlerde intihar girişimi sıklığının kırsala göre daha fazla olduğu bildirilmiştir. Bu durumun hastane başvuru kolaylığı yanı sıra kent yaşamının getirdiği sosyal zorlukların yoğunluğu ile de ilgili olabileceği söylenmiştir. Kültürel nedenlerle ortaya çıkan erken yaşta evlilikler gibi istismarlar, çocuk işçiliği, sokakta çalışma ve suça itilme gibi nedenler de dikkat çekici oranda intihar girişimlerini artırmaktadır.

Eğitim sistemi ve ailelerin yüksek akademik başarı beklentileri, sınav sistemleri ve çocuğun bu beklentileri karşılayamaması ya da karşılayamama endişesi de intihar girişimlerinin nedenleri arasında sayılabilir.

Birçok araştırma intiharda model almanın önemli bir yeri olduğunun altını çizmektedir. İntihar haberlerinin medyada yer alması ile intihar davranışlarında bir artış meydana geldiği görülmektedir. Bu bilgi uzun zamandır bilinen bir gerçektir. 1774'te yayımlanan, sevdiği kadın tarafından reddedilen bir gencin intiharını anlatan "Genç Werther'in Acıları" adlı Goethe'nin ünlü kitabının ardından gençler arasında artan intiharlar kendini göstermiştir. Bir dönem bu gerekçe ile Avrupa'da bu kitap yasaklanmıştı.

Günümüzde de hem görsel hem yazılı medyanın etkilerinin yanı sıra müzik yolu ile de intihar mesajlarının iletildiği bilinmektedir. Aynı zamanda internet yolu ile ortaya çıkan intiharlar dikkat çekici hale gelmiştir. Örneğin; intiharı teşvik eden söylemler içeren birden çok site olduğu gibi, "mavi balina" gibi tehdit ve meydan okuma unsuru üzerine kurulu olduğu söylenen internet oyunları da sıklıkla gündeme gelmektedir. Bu oyunlarda intihar davranışının psikolojik şantaj ve "öl nasıl olsa yeniden doğacaksın" gibi mesajlarla kolaylaştırıldığı söylenmektedir.

---

### Hangi yöntemleri kullanılır?

---

Bu yaş grubunda görülen intiharların akut ortaya çıkan krizlerle tetiklenmesi ve dürtüsel özellik taşıması nedeniyle, genellikle evde kolayca ulaşılabilen ilaçlar gibi maddeleri kullanarak intihar girişiminde bulunmak en sık görülen yöntemdir. Bunun dışında ateşli silah kullanmak, ası, zehirli maddeler, delici kesici aletler, araç kazaları, yanıcı patlayıcı maddeler gibi birçok yol kullanılabilir. Tercih edilen yöntemlerin çocuk ve gencin içinde bulunduğu ruhsal durum, toplumun özellikleri, kültürel özellikler ve medyanın etkisi gibi birçok faktörden etkilenerek değişime uğradığı bilinmektedir.

---

### Ne kadar sık ortaya çıkmaktadır?

---

Dünya Sağlık Örgütü, dünyada her yıl yüzbinlerce kişinin intihar sonucunda hayatını kaybettiğini bildirmiştir. Ülkemizde 15-19 yaş arasındaki gençlerde intihar sonucu ölüm oranının 100.000'de 6 olduğu bildirilmiştir (Turkstat 2010).

---

### İntihar düşünceleri ile ilgili ipuçları nelerdir?

---

Çocuk ve ergenlerin günlük yaşantılarındaki ve davranışlarındaki bazı değişiklikler, intihar düşüncesi ve planlarının öncüsü olabilir. Bu ipuçlarından herhangi biri fark edildiğinde çocuğun/gencin daha yakından izlenmesi uygun olacaktır. Bu ipuçları şöyle sıralanabilir:

Uyku ve yeme düzeninde değişiklikler  
Aile ve arkadaşlarla ilişkilerinde kopma  
Yoğun ve şiddetli bedensel yakınmalar (başağrısı gibi)  
Okul başarısında ani ve beklenmedik düşme  
Okula ilgisinin azalması ve okul reddi  
Günlük aktivitelere ilgisizlik  
Ölümle ilgili sıkça sorular sorma  
Kendisinin ölümü halinde neler olacağını sorgulama (Ölürsem beni özler misiniz?)  
Umutsuzluk duyguları  
Ölümle ilgili yazılar yazma ya da resmetme

Duygu durumunda belirgin değişiklik

### Çocuk ve ergenleri nasıl koruyalım?

Çocuk ve ergenlerde intihar girişimlerinin önlenmesinde, intihar düşüncelerinin erken dönemde fark edilmesinin yanı sıra, ortaya çıkarıcı risk etkenleri ile mücadele etmek çok önemlidir. Bu mücadele sadece bireysel düzeyde değil, çocuğun içinde bulunduğu aile, okul, akran grupları ve medya araçlarını kapsayacak şekilde toplumsal düzeyde bir değerlendirme ve müdahale/mücadeleyi gerektirir.

Aileler çocuk ve ergenlerde de intihar düşünce ve girişimlerinin nadir olmadığını hatırlamalıdır. Özellikle çocuğa ve aileye ait risk etkenlerinin bulunduğu hallerde anne babalar çocuklarını daha yakından takip etmeli, gerekli durumlarda profesyonel destek almalıdır. Çocuklarının değişen ihtiyaç ve sorunlarına duyarlı olmalıdırlar. Çocukların okul ve akran ilişkilerine ait güçlükleri takip etmeleri de koruyucu olacaktır. Aynı zamanda çocukları ile ilişkilerinde iyi bir dinleyici olmaya çalışmalıdırlar. Çocuklarını eleştirmeden ne söylediklerine odaklanmalı ve anlamaya çalışmalıdırlar.

Ebeveynlerin, çocuklarını medya, bilgisayar ve oyunların olumsuz etkilerinden korumak için öncelikle kendilerinin teknolojik araçları uygun kullanmaları önemlidir. Çocuklarıyla daha kaliteli zaman geçirmek için aktiviteler bulmaları, spor ve sanat gibi sosyal aktivitelere yöneltilmeleri uygun olacaktır. Bu aynı zamanda çocuk ve gençlerin kendilerini daha değerli hissetmeleri açısından da önemlidir. Ayrıca çocukların bilgisayar odalarında değil, ailenin olduğu ortamda kullanması, bilgisayar kullanmalarının denetlenmesi, hatta anne baba eşliğinde kullanılması, belirli bir zaman sınırının mutlaka getirilmesi, ödül olarak kullanılmaması önerilebilir. Benzer şekilde okullarda da risk değerlendirmesi mutlaka yapılmalıdır. Okul içinde intihara karşı mutlaka bir önleyici ve destekleyici plan oluşturulmalıdır. Okul ve öğretmenlerin çocukların hayatındaki iyileştirici etkisi her zaman akılda olmalıdır. Öğrencilerle genel olarak ve kriz durumlarında açık bir şekilde intihar üzerine konuşmak ve tartışmak, hem olası durumları erken tanımak, hem de önlemek için etkin bir yoldur.

Dünya Sağlık Örgütü, intihar davranışının olası sonuçlarını ortadan kaldırmaya yönelik olarak üç temel öneride bulunmuştur. Bunlar;

- İntihar araçlarına ulaşımı azaltmak (toksik maddeler, ilaçlar, pestisidler, ateşli silahlar gibi)
- Ortaya çıkarıcı ruhsal hastalıkları erken dönemde belirlemek ve tedavi etmek
- Medyanın intihar haberlerini sorumluluk bilinci ile sunmasıdır.

Günümüzde televizyon ve yazılı medya aracılığı ile sıkça duyduğumuz toplu intihar olgularında olduğu gibi kontrolsüz bilgi akışının en çok çocuk ve ergenler üzerindeki olumsuz etkilerinden söz etmek yanlış olmayacaktır. Model almanın en sık kullanıldığı yaş grubu olduğu düşünülürse, medyanın etkilerini anlamak daha da kolaylaşacaktır. Bu nedenle medya profesyonellerine tüm yaşlarda olduğu gibi bu yaş grubunda da intiharı önlemek adına önemli sorumluluklar düşmektedir.

Medya, toplumu intihar hakkında bilgilendirmek ve eğitmekle sorumludur. Bunu yaparken intiharı normalleştirici ya da sorun çözücü bir yöntem olarak sunmaktan kaçınılmalıdır. İntihar haberleri sunulurken kullanılan dil dikkatlice seçilmeli, özendirici olmaması adına azami gayret gösterilmelidir.

### Sonuç

Pek çok ülkede olduğu gibi bizim ülkemizde de intiharlar çocuk ve gençlerin ölümü ile sonuçlanabilmektedir. İntihar eğilimi olan çocuk ve gençlerin erken tanınması ve erken müdahale öncelikli konularımızdan birisidir. Bu noktada toplumun her düzeyinde risk azaltmaya yönelik çalışmalar, toplumsal duyarlılık ve ruh sağlığı politikalarındaki düzenlemeler bir gerekliliktir.

### Kaynaklar

- Aktepe E, Kandil S, Göker Z ve ark. İntihar girişiminde bulunan çocuk ve ergenlerde sosyodemografik ve psikiyatrik özelliklerin değerlendirilmesi. TAF Preventive Medicine Bulletin, 2006; 5(6), 444-453.
- Asarnow JR, Mehlum L. Practitioner Review: Treatment for suicidal and self-harming adolescents - advances in suicide prevention care. J Child Psychol Psychiatry. 2019 Oct;60(10):1046-1054.
- Carballo JJ, Llorente C, Kehrmann L. ve ark. Psychosocial risk factors for suicidality in children and adolescents. Eur Child Adolesc Psychiatry. 2019 Jan 25.
- Eskin M. İntihar, açıklama, değerlendirme, tedavi ve önleme. Türk Psikologlar Derneği Yayınları, 2014.
- Eremiş S, Tamar M ve ark. 5 Yaşında Bir Özkıyım Girişimi. Düşünen Adam; 1997, 10 (3): 47-51
- Jans T, Taneli Y, Warnke A. Suicide and Self-harming behaviour. IACAPAP Textbook of Child and Adolescent Mental Health, Section A, Mood disorders, chapter E.4, 2012.
- Hawton K, Hill NTM, Gould M, John A, Lascelles K, Robinson J. Clustering of suicides in children and adolescents. Lancet Child Adolesc Health. 2019 Oct 9. pii: S2352-4642(19)30335-9.
- Ünlü G, Aksoy Z, Ersen E. İntihar girişiminde bulunan çocuk ve ergenlerin değerlendirilmesi. Pam Med J 2014;7(3):176-183

# Dijital dünyada ebeveynlik\*

Uzm. Dr. Arzu Erkan YÜCE • Psikiyatrist-Psikoterapist - Bilişsel Davranışçı  
Psikoterapi Eğitmeni - İstanbul Kültür Ü. Öğretim Görevlisi

Teknolojiyi "dijital emzik" olarak kullanmaktan vazgeçmeli, çocuklarımıza kendi kendini yatıştırma ve duygularını düzenleme becerisi kazandırmalıyız. Aksi halde kaçınan, bağımlı bireyler yetiştiririz.



**İ**çinde yaşadığımız dijital çağda teknoloji kullanımı her yaştan birey için kaçınılmaz. Dijital alanlara her gün bir yenisi ekleniyor. Her yerde teknolojinin zararları ve çocukları teknolojiden "koruma"nın şifreleri anlatılıyor. Öte yandan okullarda akıllı tahtalar, internetten verilen ödevler; çağı yakalama çabaları; bu uyarı ve önerilerle epeyce çelişiyor. Ebeveyn, eğitimci ve sağlıkçılar bir hayli endişeli! Çocuğunuz "otizmlili olacak", "obez olacak", "hiperaktif olacak", "bağımlılığın kollarında"... gibi başlıklarla yapılan yayınlar, ailelerin teknolojiyi bilinçli kullanmak yerine tümünden yasaklamaları ya da kaçınmalarına neden oluyor. Bu mümkün olmadığı gibi, gerekli ve yararlı da değil. *Yasaklanan her şey kendi cazibesini doğurur. Bugünün çocuklarının dijital çağda en iyi şekilde gelişmeleri için hem analog, hem de dijital deneyimlere ihtiyaçları var.*

## Medya kaynaklı kışkırtıcı haberler karşısında ne yapmalı?

1. Kulaktan dolma "kopyala-yapıştır" paylaşım furyasına dikkat!
2. Haberlerin başlıklarına aldanmayın, söz edilen araştırmaları kendiniz de inceleyin.
3. Korku ve suçlulukla hareket etmeyin.
4. Çelişkili tavsiyeler arasında bocalamamak için bilimsel verilerden şaşmayın.
5. Bu konuda yazılmış uzman görüşlerini ve kitapları okuyun.
6. Bilgileri kendi koşullarınız, aile özellikleriniz ve değerlerinize göre uyarlayın, güncelleyin.

## Teknolojik çocukluklar

Kaiser Aile Vakfı'nın 2010, Common Sense Media'nın 2013'teki araştırmasına göre; 1970'lerde çocuklar 4 yaşında ekranlarla tanışırken, günümüzde 4 aylıkken tanışıyorlar. İlk 8 yaşta ekran karşısında 2 saat geçirilirken, 8-18 yaş arası günde 7.5-8 saati buluyor. Fermuar çekemez düğme ilikleyemezken akıllı telefonu gözü kapalı kullanan çocuklarımız; çorba karıştırmadan, vida sıkmadan, evde yaşına uygun sorumluluk almadan büyüyen(!), 24 saat çevrimiçi minik Youtuber'larımız var! Çocuklarımız büyük hızla gelişirken; fiziksel, sosyal ve zihinsel olarak geri kalma tehlikesi ile de karşı karşıyalar.

“ Bugünün çocuklarının dijital çağda en iyi şekilde gelişmeleri için hem analog, hem de dijital deneyimlere ihtiyaçları var. ”

## Yetişkinler ne yapmalı?

1. Dijital hayatı keşfetmeleri, sağlıklı ve ölçülü kullanabilmeleri için çocuklarımıza rehber olmalı
2. Sanal dünyada öğrendiklerini gerçek dünyada uygulamaya geçirmelerini desteklemeli, yardımcı olmalı
3. Güvenli internet kullanımı; sosyal medya adabı, akran zorbalığı, siber-zorbalık konularında eğitimlere katılmalı
4. Yeni araçlar geliştikçe ve çocuk büyüdükçe, bilgiler güncellenmeli



## Ekran karşısında geçirilen zaman hangi yaşta ne kadar olmalı? Kesin süreler var mı?

Sadece yaşlara bakarak ekran karşısında geçirilecek kesin süreler belirtmek gerçekçi değil. *Burada her bireyin ve durumun biricik olduğu gerçeği akıld tutularak, ilk 2 yaş ekranla hiç karşılaşılması, 2-5 yaş arası günde 1 saat, 5-12 yaş arası 1-2 saat geçirebileceği söylenebilir. Bu sürenin tamamı mutlaka ebeveyn ya da bir büyüğün eşliğinde olmalı ve izlenen görüntüler hakkında söyleşerek, çocukla etkileşerek zaman geçirilmeli.* 7 yaştan itibaren, TV de dâhil edilecekse günde 1-2 saat gibi rakamların gerçekçi olmadığını hepimiz biliyoruz. *O nedenle günlük saatlerden bahsetmekten çok; günü planlamaları, bilgisayar ya da telefon ile uzun zamanlar harcayacaklarsa bu süreyi hafta sonu ya da haftanın belli günlerinde blok olarak kullanmaları seçeneği değerlendirilebilir.*

## Tekno-ihmal nedir? Nasıl önleriz?

2013'teki bir araştırmaya göre telefonlarımızı günde yaklaşık 150 kere kontrol ediyoruz. Bu toplam 3 saat ediyor ve bunun 2 saati sosyal medyada geçiyor. Avusturalya'da 6000 çocuk üzerindeki bir araştırmada çocukların %32'sinin ebeveyninin onlarla teknolojik aletlerden daha az zaman geçirdiği bulunmuş. Çoğumuz bir dikkat dağınıklığı halindeyiz. Dijital çağın çocuklarımızı etkilemesinden endişe ederken, kendimiz üzerindeki etkilerini görmez-

den geliyoruz. Çocuklarımızı, yediğimizi içtiğimizi, yaptıklarımızı sosyal medyada sürekli paylaşıyor, anıları kaydetme ve paylaşma zorlantısı, gelişmeleri kaçırmama korkusu (FOMO) yaşıyor; kendimizi, çevremizi ve çocuklarımızı ihmal ediyor, anda kalma becerilerimizi yitiriyoruz.



Çocuklar kesintisiz dikkate ihtiyaç duyar. *Günün çeşitli zamanlarında teknoloji ile ilişkimizi kesmeli, çocuklarımızla anlamlı ilişkiler kurmalıyız. Ekranlar bizi gerçek ebeveynlik görevlerimizden koparmamalı! Nasıl örnek olduğumuz, sınır ve denge önemlidir. Farkındalık ve an'da kalma becerileri konusunda kendimizi geliştirmeli, çocuklarımıza da rol model olmalıyız. Yemek, oyun, yatak odasında teknoloji kullanımını sınırlamalı; telefona eve girmeden, çocuk yattığında, uyanmadan bakma alışkınları geliştirmeli; teknolojiyle geçireceğimiz zamanı belirlemeli, gerekirse alarmlar kurmalıyız.*

## Kendini yönetme becerisi konusunda kolay mı kaçıyoruz?

Amerikan Konuşma-Dil-İşitme Derneği'nin 2015'teki araştırmasında 8 yaş çocuğu olan ebeveynlerin yarısının çocuklarının öfke kontrol ve özdenetim ve davranış sorunlarını geçiştirmek için teknolojiye başvurduğu gösterilmiş. *Teknolojiyi "dijital emzik" olarak kullanmaktan vazgeçmeli, çocuklarımıza kendi kendini yatıştırma ve duygularını düzenleme becerisi kazandırmalıyız. Aksi halde kaçınan, bağımlı bireyler yetiştiririz.*

## Sosyal medya ve teknoloji sosyal becerilere zarar verebilir mi?

Sosyal medya ve oyunlar çocukların sosyalleşmesine kısmen olanak sağlasa da, çocuklar kişilerarası becerileri geliştirmek; duygu ve niyetleri okumayı öğrenebilmek için yüz yüze iletişim ve temas gereksinirler. Yüz yüze iletişimden uzaklaştıkça sosyal beceriler geriler, iletişim ve ilişki sorunları oluşur. *Ekran karşısında geçirdikleri zaman denetlendiğinde çocukların daha fazla sosyal ipucu yakalayabildikleri gösterilmiş.*

## Siber-zorbalık nedir? Nasıl mücadele edilir?

Siber-zorbalık internet üzerinden; görsel, sözlü şiddet içeriğine, rahatsız edici, tacizkâr ya da pornografik içeriklere maruz kalma; rahatsız edici mesajlar alma, alay konusu olma, gruplardan atılma... şeklinde olabilir. *8-17 yaş arası çocukların %20'si siber-zorbalığa maruz kalıyor.* Çocuklar genelde bu tür durumlarla nasıl baş edileceğini bilmez. *Tıpkı cinsel taciz ve istismarda olduğu gibi siber-zorbalık konusunda çocukların eğitilmesi gerekir.* Neyin siber-zorbalık olduğu; nasıl baş edecekleri, yüklerinden yardım almaları gerektiği öğretilmeli. *Çocuklar empati ve davranışlarının sonuçlarını öngörme konusunda daha yetersizdir, bir zorbaya dönüşmemeleri için paylaşacakları içerik ve durumlar konusunda bilinç kazandırılmalıdır.*

### Zorbalığa dur de

1. Dur! Zorbalık eden kişiye yanıt yazma
2. Engelle: Engelle ama kanıtları kaydet
3. Bildir: İnternet sitesi yöneticisine ya da bir büyüğüne bildir
4. Maruz kalanı destekle, aşırı tepki verme, suçlama
5. Yardım istediği için takdir et
6. Birlikte çözüm ara
7. Sağlıklı teknoloji kullanımı konusunda teşvik et yasaklama

### Şiddet içeriğine maruz kalmanın ne gibi sonuçları olur? Nasıl korunabiliriz?

Çocuklar Youtube'da bir çizgi film izlerken şiddet



içeren bir görüntüye 3 tık uzaktalar. Birlikte izleme ve model olma o açıdan gerekli. Şiddet içeren içeriğe maruz kalma, özellikle bilgisayar oyunları; çocukların şiddet gösteren davranışlar sergilemesine zemin hazırlar. Küçük çocukların haberleri izlememesi; büyük çocuklarla ise bazı haberlerin birlikte izlenerek, üzerinde konuşularak rehberlik edilmesi yararlıdır.

### Pornografik içerikten nasıl korunuruz?

Çocuklar pornografi ile 11'li yaşlarda tanışıyor. Bazı çocuk ürünleri çocuk karakterlerin cinselleştirildiği örüntüler içeriyor. Çocuklarda hızlı cinselleşme söz konusu. Sadece içeriğe maruz kalmıyor, kendilerinin videolarını çekip paylaşarak pornografi üretiyorlar. Bu konuda son derece uyanık olmalı, önlemler almalıyız.

### Uygunsuz içeriğe erişimi engellemek için

1. İnternete Family Zone gibi filtreler kullanın
2. Telefon, tablet ve bilgisayara ebeveyn denetimi ve filtreler kurun (Her bir kullanıcı için ayrı oturum açılabilir.)
3. Google'da güvenli arama seçeneğini açın (Otomatik olarak cinsel içerikleri engeller.)
4. Youtube kullanırken güvenlik modunu açın (Tam filtre sağlamasa da etkin!)
5. Çocuklar için olan internet tarayıcılarını kullanın (Zoodler, Kidz,...)
6. Youtube'da listeler oluşturun (Kids video, Kids Youtube play list,...)
7. İzledikleri gördükleri materyalle cinsellik hakkında açık, net, kapsayıcı ve destekleyici sohbetler edin
8. Salon, mutfak gibi kullanım alanları belirleyin bunun dışındaki alanlarda kullanım olmasın
9. Bu yöntemlerin hiçbiri %100 koruyucu değil ve ebeveyn gözetimi şart!

### Sosyal ağ kullanımı kaç yaşında başlamalı? Nelere dikkat etmeliyiz?

On yaşındaki çocukların yarısı bir sosyal ağ kullanıyor. Sosyal onay ve akranlarla bağ kurma ihtiyacı bu yaşlarda öne çıkıyor. Pek çok oyunun çevrimiçi sohbet özelliği var. Çocuklar teknolojiyi kullanmakta oldukça becerikli olsa da; siber görgü kuralları, etkileşim ve güvenlik becerileri konularında tedbirsizler. *8-12 yaş çocuklar bizim rehberliğimizde internet deneyimleri kazanabilirler.* Çocuklarımızın hangi bilgi ve içerikleri paylaşabileceği hakkında onları eğitmeliyiz. *Paylaştıklarımızın dijital ayak izlerimiz olduğu bilincini kazandırabilir, beraber paylaşımlar yaparak örnek olabiliriz.*

1. Teknolojiyi çocuklarla birlikte kullanın
2. Skype ya da interaktif kitap uygulamaları gibi uygulamalarla sizin de onayladığınız dost ya da akrabalarla bağlar kurmasını sağlayın
3. Kendi teknoloji alışkanlıklarınız konusunda dikkatli olun
4. Ebeveyn filtreleri kurun

### Uyku açısından nelere dikkat etmeliyiz?

Erişkinler gibi çocuklar da teknolojiyi aşırı kullanım nedeniyle kronik yorgunluk sendromu ve uykusuzluk yaşıyor. Gecede 1 saat az uyuyan bir ilkökul öğrencisinin bilişsel becerisi ve öğrenme kapasitesi 2 yaş geriye kayabiliyor. Sağlıklı ve sürdürülebilir uyku alışkanlık ve becerileri için: *Uykudan önce gevşemeye ve sakinleşmeye geçilmelidir. Yatak odalarımızda teknolojik cihazlar bulunmamalı, TV ya da telefonla uyumamalı, ekran parlaklığını düşüren mavi ışık filtreleri kullanılmalı; uyku saatinden 90 dakika önce ekranlardan uzaklaşmış olmalıyız.*

### Uyku için öneriler

1. Yatmadan önce ekran karşısında geçirilen süreyi yavaş yavaş azaltın
2. Uykudan önce tempolu etkinliklerden uzak durun
3. Ekran alternatif; yavaşlatıcı uyku rutinleri bulun (kitap okuma, yoga, meditasyon, masaj)
4. "Teknolojiye paydos" saatleri belirleyin
5. Dijital cihazlar için yatak odası dışında şarj istasyonları belirleyin ve sabaha kadar orada bırakın
6. Sağlıklı uyku alışkanlıkları konusunda örnek olun!

### Oyun ve aktivite zamanı konularında nelere dikkat etmeliyiz?

Her yaştaki çocuğun oyun hakkı vardır. *Planlı oyunlar dışında plansız oyun saatleri, boş vakitler, yaratıcı sıkılmalar da gereklidir.* Doğa ile iç içe olma en önemli ihtiyaçlardan biridir. *Çocuklar bir saat fiziksel olarak aktif oyunlar oynamalıdır. Ekran karşısında yeme alışkanlıklarına dikkat etmelidir.* Dijital oyunlar tamamen zararlı değildir; yararlı ve geliştirici olabilirler. Çeşitli uygulamaları araştırarak çocukların kullanımına sunabiliriz. Common Sense Media, Children's Technology Review, Kapi Awards gibi sitelerden bu konuda bilgiler alabiliriz.

Yine teknolojiyi kullanarak dijital olmayan oyunu Skype ya da Whatsapp görüntülü arama üzerinden arkadaşlarıyla oynayabilmeleri, birebir sosyal etki-leşim sağlayacaktır.

### Bilgi oburluğu, bilişsel tembelliğe mi yol açıyor? Bilişsel kapasitemizi nasıl güçlendiririz?

30 yıl öncesine göre en az 5 kat fazla bilgi tüketiyoruz. Erişim kolaylaştıkça değeri azalıyor. Belleği kullanmak, notlar almak yerine Google'a navigasyon uygulamalarına ve ekran görüntülerine başvuruyoruz. Beynimizin yapması gereken görevleri cihazlara devrediyoruz.



### Öneriler

1. Çocukların izledikleri/oyunları hakkında konuşmak (Ne anladılar, akıllarında ne kaldı?)
2. Basılı kitaplar da okumak
3. Filmleri cep telefonundan değil ailece izlemek
4. Hafıza oyunları, sanal olmayan hikâye anlatımlı, soru cevaplı oyunlar oynamak
5. Google'dan aramak yerine sözlük ya da ansiklopedilerden araştırma yapmak

### Dijital bağımlılık

Ruhsal Bozuklukların Tanısal ve Sayımsal El Kitabı-5 (DSM-5) kitabının ekinde bulunan *İnternette Oyun Oynama Bozukluğu (İOOB)* önerilen tanı kriterleri:

1. İnternet oyunları üzerine aşırı kafa yorma,
2. Oyun oynamadığında yoksunluk belirtilerinin görülmesi,
3. İstediği heyecanı duymak için giderek artan süreyle oyun oynama gereksinimi,
4. Birçok kez başarısızlıkla sonuçlanan oyun oynamayı denetim altına alma, azaltma ya da

*bırakma çabası,*

*5. İnternet oyunları dışında hobi ve eğlenceye ilginin azalması,*

*6. Psikososyal problemleri olduğunu bilmesine rağmen, aşırı miktarda devam eden oyun oynama davranışı,*

*7. Ne kadar oyun oynadığını gizlemek için aile üyelerine, terapistine ya da başkalarına yalan söyleme,*

*8. Sorunlarından kaçmak ya da olumsuz duygu durumdan kurtulmak için oyun oynama,*

*9. İnternet oyunlarına katılımdan dolayı önemli ilişki, okul, iş, eğitim ya da kariyer fırsatlarının kaybı*

Son bir yıl içerisinde beş ve daha fazla kriterin gözlenmesi, internette oyun oynama bozukluğuna işaret etmektedir. Endişeleniyorsanız bir haftalık teknoloji kullanım günlüğü ve saati tutabilir, bu konuda çalışan bir ruh sağlığı uzmanına danışabilirsiniz.

#### Sağlıklı dijital alışkanlıklar kazanın

1. Doğa zamanları (park, piknik, gezi) planlayın
2. Etkinlikler arasında dinlenme molaları verin
3. Film izlerken telefona bakmayın, mesajlara bakarken sosyal medyaya girmeyin. Her seferinde tek bir iş için süre belirleyin onu yapın çıkın
4. Bildirim uyarılarını kapayın
5. Belli internet sitelerine belli zamanlarda girilmemesini sağlayan kısıtlayıcı uygulamalar kullanın
6. Cihazlar uçuş modunda kalsın, modemler kullanılmadıkça kapalı olsun.
7. Evinizde teknolojisiz alanlar belirleyin
8. Stresi azaltın, meditasyon ve farkındalık becerilerini öğrenin, öğretin



#### Çocuğunuzla kriz yönetimi için ipuçları

1. Kurallarınız net olsun, tutarlı davranın, kendinizle çelişmeyin, taviz vermeyin
2. Teknoloji ve sosyal medya görgüsü kazandırın (Uçuş moduna nasıl alınır, neler paylaşılır, neler kabaca ve zorbalıktır?...)
3. Medya planı yapın: Ne kadar? Nerede? Ne zaman? Hangi teknoloji? Hangi içerik? Kiminle? ölçütlerini belirleyin
4. Değişimi aşama aşama uygulayın, radikal hamleler işleri zorlaştırabilir
5. Dakika sınırlaması değil bölüm ya da oyun level'ına göre belirleyin
6. Zamanlayıcı kullanın, cihazları ellerinden almayın, siz kapatmayın kendileri kapatsınlar
7. B planınız olsun, cihazı kapatınca yapılabilecek etkinlikleri önceden bir listeye yazmak yararlı olabilir (Bir miktar sıkıntı gösterse de sakinleşecektir.)
8. Sağlıklı dinlenme göz ve duruş alışkanlıkları kazandırın. Gözlerini sık kırıştırıp molalar vermesini, ekran parlaklığı ve ışık yansımalarını ayarlamasını, işitme yüksekliğini ayarlamasını, sokakta yürürken kulaklık takmamasını, 20 dakika çalışıp 20 saniye mola vermesini, uzaklara bakarak hareket etmesini; ergonomik duruş, göz hizası beden duruşunu ayarlamasını, uygun Mouse, "ergobreaks" hatırlatıcılar kullanmasını öğretin, örnek olun, hatırlatın
9. Öfke nöbeti olursa bir sonraki gün de aynı şeyin yaşanabileceğini ve yeniden izin vermek konusunda çekincenizi belirtin. Davranışlarının sonucu olacağını hissetmesini sağlayın. Bunu tehdit ya da şantaj gibi yapmayın.
10. Yargılamadan ve suçlamadan dinleyin, seçenekler sunun
11. Duygularınızı ve endişelerinizi makul bir şekilde paylaşın
12. Sakin zamanlarda böyle durumlar için neyin yararı olacağını birlikte konuşun ve plan yapın
13. Paylaştıklarınızın çocukların karşısına çıkabileceğini, arkadaşları ya da kötü niyetli kimseler tarafından kullanılabilceğini anımsayın
14. Paylaşımlar yaparken iznini/fıkrını alın, fikir verin.
15. Ekranları bir ödül ceza yöntemi olarak kullanmaktan vazgeçin

\*Bu yazı daha önce Terakki Vakfı Okulları Yayınları Gelişim Dergisi'nde yayımlanmıştır.

#### Okuma önerileri ve kaynaklar

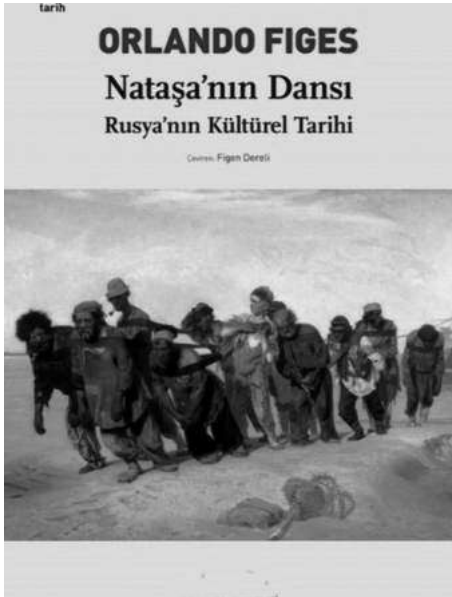
1. Dijital Dünyada Çocuk Büyütmek, Kristy Goodwin, Aganta Kitap
2. Çocuğum Bağımlı Olmasın, Mehmet Ak, Şahin Kesici, Nobel Akademik Yayıncılık
3. Kapat, Psk. Dr. Mehmet Şakiroğlu, Dr. Cansel Poyraz Akyol, Hayykitap
4. Amerikan Psikiyatri Birliği (APA). Ruhsal Bozuklukların Tanısal ve Sayımsal Elkitabı, Beşinci Baskı (DSM-5), Tanı Ölçütleri Başvuru Elkitabı (E Köroğlu Çev.). Ankara: Hekimler Yayın Birliği; 2013.

## PARANTEZ

# Nataşa'nın Dansı bize ne anlatıyor?

Prof. Dr. Remzi DEMİR • Ankara Üniversitesi DTCF Bilim Tarihi ABD Öğretim Üyesi

Türk-Rus kültürel münasebetlerinin araştırılması, bu müşterek köklerin aydınlatılması ve modernleşme tarzlarının anlaşılması bakımından çok yararlı olacaktır.



Rus ve Osmanlı medeniyetleri, malum olduğu üzere Batı ile sınırdış ama Doğulu iki medeniyettir. Müşterek kökleri mevcuttur. Tarihin bir anında ikisi de Batılılaşma kararı almış ve uygulamıştır. Öyle anlaşıyor ki, bazı yönlerden Türk Modernleşmesi, diğer bazı açılardan ise Rus Modernleşmesi diğerine üstünlük sağlamış ve şu andaki güncel tablo ortaya çıkmıştır.

Londra Üniversitesi'nde tarih profesörü olan Orlando Figes'in yazdığı *Nataşa'nın Dansı, Rusya'nın Kültürel Tarihi* (İngilizceden Çeviren: Figen Dereli, İstanbul 2009) adlı muhteşem çalışma, Rus Modernleşmesini tanımamızı ve Türk Modernleşmesi ile karşılaştırmamızı sağlayacak önemli bulgular içeriyor.

Kitap sekiz bölümden oluşuyor: Avrupalı Rusya; 1812 Çocukları; Moskova! Moskova!; Köylü Evliliği; Rus Ruhunu Arayış; Cengiz Han'ın Vârisleri; Sovyet Merceğinde Rusya; Yurtdışındaki Rusya. Bizi asıl ilgilendiren ise "Cengiz Han'ın Vârisleri" başlığını taşıyan Altıncı Bölüm. Çünkü burada Rusların, Asya Kavimleri ve özellikle de Türk kültürü ile münasebetlerine ilişkin çarpıcı örnekler verilmiş.

Meselâ ilginç bir paragrafta şunlar söyleniyor:

"Pek çok Rus ailesi Moğol kökenliydi. 'Rus'u biraz kazı altından Tatar çıkar' demişti Napolyon bir zamanlar. Rus ailelerinin -süvari kılıcı, ok, yarım ve sekiz köşeli yıldız gibi Müslüman motiflerin bolca olduğu- hanedanlık armaları Moğol mirasına tanıklık etmektedir. Moğol soyundan gelen dört ana grup vardı.

Birincisi on üçüncü yüzyılda Cengiz Han'ın ordularıyla giren ve on beşinci yüzyılda 'Altın Orda'nın dağılmasından sonra Rusya'ya yerleşen Türkçe konuşan göçebelerin soyundan gelenlerdi. Volga kıyısındaki Moğol ordusu, çadırdan karargâhı pırıl pırıl parladığı için Ruslar tarafından 'Altın Orda' olarak adlandırılmıştı. Bunların arasında Rus tarihinin en önemli isimlerinden bazıları bulunmaktaydı: Karamzin, Turgenyev, Bulgakov ve Ahmatova gibi yazarlar; Chaadaev, Kireevski, Berdiaev gibi filozoflar; Godunov, Bukharin, Tukhachevski gibi devlet adamları ve Rimski-Korsakov gibi bes-teciler.

İkincisi batıdan Rusya'ya gelen Türk kökenli ailelerdi: İtalya'dan gelen Tiutchev ve Chicherinler ya da on sekizinci yüzyılda

“ Bu muhteşem çalışma, Rus Modernleşmesini tanımamızı ve Türk Modernleşmesi ile karşılaştırmamızı sağlayacak önemli bulgular içeriyor.

”



Polonya'dan gelen Rahmaninovlar. Kutuzovlar bile Tatar kökenliydi (qutuz, "kudurmuş" veya "kuduruk" anlamına gelen Türkçe bir kelimedir). Büyük General Mikhail Kutuzov'un, tamamen Rus hamurundan çıkan bir kahraman olarak statüsü düşünüldüğünde ironik bir durumdur bu.

Slav ve Tatar karışımı atalara sahip aileler üçüncü kategoriyi oluşturmaktadır. Bunların arasında Rusya'nın en büyük hanedanları bulunmaktadır - Şeremetevlar, Stroganovlar ve Rostopchinler -; daha alt seviyede olanlar da çoktur. Örneğin Gogol'un ailesi Polonya ve Ukrayna karışımı bir soydandı ama soyadlarını Çuvaş gogtil kelimesinden alan -bir tür step kuşu- Türk Gogellerle ortak ataları vardı (Gogol kuş benzeri yüz hatları, özellikle gaga gibi burnuyla ünlüydü).

Son grupta ise soyadlarını kulağa daha Türkçe gelmesi için değiştiren grup vardı; ya evlenerek Tatar bir aileye girmişlerdi ya da doğuda toprak almış ve yerli kavimlerle daha yumuşak ilişkiler kurmak istemişlerdi. Örneğin Rus Veliaminovlar, Orenburg yakınındaki Başkir kavminden muazzam büyüklükte step arazisi almayı kolaylaştırmak için soyadlarını Türkçe Aksak ("topal" anlamına gelen aqsak) olarak değiştirmişlerdi, böylece Slavların en büyük ailesi Aksakovlar kurulmuştu."

Peki, Rus olarak bilinen bu şahıslar gerçekte kimlerdi?

Rus kültüründeki, yani edebiyatındaki, felsefesindeki, bilimindeki, ideolojisindeki, musikisindeki yerleri neydi?

Uğraş alanlarına kendi kültürlerinden neler katmışlardı?

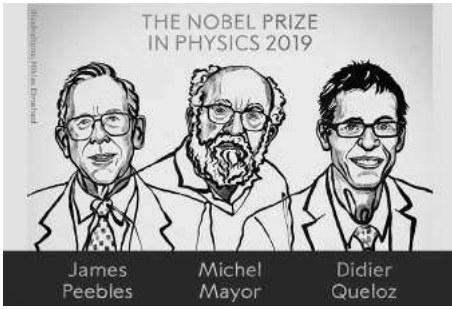
Bu yapıttan da çok iyi anlaşılıyor ki, Türk-Rus kültürel münasebetlerinin araştırılması, bu müşterek köklerin aydınlatılması ve modernleşme tarzlarının anlaşılması bakımından çok yararlı olacaktır.

## YERDEN GÖĞE

# 2019 Nobel Fizik Ödülleri: Astronomi ve kozmolojide çığır açanlar

Prof. Dr. Sıtkı Çağdaş İNAM • Başkent Üniversitesi Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü Öğr. Üyesi

2019 yılının Nobel Fizik Ödülü'nün yarısını modern kozmolojinin temellerini atan bilim insanlarından biri olan James Peebles alırken, ödülün diğer yarısı Güneş Sistemi dışında ilk gezegeni keşfeden Michel Mayor ve Didier Queloz tarafından paylaşıldı.



**20**19 yılının Nobel Fizik Ödülü ile ilgili açıklama 8 Ekim 2019'da yapıldı. [1] Açıklamada ödülün "Evrenin evrimini ve Evrende Dünya'nın yerini anlamaya yapılan katkılar için verildiği" belirtildi. Ödülün bir yarısı kozmolojiye yaptığı katkılardan dolayı James Peebles'a verilirken, diğer yarısı ise Güneş tipi bir yıldızın çevresindeki ilk gezegeni keşfetmelerinden ötürü Michel Mayor ve Didier Queloz'a paylaştırıldı.

Ödülün yarısına tek başına layık görülen James Peebles, 1935 yılında Kanada'da doğdu. Lisans eğitimini 1958'de Manitoba Üniversitesi'nde tamamlayan Peebles, doktora derecesini 1962 yılında aldı. O zamanlardan bu yana Princeton Üniversitesi'yle bağlı devam eden James Peebles, 1972 yılında tam profesör ve 2000 yılında da emeritus profesör oldu.

James Peebles, 1964'ten bu yana Evrenin kökenini ve evrimini anlamada büyük katkılar sağlayan bilimsel çalışmaların içinde yer aldı: Peebles, büyük patlama kuramının gelişmesine önemli katkılarda bulundu. Evrende -nereye bakarsak bakalım- her doğrultudan bize ulaşan kozmik mikrodalga arka plan ışımasının bu kuram ışığında açıklanabileceğini ve bu ışımanın Evrenin ilk dönemlerinden kalan bir imza olduğunu ortaya koyan çalışmanın içinde yer aldı. [2]

Peebles, özellikle 1970'lerin başlarından itibaren, Büyük Patlama nükleosentezi, karanlık madde ve karanlık enerji konularıyla ilgili yaptığı önemli bilimsel katkılarla öne çıktı. Bu çalışmaları aynı zamanda Evrende gökadalara ve gökada kümelerinin nasıl dağıldığı, daha doğru anlatımla Evrenin en büyük ölçeklerde nasıl bir yapıya sahip olduğuna dair anlayışımızın gelişmesine katkıda bulunan çalışmalarıdır. Peebles ve çalışma arkadaşlarının çalışmalarıyla; büyük patlama sonrasında ilk yıldızların ve gökadalara meydana gelişi, gökadalara açısal momentumlarının kökeni ve yapısı ile Evrenin günümüzde artan ivmeyle nasıl genişlemekte olduğunu açıklayabilmesi mümkün oldu.

Peebles'ın içinde bulunduğu ve çoğu zaman da fitilini ateşlediği çalışmalar sayesinde, günümüzde Evreni Dünya'mızda ve yakın uzayda keşfettiğimiz yasaları kullanarak anlamaya ve çalışmaya cesaret edebiliyoruz. Peebles sadece ortaya pek çok bilimsel bulgu koyan bir bilim insanı değildir, aynı zamanda Evrene bakışımıza dair pa-

“Açıklamada ödülün “Evrenin evrimini ve Evrende Dünya'nın yerini anlamaya yapılan katkılar için verildiği” belirtildi.

”

radigmayı ortaya koymasıyla bilim dünyasında çığır açan bilim insanlarından biridir.

Peebles'ın fizik yasalarını kullanarak Evreni en geniş ölçeklerde inceleyerek Evrenin yapısını ve evrimini anlamayı hedefleyen "fiziksel kozmoloji" alanının kurucularından biri olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz. Bu alanda yaptığı çok sayıda hakemli dergi yayınının yanında yazarı olduğu Principles of Physical Cosmology (Fiziksel Kozmolojinin İlkeleri) ve Physical Cosmology (Fiziksel Kozmoloji) kitaplarıyla da kozmolojinin bilim camiasında anlaşılmasına önemli katkılarda bulunmuştur. [3,4]



Didier Queloz - Michel Mayor - James Peebles

2019 yılı Nobel Fizik Ödülü'nün 1/4'ünü kazanan Michel Mayor, 1942 yılında İsviçre'de doğdu. Mayor, 1965 yılında Cenevre Üniversitesi'nde yüksek lisans derecesini aldı, 1971 yılında da Cenevre Üniversitesi'nde doktorasını tamamladı. Emekli olduğu 2007 yılına kadar Cenevre Üniversitesi'nde (özellikle de Cenevre Gözlemevi'nde) çalışmalarını sürdüren Michel Mayor, emeritus profesör olarak halen üniversitesine ve bilim camiasına katkıda bulunmaya devam etmektedir.

Nobel Fizik Ödülü'nün diğer 1/4'ünü kazanan Didier Queloz da meslektaşı Michel Mayor gibi İsviçre doğumludur. 1966'da doğan Queloz, 1990 ve 1992 yıllarında Cenevre Üniversitesi'nde Yüksek Lisans ve İleri Çalışmalar Yüksek Lisans derecelerini almış, 1995 yılında ise doktorayı Michel Mayor'un tez danışmanlığında tamamlamıştır. Zaman zaman Cambridge Üniversitesi ve Massachusetts Institute of Technology (MIT) gibi prestijli kurumlarda bulunan Queloz, Cenevre Üniversitesi'ndeki çalışmalarını sürdürmektedir.

Didier Queloz ve Michel Mayor'un Nobel Fizik Ödülü'nü almalarının gerekçesi, 1995 yılında bizden yaklaşık 50 ışık yılı mesafede bulunan 51 Pegasi isimli yıldızın etrafında bir ötegezegen (ötegezegen Güneş Sistemi dışındaki gezegen anlamına gelmektedir) keşfetmiş olmalarıdır. [5]

Güneş gibi G tipi bir anakol yıldız olan 51 Pegasi'nin etrafında keşfedilen ve 51 Pegasi B olarak adlandırılan ötegezegen, Jüpiter'e yakın bir kütleye sahip ama yıldızından sadece 8 milyon km mesafede "sıcak Jüpiter" olarak adlandırılan ötegezegen sınıfının ilk keşfedilen üyesiydi. Bu keşfin yapılabilmesi için 51 Pegasi yıldızının radyal hızında 51 Pegasi B'den kaynaklanan ufak değişimin tespit edilmesi gerekmişti. Bu radyal hız değişiminin tespiti ise 51

Pegasi'nin tayfında yer alan çizgilerdeki ufak kaymalar ölçülerek gerçekleştirildi.

51 Pegasi B, sadece keşfedilen ilk sıcak Jüpiter olması ile değil, aynı zamanda hem Güneş'e benzeyen bir yıldızın etrafında keşfedilen ilk ötegezegen olması hem de özeğinde (çekirdeğinde) hidrojeni helyuma çevirerek dengede kalan gözlediğimiz yıldızların büyük çoğunluğunu oluşturan bir anakol yıldızın çevresinde keşfedilen ilk ötegezegen olması ile de dikkat çekmekteydi.

51 Pegasi B, ilk keşfedilen ötegezegen değildi: Keşfedilen ilk ötegezegen 1992 yılında bizden yaklaşık 2300 ışık yılı mesafedeki bir nötron yıldızının etrafında dönmekteydi. [6] Ancak 51 Pegasi B, bir anakol yıldızın etrafında keşfedilen ilk ötegezegeni, üstelik de bu anakol yıldız Güneş'e çok benzeyen bir yıldızdı. Bu durum, çok heyecan vericiydi: Güneş Sistemi gibi daha pek çok gezegen sisteminin var olabileceğine dair ilk gözlemsel bulgu Pegasi 51 B'nin keşfedilmiş olmasıydı!

Didier Queloz ve Michel Mayor'un 51 Pegasi B'yi keşfetmiş olmaları, bilim camiasının ötegezegenlere ilgisini arttırmış, böylece hem Kepler Uzay Teleskopu, CoRoT ve TESS gibi ötegezegen keşiflerinin hızlanmasını sağlayan araçların bilim dünyasının hizmetine sokulması mümkün olmuş hem de konuyla ilgili bilimsel tekniklerde ilerlemeler kaydedilebilmiştir. Bu gelişmeler sayesinde, günümüzde ötegezegenler astronomi ve astrofiziğin en çok çalışılan konuları arasına girmiştir.

1995 yılından sonra gerek radyal hız değişimlerinin tayini gerekse ötegezegenin yıldızının önünden geçerken yıldızın ışığını kısmen bloke etmesinin ölçülmesi gibi başka yöntemler kullanılarak binlerce ötegezegen keşfedilmiştir. Bugün itibarıyla 4 binin üzerinde ötegezegenin varlığı bilinmektedir. [7] Hiç şüphesiz ötegezegen alanının öncülerinden olan Didier Queloz ve Michel Mayor'un fitili ateşlemiş olması bu keşiflere giden yolu açmıştır.

## Kaynaklar

- [1] <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2019/prize-announcement/>
- [2] Dicke, R.H. vd. 1965, "Cosmic Black-Body Radiation", the Astrophysical Journal, 142, 414.
- [3] Peebles P.J.E. vd. 1993. "Principles of Physical Cosmology", Princeton University Press.
- [4] Peebles P.J.E. vd. 2015. "Physical Cosmology (Princeton Series in Physics Book 1790)", Princeton University Press
- [5] Mayor M., Queloz D. 1995. "A Jupiter-mass companion to a solar-type star", Nature, 378, 355.
- [6] <http://www.astronomy.com/news/2019/10/how-the-first-exoplanets-were-discovered>
- [7] [https://www.wikiwand.com/en/Lists\\_of\\_exoplanets](https://www.wikiwand.com/en/Lists_of_exoplanets)

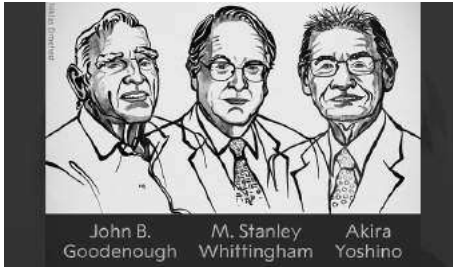
# Nobel 2019 Kimya Ödülü

## Bilgi teknolojileri devriminin arkasındaki gizli kahramanlar:

# Li-iyon pilleri

Dr. Kevser KUŞAT OĞ. • Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu, Ankara  
Prof. Dr. Sinan AKGÖL • Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyokimya Bölümü, İzmir

Ödül sahipleri, Lityum-iyon pilin geliştirilmesi konusunda yaptıkları çalışmalardan dolayı bu ödülü kazandılar. Yıllardır üzerinde çalıştıkları Lityum-iyon pili, küçük, şarj edilebilir ve oldukça güçlü. Bu pil günümüzde dizüstü bilgisayarlar, küçük elektronik aletler, cep telefonları vb her şeyde kullanılıyor...



2019'daki Nobel Kimya Ödülü, John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham ve Akira Yoshino'ya Lityum-iyon pilin gelişimine katkılarından dolayı verildi. Bu şarj edilebilir pil, cep telefonları ve dizüstü bilgisayarlar gibi kablosuz elektroniklerin temelini attı. Aynı zamanda bu piller fosilsiz bir dünyayı mümkün kılar; çünkü elektrikli otomobillere güç vermekten, yenilenebilir kaynaklardan enerji depolamaya kadar her şey için kullanılırlar. Bir element nadiren bir dramada merkezi bir rol oynar, ancak 2019'un Kimya Nobel Ödülü'nün hikâyesinde bu element açık bir kahramandır: Büyük Patlama'nın ilk dakikalarında oluşan eski bir element Lityum. İnsanlık onun, 1817'de İsveçli kimyagerler Johan August Arfwedson ve Jöns Jacob Berzelius'un Stockholm takımadalarında Utö Mine'den bir mineral örneğinden saflaştırdığı zaman farkına vardı. Berzelius, Yunanca taş kelimesi Lithos'un adını yeni eleman olarak adlandırdı. Ağır ismine rağmen, neredeyse en hafif ve sağlam bir elementtir Lityum, bu yüzden şu anda taşıdığımız cep telefonlarını neredeyse hiç fark etmiyoruz.

**B**ilindiği gibi Nobel ödülü dünyanın en önemli ödüllerinden biridir. Nobel ödülü, farklı alanlarda inanılmaz çalışmalar gerçekleştiren insanlığın yararına yeni buluşlar gerçekleştirmiş kişi veya kuruluşlara verilen bir ödül. İlk kez 1901 yılında verilen bu ödülün isim babası Alfred Nobel. Nobel hayattayken parasının büyük bir kısmının "bir önceki yıl, insanoğluna en büyük faydayı sağlayanlara ödül olarak" verilmesini istedi. Nobel'in 1895'teki ölümünden sonra bu vasiyet üzerine Nobel ödülleri verilmesi kararlaştırıldı. 1901 ve 2019 yılları arasında 900'den fazla kişi için 596 ödül verildi. Nobel ödülü; Fizik, Kimya, Edebiyat, Barış ve Ekonomi Bilimleri olmak üzere beş farklı kategoride dağıtılıyor. Dünyanın en prestijli bilim ödülü olan Nobel ödülünü kazananlar aynı zamanda, dokuz milyon İsveç kronu (yaklaşık 730.000 £), diploma ve bir maddesinin de sahibi oluyolar.

“ Bu şarj edilebilir pil, cep telefonları ve dizüstü bilgisayarlar gibi kablosuz elektroniklerin temelini attı. ”

Şimdi dilerseniz biraz Nobel Kimya Ödüllerinin yakın tarihini inceleyelim. 2015-2019 yılları arasında Kimya alanında 15 kişi ödüle layık görülmüş. Nobel ödülünü kazanan sekiz bilim insanı, ödülü aldığı sırada bir Amerikan üniversitesinde çalışıyordu. Bunlardan beşi doktora eğitimlerini Amerika'da tamamlamışlardı. 2019 Nobel Kimya Ödülünü kazanan üç bilim insanının ikisi de şu an Amerikan üniversitelerinde (Texas Üniversitesi'nden John Goodenough ve New York Eyalet Üniversitesinden M. Stanley Whittingham)

çalışıyorlar. Goodenough, 97 yaşında, Chicago Üniversitesi-ABD'den, Whittingham ise Oxford'dan-İngiltere doktorasını aldı. 2019 Nobel Kimya Ödülü'nün diğer kazananı olan Akira Yoshino ise doktorasını Osaka Üniversitesi-Japonya'da tamamladı. Yoshino kariyerini hep özel sektörde sürdürdü.

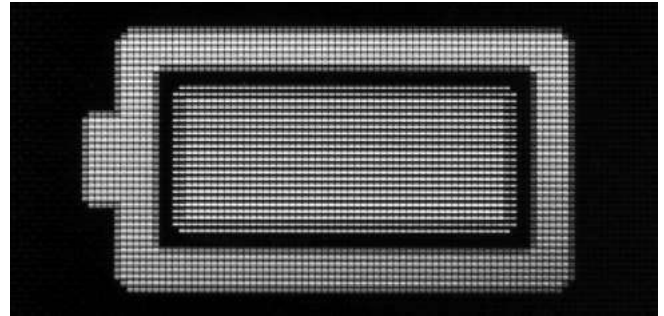


Ödül sahipleri, Lityum-iyon pilin geliştirilmesi konusunda yaptıkları çalışmalardan dolayı bu ödülü kazandılar. Yıllardır üzerinde çalıştıkları Lityum-iyon pili, küçük, şarj edilebilir ve oldukça güçlü. Bu pil günümüzde dizüstü bilgisayarlar, küçük elektronik aletler, cep telefonları vb her şeyde kullanılıyor... Lityum iyon pilleri diğer şarj edilebilir alternatifler ile karşılaştırıldığında, daha fazla enerji depolarlar, daha hızlı bir şekilde depoladığı enerjiyi serbest bırakırlar. Sağladıkları bu avantajlarla günlük yaşamımıza giren Li-iyon pilleri, hepimizin fark ettiği gibi, çalışma ve yaşam şeklimizi değiştirdi. Hemen hemen tüm cep telefonları ve kablosuz el cihazları bu pilleri kullandılar ve bu piller, uzun bir süredir yaşamakta olduğumuz bilgi teknolojisi devriminin arkasındaki duyulmamış kahramanları olmuşlardır. Üstelik bu piller aynı zamanda, güneş ve rüzgâr enerjisinden önemli miktarda enerji depolama yetenekleri sayesinde fosil yakıtsız temiz bir dünya hayal etmemizi de sağlıyor.

Doğru olmak gerekirse, yukarıdaki girişte sözü edilen İsveçli kimyagerler aslında saf metalik Lityumu değil, tuz şeklinde Lityum iyonları buldular. Lityum yağda depolanması gereken kararsız bir elementtir, böylece hava ile reaksiyona girmez. Lityum'un zayıflığı -reaktivitesi- aynı zamanda onun gücüdür. 1970'lerin başında, Stanley Whittingham, ilk fonksiyonel Lityum pilini geliştirdiğinde atomik yapısında en dış yörüngedeki elektronunu serbest bırakmak için bir dizi yöntem kullandı. 1980'de John Goodenough, pilin potansiyelini iki katına çıkardı ve çok daha güçlü ve kullanışlı bir pil için doğru koşulları yarattı. 1985 yılında, Akira Yoshino, pili saf Lityumdan arındırmayı, tamamen saf Lityumdan daha güvenli olan Lityum iyonlarını temel almayı başardı. Bu pili pratikte uygulanabilir hale getirdi. Lityum-iyon piller, dizüstü bilgisayarların, cep telefonlarının, elektrikli araçların, güneş ve rüzgâr enerjisinin ürettiği enerjinin depolanmasını sağladıklarından insanlığa büyük yarar sağladı. Şimdi, elli yıl geriye, Lityum iyon pilin yüksek şarjlı hikâyesinin başlangıcına adım atacağız.

Lityum-iyon pilin temeli 1970'lerde petrol krizi sı-

rasında atıldı. 1970'lerde bir petrol şirketinin ilk gerçek Lityum-iyon pilinin gelişimini finanse ettiğini bilmek, o yıllar için size sürpriz gelebilir, ancak enerji krizi yaşanan o yıllarda gerçekleşen tam olarak bu. Otomobil üreticilerinin elektrikli otomobiller üretmeye zorlanması olasılığı ile karşı karşıya kalan petrol odakları/sermayesi, çıkarlarını korumak ve enerji kaynaklarını tedarik etmek için sıraya girmişlerdi. Günümüzde Binghamton'daki New York Eyalet Üniversitesi'nde profesör olan ve tityum disülfid temelli, iyonların katmanlı bir yapıda geri dönüşümlü bir şekilde depolanmasını, tekrar tekrar şarj edilebilen bir Lityum pilin temel çalışma prensibini ortaya çıkaran İngiliz-Amerikalı kimyager Whittingham, o dönem Exxon'da çalışıyordu. Stanley Whittingham o yıllarda fosil yakıtsız enerji teknolojilerine yol açabilecek yöntemler geliştirmeye çalışıyordu. Bu çalışmaları sırasında süper iletkenleri araştırmaya başladı ve Lityum pilde yenilikçi bir katot yaratmak için kullandığı enerji açısından zengin bir malzeme keşfetti. Bu tityum disülfür yapısıydı. Whittingham'ın Exxon'da çalışması tesadüf değildi. Petrolün tükenmesi tehlikesi, Exxon şirketinin faaliyetlerini çeşitlendirmeye karar vermesine neden olmuştu. Exxon şirketi temel araştırmalara yapılan büyük bir yatırımda, o zamanın en önde gelen araştırmacılarını enerji alanında toplamış ve onlara çalışmalarına petrol dâhil etmedikleri sürece istediklerini hemen hemen yapma özgürlüğü vermişlerdi. Stanley Whittingham da, 1972'de Exxon'a taşınanlar arasındaydı. Stanford Üniversitesi'nden gelmişti.



Araştırması, yüklü iyonların bağlayabileceği atom büyüklüğünde katı malzemeler içeren katı materyaller içeriyordu. Bu olguya "interkalasyon (katmanlaşma)" denir. Malzemelerin özellikleri, iyonlar içlerinde tutulduğunda değişir. Exxon'da Stanley Whittingham ve meslektaşları, iyonları birbirine karıştırabilecek tantal disülfid dâhil olmak üzere süper iletken materyalleri araştırmaya başladı. Tantal disülfide iyonları ekleyerek iletkenliğinin nasıl etkilendiğini incelediler. Whittingham, enerji yoğunluğu yüksek bir materyali keşfetti. Bilimde sıklıkla olduğu gibi, bu deney beklenmeyen ve değerli bir keşfe yol açtı. Potasyum iyonlarının tantal disülfidin iletkenliğini etkilediği ve Stanley Whittingham'ın materyali ayrıntılı olarak incelemeye başladığında, çok yüksek bir enerji yoğunluğuna sahip olduğunu gözlemledi. Potasyum iyonları ve tantal disülfid arasında ortaya çıkan etkileşimler

şaşırtıcı derecede enerji bakımından zengindi ve malzemenin gerilimini ölçtüğünde, birkaç volt idi. Bu, o zamanki pillerin çoğundan daha iyiydi. Stanley Whittingham hızla pisti değiştirme zamanının geldiğini fark etti ve geleceğin elektrikli araçları için enerji depolayabilecek yeni teknolojinin geliştirilmesine geçti. Bununla birlikte, tantalum daha ağır elementlerden biridir ve pazarın daha ağır pillerle yüklü olması gerekmedi; bu yüzden tantalumu benzer özelliklere sahip olan ancak daha hafif olan bir element olan titanyum ile değiştirdi.



Akira Yoshino - Stanley Whittingham - John B. Goodenough

Lityumun bu hikâyede yerinin olmadığını mı düşünüyorsunuz? Lityumun anlatıya girdiği yer işte burası. Stanley Whittingham'ın yenilikçi bataryasındaki negatif elektrot olarak. Lityum rastgele bir seçim değildi; bir bataryada elektronların negatif elektrottan -anottan-, pozitif elektroda -katoda-, akması gerekir. Bu nedenle, anot elektronlarını kolayca veren bir malzeme içermelidir ve tüm elementlerden lityum, elektronları en isteyerek serbest bırakanıdır. Sonuç, oda sıcaklığında çalışan ve kelimenin tam anlamıyla büyük potansiyele sahip olan yeniden şarj edilebilir bir lityum pil oldu. Stanley Whittingham, proje hakkında konuşmak için Exxon'un New York'taki karargâhına gitti. Toplantı yaklaşık on beş dakika sürdü. Ardından yönetim grubu hızlı bir karar verdi: Whittingham'ın keşfini kullanarak ticari olarak uygun bir pili geliştirdiler.

### Akü patlıyor ve petrol fiyatı düşüyor

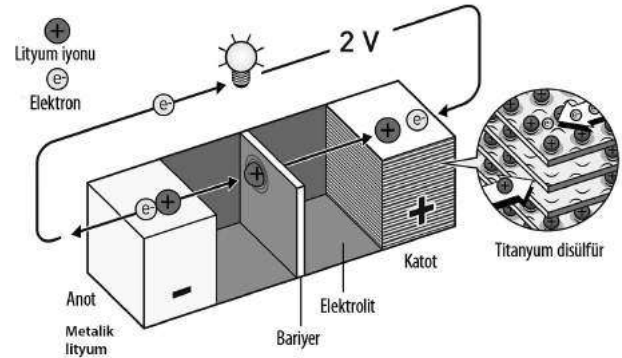
Ne yazık ki, aküyü üretmeye başlayan grup bazı aksamlara maruz kaldı. Yeni lityum pil tekrar tekrar şarj edildiğinde, ince lityum bırıkları lityum elektrodunda büyüdü. Diğer elektrotta ulaştıklarında akü kısa devre yapmış ve bu da patlamaya yol açmıştı. İtfaiye birtakım yangınlar söndürmek zorunda kaldı ve nihayet laboratuvarı Lityum yangınları söndürmek için kullanılan özel kimyasallar için ödeme yapmakla tehdit etti. Akünün daha güvenli hale getirilmesi için metalik lityum elektroduna alüminyum ilave edildi ve elektrotlar arasındaki elektrolit değiştirildi. Stanley Whittingham 1976'da keşfini açıkladı ve batarya, güneş enerjili saatlerde kullanılmak isteyen bir İsviçreli saatçi için küçük çapta üretilmeye başladı. Bir sonraki amaç, şarj edilebilir

lityum pilin bir arabaya güç vermesini sağlamaktı. Ancak, 1980'lerin başında petrolün fiyatı çarpıcı bir şekilde düştü ve Exxon'un kesintiler yapması gerekiyordu. Ürün geliştirme çalışmaları sona erdi ve Whittingham'ın pil teknolojisi, dünyanın üç farklı bölgesinde üç farklı şirkete lisans verdi. Ancak bu, kalkınmanın durduğu anlamına gelmiyordu. Exxon pes ettiğinde, John Goodenough görevi devraldı.

### Petrol krizi Goodenough'un pillerle ilgilenmesini sağlıyor

Bir çocuk olarak, John Goodenough'un okumayı öğrenmede önemli sorunları vardı, bu yüzden matematiğe ve nihayet -İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra- fiziğe daha ilgiliydi. Uzun yıllar MIT'de Massachusetts Institute of Technology'de bulunan Lincoln Laboratory'de çalıştı. Oradayken, hâlâ bilişimin temel bir bileşeni olan rastgele erişim belleğinin (RAM) geliştirilmesine katkıda bulundu.

John Goodenough, 1970'lerde birçok insan gibi, petrol krizinden etkilendi ve alternatif enerji kaynaklarının gelişimine katkıda bulunmak istedi. Bununla birlikte, Lincoln Laboratuvarı ABD Hava Kuvvetleri tarafından finanse edildi ve her türlü araştırmaya izin vermedi. Bu yüzden İngiltere'deki Oxford Üniversitesi'nde inorganik kimya profesörü olarak görev aldığı anda, istediği çalışmaları gerçekleştireme şansını yakaladı ve enerji araştırması dünyasına girdi.



John Goodenough, Whittingham'ın devrim yaratan bataryası hakkında bilgi sahibi oldu, ancak onun konusundaki uzmanlık bilgisi, metal sülfür yerine metal bir oksit kullanılarak inşa edildiğinde katodunun daha yüksek bir potansiyele sahip olduğunu söyledi. Araştırma grubundaki birkaç kişiye daha lityum iyonlarını birbirine karıştırırken yüksek voltaj üreten, ancak iyonlar çıkarıldığında çökmeyen metal bir oksit bulma görevi verildi.

Whittingham'ın bataryası iki volttan fazla üretti, ancak Goodenough, katottaki lityum kobalt oksit bataryanın dört voltta neredeyse iki kat daha güçlü olduğunu keşfetti. Bu başarının anahtarlarından biri John Goodenough'un daha önce olduğu gibi,

pillerin şarjlı durumda üretilmemesi gerektiğinin farkına vardı. 1980'de, düşük ağırlığına rağmen güçlü, yüksek kapasiteli pillerle sonuçlanan bu yeni enerji yoğun katot malzemesinin keşfedilmesini yayımladı. Bu, kablosuz devrime doğru giden belirleyici bir adımdı.

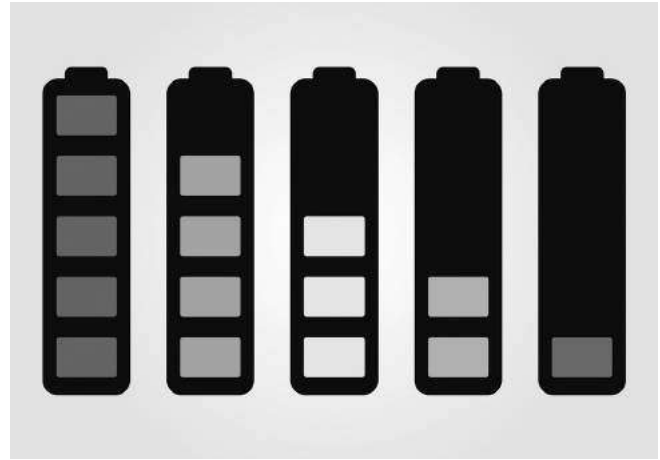
Japon şirketler yeni elektronik cihazlar için hafif piller istiyorlardı. Ancak Batı'da petrol ucuzladıkça, bu durum alternatif enerji teknolojilerine yapılan yatırımlara ve elektrikli araçların geliştirilmesine duyulan ilginin azalmasına neden oldu. Japonya'da ise işler farklıydı; elektronik şirketleri, video kameralar, kablosuz telefonlar ve bilgisayarlar gibi yenilikçi elektroniklere güç verebilecek hafif, şarj edilebilir piller için çaresizdi. Bu ihtiyacı gören bir kişi Asahi Kasei Corporation'dan Akira Yoshino idi. Ya da söylediği gibi: "Sadece trendlerin hareket ettiği yönü kokladım. İyi bir koku hissim olduğunu söyleyebilirim."



Yoshino, piyasada bulunan ilk ticari ürün olarak lityum-iyon bataryayı üretti. Akira Yoshino, fonksiyonel bir şarj edilebilir batarya geliştirmeye karar verdiğinde, katot olarak Goodenough'un lityum-kobalt oksidini kullandı ve anot olarak çeşitli karbon bazlı malzemeler kullanmaya çalıştı. Araştırmacılar daha önce, lityum iyonlarının moleküler katmanlarda grafitte birleştirilebileceğini göstermişlerdi, ancak grafit pilin elektroliti tarafından parçalanmıştı. Akira Yoshino'nun eureka anı, petrol endüstrisinin bir yan ürünü olan petrol kokunu kullanmayı denediğinde geldi. Petrol kokunu elektronlarla doldurduğunda, lityum iyonları malzemenin içine çekildi. Daha sonra, pili açtığında, elektronlar ve lityum iyonları katottaki kobalt okside doğru aktı, bu da çok daha yüksek bir potansiyele sahipti. Akira Yoshino tarafından geliştirilen pil kararlı, hafif, yüksek bir kapasiteye sahip ve dikkat çekici olarak dört volt ürettiyordu. Lityum-iyon akünün en büyük avantajı, iyonların elektrotlarda birbirine karışmasıdır. Diğer bataryaların çoğu, elektrotların yavaş ama kesin bir şekilde değiştiği kimyasal reaksiyonlara dayanmaktadır. Bir lityum-iyon pil şarj edildiğinde veya kullanıldığında, iyonlar çevreleri ile reaksiyona girmeden elektrotlar arasında akar. Bu, pilin uzun ömürlü olduğu ve performansı düşmeden yüzlerce kez şarj edilebileceği anlamına ge-

lir. Bir diğer büyük avantaj, akünün saf lityum içermemesidir. 1986'da, Akira Yoshino pilin güvenliğini test ederken, dikkatli davrandı ve patlayıcı cihazları test etmek için tasarlanmış bir tesis kullandı. Aküye büyük bir demir parçası düştü, ancak hiçbir şey olmadı. Ancak, deneyi saf lityum içeren bir batarya ile tekrarlarırken şiddetli bir patlama oldu. Akü geleceği için güvenlik testlerinin geçilmesi esastır. Akira Yoshino, bunun "lityum-iyon pilin doğduğu an" olduğunu söyledi.

Lityum-iyon piller, iletişim kurmak, çalışmak, müzik dinlemek ve bilgi aramak için kullandığımız taşınabilir elektronik cihazlara güç sağlamak için küresel olarak kullanılmaktadır. Lityum piller ayrıca uzun mesafeli yol katedebilen elektrikli arabaların geliştirilmesini de sağlamıştır. Buna ek olarak bu piller, güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklardan enerji depolanmasını da sağlamıştır. 20. yüzyılın ortalarında, dünyadaki benzinli araçların sayısı önemli ölçüde arttı ve egzoz dumanları büyük şehirlerde bulunan zararlı dumanları kötüleştirdi. Bu, petrolün sınırlı bir kaynak olduğunun artmasıyla birlikte, hem araç üreticileri hem de petrol şirketleri için bir alarm verdi. Elektrikli taşıtlara ve alternatif enerji kaynaklarına yatırım yapmaları gerekiyordu. Elektrikli araçlar ve alternatif enerji kaynakları, büyük miktarda enerji depolayabilen güçlü piller gerektirir.



1990'larda, şimdi çevre politikası biçiminde olan ABD kamu politikası, belki de Lityumun itici gücünün de etkisiyle yeniden ortaya çıktı. Şu anda piyasada gerçekten sadece iki tür şarj edilebilir pil vardı: 1859'da icat edilmiş (ve hâlâ benzinle çalışan otomobillerde marş aküsü olarak kullanılıyor) ve nikel-kadmiyum pil 20. yüzyılın ilk yarısında geliştirilmiştir.

Kaliforniyalıların talep ettiği temiz arabaları teslim projesi olarak, Kaliforniya'nın Sıfır Emisyon Aracı 1990'da, otomobil üreticilerini elektrikli otomobiller üretmeye zorladı ve Lityum-iyon sistemleri de dâhil olmak üzere, gelişmiş piller üzerinde büyük federal araştırmaları teşvik etmeye yardım etti. Ancak Lityum pilleri elektrikli otomobillere girmeye ancak 2000'li yılların başlarında başladı (Lityum

pillerinin bu kadar geç devreye girmesi da ayrı bir hikâyledir, Bkz Müh. Martin Eberhard). Sonuç olarak bu güçlükler de bir girişimin temeli haline geldi. Eberhard, Marc Tarpenning, JB Straubel ve Elon Musk ile Tesla Motors'u kurdular. Cömert devlet ve federal sübvansiyonların desteğiyle tamamen pilli elektrikli araçlar üreten tek büyük şirket olarak başarı elde ettiler. Bu başarı ana akım otomobil üreticilerinin de gördüğü bir kelebek etkisi yarattı. Bu üreticiler şu an pazara girmek için çabalıyorlar.



Fosil yakıtsız bir toplum için gerekli olan Lityum-iyon pil 1991 yılında, bir Japon elektronik şirketi tarafından satılmaya başlandı ve elektronikte bir devrime yol açtı. Cep telefonları küçüldü, taşınabilir bilgisayarlar, MP3 çalarlar ve tabletler geliştirildi. Daha sonra, dünyanın dört bir yanındaki araştırmacılar, daha iyi piller için periyodik tabloyu aradılar, ancak hiç kimse, Lityum pilinin yüksek kapasitesini ve voltajını geçen bir şeyi icat etmeyi başaramadı. Bununla birlikte, Lityum-iyon pil değiştirildi ve geliştirildi; diğer şeylerin yanı sıra, John Goodenough, kobalt oksidi, pili daha çevre dostu yapan demir fosfat ile değiştirdi. Akü, daha temiz enerji teknolojileri ve elektrikli taşıtların geliştirilmesini sağlayarak, sera gazı ve parçacık emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulundu.

Çalışmaları boyunca, John Goodenough, Stanley Whittingham ve Akira Yoshino, kablolu ve fosilsiz bir toplum için doğru koşulları yarattılar ve bu nedenle insanlığa en büyük faydayı sağladılar.

Elektrik enerjisi, ihtiyaç duyduğumuz yerde ve zamanda ihtiyaç duyduğumuz her yerde ve artık yakınlardaki prizlerin yokluğunda bile, her zaman kolaylık ve verimlilikle erişilebilir. Sınırsız ve kablolu yollarla giderek daha fazla hareket ediyor ve potansiyel olarak daha sağlıklı bir yerel ortamda yüksek mobilitenin keyfini sürüyoruz. Bu çarpıcı gelişme, yüksek kapasiteli pillerin, örneğin elektrikle çalışan çeşitli araçlara ve araçlara olanak tanıdığı verimli enerji depolama cihazlarıyla mümkün olmuştur. Prensip olarak, hepimiz onları güçlendirmek için verimli bataryalara güvenerek cep telefonları, kameralar, dizüstü bilgisayarlar, elektrikli aletler vb. modern akü teknolojisinin bir sonucu olarak, elektrikli araçlar da giderek daha popüler hale geliyor ve fosil yakıtlarla çalışan araçlardan uzakta bir elektrik anahtarının önündeyiz. Ek olarak, verimli enerji depolaması, rüzgâr ve güneş ışığı gibi değişken enerji kaynaklarının önemli bir tamamlayıcısıdır. Piller sayesinde, arz-talep zinciri

enerjinin üretilmediği durumlarda bile zamanla dengelenebilir. Büyük ölçüde, bu gelişmeler lityum-iyon batarya ile mümkün olmuştur. Bu tip piller, enerji depolama teknolojisinde devrim yaratmıştır ve bu sayede de mobil devrimi mümkün kılmıştır. Yüksek potansiyeli ve yüksek enerji yoğunluğu ve kapasitesi sayesinde bu batarya türü hayatımızı iyileştirmeye katkıda bulunmuş ve gelecek yıllarda da bunu yapmaya devam edeceği konusu tartışmaya devam edecek gibi görülmektedir. Bununla birlikte, batarya gelişimi genel olarak göz korkutucu ve zorlayıcıdır. Özellikle de lityum tabanlı hücrelere gelince. Pillerdeki gelişme göreceli olarak durgunlaştı ve yıllar içinde başarılı bir şekilde çok az verimli batarya konfigürasyonu tasarlandı. Örneğin, 19. yüzyılın ortalarında keşfedilen kurşun-asit bataryaya hâlâ güveniyoruz. Bununla birlikte, elektrokimya, organik/ inorganik kimya, malzeme bilimi, vb. içeren, çıkır açan çok disiplinli bilimsel keşifler nedeniyle gerçekten de problemler çözülebildi ve lityum-iyon batarya esasen dünyamızı değiştiren bir gerçek oldu.



John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham ve Akira Yoshino'nun keşiflerinin dünyamız üzerinde muazzam bir etkisi oldu. Dolayısıyla, lityum-iyon batarya, mobil elektronik devriminin önemli bir parçası olmasının yanı sıra, fosil yakıtlarla çalışan araçlardan elektrikle çalışan nakliyyeye devam eden anahtar olmuştur. Bu gelişmenin genel sonuçlarını henüz göremedik, ancak verimli enerji depolaması, elektrik üretmek için kullanılan birçok enerji kaynağının bilinen bir ön koşuludur. Geçtiğimiz on yıllar boyunca, bu gelişme hızla ilerlemiştir ve pil teknolojisinde daha önemli keşiflerin gelmesini bekleyebiliriz. Gelecekteki bu gelişmeler kuşkusuz, sadece rahatlığımız için değil, aynı zamanda küresel ve yerel ortamlar ve nihayetinde tüm gezegenimizin sürdürülebilirliği açısından yaşamlarımızda daha da iyileşmelere yol açacaktır.

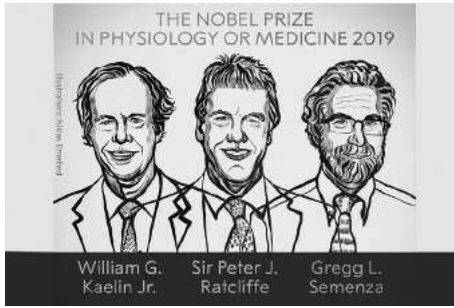
## Kaynaklar

- 1.<https://www.nobelprize.org/uploads/2019/10/popular-chemistryprize2019.pdf>
- 2.<https://spectrum.ieee.org/consumer-electronics/portable-devices/ion-the-prize-the-2019-nobel-prize-in-chemistry>

# Nobel 2019 Tıp Ödülü: Hücrelerin oksijen yeterliliğini algılaması

Dr. Didem AĞAÇ ÇOBANOĞLU • MD Anderson Cancer Center Doktora Üstü Araştırmacı

Bu sene Nobel Tıp Ödülü'ne layık görülen çalışmalar, oksijen yetersizliğinin hücrelerde ve dokularda yaptığı değişikliklerin gen ekspresyonlarını değiştirdiğini gösterdi. Aynı zamanda hayvan hücrelerinde oksijen yeterliliğinin üç yüzden fazla genin ekspresyonunu kontrol ettiği ve değişikliklerin organ gelişiminden doku yenilenmesine kadar pek çok fizyolojik durumda rolü olduğu gösterildi.



**W**illiam G. Kaelin Jr., Sir Peter J. Ratcliffe ve Gregg L. Semenza, hücrelerin oksijen yeterliliğini algılamaları ve adapte olmaları üzerine yaptıkları keşiflerden dolayı Nobel Tıp Ödülü'nü paylaştılar. Çalışmaları, hayvan hücrelerinin gen ekspresyonlarını (genlerin proteinlere dönüştürülmesi işlemi), çevrelerindeki oksijen yeterliliğine bağlı olarak, hipoksiyle (oksijen yetersizliği) indüklenen faktörlerin (*Hypoxia Inducible Factors - HIF*) degradasyonları ve oksijene duyarlı transkripsiyon sonrası değişiklikler ile kontrol edebilmelerini gösterdi. Oksijenin yaşamın var olması için önemi uzun yıllardır bilinse de hücrelerin farklı oksijen düzeylerine nasıl uyum sağladıkları bu üç bilim insanının araştırmalarına kadar bilinmiyordu. Araştırmaları hipoksinin hücrelerde nasıl algılandığını mekanistik olarak açıkladı ve bu yolağın sağlıklı koşullarda (egzersiz, yüksek rakıma adaptasyon vs.) ve hastalık koşullarındaki (kanser, anemi, enfeksiyon hastalıkları vs.) önemini gösterdi.

## Oksijen: Süregelen bilimsel merak

18. yüzyılda havanın yaklaşık dörtte birinin yanıcı bir gazdan oluştuğu hesaplandı. 1777 yılında ünlü kimyacı Lavoisier, bu gazı günümüzde kullandığımız oksijen ismini verdi. Oksijen, tükettiğimiz yiyeceklerdeki besinlerin oksidasyon tepkimeleri sonucunda, hücrelerde ATP'ye dönüştürülmesi için zorunludur. Hücrelerdeki tepkimelerin çevresel oksijen yeterliliğine bağlı olarak kontrolü, metabolizmanın kontrolündeki kritik basamaklardan biridir.

Bu önemli konu, uzun yıllardır bilim insanlarının ilgisini çekmektedir. 1931 yılında Otto Warburg, hücrelerdeki solunumda kullanılan enzimler üzerine yaptığı araştırmalarından ötürü, 1938 yılında Corneille Heymans ise beyinde solunumu kontrol eden merkezin keşfi ve kandaki oksijen miktarının kontrolü üzerine yaptığı araştırmalarından dolayı Nobel Ödülü'nü aldılar. Ancak, hücrelerin gen ekspresyonlarının oksijen yeterliliğine bağlı olarak nasıl kontrol ettikleri bilinmiyordu.

Tek hücreli yaşamdan çok hücreli kompleks organizmalara geçişte, oksijeni bütün hücrelere ulaştırmak karşılaşılan ilk sorunlardan biridir. Hem hücrelerde boyutta hem de organizmalarda düzeyde oksijen yeterliliğini algılamak ve bu duruma adapte olmak hayatta kalmak için önemli bir süreçtir. Bu adaptasyonlara örnek vermek gerekirse, yaralanma sonrası yeni kılcal damarların oluşturulması, doku düzeyindeki adaptasyona; egzersiz sonrası ya da yüksek rakımda

“ Araştırmaları hipoksinin hücrelerde nasıl algılandığını mekanistik olarak açıkladı ve bu yolağın sağlıklı koşullarda ve hastalık koşullarındaki önemini gösterdi. ”

artan solunum hızı, organizma düzeyindeki adaptasyona örnek gösterilebilir.

Bu sene Nobel Tıp Ödülü'ne layık görülen çalışmalar, oksijen yetersizliğinin hücrelerde ve dokularda yaptığı değişikliklerin gen ekspresyonlarını değiştirdiğini gösterdi. Aynı zamanda hayvan hücrelerinde oksijen yeterliliğinin üç yüzden fazla genin ekspresyonunu kontrol ettiği ve değişikliklerin organ gelişiminden doku yenilenmesine kadar pek çok fizyolojik durumda rolü olduğu gösterildi.

### Hücreler oksijen yeterliliğini nasıl algılar?

Gregg Semenza 1990'ların başında oksijene dayalı değişiklikleri kontrol eden bir transkripsiyon faktörünü keşfetti ve 1995 yılında bu geni klonladı. HIF (Hypoxia Inducible Factor) ismini verdiği bu protein, iki temel kısımdan oluşuyordu: Oksijeni algılayan yeni bir protein ve daha önceden keşfedilmiş ve hücrelerde devamlı mevcut olan ve seviyesi oksijen yeterliliğine bağlı olmayan ARNT proteini. William Kaelin, Jr. 1995 yılında tümör baskılayıcı von Hippel-Lindau (VHL) genini klonladı. 1999'da Ratcliffe, VH ve HIF-1'in birbirine bağlandığını, VHL'nin oksijenin yeterli olduğu durumlarda HIF-1'in parçalanmasına sebep olduğunu gösterdi. Kaelin ve Ratcliffe araştırma grupları bu parçalanmanın HIF-1'e VHL tarafından hidroksil grubu bağlanmasının sonucunda olduğunu belirlediler; hidroksil grubunun bağlanması oksijenin yeterli miktarda olduğu durumlarda gerçekleştiğinden, hipoksi durumunda HIF-1 parçalanmadan hücre içinde kalmaya devam edip, yüzlerce genin ekspresyonunu kontrol etmektedir. Bu araştırmalar, gene ekspresyonundaki oksijene dayalı değişimlerin çevresel oksijen miktarına bağlı olduğunu ve HIF transkripsiyon faktörüne dayalı bir şekilde bu adaptasyonların yapıldığını göstermiştir.

### HIF yolağının keşfinden günümüze: Teröpatik önemi

Semenza, Ratcliffe ve Kaelin'in yaptığı ilk araştırmalardan sonra pek çok grup, HIF yolağının farklı dokularda ve hastalıklardaki önemini araştırmaya başladı. HIF proteini doku yenilenmesinden damar oluşumuna, plasenta gelişiminden yara iyileşmesine veya bağışıklık sisteminin düzgün çalışmasına kadar pek çok fizyolojik durumda önemli olduğundan, HIF proteininin fonksiyonunun arttırılması pek çok hastalıkta etkili olabilir. HIF fonksiyonunu baskılayan PHD enzimlerine karşı olan ilaçlar, anemi tedavisine yönelik klinik araştırmalarda başarılı sonuçlar vermeye başladı.

Benzer şekilde, HIF proteininin pek çok kanserde ve kardiyovasküler hastalıklarda normalden yük-

sek miktarda bulunması, HIF proteininin baskılanmasının da bazı klinik durumlarda faydası olabileceğine işaret ediyor. VHL geninin mutasyonunu taşıyan hayvan kanser modellerinde, klinik öncesi ilaçların kanser gelişimini yavaşlattığı gösterildi.

Günümüzde pek çok akademik araştırma laboratuvarı ve ilaç şirketi, farklı hastalıklarda HIF-yolağını aktive edici ya da baskılayıcı ilaçlar araştırmakta. Görünen o ki, 300 yıldır bilim insanlarını meşgul eden "oksijene nasıl adapte oluyoruz" sorusu, Nobel Ödülü'nü kazanan bu çalışmalar ile yeni bir aşamaya girip, biyoloji bilimlerinin en önemli sorularından biri olmaktan çıkarak klinikte yeni uygulamalara yelken açıyor.

### Nobel Tıp Ödülü'nü alan bilim insanları hakkında:

William G. Kaelin, Jr. 1957 yılında New York'ta doğdu. Duke Üniversitesi'nde tıp eğitimini tamamladıktan sonra iç hastalıklar ve onkoloji alanında uzmanlaştı. Araştırma laboratuvarını Dana-Farber Kanseri Enstitüsü'nde kurdu, hâlâ aynı kurumda araştırmalarına devam etmektedir.

Sir Peter J. Ratcliffe, 1954 yılında Birleşik Krallık'ta doğdu. Cambridge Üniversitesi'nde tıp eğitimini tamamladıktan sonra nefroloji alanında uzmanlaştı. Araştırma grubunu Oxford Üniversitesi'nde kurdu. Günümüzde Francis Crick Enstitüsü'nün direktörüdür.

Gregg L. Semenza, 1956 yılında New York'ta doğdu. Pennsylvania Üniversitesi'nde doktorasını ve tıp doktorluğu eğitimini tamamladı. Daha sonra pediatri alanında uzmanlaştı. John Hopkins Üniversitesi'nde araştırma grubunu kurdu. Aynı kurumda Vasküler Araştırma Programı'nın direktörü olarak çalışmaktadır.

### Yazar hakkında:

*Didem Ağaç Çobanoğlu, lisans eğitimini Sabancı Üniversitesi Biyoloji Bilimleri ve Biyomühendislik Programı'nda tamamladı. Ardından Amerika Birleşik Devletleri'nde, University of Texas Southwestern Medical Center'da immünoloji alanında doktorasını almaya hak kazandı. 2018 Nobel Tıp Ödülü sahibi Dr. James Allison'ın yanında MD Anderson Cancer Center'da doktora üstü araştırmacı olarak nörohormonların bağışıklık sistemine ve immünoterapiye etkisini araştırmaktadır.*

## KONDOR'UN GÜNCESESİ

## Evo Morales'i kim, neden ve nasıl devirdi?

Özgür UYANIK • Gazeteci - Yazar

Morales'e karşı yapılan darbe, paramiliter çetelerin, polisin ve son olarak ordunun katılımıyla gerçekleştirildi. Ancak bu salt silahlı güçlerin ittifakıyla başarıya ulaştırılmadı. Daha önceki dönemlerde Morales'e destek vermiş ve partisi Sosyalizme Doğru Hareket "MAS"a entegre olmuş kesimlerin darbeye küçümsenmeyecek oranda katıldığını görüyoruz. Diğer taraftan politik gruplar, sivil örgütler, medya, kilise ve ABD ile ilişkili Amerikan Devletleri Örgütü "OEA" gibi kurumlar da darbeye etkin biçimde yer aldılar.



Evo Morales

**10** Kasım'da Morales istifasını vererek Başkanlık sarayını terk etti. İki gün sonra Sosyal Demokrat Hareket Partisi MDS'den senatör Jeanine Áñez, sekiz (8) senatörün katılımıyla gerçekleşen bir toplantıda kendi kendini Bolivya devlet başkanı ilan etti. Áñez'in ilk işi dev bir İncil'i başkanlık makamına yerleştirmek oldu. Bayan Áñez yolda bir grup dinci fanatik taraftarıyla ilerlerken "İncil artık sarayda" diye bağırıyordu.

İncil sadece Bolivya'da değil, tüm Latin Amerika'daki darbecilerin en önemli sembolü. Başkan Morales'in faşist şiddet dalgasını durdurmak için seçimleri yenileme çağrısında bulunmasına rağmen, ordunun istifasını istediği gün, başkanlık sarayına giren darbeci Fernando Camacho da İncil getirmişti yanında.

Áñez-Camacho ikilisi yalnızca dinci değil, kökten biçimde ırkçı beyaz elitleri temsil ediyor. Sosyal medyada bu ikilinin sayısız ırkçı söylevi dolaşıyor. Áñez 2013'te attığı bir tivitinde aynen şunu söylüyor: "Yerlilerin şeytani âyinlerinden arınmış bir Bolivya'yı düşünüyorum, şehir yerliler için değil, dağa gitsinler." Geçtiğimiz aylarda atıp şimdi sildiği bir başka tivitinde ise Morales'e "zavallı yerli" diyordu.

Kendini devlet başkanı ilan eden Jeanine Áñez'in elli bin oyu var. Onun "sosyal demokrat" partisi son seçimlerde sadece %4,2 oy aldı. Zaten nüfusunun %60'ını yerli halkın oluşturduğu Bolivya'da yerli düşmanı birinin daha fazla oy alması beklenemez. Fernando Camacho ise milletvekili bile değil. "Santa Cruz Sivil Komitesi" adlı yarı paramiliter bir örgütün şefi. Bu örgütün sembolü gamalı haça benzeyen dört kollu yeşil bir haç. Zaten Camacho'nun bu gayet "sivil" örgütünün üyeleri Nazi selamı vermekten çekinmiyor. Áñez ve Camacho'nun bir başka ortak yanı Brezilya Devlet Başkanı Bolsonaro ile yakın ilişkileri. Áñez'in seçim bölgesi Beni ve Camacho'nun faşist karargâhının bulunduğu Santa Cruz bölgesi Brezilya ile sınır. Buralardaki egemen elitler Brezilya'daki dinci evangelist sermaye ile güçlü bağlara sahip.

“İncil sadece Bolivya'da değil, tüm Latin Amerika'daki darbecilerin en önemli sembolü.”

”

## **Darbe için gerekli sosyoekonomik, "objektif" koşullar var mıydı?**

Oysa 20 Ekim günü yapılan seçimlere kadar Bolivya Latin Amerika'nın ekonomik açıdan en istikrarlı ülkesiydi. Morales yönetiminin kesintiye uğramasına yol açabilecek hiçbir kurumsal gerekçe bulunmuyordu. Kıtanın en yüksek gayri safi büyüme oranına sahip olan Bolivya, IMF verilerine göre 2010 yılından bu yana %127 büyümüş. Bolivya, Amerika kıtasında (ABD dâhil) en az işsizlik oranına sahip üçüncü ülke durumunda. Morales yönetiminde hem yoksulluk, hem gelir eşitsizliği %25 düşmüş. Amerika kıtasında %1,7 ile enflasyonun en düşük olduğu üçüncü ülke yine Bolivya. Morales yönetimi tüm Bolivya tarihi boyunca en istikrarlı, hem ekonomik olarak hem de halk lehine en iyi olduğu dönemdi. Bu dönemde 74 milyar dolarlık kamulaştırma yapıldı. Kamulaştırmaların ekonomiyi daha verimli hale getirdiği dünyanın en başarılı örneklerinden biriydi. Sağlık ve eğitim ücretsiz hale getirildi. Halkın elektrik, su ve yakıt ihtiyacını karşılamak için fiyatlar daima düşük tutuldu.



Morales bununla yetinmeyerek kuvvet ayrımlarını, yerli hak ve kültürlerini garanti altına alan Bolivya tarihinin en ileri demokratik anayasasını yaptı. Sömürgeciliğin güçlü temsilcisi kilisenin, rejim içindeki gücü kırıldı. Yerli inanışı olan "Pachamama", yani "Toprak Ana" benimsendi. Anayasada özel, kooperatif ve kamusal olmak üzere üç tip mülkiyeti garanti altına aldı. Böylece Bolivya ekonomisinin bu üç ayağından ikisi sosyalist mülkiyet olarak tanımlandı.

Morales'i iktidara taşıyan halk hareketi yabancılara satılan su ve gaz rezervleri sebebiyle yükselmişti. Morales bu antiemperyalist dalgayı iktidarın siyasi ilkesi haline getirdi. ABD elçisini, USAID ve DEA'yı ülkeden kovdu. Sekiz ABD karakolunu kapattı. Mc Donalds bile şubelerini kapatıp Bolivya'yı terk etti.

Birkaç yıl içerisinde Bolivya'nın sosyokültürel ve yapısal değişimi gerçekleşmiş görünüyordu. Kamulaştırmalar oligarşinin ve beyaz elitlerin ayrıcalıklarına son vermişti. Kilisenin gündelik hayatta ve siyasette etkisi kalmamıştı. Yerli kültürü tüm kamusal alanda

belirginleşmişti. İlk uydusuna bile bir İnka isyancısı olan "Tupak Katari" adı konmuştu.

Morales iktidara gelene kadar bir köylü ülkesi olan Bolivya onunla beraber üreten ulusa dönüştü. Lit-yum, çimento, tekstil, otomobil fabrikaları kuruldu. On milyon nüfuslu ülkede 20 bin kooperatif yaratıldı. Alım gücü %400, asgari ücret %1000 arttı. 65 yaşına gelen herkese emeklilik maaşı bağlandı.

Devlet memurlarının %68'i kadınlardan oluşturuldu. Okuma yazma bilmeyenlerin oranı %28'den %2'ye düşürüldü. 1100 okul, 134 hastane, 7 binden fazla spor merkezi, mevcut yolların beş katı yani 25 bin km yol yapıldı. Bunlar yalnızca Bolivya ölçülerinde dev hamleler değil, tüm tarihleri boyunca yapılmayan işlerdi.

## **Seçimi kim kazandı?**

Bunca başarıdan sonra Morales'in 13 yıldır seçim kazanması kadar normal bir sonuç olmazdı. Morales 2005'te %54, 2008'de %67, 2009'da %64, 2014'te %62 ve son seçimlerde %47,08 oy almış. Fakat Amerikancı cephe hiçbir zaman bu sonuçları kabul etmedi. Buna karşın ABD kendini sekiz milletvekilinin oyuyla devlet başkanı ilan eden Bayan Jeanine Áñez'i hiç vakit kaybetmeden tanıdı.

Herkes Morales'in 20 Ekim seçimlerinden açık ara birinci çıktığını biliyor. 20 Ekim Pazar günü merkezlerden gelen ilk sonuçlarda Morales %9 öndeydi. Ancak bu yeterli değildi. Morales yasanın gerektirdiği biçimde ilk turda seçilebilmek için %40'ı aşmıştı ama kendinden sonra gelenden %10 önde olması gerekiyordu. Aksi takdirde seçim ikinci tura kalıyordu. Bolivya dünyanın en zorlu coğrafyalarından birine sahiptir. Ülkenin yarısı ortalama dört bin metre yüksekliğinde plato, geri kalanı Amazon kuşağında yer alır. Pazartesi günü dağ ve orman yerleşimlerinden gelen sonuçlar %47,08 ile Morales'in zaferini ilan ediyordu. Muhalefetin adayı Carlos Mesa %36,51'de kalmıştı. Aralarındaki oy farkı 600 bin dolayındaydı. Morales'in Partisi "Sosyalizme Doğru Hareket"i (MAS) mecliste 130 sandalyenin 67'sini, senatoda 36 sandalyenin 21'ini elde etmişti.

## **Darbeyi başarıya ulaştıran öznel koşullar**

Morales'e karşı yapılan darbe, paramiliter çetelerin, polisin ve son olarak ordunun katılımıyla gerçekleştirildi. Ancak bu salt silahlı güçlerin ittifakıyla başarıya ulaştırılmadı. Daha önceki dönemlerde Morales'e destek vermiş ve partisi Sosyalizme Doğru Hareket "MAS"a entegre olmuş kesimlerin darbeye küçüm-senmeyecek oranda katıldığını görüyoruz. Diğer taraftan politik gruplar, sivil örgütler, medya, kilise ve ABD ile ilişkili Amerikan Devletleri Örgütü "OEA" gibi

kurumlar da darbeye etkin biçimde yer aldılar.

### 1. Anayasal sınırların zorlanması

Bu olgulara rağmen darbenin başarıya ulaşmasında bir dizi başka faktörün bulunduğunu tespit edebiliyoruz. İlk olarak, Morales'in anayasadaki seçime girme sınırlamasını aşma girişimleri, değişik safhalarda, geniş kesimlerce, özellikle kentlerde reddedilmesine rağmen, adaylığını dayatması kendisine olan desteğin azalmasına yol açtı.

Latin Amerika'da halkçı bir mücadeleden gelip de seçim yoluyla iktidara çıkmış siyasal liderlerin en önemli sıkıntısı seçime girme sınırlamalarıdır. Başkanlar bazı ülkelerde hiç, bazılarında sadece iki kez üst üste seçime girme hakkına sahiptir. Bu "pax americana"ya dayalı ABD hegemonyasının dayattığı ve yasalara yerleştirdiği bir ilkedir. Amerikancı cephe bu ülkenin korunmasına özellikle önem verir. Demokrasinin korunması için bunun zorunlu olduğunu savunur. "Aksi takdirde diktatör özentili liderler ömür boyu başkan kalırlar."

Bu "demokrasi" propagandası, Bolivya muhalefatinin de Morales'e tek yüklenebildikleri noktaydı. Zira bu kurala göre en fazla iki dönem üst üste devlet başkanı olabilirdi. Seçim sınırlamasını kaldırmak için 2016 Şubatında yapılan referandumu ise 135 bin oy farkıyla kaybetti. Morales bir yıl sonra seçime katılım sınırlamasını kaldırmak için Anayasa Mahkemesine gitti. Mahkeme anayasanın ilgili maddesinin insan hakkı ihlali olduğu sonucuna vararak iptal etti. Buradan çıkan karar Yüksek Seçim Mahkemesine (TSE) götüren Morales ve yardımcısı 20 Ekim seçimlerine katılma vizesi aldı.

Bu noktadan itibaren bizdeki YSK'nın bir benzeri olan TSE'ye karşı yoğun bir güvensizlik propagandası başladı. Seçim gecesi Morales'in oyları %9 öndeyken TSE'nin sayımı durdurması vaziyeti daha kötü bir hale soktu.

### 2. Ekstraktivist modelin aşılammaması

İkincisi, geniş hâkim sınıfsal sektörlerde Morales'in artık karlarını garanti edemeyeceği yönünde kesin bir kanaat vardı. Morales yönetimi 13 yıl boyunca ekonomiyi temel olarak hammadde ihracına dayalı olarak sürdürdü. Bu model İspanyol fethinden bu yana Latin Amerika'da egemen olan anlayıştır. 21.yy sosyalizmi olarak adlandırılan "halkçı ve milli" yönetimler de aynı birikim modelini benimsemişlerdir. Bunun hangi koşulların dayatmasıyla gerçekleştiği ayrı bir tartışma konusudur. Morales de sürgündeki Ekvador lideri Rafael Correa gibi, dünya pazarına sattığı bazı hammaddelerin yüksek dünya fiyatları ile beslenen ekstraktivist mantığına bağlı kaldı. Bolivya zenginleşse de, Morales halka daha iyi bir gelir dağılımı sunsa da; doğal kaynakların yağmalanması ve işgücünün aşırı sömürsüne dayalı, dışa bağımlı, az gelişmiş kapitalizm

güçlendi. Bu modelde -Venezuela'da görüldüğü gibi- hammadde ihraç eden ülkenin dış pazara bağımlılığı sebebiyle, küresel fiyat istikrarsızlığından kaynaklanan krizlerin toplumsal projeleri kesintiye uğratması kaçınılmazdır. Modelin devamlılığı yatırımların sürmesine bağlıdır. Venezuela'da Çin yatırımlarının kesildiği 2017 yılından bu yana petrol üretimi trajik biçimde düşmüştür. Bahsettiğimiz ülkeler yatırım için dış kredilere muhtaçtır. Bu durumda yönetici sınıfların giderek daha fazla uluslararası sermayeyle çıkarları bütünleşmektedir. Morales yönetiminde özellikle beyaz elitlerin egemen olduğu Santa Cruz'un, Brezilya ile tarımsal sektörleri ortaklaştı ve Çin'le olan ticaret bağları güçlendi.

Dış ticaretin artışına paralel olarak dış borçlar da arttı. Ekonomiyi dengeleme ihtiyacı tasarruf tedbirlerini gerektirdiğinde siyasal dengeler de tersine dönmeye başladı. Oysa Morales on yıl boyunca gaz ve petrolün millileştirilmesi sayesinde elde ettiği gelirin bir kısmını subvansiyonlara ayırıyordu. Tüketimi artıran bu model "aşırı mali harcamalar"ın disiplin altına alınmasıyla durdu.

Ekstraktivizmin halkçı politikaları ya da Morales'in partisinin adı gibi sosyalizme doğru bir hareketi geleceğe taşıyamayacağı görüldü. Morales büyük ekonomik grupların ekstraktivist modeli derinleştirme baskısı ile partisinin tabanını oluşturan emekçi kesimlerin beklentileri arasında sıkıştı. Bolivya halkı hızlı tepki veren ve direnişçi bir yapıya sahiptir. Buna benzer dönemlerde çıkarını sermayeye karşı korumayı bilmiştir. Örneğin halk mücadelesi sonucu 2010'da mazot fiyatlarına yapılan zammı geri aldırması, 2011'de büyük yerli yürüyüşüyle otoban inşaatlarını durdurmuştu. Bu yıl seçimden önceki üç ayda özellikle Santa Cruz ve Potosi'de halkın benzer kamulaştırmalar sebebiyle yerlerinden olmaya karşı direnişi çok sertti. Morales sermayenin ihtiyaçlarını karşılayabileceğini kanıtlamak isterken halkla karşı karşıya gelmişti.

### 3. Sermayenin taleplerini frenleyememek, bölgesel talepleri yönetememek

Morales'in ulusal ekonomiyi güçlendirme adına attığı bu adımlara en iyi örneklerden biri 741 nolu kanun ve 3973 numaralı kararnamedir. Kısaca özetlersek, geçtiğimiz yaz Amazon yangınlarından Bolivya da etkilendi. Ancak bu yangınların büyük kısmının doğal nedenlerden çıkmadığı biliniyor (bkz. "Amazonları kim yakıyor?" Özgür Uyanık, Bilim ve Ütopya, Ekim 2019). Yukarıda bahsi geçen kanun ve kararname işte bu yangınlara yasal dayanak sağlıyordu. Çünkü Bolivya Amazonlarının olduğu Beni ve Santa Cruz bölgesinde dev transnasyonal maden şirketlerinin işlemek istediği altın, gümüş, tantalita, ametist gibi kıymetli madenler bulunuyor. Ayrıca Brezilyalı ve Çinli tarım şirketleri bu verimli topraklarda tarım alanları açmak istiyor. Yangınlar bu iki sektörün çıkarları doğrultusunda gerçekleşiyor. Eylül ayının ortasında yangınlara tepki olarak "10.

Yerli Yürüyüşü" başlatıldı. "Chiquitania'nın Savunması" adı verilen bu yürüyüş bir aydan fazla sürdü. Morales'in geçen temmuz ayında yayımladığı kararnamenin iptal edilmesi gündeme geldi. Tam bu noktada sermaye çevrelerinden Morales hükümetine sert eleştiriler duyulmaya başlandı. Ülkenin "modernleştirilmesi" için daha dik duran, köylülere teslim olmayacak bir başkana ihtiyaçları olduğunu ilan ettiler.

İkinci örnek de Potosi bölgesinde yaşandı. Burası Morales' ikinci başkanlık dönemine başladığı 2014'ten sonra merkezi hükümetten yeterli yardım alamadıklarından şikâyet eden bir bölgeydi. Dünyanın en büyük tuz gölü olan "Salar de Uyuni"nin bulunduğu Potosi, çok zengin madenlere sahip. Morales'in 2018 Aralık ayında 3738 numaralı kararnameyle Alman ACISA şirketiyle ortak karma Bolivya Lityum Madenleri (YLB) şirketinin kuruluşunu ilan etmesi, bölgede hoşnutsuzluğu daha da artırdı. Potosi yerleşimindeki Lityum rezervlerinin neredeyse %70'ini barındırıyor. Yapılan anlaşmayla Alman şirket %49 hisseye sahip oldu. Sağcı sermayenin elindeki Potosi Sivil Komitesi (Comcipo) bölgede sınırsız bir genel grev ilan etti. Zamanla içlerinde daha önce MAS'ın ittifakı olanlar dâhil farklı sosyal kesimler greve katıldılar. Morales'in kararnamayı iptal etmesi bile grevi durdurmaya yetmedi. 20 Ekim seçimleri üzerinden iki hafta geçmişti. Bu defa hükümet Alman şirketiyle yapılan anlaşmayı da iptal ettiğini duyurdu. ACISA Genel Direktörü Wolfgang Schmutz, haberi 4 Kasım'da radyodan öğrendiklerini açıkladı. Alman otomobil endüstrisinin geleceği bu anlaşmaya bağlıydı. Spigel dergisine açıklama yapan Schmutz, Potosi'ye verilen kâr payını kendilerinin belirlemediğini söyledi. İddiaya göre Potosi kârdan %3 pay alacaktı ve bu benzer örneklerden oldukça düşük bir orandı. Örneğin Arjantin'de yerel birimlerin yatırımlardan aldığı pay %8-10'du.

20 Ekim'de seçimi protesto eylemlerinin ilk olarak Santa Cruz ve Potosi'de başlaması tesadüf değildir. Egemen sınıflar artık önceki Morales dönemlerinde kâr edinemeyeceklerini fark ettiklerinde saldırıya geçtiler. Ve Morales'in dayandığı toplumsal kesimleri kontrol edemeyecek kadar zayıfladığını gördüler. Zaten uzun süredir sürmekte olan eylemler onun yönetme kapasitesini tartışılır hale getirmişti. Sermayenin MAS hükümetine güvensizliği 2008'deki yeni anayasa çatışmasında da ortaya çıkmıştı, fakat bölgesel bloklaşma görülmemişti.

#### 4. Irkçı ve yerli düşmanı örgütlenmenin kırılmayan gücü

Darbenin temel ve itici gücünün ırkçı örgütlenmeler olduğu açıkça görülüyor. Morales'in terk etmesi üzerine başkanlık sarayına giren ilk kişinin Camacho olması ve Áñez'in kendini başkan ilan etmesi bunun bir kanıtı. 13 yıllık MAS iktidarının en büyük başarısızlığı belki de yerli ve köylülere yönelik ırkçı kültürü kıramamasıdır. Yüzyıllar boyunca

Bolivya'ya egemen olan beyaz azınlığın ideolojisi ve onun yarattığı ekonomi ırkçı temelde toplumsal kastları oluşturmuş. 2005'teki devrim dalgası bu kastları zayıflatmış ve birbiriyle hareket edemez hale getirmişti. 2008'de yapılan anayasanın yerli kültürü ve kimliğini üstte tutan yapısına rağmen yeni toplumsal sözleşmeyi benimsemeyen elitlerin gücü ırkçı yapıyı ayakta tuttu. Oligarşik yapının sürekliliği ve dayandığı sermaye gücünün artması onun yarattığı kastların etkinliğini de artırdı. Ekonomik çıkarlara dayalı siyasal çatışma, önceki dönemde birlikte hareket etmeyen bu yapıları birbirine yakınlaştırdı. Morales'in ırkçı ideolojiye sahip sermaye gruplarını kendine yedekleme politikası da başarısız olunca inisiyatif bu gruplara geçti.



Áñez

Darbeci muhalefetin önderliğini ele alan Luis Camacho'nun kimliği ve kişiliği Bolivya'daki egemen sınıfı iyi biçimde yansıtır. "Panama Papers" belgelerinde vergi kaçakçısı olarak geçen kriminal burjuva Camacho, nisan ayında "Santa Cruz Sivil Komitesi" adlı örgütün başına geldi. Temmuz ayında Morales'in yeniden seçime girmesine karşı kampanya başlattı. Seçimlerin gerçekleştiği gün ise doğu eyaletlerinde ayaklanmaya önderlik etti. Morales'in Amerikan Devletleri Örgütü'nün inceleme yapmasını kabul etmesiyle Camacho'nun sokak hareketi daha da sertleşti. Camacho, eylemciliğiyle ve dinciliğiyle Katolik ve evanjelist kilisesini, ticaret ve işadamları konfederasyonunu, doğu eyaletleri tarım üreticileri odasını kendi bloğuna katmayı başardı. Buna karşılık MAS iktidarının en önemli destekçilerinden Potosi Maden Kooperatifi'nin Morales'in istifasını istemesi Camacho'nun faşist cephesini çok daha üstün hale getirdi.

#### 5. MAS'ın sosyal ittifaklarını, Morales'in polis ve askerin idaresini kaybetmesi

İktidar bloğunu ayakta tutan sosyal güçlerin geri çekilmesinin bir sonucu olarak Morales, sokak mücadelesine girmeden istifasını vermek zorunda kaldı. 2008'deki Anayasa çatışmaları sırasında Morales'e omuz veren hiçbir sosyal hareket bu defa meydanda yoktu. Zaten Morales Bolivya Devlet Başkanlığının ikinci yarısından bu yana sosyal ve politik desteğini yitirmeye başlamıştı. Bazıları çoktan muhalefete geçmişti. Bu süreçte oligarşinin kalesi olan doğu eyaletlerinde hemen tüm ittifak-

larını, başkentteki koka üreticisi destekçilerini, Potosi'deki kooperatifleri, CONAMAQ isimli ulusal yerli meclisi örgütlenmesini, Cochabamba fabrikalarını yitirdi. Anlaşılan Morales başkanlık döneminde partisinin toplumsal dayanağı olan sosyal örgütlenmeleri iktidarına yedeklemeye çalışmış, fakat başaramamıştı. Bunun sebebi Bolivya'da toplumsal hareketin temeli olan örgütlenmelerin uzun mücadele süreçlerinde ve otonom yapıda ortaya çıkmasıydı. Bir iktidarı destekleyebilir fakat sert bir yapıya sahip olmaları sebebiyle iktidar içinde eriyemezlerdi. Morales ve yardımcısı Garcia Linera, sosyal hareketin zirvede olduğu bir dönemde liderliğe gelmişti. Fakat zaman içinde hareketin önünde bir engel oldukları düşüncesine yol açtılar.



Luis Fernando Camacho

Darbeye polis teşkilatının katılımı çıplak gözle izlenebiliyordu. Daha başlangıçta faşist çeteler Morales taraftarlarına saldırdığında, polis ortalıklarda görünmüyordu. Sonra La Paz, Cochabamba, Potosi ve Santa Cruz'da polis merkezleri ayaklanarak muhalefetin tarafına geçtiğini ilan etti. Olan biteni izleyen Silahlı Kuvvetler, Morales'in yeniden seçime gitme çağrısını yapmasıyla sessizliğini bozdu ve istifasını istedi. Polis ve asker darbenin bir parçasıdır. Rejimin silahlı güçleri, rejimin kurumlarının yasal güvenliğini bile sağlayamayacak durumdadır. 13 yıllık MAS iktidarından kendisine değil belki ama hiç olmazsa rejime sadık bir güvenlik örgütlenmesi bırakması beklenirdi.

### Darbenin ardındaki uluslararası güçler

ABD yarım asırdan uzun süredir Bolivya'da hâkim. Bu ülkede yapılan askeri darbelerden Che'nin öldürülmesine her olayda ABD'nin parmağı olduğunu herkes biliyor. Venezuela'dan çok önce Bolivya'da USAID aktif biçimde çalışıyordu. Koka üretimi bahanesiyle uyuşturucuyla mücadelede işbirliği adı altında DEA burada güçlü istihbarat faaliyeti yürütüyordu. Eskiden Silahlı Kuvvetlerde atamalar ve rütbe ABD büyükelçisinin iki dudağının arasındaydı. Hepsine Morales son verdi. ABD elçisini, USAID'i ve DEA'yı ülkeden kovdu. Wikileaks belgelerindeki bu konuda çok sayıda ABD dışişleri yazışması ortaya çıktı. Bolivya'dan kovulan ABD'nin, komşusu Paraguay'da sınıra yakın büyük bir askeri üs kurduğu bir sır değil.

ABD denetimindeki Amerikan Devletleri Örgütü "OAS" açıkça Morales karşıtı cepheyi destekledi. Seçimi geçerli saymadı ve sonrasında Morales'in istifasını istedi. Aynen Venezuela'da olduğu gibi ABD, İngiltere ve OAS kendini devlet başkanı ilan eden Añez'i hemen tanıdı. Buna bölgedeki ABD ittifakları da Kolombiya, Guatemala, Brezilya katıldı.

Asıl beklenmedik olan Rusya'nın tanıma kararıydı. Rus Dışişleri Bakan Yardımcısı Serguéi Riabkov, Añez'i tanıma kararını "meclis çoğunluğuyla seçilmemesine karşın mevcut durumda o başkan sayılır" diye açıkladı. Oysa her şeyden önce Bolivya Meclisi Morales'in istifasını oylamak zorundaydı. Senato da istifayı onaylarsa Morales'in başkanlığı düşebilirdi. Bu durumda Senato başkanı, olmazsa yardımcısı geçici olarak başkanlığı üstlenebilirdi. Morales'in partisinden olan Senato Başkanı Adriana Salvatierra darbe sırasında ailesi rehin alındığı için istifa ettiğini açıklamıştı. Onun yardımcısı olan Ruben Medinacelli'nin de darbeden sonra istifa ettiği söylenmişti. Oysa her ikisi de darbeden birkaç gün sonra Kongre binasına gitmiş, fakat içeri alınmamışlardı. Añez senatonun ikinci başkan yardımcısı sıfatıyla başkanlığı üstlenmişti. Ancak böyle bir yetkiyi devralabilmek için yine senatonun oyuna ihtiyacı vardı. Kendi kendini başkan ilan etme yasadışıydı. Bunu Rusya bilmiyor olamaz.

Oysa daha geçen temmuzda Morales, Moskova'ya giderek bazı stratejik anlaşmalar imzalamıştı. Tarım alanından uçak sanayiine, demiryollarından nükleer reaktör yapımına kadar geniş bir alanı kapsayan iki ülke arasındaki geniş işbirliği sağlanmıştı. Ancak seçim günü daha sonuçlar netleşmeden Rus haber ajansı Sputnik'in, Morales'in ilk turda kazanamadığını haber yapması akıllarda şüphe uyandırdı.

Rus dışişleri tanıma kararını açıklarken Brezilya başkenti Brasilia'da bulunuyordu. Birkaç gün sonra Putin, BRICS toplantısında Brezilya Devlet Başkanı Bolsonaro'nun elini sıkacaktı. Putin'in verdiği resim, Rusya'nın -ABD'nin bölgedeki en radikal ortağı olan Brezilya'yı kaybetmemek için Morales'i feda ettiği düşüncesini uyandırdı.

Çin'in darbe karşısındaki sessizliği de sorulara yol açıyor. 2017'de Bolivya madenlerinin %61'i Asya bölgesine ihraç edilmişti. En büyük pay da Çin'indi. Ayrıca Pasifik'ten Atlantik'e "İkinci İpek Yolu"nun ana taşıyıcısı Bolivya. Bu ülkedeki siyasi gelişmeler Çin'in ekonomik çıkarlarını etkileyebilir. Öyleyse Asya devinin Morales darbesiyle ilgilenmemesi düşünülemez. Santa Cruz bölgesindeki yatırımlarıyla birlikte ele aldığımızda, Bolivya sermayesiyle Çinli şirketlerin yakın ilişkileri olduğu kuşku götürmez. Morales'in doğu eyaletlerinde başta Çinli olmak üzere yabancı şirketler için tarım alanı açmak için yayımladığı kararnameyi iptal etmek zorunda kalması bu ülkenin sessizliğine sebep sayılabilir.

## Morales'in hatası

Bazılarına göre Morales anayasayı zorlamakla hata yapmıştı. Oysa referandum ve sonrasında Anayasa Mahkemesine gitme önerisi bugün Morales'e karşı darbecileri destekleyen Amerikan Devletleri Örgütü OAS'tan gelmişti. Bu süreçte muhalefetin adayı Carlos Mesa bizzat Morales tarafından Bolivya'nın en önemli dış politika konusu olan denize çıkışıyla ilgili özel temsilci olarak atanmıştı. Yani bugün bize yansıdığı gibi iktidarla muhalefet arasında uzlaşmaz karşıtlık durumu yoktu.

Darbe sonrası yasal muhalefet lideri Carlos Mesa'nın adı bile geçmiyor. Yaratılan terör, Mesa'nın muhalefetini gölgede bıraktı. %35 oy alan bir liderin Morales'in olmadığı koşullarda inisiyatifi ele alması beklenirdi. Morales'le iktidar yarışına giren Mesa yerine sıradan bir faşist senatör devlet başkanı kolтуна oturdu.

Yeniden seçime girmenin sınırlanmasının siyaset alanını daralttığı gerçeği bir yana, %45 oy almış bir adayın ilk turda seçilmeye yeterli olmadığı iddiası art niyetlidir. Örneğin ABD'nin çok "demokratik" biçimde seçtiği Brezilya Devlet Başkanı Bolsonaro %33, Kolombiya Başkanı Ivan Duque %21, Şili Başkanı Sebastian Piñera %16 seçmenin oyunu almıştır.



Muhalefetin iddiası %2-3'lük bir oranın iktidar tarafından manipüle edildiği yönündedir. Morales'in ve partisinin aldığı oyun %10 mu %9 mu muhalefetten önde olduğu tartışılabilir, ama açık ara önde olduğu kesindir. Üstelik Morales'in ülkede yaratılan kaosa son vermek için yaptığı yeniden seçim çağrısı reddedilmiştir. Muhalefete bağlı çeteler iktidar partisine üye milletvekili, senatör, belediye başkanı ve valilerin ailelerini kaçırıp istifaya zorlamış, devlet başkanı ve yardımcısının evlerini yakmıştır. Bu olaylara müdahale etmeyen polis, başkent dâhil dört büyük kentte hükümetin emrinde olmadıklarını ilan edip muhalefete katılmıştır. Tüm bu olanları sessizce izleyen silahlı kuvvetler, OAS'ın seçimleri tanıma kararından sonra, Morales'in istifasını isteyen bir muhtıra yayımlamıştır.

Asker, polis, paramiliter gruplar, dinci ve ırkçı örgütler tarafından Morales hükümetine bir yıldırım

darbesi indirilmiştir. Morales yanıtlanmış, aldatılmış ve süreci öngöremediği için hazırlıksız yakalanmıştır. Uzun vadede oligarşinin çıkar çarkını kırmadığı için; silahlı kuvvetleri millileştiremediği ve özellikle polis teşkilatını kontrol edemediği için yenilmiştir. Bu bir CIA darbesidir. Çünkü bu kadar parçalı ve zayıf bir muhalefeti başka hiçbir kuvvet eşgüdümlü şekilde hareket ettiremezdi. Komplo uzun bir süreçte mükemmel biçimde hazırlanmıştır.

## Latin Amerika'nın dostu kim?

Darbeye karşı Venezuela, Küba ve Nikaragua'nın sert tavrı bekleniyordu. Ancak bu ülkeler ambargo altında oldukları için, Latin Amerika'da etkinlikleri zayıf. Bolivya'da yasadışı rejim tesisine karşı duran ülkelerin başında Arjantin geliyor. Bolivya ile aynı gün yapılan seçimlerde "halkçı ve milli" Alberto Fernandez'i başkan seçen Arjantin'de, darbeyi protesto gösterilerine katılım olağanüstüydü. Üstelik tüm Latin Amerika'da yalnızca Arjantin Meclisi toplandı ve darbeyi kınayan bir karar aldı. Henüz devir teslim yapılmadığı halde başkan Alberto Fernandez, Meksika Devlet Başkanı Manuel Lopez Obrador'u arayarak ortak tavır geliştirdi. Bunun neticesinde Morales ve yardımcısı Meksika'ya gittiler.

Morales kısa vadede pek mümkün olmasa da ülkesine dönecektir. Bolivya'da yeniden iktidara gelme ihtimali ise yok. Darbe sürecinde yalnız kalışı ve ülkeyi terk etmesi bunu gösteriyor. Partisi MAS toparlanabilecek mi yoksa içinden yeni partiler mi çıkacak göreceğiz.

Asıl önemlisi, Morales'i iktidara taşıyan ve 13 yıl orada tutan maden işçileri, kooperatifler, yerli örgütleri ne yapacak? Bu yapılar son elli yılda yarattıkları tek ulusal liderliğin yerine ne koyacaklar? Ülkeyi içinde bulunduğu kaostan çıkaracak bir halk iradesi ortaya çıkacak mı? Oligarşiye karşı halkın tarihsel kazançları nasıl korunacak? Bolivya'nın yeniden emperyalizmin kontrolüne geçmesi nasıl önlenecek?

Her şeye rağmen ırkçı elitin Bolivya'da bir düzen kurması beklenemez. Morales Bolivya'ya dönmese bile, kurulabilecek yeni rejimin asgari demokratik ölçülerde olması mümkün değil. Bolivya'da ırkçı ideolojiye sahip beyaz elitin normal bir rejimde iktidarı elinde tutma ihtimali yok. Kaos ve sosyal katmanların birbiriyle çatışmasının sürmesinden başka beklentileri olamaz. Yahut da Santa Cruz ve Potosi'deki madenlere sahip ülkeyi bölmeyi deneyeceklerdir.

Güney Amerika'da sürekli devrim geleneğine sahip tek ülke olan Bolivya'nın teslim olması beklenemez. Halk hareketi, ırkçı terör karşısında geri çekilmeyecektir. Bolivya emekçileri büyük bedeller ödenecek olan bir mücadelenin başındadır. Yenilebilirler ama asla teslim olmayacaklardır. Zafere kadar yüzyıllar geçse dahi mücadeleye devam edeceklerdir.

## “MAKRO ve MİKRO BOYUTTA EVREN”

# Jupiter'in uydusu Europa'da su bulundu

Dr. Ali Emre GENÇ • Gazi Üniversitesi Fizik Bölümü

**40** yıl önce, Voyager uzay aracı, Jupiter'in 79 uydusundan birisi olan Europa'nın ilk yakın çekim görüntülerini elde etti. Çekilen bu resimler Europa'ya damarlı göz çukuru görüntüsü veren ve uydunun buzlu yüzeyini bölen kahverengimsi çatlakları açığa çıkardı. Onlarca yıldır Güneş sisteminin ötesinin daha iyi anlaşılması için yapılan araştırmalar ve bunun sonucunda elde edilen bilgi birikimi, Europa'yı NASA araştırmalarının odağına oturtmuştur.

Hiç kuşku yok ki, yaşamın temel gereksinim maddelerine sahip olma olasılığı, Europa uydusunu oldukça çekici kılmaktadır. Yaşamın temel maddesi olan sıvı haldeki su ise, araştırmacıların bulgularına göre uydunun buzlu zemininin altında yer almakta ve zaman zaman devasa gayzerlerden patlama yoluyla atmosfere salınabilmektedir. Ancak şu ana kadar kimse direkt olarak patlama sonucu oluşan bulutsuların su moleküllerinden oluştuğunu kesin olarak tespit edememişti. Şimdi ise NASA bünyesinde yapılan araştırmalar vasıtasıyla Europa yüzeyinde ilk kez su buharı tespit edilmiştir. Bilimsel araştırma grubu Hawaii'de bulunan Dünya'nın en büyük teleskopu ile Europa'nın yüzeyini incelerken tespit etmiştir. Gayzerlerde meydana gelen devasa patlamaların su buharı çıkışına sebep olduğu bulgusu, Jupiter'in uydusu Europa'nın iç kısmının nasıl çalıştığına dair bulgular elde edilmesine olanak sağlayacaktır. Örneğin bilim insanlarının emin olduğu bazı fıkirlere göre, Dünya'nın iki katı büyüklüğünde olan ve kilometrelerce kalınlıktaki buzul tabakasının altında sıvı haldeki suyun oluşturduğu okyanusun varlığına dair bilgiyi desteklemektedir. Şüphelenilen bir diğer su kaynağı ise yüzeyden çok da aşağıda olmayan ve buzun erimesiyle oluşmuş sıvı su birikintileridir. Ayrıca, Jupiter kaynaklı yüksek elektromanyetik radyasyon, buzun tabakası üzerinden su moleküllerini kopartarak su bulutlarının oluşmasına sebep olmaktadır.

NASA'dan gökbilimci Lucas Paganini bu durumu şu şekilde ifade ediyor: "Karbon, hidrojen, oksijen, nitrojen, fosfor ve sülfür gibi temel kimyasal elementler ile gerekli enerji kaynağı Güneş sisteminin herhangi bir yerinde bulunmaktadır. Ancak üçüncüsü, yani sıvı haldeki su, Dünya dışında zor bulunmaktadır." Ve ek-

liyor: "Bilim insanları sıvı haldeki suyu tespit edemeyen, biz en iyisini bulduk: Su buharını."

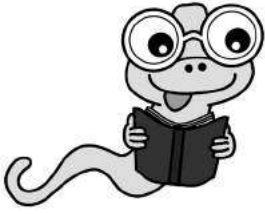
Paganini ve ekibinin 18 Kasım 2019 tarihinde oldukça prestijli Nature Astronomi adlı dergide yayımlanan makalesine göre, Europa yüzeyinden saniyede 2360 kg su fışkırmaktadır. Bu su miktarı, olimpiik yüzme havuzunu birkaç dakika içinde doldurabilir. Bu konuda araştırmalar çok öncesine dayanıyor aslında. Galileo uzay aracı 1995 ve 2003 yılları arasında Europa uydusunun Jupiter'e yakın taraflarında manyetik bozukluklar tespit etti. Bilim insanları bu bulguya dayanarak, o bölgede elektriksel iletim sağlayabilen bir sıvının varlığına işaret ettiler. Bu manyetik bozukluklar 2018 yılında tekrar incelendiğinde, su buharına ait bulgular tespit ettiler. Bu arada 2013 yılında NASA'nın Hubble uzay teleskopu kullanılarak yapılan gözlemlerde Europa'nın atmosferinde suyun bileşenleri olan hidrojen ve oksijenin bulut benzeri yapılar içerisinde bulunduğu bilgisi elde edildi.

Dünya dışı bir gezegende suya ait izleri aramak da oldukça zorlu bir yol. Uzay araçlarının bu konuda yeterlilikleri oldukça sınırlı olduğu için genellikle yeryüzünde bulunan teleskoplar kullanılır. Ancak burada da Dünya atmosferinde bulunan su moleküllerinin, öte gezegenlerden gelen radyo dalgalarını bozması söz konusudur. Yani yeryüzündeki devasa teleskoplar bile gelen sinyalin öte gezegenlerden mi yoksa Dünya atmosferinden mi geldiğini ayırt edemezler. Paganini ve ekibi bu etkiyi en aza indirmek için kompleks matematiksel bilgisayar modellemeleri kullandı. Bu modellemeler ile atmosferik su sinyalleri, öte gezegen veya uydulardan gelen suya ait sinyallerden ayırt edilebilmiştir.

2020'li yılların ortalarında başlatılması planlanan Europa Clipper görevi ise, Europa uydusunun yüzeyi ve yüzeyi saran buzul tabakası ile su bulutlarının analizini daha doğru bir şekilde gerçekleştirecek. Ayrıca yüzeye iniş yapılabilecek uygun alan bulunduğu uyduya ait kaya örnekleri de alınabilecek.

### Kaynak

<https://www.nasa.gov/>



# KİTAPKURDU

Hazırlayan: A. Gökalp ÇİFTÇİOĞLU

## AKDENİZ'DE SAVAŞ

Hüseyin Serdar Tabakoğlu



İspanya'da Simancas Arşivi ve Madrid Deniz Müzesi Arşivi gibi Akdeniz'deki Osmanlı-İspanyol mücadelesine dair en kritik bilgileri barındıran yerlerde yaptığı araştırmalarla eserini oluşturan Hüseyin Serdar Tabakoğlu; denizlerde kıran kırana geçen bir yüzyılın köklerine iniyor. Osmanlı ve İspanyol denizgücünü ilk defa karşılaştırmalı olarak inceleyen Tabakoğlu, donanma hazırlığından savaşa, teknik detaylardan stratejik hamlelere dek meselenin tüm boyutlarını derinlemesine irdeliyor.

**Kronik Kitap, Mayıs 2019, 368 sayfa.**

## MİLYARLARCA VE MİLYARLARCA

Carl Sagan



Hayatını bilime ve bilimi sevdirmeye adanmış usta bilimci Carl Sagan bu son kitabında, bir ömür boyu damıttığı bilgeliğiyle yaşama, dünyaya ve bizi kuşatan evrene dair yakıcı sorulara yanıt arıyor. Gelecek yüzyılın insanın önüne çıkaracağı güçlüklerle mücadele edebilmek için bilim ve şefkatin nasıl kaynaştırılacağı meselesini eksene alarak, başta yaşam, sevgi, ölüm, tanrı kavramları olmak üzere kozmosun sınırlarından insan zihninin derinliklerine kadar uzanan çok geniş bir alanda pek çok konuya değiniyor.

**Say Kitap, 2019, 304 sayfa.**

## TARİH BİLİMİ VE METODOLOJİSİ

Editör: Mehmet Yaşar Ertaş

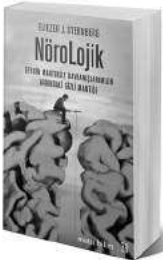


Lisans öğrencilerinin, tarih araştırmasında bir fıkın/sorunun oluşmasından araştırma ve yazma sürecine kadar rehber edinebileceği bir nitelikte hazırlanmış olan bu kitap, yüksek lisans ve doktora seviyesindeki öğrencilere hitap etmektedir. Ders kitabı formatında hazırlanmış olsa da tarih meraklıları da kitaptan istifade edebilecektir.

**İdeal Kitap, 2019, 456 sayfa.**

## NÖROLOJİK

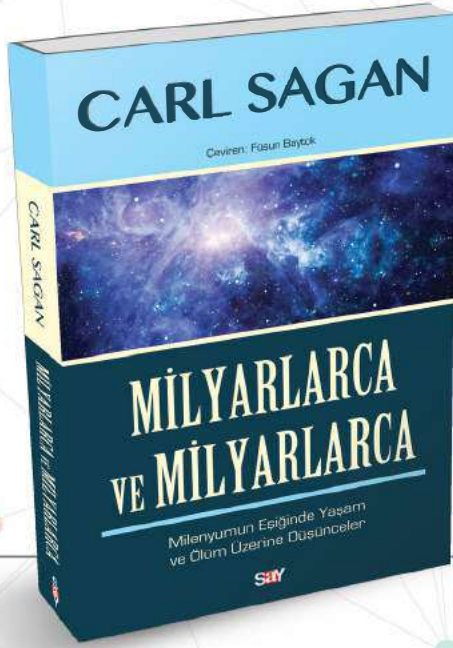
Eliezer J. Steinberg



Beynimiz algımızdaki boşlukları neden ve nasıl doldurur? Körler halüsinasyon "görebilir" mi? Zihin "kasımızı" kasarak fiziksel performansımızı artırabilir miyiz? Farkında olmadan gördüğümüz şeyler ruh halimizi ve kararlarımızı nasıl etkiler? Sahte anılar nereden gelir? Uzaylılar tarafından kaçırıldığını ya da doğüstü varlıklarla temas kurduğunu iddia eden insanlar gerçekte ne yaşar? Neden kendimizi gıdıklayamayız? Hipnozla cinayet işlenebilir mi? Zihin "parçalandığında" ne olur? Nörolog Eliezer Sternberg, beynimizin bilinçli ve bilinçdışı düzeyde algılarımızı işleyerek anlamlı bir yaşantı oluşturmak için nasıl canhıraş uğraştığını açıklarken bu ve benzer ilginç sorulara detaylı sinirbilimsel yanıtlar sunuyor.

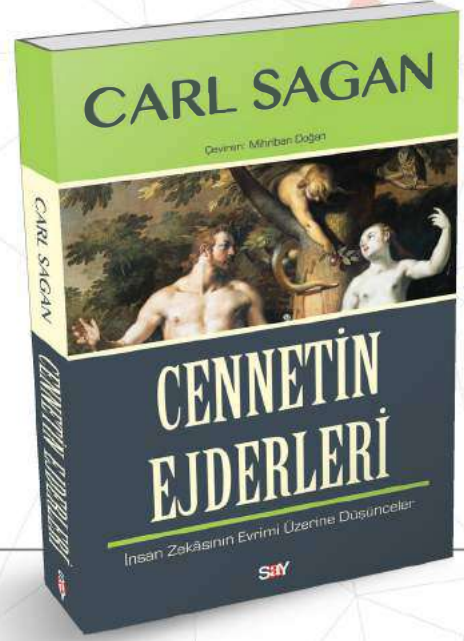
**Metis Bilim, Kasım 2019, 336 sayfa.**

# Hayatını Bilime Adanmış Usta Yazar Carl Sagan, SAY YAYINLARI'nda!



Carl Sagan bu son kitabında, bir ömür boyu damıttığı bilgeliğiyle yaşama, dünyaya ve bizi kuşatan evrene dair yakıcı sorulara yanıt arıyor.

Çeviren: Füsun Baytok - 304 sayfa



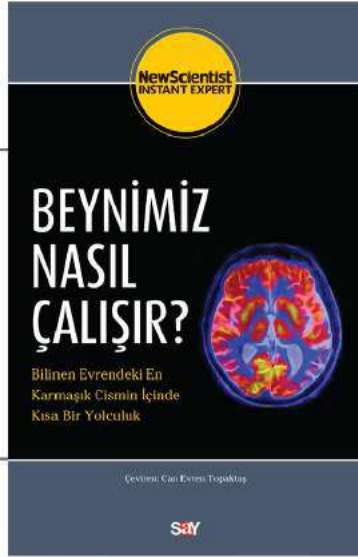
Carl Sagan'ın bilim ile mitoloji arasında çarpıcı paralellikler kurduğu klasikleşen yapıtı *Cennetin Ejderleri* yenilenen kapak tasarımıyla tekrar raflarda!

Çeviren: Mihriban Doğan - 272 sayfa

## New Scientist Serisi

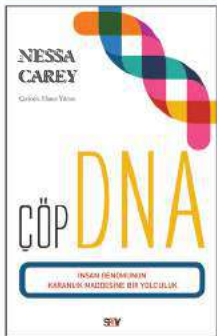
Beynimizin içinde olup bitenleri, önemli araştırmacıları ve teknolojiye gelişmelerin beyin araştırmalarına nasıl katkı sağladığını keşfetmeniz için mükemmel bir kaynak.

Çeviren: Can Evren Topaktaş  
280 sayfa



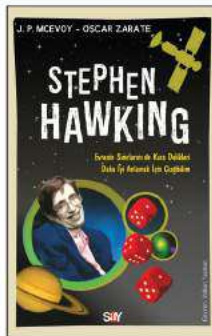
Evrenin oluşumuna dair 13 milyar yıllık bir yolculuk...

Çeviren: Mihriban Doğan  
216 sayfa



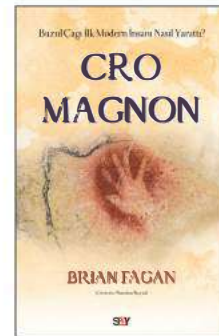
İnsan Genomunun Karanlık Madyesine Bir Yolculuk

ÇÖP DNA  
Nessa Carey  
Çeviren: Elanur Yılmaz  
400 Sayfa



Evrenin Sınırlarını ve Kara Delikleri Daha İyi Anlamak İçin Çizgibilim

STEPHEN HAWKING  
J. P. McEvoy - Oscar Zarate  
Çeviren: Volkan Yazman  
176 Sayfa



Buzul Çağı İlk Modern İnsanı Nasıl Yaratmış?

CRO-MAGNON  
Brian Fagan  
Çeviren: Nurdan Soysal  
376 Sayfa

[www.sayyayincilik.com](http://www.sayyayincilik.com) / [www.saykitap.com](http://www.saykitap.com)

Tel.: (0212) 512 21 58 • e-posta: [dagitim@saykitap.com](mailto:dagitim@saykitap.com)

[www.facebook.com/sayyayincilik](https://www.facebook.com/sayyayincilik)

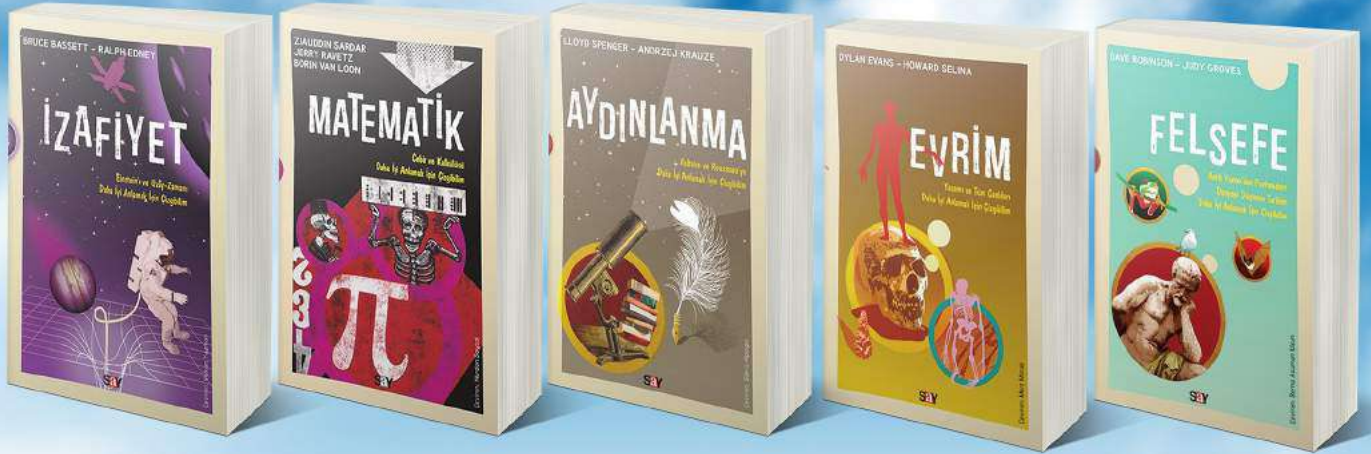
[www.twitter.com/sayyayincilik](https://www.twitter.com/sayyayincilik)

[www.instagram.com/sayyayincilik](https://www.instagram.com/sayyayincilik)

**say**

# yıllık abonelik kampanyası!

YILLIK ABONE OLAN HER OKURUMUZA  
SAY YAYINLARI ÇİZGİBİLİM  
SERİSİNDEN SEÇTİĞİ HER BİRİ  
25 TL DEĞERİNDE  
BİR KİTAP HEDİYE



Abonelik için: [magaza.bilimveutopya.com.tr](http://magaza.bilimveutopya.com.tr)  
Sipariş verirken seçtiğiniz kitabı açıklama kısmında belirtmeyi unutmayın!

# BİLİM ve UTOPYA

Not: Kampanya 1 - 31 Aralık 2019 tarihleri arasında geçerli olup, yıllık basılı dergi aboneliğini kapsamaktadır.