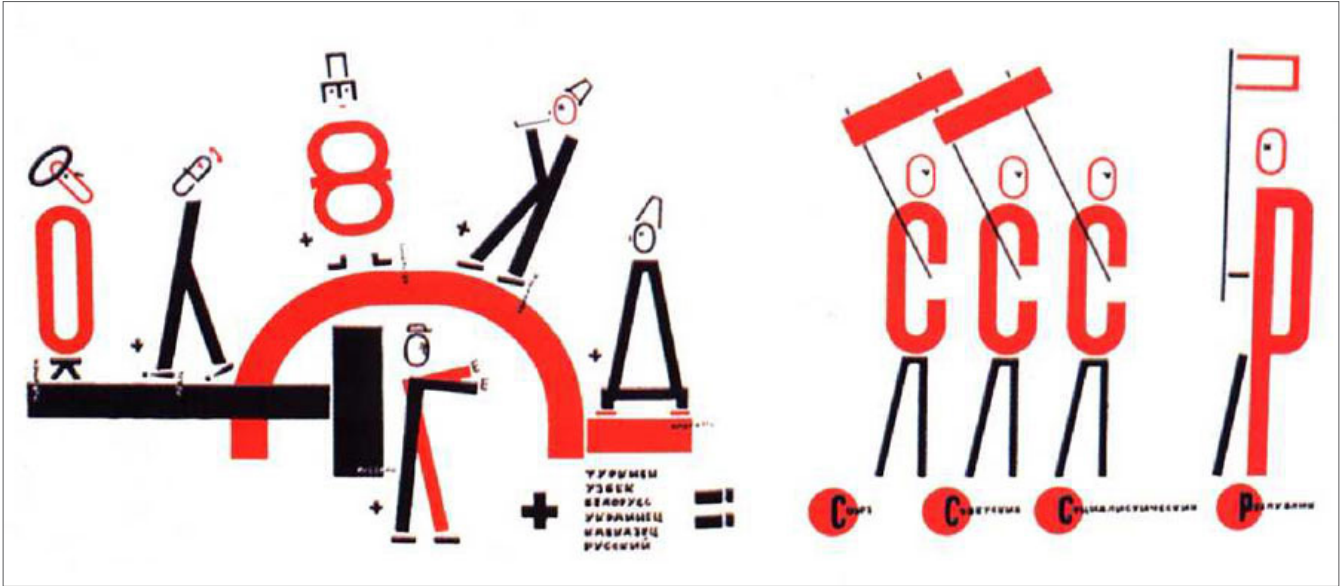


# Madde, Diyalektik ve Toplum

Bilim ve Aydınlanma Akademisi

Ağustos 2021 | Cilt 4 | Sayı 3



## DOSYA: EVRİMSEL FİZYOLOJİ

Solunum Sisteminin Evrimine Bir Bakış

Termoregülasyonun Evrimi

Ağrı Duyusuna Evrimsel Bakış

Gözün Evrimi

## DOSYA: TARİHTE BİLİM

Bilim İle Dinin Kesiştiği Yerde Büyük  
Bilimciler

Dolunay Topluluğu, Joseph Priestley ve  
Oksijenin Keşfi

## DOSYA DIŞI

Göç ve Mülteci Çalışmalarında Büyük Veri  
Kullanımı

## DOSYA: SOVYETLER BİRLİĞİ'NDE MATEMATİK

1700-1927 Yılları Arasında Rusya ve SSCB'de  
Matematiğin Genel Durumu

SSCB'de Topoloji (1917-1958)

## SÖYLEŞİ

Evrimi Anlatmak Bir Aydınlanma  
Mücadelesidir: Prof. Dr. Cihan Demirci Tansel

*Explaining Evolution is a Struggle for  
Enlightenment: Prof. Dr. Cihan Demirci Tansel*

## KİTAP TANITIMI

Emperyalizmin Karmaşasına Bilimle Bakmak:  
Hegemonya Bunalımı ve Çin



## SUNUŞ

Doğaya, Topluma ve Bilime Tarihsel Yaklaşım ..... 174  
*Yayın Kurulu*

## DOSYA: EVRİMSEL FİZYOLOJİ

Solunum Sisteminin Evrimine Bir Bakış ..... 176  
*Fırat Akat*

Termoregülasyonun Evrimi ..... 182  
*Sertaç Üstün*

Ağrı Duyusuna Evrimsel Bakış ..... 189  
*Hazal Artuvan Korkmaz*

Gözün Evrimi ..... 195  
*Şayeste Çağıl İnal*

## DOSYA: SOVYETLER BİRLİĞİ'NDE MATEMATİK

1700-1927 Yılları Arasında Rusya ve SSCB'de Matematiğin Genel Durumu ..... 204  
*Engin Özkan*

SSCB'de Topoloji (1917-1958) ..... 211  
*Oğuz Şavk*

## DOSYA: TARİHTE BİLİM

Bilim ile Dinin Kesiştiği Yerde Büyük Bilimciler ..... 222  
*Hasan Karabıyık*

Dolunay Topluluğu, Joseph Priestley ve Oksijenin Keşfi ..... 232  
*Damla Ülker*

## DOSYA DIŞI

Göç ve Mülteci Çalışmalarında Büyük Veri Kullanımı ..... 241  
*Eren Korkmaz*

## SÖYLEŞİ

Evrimi Anlatmak Bir Aydınlanma Mücadelesidir: Prof. Dr. Cihan Demirci Tansel ..... 250  
*Zelal Özgür Durmuş (Çözümleme: Hakan Mutlu)*

Explaining Evolution is a Struggle for Enlightenment: Prof. Dr. Cihan Demirci Tansel ..... 255  
*Zelal Özgür Durmuş (Çeviri: Eda Şamiloğlu)*

## KİTAP TANITIMI

Emperyalizmin Karmaşasına Bilimle Bakmak: Hegemonya Bunalımı ve Çin ..... 260  
*Nevzat Evrim Önal*

## Madde, Diyalektik ve Toplum

*Bilim ve Aydınlanma Akademisi'nin hakemli dergisidir.*

Yılda dört sayı ve elektronik dergi olarak yayımlanır.

Ağustos 2021 | Cilt 4 | Sayı 3

## Yayın Kurulu Sekreteri

Erhan Nalçacı

## Yayın Kurulu

Alp Öztarhan, Engin Özkan, Erhan Nalçacı, Ezgi Altınışık, Gizem Batı Ayaz, Gizem Gül, İraz Akış, Kıvanç İbrahim Ünlütürk, Kıvılcım Başak Vural, Mehmet Ali Olpak, Nevzat Evrim Önal, Oğuz Şavk, Suzan Şahin, Tolga Binbay, Yavuz Köroğlu, Zelal Özgür Durmuş

## Danışma Kurulu

Ahmet Can Bilgin, Ahmet Soysal, Aydemir Güler, Ayhan Filazi, Bora Maviş, Burçak Özoğlu, Bülent Cengiz, Candan Badem, Cihan Demirci, Çağlar Güven, Çiğdem Çağlayan, E. Zeynep Suda, Ebru Aylar, Emre Akbaş, Engin Akkaya, Ergi Deniz Özsoy, Erol Eroğlu, Ferit Pehlivan, Gamze Yücesan Özdemir, Gökhan Akbay, Gökhan Alkaç, Güvem Gümüş Akay, Hasan Karabıyık, Hüseyin Özel, Ilgın Gökler Danışman, İlhan İkedo, İlker Belek, Korkut Boratav, Mahinur Akkaya, Mehmet Somel, Mesut Odman, Murat Türkeş, Mustafa Türkeş, Necati Çıtak, Nezhun Gören, Oğuz Oyan, Özgür Aydın, Rifat Okçabol, Ruhan Alpaydın, Senih Gürses, Serdal Bahçe, Sinan Sönmez, Suat Özeren, Volkan Kavas, Yeliz Kırdap Tepe, Yıldırım Ozan, Yılmaz Selim Erdal, Zuhal Okuyan

## Adres

Konur Sokak, No: 51/6, 06420  
Kızılay-Çankaya/Ankara

## E-posta

mdt@bilimveaydinlanma.org

## DOĞAYA, TOPLUMA VE BİLİME TARİHSEL YAKLAŞIM

**M**adde, Diyalektik ve Toplum olarak basit veya karmaşık her fenomeni diyalektik bir süreçle yerleştirerek anlamaya çalıştık. Süreçlerin öncüllerini, çelişkilerini, nitelikçe değişimlerini ve çok yönlü etkileşimlerini içeren bir tarihi olduğunu biliyoruz. *Madde, Diyalektik ve Toplum*'un bu sayısı bu yaklaşımı somutlayarak hem canlılığın hem bilimin tarihine eğiliyor.

İlk dosyamız olan *Evrimsel Fizyoloji* ile sonraki sayılarımızda da devam edecek bir temaya başlıyoruz. İçinde bulunduğumuz gericilik döneminde canlılardaki beden işlevlerinin bir süreç olarak doğa tarihi içinde incelenmesinde önemli sorunlar yaşanıyor. Bu durum sadece gericiliğin üniversiteleri, akademiye ele geçirmeye çalışmasından değil, pozitivistlerin tarih dışı bir fizyoloji kavrayışına sahip olmasından da kaynaklanıyor. Dosyayı incelediğiniz zaman fizyolojik süreçlerin nasıl bir hedefi olmadan paralel süreçlerle ilerlediğini, tarih içinde belli nesnelliklerde benzer özelliklerin nasıl ortaya çıktığını fark edeceksiniz.

*Dosyadaki yazılara gelecek olursak: Solunum sisteminin evrimine bir bakış* ile Fırat Akat milyarlarca yıl öncesinde atmosfer koşullarının değişiminden başlayarak solunumun evrimine bir giriş yapıyor. Sertaç Üstün ise ortam sıcaklığına göre vücut sıcaklığının korunma mekanizmalarının evrimini inceliyor. Hazal Artuvan Korkmaz "Ağrı duyusuna evrimsel bakış" başlıklı makalesinde toplumsal pratik açısından da önemli olan ağrı duyusunu ele alıyor. Biyolojik evrim açısından birçok tartışmaya neden olan *gözün evrimi* konusu ise Şayeste Çağır İnâl tarafından inceleniyor.

*Sovyetler Birliği'nde Matematik* dosyası ile uçsuz bucaksız bir konuya giriş yapıyoruz. Matematik bilimi Sovyet bilim tarihi içinde en çok gelişen alanlardan biriydi ve ne bir dosya ne de tek bir kitap ile bu konuyu etraflıca ele almak mümkün. Ama dosyamızın önemli bir başlangıç olduğunu düşünüyoruz. Engin Özkan *1700-1927 yılları arasında Rusya ve SSCB'de matematiğin genel durumu* başlıklı makalesinde Çarlık döneminden başlayarak Ekim Devrimi'nin ilk on yılındaki gelişmeleri ana hatla-

ryla gözden geçiriyor. Oğuz Şavk ise *SSCB'de topoloji (1917-1958)* konulu makalesinde Sovyetlerin ilk 40 yılında topolojinin gelişimini ele alıyor.

*Tarihte Bilim* ise daha önce de açtığımız ve *Madde, Diyalektik ve Toplum*'un sürekli temalarından birisi. Hasan Karabıyık önemli bir konuya el atıyor ve aydınlanmaya katkılar yapmış Newton gibi bilim insanlarının dindar veya mistik diye damgalanmasıyla hesaplaşıyor. Damla Ülker ise benzer bir aydınlanma dönemini *Dolunay Topluluğu, Joseph Priestley ve Oksijenin Keşfi* başlıklı makalesinde inceliyor.

Bu sayının dosya dışı tek makalesi Eren Korkmaz'a ait. Eren Korkmaz *Göç ve Mülteci Çalışmalarında Büyük Veri Kullanımı* başlıklı yazısında çok önemli iki güncel konuyu, göç ve büyük veri kullanımını birlikte ele alıyor.

Söyleşi bölümünde bu sayının konuğu Prof. Dr. Cihan Demirci Tansel. Zelal Özgür Durmuş tarafından yapılan söyleşide aydınlanma mücadelesine tanıklık eden önemli bir isimden canlı tarih çalışması gerçekleştiriliyor. Çözümlemeyi yapan Hakan Mutlu'ya ve çeviriyi yapan Eda Şamiloğlu'na da teşekkür ediyoruz.

Kitap tanıtımı bölümünde ise Nevzat Evrim Önal, Alper Birdal'ın Yazılama Yayınevi tarafından geçtiğimiz aylarda yayımlanan *Hegemonya Bunalımı ve Çin* kitabını tanıtıyor. Birdal'ın kitabı iktisat biliminin emekçi sınıflardan yana nasıl kullanılabileceğine dair önemli ve güncel bir ışık tutuyor. Ayrıca *günümüz emperyalizmini anlamadan günümüz bilimini ve aydınlanma mücadelesini anlamamanın da mümkün olmadığını bir kez daha, güçlü argümanlarla hatırlatıyor.*

Dergimizin yeni sayısının aydınlanma mücadelesine katkı yapması ve okuyucularımızın bunun taşıyıcısı olması dileğiyle.

**Madde, Diyalektik ve Toplum Yayın Kurulu**



Tırmanan levrek (*Anabas testitudines*) karada yürürken görülüyor.

Hava solumanın avantajını günümüz türlerinden tırmanan levrekte (*Anabas testitudines*) görebiliriz. Tırmanan levrek ağaçlara dahi tırmanabilen ve karada avlanan bir balıktır.

## DOSYA: EVRİMSEL FİZYOLOJİ

# SOLUNUM SİSTEMİNİN EVRİMİNE BİR BAKIŞ

**Fırat Akat**

Dr. Öğretim Üyesi, Fizyoloji Anabilim Dalı  
Tıp Fakültesi, Ankara Üniversitesi, Ankara  
akatfirat@gmail.com

## ÖZET

Solunum sisteminin ana işlevi dokuların oksijenlenmesidir. Dünyamızın erken dönemlerinde atmosferde oksijen yoktu. Fotosentez ile birlikte ilk kez açığa çıkan serbest oksijen canlılar için oldukça zehirlidir. Sadece antioksidan savunma sistemleri olan türler hayatta kaldılar. Oksijenli solunum ile elde edilen ATP 19 kat fazladır. Bu ekstra enerji çok hücreliliğin gelişimini ve hücrelerin özelleşebilmesini sağlamıştır. Ökaryot hücreler kendi bünyelerine milyonlarca yıl önce katılmış protomitokondri adı verilen prokaryot bir organizma sayesinde oksijenli solunum yapabilirler. Bugün biz bu canlıyı mitokondri organeli olarak isimlendirmekteyiz. Yaşam deniz ortamında başladı ancak deniz ortamının oksijen içeriği sınırlı olduğundan rekabetin artması ile birlikte canlılar denizden karaya geçmeye zorlandılar. Karaya geçiş ile birlikte kurumayı engellemek için solunum organları vücut içerisine çekildi ve yüzey gerilimini engellemek için çeşitli adaptasyonlar gelişti. Meme-liler solunum sistemi konusunda kuşların gerisindedir. Kuşlar hava keseleri sayesinde solunum havasını memelilere kıyasla çok daha verimli kullanabilirler. Oksijenli solunum yapan canlılar çeşitli stres koşullarında (oksijensizlik gibi) evrimsel olarak eski olan anaerobik mekanizmayı devreye sokarak geçici bir süre oksijensiz ortamda enerji üretebilirler. Evrimsel bakış canlı sistemler arasındaki ilişkileri görmeyi amaçlayan bir bakış açıdır. Canlı sistemlerin nasıl çalıştığı ile ilgilenen fizyoloji bilimini evrimsel bakıştan koparmak fizyoloji eğitiminin kalitesini düşürecek, bilim insanları ve sağlık emekçilerinin niteliksiz şekilde yetişmelerine sebep olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Evrim, Solunum Sistemi, Akciğer, Mitokondri, İlk atmosfer.

## EVOLUTION OF THE RESPIRATORY SYSTEM

### ABSTRACT

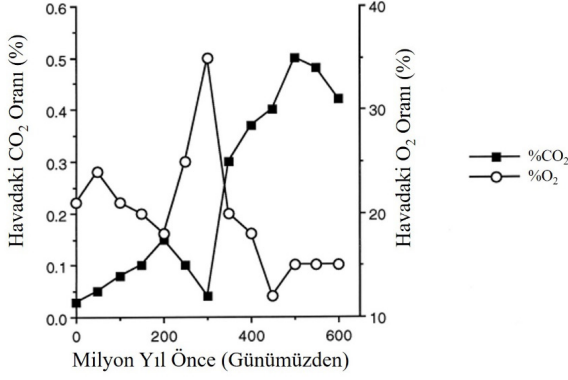
The main function of the respiratory system is the oxygenation of tissues. First, there was no oxygen in the atmosphere. The free oxygen which is a highly toxic substance for living things was released with the start of photosynthesis. Only species with antioxidant defense systems could survive. The ATP produced by aerobic respiration is 19 times higher compared to anaerobic metabolism. This extra energy enables the development of multicellularity and the specialization of cells. Eukaryotic cells can perform aerobic respiration thanks to a prokaryotic organism called protomitochondria, which was incorporated into their own structures millions of years ago. Today we know this creature as an organelle called mitochondrion. Life begins in the marine environment, but since the oxygen content of the marine environment is limited, with the increase of competition, living things are forced to move from sea to land. With the transition to land, respiratory organs are drawn into the body to prevent drying, and various adaptations develop to prevent surface tension. Mammals have more primitive respiratory system compared to birds. With their air sacs, birds can use their respiratory air much more efficiently than mammals. Creatures that breathe oxygen can generate energy in an oxygen-free environment for a temporary time by activating the evolutionarily old anaerobic mechanism under various stress conditions (such as lack of oxygen). The evolutionary perspective is a perspective that aims to see the relationships between living systems. Separating the physiological science, which deals with how living systems work, from the evolutionary perspective will reduce the quality of physiology education and lead to the training of unqualified scientists and health workers.

**Keywords:** Evolution, Respiratory System, Lung, Mitochondrion, Primordial atmosphere.

**S**olunum sisteminin ana işlevi dokuların oksijenlenmesi ve metabolik faaliyetler sonucunda oluşan karbondioksitin uzaklaştırılmasıdır. Oksijensiz ortamda yaşam, bilinen çoğu canlı türü için imkânsızdır. Bizim de içinde bulunduğumuz bu canlılar grubu "*aerob canlılar*" olarak sınıflandırılır. Günümüzde oldukça az sayıda canlı türü oksijensiz ortamda yaşar ve bu canlılar "*anaerob canlılar*" olarak adlandırılır.

Canlılığın tarihi anaerobların tek ve baskın canlı türü olduğu bir dönemle başlar. Jeolojik kayıtlar bize dünyanın ilk atmosferinde oksijenin bulunmadığını ve atmosferdeki oksijen kısmî basıncının bugünkü değerine ulaşana kadar dalgalı bir seyir izlediğini göstermektedir (Şekil 1). Solunum sisteminin oluşması için gerekli nesnellik oksijenin açığa çıkışı ile başlar. Bu nedenle solunum sistemindeki evrimsel gelişimleri atmosferdeki değişiklikler ışığında tartışmak yerinde olur (Holland,

2006).



Şekil 1. Günümüzden 600 milyon yıl öncesine kadar uzanan bir periyotta atmosferdeki oksijen ve karbondioksit oranlarının değişimi. Benzie ve ark.'dan değiştirilerek alınmıştır (Benzie, 2000).

Atmosferimiz bugünkü yapısına ulaşana kadar çok büyük değişimler geçirmiştir. Oluşumunun ilk evresinde dünyamızın bir atmosfere sahip olmadığını biliyoruz. Bunun nedeni oluşum sürecindeki dünyamızın gazların uzay boşluğuna kaçmasını engelleyecek kadar yoğun bir kütleye sahip olmayışıdır<sup>11</sup>. Hafif elementler gaz formunda uzay boşluğuna kaçarken, hafif elementlerin ağır metallerle bileşik oluşturmuş formları yeryüzünde kalabilmiştir. Bileşik oluşturma eğiliminde olmayan soy gazların dünya atmosferinde ihmal edilebilir düzeyde bulunmasının nedeni budur. İlk atmosferin oluşumunu yanardağlara borçluyuz. Oluşum sürecinde oldukça aktif olan volkanlar kızgın lavlar ile birlikte yerkabuğunun derinliklerinde ağır metaller tarafından hapsedilmiş maddeleri yeryüzüne püskürtmüşlerdir (Su buharı azot, karbondioksit, hidrojen, metan, amonyak vb.). Böylece başlangıçta uzaya kaçan, yaşamın oluşumu için gerekli hafif elementler tekrar yeryüzüne çıkabilmişler ve ilk atmosferi oluşturmuşlardır (Kasting ve Howard, 2006). Yanardağların sadece son 4-4,5 milyon yıldan beri yeryüzüne taşıdığı madde miktarının tüm kıtaların toplam kütlesine eşit olduğu düşünülmektedir (Demirsoy, 2003). Yanardağ gazlarının %97'si su buharıdır. Patlamalar ile yüzeye çıkan su buharı yeryüzüne yağmur olarak düşmekte fakat yerkabuğunun sıcaklığından ötürü yere ulaşmadan tekrar buharlaşmaktadır. Bu döngü yerkabuğunun soğumasını hızlandırmış, deniz ve göllerin oluşumuna yol açmıştır (Canfield, 2005).

İlk atmosferde serbest oksijen bulunmamaktadır. Oksijenin ortaya çıkışı ve canlıların bu büyük değişime adaptasyonu şüphesiz doğa tarihinin en önemli olayları arasındadır. Dünyamızda yaşam oksijenden çok önce ortaya çıkmıştır. 4,54 ± 0,05 milyar yaşındaki gezegenimizde yaşam yaklaşık 3,9-3,5 milyar yıl önce başlamıştır. Atmosferimizde 2,4 milyar yıldır oksijen bulunmaktadır (Lane, 2011).

Üç milyar yıl önce mavi-yeşil alg bünyesinde fotosentezin gerçekleşmesi ile serbest oksijen ortaya çıkmıştır. Ancak serbest oksijen canlılar için oldukça

1 Günümüzde bilim insanları ayın atmosferinin olmayışını da benzer şekilde açıklamaktadır.

zehirli bir maddedir (Stamati, Mudera ve Cheema, 2011).

Oksijenin yıkıcı etkilerinden sadece oksijenin zararlı etkilerine karşı koruyucu enzim sistemlerine (antioksidan savunma sistemleri) sahip canlılar korunabilir. Antioksidan koruyucu enzim sistemleri (katalaz, SOD<sup>12</sup> vb.) bugün insan türü dâhil oksijenli ortamda yaşayan (aerobik) tüm canlılarda bulunur (Sies, Berndt ve Jones, 2017). Oksijenin ortaya çıkışı ile birlikte doğa tarihinin en büyük yok oluşlarından biri gerçekleşir ve antioksidan savunma sistemlerine sahip olmayan tüm canlı organizmalar oksijen nedeniyle zehirlenerek ölürlür. Antioksidan savunma sistemleri olan türler ise yaşamları boyunca ılımlı düzeyde bir oksidatif strese maruz kalırlar. Bu stres "yaşlanma" kavramının nedenlerinden birisidir. Her ne kadar bir dezavantaj gibi gözükse de oksijenin enerji kaynağı olarak kullanılmasının canlılara getirisi çok büyüktür. Oksijenli solunum yapan canlıların elde ettiği enerji yapamayanlara göre bir glikoz molekülü başına 19 kat fazladır (Nelson, Lehninger ve Cox, 2008). Avantaj o kadar büyüktür ki canlılar evrimsel olarak bu parametre açısından hep aynı yönde gelişim göstermişlerdir. Oksijen kullanımına uyum sağlamış canlılar sınırlı kaynaklara el koyarak yaşamlarını sürdürebilmiş ve baskın hale gelmişlerdir. Günümüzde anaeroblar ise çok sınırlı habitatlara sıkışmıştır ve mevcut türlerin çok küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Çünkü oksijenli solunum dışındaki yollardan elde edilen enerji, canlıların karmaşıklaşması, çok hücreli formlara evrilmesi için yeterli değildir. Oksijenli solunumun sağladığı enerji avantajı birden çok hücrenin bir arada yaşayabilmesini olanaklı kılmıştır. Doğada hücreler topluluğunun tek bir hücreye göre hayatta kalma şansı çok daha fazladır. Bu nedenle oksijenli solunumu kullanamayan canlılar doğa tarihi sahnesinden silinecek ya da ancak izole oksijensiz ortamlarda (gelişmiş aerob canlıların yaşayamayacağı ortamlarda) hayatlarını sürdürebileceklerdir<sup>13</sup> (Danovaro ve ark., 2010).

Oksijen öncesi dünya prokaryot<sup>14</sup> canlıların hâkimiyeti altındadır. Günümüzde yaşayan canlıların neredeyse tamamı ökaryot<sup>15</sup> canlılardan oluşur ama prokaryot atalarından kalan önemli bir mirası hücrelerinin içinde taşıyarak... Bu mirasın ismi mitokondridir<sup>16</sup> (Şekil 2).

#### Mitokondri hücrede oksijenli solunum ile ilgili tepki-

2 SOD: Süperoksit Dismutaz. Bu enzim, oksijen metabolizması son ürünü olan ve hücreye hasar veren süperoksit (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) radikalini oksijen ve hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) parçalar. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de hücre için zararlıdır ve katalaz enzimi tarafından parçalanır.

3 Danovaro ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada, okyanus tabanında oksijensiz ortamda yaşayan çok hücreli canlılar keşfettiler. Bu keşfe kadar oksijensiz solunumun çok hücreli canlılığı desteklemeyeceği düşünülüyordu. Araştırma tersi sonuçlar gösterse de, bu kabul izole ekosistemler haricinde geçerliliğini korumaktadır.

4 Prokaryot hücre çekirdiğine ve çift zarlı organellere sahip olmayan canlıların genel ismidir. Bakteriler prokaryot canlılardır.

5 Hücre çekirdiği ve çift zarlı organellere (mitokondri gibi) sahip canlılardır.

6 Bitki hücrelerinde bulunan kloroplast organeli de benzer bir şekilde ökaryot hücre ile endosimbiyotik ilişkiye sahiptir. Ancak bu yazıda detayına girilmemiştir.





**Şekil 2.** İç kıvrımları (krista) açıkça seçilmekte olan pembe renkli organel mitokondridir. Boyutu bir hücreye kıyasla oldukça küçüktür.  
Kaynak: <https://www.sciencesource.com/>

melerin gerçekleştiği ve oksijenli solunum sonucu elde edilen ATP'lerin<sup>7</sup> sentezlendiği organeldir. Her ne kadar organel olarak geçse de aslında milyonlarca yıl önce ökaryotik hücrelerle birlikte yaşamaya (simbiyoz) başlayan ayrı bir prokaryot organizmadır (protomitokondri). Ökaryotik hücre mitokondriye koruma sağlarken mitokondri ise oksijenli solunum ile enerji üreterek ökaryotik hücreye destek olmuştur<sup>8</sup>. Bu birliktelik hâlâ sürmektedir ve izlerini insan hücrelerinde kolayca görmek mümkündür.

İnsan mitokondrieleri hücredekenden ayrı bir genetik materyale sahiptir ve bu genetik materyal prokaryot bir hücre olan bakteri hücreesindeki gibi dairesel bir dizilime sahiptir. Mitokondrieler kendi çoğalmalarını kontrol ederler ve bakteriler gibi bölünerek çoğalırlar (Zimorski, Ku, Martin ve Gould, 2014). Mitokondrielerin kendine özel ribozomları vardır bu ribozomlar bakterilerde bulunan 70S ribozom tipindedir. Dış zarlarında bulunan porin isimli taşıyıcı proteinler ve kardiyolipin adı verilen lipitler sadece bakterilerde bulunur, ökaryot hücrelerde bulunmaz (Mileykovskaya ve Dowhan, 2009; Zeth ve Thein, 2010). Hücreden uzaklaştırıldıkları zaman hücre kendi başına yeniden mitokondri üretmez. Mitokondri üretimi için mitokondrinin genetik materyalindeki enformasyona ihtiyaç vardır. Elbette işbirliği iki taraflıdır mitokondrieler de hücre dışında canlı kalamazlar ve çoğalmaları için kendi genomlarından hücrenin çekirdeğindeki genoma çok uzun yıllar önce göç etmiş DNA dizinlerine ihtiyaçları vardır (Timmis, Ayliffe, Huang ve Martin, 2004). Bu birliktelik sayesinde bugün insanlar ve diğer yüksek organizasyonlu çok hücreliler oksijenli solunum yapabilmektedir. Her ne kadar tüm ökaryotların mitokondriye sahip olduğu ve oksijenli solunum yaptığı kabul edilse de Yahalomi ve ark. (2020) bu kurala uymayan *Henneguya salminicola* adında bir parazit keşfetmişlerdir (Yahalomi ve ark., 2020).

7 Adenozin trifosfat (ATP): Hücrede serbest enerjinin kimyasal bağ enerjisi olarak depolanmasını ve gerektiğinde de açığa çıkarılmasını sağlayan aracı molekül.

8 Bu teori bilim dünyasında "endosimbiyotik teori" veya "simbiyogenez" başlıkları altında incelenir.

Çok hücreliliğe geçiş bir anlamda sistemler fizyolojisinin de başlangıcı sayılabilir. Her ne kadar ilkel çok hücreliler (hücre kolonileri) ileri düzeyde bir özelleşme göstermese de evrimsel gelişim ilerledikçe hücre grupları farklılaşacak, tek bir fonksiyon için özelleşmiş doku, organ ve sistemler oluşmaya başlayacaktır.

Oksijenli solunumun ortaya çıkışından sonra canlılar hayatta kalabilmek ve rekabet edebilmek için en büyük mücadeleyi serbest oksijene ulaşmak için vermişlerdir. Hipoksiye (oksijen azlığı) karşı verilen mücadele solunum ve dolaşım sistemlerinin değişimlerinde adım adım izlenebilir.

Canlılarda gördüğümüz en basit solunum sistemi tek hücreli canlıların hücre zarıdır. Hücre zarı, oksijenin hücre içine girişini sağlayan bir gaz değişim yüzeyi görevi görür. Oksijen difüzyon ile hücre içerisine girer, metabolik olaylar sonucunda üretilen karbondioksit difüzyon ile hücre dışına çıkar. Bu basit mekanizma bütün evrimsel süreç boyunca korunmuştur. Ancak oksijen molekülleri difüzyon ile 0,5 mm'den kalın dokuların içerisine giremediği için, bu tarz bir solunum sistemi canlıların belirli bir büyüklüğü aşmasını engeller. Kural olarak 1 mm'den büyük canlıların yardımcı solunum organlarına sahip olmaları beklenir (Von Hippel, 1994).

Canlılar ve solunum sistemleri karmaşıklaştıkça, iç solunum ve dış solunum kavramlarını kullanmak yararlı olacaktır. İç solunum kavramı ile canlıyı oluşturan hücrelerin çevrelerinde bulunan hücreler arası sıvıdan, tek hücreli canlılar gibi oksijeni alıp karbondioksiti vermeleri anlaşılır. Dış solunum ise diğer sistemlerin de yardımı ile hücreler arası sıvıdaki gaz derişimlerinin (O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>) canlılığın devamını sağlayacak düzeylerde tutulması işidir. Evrimsel gelişimleri genellikle dış solunumu yürüten mekanizmalar üzerinden izleyeceğiz.

Oksijenli solunumun ortaya çıkışı ile birlikte, en yüksek oksidatif kapasiteye sahip canlının bir adım öne geçtiğini vurguladık. Canlılar arasındaki halen devam eden oksijene ulaşma yarışının ilk izlerini yaşamın başladığı denizlerde aramak daha doğru olacaktır.

Deniz ortamı oksijen derişimi açısından havadan farklıdır. Deniz suyunda çözünmüş oksijen miktarı oldukça azdır. Ayrıca gazların çözünürlüğü sıcaklık ve tuzluluktan etkilendiği için deniz suyundaki oksijen derişimi mevsimsel ve coğrafi değişiklikler gösterebilir. Bu nedenle denizde yaşayan canlılar her zaman hipoksi tehdidi altındadırlar.

Hepimiz solungaçlı balıkların solunum organlarının deniz ortamı ile mükemmel bir uyum içinde olduğunu düşünürüz. Ancak yapılan deneyler bizi şaşırtmaktadır. Bilim insanlarının çeşitli balık türleri ile yaptığı denemeler balıkların şiddetli egzersize oldukça dayanıksız canlılar olduğuna işaret etmektedir. Şiddetli egzersize zorlanan balıklarda kalp ile ilgili anomali-

ler görüldüğü ve dolaşım yetmezliğinden hayatlarını kaybettikleri gösterilmiştir. Bu ölümün nedeni su ortamında bulunan yetersiz oksijenin (solungaç sistemi ne kadar uyumlu olursa olsun) yüksek tempoda çalışan kalp kasını beslemeye yetecek düzeyde olmamasıdır (Lane, 2011; Mandic, Todgham ve Richards, 2009). Deniz ortamı oksidatif kapasite artışına belirli bir düzeye kadar izin verir. Denizlerde rekabetin artışı ile birlikte canlılar kaçınılmaz olarak oksijenin yüksek derişimde bulunduğu hava ortamına geçmeye zorlanmışlardır.

Bir balığın akciğerli olması her ne kadar paradoks gibi görünse de mümkündür. Suda yaşayan bir canlının sürekli yüzeye çıkarak nefes almak zorunda olması açık bir dezavantajdır. Ancak akciğerin varlığı akciğerli balık türlerini oksidatif kapasite açısından solungaçlı balıklardan bir adım öne geçirir. Hem oksidatif kapasitelerinin artışı sayesinde daha güçlü, çevik ve dayanıklı olacaklar hem de su dışında henüz rekabetin kızışmadığı kara ortamlarına yapabilecekleri kısa seyahatler sayesinde daha geniş alanlara yayılabileceklerdir (Maina, 2002). Günümüzde sadece bilinen 6 adet akciğerli balık türü yaşamaktadır. Hava solumanın avantajını günümüz türlerinden tırmanan levrekte (*Anabas testudines*) görebiliriz (Şekil 3). Tırmanan levrek ağaçlara dahi tırmanabilen ve karada avlanan bir balıktır<sup>9</sup>.



Şekil 3. *Anabas testudines* (Tırmanan levrek) karada yürürken görülüyor.  
Kaynak: [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSIUb5EP4j5f\\_AqbDxO2d4ooXMOKJcZbBQ\\_eQ&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSIUb5EP4j5f_AqbDxO2d4ooXMOKJcZbBQ_eQ&usqp=CAU)

Akciğerin getirdiği avantaj ile akciğerli balıklar uzun süre baskın balık grubu olmuşlardır (Agnolin ve ark., 2018). Ancak bugün solungaçlı balıklara göre çok azınlıktadırlar. Bu noktada akciğerli balıkların neden azınlıkta kaldığı sorusu sorulabilir. Eğer balıkların akciğere sahip olmaları söylendiği kadar büyük bir avantaj oluştursaydı tıpkı anaerob canlılar gibi solungaçlı balıkların da akciğerlilere kıyasla azınlıkta olmaları gerekmez miydi? Akciğerin oksidatif kapasiteyi geliştirdiği ve bunun canlıya avantaj sağladığı bir gerçektir. Ancak canlıların hayatta kalışları ve soylarını devam ettirmeleri tek parametre ile açıklanamaz. Fosil kayıtları bizlere uçabilen canlıların ortaya çıkışı ile birlikte nefes almak için su

9 Avustralya'da ağaca tırmanan bu balıklar yerel halk arasında paniğe yol açmış, haberlere dahi konu olmuştur. İlgili haber: <https://finterest.com.au/climbing-perch-threaten-australian-waterways/>

Tırmanan levrek (*Anabas testudines*) akciğerli balıklar sınıfına girmez. Solungaçları vardır, akciğerleri yoktur. Labirent organı adı verilen bir organ sayesinde hava solunumu yapabilir. Ancak akciğerli balıklara fonksiyonel olarak benzerlik gösterdiği için örnek verilmiştir.

yüzüne çıkmak zorunda olan akciğerli balıkların sayılarının hızla azaldığını göstermektedir. İki canlı türünün fosil kayıtlarının yoğunluğu arasında negatif korelasyon bulunmaktadır. Akciğerli balıklar için uçan omurgalılar alışık olmadıkları ve baş edemedikleri bir avcı olarak tanımlanabilir. Günümüzde yaşayan akciğerli balıklardaki sürü halinde yüzeye çıkarak nefes alma davranışı uçan avcılardan korunmak amaçlı kazanılmış bir adaptasyondur (Demirsoy, 1984).

Solunum sisteminin geçirdiği değişimler arasında şüphesiz en önemlisi sudan karaya geçişe adaptasyondur. Sudan karaya geçiş ile birlikte canlılar iki büyük sorun ile karşılaşır. Bunlardan ilki artan oksidatif metabolizma sonucu daha fazla serbest oksijen radikaline maruz kalacak olmalarıdır. Bu sorun evrimsel olarak yeni bir antioksidan savunma sistemi olan glutatyon peroksidaz<sup>10</sup> enzim sisteminin gelişimi ile aşılmıştır (Benzie, 2000).

İkinci önemli sorun ise solunum organlarının kurumasıdır. Gaz değişiminin yapılabilmesi için kural olarak nemli bir yüzeye ihtiyaç vardır. Tahmin edilebileceği üzere denizde yaşayan türler için sorun teşkil etmeyen bu durum karaya geçişle birlikte aşılması gereken bir sorun haline almıştır. Denizden karaya geçiş ile birlikte solunum organları vücut içerisine çekilmiş, nemliliği sağlamak için tüm türlerde çeşitli adaptasyonlar gelişmiştir. Örneğin insanlarda alınan hava akciğerlere ulaşmadan önce burundaki özel yapıların yardımıyla nemlendirilir. Eğer nemli hava direkt olarak dışarı atılırsa vücudun önemli miktarda su kaybedeceği açıktır. Ancak vücut dışına verilen havadaki nem yine burundaki özel yapılar ile tekrar vücuda kazandırılır. Bu sayede canlı için çok önemli olan su korunmuş olur.

Solungaçlı balıklar kuruma problemini aşamayacakları için kara ortamında yaşayamazlar ancak yine de solungaçlı balıkların suyun dışında nefes alamamaları kafa karıştırıcıdır. Çünkü solungaçlı balıklar sudan çıktıklarında kurumadan önce oksijensizlikten ölmektedir. Havadaki oksijen sudaki oksijenden çok daha fazladır ve oksijenin daha fazla olduğu ortama geçen bir canlının oksijensizlikten boğularak ölmesi bir paradoks gibi düşünülmektedir. Bu paradoks şu şekilde açıklanabilir:

Bilindiği gibi su molekülleri arasında hidrojen bağları adı verilen bağlar bulunur ve bu bağlar su moleküllerini bir arada tutar. Bu bağlar sayesinde su molekülleri sürekli birbirlerine yaklaşma eğilimindedir (Şekil 4). Serbest düşüş yapan su molekülleri bu yüzden damla şekli alır. Karada yaşayan canlıların solunum sistemlerinde sudaki canlılardan farklı olarak, su ve havanın karşı karşıya gelmesi gerekir. Suyun çeperlerini kapladığı ortasından havanın geçtiği bir borular sistemi düşünün.

10 Glutatyon peroksidaz (GPx): Glutatyon peroksidaz peroksidaz aktivitesine sahip, organizmayı oksidatif hasardan koruyan bir enzim ailesinin genel ismidir. GPx lipid hidroperoksidlerini alkollere ve hidrojen peroksiti suya indirger.



Böyle bir sistemde su molekülleri birbirlerini çekerek damla şekli oluşturma eğiliminde olacak ve eğer yeterli kadar çekim gücü oluşursa su molekülleri birleşerek boruyu tıkayacaktır. Belki bu çekim solunum yollarının üst kesimindeki geniş çaplı kısımlarda sorun yaratmayacak ancak çap daralmasına paralel olarak su molekülleri birbirlerine yaklaşıcağı için çekim kuvveti artacak ve solunum yolu tıkanacaktır.



Şekil 4. Su moleküllerinin oluşturduğu yüzey gerilimi böceğin ağırlığından fazla olduğu için böcek su üzerinde kalabilmektedir.  
Kaynak: <http://www.kursunkalem.com/yuzey-gerilimi/#gsc.tab=0>

Karada yaşayan canlılarda solunum yollarının kapanmamasını sağlayan çeşitli adaptasyonlar mevcuttur. İnsan ve diğer memelilerde akciğer hücreleri tarafından salgılanan sürfaktan maddesi hidrogen bağlarının oluşturduğu çekim gücünü zayıflatır. Böylece solunum yollarının kapanması engellenmiş olur (Koeppen ve Stanton, 2009). Ancak böyle bir adaptasyona sahip olmayan balık solungacında normal şartlar altında içinden sadece deniz suyunun geçtiği borular, su ile hava yüzeyi karşılaştığında oluşan yüzey geriliminden dolayı kapanır. Dolayısıyla balık oksijen azlığından değil hava yollarının kapanması nedeniyle ölür.

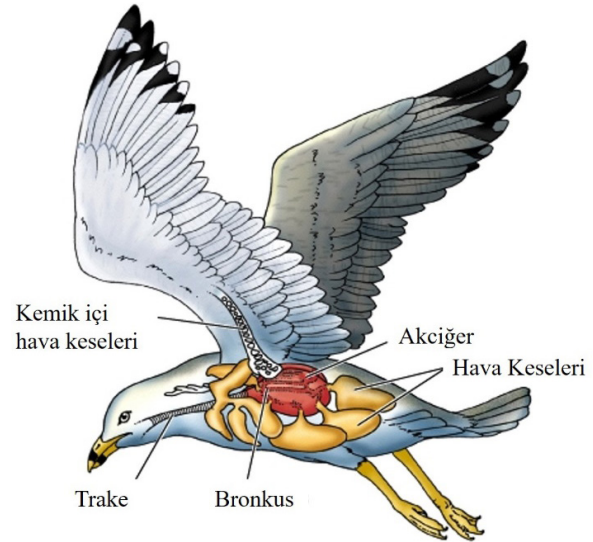
Sudan karaya çıkış, oksidatif kapasitenin artırılması yarışını bitirmemiştir. Canlıların karmaşıklık düzeyleri arttıkça solunum organlarının da geliştiğini görmekteyiz. İki yaşamlı (kurbağa vb.) canlılar akciğerini basit bir torbaya benzetebiliriz. Ancak memeli akciğeri binlerce dala ayrılan bir ağaç gibidir. Dallanma gaz değişimine ayrılan yüzey alanını arttırdığı için oksidatif kapasiteyi arttıran büyük bir avantajdır. Ancak memelilerin solunum sistemi de tam verimle çalışmayan bir sistemdir. Dışarı atılan solunum havasındaki gazların kısmi basınçlarını incelenek olursa ciddi miktarda oksijen olduğu görülebilir. Akciğerlerimiz solunum havasındaki oksijenin tamamını kullanamazlar (Maina, 2002).

Kuşlar memelilerden daha gelişkin bir solunum sistemine sahiptir (Şekil 5). Memelilerde hem soluk alıp verme (ventilasyon<sup>11</sup>), hem de gaz değişimi (respirasyon<sup>12</sup>) işi akciğer tarafından yürütülürken, kuşlarda ventilas-

11 Ventilasyon dilimize havalanma olarak çevrilebilir. Solunum organının içine yeni havanın girmesi ve mevcut havanın atılması işlemine verilen isimdir.

12 Respirasyon dilimize solunum veya gaz değişimi olarak çevrilebilir. O<sub>2</sub> moleküllerinin kılcıl damarlara geçişini, kılcıl damarlardaki CO<sub>2</sub> moleküllerinin ise hava boşluklarına doğru geçişine verilen isimdir.

yon ve gaz değişimi işi ayrılmıştır (Şekil 5). Ventilasyon işi hava keseleri tarafından yürütülürken, solunum işi parabronşiyal akciğerler tarafından yürütülür. Kuşun vücudundaki toplam havanın %90'ı hava keselerinde %10'u ise parabronşiyal akciğerde bulunur. Hava keselerinin genişlemesi ile dışarıdan alınan hava önce akciğere gelir, gaz değişimini takiben hava kesesine ulaşır. Nefes verilirken hava keselerinden gelen hava ikinci defa akciğerden geçerek dışarıya atılır. Böylece solunum havasındaki oksijen daha verimli kullanılmış olur. Dışarı atılan havadaki oksijen derişimi kuşun arteriyel oksijen kısmi basıncından daha düşük olabilir. Memelilerde ise sağlıklı ve sorunsuz bir akciğer en iyi şartlarda ancak dışarı atılan hava ile arteriyel oksijenin kısmi basınçlarını eşitleyebilir, çoğu zaman dışarı atılan havadaki oksijen, arteriyel oksijenden daha yüksek kısmi basınca sahiptir (Powell ve Hopkins, 2004). Kuşların memelilerden daha üstün bir solunum sistemine sahip olmaları onları oksidatif kapasite açısından bir adım öne geçirir. Aksi takdirde uçuş işi için gereken aşırı enerjinin karşılanması mümkün olamaz.



Şekil 5. Kuşlarda kemik içi ve dışı hava keselerinin ve akciğerin şematik görünümü.  
Kaynak: Sinauer Associates Inc.

Oksijensiz solunum yapan canlılar glikoz molekülünü pirüvata kadar yakarak az miktarda ATP elde ederler<sup>13</sup>. Oksijenli solunum yapan canlılar ise mitokondrileri sayesinde pirüvatu karbondioksit ve suya kadar yakarak çok miktarda ATP açığa çıkartırlar<sup>14</sup>. Ancak oksijenli solunum yapan canlılarda oksijen yokluğunda kasların bir süre daha enerji üretebilmesini sağlayan evrimsel olarak görece eski anaerobik yol da korunmuştur. Belirli bir şiddetin üzerinde egzersiz yapıldığında<sup>15</sup> veya kısa sürede fazla miktarda patlayıcı tarzda bir enerji

13 Bu reaksiyonlar biyokimyada glikoliz olarak bilinir. Anaerobik (oksijensiz) ortamda glikoz molekülü pirüvata kadar yıkılarak net 2 ATP elde edilir.

14 Aerobik (oksijenli) ortamda ve mitokondri içerisinde gerçekleşen oksidatif fosforilasyon olarak adlandırılan bu reaksiyonlar bütünü sonucunda net 38 ATP açığa çıkar.

15 Kişi aerobik kapasitesinin yani oksijenli solunum ile karşılanabilecek maksimum iş yükünün üzerine çıktığı anda anaerobik mekanizmalar devreye girer. Bu mekanizmaların devreye girdiği iş yükü kişinin maksimum aerobik kapasitesi olarak tanımlanır. Elit sporcularda oldukça yüksektir.

açığa çıkartılmak istendiğinde<sup>16</sup>) oksidatif yollar ile elde edilen enerji kas kasılması için yeterli olmaz. Böyle durumlarda hücreler glikozu pirüvata kadar yıkar ancak oksijen olmadığı için ilerleyen reaksiyonlar sürdürülemez. Hücre içinde pirüvat birikimi olur. Pirüvat birikimi glikozdan enerji eldesini sağlayan tepkimeleri durdurur, bunu engellemek amacıyla pirüvat laktik aside çevrilir ve bir süre daha anaerobik yolla enerji elde edilmesi sağlanır. Laktik asit kana geçtiği zaman kaslarda yanma hissi yaratır ve yorgunluğun temel bileşenlerinden birisidir (Nelson ve ark., 2008). Anaerobik mekanizma ile enerji üretilmesi verimsizdir ve yorgunluğa yol açar ancak oksijensiz durumlarda kısa süreli de olsa enerji üretilmesi hayatta kalmaya önemli katkılar sağlamaktadır. Günümüzde spor hekimleri kandaki laktik asidin yükseldiği anı belirleyerek kişilerin aerobik kapasitelerini ölçebilmektedirler.

Günümüzde evrimsel ilişkiler canlılar arasında mitolojik hayvanlara benzeyen ara formlar aramak veya canlıları ilkel veya gelişmiş olarak sınıflandırmaya indirgense de, evrim aslında canlılığın dinamiğini anlama yönteminden başka bir şey değildir. Fosillere veya jeolojik buluntulara sıkıştırılmaz. Olup bitmiş bir süreç değildir. Mevcut yaşayan organizmaların tümü ve içindeki fizyolojik mekanizmalar evrimsel ilişkilerden azade değildir. Yaşamla ilgili tüm bildiklerimizi nedenellik dizgesine oturtabilen elimizdeki tek, en iyi açıklamadır. Canlılığın devamını sağlayan mekanizmalara fonksiyonel açıdan yaklaşan fizyoloji bilimini evrimsel ilişkilerden soyutlamak canlılığın karmaşıklığına getirilen bilim dışı “açıklamalara” da kapıyı aralamak anlamına gelmektedir. Eğitim programları içerisinde fizyoloji ve evrimsel biyoloji disiplinleri arasındaki organik bağın kopartılması bilimsel düşünceden uzak bilim insanları ve sağlık emekçilerinin yetişmesine neden olmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Agnolin, F. L., Mateus, O., Milàn, J., Marzola, M., Wings, O., Adolfsson, J. S. ve Clemmensen, L. B. (2018). *Ceratodus tunuensis*, sp. nov., a new lungfish (Sarcopterygii, Dipnoi) from the Upper Triassic of central East Greenland. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 38(2), e1439834. doi:10.1080/02724634.2018.1439834
- Benzie, I. F. (2000). Evolution of antioxidant defence mechanisms. *Eur J Nutr*, 39(2), 53-61. doi:10.1007/s003940070030
- Canfield, D. E. (2005). THE EARLY HISTORY OF ATMOSPHERIC OXYGEN: Homage to Robert M. Garrels. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 33(1), 1-36. doi:10.1146/annurev.earth.33.092203.122711
- Danovaro, R., Dell'Anno, A., Pusceddu, A., Gambi, C., Heiner, I. ve Kristensen, R. M. (2010). The first metazoa living in permanently anoxic conditions. *BMC Biol*, 8, 30. doi:10.1186/1741-7007-8-30
- Demirsoy, A. (1984). Kalıtım ve Evrim. *Ankara: Meteksan Yayınları*(s 61).
- Demirsoy, A. (2003). Yaşamın temel kuralları genel biyoloji/genel zooloji cilt 1

16 Kısa mesafe koşusu veya ağır bir yükün kaldırılması gibi ani enerji gerektiren egzersiz tiplerinde henüz oksidatif mekanizmalar ile enerji eldesi gerçekleşmeden çok miktarda enerjinin harcanması gerekmektedir. Bu enerji ihtiyacı anaerobik metabolizma ile karşılanır.

kısım 1. Meteksan, Ankara.

- Holland, H. D. (2006). The oxygenation of the atmosphere and oceans. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 361(1470), 903-915. doi:10.1098/rstb.2006.1838
- Kasting, J. F. ve Howard, M. T. (2006). Atmospheric composition and climate on the early Earth. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 361(1474), 1733-1741; discussion 1741-1732. doi:10.1098/rstb.2006.1902
- Koeppen, B. M. ve Stanton, B. A. (2009). *Berne & Levy Physiology, Updated Edition E-Book*: Elsevier Health Sciences.
- Lane, N. (2011). Evolution. The costs of breathing. *Science*, 334(6053), 184-185. doi:10.1126/science.1214012
- Maina, J. N. (2002). Structure, function and evolution of the gas exchangers: comparative perspectives. *Journal of anatomy*, 201(4), 281-304. doi:10.1046/j.1469-7580.2002.00099.x
- Mandic, M., Todgham, A. E. ve Richards, J. G. (2009). Mechanisms and evolution of hypoxia tolerance in fish. *Proc Biol Sci*, 276(1657), 735-744. doi:10.1098/rspb.2008.1235
- Mileykovskaya, E. ve Dowhan, W. (2009). Cardiolipin membrane domains in prokaryotes and eukaryotes. *Biochim Biophys Acta*, 1788(10), 2084-2091. doi:10.1016/j.bbame.2009.04.003
- Nelson, D. L., Lehninger, A. L. ve Cox, M. M. (2008). *Lehninger principles of biochemistry*: Macmillan.
- Powell, F. L. ve Hopkins, S. R. (2004). Comparative physiology of lung complexity: implications for gas exchange. *News Physiol Sci*, 19, 55-60. doi:10.1152/nips.01469.2003
- Sies, H., Berndt, C. ve Jones, D. P. (2017). Oxidative Stress. *Annual Review of Biochemistry*, 86(1), 715-748. doi:10.1146/annurev-biochem-061516-045037
- Stamati, K., Mudera, V. ve Cheema, U. (2011). Evolution of oxygen utilization in multicellular organisms and implications for cell signaling in tissue engineering. *J Tissue Eng*, 2(1), 2041731411432365. doi:10.1177/2041731411432365
- Timmis, J. N., Ayliffe, M. A., Huang, C. Y. ve Martin, W. (2004). Endosymbiotic gene transfer: organelle genomes forge eukaryotic chromosomes. *Nat Rev Genet*, 5(2), 123-135. doi:10.1038/nrg1271
- Von Hippel, A. (1994). *Human Evolutionary Biology: Human Anatomy and Physiology from an Evolutionary Perspective*: Stone Age Press.
- Yahalomi, D., Atkinson, S. D., Neuhof, M., Chang, E. S., Philippe, H., Cartwright, P., . . . Huchon, D. (2020). A cnidarian parasite of salmon (Myxozoa: *Henneguya*) lacks a mitochondrial genome. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(10), 5358. doi:10.1073/pnas.1909907117
- Zeth, K. ve Thein, M. (2010). Porins in prokaryotes and eukaryotes: common themes and variations. *Biochem J*, 431(1), 13-22. doi:10.1042/bj20100371
- Zimorski, V., Ku, C., Martin, W. F. ve Gould, S. B. (2014). Endosymbiotic theory for organelle origins. *Curr Opin Microbiol*, 22, 38-48. doi:10.1016/j.mib.2014.09.008

# TERMOREGÜLASYONUN EVRİMİ

**Sertaç Üstün**

Dr. Öğr. Üyesi, Fizyoloji Anabilim Dalı  
Tıp Fakültesi, Ankara Üniversitesi, Ankara  
ustun.sertac@gmail.com

## ÖZET

Canlılarda vücut sıcaklığının çeşitli fizyolojik mekanizmalar tarafından kontrol edilerek belirli sınırlar içerisinde tutulması termoregülasyon olarak adlandırılır ve hayati işlevlerin sürdürülebilmesi için kritiktir. İlk canlılardan itibaren vücut sıcaklığının -ortam sıcaklığı ile ilişkili bir biçimde- düzenlenebilmesi için çeşitli termoregülasyon mekanizmaları evrimleşmiştir. Canlıların uygun sıcaklığa sahip ortamlara hareketi şeklindeki basit davranışsal termoregülasyon çözümleri, omurgalı evrimindeki en büyük değişimlerden biri olan endotermiye kadar evrimleşerek kuş ve memeli gruplarının ekolojik uyumsal çeşitlenmesinin temellerini atmıştır. Aerobik kapasitede artış, yavru bakımı, kürkün ortaya çıkması/kaybolması, iki ayak üzerinde dik durma, beyin büyüklüğü ve hatta sosyalleşme gibi birçok evrimsel değişim, literatürde termoregülasyon evrimi ile birlikte tartışılan konulardandır. Makale, farklı canlı gruplarında termoregülasyon mekanizmalarının nasıl değiştiğini, endotermi evrimi ile ilgili farklı hipotezleri ve genel olarak termoregülasyonun evrimi ile ilişkilendirilen çeşitli evrimsel değişimleri derlemeyi amaçlamıştır. Bu sayede, evrimsel süreç içerisinde farklı değişimlerin birbirleriyle nasıl kompleks bir etkileşim içerisinde olduklarına termoregülasyon örneği üzerinden ışık tutulması hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bipedalizm, Endotermi, Evrim, Ter Bezleri, Termoregülasyon.

## EVOLUTION OF THERMOREGULATION

### ABSTRACT

Regulating the body temperature within certain limits by various physiological mechanisms is called thermoregulation and is critical for maintaining vital functions. Starting from early life, thermoregulation mechanisms have evolved to regulate body temperature in relation to the ambient temperature. Simple behavioral thermoregulation solutions, such as moving to different environments with suitable temperatures, has evolved to endothermy which is one of the major changes in the evolution of vertebrates and laid the foundations of the ecological adaptive diversification of avian and mammal groups. Many evolutionary changes such as the increase in aerobic capacity, offspring care, appearance/disappearance of fur, upright posture, brain size, and even socialization are among the topics discussed with the evolution of thermoregulation in the literature. This article aimed to review how the mechanisms of thermoregulation change in different species, different hypotheses about the evolution of endothermy, and various evolutionary changes associated with the evolution of thermoregulation in general. In this way, through the example of thermoregulation, the article aims to explain how different evolutionary changes interact with each other in the evolutionary process.

**Keywords:** Bipedalism, Endothermy, Evolution, Sweat Glands, Thermoregulation.

Organizmanın yaşamsal işlevlerini etkin bir biçimde sürdürebilmesi için çeşitli fizyolojik değişkenlerin sabit sınırlar içinde tutulması birçok evrimsel grup için zorunludur. Vücut sıcaklığı, en katı biçimde kontrol edilen fizyolojik değişkenlerden biridir (Kurz, 2008). Örneğin insanlarda terleme, titreme, kan damarlarında gerçekleşen genişleme/daralma vücut sıcaklığını kontrol eden termoregülasyon mekanizmalarındandır. Terleme deri üzerinden buharlaşmayı artırarak vücut yüzeyinde sıcaklığın düşmesini sağlar. Benzer şekilde deride bulunan kan damarlarında genişleme iç vücut sıcaklığının deri üzerinden kaybına yol açarak vücut sıcaklığını düşürür. Bununla birlikte titreme kas kasılması yoluyla, bazı hormonlar metabolizmayı hızlandırarak vücut sıcaklığını yükseltir. Deride bulunan kan damarlarında daralma, iç sıcaklığın deri üzerinden kaybını en aza indirerek vücut sıcaklığının korunmasına yardımcı olur (Silva, 2006).

Bunlar ve benzeri birçok mekanizma insanda vücut sıcaklığını düzenleyerek belirli sınırlar içinde kalmasını sağlar. Farklı canlı gruplarında vücut sıcaklığının düzenlenmesini sağlayan çok çeşitli termoregülasyon mekanizmaları bulunmaktadır.

Sıcaklığın canlı vücudunda belirli sınırlar içinde tutulması, vücutta her an gerçekleşen tepkimelerin etkinliği için önemlidir. Sıcaklık alt ya da üst sınırları aştığında, bu tepkimelerin gerçekleşebilmesi için gereken uygun ortam kaybolur ve canlının ölümüne kadar giden bozukluklar görülmeye başlar (Kurz, 2008). Diğer bütün değişkenlerde olduğu gibi, sıcaklığın da belirli sınırlar içinde tutulmasını sağlayan çeşitli homeostatik mekanizmalar evrim sürecinde ortaya çıkmıştır.

Dünyada hayatın nasıl başladığına ilişkin netlik olmakla birlikte, "ilkel çorba (primordial soup)" teori-

si bu konuda öne çıkan bir modeldir. Bu teoriye göre, sıcaklığın veya güneş enerjisinin yol açtığı kimyasal reaksiyonların sonucu ortaya çıkan azot, amonyak, metan ve hidrojen molekülleri suya geçiş yaparak sıcak su içerisinde aminoasitleri, başka bir deyişle yaşamın temel yapıtaşlarını oluşturmuştur. İlkel çorba teorisi hayatın başlangıcıyla ilgili tek teori olmasa da, sıcaklığın bu süreçte temel faktörlerden biri olduğu konusunda fikir birliği vardır (Miller, 1953).

Sıcaklığın hayatın başlangıcında, ilk canlılarda bile önemli olabileceğine ilişkin hipotez, bir protist olan terliksi hayvan (*Paramecium*) üzerinde test edilmiştir. Çalışmada terliksi hayvan popülasyonundaki bireylerin çevre sıcaklığındaki değişimlere, birbirlerinden uzaklaşarak ya da bir araya toplanarak yanıt verdiği gösterilmiştir. Dahası bu tek hücreli canlıların 'tercih ettikleri' sıcaklık aralıkları olduğu bulunmuştur. Farklı sıcaklık derecelerinin olduğu bir yüzeyde hayvanlar soğuk (12°C) ve sıcak (36°C) bölgelerden 24-28°C sıcaklığına sahip bölgeye hareket etmiştir. Dolayısıyla mevcut koşullarda bu sıcaklık aralığının canlı için elverişli olduğu düşünülebilir. Bu bulgu tek hücreli ökaryot bir canlının bile uygun iç ortam sıcaklığına ulaşmak için bir davranış (uygun sıcaklığa hareket) gösterdiğine işaret etmektedir (Marino, 2008; Mendelsohn, 1895). Bu kaçınma davranışı, termoregülasyon için en ilkel yöntem olan "davranışsal termoregülasyon" olarak sınıflandırılır. Bu termoregülasyon mekanizmasında canlılar sıcak ya da soğuğa cevaben motor yanıt oluşturarak termotaksi gerçekleştirirler. Kaçınma temelli davranışsal termoregülasyon, günümüz omurgalılarında görülen kompleks termoregülasyon mekanizmalarının gelişimi için ilk basamak olabilir (Nelson ve ark., 1984).

Çoğu sucul canlıda davranışsal termoregülasyon mekanizmaları varlığını sürdürmüştür. Sucul canlılarda içsel sıcaklık çoğunlukla dış ortam sıcaklığı ile aynıdır. Bir sıcaklıktan diğerine geçildiğinde ya da sıcaklık değişimi gerçekleştiğinde, içsel sıcaklık saniyeler/dakikalar içerisinde değişir. İstisna olarak bazı aktif büyük balıklarda kaslar tarafından ısı üretilebildiği bilinse de sucul canlıların kendi vücut sıcaklıkları üzerinde içsel değil, davranışsal bir kontrole sahip oldukları ve uygun sıcaklıklarda yüzdükleri söylenebilir. Suyun içinde gerçekleşen sıcaklık değişimlerinin (gece-gündüz, mevsimler arası vb.) görece küçük olduğu göz önüne alınarak sucul canlılarda kompleks termoregülasyon mekanizmalarına ihtiyaç duyulmadığı düşünülmektedir (Nelson ve ark., 1984).

Canlılığın sudan karaya geçişi, termoregülasyon mekanizmaları konusunda önemli değişimler gerektirmiştir. Karada büyük günlük ve mevsimlik sıcaklık dalgalanmalarına maruz kalan canlılarda vücut sıcaklıklarını canlılığını sürdürebilecekleri seviyede tutabilmek için daha etkin termoregülasyon mekanizmalarının gelişimi zorunlu hale gelmiştir (Demirsoy, 2005a).

Karada, güneş battığında sıcaklığın düşmesi, başka bir deyişle gecelerin daha soğuk olması, vücut sıcaklıkları dış ortam sıcaklığına bağlı olan kara canlılarının geceleri etkin olmasını engellemiştir. Fazladan ısı üretimi sağlayacak ve bu ısının izolasyonunu düzenleyecek fizyolojik mekanizmalara sahip olmadıkları için kendi vücut sıcaklıklarını düzenleyemeyen, vücut sıcaklıkları, dolayısıyla metabolizmaları dış ortam sıcaklığına bağlı olan, sadece sıcak dış ortamlarda aktif olabilen bu canlılara poikiloterm ya da ektoterm canlılar denmektedir. Poikilotermi ve ektotermi aynı kavramın farklı özelliklerine vurgu yapan iki terimdir. Poikilotermi terimi vücut sıcaklığının değişken olduğunu vurgularken; ektotermi terimi dış ortamın vücut sıcaklığını belirlediğini, içsel bir ısı üretilmediğini vurgular (Hill ve ark., 2004). Ektotermik canlılar sadece gündüzleri, hava yeterince sıcakken aktif olabildiği gibi, aynı şekilde sadece sıcak habitatlarda yaşayabilmekte; soğuk habitatlara yayılamamaktadır. Geceleri işlevlerini büyük oranda kaybederek bazal metabolizma ile yaşamaları durumu günümüzde kertenkele, amfibi gibi vücut sıcaklıkları dış ortama göre değişen, ektoterm canlılarda da gözlenebilmektedir (Demirsoy, 2005b).

Ektoterm omurgalılardan amfibiler, nemli bir deriye sahip olduklarından bu canlılarda termoregülasyon diğer canlı gruplarına kıyasla daha zordur. Çünkü termoregülasyon su kaybı tehlikesini beraberinde getirmektedir. Amfibiler, sucul canlılara benzer şekilde davranışsal termoregülasyon mekanizmaları ile vücut sıcaklıklarını düzenlerler. Bu mekanizmalardan bir tanesi uygun sıcaklığa sahip ortama hareket etmektir. Örneğin su kurbağası (*Rana catesbeiana*) güneşli bölgeleri ısı kaynağı olarak; su birikintilerini ise serinleme amaçlı kullanabilir. Buna ek olarak amfibiler ortam sıcaklığına göre postürel ayarlama yaparak vücut sıcaklıklarını düzenleyebilmektedir. Su kurbağaları sıcak ortamlarda daha dik bir postüre geçerek buharlaşmanın gerçekleşebileceği vücut alanını artırmakta; böylece vücut soğumasını hızlandırmaktadır (Lillywhite, 1970).

Bir diğer ektoterm canlı grubu olan sürüngenlerde de postürel/oryantasyonel değişimler ve uygun sıcaklığa hareket şeklinde benzer davranışsal termoregülasyon mekanizmaları görülebilmektedir (DeWitt, 1979). Bazı sürüngen türlerinde açık ağızla hızlı soluma (panting) buharlaşma şeklinde sıvı kaybına yol açarak vücut sıcaklığını düzenlemek için kullanılmaktadır. Bunların yanında, sürüngenler kan akımının dağılımını kontrol ederek ısı transferini yönlendirebilir. Isınma sırasında dermal kan akımı artırılırken, ortam soğuduğunda sınırlandırılır. Bu sayede ısı alımı ve alınan ısının korunması sağlanmış olur (Nelson ve ark., 1984).

Sürüngenler başta olmak üzere bazı ektoterm canlılarda renk değişimi bir termoregülasyon mekanizması olarak işlev görebilmektedir. Koyu renkli yüzeyler, açık renkli yüzeylere kıyasla güneş enerjisini daha fazla soğurabildiğinden sıcaklık artışına neden olurlar. Bazı



canlılar deri renklerinde bu şekilde hızlı bir değişim gerçekleştirerek güneş ışınlarının emilimini artırıp azaltabilme ve dolayısıyla vücut sıcaklıklarını renk değişimi ile düzenleyebilme yeteneğine sahiptir (Stuart-Fox ve ark., 2017). Örneğin yapılan bir çalışmada sakallı ejder isimli bir kertenkele türünde (*Pogona vitticeps*) deri renginin kamuflaja ek olarak ortam sıcaklığıyla ilişkili olarak değiştiği gösterilmiştir. Çalışmada kertenkelenin özellikle sırt bölgesindeki deri renginin sıcaklıkta yükselme ile birlikte açıldığı (daha yansıtıcı, sarıya yakın renklere dönüştüğü); sıcaklıkta düşme ile birlikte koyulaştığı (kahverengiye yakın renklere dönüştüğü) ortaya konmuştur. Renkteki koyulaşmanın hayvanın aktif olduğu vücut sıcaklığına ulaşmasını hızlandırdığı ve bu sıcaklığa ulaştıktan sonra davranışsal termoregülasyon mekanizmalarını daha çok kullandığı ileri sürülmüştür (Smith ve ark., 2016). Deri rengi avcılar tarafından fark edilmeyi artırabileceğinden renk değişimlerinde kamuflajın öncelikli belirleyici faktör olduğu, termoregülasyonun daha az ilişkili olduğu düşünülmektedir (Stuart-Fox ve ark., 2017; Smith ve ark., 2016)

## ENDOTERMINİN EVRİMİ

Kuş ve memeliler termoregülasyon mekanizmaları bakımından ektoterm canlılardan ayrılırlar. Vücut sıcaklıklarını içsel fizyolojik mekanizmalarla ısı üretmek yükseltebilen bu canlılara endoterm canlılar adı verilir. Çeşitli termoregülasyon mekanizmalarıyla sabit vücut sıcaklığını sürdürebildikleri için bu canlılar homoiterm canlılar olarak da kategorize edilebilmektedir (Hill ve ark., 2004; Koteja, 2004).

Endotermi, omurgalıların evrimindeki en önemli evrimsel değişimlerden bir tanesidir. Yüksek ve sabit vücut sıcaklığına ulaşmak ve korumak için gereken metabolik ısı üretimi kompleks bir koordinasyona ihtiyaç duymaktadır. Buna rağmen, bu evrimsel değişimin kuş ve memelilerde bağımsız bir şekilde ortaya çıktığı düşünülmektedir (Polymeropoulos ve ark., 2018).

Endotermi, canlılara büyük ekolojik ve fizyolojik avantajlar sağlamıştır. Kuşların ve memelilerin günümüzdeki evrimsel çeşitlenmesinin endotermi kaynaklı olabileceği ileri sürülmektedir (Ruben ve Jones, 2000). Çünkü endotermimin evrimi ile, kuş ve memeliler, sıcaklık özellikleri bakımından ektotermiler için ulaşılabilmeyen farklı termal nişlere ve nokturnal habitatlara yayılabilmişlerdir. Bu nedenle endotermimin kritik bir evrimsel avantaj sağladığı söylenebilir (Hedrick ve Hillman, 2016).

Avantajlarına rağmen endotermi enerji anlamında masraflı bir mekanizma olarak kabul edilmektedir. Kuş ve memeliler sürüngenlere kıyasla 20 kat daha fazla enerji harcamaktadır. Enerjinin %30 kadarı bazal metabolizma için kullanılmakta; başka bir deyişle herhangi bir aktiviteye değil, canlıyı temel olarak hayatta tutmaya harcanmaktadır. Soğuk olmayan çevrelerde, vücutta ekstra ısı üretilmesine ihtiyaç duyulmadığında bile en-

dotermik canlıların metabolizma hızını yüksek tutmaları gerekmektedir (Nagy ve ark., 1991). Yüksek enerjiyi sağlayabilmek adına endotermilerin, benzer boyutlarda ektotermilere kıyasla çok yüksek miktarlarda besin tüketmeleri gerekmektedir. Bu anlamda endotermi, savurgan bir strateji olarak nitelendirilebilir (Nagy ve ark., 1991; Hedrick ve Hillman, 2016).

Endotermimin bariz avantajlarına rağmen, enerji kullanımını bakımından bu denli masraflı bir mekanizma olması ve büyük fosil kayıtlar bırakamaması nedeniyle endotermimin gelişmesine yol açan evrimsel mekanizmalar, endotermimin evriminin genel anlamda temposu ve şekli henüz netlik kazanamamıştır (Polymeropoulos ve ark., 2018; Rezende ve ark., 2020).

Endotermimin ortaya çıkışıyla ilgili 3 temel hipotez ortaya atılmıştır:

Birinci hipotez, direkt olarak endotermimin evrimsel avantajlarının (ektotermilerin yayılmadığı habitatlara uyum sağlayabilme, dış ortam sıcaklığından bağımsız kalabilme, nokturnal habitatlarda yaşayabilme vb.), yüksek metabolik hıza, dolayısıyla endotermiye yol açtığını öne sürmektedir (Heinrich, 1977).

İkinci hipotez, 1979'da Bennet ve Ruben tarafından ortaya atılmış ve "aerobik kapasite modeli" şeklinde isimlendirilmiştir. Bennet ve Ruben, ektotermik canlılığın düşük enerji gereksinimleri ve sahip olunan enerjinin büyüme ve üremeye yönlendirilebilmesi nedeniyle avantajlı olduğunu; dolayısıyla endotermimin tek başına bir avantaj oluşturup seçilemeyeceğini belirtmiş ve buradan hareketle endotermimin bir yan ürün olarak evrimleşmiş olabileceğini ileri sürmüştür. Buna göre, endotermi, uzun süre sürdürülebilen yüksek seviye aerobik metabolizmanın seçilmesi sonucunda evrimleşmiştir. Yüksek metabolik hız termoregülasyon yeteneklerinin gelişmesi için değil, artan fiziksel aktivite ihtiyacı sonucu ortaya çıkmış; beraberinde yan ürün olarak endotermiyi getirmiştir (Bennet ve Ruben, 1979). Aerobik kapasite modeli endotermimin evrimini açıklayabilme konusunda önemli bir nokta olmuştur. Bu hipotez, termoregülasyonun evrimi ile ilgili klasik modelin tam karşısında yer almaktadır. Aerobik kapasite modeli, temelde yüksek seviyede lokomotor aktivitenin (canlıyı bir noktadan başka bir noktaya taşıyan hareket) seçildiğini öne sürmektedir. Anaerobik metabolizma patlama şeklindeki aktiviteler için uygun olmakla birlikte uzun süreli aktiviteler için yetersiz kalmaktadır. Ektotermiler yoğun fiziksel aktiviteler yapabileceği yetenekleri olsa da genellikle hızlı yorulduklarından bu aktiviteleri kısa sürede sonlandırmaktadırlar. Aerobik kapasite ise, canlılara yoğun fiziksel aktiviteyi uzun süre sürdürebilecek dayanıklılık kazandırmıştır. Hareket yeteneği ve dayanıklılık konusunda bu değişim, avcılardan kaçabilme, avı yakalayabilme, alan savunması vb. konularda iyileşmeye yol açacağı için önemli bir evrimsel avantaj sağlamaktadır. Hareket kapasitesindeki artış yüksek metabolizma ih-

tiyacını beraberinde getirmiş; yüksek metabolizmanın ortaya çıkardığı ek ısı enerjisi termoregülasyon için kullanılmıştır. Başka bir deyişle, vücut sıcaklığındaki artış, evrimsel seçilimin temel itici gücü, dolayısıyla esas sonuçlarından biri değil; yan sonuçlarından bir tanesi olmuştur (Bennett ve Ruben, 1979; Koteja, 2004).

Bu hipotez alanda önemli destek bulmakla birlikte, yetişkinlerin hayatta kalma yetenekleri üzerindeki doğal seçilime odaklanmaktadır. Ancak ölüm oranlarına bakıldığında, ölüm riskinin hayatın başlarında yüksek olduğu görülmektedir. Hayatın başlarında ölüm oranının azalması tür için daha büyük bir kazanç olacağından, bunu sağlayan bir özelliğin seçilmesi daha mantıklı olacaktır. Özellikle endotermi gibi, canlı için maliyetli bir özelliğin evrimleşmesi için gereken seçici gücün, genç bireyler üzerinde aranmasının daha doğru olacağı ileri sürülmüştür. Buradan yola çıkan üçüncü hipotez, endotermi evrimi konusunda yavru bakımına odaklanır. Genç bireylerde ölüm oranını azaltacak en temel mekanizma yavru bakımındadır ve yavru bakımı –tıpkı endotermi gibi- kuşlar ve memelilerde görülmektedir. Hipoteze göre, yüksek metabolik hızlar, gerçekten termoregülasyon amacıyla vücutta ısı üretmek için seçilmiş ancak üretilen ısı, vücut sıcaklığını yüksek tutma amacıyla değil de yumurtaların inkübasyonunda ve direkt olarak yavruların sıcak tutulmasında kullanılmıştır. Bu sayede yavruların büyümesi hızlanmış; gelişimsel sabitlik gelmiş ve yavru ölümlerinde azalma görülmüştür. Özetle, hipoteze göre endotermi yavruların büyümesini kolaylaştırıp ölüm oranlarını düşürdüğünden evrimleşmiştir (Farmer 2000; Koteja, 2000). Yavru bakımı hipotezinin alternatif versiyonunda bu hipotez, aerobik kapasite hipotezi ile birleştirilerek en kapsamlı açıklamayı sağlayacak hale getirilmiştir. Buna göre, yüksek metabolik hız termoregülasyon için değil; hareket kapasitesinin artırılması yönünde seçilmiş ancak hareket yeteneğinin iyileştirilmesinde temel itici güç yeni doğan bireylere besin sağlamak olmuştur. Başka bir deyişle yine yavru bakımını iyileştirmek için hareket kapasitesinde, dolayısıyla aerobik kapasitede artış evrimleşmiş; bu da endotermi evrimini beraberinde getirmiştir (Koteja, 2004).

Yukarıda da bahsedildiği üzere endotermi evrimini netleştirebilmek amacıyla kullanılacak yüksek miktarda fosil kayıt bulunmamaktadır. Endotermi evriminin iyi fosil kayıt bırakmamasının en temel nedeni, bu özelliğin neredeyse tamamen fosil bırakmayan yumuşak dokularda farklılaşmalarla ilişkili olmasıdır. Endotermik canlılarda, temelde gereken yüksek metabolizma hızını sağlamak için oksijen alımını artıracak yapısal ve fonksiyonel farklılaşmalar gerçekleşmiştir. Örneğin kuş ve memelilerde, ventilasyon oranında önemli miktarlarda artış görülmektedir. Bu canlılarda pulmoner ve sistemik dolaşım birbirinden tamamen ayrılmış; kalp debisi artmıştır. Bununla birlikte kan hacmi, kanın oksijen taşıma kapasitesi ve dokulardaki aerobik enzimlerin kapasitesinde de artış görülmektedir. Endotermi evriminin bu temel

fizyolojik özellikleri fosillerde korunması çok zor olan özelliklerdir (Ruben, 1995). Sadece endotermik canlıların burunlarında yer alan konkalar<sup>1)</sup>, fosil kayıt bırakan ve endotermiyle direkt olarak ilişkilendirilebilecek özellik olarak kabul edilmektedir. Endotermi evriminin yüksek seviye oksijen tüketimi ile yakın ilişki içerisinde olması, dolayısıyla yüksek solunum oranını gerektirmesi solunum sırasında su ve ısı kaybının artışına yol açmaktadır. Konka yapıları, soluk verirken çıkartılan havadan nemi alıp, soluk alırken havaya tekrar nem kazandırır. Bu yapıların olmaması endotermik canlıların vücutlarına aldıkları günlük suyun %75 kadarını soluk alıp verme işlemi sırasında kaybetmesine neden olurdu. Dolayısıyla konkalar yüksek miktarda solunumda bile sıvı ve ısı kaybını büyük oranda azaltmaktadır (Ruben ve Jones, 2000; Ruben, 1995).

Fosil kayıtlarındaki konka yapıları kuşlarda ve memelilerde, endotermiyi ve endotermi evrimini anlamamız için önemli bir yol haritası sağlamaktadır (Ruben ve Jones, 2000).

Endotermi evriminde, ilk olarak memelilerin atası olan, “memeli benzeri sürüngenler” olarak da sınıflandırılan *therapsid*’lerde görüldüğü düşünülmektedir (Brink, 1956). Bu canlıların fosillerinde görülen konka yapılarına dayanarak yüksek oksijen tüketimine sahip olduğu anlaşılmaktadır (Hillenius, 1994). *Therapsid*’de endotermiye ilişkin bir başka kanıt da canlının damak çatısına sahip olmasıdır. Damak çatısının canlılarda vücuda oksijen alımını artırmak adına bir avantaj olduğu; solunum ve ağız boşluğunu ayırarak, beslenirken de solunum yapma özelliği sağladığı düşünülmektedir. Endotermi için yüksek oksijen gerekliliği düşünüldüğünde bu yapının *therapsid*’de endotermiye ilişkin bir kanıt olabileceği anlaşılmaktadır (Demirsoy, 2005b).

Bir diğer endotermik canlı grubu olan kuşlarda sürüngenlere benzer şekilde davranışsal termoregülasyon mekanizmaları olan postürün kontrolü ve uygun ortamlara hareket etme yetenekleri iyi gelişmiştir. Bunlara ek olarak kuşlar ısı üreten ve vücut izolasyonu sağlayan mekanizmalara (fiziksel aktivite, titreme, tüyleri dikleştirme) sahiptir; bu nedenle endotermik canlılar olarak sınıflandırılırlar (Nelson ve ark., 1984). Endotermi evriminin kuşlarda, memelilerden bağımsız olarak evrimleştiği ileri sürülmektedir. Bu bağlamda endotermi, yakınsak (konvergent) evrim olarak adlandırılan türemiş bir özelliğin iki ya da daha fazla canlı grubunda bağımsız olarak evrimleşmesi durumuna bir örnektir. Endotermi evriminin bağımsız olarak evrimleştiği fikrinin en büyük kanıtlarından biri memelilere benzer şekilde, kuşlarda da bulunan konka yapılarıdır. Konkaların kuş ve memeli

1 Nazal kıvrımlar ya da diğer adıyla konkalar burun boşluğu içinde yer alan ve kıvrımlı kemiklerin oluşturduğu hava yollarına verilen isimdir. Kan damarları bakımından oldukça zengin olan bu yapılar solunan havayı ısıtma, nemlendirme ve filtreleme görevini üstlenirler. Konkalar solunumsal sıvı kaybını azaltma fonksiyonu ile ilişkilidir ve yüksek solunum oranı ile birlikte evrimleştikleri düşünülmektedir (Hillenius, 1992).

embriolarında farklı yapılardan köken alıyor olması, kuş ve memeli gruplarında bu yapıların, dolayısıyla ho- moiterminin bağımsız evrimleştiği görüşünü destekle- mektedir (Pawel, 2004).

Kuşlarda endoterminin kazanılmasının uçma yetene- ğinin kazanılmasına ek olarak ortaya çıktığı düşünül- mekteyken yeni kanıtlara göre endoterminin, uçma yeteneğinden ve tüylerden çok sonra evrimleştiği anla- şılmaktadır (Nelson ve ark., 1984). Bu nedenle tam gelişmiş uçma yeteneği, vücut yapıları ve tüyler kuşlarda endoterminin varlığını göstermemektedir. Günümüzde bile, bazı kuş türleri daha çok davranışsal termoregüla- syon mekanizmaları ile vücut sıcaklıklarını düzenlemek- tedir. Örneğin *Geococcyx californius* türü (roadrunner kuşu) gece vücut sıcaklığını 4°C civarında düşürmekte; gün doğumundan sonra derisini güneş ışınlarına maruz bırakarak vücudunu ektotermik olarak ısıtarak nor- mal vücut sıcaklığına ulaşmaktadır (Rubben ve Jones, 2000).

### KILLAR VE TER BEZLERİNİN EVRİMİ

Evrimsel süreçte kılların ortaya çıkışının nedeni tam olarak anlaşılabilmiş olmamakla birlikte ilk olarak du- yusal fonksiyon için ortaya çıktığı düşünülmektedir. Bu nedenle izole edici bir katman haline gelmeden çok önce evrimleştiği düşünülebilir (Maderson, 1972). Kıl- ların, kürk şeklinde, vücudu izole edici biçimde kap- lamasının erken memeli atalarına kadar görülmediği ileri sürülmüştür. Kürklü derinin vücudu kaplamasının therapsid-memeli çizgisi çok küçük vücut boyutlarına evrimleşip, noktürnal yaşam tarzına geçtikten sonra or- taya çıktığı düşünülmektedir (Rubben ve Jones, 2000). Bu noktada kıllar, vücut içi sıcaklığı koruyabilmek adına canlıya dış ortamdan yalıtım sağlayan birincil özellik haline gelmiştir (Rubben ve Jones, 2000; Hippel, 1995).

Canlının vücudunu kaplayan kürk, hem soğuk hava- ya karşı bir yalıtım katmanı görevi görmekte, hem de güneş ışınlarının deriye direkt etkisini önlemektedir. Ayrıca uzun veya kısa dönemdeki değişimleriyle de ya- lıtımın seviyesi ayarlanabilmektedir. Bazı hayvanlarda yazın tüylerin dökülmesi, kışın yeniden uzaması uzun dönem değişimlere; piloereksiyon<sup>2</sup> mekanizması da kısa dönem değişimlere örnektir (Hippel, 1995).

İnsanları diğer primatlardan ayıran en temel özellik kürksüz bir vücuda sahip olmasıdır. Yapılan bir çalışmada makak maymunları, şempanzeler ve insanlarda kıl foliküllerinin yoğunluğu ve ter bezlerinin sayısı derideki 5 bölgede ayrı ayrı ölçülmüştür. Bulgular;

2 Piloereksiyon birçok memeli için deriden ısı değişimini düzenlemeye ya- rayan en temel mekanizmadır. Piloereksiyondan sempatik sinir sistemi kontrolü altında olan, dolayısıyla istemsiz kasılan her bir kıla bağlı küçük kas grupları sorumludur. Bu kasların kasılmasıyla kıl dışarıdan görülebilir biçimde dikleşir ve derinin epidermis tabakasında küçük şişlikler (goose bumps) görülür. Kıllardaki dikleşme kürkün hacmini büyütür, kürkün içinde, kılların arasında tutulan hava miktarını artırır ve yüksek izolasyon sağlar. Piloereksiyon bir termoregülasyon mekanizması olsa da soğuk uyarana ek olarak güçlü duygusal uyarılara yanıt olarak da gerçekleşe- bilir. Ayrıca kedi, köpek gibi birçok canlıda agresyona işaret eden bir sosyal uyarı niteliği taşır (Chaplin ve ark., 2014).

insanlardaki kılsız görünümün kıl foliküllerinin azalma- sından değil; kıl foliküllerindeki morfolojik değişimler- den kaynaklandığına işaret etmiştir (Kamberov ve ark., 2018).

İnsan derisi kıl foliküllerinin yanında, su bazlı ter sal- gılayan ektrin ve apokrin<sup>3</sup> ter bezleri ile doludur. Ter bezleri ilk olarak kılsız deri yüzeyinde sürtünmeyi ar- tırmak adına el ve ayak içlerinde ortaya çıkmıştır (Adel- man ve ark., 1975). Kıllı deriye yayılımları eski dünya maymunlarında görülmeye başlanmıştır (Montagna, 1972). Yukarıda bahsedilen çalışmada, insan derisinde- ki ter bezlerinin sayısı, şempanze ve makak maymun- larına kıyasla 10 kat fazla bulunmuştur (Kamberov ve ark., 2018). Ektrin ter bezlerinden salgılanan su bazlı sıvının yüzeyden buharlaşması, insanın sahip olduğu temel soğuma mekanizmasını oluşturmaktadır. (Whee- ler, 1984). Kürklü hayvanlarda ektrin bezlerine kıyasla, apokrin ter bezlerine daha sık rastlanmaktadır. Yapılan bir çalışmada, şempanzelerde terin yine termoregü- lasyon amacıyla, deri üzerinden ısı kaybını sağlamak için apokrin ter bezlerinden salgılandığı gösterilmiştir (Whittford, 1976). Bu şekilde termoregülasyon amaçlı apokrin terleme çeşitli maymun türlerinde görülse de insanda terleme ektrin-bağımlı bir sisteme evrimleşmiş; terleme kapasitesi dramatik bir şekilde artmıştır (Folk ve Semken, 1991). Kürkün kaybolması deri üzerinden su bazlı terin buharlaşma kapasitesinde artışa yol açan bir değişim olmuştur. Başka bir deyişle, insanın kılsız görünümlü vücudu, ektrin terlemenin bir serinleme me- kanizması olarak etkinliğini büyük oranda artırmıştır (Wheeler, 1984).

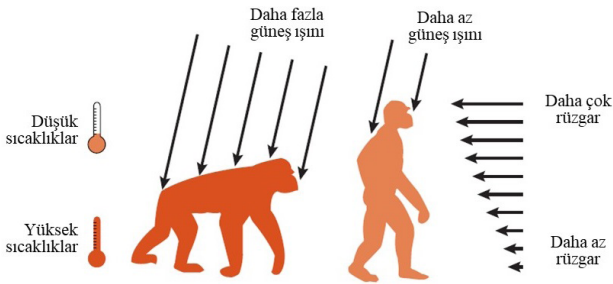
### TERMOREGÜLASYONUN EVRİMİ VE BİPEDALİZM

Bipedalizm, diğer bir deyişle iki ayak üstünde durma in- san evrimindeki bir diğer temel değişimdir. Canlılarda çok sık rastlanmayan bu postür biçiminin evrimini açık- lamayı amaçlayan çok sayıda hipotez bulunmaktadır. Ellerin alet kullanımı ve taşınması amacıyla serbestleş- mesi; daha tehdit edici bir görüntüye sahip olma; daha etkin bir şekilde besin toplama; ormandan savanlara geçiş ile birlikte çevreyi daha iyi görebilme vb. açıkla- malar bipedalizmin olası seçilme nedenleri arasında kabul edilmektedir (Kwang Hyun, 2015).

Bununla birlikte bipedalizmin termoregülasyon meka- nizması olarak evrimleştiğini ileri süren bir model de ortaya atılmıştır. Buna göre hominidler, Afrika savanla- rında iki ayak üstünde durarak daha uygun rüzgâr ve güneş ışını seviyelerine maruz kalmıştır. Dik postürün en belirgin termoregülatuar avantajı, dört ayak üze- rinde durulan postüre göre güneş ışınlarına maruziyet bakımından dramatik bir azalmaya sebep olmasıdır.

3 İnsanlarda ektrin ve apokrin olmak üzere iki ana tip ter bezi bulunur. Apok- rin ter bezlerinin gelişimi, cinsiyet hormonları ile ilişkilidir. Koltuk altı ve genital bölgede bulunan apokrin ter bezlerinin salgısı vücut kokusunu oluşturur. İnsanlarda bu bezlerin termoregülasyona katkısı çok küçüktür. Ektrin ter bezleri ise vücudun tamamına yayılmış temel ter bezleridir. Emosyonel ve termal uyarılarla aktive olan ektrin ter bezleri su ve tuzdan oluşan bir salgı yapar. Bu bezler insanlarda termoregülasyon fonksiyonun- dan esas sorumludur (Folk ve Semken, 1991).

Dört ayak üzerinde durulan postürde güneşe maruziyet %21 iken dik postürde yaklaşık %7'ye düşerek ciddi ölçüde azalmaktadır. Ayrıca yerden yükseğe çıktıkça rüzgâr hızının artıp hava sıcaklığının azaldığı bilinmektedir. Buna göre dik postür ile boyun uzaması daha yüksek ve daha soğuk hava akımlarına maruziyet sağladığından, vücudun, özellikle de beynin daha etkin soğumasına yardımcı olmuştur (Şekil 1). İlk bipedal hominidler, bu termoregülasyon avantajı sayesinde örneğin besin aramak için gün ortasında bile geniş alanları kullanabilmiştir (Wheeler, 1984). Bipedalizmin bir termoregülasyon mekanizması olarak evrimleştiğini öne süren hipotezlere karşın, termoregülasyonun dik postürün evrimleşmesini açıklamakta tek başına yetersiz olduğunu, bipedalizm için ilk neden olamayacağını savunan araştırmacılar da bulunmaktadır (Chaplin ve ark., 1994).



Şekil 1. Dik postürün vücut sıcaklığını düşürücü etkisi (Boyd ve Silk, 2014).

## TERMOREGÜLASYONUN BEYİN BÜYÜKLÜĞÜ VE SOSYALLİK İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ

Termoregülasyonun evrimi, metabolik kapasite artışı üzerinden incelenirken (aerobik kapasite modeli) organ büyüklüğü ile ilişkisi de ayrıca ele alınmıştır. İç organlar, genellikle metabolik olarak yüksek gereksinimlere sahip olduklarından, bu organlarda büyüklük artışının metabolik hızı artıracığı, dolayısıyla termoregülasyon için iyi bir çözüm olabileceği öne sürülmüştür (Naya, 2013). Bu hipoteze göre soğuk iklimlere yerleşen endotermik türlerde, iç organları daha büyük olan bireyler, daha yüksek metabolizma hızına sahip olacağından, daha fazla içsel ısı üreterek türün geri kalan bireylerinden daha başarılı olmaktadır. Bu bağlamda, ortam sıcaklığı düştükçe metabolik olarak masraflı organların büyüklüğünün evrimsel bakımdan avantajlı olacağı düşünülebilir. Buradan hareketle araştırmacılar, son birkaç milyon yıldır dünyada devam eden küresel soğuk iklimin, hominidlerin vücut ve iç organlarının büyüklüğünde genel bir artışa neden olduğunu; yüksek metabolizmaya sahip bir organ olan beynin de bu itici güçten etkilenmiş olabileceğini ileri sürmüştür (Naya, 2016).

Sosyal ilişkiler kurmak bireyleri yemek arama gibi önemli aktivitelerden alıkoyacak bir süreç olmasına rağmen bu özelliğin evrimsel süreçte ortaya çıkmış olması, sosyallığın adaptif bir değerinin olduğuna işaret etmektedir. Yapılan çalışmalarda birçok farklı türde daha güçlü ve daha çok sayıda sosyal ilişkilere sahip

bireylerde hayat uzunluğunda, olumsuz koşullarda hayatta kalma şansında, üreme oranında artış ve yavruların hayatta kalma oranında artış olduğu gösterilmiştir (Campbell ve ark., 2018). Sosyalleşmenin evrimi konusunda da, tıpkı bipedalizmin evrimi gibi, farklı faktörlerin etkisi ve itici gücü hipotezlenmiştir. Sosyalleşebilen gruplar hem avcılardan korunma, hem alan korunması yapabilmeye konusunda daha avantajlı olacaktır. Bu gibi nedenlerden daha güçlü sosyal etkileşimlere sahip bir grubun varlığını sürdürme şansının daha yüksek olacağı söylenebilir (Nalçacı, 2020). Canlılarda sosyal davranışın evrimsel süreçte ortaya çıkmasına neden olan faktörlerden birinin de termoregülasyon olabileceği öne sürülmüştür (Ijzerman ve ark., 2015; Campbell ve ark., 2018). Termoregülasyonun ilginç özelliklerinden bir tanesi sosyal bir doğaya sahip olmasıdır. Birçok canlı türünde, bireyler birbirlerine sıcak kalabilmek için yardımcı olmaktadır. Buna "sosyal termoregülasyon" denir ve en temelde bireylerin birbirlerini dokunma yoluyla sıcak tutması şeklinde tanımlanabilir. Bireyler vücutlarıyla birbirine temas ettiklerinde total termoregülasyon için gereken net enerji miktarı düşmektedir. Buradan hareketle, araştırmacılar sosyal biliş ve sosyal davranışların bu temel sosyal fonksiyonun üzerine kurulmuş olabileceğini, başka bir deyişle sosyal bilişin, bir termoregülasyon mekanizması olan sosyal termoregülasyonun sonucu olarak gelişmiş olabileceğini iddia etmiştir (Ijzerman ve ark., 2015).

## SON SÖZ

Ortam sıcaklığı ve vücut sıcaklığı ilişkisi tek hücrelilerden itibaren canlılar için önemli bir fizyolojik problem olmuş; bu problemin çözümü için evrim süreci boyunca farklı canlılarda çok çeşitli mekanizmalar evrimleşmiştir. Görece erken canlılarda, daha basit mekanizmalarla başlayan termoregülasyon, evrimsel sürecin en önemli değişimlerinden biri olan endotermimin evrimiyle devam etmiş; vücut sıcaklığını ortam sıcaklığından ayırmasını sağlayarak kuş ve memeli gruplarının bugünkü ekolojik başarılarına yol açmıştır. Hominidlerin evrimleşme sürecinde önemli değişimler (ter bezleri, kürksüz görüntü, iki ayak üstünde yürüme vb.) termoregülasyonun evrimi ile direkt ilişkiliyken; beyin büyüklüğü, sosyal biliş gibi insan evrimindeki en kritik konular da çeşitli araştırmacılar tarafından termoregülasyonun evrimi ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca bu yazıda değinilemeyen çok sayıda başka evrimsel değişim de birçok çalışmada termoregülasyonun evriminde neden ya da sonuç olarak tartışılmaktadır.

Evrimsel süreçte seçilen yeni bir mekanizma, çoğunlukla birçok değişimin sonucu olarak gerçekleşip başka bir seri değişimi de tetiklemektedir. Bu durum, termoregülasyonun evrimi konusunda da açıkça gözlemlenmektedir. Yukarıda anlatılan termoregülasyon mekanizmalarıyla ilgili değişimlerin oluşturduğu evrimsel devrelerden de anlaşılabilir gibi, evrim ağacındaki değişimleri birbirinden bağımsız olarak ele almak oldukça zordur. Her değişimi, bu değişime neden olan ve



bu değişimin sonucunda gerçekleşen gelişmelerle birlikte incelemek, değişimi bütünüyle kavrayabilmemiz için zorunlu olmakla birlikte, evrimin işleyişini anlayabilmemiz için de oldukça önemlidir.

## KAYNAKLAR

- Adelman, S., Taylor, C.R., Heglund, N.C. (1975). Sweating on paws and palms: what is its function? *The American Journal of Physiology*, 229, 1400e1402.
- Bennett, A.F. ve Ruben, J.A. (1979). Endothermy and activity in vertebrates. *Science* 206, 649–654. doi: 10.1126/science.493968.
- Boyd, R. ve Silk, J. B. (2014). *How humans evolved*. WW Norton & Company.
- Brink, A.S. (1956). Speculations on some advanced mammalian characteristics in the higher mammal-like reptiles. *Palaeontol. Afr.* 4:77-96.
- Campbell, L. A., Tkaczynski, P. J., Lehmann, J., Mouna, M. ve Majolo, B. (2018). Social thermoregulation as a potential mechanism linking sociality and fitness: Barbary macaques with more social partners form larger huddles. *Scientific Reports*, 8(1), 1-8.
- Chaplin, G., Jablonski, N. G. ve Cable, N. T. (1994). Physiology, thermoregulation and bipedalism. *Journal of Human Evolution*, 27(6), 497-510.
- Chaplin, G., Jablonski, N. G., Sussman, R. W. ve Kelley, E. A. (2014). The role of piloerection in primate thermoregulation. *Folia primatologica*, 85(1), 1-17.
- Demirsoy, A. (2005a). "Sudan Çıkışı" *Kalıtım ve Evrim (13. Baskı)* içinde. Ankara, Meteksan Anonim Şirketi, 163-169.
- Demirsoy, A. (2005b). "Sıcakkanlılığın Ortaya Çıkışı" *Kalıtım ve Evrim (13. Baskı)* içinde. Ankara, Meteksan Anonim Şirketi, 170-178.
- DeWitt, C.B. (1979). Significance of skewness in ectotherm thermoregulation. *Amer. Zool.* 19:195- 209.
- Farmer, C.G. (2000). Parental care: the key to understanding endothermy and other convergent features in birds and mammals. *Am. Nat.* 155, 326–334. doi: 10.1086/303323.
- Folk, E.G. Jr ve Semken, H.A. (1991). The evolution of sweat glands. *Int J Biometeorol.* 35:180–186.
- Hedrick, M. S. ve Hillman, S. S. (2016). What drove the evolution of endothermy?. *Journal of Experimental Biology*, 219(3), 300-301.
- Heinrich, B. (1977). Why have some animals evolved to regulate a high body temperature? *Am. Nat.* 111, 623–640. doi: 10.1086/283196.
- Hill, R. W., Wyse, G. A., Anderson, M. ve Anderson, M. (2004). *Thermal Relations. Animal Physiology* (Vol. 3). Massachusetts: Sinauer associates.
- Hillenius, W.J. (1992). The evolution of nasal turbinates and mammalian endothermy. *Paleobiology*, 18(1), 17-29.
- Hillenius, W.J. (1994). Turbinates in therapsids: Evidence for Late Permian origins of mammalian endothermy. *Evolution* 48:207-229.
- Hippel AV. (1995). "Skin". *Human Evolutionary Biology, Human Anatomy and Physiology from an Evolutionary Perspective*. Anchorage, Stone Age Press, 117-132.
- IJzerman, H., Coan, J. A., Wagemans, F., Missler, M. A., Beest, I. V., Lindenberg, S. ve Tops, M. (2015). A theory of social thermoregulation in human primates. *Frontiers in Psychology*, 6, 464.
- Kamberov, Y. G., Guhan, S. M., DeMarchis, A., Jiang, J., Wright, S. S., Morgan, B. A., ... & Lieberman, D. E. (2018). Comparative evidence for the independent evolution of hair and sweat gland traits in primates. *Journal of Human Evolution*, 125, 99-105.
- Koteja, P. (2000). Energy assimilation, parental care and the evolution of endothermy. *Proc. Biol. Sci.* 267, 479–484. doi: 10.1098/rspb.2000.1025.
- Koteja, P. (2004). The evolution of concepts on the evolution of endothermy in birds and mammals. *Physiological and biochemical zoology*, 77(6), 1043-1050.
- Kurz, A. (2008). Physiology of thermoregulation. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 22(4), 627-644. 10.1126/science.117.3046.528.
- Kwang Hyun, K. (2015). Origins of Bipedalism. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 58(6), 929-934.
- Lillywhite, H. (1970). Behavioral Temperature Regulation in the Bullfrog, *Rana catesbeiana Copeia*, 1970(1), 158-168. doi:10.2307/1441983.
- Maderson, P.F.A. (1972). When? Why? And How?: Some speculations on the evolution of the vertebrate integument. *Amer. Zool.* 12:159-171.
- Marino, F.E. (2008). "The Evolutionary Basis of Thermoregulation and Exercise Performance" *Thermoregulation and Human Performance, Physiological and Biological Aspects* içinde. *Med Sport Sci*, 53, 26–38.
- Mendelssohn, M. (1895). Ueber den Thermotropismus einzelliger Organismen. *Pflüger, Arch.* 60, 1-27. 10.1007/BF01661667.
- Miller, S.L. (1953). A production of amino acids under possible primitive Earth conditions. *Science* 1953; 117: 528–529. 10.1126/science.117.3046.528.
- Montagna, W. (1972). The skin of nonhuman primates. *American Zoologist* 12, 109e124.
- Nagy K.A., Girard, I.A. ve Brown, T.K. (1999). Energetics of free-ranging mammal, reptiles, and birds. *Annu Rev Nutr* 19: 247–277.
- Nalçacı, E. (2020). Primatlarda sosyalliğin toplumsal harekete dönüşümü. *Madde, Diyalektik ve Toplum*, 3(2), 125-132.
- Naya, D. E., Naya, H. ve Lessa, E. P. (2016). Brain size and thermoregulation during the evolution of the genus Homo. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 191, 66-73.
- Naya, D.E., Spangenberg, L., Naya, H., Bozinovic, F. (2013). How does evolutionary variation in basal metabolic rates arise? A statistical assessment and a mechanistic model. *Evolution* 67, 1463–1476.
- Nelson, D. O., Heath, J. E. ve Prosser, C. L. (1984). Evolution of temperature regulatory mechanisms. *American Zoologist*, 24(3), 791-807.
- Pawel, K. (2004). The Evolution of Concepts on the Evolution of Endothermy in Birds and Mammals. *Physiological and Biochemical Zoology*; 77(6):1043–1050.
- Polymeropoulos, E. T., Oelkrug, R., & Jastroch, M. (2018). The Evolution of Endothermy—From Patterns to Mechanisms. *Frontiers in Physiology*, 9, 891.
- Rezende, E. L., Bacigalupe, L. D., Nespolo, R. F. ve Bozinovic, F. (2020). Shrinking dinosaurs and the evolution of endothermy in birds. *Science Advances*, 6(1) 1-8.
- Ruben, J. A. ve Jones, T. D. (2000). Selective factors associated with the origin of fur and feathers. *American Zoologist*, 40(4), 585-596.
- Ruben, J.A. (1995). The evolution of endothermy: From physiology to fossils. *Ann. Rev. Physiol.* 57:69- 95.
- Silva, J. E. (2006). Thermogenic mechanisms and their hormonal regulation. *Physiological Reviews*, 86(2), 435-464.
- Smith, K. R., Cadena, V., Ender, J. A., Kearney, M. R., Porter, W. P. ve Stuart-Fox, D. (2016). Color change for thermoregulation versus camouflage in free-ranging lizards. *The American Naturalist*, 188(6), 668-678.
- Stuart-Fox, D., Newton, E. ve Clusella-Trullas, S. (2017). Thermal consequences of colour and near-infrared reflectance. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1724), 20160345.
- Wheeler, P.E. (1984). The evolution of bipedality and loss of functional body hair in hominids. *Journal of Human Evolution* 13, 91-98.
- Whitford, W. (1976). Sweating responses in the chimpanzee (Pan troglodytes). *Comparative Biochemistry and Physiology* 53, 333-336.

# AĞRI DUYUSUNA EVRİMSEL BAKIŞ

**Hazal Artuvan Korkmaz**

Uzm. Dr., Fizyoloji Anabilim Dalı  
Tıp Fakültesi, Ankara Üniversitesi, Ankara  
artuvan@ankara.edu.tr

## ÖZET

Ağrı, insanlar için “gerçek veya potansiyel doku hasarıyla ilişkili hoş olmayan duyu ve duygusal bir deneyim” ve diğer canlılar için “caydırıcı bir duyu” olarak tanımlanır. Ağrı kelimesi birçok dilde işkence çekmek, bir şeyin cezasını çekmek gibi olumsuz duygularla ilişkilendirilmiştir. Ağrı duysusu mekanik, termal, kimyasal veya her üç uyarı tipine özelleşmiş nosiseptörler (ağrı almaçları) tarafından kodlanır. Filogenetik olarak farklı organizasyonlar gösteren duyu yolları ile beyne iletilir. Duyu korteksine iletilen bilgi işlenir; bilinçli duyu olarak canlı tarafından algılanır. Limbik sisteme iletilen bilgi ise ağrıya verilen duygusal ve otonom yanıtta rol alır. Ağrı duysusunun hissedildiği şiddet veya süre, her zaman uyarının şiddeti ve süresi ile korelasyon göstermez. Ağrı duysusu öznel; ölçümünde anketler, davranışsal gözlemler ve fizyolojik parametreler değerlendirilir. İnsan dışı hayvanlarda kendini ifade etmeden yoksunluk ve sinir sistemlerinin gelişkinlikteki farklılıklar, bu canlıların bilinçli bir ağrı duysusuna sahip olup olmadıkları sorusunu sıklıkla sordurmuştur. Bu çalışma, omurgalı ve omurgasızlardaki çalışmaları özetleyerek ağrı duysusunun evrimsel avantajlarını ve dezavantajlarını tartışmayı amaçlamaktadır. Memelilerde ve omurgasızlarda nosisepsiyonla ilgili işlevsel paralellikler görülmüştür. Bu durum nosiseptif yanıtların yarım milyar yıldan fazla bir süredir korunduğunu ve/veya bu modelin yakınsak evrimin bir ürünü olduğunu düşündürmektedir. Nosisepsiyon varlığı her zaman bilinçli duyu göstermez. Çalışmalarda, genel olarak omurgalıların tümünün ağrı duysusunun farkında olduğu, omurgasızların ise bilinçli ağrıdan yoksun olduğu kabul edilmiştir. Bununla beraber, omurgasız sınıftaki bazı canlı türlerinin ağrıya stres yanıtları ve sakınma davranışı geliştirdikleri bildirilmiştir. Ağrı duysusunun, klinik ve yaşamsal önemine ek olarak etik önemi de bulunmaktadır. Bu nedenle ağrı duysusuna geniş bir perspektiften ve evrimsel açıdan bakmak değerlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağrı Duyusu, Ağrının Evrimi, Nosisepsiyon.

## AN EVOLUTIONARY PERSPECTIVE TO THE PAIN SENSE

### ABSTRACT

Pain is defined as an “unpleasant feeling and emotional experience associated with actual or potential tissue damage” for humans and “an aversive sensation” for other animals. In many languages, the word of pain has been associated with bad feelings such as suffering or punished for something. Pain sensation is encoded by nociceptors specialized for mechanical, thermal, chemical, or all three types of stimuli. It is transmitted to the brain by sensory pathways that have phylogenetically different organizations. The information transmitted to the sensory cortex is perceived consciously. The information transmitted to the areas of the limbic system has a role in the emotional and autonomic response to painful stimuli. The intensity or duration of the pain sensation does not always correlate with the intensity and duration of the stimulus. Pain sensation is highly subjective, and the experiments that aim to measure pain sensation use questionnaires, behavioral observations, and physiological parameters. The lack of self-expression in non-human animals and the differences in the development level of their nervous systems often raise the question of whether these creatures have a conscious sense of pain. This study discusses the evolutionary advantages and disadvantages of pain sensation by summarizing studies in vertebrates and invertebrates. Functional similarities in nociception have been seen in mammals and invertebrates. This indicates that nociceptive responses have been conserved for more than half a billion years and/or that this pattern is a product of convergent evolution. The presence of nociception does not always indicate the conscious pain sense. In the studies, it has been accepted that all vertebrates are aware of the sensation of pain, while invertebrates may not be aware of pain consciously. However, some species in the invertebrate class have also been reported to develop stress responses to pain and avoidance behavior. The sense of pain has clinical and vital importance, and it also has ethical importance. Therefore, it is essential to look at the sensation of pain from a broad and evolutionary perspective.

**Keywords:** Pain Sense, The Evolution of Pain, Nociception.

## AĞRININ TANIMI VE AĞRI FİZYOLOJİSİ

Klinik tanıma göre ağrı “gerçek veya potansiyel doku hasarıyla ilişkili hoş olmayan duyu ve duygusal bir deneyim”dir (Uluslararası Ağrı Çalışmaları Derneği) (The International Association for the Study of Pain (IASP), 2021). Biyolojik tanıma göre ise “gerçek veya potansiyel doku hasarıyla ilişkili caydırıcı bir duyu” olarak ifade edilir (Broom, 2001). Klinik tanımda geçen duyu kavramının farkındalık gerektirmesi ve bunun her canlıya uyarlanmasının zor olmasından dolayı tanımda olmaması gerektiği düşünülmektedir. Biyologların tanımında ağrının öğreticiliği sıkça vurgulanır ve canlının ağrı duyduğunu varsaymak için öğrenilmiş kaçınmayla sonuçlanması ve türe özgü bir davranış geliştirmesi gerektiği savunulur, buna refleksler dâhil edilmez.

Tanımı daha da açabilmek için ağrının sözcük kökenine bakmak da faydalı olacaktır. İngilizce karşılığı olan *pain* kelimesinin Anglo-Fransız *peine* (*pain, suffering* - işkence), Latince *poena* (*penalty, punishment* - ceza, cezalandırma) ve Yunanca *poine* (*payment, penalty, recompense* - ödeme, ceza, tazminat) sözcüklerinden köken aldığı düşünülür (Wictionary The Free Dictionary, 2021). Türkçede ise Uygur ve Orhun yazılarında *agrıg* (has-talanmak, acı çekmek) sözcüğü şeklinde kullanılmıştır (Nişanyan, 2021). *Ağız* sözcüğünün türevi olduğu ve özgün anlamın “haykırmak, avaz etmek”ten geliyor olabileceği belirtilmektedir. Görüldüğü gibi, insanlar tarih boyunca ağrı duyusunu işkence çekme, ceza ödeme şeklinde olumsuz duyu yükleri ile ifade etmiştir.

Ağrı duyusuyla beraber sıklıkla karşımıza çıkan bir diğer terim olan *nosere* ise fizyolojik anlamda ağrı duyusundan farklı değerlendirilmelidir. Latince kökeni *nocere* (to hurt - canını yakmak, acıtmak) olan bu sözcük ağrı duyusu reseptörlerine de ad vermiştir (nosiseptör).

Reseptörler (almaçlar), belli enerji formlarına maksimum yanıt veren, özelleşmiş hücrelerdir. Örneğin, mekanik enerjiye duyarlı mekanoreseptörler, kimyasal enerjiye duyarlı kemoreseptörler ve termal enerjiye duyarlı termoreseptörler tanımlanmıştır. Ağrı duyusu için bu üç enerji tipi de önemlidir. Hem mekanik hem sıcak (>45 derece) hem soğuk (<5 derece) hem de bazı kimyasallar (5-hidroksitriptamin, histamin, prostaglandinler, bradikinin, asidik pH, sitokinler ve tripsin gibi bazı enzimler) için özelleşmiş nosiseptörler bulunur (Mertens ve ark., 2015). Bunların yanı sıra diğer duyu modalitelerinden farklı olarak, her üç uyarıcı tipine de yanıt veren polimodal nosiseptörler vardır. Duyu sistemlerinde uyarıcının modalitesi, konumu, şiddeti ve süresi reseptör düzeyinden itibaren kodlanmaya başlar. Ağrı duyusu nöral işleme sırasındaki bir takım merkezi ve çevresel düzenlemelerin sonucunda, daha uzun veya kısa süreli, daha az (analjezi) veya çok (hiperaljezi) şiddetli algılanabilmektedir. Ayrıca getirici (aferent) duyu nöronlarının anatomisi nedeniyle, kaynaklandığı bölge dışında bir yerde oluşabilmekte (ör. yansıyan ağrı), hatta ağrı verici uyarıcı yokluğunda bile ağrı hisse-

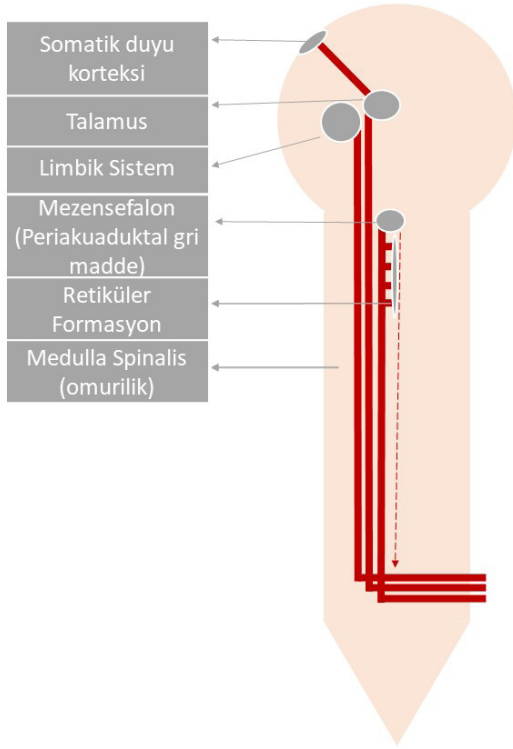
dilebilmektedir (ör. allodini, fantom ağrı). Örneğin ağrı duyusunun aferent nöronlarında görülen akson refleksi neticesinde zarar verici uyarıcı ortadan kalksa bile, çevre dokudaki mast hücrelerin aktivasyonu ve artan histamin nedeniyle polimodal reseptörler tekrardan uyarılır; ağrı daha yaygın, uzun süreli ve şiddetli hissedilmeye devam eder (Mtui, 2016). Ağrı duyusunun kodlanmasında etkisi gösterilen birçok nöromodülatör bulunur (P maddesi, CGRP, histamin, endojen opioidler). Endojen opioidler, ağrı duyusunu baskılayıcı nitelik taşıyor ve ağrının yukarıdan aşağıya nöral düzenlenmesinde rol alır. Merkezi modülasyonda limbik sistem de önemlidir, önceki deneyimler veya motivasyonun duyulan ağrı şiddetini etkilediği bilinmektedir (Ör. bir çatışma sırasında yaralanan askerin bunu ancak çatışma bittiğinde fark etmesi) (Barrett ve ark., 2019).

Aferent ağrı lifleri tüm aferent duyu aksonları arasındaki en ince ve miyelinizasyonlu lifler olan A delta ve C tipi liflerdir. Bu sebeple ağrı (ve bazı termal duyarlar) en yavaş iletilen duyu modalitesidir (Smith ve Gary, 2009). A delta tipi lifler hızlı, keskin, daha iyi lokalize edilebilen ağrıdan sorumludur, yavaş adaptasyon (uyum) gösterir. Ağrıya verilen geri çekme refleksi ve haykırma yanıtına neden olur. C tipi lifler, tüm aferent lif tipleri arasında en fazla bulunan lif tipidir ve gecikmiş, yavaş ağrıdan sorumludur, adaptasyon göstermezler (Smith ve Gary, 2009; Stevens, 2009). C tipi liflerle merkeze iletilen yavaş ağrıya sıklıkla otonom belirtiler eşlik eder. En ince lif tipi olmasının metabolik bir avantaj sağladığı ve aynı zamanda kolay uyarılabilmeyle olanak sağladığı düşünülebilir.

Ağrıyla ilişkili duyu yolları evrimsel olarak farklı zamanlarda oluşan filogenetik yapılanma gösterir (Smith ve Gary, 2009). Şekil 1’de gösterildiği gibi, nosiseptif sinyallerin bir kısmı evrimsel olarak daha yeni olan neospinotalamik yol üzerinden somatik duyu korteksine iletilir. Neospinotalamik yol somatotopik yapılanma gösterir. Bu yolda iletilen ağrının kaynaklandığı vücut bölgesi daha iyi lokalize edilir. Nosiseptif sinyallerin bir kısmı ise daha eski olan paleospinotalamik yol üzerinden anteriyor singulat girus ve insula gibi limbik sistem alanlarına iletilir. Bu yol, ağrıya verilen duygusal ve otonom yanıtı katılır. Ayrıca ağrı bilgisi paleospinotalamik yol üzerinden mezensefalonda periaqueductal gri madde ve uyku-uyanıklığı düzenleyen retiküler formasyon çekirdeklerine iletilir. Bu yol endojen analjeziden de sorumludur (Barrett ve ark., 2019). Endojen analjezi, bir takım vücut içi mekanizmalarla ağrının azaltılması anlamına gelir.

Canlı türlerinde ağrı duyusu incelenirken dikkat edilmesi gereken noktalardan biri, bazı canlıların sinir sisteminin duygusal yanıt oluşturacak ve farkındalık atfedilecek düzeyde gelişmemiş olmasıdır. Canlıların ağrı duyup duymadığı konusunda bazı kısıtlılıklarımızın olduğunu kabul ederek ilerlememiz gerekir. Örneğin, insanlarda dahi ağrı duyusu, yukarıda bahsedilen fizyo-

lojik mekanizmalar nedeniyle oldukça öznel ve uyarın şiddetiyle her zaman korele değildir (Petersen-Felix ve Arendt-Nielsen, 2002). Bu bağlamda ölçülebilirliği de tartışmalıdır. İnsanlarda ağrı ölçekleri ile değerlendirme yapılabilirken diğer hayvan türlerinde dışarıdan gözlemlenebilen davranışsal veya fizyolojik değişikliklerden yararlanılır (mimik, sakinme davranışı, nabız, kortizol, elektrofizyoloji gibi) (Sneddon ve ark., 2014). Bu teknikler, omurgasızlardaki sinir sistemi farklılıkları nedeniyle kısıtlıdır.



**Şekil 1.** Ağrı duyusu yollarının anatomisi. Nosiseptörlerden gelen bilgi önce omuriliğe daha sonra projeksiyon lifleri (kalın çizgiler) ile beyne ulaşır. Bu projeksiyon nöronlarının bir alt kümesi, bilgiyi talamus yoluyla somatik duyu korteksine ileterek ağrılı uyarının yeri ve ağrının şiddeti hakkında bilgi sağlar. Diğer projeksiyon nöronları, beyin sapındaki ve limbik sistemdeki bağlantılar yoluyla ağrı deneyiminin duygusal bileşenine katkıda bulunur. Bu bilgi aynı zamanda periakvaduktal gri madde nöronlarına da erişerek omurilikten çıkan yolları düzenleyen inen yolları (kesikli çizgi) devreye sokar. Periakvaduktal gri maddeden inen lifler, merkeze çıkan yollar üzerinde baskılayıcı etki yaparak duyulacak ağrının şiddetini azaltır.

## TÜRLER ARASINDA NOSİSEPTÖRLERDEKİ BENZERLİKLER

Bakteriler sinir sistemi bulunmayan ilkel tek hücreliler olmalarına rağmen zarar verici uyarımı saptayabilirler. Örneğin, *Escherichia coli* de bulunan bir tür mekanik reseptörün lizisten korunma mekanizması olarak geliştiği öne sürülmüştür. Aşağıda gelişkinlik seviyesi artacak şekilde birkaç canlı türü nosiseptörler açısından irdelenmiştir: Deniz şakayığının (sea anemoneae) mekanik ve elektrik şokuna karşı kapanma refleksi ile yanıt verdiği, ancak termal duyarlılığının bulunmadığı gösterilmiştir (Smith ve Gary, 2009). Bu durumun, birlikte yaşadığı yengeçlerden sakinme davranışı olabileceği düşünülmüştür. Kapanma refleksi nosiseptif duyunun varlığını gösterse de bu canlı merkezi sinir sisteminden yoksun olduğundan ağrı duyusu anlamına gel-

mediği söylenebilir. Halkalı solucan (annelida) ganglionlarında 3 tip sinir hücresi tanımlanmıştır: dokunma, basınç ve nosiseptör. Her birinden alınan elektrofizyolojik kayıtlar memelilerdekine benzediği bildirilmiştir (Sneddon ve ark., 2014). Genel olarak omurgasızlardaki nosiseptörlerden şiddetli basınç, delinme, sıkışma veya yanma sırasında alınan hücre içi kayıtlar, diğer duyu nöronlarına göre yavaş ileten, küçük çaplı, tekrarlanan uyarım ile yanıt şiddeti fazla değişmeyen, yani yavaş adapte olan aferentlerin memeli nosiseptörüne benzediğini göstermiştir. Aynı zamanda opioid reseptörlerinin, dolayısıyla analjezi mekanizmasının varlığı da bildirilmiştir. Bakteri ile enfekte edilen bir kelebek larvasında hastalık davranışına eşlik eden allodini/hipersensivite benzeri bir durum gözlenmiştir (Adamo ve McMillan, 2019). Bu bulgu, bir hayvanın enfeksiyon nedeniyle zayıfladığında yırtıcılara karşı uyanıklığı sürdürmek için en ufak uyarıya bile çekilme davranışı oluşturduğu şeklinde yorumlanmıştır.

Omurgalı hayvanların çoğunun benzer ağrı reseptörlerine ve ilişkili merkezi sinir yollarına sahip olduğu bilinmektedir. Balık nosiseptörlerinin elektrofizyolojik özellikleri, daha yüksek omurgalılarda bulunanlarla hemen hemen aynıdır (Stevens, 2009; Sneddon ve ark., 2003). Bu canlılar arasında P maddesi, serotonin, kalsitonin gen ilişkili peptid, nöropeptid Y, bombesin ve metenkefalin gibi ağrı mediyatörlerinin ortaklığı gösterilmiştir (Cameron, 1990; Gregory, 1999; Sneddon ve ark., 2014). Memelilerde bulunan asit nosisepsiyonunda rol alan iyon kanalı (acid sensing ion channels; ASICs) genleri deniz kestaneleri, denizyıldızı, meşe palamudu solucanları ile memeli dışındaki omurgalılarda da gösterilmiş; bu genler evrimsel süreçte korunarak günümüze kadar gelmiştir (Sneddon, 2019). Yine memelilerde tanımlanan termal ve mekanik nosisepsiyonda görevli geçici reseptör potansiyel kanalı (transient receptor potential channels; TRP) genleri omurgasızlardan sirke sineğinde gösterilmiştir. Opioidler, merkezi sinir sisteminin inen yollarla ağrının baskılanmasını sağlayan (endojen analjezi), balıklarda ve memelilerde benzer mekanizmalarla çalışan morfin benzeri maddelerdir. Sirke sineğinde opioid reseptör genleri gösterilememiş olsa da dışarıdan opioid uygulanması ile analjezi elde edilmekte, ancak mekanizması henüz bilinmemektedir (Sneddon, 2019).

Sneddon ve ark. (2014) çok hücreli canlılardan itibaren nosiseptörlerin varlığı ve özelliklerinin derlendiği bir çalışma yayınlamıştır. Buna göre, sölemlerde (cnidaria) mekanik nosiseptörlerin varlığı gösterilmiştir. Böceklerde (artropod), yuvarlak (nematod) ve halkalı (annelida) solucanlarda buna ek olarak sıcak ve kimyasal duyarlı nosiseptörler ve miyelinsiz C tipi lifler bulunmaktadır. Yumuşakçalarda (mollusca) mekanik nosiseptörler ve miyelinsiz ağrı lifleri vardır.

Omurgalılar sınıfındaki taşemenlerde (petromizon), mekanik ve sıcak nosiseptörleri ile bağlantılı miyelinsiz lifler olduğunu, miyelinli aferent liflerin ise ilk kez kemikli balıklarda (teleost) karşımıza çıktığını görüyoruz (Sneddon ve ark., 2014; Sneddon ve ark., 2003). Amfibiler ve sürün-



genler mekanik, sıcak ve kimyasal nosiseptörlere sahiptirler. Memelilere gelindiğinde ise bunlara ek olarak soğuk nosiseptörleri vardır (Sneddon ve ark., 2014). Kuşlar ve memelilerde termoregülasyonun önemi düşünüldüğünde, organizmanın vücut sıcaklığını değiştirebilecek soğuk ya da sıcak bölgelerden kaçınmasında termal nosiseptörlerinin evrimsel önemi olduğunu söyleyebiliriz. Soğuk sularla yaşayan balıklarda soğuk nosiseptörü bulunmaması, insanlarda kapsaisine yüksek duyarlılık varken, acı biberdeki tohumların saçılmasına aracılık eden kuşlarda bu duyarlılığın olmaması gibi adaptif modülasyonlar bulunmaktadır (Sneddon ve ark., 2014). Günümüzden yaklaşık 635 milyon yıl önce sölemlerinin, 541 milyon yıl önceyse omurgalıların evrimleştiği (Futuyma ve Kirkpatrick, 2017) göz önüne alındığında, memelilerde ve omurgasızlarda nosisepsiyonla ilgili işlevsel paralellikler bize nosiseptif yanıtın yarım milyar yıldan fazla bir süredir korunduğunu ve/veya bu modalitenin yakınsak evrimin bir ürünü olduğunu göstermektedir (Walters ve Williams, 2019).

### HANGİ CANLILAR AĞRI DUYAR?

Birçok omurgasızda nosisepsiyonun varlığı gösterilmiş olsa da bu canlıların ağrı duyup duymadığı sadece nosiseptörler ile kanıtlanamaz. Ağrı verici uyarın nosiseptörler tarafından saptandıktan sonra bilgi daha üst merkezlere iletilir ve işlenir. Yukarıda değinildiği gibi, bu merkezlerin bir kısmı bilinçli bir kısmı bilinçsiz duyarlarla ilişkilidir. İnsan beyninde evrimsel olarak farklı zamanlarda oluşmuş üç katmandan bahsedilir: İlkel beyin (beyin sapı ve beyincik), ara beyin (limbik sistem) ve üst beyin (beyin kabuğu veya korteks) (Kaya, 2015). Beyin sapı, istemsiz çalışan solunum, dolaşım, sindirim gibi temel yaşamsal işlevleri düzenler. Limbik sistem, içgüdüsel davranışları da içeren programlı davranışları kontrol eder (ör. koruma davranışı). Üst beyin, farklı enerji formlarının önce birincil duyu alanlarında tek tek tanımlandığı, sonra ikincil ve daha üst düzey alanlarda bu bilgilerin birleştirilip bütünleştirildiği, böylece nesnel gerçeğin ayrıntılı bir imajının oluşturulduğu beyin katmanıdır. Üst beyin daha ilkel beyin bölümleri ile bağlantıları vardır, böylece yukarıdan aşağı ve aşağıdan yukarı süreçlerle hem bilinçli hem otomatik davranışlar şekillenir. Örneğin, keskin bir nesneyle ilk defa karşılaşan bir bebek bunun zararlı olabileceğini bilemez, ancak ağrı duyusunu deneyimledikten sonra bu bellek sistemlerinde depolanır ve öğrenilir. İleriki zamanlarda karşılaşılan keskin bir nesneye temas etme davranışını şekillendirir. Sosyal davranışlarda da benzer öğrenme mekanizmaları kurulabilir. Böylece, duyarların bilinçli olarak algılandığı üst beyin, otomatik olmayan, düşünerek ve planlanarak gerçekleştirilen daha karmaşık davranışlardan ve entelektüel işlevlerden sorumlu tutulur. Diğer canlıların ağrıyı insanlardaki ağrı duyusu gibi deneyimleyip deneyimlemedikleri bu beyin devrelerindeki benzerliklerle ilişkilidir.

Hangi canlıların ağrı duyduğuna yanıt arayan çalışmalarda çoğunlukla ağrı verici uyarana karşı oluşan davranışlar incelenmiştir. Biyolojik tanıma döndüğümüzde ağrı duyduğu varsayılan canlıların ağrı verici uyarana karşı türe özgü davranış geliştirmesi ve kaçınmayı öğrenmesi beklenir.

Böceklerde, ağrı verici uyarın sonrası kısa-uzun süreli nöronal değişiklik olmadığı, öğrenme ve sakınma davranışı görülmediği, sadece geri çekme ve kaşıma gibi reflekslerin var olduğu bildirilmiştir (Eisemann ve ark., 1984). Mevcut bilgiler ışığında omurgasızların çoğunun ağrı hissetmediği kabul edilmiştir. Öte yandan, bu canlıların henüz tüm duyu mediyatörleri bilinmiyor, ağrılı uyarana karşı oluşturdukları ileti yöntemleri anlaşılabilir. Gelecek çalışmalarda yeni yöntemlerle ağrı duydukları gösterilebilir. Dekapod arthropodlarda (yengeç, kerevit) ağrılı elektrik uyarını verildiğinde serotonin ve glukoz artışı ile karanlığı tercih etmede artış gözlenmiştir. Anksiyolitik verildiğindeyse memelilere benzer şekilde aydınlığı tercih etmede artış olmuştur (Sneddon ve ark., 2014; Patterson ve ark., 2007). Yengeçlere kabuktan ağrı oluşturacak şiddette elektrik verildiğinde kabuğu terk ettikleri gözlenmiş, ortama yeni bir kabuk konduğunda hızla bu yeni kabuğa girmeye çalıştıkları görülmüştür (Elwood ve Appel, 2009). Yeni bir kabuğa girme çabası kabuğun kendisini koruduğunu öğrenmesine bağlanabilir veya bu sadece genetik olarak kodlanmış bir davranış olabilir. Öte yandan, ağrı verici uyarının öğreticiliği düşünüldüğünde, yeni kabuğa karşı sakınma davranışı sergilemediği de söylenebilir. Ağrının öğreticiliği ile ilgili bir örnek kalamarlar ile verilebilir. Ağrıyı deneyimleyen kalamarların sakınma davranışı gösterdiği ve yara almış kalamarların avcıdan çok daha uzak durduğu gözlenmiştir. Üstelik, ağrı kesici uygulandığında bu temkinli yaklaşma davranışı ortadan kalkmıştır (Crook, Dickson, Hanlon ve Walters, 2014). Yasalar önünde, bu hayvanların ağrısının farkında olduğu kabul edilmiştir ve hayvanlara yapılan zulümle ilgili mevzuata dahil edilirken, kafadanbacaklılar dışındaki omurgasızlar dahil edilmemiştir (The Senate Standing Committee on Legal and Constitutional Affairs, 2021).

Omurgalıların tümünün ağrı hissini olduğu kabul edilmiştir. Balıklar, zararlı uyarılara karşı güçlü otonom ve nöroendokrin stres yanıtları verir (Stephanie, 2008; Sneddon ve ark., 2003). Karşılaştırmalı nöroanatomi çalışmaları, balık beyninde diğer omurgalılarda gösterilmiş bazı kortikal sahaların yokluğu nedeniyle, balıkların ağrıya verilen duygusal yanıt veya korku gibi bir psikolojik kapasiteleri olmadığına işaret etmektedir (Rose, 2002). Memeliler, kuşlar ve sürüngenlerin tümü ağrıya duygusal tepkiler gösterir. Ağrılı uyarana karşı otonom yanıtlar oluşturur, türe özgü davranış geliştirir ve sakınmayı öğrenirler. Ağrı kesici ile bu yanıtlar azalır ve ağrı kesici kullanmayı tercih ederler (Sneddon ve ark., 2014). Bu da ağrıya bilinçli farkındalığı ve ağrının kurtulmak istenen bir duyu olduğunu düşündürür.

Sinir sistemleri gelişkin olan omurgalılarda bilinçli farkındalık daha yüksektir. Çoğunun yavru bakımı (koruma, temel yaşamsal becerileri öğretme) ve sosyal davranış geliştirdikleri (grup oluşturma, grup bireylerini tanıma, yardımlaşma) görülür. Primatlarda grup büyüklüğü ve sosyalleşme yüzdeleri ile bilincin evriminde rolü olduğu düşünülen neokorteks (yeni kabuk) büyüklüğü ilişkilidir (Dunbar, 1993). Neokorteks; bellek, karar verme, plan yapma ve sosyal davranışların ortaya çıkmasında rol alan ön beyin

bölümüdür (Barrett ve ark., 2019). Omurgalıların bellek yetileri ve öğrenebilme kapasiteleri yüksektir, hayatta kalmak için ağrının omurgalılar için önemli bir öğrenme aracı olduğu düşünülmektedir. Tüm bu etmenler neticesinde omurgalılar daha uzun ömürlüdür (Broom, 2001).

Öte yandan, omurgasızlarda sinir sistemi o kadar gelişkin değildir. Sınırlı bilişsel kapasiteleri vardır. Yavru bakımı çoğunda yoktur hatta yavrularını yiyen türler bulunur. Çoğunun sosyal davranışı yoktur. Davranışları (avlanma, yırtıcılardan saklanma) genetik olarak belirlenir (Eisemann ve ark., 1984). Omurgasızların öğrenme kapasitesi sınırlıdır (ör. cama vuran sinek). Bu nedenle ağrının evrimi için evrimsel seçim baskısı daha az olabilir (Adamo, 2016). Caydırıcı bir uyarana karşı kaçış tepkisine sahip olmak, canlının ağrı hissederek bilinçli bir sakınma davranışı çıkardığını her zaman göstermez. Örneğin bakteriler de kaçabilir. Ağrı duymasa bile bakterilerin evrimsel uyumu çok yüksektir, o nedenle ağrı duyması, her canlı türü için aynı evrimsel avantaj veya dezavantajı oluşturmaz.

Evrimsel avantaj sağlamayan bir işlev gereksiz yere enerji tükettiği için zamanla kaybolur. “Evrimsel Ekonomi” gereği, işlevsiz uzuvların kaybolmasının sağladığı enerji tasarrufu ile daha işlevsel yapıların verimliliğinin arttığı ve bu sebeple evrimsel süreçte bazı organların körelmesinin avantaj sağladığı düşünülmektedir (Coşan, 2016). O halde bazı türler için ağrı duyusunun seçici bir avantajı olduğunu varsayabiliriz. Ağrı, hasara veya ölüme neden olabilecek eylemlerden kaçınmaya motive eder. Hasar verici uyarının farkına varmak ve tedavi uygulamak söz konusu olduğunda ağrının bilince ulaşması yaşamsaldır. İnsanlardaki bir tür tirozin kinaz mutasyonu embriyonik dönemde aferent nöronların gelişmemesine ve ağrı duyarsızlığına yol açar. Ağrısızlık kulağa hoş gibi gelse de bu kişilerin yaşam beklentisi azalmıştır (Nagasako ve ark., 2003). Benzer şekilde, yara almış ancak analjezi uygulandığı için ağrı hissetmeyen kalamaların avcıdan uzak durma davranışı ortadan kalktığı için hayatta kalma oranları düşmüştür (Sneddon, 2019). Bunlar, ağrının ağrısızlıktan daha avantajlı olduğu durumlara örnektir. Büyük primatlar, köpekler ve domuzlar sosyal olarak yaşarlar, ebeveynler çocuklara yardım edebilir, hatta diğer grup üyeleri saldırıya uğrayan veya acı çeken kişilere yardım edebilir. Bir yaralanmadan kaynaklanan ağrı hissedildiğinde çığlık, bağırma gibi yüksek sesli tehlike sinyalleri iletişim amaçlı kullanılabilir. Ama bu canlılar ilginç bir şekilde doğum yaparken çok sessizdir (Broom, 2001; Finlay, 2015). Sessiz olmaları, doğumda ağrı hissetmedikleri anlamına gelmez. İnsanda hem doğum sancısı ile bağırma hem de yenidoğan bebeğin ağlaması kendine yardım gelmesini sağlayarak hayatta kalmasını kolaylaştırmış olabilir. Ancak diğer memelilerde yenidoğanların yardım bekleme gibi bir durumu yoktur. Aksine yenidoğan bir memeli yavrusu ağlırsa yırtıcıları çağıracaktır. Bu durumda bazı memeli türlerinin yardım çağırılmıyorsa yırtıcıları çağırılmaması daha avantajlı olacağından, evrimsel süreçte böyle bir davranış geliştirmiş olması mümkündür (Broom, 2001).

Ağrısız olmanın seçici avantajı da söz konusudur. Örneğin, çıplak köstebek-faresi deride ağrı hissi eksikliği sayesinde sert yer altı ortamında ve yüksek karbon dioksit seviyelerinde ağrı duymadan gelişebilir (Park ve ark., 2008). Güney çekirge fareleri, arizona akrebinin acı verici ve potansiyel olarak ölümcül sokmalarına karşı dirençlidir (Thompson, 2018). İnsan beyin dokusunda da nosiseptörler yoktur. Nöron gruplarının maksimum verimle, minimum hacimde çalışması avantajlı görünmektedir ve daha sıkı bir beyin yapısı lehine nosiseptörleri göz ardı etmek insanın evriminde bir avantaj sağlamış olabilir. Beynin evriminde kortikal katmanların ve girusların şekillenmesinin avantajından bahsedilirken, eklenen yeni nöron gruplarının kaplayacağı yer, harcayacağı enerji ve üreteceği ısının beyin evrimine kısıtlılık oluşturacağına altı çizilir (Coşan, 2016). Baş ağrısı, nöral dokunun kendisinden değil beyin zarları ve damarlarından duyu alan nosiseptörlerden kaynaklanmaktadır. İnsan beyininde nosiseptörlerin yokluğu metabolik ve kaplayacağı alan açısından avantaj sağlamış olsa da bugüne ulaşmayı başaran birçok genetik kökenli baş ağrısı hastalığı biliyoruz. Kronik ağrı genlerini günümüze getiren bir evrimsel avantaj söz konusu olabilir mi? Genetik geçişli ve oldukça yaygın görülen migren hastalığını ele alalım. Migrenle ilgili tanımlanan genlerin evrimsel bağlantıları henüz çözülemese de migrenin evrimsel bir avantajı olduğu lehine tartışmalar bulunmaktadır (Andreou ve Edvinsson, 2019). Migren, iç ve dış stres kaynaklarına bağlı bir yanıt olan geri çekilme ve uyuşukluk ile karakterizedir. Yoğun sese, ışığa, kokuya, fiziksel ve/veya zihinsel strese, uykusuzluğa, açlığa, alkol gibi tetikleyicilere tolerans azlığı görülür. Kişilerin ağrı atakları yaşamamak için çok düzenli ve tetikleyicilerden uzak bir yaşam sürmesi tavsiye edilir (Robblee ve Starling, 2019). Evrimsel olarak bakıldığında çevresel tehditleri derhal tespit etme ve bunlardan kaçınma, toksin alımından veya solunmasından kaçınma hayatta kalmayı artıracaktır. Bu özellikler, baş ağrısı nüksünün neden olduğu periyodik rahatsızlığa rağmen, yüksek adaptif değerleri nedeniyle doğal seçim açısından avantaj sağlamış olabilir (Bonavita ve Simone, 2011).

## SONUÇ

Sonuç olarak ağrı duyusu hem klinik hem biyolojik bilimlere ilgilendiren bir modalitedir. Ağrının omurgalılar başta olmak üzere sosyal yaşayan birçok canlı için yaşamsal olduğu, ama bazen de ağrısızlığın yaşamsal ve evrimsel avantajı dikkat çekmektedir. İnsan biyolojisini temellendirmede evrimsel bağların kurulması, fizyolojik mekanizmaların, hastalıkların, ilaç yan etkilerinin veya tedaviye dirençlerin anlaşılmasında yararlı olabilir. Örneğin, klinikte sıkça karşılaşılan omurga kaynaklı ağrılar ve sinir sıkışmalarının, insanın iki ayak üzerinde durması ve alet kullanımı ile el-ayak eklemlerinin kullanım şekillerinin evrimsel uyum sağlanamadan hızla değişmesinin sonucu olduğu düşünülmektedir (Kaya, 2015). Doktorların tedavi etmeye uğraştıkları hastalıklar aslında bir tür evrimsel seçim baskısı ile mücadele olabilir veya migren örneğindeki gibi nesilden nesile aktararak türe fayda sağlayan bir genetik çeşitlilik söz konusu olabilir. Bugün tıpta nedeni bilinmeyen hastalık

olarak etiketlenen birçok hastalık evrimsel uyum yasalarının sonuçları olabilir. Temel tıp literatüründe, eğitim ve pratiklerde evrimsel sürecin insan biyolojisini nasıl şekillendirdiği çoğunlukla tartışılmamaktadır. Bu konunun tartışılması için yeterli altyapı ve bilgi birikimi de yetersiz görülmektedir (Kaya, 2015). Hem fizyolojik hem patolojik durumlara evrimsel bakış açısı getirmek faydalıdır. Öte yandan, hangi canlılar ağrı duyar sorusunun etik önemi ve sosyal boyutu vardır. Gerek gıda sektöründe gerek deneysel araştırmalarda hayvanlara yapılan muamelelerde canlıların ağrı duyup duymaması, işlemin analjezi gerektirip gerektirmemesi gibi hususların göz ardı edilmemesi gerekir.

## KAYNAKLAR

- Adamo, S. A. ve McMillan, L. (2019). Listening to your gut: immune challenge to the gut sensitizes body wall nociception in the caterpillar *Manduca sexta*. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 374(20190278). <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2019.0278>.
- Adamo, S. A. (2016). Do insects feel pain? A question at the intersection of animal behaviour, philosophy and robotics. *Animal Behaviour*, 118, 75-79.
- Andreou, A. P. ve Edvinsson, L. (2019). Mechanisms of migraine as a chronic evolutive condition. *The Journal of Headache and Pain* 20:117. <https://doi.org/10.1186/s10194-019-1066-0>.
- Barrett, K. E., Barman, S. M., Boitano, S. ve Reckelhoff, J. F. (2019). *Ganong'un Tıbbi Fizyolojisi*. (E. Ağar, ve İ. Alicant) Güneş Tıp Kitabevleri.
- Bonavita, V. ve Simone, R. D. (2011). Pain as an evolutionary necessity. *Neural Sci*, 32(Suppl 1), 61-66.
- Broom, D. (2001). The evolution of pain. *Symposium on The science and Philosophy of Pain II*, 70, s. 17-21. doi:10.1007/s10072-011-0539-y.
- Cameron, A. P. (1990). Organization of the spinal cord in four species of elasmobranch fish: Cytoarchitecture and distribution of serotonin and selected neuropeptides. *Journal of Comparative Neurology*, 297, 201-218.
- Coşan, E. (2016). Beyin ve bilinç evrimi. *Osmangazi Tıp Dergisi*, 38(1), 20-28.
- Crook RJ, Dickson K, Hanlon RT ve Walters ET. (2014) Nociceptive sensitization reduces predation risk. *Curr. Biol.* 24, 1121-1125. doi:10.1016/j.cub.2014.03.043.
- Dunbar, R. (1993). Coevolution of neocortical size, group size and language in humans. *Behavioral and Brain Sciences*, 16(4), 681-694. doi:10.1017/S0140525X00032325.
- Eisemann, H., Jorgensen, W. K., Merritt, D. J., Rice, M. J., Cribb, B. W., Webb, P. D. ve Zalucki, M. P. (1984). Do insects feel pain? — A biological view. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 40(2), 164-167. doi:10.1007/BF01963580.
- Elwood, R. W. ve Appel, M. (2009). Pain experience in hermit crabs? *Animal Behaviour*, 77, 1243-1246.
- Finlay, B. (2015). *The unique pain of being human*. New Scientist (9 May 2015) sf.60. Erişim Tarihi: 27.05.2021 [https://archive.org/details/New\\_Scientist\\_9\\_May\\_2015/page/n29/mode/2up](https://archive.org/details/New_Scientist_9_May_2015/page/n29/mode/2up).
- Futuyma, D. J. ve Kirkpatrick, M. (2005). *Evol ution* (4 b). Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. s. 434.
- Gregory, N. (1999). Do fish feel pain? ANZCCART News 12.
- Kaya, T. (2015). Yaşam, Evrim ve Biz. İstanbul: Alfa Basım Yayım.
- Mertens, P., Blond, S., David, R. ve Riogard, P. (2015). Anatomy, physiology and neurobiology of the nociception: A focus on low back pain (part A). *Neurochirurgie*, 22-534, 22-34. doi:10.1016/j.neuchi.2014.09.001.
- Mtui, E. G. (2016). *Fitzgerald's Clinical Neuroanatomy and Neuroscience* (7 b.). Elsevier.
- Nagasako, E., Oaklander, A. ve Dworkin, R. (2003). Congenital insensitivity to pain: an update. *Pain*, 101, 213-9.
- Nişanyan, S. (2021). *Ağrı*. Nişanyan Sözlük Çağdaş Türkçenin Etimolojisi. Erişim tarihi: 26.05.2021 <https://www.nisanyansozluk.com/?k=a%C4%9F%C4%B1>.
- Park, T., Lu, Y., Jüttner, R., Smith, E., Hu, J., Brand, A. ve Lewin, G. (2008). Selective inflammatory pain insensitivity in the African naked mole-rat (*Heterocephalus glaber*). *PLOS Biology*, 6(1). doi:10.1371/journal.pbio.0060013.
- Patterson, L., Dick, J. T. ve Elwood, R. W. (2007). Physiological stress responses in the edible crab. *Cancer pagurus*, to the fishery practice of declawing. *Marine Biology*, 152, 265-272.
- Petersen-Felix, S. ve Arendt-Nielsen, L. (2002). From pain research to pain treatment: the role of human experimental pain models. *Best Practise and Research Clinical Anaesthesiology*, 16(4), 667-680. doi:10.101053/bean.2002.0258.
- Robblee, J. ve Starling, A. J. (2019). SEEDS for success: Lifestyle Management in Migraine. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 86(11). doi:10.3949/cjcm.86a.19009.
- Rose, J. D. (2002). The Neurobehavioral Nature of Fishes and the Question of Awareness and Pain. *Reviews in Fisheries Science*, 10(1), 1-38.
- Smith, E. S. ve Gary, R. L. (2009). Nociceptors: a phylogenetic view. *Comp Physiol A*, 195, 1089-1106. doi:10.1007/s00359-009-0482-z.
- Sneddon, L. U., Braithwaite, V. ve Gentle, M. (2003). Do fishes have nociceptors? Evidence for the evolution of a vertebrate sensory system. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 1115-1121.
- Sneddon, L. U., Elwood, R. W., Adamo, S. A. ve Leach, M. C. (2014). Defining and assessing animal pain. *Animal Behaviour*, 97, 201-212.
- Sneddon, L. U. (2019). Evolution of nociception and pain: evidence from fish models. *Phil. Trans. R. Soc. B* 374: 20190290. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2019.0290>.
- Stephanie, Y. (2008). *Fish and Pain Perception*. [https://www.wellbeingintlstudiesrepository.org/hsus\\_reps\\_impacts\\_on\\_animals/6](https://www.wellbeingintlstudiesrepository.org/hsus_reps_impacts_on_animals/6) adresinden alındı.
- Stevens, E. D. (2009). "Pain" and analgesia in fish: what we know, what we do not know, and what we need to know, before using analgesics in fish. *Conference: Blue sky to deep water: the reality and the promise. ANZCCART Proceedings*, (s. 115-124). Wellington, New Zealand. <http://www.royalsociety.org.nz/organisation/panels/anzccart/archives/conferences/2008/> adresinden alındı.
- The International Association for the Study of Pain (IASP). (2021). *IASP Terminology*. Erişim tarihi: 25.05.2021 <https://www.iasp-pain.org/Education/Content.aspx?ItemNumber=1698>.
- The Senate Standing Committee on Legal and Constitutional Affairs. (2021). *Do Invertebrates Feel Pain?*. Erişim tarihi: 20.05.2021. <https://senecanada.ca/content/sen/committee/372/lega/witn/shelly-e.htm>.
- Thompson, B. (2018). The Grasshopper Mouse and Bark Scorpion: Evolutionary Biology Meets Pain Modulation and Selective Receptor Inactivation. *Journal of Undergraduate Neuroscience Education*, Spring, R51-R53.
- Walters, E. ve Williams, A. (2019). Evolution of mechanisms and behaviour important for pain. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 374: 20190275. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2019.0275>.
- Wictionary The Free Dictionary (2021). *Pain*. Erişim tarihi: 26.05.2021. <https://en.wiktionary.org/wiki/pain>.
- Yue, S. (2008). Fish and Pain Perception. *Impacts on farm animals*, 6. [https://www.wellbeingintlstudiesrepository.org/hsus\\_reps\\_impacts\\_on\\_animals/6](https://www.wellbeingintlstudiesrepository.org/hsus_reps_impacts_on_animals/6) adresinden alındı.

# GÖZÜN EVRİMİ

## Şayeste Çağıl İnal

Uzm. Bio., Fizyoloji Anabilim Dalı  
Tıp Fakültesi, Ankara Üniversitesi, Ankara  
inalscagil@gmail.com

### ÖZET

Evrim kuramının bugün geldiği noktada, canlılara ait bütün sistemlerin ve sistemlere ait tüm yapıların evrimini derinlemesine çalışmak mümkündür. Milyarlarca yıl önce yaşamını sürdüren mikroskobik organizmaların, çok karmaşık canlılara nasıl ve neden evrildiğinin morfolojik, fizyolojik, genetik ve moleküler olarak incelenmesi, organizmaların bugünkü fizyolojik sistemlerini anlamak bakımından oldukça önemlidir. Canlıların varlıklarını sürdürmesinde hayati işleve sahip olan duyu sistemlerinden birisi olan görme ve onun temel organı olan göz, bahsedilen bu ekseninde uzun süre boyunca çalışılmıştır. Morfolojik karşılaştırmalarla başlayan gözün evriminin anlaşılma süreci, moleküler ve genetik yöntemlerin gelişmesi ile birlikte hız kazanmış, evrim ağacındaki canlıların göz sistemlerinin hangi süreçlerden geçtiği anlaşılmaya çalışılmıştır. Geniş çerçeveden bakıldığında gözün belirli temel yapılara sahip olduğu gözlenmekte, milyarlarca yıl içerisinde de organizmaların buldukları çevreye bağlı olarak farklı göz yapılarına sahip olduğu anlaşılmaktadır. İlkel mikroorganizmalardan itibaren varlığını koruyan fotopigment opsin ve yüksek korunum gösteren, gözün gelişiminde yer alan pax6 geni gibi örnekler gözün evriminde ortak bir başlangıç olduğuna işaret etse de benzer göz tiplerinin evrim süresince farklı zamanlarda ve farklı canlı gruplarında tekrar tekrar ortaya çıkışı yakınsak ve paralel evrime de bir örnektir. Gözün evrimine dair birikimlerin oldukça yoğun olduğu bellidir, ancak henüz bilinmeyen pek çok nokta aktif olarak çalışılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Göz, Görme Sistemi, Evrim, Omurgalılar, Fotoreseptörler.

### GİRİŞ

Yaşamın sürdürülebilirliğinde büyük önem taşıyan göz, yapısı ve mekanizması bakımından çok sayıda araştırmacının odak konusu olmuştur. Özellikle insan gözü fizyolojik olarak ayrıntılı bir şekilde çalışılmıştır. Gözün karmaşık yapısı ve gösterdiği çeşitliliğin yanı sıra, bazı hayvanlarda gözün kaybolmuş olması gözün geçirdiği evrimsel süreçlerin araştırılmasını gerekli kılmıştır. Bu bağlamda fosiller ile günümüzdeki organizmaların karşılaştırılması, bir zamanlar gözün nasıl çalıştığının ve evrimsel olarak geçirdiği süreçlerin anlaşılmasına büyük katkı

### EVOLUTION OF THE EYE

#### ABSTRACT

In this day and age, the theory of evolution provides an extensive study ground for the evolution of all systems and their structures. Studying how and why billions of years old microscopic organisms have evolved into extremely complex living beings by using morphological, physiological, genetic and molecular approaches is important in order to understand the physiological systems of organisms today. One of the sensory systems, which has a vital role for organisms' survival, is vision and along with its main organs, eyes, it has been studied for a long time on this basis. The process of understanding the evolution of the eye started with morphological comparisons, gained momentum with the development of molecular and genetic methods and thus changes in the visual system of the organisms in the evolutionary tree were tried to be understood. From a broader perspective, it can be seen that the eye has basic structures and over billions of years, organisms developed different eye structures depending on their environment. Although findings like the photopigment opsin, which has been existing since primitive microorganisms, and the highly conserved gene pax6, which has a role in the development of the eye, indicate a common beginning in the evolution of the eye, the re-emergence of similar eye types at different times and in different organisms during evolutionary process provides an example to the convergent evolution. It is obvious that the knowledge on the evolution of the eye is quite dense, however many unknown subjects are still being studied actively.

**Keywords:** Eye, Visual System, Evolution, Vertebrates, Photoreceptors.

sağlamaktadır.

Charles Darwin, Türlerin Kökeni'nde, göz gibi mükemmel ve karmaşık bir yapının doğal seçimle açıklanabileceği düşüncesini kendi deyimiyle "absürd" bulduğunu söylemiş, hatta bunu bir itiraf olarak tanımlamıştır (Darwin, 1859; s. 154). Ancak Darwin bu "itirafın" devamında, uygun koşulların oluşması durumunda, gözdeki farklılıkların kullanışlı olduğu durumlarda doğal seçim üzerinden kompleks bir göz yapısının oluşabileceğinin teorik olarak mümkün olduğunu belirtmektedir. Mendel'in henüz yeniden keşfedilmediği bu dönemde Darwin'in karmaşık göz yapısına dair bu



söylemi, evrim karşıtlarının sıklıkla kullandığı bir alıntı olmuştur. Genetiğin ve moleküler biyolojinin giderek gelişmesi, yeni yöntemlerin ortaya çıkışı ve paleontoloji başta olmak üzere çeşitli disiplinler arası yaklaşımlarla günümüzde gözün evrimsel gelişimine dair önemli bilgiler elde edilmiştir.

## GÖZE EVRİMSEL BAKIŞIN KISA BİR TARİHİ

1883'te Bristol'de göz cerrahı olan Richardson Cross, görmenin evrimine dair ilk derslerden birini vermiştir (Cross, 1915). Cross dersinde, en basit görme organında bir pigment birikimi olduğunu, bu duyarlı alanın üstünde kalınlaşan bir lens yapısı ile ışığı konsantre ettiğini belirtmiş, ayrıca bu basit yapıdan temel alan daha karmaşık bir göz yapısı olduğunu öne sürmüştür. Cross bu uzun derste tek hücreli canlılardan başlayarak insana kadar çok sayıda farklı şubeye ait canlıların göz yapısını ve benzerliklerini değerlendirmiştir.

Cross'un ardından, 1926'da, yine bir cerrah olan Elliot Smith'in Cavendish'te görme ve evrim üzerine verdiği dersin bir kısmı British Medical Journal'da yayınlanmıştır (Smith, 1926). Smith'in konuşması Cross'unkinden farklı olarak, gözdeki ve görmedeki evrimin insanın diğer canlılardan ayrılmasındaki rolüne odaklanmıştır. Cross, insanların birbirinin davranışlarını gözlemleyerek alet kullanımı, yüz ifadeleri, cinsel seçim gibi hayatta kalımı ve sosyal hayatı düzenleyecek önemli koşulları öğrendiklerini belirtir. Bunun yanı sıra gözün dilin evriminde temel bir yer aldığını, işitsel sinyallerin görsel bir sembole çevrilmesinde ve iletişimin yazılı hale geçirilmesiyle toplumsal değişimlerin hızlanmasında yadsınamaz bir öneme sahip olduğuna işaret etmektedir. Cross'un bu konuşması göze yapısal olarak odaklanmasa da gözün evrimi ve beyin yapılarındaki ilişkili değişiklikleri içeren ilk metinlerden biri olması bakımından önemlidir.

1955'te Amerikalı John Zettel Jr., o döneme kadar çeşitli hayvanlardaki göz yapılarını karşılaştıran bir derleme yazmıştır. Bu derlemeye göre, Annelida (solucanlar), Arthropoda (eklembacaklılar) ve Mollusca (yumuşakçalar) dâhil çeşitli omurgasızlar ile bütün omurgalı hayvanların belirgin bir göz organizasyonu mevcuttur. Zettel, en basit omurgalının bile gözlerinde lens, kornea, retina, fotoreseptörler ve dış oküler kaslardan oluşan tam bir sistem olduğunu belirtmektedir. Bununla birlikte, omurgalı embriyolojisine bakıldığında, internal tübüler bir merkezi sistem olmaksızın kompleks bir göz yapısından bahsedilemeyeceğini söyler. Bu makalede çeşitli omurgalıların göz yapıları karşılaştırılmış, temel olarak gözün akomodasyonun (uyum sağlama)<sup>1</sup> farklı mekanizmalarından bahsedilmiştir.

Gözün morfolojik ve hücrel karşılaştırmalarla araştırılmasının üstüne, gelişen moleküler ve genetik yöntemler gözün evrimsel sürecinin anlaşılmasını

kolaylaştırmıştır. Özellikle 2000 yılından sonra gözün evrimine ait literatür büyük bir hızla genişlemiştir ve genişlemeye de devam etmektedir. Uzun bir süre, Ernst Mayr'ın de aralarında bulunduğu çoğu evrimsel biyolog, göz yapısının bütün hayvan şubelerinde en az 40 - 60 defa evrimleştiğini düşünmüştür (Gehring, 2005). Temelde ne kadar benzer olsa da farklı gruplarda farklı göz yapılarının varlığı gözlerdeki evrimsel değişikliklerin gruplar içinde bağımsız olarak gerçekleştiğinin düşünülmesine neden olmuştur. Ancak genetik ve moleküler çalışmalar sonucunda keşfedilen, bütün göz sistemlerindeki ortak gen ve transkripsiyon faktörlerinin sayısı giderek artmakta ve tüm hayvanlarda ortak bir görme sistemi olduğuna işaret etmektedir (Nilsson ve Arendt, 2008). Bütün bu çalışmalarla gözün temel yapısının ortak bir kökenden geldiği düşüncesi öne çıkmıştır (Gehring, 2005). Ernst Mayr de 2001 yılında yayınlanan *What Evolution Is* isimli kitabında bu görüşün artık doğru olmadığını belirtmektedir (Mayr, 2001).

## GÖZÜN EVRİMİNDE TEMEL UNSURLAR

### Fotoreseptörler

Hayvanları yalnızca Animalia alemi olarak ele almak, gözün evrimi konusunda yanıltıcı olur ve bu nedenle protist genel ismi ile anılan tek hücreli ökaryotlar da incelenmelidir. Elbette bu tek hücreliler içinde gerçek bir gözden bahsetmek mümkün değildir ancak öglena (*Euglena granulata*) gibi flagellat tipte tek hücrelilerde bulunan göz noktaları, gözün evriminin başlangıcı için önemlidir. Bitki ve hayvanlara çok uzak olan bu canlılar, endosimbiyoz sonucu evrimleşen kloroplastı içermektedir ve göz noktaları sayesinde ışığa doğru hareket edebilirler (fototaksi). Öglena ile birlikte, flagellat bir başka tek hücreli olan *Chlamydomonas eugametos* göz noktaları bakımından derinlemesine incelenmiştir (Walne ve Arnott, 1967). Öglena fotoreseptör olarak bir flavoprotein içerirken, *Chlamydomonas* retiniliden proteini içermektedir (Wolken, 1977; Suzuki ve ark., 2003).

Dünyanın ilkel koşulları göz önünde bulundurulduğunda, ışığa duyarlı bu sistemin tam olarak ışığın hangi dalga boyuna duyarlı olduğu da bir seçim sürecidir. X ışınları ve gama ışınları hücrelere zarar verip herhangi bir görüşü ortadan kaldırırken, radyo dalgaları gibi uzun dalga boyları ise yeterince enerji taşıyamadığından çevredeki farklılığın algılanmasını zorlaştıracaktır. Bu açıdan bir fotoreseptörün<sup>2</sup> en iyi bugün görülebilir ışık spektrumu olarak tanımladığımız dalga boylarında uyarılabilmesi daha olasıdır. Bu nedenle ilkel dönemdeki tek hücrelilerin sahip olduğu fotoreseptörlerin ilkel dönemin koşullarına uygun dalga boyuna duyarlı olması beklenmektedir (Schwab, 2018).

Hayvanlarda fotoreseptörlerde ışığa hassasiyet gösteren proteinler opsinlerdir. En basit hayvanlar olarak kabul edilen placozoalar ve süngerler hariç bütün hayvan

1 Görme sırasında bir objenin bulunduğu mesafeye göre gözün odağını fizyolojik olarak netleştirilmesi.

2 Işığa tepki veren bir protein.

şubeleri opsin sınıfından yedi-transmembran-proteini kullanır (Porter ve ark., 2012). Opsinler tip I ve tip II olarak ikiye ayrılır; tip I opsinler tüm hayvan şubelerine yayılmıştır, tip II opsinler ise temel olarak mikroorganizmalarda bulunur. Bu iki tip opsin birbirine yapısal olarak benzese de, dizi olarak birbirinden çok farklıdır ve üst düzeyde moleküler yakınsak evrim<sup>3)</sup> olarak düşünülmektedir (Oakley ve Speiser, 2015). Bununla birlikte, bu iki grup proteinin ortak bir kökenden geldiğine dair öneriler de mevcuttur (Mackin ve ark., 2014).

Opsinin G protein bağlı bir reseptörden evrimleştiği düşünülse de bunun öncesini ele alan evrimsel süreç henüz netleşmiş değildir. Bir kromofor<sup>4)</sup> olan ve A vitamininden çevrildiği bilinen retinal ile birleşen opsin, biyolojik olarak aktif bir şekilde ışığa duyarlı olan rhodopsini oluşturur ve bu rhodopsinin Archea'da enerji için proton pompası gibi görev yaptığı düşünülmektedir (Grote ve ark., 2014). Diğer ışığa duyarlı proteinler yerine opsinin seçiliminin sebeplerinden birisi, diğer moleküllerin farklı koşullarda hücre için zararlı olması, dolayısıyla rhodopsin kadar etkili ışık duyarlılığı sağlayamaması olarak düşünülmektedir (Schwab, 2018).

Opsin ve retinalin birleşimi iki farklı reseptör hücrelerine özgüdür. Bu hücreler, siliyer fotoreseptörler ve rhabdomerik fotoreseptörler, omurgalı ve omurgasızlarda bulunmaları açısından birbirlerinden farklıdır. Omurgalılarda siliyer fotoreseptörler, omurgasızlarda rhabdomerik fotoreseptörler daha sık gözlenmektedir ancak iki grupta da her iki reseptörün birlikte gözlenebileceğini öne süren araştırmacılar vardır (Lamb ve ark., 2008).

## ORTAK GENETİK KÖKEN

Moleküler ve genetik çalışmalar, çeşitli gen ve transkripsiyon faktörlerinin gözün evriminde yer aldığını göstermektedir. Bu genlerden *pax* gen ailesinin daha erken ortaya çıktığı ve giderek evrime uğradığı düşünülmektedir; ilkel hayvanlardan süngerler ve sölenlerde *pax* ailesindeki ilkel formlardan biri olan *pax5*'in bulunması bu durumu desteklemektedir (Kozmik ve ark., 2003; Suga ve ark., 2010).

Meyve sineği *Drosophila* gözün gelişiminin incelenmesinde model bir canlı olmuştur ve detaylıca incelenmiştir (Baker ve ark., 2014). Bununla birlikte *Drosophila* genetik çalışmalarda eşsiz bir modeldir. Bu bakımdan gözün genetik temellerinin araştırılmasının *Drosophila* ile başlamış olması pek şaşırtıcı değildir. 1915'te genetikçi Mildred Hoge *Drosophila*'da kolayca fark edilebilecek bir gözsüzlük mutasyonu (*eyeless*; *ey* mutasyonu) bulmuştur. Bu mutasyona benzer bir mutasyon farelerde de bulunmuştur. İnsanlarda benzer bir fenotipe neden olan aniridia hastalığına neden olan mutasyon

3 Birbiriyle akraba olmayan türlerde gözlenen benzer biyolojik özelliklerin evrim süreci.

4 Moleküle rengini veren kısmı.

1991 yılında Ton ve ark. tarafından bulunmuştur. Aynı yıl, farelerdeki mutasyonun sebebi olan gen de tespit edilmiştir ve iki genin de oldukça korunmuş olan *Pax6* geni olduğu fark edilmiştir (Walter ve Gruss, 1991; Gehring, 2005). *Pax6* geni aynı zamanda *Drosophila*'daki *eyeless* genidir. *Drosophila* ile çalışan Gehring, aynı konuda farklı hayvan modelleri çalışan meslektaşlarının verileriyle birlikte böceklerden insanlara kadar oldukça korunmuş olan bu genin, gözün evrimi sırasında temel kontrol geni olduğunu öne sürmüştür (Gehring ve Ikeyo, 1999). Gehring'e göre *Pax6* anahtar genidir ve süreç boyunca farklı genler bu genin altındaki yolağa katılarak gözün yapısında değişimlere neden olmuştur.

*Pax6* homolog genleri bilateral yapılı hayvanların hepsinde saptanmıştır. İlginç bir şekilde evrimsel süreçte gözlerini kaybetmiş olan *Caenorhabditis elegans* da *Pax6* genine sahiptir. Bu durum muhtemelen *Pax6* geninin farklı organlarda da anahtar gen olmasından kaynaklanmaktadır. Bu korunum, gözün ortak bir kökenden evrildiğini düşündürmektedir.

## KAMERA GÖZ YAPISI VE BİLEŞİK GÖZ YAPISI

Basit gözlerden sonra gözlenen ilk ileri göz formu kamera stili göz yapısıdır. Fosillere bakıldığında en eski kamera göz tipi Kambriyen dönemi ortalarında sölenlerde gözlenmektedir ancak asıl ortaya çıkış zamanının Kambriyen'dan daha önce olduğu düşünülmektedir (Schoenemann ve ark., 2009; Zhao ve ark., 2013). Bu göz yapısı, kornea, lens, ekstraoküler kaslar ve bazılarında konjonktiva ile göz kapakları gibi aksesuar yapıları içerir. Bu gözlerle sahip tüm hayvanların birbirinden bağımsız ama yakınsak evrim geçirdiği düşünülmektedir (Ogura ve ark., 2004). Örneğin, insanda da, örümcekte de altı ekstraoküler kas vardır ancak embriyolojik ve fonksiyonel bakımdan bu kaslar birbirlerinden tamamen bağımsızdır.

Göz noktalarının üzerinde ışığa duyarlı hücrelerin yuvarı doğru bir kabartı oluşturması ile oluşan göz yapısına daha sonra bir lens, sıklıkla da ilk lensin proksimalinde<sup>5)</sup> kalan ikinci bir lens eklendiğinde ortaya "bileşik göz" yapısı çıkmaktadır. Her bir kabartıdaki kitin korneadan geçen ışık sekiz optik hücre üstüne düşer ve böylece her biri birbirinden bağımsız, kendi içinde kalan görsel birimler meydana gelir (Schwab, 2018). Her bir birime "ommatidium" adı verilmiştir. Her bir ommatidium bir "piksel" gibidir ve ommatidium miktarı elde edilen görselin keskinliğini etkiler (Nilsson, 2021). Bileşik tip gözün morfolojisi, altı farklı yapıya sahiptir ve her biri temelde aynı olsa da, organizmanın yaşadığı çevreye en iyi uyum sağlayacağı şekilde özelleşmiştir. Bu göz tipi temel olarak antropodlarda gözlenir.

## KAMBRIYEN PATLAMASI EKSENİNDE GÖZÜN EVRİMİ

540 ile 530 milyon yıl Kambriyen döneminde gözlenen

5 Bir merkeze (genellikle vücuda) yakınlığı gösteren anatomik terim. Proksimal yakın, distal uzak olduğunu ifade eder.



Şekil 1. (Sol) Bir siğir sineğinde bileşik tipte göz yapısı. (Sağ) İnsan gözü kamera tipte göz yapısındadır.

çeşitlilikteki patlamanın gözle ilişkili olduğuna dair bir hipotez mevcuttur. Gözdeki evrim ile birlikte çevresinin daha fazla farkında olan canlılar, avcıdan kaçmak, daha uygun saklanma yerleri keşfetmek, yeni besinleri bulmak gibi avantajlara sahip olurken, bir yandan da bu duruma bağlı olarak giderek artan rekabet nedeniyle daha fazla seçilimle karşılaşmışlardır.

Bu dönemde görmedeki iyileşmenin, Kambriyen döneminde farklı türlerin açığa çıkmasını tetiklediği düşünülmektedir. Günümüzde yaklaşık 36 şubeden (bu sayı 31 ile 36 arasında değişmektedir) oluşan hayvanlar alemi içinde 3 tanesi (arthropoda (eklembacaklılar), mollusca (yumuşakçalar), chordata (omurgalılar)) bugünkü modern tanımıyla görmeyi sağlayan gözlerle sahip canlıların %96'sını oluşturmaktadır ve Kambriyen patlamasının yaşandığı dönemde var olmuşlardır.

İlkel göz yapılarının evrimsel olarak incelenmesi, gözün yumuşak dokusunun fosilize olmaması nedeniyle oldukça zordur. 1970'te Seilacher tarafından *Konservat-Lagerstätten* olarak tanımlanan, yumuşak dokulu fosil biyotalarının varlığı, bu tür organların incelenmesinde oldukça önemlidir. Çin'de bulunan Chengjiang bölgesindeki Chengjiang biotası, Erken Kambriyen fosilleri bakımından oldukça zengindir. Yaklaşık 520 milyon yıl öncesinden fosilleri barındıran bu biota incelendiğinde, göz yapılarının büyük bir çeşitlilik gösterdiği gözlenmiştir. Ayrıca bu fosiller, hayvanlar âleminin en eski göz yapılarını barındırması bakımından büyük öneme sahiptir. Bu biota içerisinde 230'dan fazla hayvan türü tanımlanmıştır (Zhao ve ark., 2012). Bu biotada saptanmış göz tipleri, daha yeni hayvan türlerinde, özellikle artropodlarda gözlenmektedir.

Bilinen en ilkel göz fosili *Olenellus fowleri* adlı trilobitler (Schwab, 2018). Arthropodadaki bileşik göz üniteleri olan ommatidumlardaki kalsitlerin taşı yapılarının korunması ile fosillerde net bir şekilde gözlenebilmiştir. Trilobitlerin Kambriyen'dan önce ortaya çıktığı düşünülse de *Olenellus*'taki bu yapının erken Kambriyen döneminden olduğu varsayılmaktadır.

Chengjiang biotasında oldukça baskın olan artropodların gözleri, çeşitli göz yapılarının neden ortaya çık-

tığını ve neden kaybolduğunu açıklayabilmektedir. Bileşik göz yapısının ilk olarak Kambriyen döneminde açığa çıktığı düşünülmektedir. Bu göz tipi annelidler ve yumuşakçalarda da gözlenmektedir, ancak bu tip gözün en üst düzey hali arthropodada mevcuttur. İki sınıfa ayrılan bileşik göz yapısı bu sınıflar içinde de farklılıklar gösterir. Bileşik gözler arasında en eski yapı apozisyon gözlerdir ve diğer tipte bileşik gözlerle evrimleştiği düşünülmektedir (Gaten, 1998). Ancak daha uzak akrabalarda bile benzer göz yapılarının gözlenmesi nedeniyle bu düşünce henüz netlik kazanmamıştır. Yine de bileşik gözler bütünüyle düşünüldüğünde anatomik ve fizyolojik araştırmalara göre bütün bileşik göz tiplerinin homolog olduğu kesindir (Land ve Nilsson, 2002).

## BİR GÖZ NOKTASINDAN BİR GÖZÜN OLUŞUMUNA

İlginç bir şekilde, tek hücreliler içinde bulunan dinoflagellatlarda bahsedilen basit göz noktalarının aksine, kamera tipi göze oldukça benzeyen kompleks yapılar vardır (Hayakava ve ark., 2015). Bu canlılarda sinir sistemi olmadığından gerçek bir imge algısı olmadığı düşünülmekte, ancak görsel mekanizmanın veya işlevinin ne olduğu tam bilinmemektedir.

İlkel hayvanlardaki göz noktasının üstünde konkav bir kup oluşmasıyla uzaysal enformasyonun duyuşal olarak işlenmesi başlamıştır. Bu tip göz yapıları çoğunlukla yumuşakçalarda gözlenmektedir ve yaklaşık 10 farklı göz tipi tanımlanmıştır. Bunların arasında en ilginç göz yapısı deniztaraklarında bulunur. Bu canlılarda kristalize lens ve iki retina katmanı ile görselin en dıştaki katmana yansıtılması ile görüş sağlanır. İki katmandaki reseptörler de birbirlerinden farklıdır. Yapıdaki bu detaylı değişikliğin aksine, deniztaraklarında gerçek bir beyin yapısı bulunmadığından bu gözler yalnızca ışık varlığı ve harekete ilişkin enformasyon sağlayabilmektedir. Yine yumuşakçalardan notilus, iğne başı (pinhole) tipi göze sahiptir ancak bu gözde lens ve kornea yoktur; bu canlıların yaklaşık 500 milyon yıl önce ortaya çıktığı düşünülürse bu basit yapı daha iyi anlaşılabilir. Evrimsel olarak daha genç olan ahtapotlar ise daha karmaşık bir göz yapısına sahiptir ve lens, göz bebeği (pupilla) ile gelişkin bir ekstraoküler kas yapısını içerir. Bu ekstraoküler kas miktarı 7 ile 14 arasında değişirken, oluşan görüntü de daha detaylı elde edilmektedir. Deniz salyangozları (limpetler) bu tip göze sahip canlılardır. Bu konkav yapının birleşerek ortada iğne deliği kadar boşluk bıraktığı gözler yumuşakçalardan deniz kulaqları ve notiluslarda gözlenir. Kristalleşmiş lenslerin eklenmesi ise evrimsel süreçte daha geç gerçekleşmiştir ve bu durum farklı organizmalarda lenslerin farklı maddelerle oluşturulmasıyla açıklanmıştır. Omurgasızlarda lens çoğunlukla çeşitli kristalinler ve özgün proteinler içerirken, omurgalılarda kristalinlerin yanı sıra sıklıkla ısı şok proteinleri içermektedir. Lenslerdeki bu farklılık onların fiziksel özelliklerini de değiştirdiğinden, gözlerin yapısında değişimler de kaçınılmaz olmuştur (Shwab, 2018).



## Omurgalılarda Gözün Evrimi

Kambriyen patlaması omurgalılarının başlangıcı için önemli bir dönemdir. Konodontlar (ilkel yılan balıkları) omurgalılarının evrimindeki ilk canlılar olarak kabul edilmektedir. Omurgalılarda gözün evriminin günümüzden yaklaşık 500 milyon yıl önce kemikli yapıların evrilmesinden önce başlaması nedeniyle fosil kayıtlar oldukça azdır. Bu nedenle evrimsel süreçte omurgalılarda açığa çıkan ve devamında daha iyi bir alternatif nedeniyle ortadan kaybolan göz tiplerinin bilinmesi mümkün değildir. Bu nedenle dönemdeki omurgalılara en yakın canlıların ve onların yakın akrabalarını göz bakımından değerlendirmek, evrimsel süreci anlayabilmek açısından yararlıdır.

Omurgalılarının evrimine kadarki süreçte fotoreseptörler, retina, lens gibi kompleks göz yapıları oluşmuş olsa da gelen bilginin tam anlamıyla bir görsel olarak değerlendirilmesi için gerekli kompleks sinir sistemi henüz yoktur. Bu nedenle omurgalılardaki gözün evrimini, sinir sistemi evrimi ile birlikte incelemek gereklidir. Yaklaşık 550 milyon yıl önce, omurgalılarda nöral dokunun bir nöral tüp oluşturarak beyin ve omuriliği meydana getirdiği düşünülmektedir. Lamb ve arkadaşları, çoğu omurgasızda belirgin olan siliyer fotoreseptörler ile birlikte, omurgalılarda öne çıkacak olan rhabdomerik fotoreseptörlerin bu tüp içerisinde belirgin bir yerleşimi olduğunu öne sürmüştür. Buna göre, nöral tüp duvarında bulunan siliyer fotoreseptörler, tüpün dış tarafında bulunan rhabdomerik fotoreseptörlerle sinaps yapar halde bulunur ve bu reseptörler projeksiyon yaparak beyne gidecek duyu aksonlarını meydana getirir (Lamb ve ark., 2008).

Kambriyen dönemindeki omurgalılara en çok benzeyen bugünkü çenesiz balıklar, bugünkü kafatasızların (cephalocordata) en yakın akrabaları olarak tanımlanmaktadır. Bu canlılarda gözler kamera tipidir ve bu tip göz omurgalılarda baskın halde devam eder. Taşemenler (dişli çenesiz balıklar) en ilkel omurgalı ailesi olarak düşünülmektedir ve göz tipleri ilkel omurgalılar için önemli bir örnektir. Bu canlıların gözleri olgun kamera tipidir ve 3 veya 4 tanesi daha ileri balıklarda bulunan beş fotopigment içermektedir. Yetişkin taşemenlerin gözlerinde bulunan retina balıklardakine ve hatta bazı memelilerinkine benzerlik gösterir. Bu kamera tipi göz şekli her ne kadar modifikasyonlara uğrasa da evrim süreci boyunca temelde değişim göstermez. Balıklarda da benzer göz tipi mevcuttur ancak daha karmaşık damarlanma ve retina yapısına sahiptir. Devonian döneminde oldukça gelişen balıklardaki kamera göz yapısı vücuda göre daha büyük, sabit göz bebeği (pupilla), yassı kornea, büyük, yuvarlak ve hareketli lensi içermektedir.

Temelde bilinen haliyle fotoreseptör aracılı transdüksiyon üzerinden görüşün gerçekleşmesine dair tasarım, omurgalılarda da büyük oranda değişime uğramamıştır. Omurgalılardaki gözün evrimi sucul hayata veya karasal

hayata adaptasyon ekseninde gerçekleşmiştir. Bununla birlikte kara hayvanlarındaki diurnal (gündüzcül) ve nokturnal (gececi) yaşama farklılığına bağlı olarak, gözlerin ortamdaki ışığa göre en iyi şekilde görüş sağlamak üzere evrimleştiği gözlenir. Örneğin, ışığa oldukça hassas olan ve renkli görüşün sağlanmasında rol alan koni hücreleri diurnal canlılarda daha fazla bulunurken, kısıp ışıkta ışığa yüksek hassasiyet gösteren çubuk hücreleri nokturnal canlılarda daha baskın gözlenmektedir. Benzer modifikasyonlar, denizin daha derin ve dolayısıyla daha karanlık kısmında yaşayan su omurgalılarında da gözlenmektedir.

Tetrapodların (dört ayaklılar) karaya çıkışı ile birlikte omurgalılarının göz yapısı ciddi anlamda değişikliğe uğramıştır. Sucul hayvanlardan kara hayvanlarına geçiş formu olarak görülen Tiktaalik, amfibilerin karasal ortama adaptasyonda geçirmek zorunda kaldığı temel değişikliklerin anlaşılmasında yardımcı olmuştur. Su ortamından hava ortamına geçişle birlikte buna uyum sağlamak için gözde çeşitli değişiklikler gerçekleşmiştir. Sudan karaya geçişte göz için iki problem vardır; gözün kuruması ve ortam geçişinden dolayı odaklanma<sup>6</sup>. Bu problemlerin giderilmesi, korneanın daha dik konuma gelmesi ve daha şeffaf olması, lensin düzleşmesiyle birlikte, ikinci göz kapağı adı verilen niktitanlar ve dış göz kapaklarının oluşumuyla sağlanmıştır (Mohun ve Davies, 2019).

Bazı amfibiler, binoküler<sup>7</sup> görmeye doğru evrimleşme göstermiştir. Çoğu balıkta görmede tam bir çaprazlaşma gözlenirken, çoğu memeli kısmi çaprazlaşmaya sahiptir. Bu kısmi çaprazlaşmanın erken amfibilerde gerçekleştiği düşünüldüyse de evrimsel süreçte en az dört defa optik çaprazlaşmanın ortaya çıktığı görüşü öne çıkmıştır (Larsson, 2013). İribaşlarda, balıklar gibi tam çaprazlaşma mevcutken, metamorfoz sırasında kiazma noktasında eşit sayıda iki tarafa doğru giden retinal çıktılar gözlenir (Skarf ve Jacobson, 1974). Bu çaprazlaşma ile birlikte görülen cismin üç boyutlu şekilde algılanması sağlanmaktadır.

Amniyotik yumurtanın evrimleşmesiyle birlikte, üremek için suya bağlı kalmayan hayvanlar karada yayılmaya başlamış ve sinapsidler (memeli öncülleri) ile sauropsidlere ait çok sayıda farklı türün evrimi gerçekleşmiştir (Schwab, 2018). Sauropsidler içinde bulunan sürüngenler ve kuşların sklerasında kıkırdaksı yapılar gelişmiştir ve daha hızlı, daha kesin ve daha aydınlık görüntülerin oluşumu için akomodasyonda yer alırlar. Bu akomodasyonda lens memelilerde olduğu gibi yuvarlaklaşmaz, aksine siliyer cisimcik ve kornea arasında sıkışır (Shimizu ve ark., 2009). Yer

6 Işığın yönü farklı ortama girdiğinde, ortamın özelliğine bağlı olarak yön değiştirir. Bu durum kırılma olarak adlandırılır. Bu kırılma, ışığın tam retina üzerine düşüşünü, yani görüşün netliğini değiştirir. Sudan karaya geçişte bu durum oldukça belirgin hale gelmiştir ve bunu düzeltmek üzere gözde çeşitli değişimler meydana gelmiştir.

7 İki gözle birlikte bir cismin tek görülmesi. Her iki gözden gelen bilgi birleştirilerek tek bir görsel olarak algılanır.



altında yaşama sürecinde akomodasyon özelliğini kaybeden yılanlar, yeryüzüne çıktıkları zaman lenslerin hareketiyle akomodasyon sağlamaya evrimsel olarak geri dönmüşlerdir (Blackburn, 1984; Simoes ve ark., 2015). Bu akomodasyon şekli balıklardakine analogdur fakat homolog değildir (Schwab, 2018). Kuşlardaki sklerada pekten adı verilen bir yapı mevcuttur. Pekten yüksek damarlanma gösteren ve oldukça pigmentli bir yapı olup, insanlardaki gibi damarlı bir retinaya sahip olmayan kuşlarda gözün iç kısımlarının beslenmesinde rol oynadığı düşünülmektedir (Shimizu ve ark., 2009). Tüm bunların yanı sıra, kuşlar özellikle göz büyüklüğünün beyin büyüklüğüne oranı bakımından büyük farklılık göstermektedir. Kuşlar, karasal omurgalılar arasında en büyük gözlere sahiptir ve gözün beyne oranı insanlardan çok daha büyüktür. Kuşlardaki göz büyüklüğünün sebebi, hızlı hareket eden hayvanların gözlerinin büyük olması gerektiğini öne süren Leuckart'ın Kuralı ile ilişkilendirilmektedir ve kuşlarda özellikle uzaysal çözünürlükteki keskinliğinin artışı bunun bir sonucu olarak düşünülmektedir (Hall ve Heesy, 2011). Bununla birlikte kuşlarda beyin ve göz büyüklüğünün birlikte evrimleştiği, bunun nedeninin de nokturnal aktivite ve avın hareketliliği olduğu öne sürülmüştür (Garamszegi ve ark., 2002).



Şekil 2. Nokturnal olan baykuşlar, kuşlarda büyük göz ve avlanma ilişkisinin önemli örneklerindedir.

Synapsidler amniyotlardır ve önce monotremelere (yumurtlayan memeliler), ardından memelilere doğru evrim sürecinden geçmişlerdir. Monotremeler sürüngen ve kuşlara daha yakın göz yapısına sahiptir. Monotremeleri skleradaki kırırdağı kaybeden keseliler takip eder.

Plasentalı memelilerin evrimsel gelişimi, Meksika'nın Yucatan Yarımadası'na düşen meteor sonrasında oldukça hızlanmıştır ve çeşitlilikleri giderek artmıştır (Springer ve ark., 2017). Dinozorların yok oluşundan önce memeliler gece yaşamaya alışmış, göz yerine koku, işitme gibi duyuların evrimleşmesi gerçekleşmiştir (Maor ve ark., 2017). Yine ilgili olarak, ışığı daha fazla almak için kornea genişlemiştir. Memeli gözleri nokturnal sürüngen ve kuşlara benzer bir yapıda olsa da primat ve insanlarda gündüz ışığına uyum sağlamış gözler olduğu saptanmıştır (Hall ve ark., 2012). Suda yaşayan memeliler ise hem sudaki yaşama, hem su dışındaki görüşe adaptasyon sağlamıştır. Çoğu su memelisinde su içinde ışık kırılarak retina üzerine düşer ve su memelilerinin gözlerinde, hava ortamına geçtiğinde kırılmadığı değişime rağmen ışığın retinaya düşmesini sağlayacak mekanizmalar gelişmiştir. Ayrıca ışığın miktarını ayarlamak için türlere özgü göz bebeği (pupilla) ve iris kasları gözlenmektedir. Bu canlılarda gözün yapısı nokturnal memelilere oldukça benzerdir (Mass ve Supin, 2007).

Gözün evrimi süresince koni ve çubuk fotoreseptörlerinin retinadaki dağılımı türlere ve yaşam biçimlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Nokturnal hayvanlar daha çok renksiz görüşle ilişkili çubuk reseptörlere sahipken, gün ışığında yaşayan ve keskin renkli görüşlü hayvanlarda koni reseptörler yaygın bulunmaktadır (Jacobs, 2009). Bununla birlikte renkli görüş tanımının, bilindik üç renkli görüşten farklı olduğuna dikkat edilmelidir. Renkli görüş balık, sürüngen ve kuşlarda morötesi ışık ile kızılötesi ışık arasında duyarlılığa sahip dört farklı fotopigment sayesinde mevcuttur. Memeliler, nokturnal dönemde bu pigmentlerin ikisini kaybetmiş, primatlar ise üçüncü pigmente sahip olacak şekilde evrimleşmişlerdir (Arrese ve ark., 2002). Yüksek primatlar haricinde plasentalı memelilerde üçlü pigment bulunmadığı bilinmektedir (Regan ve ark., 2001). 77 milyon yıl önce ortaya çıkan ve primatları oluşturan proprimatların dikromatik olduğu, Yeni Dünya maymunlarından ayrılan Eski Dünya maymunlarının bu üçüncü pigmente sahip olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bu pigment balıklarda, sürüngenlerde ya da kuşlarda bulunan üçüncü tip pigmente benzememektedir (Schwab, 2018). Bu üçüncü tip pigmentin bu primatlarda orman içinde meyve arayışında evrimsel olarak avantaj sağladığından seçildiği düşünülmektedir (Surridge ve ark., 2003). Trikromasi üç fotopigment haricinde, gelen görselin yorumlanması ve karşılaştırılması için uygun nöral mekanizmayı da gerektirdiğinden, beyin ve gözün ya birlikte evrimleştikleri ya da duyuusal mekanizmaların evrimini uygun nöral mekanizmaların evriminin takip ettiği sanılmaktadır (Schwab, 20018).

İnsan ve primat göz yapısı birbirine oldukça benzer olsa da temel bazı yapılar bakımından birbirlerinden farklılık gösterirler. İnsanlarda sklerada pigmentasyon yoktur ve sklere dışarıya daha açıktır. Bu iki farklılığın temelinin davranış olduğu düşünülmektedir.

Sklerada pigmentasyon ve beyazlığın gözlenmemesi ile primatların bakışları diğerlerinden saklanır, böylece diğer bireylerle göz göze gelme veya avcılar tarafından fark edilme en aza indirilir. İnsanda ise gözde beyazlığın seçilebilmesi, sosyal açıdan önemlidir ve bakış ile iletişim kurma üzerinden avantajlı olduğu düşünülmektedir (Kobayashi ve Koshima, 2001).

## SONUÇ

Göz yalnızca insanlar için değil, tüm canlılar için yaşamsal öneme sahip olan görme sisteminin başlıca organıdır ve ilkel tek hücrelilerin göz noktalarından bugüne evrim süreci içinde sürekli değişime uğramıştır. Gözün evrim sürecini tüm organizmalar açısından morfolojik, moleküler, fizyolojik ve genetik temelde anlatabilmek, kapsamının genişliği sebebiyle mümkün değildir. İnsanda gözün yapısı ve fizyolojik mekanizmaları oldukça detaylı bir şekilde aydınlatılmış olsa bile, yüz milyonlarca yıl içerisinde evrim ağacının basamaklarına yayılmış olan farklılıkların yakından incelenmesi evrim mekanizmalarının geçmişe dönük gözlemine sağlamakta yararlı olacaktır. İnsanda göz çalışmalarının artık sinirbilim çerçevesinde, üst düzey bilişsel işlevlerdeki yerine doğru yöneldiği düşünüldüğünde, gözün evrimi ile beynin evriminin ortak bir ekseninde değerlendirilmesi, insandaki bu işlevlere yeni bakış açıları kazandırması bakımından değerli olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Arrese, C. A., Hart, N. S., Thomas, N., Beazley, L. D. ve Shand, J. (2002). Trichromacy in Australian marsupials. *Current Biology*, 12(8), 657-660.
- Baker, N. E., Li, K., Quiquand, M., Ruggiero, R. ve Wang, L. H. (2014). *Eye development. Methods*, 68(1), 252-259.
- Blackburn, D. G. (1984). From whale toes to snake eyes: comments on the reversibility of evolution. *Systematic Zoology*, 33(2), 241-245.
- Cross, F. R. (1915). The Long Fox Lecture: The Evolution of the Sense of Sight. *Bristol Medico-chirurgical Journal* (1883), 33(129), 163.
- Darwin, C. (1859). *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*. New York: D Appleton and Company.
- Garamszegi, L. Z., Møller, A. P. ve Erritzøe, J. (2002). Coevolving avian eye size and brain size in relation to prey capture and nocturnality. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 269(1494), 961-967.
- Gaten, E. (1998). Optics and phylogeny: is there an insight? The evolution of superposition eyes in the Decapoda (Crustacea). *Contributions to Zoology*, 67(4), 223-235.
- Gehring, W. J. (2005). New perspectives on eye development and the evolution of eyes and photoreceptors. *Journal of Heredity*, 96(3), 171-184.
- Gehring, W. J., & Ikeo, K. (1999). Pax 6: mastering eye morphogenesis and eye evolution. *Trends in Genetics*, 15(9), 371-377.
- Grote, M., Engelhard, M. ve Hegemann, P. (2014). Of ion pumps, sensors and channels—Perspectives on microbial rhodopsins between science and history. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, 1837(5), 533-545.
- Hall, M. I. ve Heesy, C. P. (2011). Eye size, flight speed and Leuckart's Law in birds. *Journal of Zoology*, 283(4), 291-297.
- Hall, M. I., Kamilar, J. M. ve Kirk, E. C. (2012). Eye shape and the nocturnal bottleneck of mammals. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1749), 4962-4968.

- Hayakawa, S., Takaku, Y., Hwang, J. S., Horiguchi, T., Suga, H., Gehring, W., ... ve Gojobori, T. (2015). Function and evolutionary origin of unicellular camera-type eye structure. *PLoS One*, 10(3), e0118415.
- Hoge, M. A. (1915). Another gene in the fourth chromosome of *Drosophila*. *The American Naturalist*, 49(577), 47-49.
- Jacobs, G. H. (2009). Evolution of colour vision in mammals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1531), 2957-2967.
- Kobayashi, H. ve Kohshima, S. (2001). Unique morphology of the human eye and its adaptive meaning: comparative studies on external morphology of the primate eye. *Journal of Human Evolution*, 40(5), 419-435.
- Kozmik, Z., Daube, M., Frei, E., Norman, B., Kos, L., Dishaw, L. J., ... ve Piatigorsky, J. (2003). Role of Pax genes in eye evolution: a cnidarian PaxB gene uniting Pax2 and Pax6 functions. *Developmental Cell*, 5(5), 773-785.
- Lamb, T. D., Pugh, E. N. ve Collin, S. P. (2008). The origin of the vertebrate eye. *Evolution: Education and Outreach*, 1(4), 415-426.
- Land M. F., Nilsson D.E. (2002) *Animal Eyes*. Oxford University Press: New York, NY, USA.
- Larsson, M. (2013). The optic chiasm: a turning point in the evolution of eye/hand coordination. *Frontiers in Zoology*, 10(1), 1-12.
- Mackin, K. A., Roy, R. A. ve Theobald, D. L. (2014). An empirical test of convergent evolution in rhodopsins. *Molecular Biology and Evolution*, 31(1), 85-95.
- Maor, R., Dayan, T., Ferguson-Gow, H. ve Jones, K. E. (2017). Temporal niche expansion in mammals from a nocturnal ancestor after dinosaur extinction. *Nature Ecology & Evolution*, 1(12), 1889-1895.
- Mass, A. M. ve Supin, A. Y. (2007). Adaptive features of aquatic mammals' eye. *The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 290(6), 701-715.
- Mayr, E. (2001). *What evolution is*. Basic Books. New York.
- Mohun, S. M. ve Davies, W. I. L. (2019). The evolution of amphibian photoreception. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 321.
- Nilsson, D. E. (2021). The Diversity of Eyes and Vision. *Annual Review of Vision Science*, 7.
- Nilsson, D. E. ve Arendt, D. (2008). Eye evolution: the blurry beginning. *Current Biology*, 18(23), R1096-R1098.
- Oakley, T. H. ve Speiser, D.I. (2015). How complexity originates: the evolution of animal eyes. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 46:237-60.
- Ogura, A., Ikeo, K. ve Gojobori, T. (2004). Comparative analysis of gene expression for convergent evolution of camera eye between octopus and human. *Genome Research*, 14(8), 1555-1561.
- Porter, M. L., Blasic, J. R., Bok, M. J., Cameron, E. G., Pringle, T., Cronin, T. W. ve Robinson, P. R. (2012). Shedding new light on opsin evolution. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1726), 3-14.
- Regan, B. C., Julliot, C., Simmen, B., Viénot, F., Charles-Dominique, P. ve Molon, J. D. (2001). Fruits, foliage and the evolution of primate colour vision. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 356(1407), 229-283.
- Schoenemann, B., Liu, J. N., Shu, D. G., Han, J. ve Zhang, Z. F. (2009). A miniscule optimized visual system in the Lower Cambrian. *Lethaia*, 42(3), 265-273.
- Schwab, I. R. (2018). The evolution of eyes: major steps. The Keeler lecture 2017: centenary of Keeler Ltd. *Eye*, 32(2), 302-313.
- Shimizu, T., Patton, T. B., Szafranski, G. ve Butler, A. (2009). Evolution of the visual system in reptiles and birds. Binder, M. D., Hirokawa, N., & Windhorst, U. (Eds.). (2009). *Encyclopedia of Neuroscience*. Berlin, Germany: Springer. 161(638), 5-24.
- Simões, B. F., Sampaio, F. L., Jared, C., Antoniazzi, M. M., Loew, E. R., Bowmaker, J. K., ... ve Gower, D. J. (2015). Visual system evolution and the nature of the ancestral snake. *Journal of Evolutionary Biology*, 28(7), 1309-1320.
- Skarf, B. ve Jacobson, M. (1974). Development of binocularly driven single units in frogs raised with asymmetrical visual stimulation. *Experimental Neuro-*

logy, 42(3), 669-686.

Smith, E. (1926). The Eye and Evolution. *British Medical Journal*, 1(3413), 950.

Springer, M. S., Emerling, C. A., Meredith, R. W., Janečka, J. E., Eizirik, E. ve Murphy, W. J. (2017). Waking the undead: Implications of a soft explosive model for the timing of placental mammal diversification. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 106, 86-102.

Suga, H., Tschopp, P., Graziussi, D. F., Stierwald, M., Schmid, V. ve Gehring, W. J. (2010). Flexibly deployed Pax genes in eye development at the early evolution of animals demonstrated by studies on a hydrozoan jellyfish. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(32), 14263-14268.

SurrIDGE, A. K., Osorio, D. ve Mundy, N. I. (2003). Evolution and selection of trichromatic vision in primates. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(4), 198-205.

Suzuki, T., Yamasaki, K., Fujita, S., Oda, K., Iseki, M., Yoshida, K. ve Takahashi, T. (2003). Archaeal-type rhodopsins in Chlamydomonas: model structure and intracellular localization. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 301(3), 711-717.

Ton C.C., Hirvonen H, Miwa H, Weil M.M., Monaghan P., Jordan T., van Heyningen V., Hastie N.D., Meijers-Heijboers H, Drechaler M. (1991). Positional cloning and characterization of a paired box- and homeobox containing gene from the aniridia region. *Cell* 67:1059-1074.

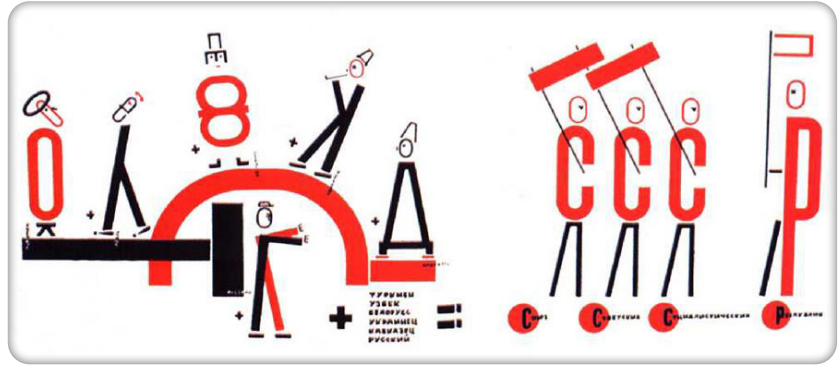
Walne, P. L. ve Arnott, H. J. (1967). The comparative ultrastructure and possible function of eyespots: *Euglena granulata* and *Chlamydomonas eugametos*. *Planta*, 77(4), 325-353.

Walther, C. ve Gruss, P. (1991). Pax6, a murine paired box gene, is expressed in the developing CNS. *Development*, 113:1435-1449

Wolken, J. J. (1977). *Euglena*: the photoreceptor system for phototaxis. *The Journal of Protozoology*, 24(4), 518-522.

Zettel Jr, J. (1955). Evolution and the human eye. *Optometry and Vision Science*, 32(7), 343-353.

Zhao, F., Hu, S., Caron, J. B., Zhu, M., Yin, Z. ve Lu, M. (2012). Spatial variation in the diversity and composition of the Lower Cambrian (Series 2, Stage 3) *Chengjiang Biota, Southwest China*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 346, 54-65.



## KAPAK RESMİ

(Aritmetik) Dört Hareket, 1928.

"Четыре (арифметических) действия"

Lissitzky bu tasarımda Sovyetler Birliği'ni oluşturan dört tarihsel eylemi sembolize etmiştir.

### El (Lazar Markovich) Lissitzky [1890-1941]

Lazar Markovich Lissitzky ya da bilinen adıyla El Lissitzky, Yahudi asıllı Bolşevik ressam, tasarımcı, tipografist, grafiker, desinatör ve fotoğrafçı. Ekim Devrimi ile ortaya çıkan avangard sanatın önemli isimlerinden birisidir. Genç sosyalist cumhuriyetin bir çok propaganda çalışmalarında tasarımlarıyla unutulmaz katkılarda bulunmuş ve hatta 20. yüzyıl tasarımsal grafik sanatını da derinden etkilemiştir.

**Kaynak:** <https://tattoo.ru/tr/sea/l-lisickii-teoreticheskie-raboty-lisickii-lazar-markovich-kartiny/>

# DOSYA: SOVYETLER BİRLİĞİ'NDE MATEMATİK



# 1700-1927 YILLARI ARASINDA RUSYA VE SSCB'DE MATEMATIĞIN GENEL DURUMU

**Engin Özkan**

Dr., Matematik Bölümü  
TED Üniversitesi, Ankara  
enozkan1234@gmail.com

## ÖZET

Bu makalede Çarlık Rusya'sı ve SSCB'nin ilk on yıllık dönemini kapsayan bir tarih diliminde bu coğrafyada matematiğin gelişiminin genel bir özeti verilecektir. Çarlık döneminde eğitime dönük sürekliliği olmayan kimi reform denemeleri olmuş, Avrupa'nın önde gelen yetenekli matematikçileri ülkeye davet edilmiş olsa da bu girişimler ülkenin sahip olduğu sosyo-ekonomik yapı nedeniyle matematiğin toplumsallaşması konusunda yeteri kadar verimli olmamıştır. Diğer yandan, sosyalizmin henüz tam olarak yerleşemediği ilk on yıllık dönemde atılan kısıtlı adımlar dahi, daha çok gencin matematikle buluşmasına ve barışık olma düzeyinin artmasına neden olmuştur. Zira Çarlık döneminde matematik eğitiminin erişilemezliği ve yetersizliği gençliği matematikten uzak tutan önemli bir faktördü. Ayrıca bu on yıllık dönemde merkezi planlama sayesinde ülkedeki matematik üretimi daha kolektif bir hale gelmiştir. Bu süreç aynı zamanda sosyalizmin yeni ve genç kadrolarının yetiştirilmesi sürecidir. Sosyalist dönüşüm sürecinde düşünsel alanda verilmek zorunda olan ideolojik mücadelenin de yeni kadrolara ihtiyacı vardı. Ülkedeki bilim insanları sahip oldukları sınıfsal konumları nedeniyle Şubat Devrimine sempati duysalar da Bolşeviklerin önderliğindeki Ekim Devrimi'ne mesafelidiler. Bolşevikler için teori ile pratiğin diyalektik bütünlüğü merkezi öneme sahip olsa da, bu mesafe ilk on yıllık dönemde kimi esnemeler ve tavizlerle devam etmiştir. Matematikle ilgili felsefi düzeydeki tartışmalar bu dönemin belirleyici tartışmalarından değildir.

**Anahtar Kelimeler:** Matematik, Rusya, SSCB, Ekim Devrimi.

## GENERAL VIEW OF MATHEMATICS IN RUSSIA AND THE SOVIET UNION BETWEEN 1700 AND 1927

### ABSTRACT

This article aims to give a general summary of the development of mathematics in Tsarist Russia and the first ten years of the Soviet Union. During the Tsarist period, although there have been certain episodic reform attempts and Europe's prominent talented mathematicians were invited to the country, these attempts were not sufficiently productive in terms of penetration of mathematics into the society due to the socio-economic structure of the country. On the other hand, even the limited steps taken during the first ten years after the revolution, where socialism was not fully established, ensured that there was a higher level of interaction between the young population and mathematics. As a matter of fact, the inaccessibility and insufficiency of mathematics education were significant factors that kept the young population away from mathematics during the Tsarist period. Besides, during this ten-year period, mathematical studies assumed a more collective character thanks to central planning. This process was also the process of training of new and young cadres of socialism. During the socialist transformation process, the ideological struggle which had to be waged in the intellectual field also required new cadres. Although the scientists in the country had sympathy for the February Revolution due to their class position, they maintained their distance from the October Revolution led by the Bolsheviks. Although the dialectical relation between the theory and the practice had a central importance for the Bolsheviks, such distance continued to exist with certain flexibility during the first ten years. The philosophical debates in the field of mathematics did not become decisive during this period.

**Keywords:** Mathematics, Russia, USSR, October Revolution.

## İLK GİRİŞİMLER

17. yüzyılda sadece bir adet temel düzeyde matematik kitabının basıldığı bir ülkedir Çarlık Rusya'sı. Çar I. Petro'nun ülkede başlattığı modernizasyon ve reform hareketlerinin temel odak noktası eğitimidir. 1689 yılında İngiliz matematikçi H. Farquharson (1675-1739) matematik öğretimini organize etmesi amacıyla Çar I. Petro tarafından Rusya'ya davet edilir ve matematik müfredatının neredeyse tamamı Farquharson tarafından

belirlenir. 18. Yüzyılın başında Moskova'da Matematik ve Deniz Bilimleri Okulu açılır. Bu okulun temel amaçlarından birisi yereldeki okullar için matematik öğretmeni yetiştirmektir. Matematik alanında ilk ders kitabı 1703 yılında L. F. Magnitskiy (1669-1739) tarafından hazırlanmıştır. Kitap bir Rus tarafından yazılan ilk matematik kitabı olarak bilinmektedir. Kitabın baş sayfası Rusya'nın emperyal durumunu ifade eden bir görsel içermektedir. Hazırlanan bu ders kitabı da orijinal bir metin olmanın ötesinde çeviri niteliğindedir (Vucinich,

1960; 161). Sonrasında Öklid, Descartes, Leibniz ve Newton'un matematik eserleri Rusçaya çevrilir ancak toplumdaki temel matematik bilgisinin yetersizliği sebebiyle bu çeviri faaliyetlerinin etkisi de sınırlı olacaktır.



**Görsel 1.** Magnitskiy'nin yazdığı Aritmetika kitabının kapağındaki görsel  
Kaynak: www.maa.org

1725 yılında Çar I. Petro'nun kararıyla devrimden sonra da varlığı dönüşerek sürdüreceği olan Rusya Bilimler Akademisi, Alman matematikçi Christian Wolff'ün (1679-1754) yürütücülüğünde St. Petersburg'ta kurulur.

Akademi kuruluşunda kısa bir süre sonra dönemin önde gelen matematikçileri olan Jacob Hermann (1678-1733), Nicholas ve Daniel Bernoulli, Christian Goldbach'ı (1690-1764) ve 1727 yılında da Leonhard Euler'i (1707-1783) kadrosuna katar.



**Görsel 2.** Jacob Emanuel Handmann'ın çizimiyle Leonhard Euler  
Kaynak: Vikipedi

1727-1741 ve 1766-1783 yılları arasında Rusya'da bulunan Euler döneminin matematiğini her anlamda şekillendiren isimlerinden birisidir. Fransız matematikçi Laplace'ın 18. yüzyılın sonlarına doğru dile getirdiği "Bildığımız her şeyi Euler'den öğrendik" sözü Euler'in dönemin mevcut matematiğinde sahip olduğu itibarı anlatmak için önemli bir anekdottur. Euler ve diğer matematikçiler Rusya'da kaldıkları süreyi çok verimli geçirirler ve ülkenin matematiksel bilgi üretiminde niceliksel ve niteliksel bir sıçrama yaşanır. Euler, aynı zamanda Rusya'nın Batı Avrupa'yla matematik alanındaki bağına da kurmaktadır. Bu süreçte matematik alanında yeni öğrenciler yetiştirilmiş olsa da, toplumun bütünü açısından bir sıçramaya denk geldiğini söylemek pek mümkün değildir. Olan şey; Euler'in ve diğer matematikçilerin hangi coğrafyada olursa olsun yapacağı üretimi Rusya'da gerçekleştirmesi olarak değerlendirilebilir. Euler, Newtoncu geleneğe sıkı sıkıya bağlı olması nedeniyle doğanın anlaşılması için matematiğin temel araç olduğunu savunuyordu ve uygulamadan daha çok yaptığı analize odaklıydı. Ayrıca dönemin feodal Rusya'sında eğitim bütünüyle iktidarın parçası olan kilisenin elindeydi ve kilisenin verdiği matematik eğitimi akademik açıdan zayıftı. Euler ve diğer matematikçilerin üretimlerinin üst seviyesi ve gençlerin matematik temellerinin zayıf olması gençlerle matematiğin ilişkisini olumsuz etkiledi. Bu nedenle yeni yetişen matematikçilerin sayısı son derece sınırlı kaldı. 1780'lerde Rusya Bilimler Akademisinin 8 üyesinden sadece 4 üyesi Rus kökenliydi.

Tüm bir 18. yüzyıl boyunca feodal toplumsal yapının bir özelliği olarak halk bilimden uzak tutulmuştu. 1780 yılında yirmi üç özel yatılı okulun 500 öğrencisinin sadece 200'ü, 72 öğretmenin de sadece 20'si Rus kökenliydi.

1755 yılında akademik bir kurum olarak Bilimler Akademisi'ne Moskova Üniversitesi de eklendi. Ancak üniversite ciddi düzeyde öğrenci ve akademik kadro sıkıntısı çekmekteydi. Moskova Üniversitesi açıldıktan sonraki beş yıllık dönemde matematik ile ilgili herhangi bir ders verilmedi. Üniversite kalkülüsü<sup>1</sup> ancak 19. yüzyılın başlarında öğretilmeye başlanmıştı. 1820'lerin sonları ve 1830'ların başlarında kalkülüs eğitimi amatör iki matematikçi M. S. Şçepkin (1788-1863) ve I. A. Davidov tarafından verilmişti. Bu dönemde Bilimler Akademisi dışında önemli bir bilimsel merkezden bahsetmek mümkün değildir (Vucinich, 1960; 167).

Euler'in yetiştirdiği öğrencilerin önemlice bir kısmı 18. yüzyılın sonları ve 19. yüzyılın başlarında müfredat komitelerinde yer almaya başladılar ve matematik eğitiminin kalitesini yükseltmek için girişimde bulundular. Euler'in öğrencilerinin bu çabası matematiği Bilimler Akademisi'nin duvarlarının ötesine taşımak açısından önemli bir çabaydı.

<sup>1</sup> Üniversite kalkülüsü, temelde tek değişkenli fonksiyonların limit, türev ve integralini anlatan dersiştir.

## 1789 FRANSIZ DEVRİMİ'NİN ETKİLERİ



Görsel 3. Marquis de Condorcet  
Kaynak: www.alphahistory.com)

1789 Fransız Devrimi sadece Fransa'nın siyasi ve ideolojik koordinatlarını değil tüm Avrupa coğrafyasının düşün yapısını da etkiledi. 1792 yılında jakoben matematikçi Marquis de Condorcet (1743-1794) tarafından Ulusal Konvansiyona<sup>2)</sup> sunulan "kamucu eğitim" çerçevesi, yankılarını Rusya'da da gösterdi. Ulusal Konvansiyona sunulan bu metinde her çocuğa kendi potansiyelini açığa çıkarmak için fırsat verilmesi gerektiği tezi işlenmişti. Çar I. Alexander ve danışmanları da Condorcet'in felsefesini uygulamak için harekete geçtiler ve bunun sonucunda eğitimin yolu tüm sosyal sınıflardan insanların çocuklarına cinsiyet gözetmeksizin açıldı. Başlangıçta hiçbir seviyede eğitim için ücret talep edilmedi ve yoksul öğrencilere devlet desteği sağlandı. Her ne kadar kâğıt üzerinde "kamucu" ve "toplumcu" bir hamle gibi gözükse de pratikte işlemeyen bir uygulama oldu. Çar I. Alexander döneminde hiçbir kız öğrenci üniversite eğitimi hakkına sahip değildi. Rusya'nın serfliğe dayanan toplumsal yapısı yoksul halkın, kölelerin eğitim görmesinin önünde temel engeli oluşturdu. Toprak sahipleri çalıştırdıkları kölelerin eğitim görmesi sonucu özgürleşecek düşüncesiyle hareket ediyor bu nedenle toprakta çalışan köleleri kaybetmek istemiyorlardı (Graham, 1993; 33).

Toplumsal yapının kendisi tamamen dönüştürülmeden mevcut yapı içerisinde verili durumu iyileştirmeye dönük olarak hayata geçirilen resmi düzenlemelerin etkisi sınırlı kalmaktaydı. 1917 Ekim Devrimi sonrasında Bolşeviklerin, Çarlık düzeninin bıraktığı eğitim sistemini baştan sona yeniden yapılandırmasının gerekli olduğu fikri böyle bir zemine oturmaktadır.

Çar I. Alexander döneminde eğitim alanında 1802 yılında Eğitim Bakanlığı'nın ve Moskova Üniversitesi'nin kurulmasına ek olarak Kazan (1804), Harkov (1804) ve St. Petersburg Üniversiteleri (1819) de açıldı. Ancak bu reform hareketlerinin de ömrü uzun sürmedi ve Napolyon Savaşları nedeniyle eğitim, bütçenin ayrıldığı öncelikli alan olmaktan çıktı. Savaşın da etkisiyle Fransız Devriminin yarattığı olumlu atmosfer yerini daha tutu-

2 Fransız Devrimi sonrasında 1792-1795 yılları arasında ülkeyi yöneten ulusal meclis.

cu ve gerici bir iktidara bıraktı. Eğitim Bakanlığı'na gericiği ve zorbalığıyla tanınan Aleksandr Golitsın atandı. Golitsın'ın atanması sonrası akademik kadroların büyük bir kısmı üniversitelerden uzaklaştırıldı. Harkov Üniversitesi'nde rektörlük görevi yapan dönemin önde gelen matematikçilerinden olan T.F. Osipovskiy (1765-1832) de üniversiteden uzaklaştırıldı.

## N.I. LOBAÇEVSKİY



Görsel 4. Nikolay Ivanoviç Lobaçevskiy  
Kaynak: Vikipedi

19. yüzyılın ilk çeyreğinde Rusya matematik tarihi açısından bahsedilmesi gereken önemli bir isim de 1792 doğumlu N.I. Lobaçevskiy'dir (1792-1856). Lobaçevskiy matematik tarihinde "geometrinin Kopernik'i" olarak bilinir. Nijniy Novgorod'da doğan Lobaçevskiy üniversite eğitimini Kazan'da devlet desteği sayesinde tamamlamıştır. Bu dönemde Kazan Üniversitesi'nde matematik eğitimi, iki Alman matematikçi J. M. Bartels ve K. F. Renner tarafından verilmektedir. 1811 yılında fizik ve matematik alanında master derecesini tamamlayan Lobaçevskiy 1812 yılında aynı üniversitede ders vermeye başlamış ve 1827-1846 yıllarında da üniversitenin rektörlük görevini yürütmüştür. Geometri tarihinin en önemli üretimlerinden olan Öklid-dışı geometrinin<sup>3)</sup> Gauss ve Bolyai ile birlikte ve fakat onlardan bağımsız olarak yaratıcılarından birisi olan Lobaçevskiy bu teoriyle ilgili ilk yayınlarını 1829-30 yıllarında yapmıştır.<sup>4)</sup>

3 Öklid-dışı geometrisinin Öklid geometrisinden temel farkı paralel doğruları anlama biçimleridir. Öklid geometrisinin beşinci postülası bir doğrunun dışındaki bir noktadan o doğruya tek bir paralel doğru çizilebileceğini söyler. Öklid-dışı geometrilere ise verilen bir doğruya dışındaki bir noktadan hiçbir paralel doğru çizilemeyeceği (küresel geometri) veya birden fazla paralel doğru çizilebileceği varsayımları üzerinden hareket edilir.

4 Lobaçevskiy, bu alandaki çalışmasını ilk olarak 7 Şubat 1826 yılında *Uçenye Zapiski* dergisine iletir. Lobaçevskiy'nin makalesi incelenmek için kabul edilir ve 11 Şubat'ta hakemler atanır. 12 Şubat'ta matematik zümre toplantısında Lobaçevskiy bir sunum yapar. Ancak makale dergide kabul görmez ve yayınlanmaz. Lobaçevskiy, Kazan'da yerel bir akademik dergi olan *Kazanski Vestnik* dergisinde "Geometrinin Kuruluşu Üzerine" başlıklı makalesine daha önce *Uçenye Zapiski* dergisine iletmişti ama kabul edilmeyen çalışmalarını da ekler. Böylelikle Öklid-dışı geometrilere ilgili ilk makale yayınlanmış olur.



## 19.YÜZYILIN İKİNCİ YARISI

19. yüzyılın ilk yıllarına kadar Rus matematikçiler Euler'in, Bernoulli kardeşlerin ve diğer misafir matematikçilerin geleneğini sürdürmediler. 19. yüzyılın ikinci yarısıyla birlikte Rus matematikçilerin etkisi artmaya başladı. Bu dönemki matematik üretiminin merkezi St. Petersburg olmuştur. Sonrasında St. Petersburg Matematik Okulu olarak anılacak olan yoğunlaşmanın öncüleri V. Ya. Bunyakovskiy (1804-1889), M. V. Ostrogradskiy (1801-1862) ve P. L. Çebışov (1821-1894)'dur. Rusya matematiğinin 19. yüzyılın ikinci yarısında öne çıkan ismi Çebışov'dur. 1874 yılında Paris Bilimler Akademisi'ne de seçilen Çebışov'un yetiştirdiği önemli Rus matematikçilerden bazıları; A. M. Lyapunov (1857-1918), A. A. Markov (1856-1922), A. N. Korkin (1837-1908), Ye. İ. Zolotarov (1847-1878), G. F. Voroniy (1868-1908)'dir. Çebışov matematiğin cebir, sayılar teorisi, eliptik fonksiyonlar teorisi ve olasılık teorisi gibi çok farklı alanlarında çalışmalar yapmıştır. Rusya matematiğinin 19.yüzyılın ikinci yarısında Batı tarafından ilgi çekmesinin temel nedenlerinden birisi de Çebışov'un üretimleridir (Vucinich, 1960: 173).

Başlangıçta St. Petersburg Matematik camiasına yön veren Çebışov'un çalışmaları olsa da zaman içerisinde çalışılan alanların sayısı artmış diferansiyel denklemler, fonksiyonların yaklaşım teorisi, matematiksel fizik gibi alanlarda da üretimler gerçekleştirilmiştir.

Öte taraftan Moskova'da gerçekleşen matematik üretiminin niteliği ve niceliği ise 19. yüzyılın sonlarına doğru artmaya başlar. Moskova Matematik Okulu'nun kurucusu N. N. Luzin (1883-1950)'dir. Luzin'in temel çalışma alanı fonksiyonlar teorisi. Luzin'nin hocası da yine dönemin önemli Rus matematikçilerinden D. F. Yegorov (1869-1931)'dur. P. S. Aleksandrov (1896-1982), L. A. Lyusternik (1899-1981), A. N. Kolmogorov (1903-1987), M. V. Keldış (1911-1978), P. S. Urison (1898-1924), İ. G. Petrovskiy (1901-1973) gibi sonrasında da SSCB'nin de matematik tarihinde önemli yer tutacak olan büyük matematikçiler de Moskova Matematik Okulu'nun üyeleridir.

Her ne kadar 19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren Rus matematikçilerinin sayısında bir artış olsa da matematiğin toplumsallaşmasından bahsetmek pek mümkün değildir. 1863 yılında Çar Alexander'ın yayınladığı emirle eğitim sistemi din ve mülkiyet hakkı çerçevesinde yeniden belirlenmiştir. 1864 yılında üniversitelerde eğitim gören öğrencilerin yaklaşık %70'i devlet görevlilerinin ve soylu sınıfın çocuklarından oluşuyor. Bu nedenle yetişen matematikçilerin büyük bir kısmı da soylu sınıfa mensup ailelerin üyesiydiler (Vucinich, 1960; 174).

Bolşevikler iktidara geldiğinde ülkede hali hazırda bir bilim politikasından bahsetmek mümkün değildi. Her ne kadar Rusya tarihi boyunca yükseköğretim sisteminin modernizasyonu için kimi girişimler olmuşsa da bu girişimler Rusya'nın hakim üretim tarzının yapısında

sonuç vermemiştir. Zira feodal toplumda iktidarı elinde tutan sınıfın bilimsel gelişmelere duyduğu ihtiyaç sınırlıdır. Dolayısıyla bu siyasi yapının egemen olduğu toplumda bilim ve dolayısıyla matematiğin gelişimi yavaş bir seyir izlemiştir. Ülkede bulunan 10 üniversitenin öğrencilerinin çoğunluğunu soylu sınıfın, tüccarların, din adamlarının devlet görevlilerinin çocukları oluşturmaktadır. Devrim öncesi döneme genel olarak bakıldığında bu ayrıcalıklı sınıftan bir aileye mensup olmayan ama matematik tarihinde önemli bir figür olarak sayılabilecek tek kişi belki de Lobaçevskiy'dir. Sayıları zaten az olan matematikçiler ağırlıklı olarak St. Petersburg ve Moskova'da yoğunlaşmış durumdadır. Ancak bu matematikçiler arasında herhangi bir koordinasyondan veya bilgi alış-verişinden bahsetmek de pek mümkün değil. Devrim öncesinde Rusya'da sayısı çok olmamakla beraber belirli bir nitelikte üretim yapan matematikçiler mevcut ancak bu üretim mevcut matematikçilerin ilgi ve olanaklarıyla sınırlanmış durumda.

## 1917 EKİM DEVRİMİ

1917 Ekim Devrimi'nden sonra bilim insanların bir kısmı ideolojik nedenlerle ülkeyi terk etmiş durumdadır. Şubat Devrimine sıcak bakan bilim insanların çoğu da Bolşevik Devrime mesafelidir. (Graham, 1993). Özetle 1917 Ekim Devrimi sonrası Sovyetler Birliği'ndeki matematikçilerin sayısı az ve bu az sayıdaki matematikçinin de yeni toplumsal yapıya, sosyalizme, mesafeleri hatta nefretleri var. Bu durumun bir sonucu olarak sosyalist inşa sürecinin ihtiyaç duyduğu yeni kadroların yetiştirilmesi SSCB için merkezi bir problemdi.

1918'in Ocak ayında düzenlenen III. Tüm Rusya Sovyetler Kongresi'nde Lenin'in kürsüden dile getirdikleri, Sovyet iktidarının bilimin temel doğrultusunu işaret etmesi açısından önemlidir. 1918 Anayasası'nın 17. maddesiyle temel eğitime sahip tüm yurttaşların herhangi bir bürokratik süreç ile karşılaşmadan yükseköğrenim kurumlarından diledikleri alanda eğitim alma hakkı tanınmış ve bu hak güvence altına alınmıştır (BAA Sosyalizm ve Bilim Komisyonu Raporu, 2021). Bu radikal adım bilimin toplumsallaşması, toplumun bağrında taşıdığı potansiyel enerjiyi halkın ve ülkenin ihtiyaçları doğrultusunda seferber etmek anlamına gelmektedir.

Devrimle birlikte yeni bilimsel kurumlar ve yükseköğrenim enstitüleri faaliyete geçer. Sovyet bilim ve teknolojisini geliştirmek için atılan adımlar matematiğin önemini de artırır. Ülkedeki matematik bölümlerinin sayısı artar. Matematik bölümünden mezun olan genç matematikçilerin bir kısmı teknik enstitülerde çalışmaya başladılar. Bu kuşağın önemli isimlerinden olan S. L. Sobolev (1908-1989), M. V. Keldış (1911-1978) gibi matematikçiler çalışmalarına sismoloji, hidroloji gibi teknik enstitülerde devam ettiler. Matematik alanında ilk enstitü 1922'de Moskova'da kuruldu. Enstitüler devrim sonrası Rusya'nın araştırma sürecinin temel kurumlarıdır. Bu araştırma enstitülerinin pek çoğu Endüstri Bakanlığı'na bağlıyken temel bilimler alanındaki



enstitüler ise doğrudan Bilimler Akademisine bağlı durumdaydılar. Bilimler Akademisi sekreteri S. F. Oldenburg'un ifade ettiği gibi "Eğer 18. yüzyıl akademilerin, 19. yüzyıl üniversitelerin yüzyılıysa 20. yüzyıl araştırma enstitülerinin yüzyılı olacaktır" sözü bu enstitülerin Sovyetler açısından önemini en iyi şekilde ifade etmektedir. Enstitüler Bolşevikler için aynı zamanda bilim alanına ideolojik bir müdahale işlevi de görmekteydi. Devrim öncesi yetişen bilim insanlarının devrime, komünist partiye mesafeleri kendilerinin de dile getirdiği gibi çok açıktı. Araştırma Enstitüleri sayesinde devrim öncesi yetişmiş bilim insanlarının üniversiteden uzaklaşmalarıyla bu kuşağın üniversitede eğitim gören genç nesille olan bağları da zayıflatılmıştı. Ama enstitüler sayesinde de üst düzey araştırmalara ve üretimlere devam edebileceklerdi (Graham, 1992; 54) Enstitü sayesinde sosyalizmin inşa sürecinde matematikçiler arasındaki bilgi alışverişi gelişti. Bilgi üretimi daha kolektif bir karakter kazandı. Devrim öncesi varlık gösteren Lobaçevskiy, Çebışov, Lyapunov, Markov gibi önemli matematikçiler yalıtılmış durumdaydılar. Matematikçiler arasındaki bu yalıtılmışlık aynı zamanda tutuculuğun da yeşermesine neden oluyordu. Bu tutuculuğun bir örneği olarak Çebışov geleneğinin taşıyıcısı olan St. Petersburg ekolünün Moskova ekolüne dönük olarak dile getirdiği "Göttingen Gevezeliği"<sup>5</sup> eleştirisi verilebilir (Graham, 1993; 216).

Rusya'da matematik camiaları 19. yüzyılda Moskova ve St. Petersburg dışında Harkov, Kazan ve Kiev'de de mevcuttur. Ancak devrim sonrasında matematik alanında önemli sıçramalar yaşandığı ve öne çıkan iki kent aynı zamanda Bolşeviklerin devrim sırasında iktidarı aldıkları Moskova ve Petrograd'dır.

## MOSKOVA MATEMATİK OKULU

Moskova şehri matematiksel üretime sunduğu katkı açısından devrimin hemen öncesinde St. Petersburg'un gerisindedir. Matematik için matematik ekolünün önemli bir savunucusu olan Yegorov (1869-1931)'un Moskova'ya gelişiyle birlikte Moskova matematiğinde ciddi gelişmeler yaşanır. Yegorov'un davetiyle ünlü topolog W. Sierpiński Moskova'ya taşınır ve 1918 yılına kadar çalışmalarına burada devam eder. Yegorov'un öğrencileri arasında öne çıkan isimler; Golubev, Stepanov, Razmadze, Privalov ve Luzin olarak sayılabilir. Yegorov, 1929 yılında "Matematiçeskiy Sbornik" dergisinin editörlüğüne, 1961 yılında da Sovyet Bilimler Akademisi onursal üyeliğine seçilecektir (Lorentz, 2002; 171). Yegorov'un öne çıkan öğrencisi L. Luzin, hocası sayesinde Göttingen ve Paris'e ziyaretlerde bulunur ve 1910-1914 yılları arasında Göttingen'de çalışır. Bu ziyaretler sırasında D. Hilbert (1892-1943), E. Borel (1871-1956) ve H. Lebesgue (1875-1941) ile temasa geçer ve birlikte kimi çalışmalar yapar. Hocası gibi Luzin de Hilbert, Borel, Le-

besgue'in matematik fikirlerinden etkilenir. 1918-1920 yılları arasındaki iç savaş sırasında ülkeyi terk eden Luzin 1920 yılında tekrar Moskova'ya döner.

Luzin'in öğrencileri olan D. S. Menşov (1892-1988), P. S. Aleksandrov (1896-1982) ve M. Ya. Suslin (1894-1919) 1914-1917 yılları arasında çok önemli matematiksel sonuçlar elde ederler. D. S. Menşov, trigonometrik serilerin biriciklik hipotezine aksi örnek inşa etmiş, Aleksandrov, Cantor'un Borel kümeleri için ifade ettiği sanısını ispatlamış, Suslin de Borel kümelerinden daha geniş ancak benzer özelliklere sahip kümeler inşa etmiştir. Bu üretimlerin hemen hepsi Paris'te yayınlanan Comptes Rendus dergisinde basılır (Lorentz, 2002: 172).



Görsel 5. Nikolay Nikolayevič Luzin  
Kaynak: timenote.info

1920'lerin ilk yıllarında Moskova'da matematiksel üretimin hâkimiyeti devrime karşı olan Luzin'dedir. Luzin tarafından yönetilen fonksiyonlar teorisi konusunda yapılan seminerlere katılanlar "Luzitan" olarak adlandırılır. Bu dönemde Sovyet iktidarının eğitim politikalarının sonucu olarak Luzin'in etrafında daha önce yükseköğretime erişmek konusunda zorlanan kadınların da yer aldığı istekli bir genç kuşak birikir. Bu kuşağın öne çıkan isimleri P. S. Aleksandrov (1896-1982), A. N. Kolmogorov (1903-1987), L. G. Şnirel'man (1905-1938), Ye. A. Leontoviç (1905-1997), M. A. Lavrentyev (1900-1980), L. V. Keldış (1911-1978), P.S.Novikov (1901-1975), A.Ya. Hinçin (1884-1959)), İ. N. Hlodovskiy, İ. İ. Privalov (1891-1941), V. V. Stepanov (1889-1950), V. N. Venyaminov (1884-1954), P. S. Urison (1898-1924), N. K. Bari (1901-1961), Yu. A. Rojanskaya, B. İ. Pevzner, T. Yu. Ahenvald olarak sıralanabilir.

"Luzitanya'da" bir çeşit hiyerarşi göstergesi olarak kümeler teorisinde kuvveti sembolize etmek için kullanılan "aleph"<sup>6</sup> simgesi kullanılmıştır. Camiaya ilk katılan

5 Moskova matematiğinin önemli matematikçisi olan Luzin'nin matematik fikirleri ve çalışmaları Göttingen'de bulunduğu sırada burada bulunan Alman matematikçilerin çalışmalarına dayanmaktadır. Bu nedenle "Göttingen Gevezeliği" olarak adlandırılır.

6 Aleph sayıları matematikte sonsuz kümelerin kardinalitelerini temsil etmek için kullanılır.

matematikçi  $\aleph_0$  seviyesindedir. Topluluğun parlak öğrencileri Urison ve Aleksandrov  $\aleph_5$  seviyesinde iken Luzin kendisini  $\aleph_{17}$  seviyesinde değerlendirmektedir (Lyusternik, 1967; 59).

“Luzitanya’da” yeni kuşağın yetişmesiyle birlikte Moskova ekolünün temel çalışma alanları gelişmeye, çeşitlenmeye başlamıştır. Urison, Moskova Topoloji<sup>(9)</sup> okulunu kurmuş daha sonra bu okula Aleksandrov da katılmıştır. Sonrasında yetişen genç kuşak matematikçiler A. N. Tihonov ve L.A. Tumarkin de topoloji okulunun etkin üyeleri olurlar. Hinçin, 1923 yılında sayılar teorisi<sup>(9)</sup> ve olasılık teorisi alanında, V. V. Stepanov (1889-1950) ve M. A. Lavrentyev (1900-1980) öncülüğünde diferansiyel denklemler ve varyasyonların kalkülüsü alanında seminerlere başlatırlar. Bu dönemde Aleksandrov, Hinçin ve Privalov kendi lisansüstü seminerlerini başlatırlar. 1920’lerin ortasında Moskova’nın küme teoritik ekolu yeni çalışma alanlarıyla birlikte daha çok yönlü bir karakter kazanır. (Lyusternik, 1967; 64).

1927 yılında Moskova’da düzenlenen I. Ulusal Matematik Kongresi SSCB’nin matematik tarihinde genç kuşağın üretimlerini sergilediği önemli bir etkinlik olacaktır. Bu kongre genç Sovyet iktidarının matematik alanında sahip olduğu beşeri sermayenin niceliğini ve niteliğini anlamak konusunda da önemli bir yere sahiptir.

### ST. PETERSBURG MATEMATİK OKULU

İlk başkanlığını V.G. İmşenetskiy (1832-1892)’nin yaptığı St. Petersburg Matematik camiası 1890 yılında kurulur. 20. yüzyılın başlarında ülkenin ve bilimsel üretimin başkenti St. Petersburg’tur. Rusya Bilimler Akademisi de bu kenttedir. Kentte güçlü bir matematik camiası oluşmuştur. Bilimler Akademisinin öne çıkan üyeleri A. A. Markov (1856-1922), A. M. Lyapunov (1857-1918), V. A. Steklov (1864-1926), A.N. Krilov (1863-1945), Yu.V. Sohotskiy (1842-1927), N.M. Gyunter (1871-1941), D. F. Selivanov (1855-1932) ve A.V. Vasilyev (1853-1929)’dir. Bu üyeler hem eğitim hem de araştırma alanında geçmiş dönemin mirasını devam ettirdiler.

1921 yılında A.V. Vasilyev Lobaçevski ve Çebışov’un çalışmalarını incelediği Mathematics. Issue 1 (1725-1826-1863) isimli bir kitap yayınlar. Kitap Rusya’da matematiğinin gelişimini anlatan ilk önemli kitaplardandır. Yine 1921 yılında Vasilyev ve Steklov’un öncülüğünde Çebışov’un 100. doğum günü anısına bir matematikçiler buluşması organize edilir. A. A. Friedman’ın 1922-1924 yılları arasında yaptığı çalışmalar teorik meteorolojinin temellerini atar.

7 Aleph\_zero doğal sayıların kardinalitesini temsil eder. Sıradaki en büyük iyi-sıralı bir kümenin kardinalitesi Aleph\_one,  $\aleph_1$  ile gösterilir. Böyle devam ederek verilen her bir ordinal sayı  $\alpha$  için benzer şekilde Aleph\_alpha,  $\aleph_\alpha$  tanımlanabilir.

8 Topoloji, geometrik şekillerin germe, bükme, buruşturma gibi matematiksel olarak sürekli deformasyonları temsil eden dönüşümler altında değişmez kalan özelliklerini inceleyen bir alandır.

9 Sayılar teorisi matematikte tamsayılar ve tamsayı değerli fonksiyonların teorisini çalışılan bilim alanıdır.

G. M. Frihtengolts (1888-1959), S. N. Bernşteyn (1880-1968), V. İ. Smirnov (1887-1974), R. O. Kuzmin (1891-1949), A. A. Markov Jr. (1903-1979) ve fizikçi V. A. Fok (1898-1974) St. Petersburg matematiğinin gelişmesinde önemli katkılarda bulunurlar. Devrim sonrası genç nesil 1920’li yıllarla birlikte matematik alanında yerini almaya başlar. Genç kuşağın öne çıkan matematikçileri; I. A. Lappo Danilevskiy (1895-1931), N. E. Koçin (1901-1944), P. Ya. Polubarinova-Koçina (1899-1999), G. M. Goluzin (1906-1952), İ. P. Natanson (1906-1964), S. G. Mihlin (1908-1990), S. L. Sobolev (1908-1989), A. S. Bezikoviç (1891-1970), D. K. Faddeyev (1907-1989), L.V. Kantoroviç (1912-1986)’dir. (Nazarov ve Sinkevich, 2018; 11-12)



Görsel 6. V. A. Steklov  
Kaynak: Wikipedia

St. Petersburg matematiğinde Steklov, Markov ve Lyapunov’un katkıları bu dönemin önemli gelişmelerini oluşturmaktadır. Markov’un “Zincir Kuramı”<sup>(10)</sup>, olasılık teorisinde önemli bir gelişmedir. Benzer bir etkili üretim de Lyapunov’la birlikte ispatladıkları Merkezi Limit Teoremidir<sup>(11)</sup>. Steklov ise daha çok uygulamalı matematik çalışmaktadır ve aynı zamanda Bilimler Akademisinin başkan yardımcılığı yanında devletin planlama komitelerinde ve organizasyonlarında da görev almaktadır. Yani nesil matematikçiler aynı zamanda ülkenin yönetiminde de söz sahibidirler.

Markov ve Friedmann’ın ölümü sonrası St. Petersburg matematiğinde ciddi bir gerileme gözlenir. Tamarkin ve Bezikoviç gibi yetenekli genç matematikçilerin de ülkeyi terk etmeleri gerilemeyi hızlandırmıştır. Zira bu tarihsel kesitte ülkede yetişen her bir beşeri kaynak sosyalizmin kuruluşu için son derece önemli.

10 Zincir kuramı temelde mevcut durumun açıklanması gelecekteki evrimini açıklayabilecek tüm unsurları kapsaması anlamına gelmektedir.

11 Merkezi Limit Teoremi, sayısı belirli bir sayının üzerinde olan bağımsız ve aynı dağılıma sahip rastgele değişkenlerin aritmetik ortalamasının yaklaşık olarak normal dağılıma sahip olacağını ifade eder.

## SONUÇ

Rusya’da devrim öncesi matematik tarihi açısından öne çıkan matematikçiler ülkenin matematiksel bilgi üretiminin yeşermesinde ve gelişmesinde altı çizilmesi gereken bir etki yaratmış durumdadır. Ancak bu gelişmenin toplumun bütününe yayıldığını söylemek pek mümkün değil. Bu üretim toplumsallaşmadığı oranda ülkenin sahip olduğu potansiyeli açığa çıkarmak, Çarlık Rusya’sında pek mümkün olamıyor. Devrim sonrasında ilk on yılında atılan kimi kısmi adımlar dahi matematiğin ve yeni matematikçilerin gelişiminde hissedilir derecede bir etki yaratmıştır. Bu etkinin önemli nedenlerinden birisi de üniversite eğitiminin temel eğitime sahip tüm yurttaşlar için ücretsiz hale getirilmesidir. Henüz sosyalizmin inşası sürecinde dahi atılan sınırlı düzeydeki uygulamaların sonuç alması bilim ve toplumsal yapı arasındaki ilişkiyi açığa çıkarması açısından önemli bir örnektir.

## KAYNAKLAR

- Graham, L. (1993). *Science in Russia and the Soviet Union: A Short History*, Cambridge University Press, 1993.
- Graham, L. (1992). *Big Science in the Last Years of the Big Soviet Science*, *History of Science Society*, Vol:7, 49-71.
- Lorentz, G.G. (2002). *Mathematics and politics in the Soviet Union from 1928 to 1953*, *Journal of Approximation Theory*, Volume 116, Issue 2, Pages 169-223
- Lyusternik, L. A. (1967). *The early years of the Moscow mathematics school*, *Russian Math. Surveys*, 22:4 (1967), 55–91.
- Nazarov, A.I. ve Sinkevich G.I. (2018). *History of Leningrad Mathematics in the first half of the 20th century*, Erişim Tarihi: 12.05.2021, <https://arxiv.org/abs/1812.03231>.
- Vucinich, A. (1960). *Mathematics in Russian Culture*, *Journal of the History of Ideas*, Vol. 21, No.2, 161-179.
- BAA Kolektif Yaşamı Kurgulama BA Sosyalizm ve Bilim Komisyonu. (2021). *SSCB’de bilimin örgütlenmesi ve ekonomik planlama: Birinci plan öncesi dönem*. BAA Sitesi, Erişim Tarihi: 10.06.2021 <http://bilimveaydinlanma.org/sscbde-bilimin-orgutlenmesi-ve-ekonomik-planlama-i-birinci-plan-oncesi-donem/>.
- Amerika Matematikçiler Birliği İnternet Sitesi, Erişim Tarihi: 11.08.2021, <https://www.maa.org/press/periodicals/convergence/mathematical-treasure-18th-century-russian-arithmetic-by-magnitsky>.
- Alpha History İnternet Sitesi, Erişim Tarihi: 11.08.2021, <https://alphahistory.com/frenchrevolution/marquis-condorcet/>.
- Timenote İnternet Sitesi, Erişim Tarihi: 23.07.2021, <https://timenote.info/en/Nikolai-Luzin>.
- Vikipedi, Erişim Tarihi: 11.08.2021, [https://tr.wikipedia.org/wiki/Leonhard\\_Euler](https://tr.wikipedia.org/wiki/Leonhard_Euler).
- Vikipedi İnternet Sitesi, Erişim Tarihi: 11.08.2021, [https://tr.wikipedia.org/wiki/Nikolay\\_Lobaçevski](https://tr.wikipedia.org/wiki/Nikolay_Lobaçevski).
- Wikipedia İnternet Sitesi, Erişim Tarihi:11.08.2021, [https://en.wikipedia.org/wiki/Vladimir\\_Steklov\\_\(mathematician\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Vladimir_Steklov_(mathematician)).

# SSCB'DE TOPOLOJİ (1917-1958)

## Oğuz Şavk

Doktor Adayı, Matematik Bölümü  
Fen Bilimleri Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul  
oguz.savk@boun.edu.tr

## ÖZET

Bu makalede, 1917-1958 yılları arasında Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nde topoloji alanında ortaya konan bilgi birikiminin serüvenini kimi önemli sonuçları merkeze alarak ele alacağız. Bu tarihsel kesite ışık tutarken üç temel alan üzerine odaklanacağız: genel topoloji, cebirsel topoloji ve geometrik topoloji. Dönemin topoloji alanındaki en derin sonuçlarını güncel matematiksel bilgiye yansımalarıyla harmanlayarak sunacağız.

**Anahtar Kelimeler:** Matematik, Topoloji, SSCB, Alexandrov, Rokhlin, Pontryagin.

## 1. GİRİŞ

İnsanlığın çetin sınıf mücadeleleri sonucunda var ettiği ilk işçi devleti olan Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nde, bilimin tüm alanlarının kolektif ve planlı iş bölümüyle örgütlenmesi sayesinde inanılmaz bir tarihsel ilerleme yaşandı. Tüm bilimsel yelpazenin içerisinde matematik bu sıçramadan en çok nasibini alan bilimlerden birisiydi. Matematiğin tamamını bir kenara bırakın sadece belirli bir alan merkeze alınsa bile, bir makale dizisinde mevcut üretimin tümünü ele almak imkansız bir uğraştır. Tam da bu sebeple, topoloji alanındaki önemi evrensel olarak da tescillenmiş kimi sonuçlara odaklanarak ilerleyeceğiz ve temel amacımız Sovyet topolojisini modern matematiksel bilgilerle harmanlayarak sunmak olacak.

Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nde matematiği kavrayışa dair fikir vermek için döneme yön veren ünlü Sovyet matematikçi A.N. Kolmogorov'un, Büyük Sovyetler Ansiklopedisi'ne yazdığı matematik maddesine göz atalım. Burada Kolmogorov matematiği diyalektik materyalist perspektif ile Engels'i referans göstererek şöyle tanımlıyordu: "Matematik, gerçek dünyanın niceliksel ilişkilerinin ve uzaysal şekillerinin bilimidir" (Mathematics, GSE, 1970-1979). Kuşkusuz ki bu tanım modern matematiği anlamlandırmak için eksiktir ancak diyalektik materyalist yöntemin doğası gereği gelişime açıktır. Bu uğraş bambaşka bir yazının konusu olmaya aday olmakla birlikte, belirtmeliyiz ki, bu haliyle bile diğer idealist felsefi yaklaşımların aksine matematiğin yeryüzüyle ilişkisine dair kıymetli bir perspektif sunmaktadır ve geçerliliği ve gücü günbegün kanıtlanmaktadır. Bugünkü yazımızın konusunu

## TOPOLOGY IN THE USSR (1917-1958)

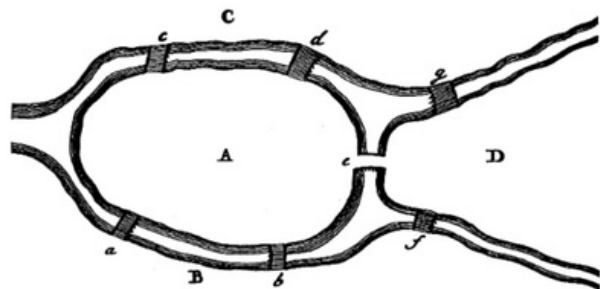
### ABSTRACT

In this article, we will survey on the adventure of the accumulation of knowledge in the field of topology in the Union of Soviet Socialist Republics between 1917-1958 by centering on several crucial results. While shedding light on this historical cross-section, we will focus on three main areas: general topology, algebraic topology, and geometric topology. We will present the deepest results of the period in the field of topology by blending them with their reflections on the current mathematical knowledge.

**Keywords:** Mathematics, Topology, USSR, Alexandrov, Rokhlin, Pontryagin.

oluşturan topoloji alanına dönecek olursak, Yunanca kelime kökenin de anlaşılabilirliği üzere konum bilimi manasına gelir ve matematiksel uzayların sürekli deformasyonlar altında değişmemesini referans olarak matematiksel uzayları ilişkileriyle birlikte kavramaya, analiz etmeye ve sınıflandırmaya çalışır.

Matematik tarihi içerisinde topolojinin doğuşunu müjdeleyen ilk çalışma, matematikçiler arasında yaygın bir şekilde kabul de gördüğü üzere, Leonard Euler'e aittir (Euler, 1741). Dönemin Prusya'sında yer alan Königsberg'de, rivayete göre insanlar şehrin yedi yerine konuşlanan köprüleri, Pazar akşamüstü yürüyüşleri için kullanırmış. Königsberg'in yedi köprüsü probleminde de şu soru kaynaklık ediyor: Şehri dolaşırken her bir köprüden bir kez geçecek şekilde bir rota bulunabilir mi?



Şekil 1. Euler'in özgün çizgileriyle problemin modellenışı.  
Kaynak: Euler, 1741

Böyle bir rotanın çizilemeyeceğini kanıtlayan Euler Königsbergliileri üzerken, matematiğin içinde artık geometriden farklılaşan bir alanın var olduğuna işaret ediyordu.

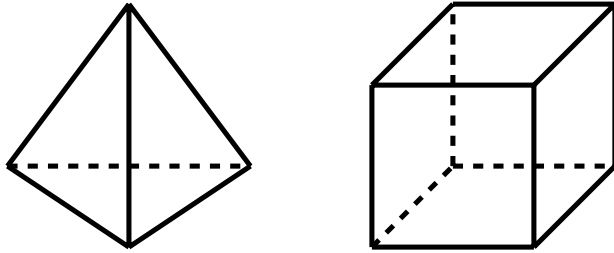


Çünkü problemin çözümünde ne adanın ne de diğer kara parçalarının yüz ölçümleri ile ilgilenilmez. Bunun yanı sıra köprülerin herhangi birinin uzunluğu veya herhangi iki köprü arasındaki mesafe önem arz etmez. Tüm bunların yerine tek belirleyici şey, kara parçalarının birbirlerine göre konumlanması ve kara parçalarının bütünüle ilişkisi olmuştur. Yani problemin çözümünde niceliksel büyüklüklerden ziyade niteliksel özellikler belirleyici olmuştur (Şavk, 2019a).

Yine Euler topolojinin öncül makalelerinden bir diğerinde düzgün içbükey çokyüzlüler için önemli bir değişmez bulmuştur (Euler, 1758)<sup>1</sup>. Çokyüzlünün köşe sayısını  $V$ , kenar sayısını  $E$  ve yüz sayısını  $F$  ile gösterirsek, Euler'in meşhur çokyüzlü formülü şu şekildedir:

$$V - E + F = 2.$$

Bu yaklaşım daha sonraları tüm topolojik uzaylara genişletilecek ve bugün topolojik uzayların en önemli değişmezlerinden biri olan homolojinin ve dolayısıyla Euler karakteristik değişmezi olarak bilinen niceliğin en büyük esin kaynağını oluşturacaktır. Euler'in argümanı bazı çokyüzlüler doğru olmayacak şekilde kurulduğu için kanıtında bir açık bulunmuş ve akabinde A.M. Legendre tarafından geçerli bir ispat verilmiştir (Şavk, 2019b, 2019c).



Şekil 2. Dört yüzlü  $4 - 6 + 4 = 2$  ve küp (altı yüzlü)  $8 - 12 + 6 = 2$ .

Euler, Sovyet toprakları için çok önemli bir bilimsel figürdür çünkü ömrünün çok büyük bir bölümünü en derin bilimsel gelişmelerini ortaya koyduğu St. Petersburg Bilimler Akademisi'nde çalışarak geçirmiştir. Büyük matematikçilerden biri P.S. de Laplace'a göre Euler onsekizinci yüzyılın ikinci yarısının matematikçilerinin öğretmeni ve yol göstericisidir. Çalışmalarıyla Laplace'ın kendisi başta olmak üzere, Lagrange, G. Monge, A. M. Legendre ve Gauss ve daha sonra A. Cauchy, M.V. Ostrogradskii ve P.L. Chebyshev gibi matematikçilere ve dolayısıyla dünya matematiğine yön vermiştir (Euler, GSE, 1970-1979).

Bu noktadan itibaren, yazımızın tarihsel arka planını yerli yerine oturtmak ve batı kaynaklı makalelerin sınırlı ve Sovyet matematiğinin kayda değer bir kısmını yok saydığı bilgi akışının ve paylaşımının dışında kalmak için A.D. Aleksandrov'un SSCB'deki geometri ve topolojinin ilk otuz yılını en derin ayrıntısına kadar ele aldığı yazı dizisinin ilkini takip edeceğiz (Aleksandrov, 1947).

<sup>1</sup> Bu formülün Descartes tarafından daha önce ifade edildiği biliniyor. Ayrıntılar için (Şavk, 2019c) yazısına göz atılabilir.



Şekil 3. Euler'in 250. doğum gününe ithaf edilmiş Sovyet pulu.

Matematik literatüründe, *topoloji* terimi 1847'de Gauss'un öğrencisi Alman matematikçi J.B. Listing tarafından ortaya kondu; alana dair diğer bir isim, *analysis situs* idi, 1857'de Riemann tarafından cebirsel fonksiyonlar teorisi üzerine yaptığı çalışmada kendini gösterdi. Bu çalışmaları bugün Möbius şeridi olarak bildiğimiz tek taraflı ve kenarlı yüzeyi ortaya koyan Alman matematikçi A.F. Möbius takip etti.

Topolojinin kendi kavramları, yöntemleri ve problemleri ile bağımsız bir disiplin olarak varolması Fransız matematikçi Henri Poincaré'nin ondokuzuncu yüzyılın son yıllarındaki çalışmalarıyla mümkün oldu. Poincaré'nin araştırmasının merkezinde topolojik politoplar, yani  $n$ -boyutlu bir Öklid uzayının topolojik görüntüleri olarak ele alabileceğimiz, sonlu veya sayılabilir sayıda topolojik simplekse ayrıştırılabilen uzaylar yer alıyordu. Bu uzaylar çokyüzlülerin üçüncü boyuttan herhangi bir boyuta genellenmesidir. Bu simpleksleri birleştirerek elde edilen simpleksler kompleksi yapısının üzerine cebirsel ifadeler atayarak günümüzde homoloji olarak adlandırdığımız kavramı ortaya koydu.

Kuşkusuz ki topoloji alanının ondan tarihsel olarak da eski olan analiz alanıyla ilişkileri bulunmaktadır. Bu alanın temel çalışma nesnelere olan fonksiyon uzayları, ilk olarak 1904'te Fransız matematikçi M.R. Fréchet ve ardından 1914'te Alman matematikçi F. Hausdorff tarafından çalışıldı. Topolojik uzay kavramları fonksiyon uzaylarına soyutlandı ve bu sayede analitik nesnelere sınır, bağlantı, vb. özellikleri ele alındı.

Genel topolojinin cebirsel topoloji ile birleştirilmesinin temelini ise Hollandalı matematikçi L.E.J. Brouwer'in 1910-1912 yılları arasındaki çalışmalarına borçluyuz. Sürekli eşlemelerin, hafif deformasyonlardan sonra parçalı eşleme ile yaklaştırılabilmesini sağlayan, *simpleksler yaklaşımı* kavramını ortaya koydu. Bu sayede Brouwer bir dizi temel teoremi kanıtladı. İlki boyut değişmezliği teoremidir: eğer bir politop topolojik olarak bir diğerine eşlenirse<sup>2</sup>, o zaman her iki politop da aynı boyuta sahiptir. Bu sonuçlardan bir diğeri ise bölgenin değişmezliği teoremidir: eğer  $n$ -boyutlu Öklid uzayının bir açık kümesi

<sup>2</sup> Topolojik eşleme kavramının tanımını bir sonraki bölümde vereceğiz ve bu tip dönüşümleri *homeomorfizma* olarak adlandıracağız.

$U$ , yine  $n$ -boyutlu Öklid uzayında başka bir  $V$  kümesine topolojik olarak eşlenebilirse, o zaman  $V$  kümesi de açıktır. Son olarak ise meşhur sabit nokta teoreminden bahsedebiliriz: Öklid uzayı içerisindeki  $n$ -boyutlu diskten  $D^n$  kendisine yazılabilen her sürekli dönüşümün en az bir sabit noktası vardır.

Sovyet topolojisi sahneye çıkmadan hemen önceki en derin sonuçlardan birine ise Amerikalı matematikçi J.W. Alexander imza atmıştır. Bunlardan ilki 1915 yılına ait meşhur Alexander ikilik teoremidir: Bu sonuç sonrasında cebirsel topoloji kısmında bahsedeceğimiz gibi Sovyet topolojiciler tarafından geliştirilmiş ve genellenmiştir.

## 2. GENEL TOPOLOJİ

1920'li yılların başlarından itibaren Sovyet genel topolojisinin kurucuları ve topoloji alanının dünya çapında sürdürücüleri P.S. Aleksandrov, L.S. Pontryagin, A.N. Tikhonov ve P.S. Uryhson<sup>3</sup> ve öğrencileri oldular. Bu bilim insanlarının öncülüğünde, günümüzde topolojik uzaylara dair bildiğimiz bir dizi temel kavram yerli yerine oturtuldu ve bir çok yeni sonuç elde edildi.

Sovyet topolojisinin bu güçlü sanheneye çıkışı, tarihte yapılacak ilk uluslararası konferansın, Birinci Uluslararası Topoloji Konferansı'nın, şaşırtıcı olmayacak şekilde, 1935'te Moskova'da düzenlenmesine gerekçe oluşturdu.

Üzerinde net bir konsensüs olmamakla birlikte konferansta 45 konuşmanın verildiği düşünülüyor. Bunlardan 13 tanesi Sovyet matematikçiler P.S. Aleksandrov, N.N. Bogolyubov, N.M. Krylov, N.K. Brushlinskii, V.A. Efremovich, I.I. Gordon, A.N. Kolmogorov, A.A. Markov, V.V. Nemytskii, L.S. Pontryagin, J.A. Rózaáska, A.N. Tikhonov; 10 tanesi Amerikalı matematikçiler J.W. Alexander, G. Birkhoff, E.R. van Kampen, S. Lefschetz, J. von Neumann, P.A. Smith, M.H. Stone, A.W. Tucker, H. Whitney; 7 tanesi Polonyalı matematikçiler K. Borsuk, K. Kuratowski, S. Mazurkiewicz, J. Schauder, W. Sierpiński; 4 tanesi İsviçreli matematikçiler H. Hopf, G. de Rham; 3 tanesi Hollandalı matematikçiler D. van Dantzig, H. Freudenthal, W. Hurewicz; 2 tanesi Fransız matematikçi A. Weil; 2 tanesi Çekoslovakyalı matematikçi E. Čech, 2 tanesi Danimarkalı matematikçi J. Nielsen; 1 tanesi Alman matematikçi G. Nöbeling ve 1 tanesi Norveçli matematikçi P. Heegaard tarafından veriliyor (Lapko-Luster-nik, 1957)<sup>4</sup>.

Bugün lisans müfredatlarının içeriğine kadar indirilmiş, topoloji ve topolojiyle yakinen ilgili derslerin içerikleri neredeyse tamamen bu matematikçilerin sonuçlarıyla bina ediliyor. Bu sebeple makalede Sovyet topolojicilerinin ge-

nel topolojideki tüm sonuçları vermekten kaçınıp<sup>5</sup>, onun yerine en önemlilerinden biri olarak bulduğum tek bir kavrama odaklanacağız: Aleksandrov'un tek-nokta kompaktlaştırması. Bunoktadan itibaren bu kavramının önemini ve derinliğini açıklamaya gayret ederek, en temel geometrik ve topolojik uzayların bir diğerinden bu yöntemle nasıl elde edildiğini sunmaya çalışacağız.



Şekil 4. Birinci Uluslararası Topoloji Konferansı, Moskova, 1935.  
Kaynak: Whitney, 1992.

İlk olarak, topolojik uzayı sezgisel olarak kavramakla başlayalım. Geometrik uzayların aksine, topolojik uzaylarda noktalar arasındaki mesefeler sayısal bir büyüklük ifade edilip ölçülmesine de kontrol edilir, yani bir noktanın etrafındaki komşuluğa ve noktaları içeren komşuluklar arasındaki ilişkilere odaklanılır. Bu manada topolojik uzaylar, geometrik uzayların matematiksel olarak bir soyutlamasıdır.

Daha formal bir şekilde ifadece olursak, topolojik uzaylar en yaygın biçimde açık kümeler vasıtasıyla tanımlanırlar. Şimdi  $X$  bir küme ve  $\tau$ ,  $X$ 'in alt kümelerini içerecek bir koleksiyon olsun. Aşağıdaki üç şartı sağlayan  $(X, \tau)$  ikilisine *topolojik uzay* diyoruz:

(1) Boş küme  $\emptyset$  ve  $X$ ,  $\tau$ 'da yer alır.

(2)  $\tau$ 'nun içindeki kümelerin herhangi bir birleşimi yine  $\tau$ 'nun içindedir.

(3)  $\tau$ 'nun içindeki kümelerin sonlu sayıdaki kesişimi yine  $\tau$ 'nun içindedir.

$(X, \tau)$  topolojik uzayının bir *tabanı*  $\beta \subset \tau$  bir alt koleksiyondur öyle ki  $\tau$ 'nun herhangi bir elemanı  $\beta$ 'nin elemanlarının birleşimi olarak temsil edilebilir.  $\tau$ 'nun içinde yer alan her kümeye *açık küme*, tümleyenini  $\tau$ 'da açık küme olan kümelere ise *kapalı küme* diyoruz. Kompaktlık kavramı da topolojik uzayları kendisi sonsuz olsa bile sonlu adet parçasına bakarak kavrayabilir miyiz fikrinden meydana geliyor. Birleşimleri tüm  $X$  kümesini veren açık kümelerin koleksiyonuna örtü diyoruz. Örtüler pekala sonlu ya da

3 Not düşmek gerekir ki Uryson 1924'te, henüz 26 yaşındayken, Britanya'da yüzerken hayatını kaybetmiştir.

4 Çoğu zaman böylesine uzun isim listelerinin makale içinde yer alması okuyucuyu dağıtacağını düşünüyorum. Ancak bu istisna özellikle matematik tarihine ve topolojiye meraklı bir okuyucuyu yazıya daha fazla odaklayacağı inancıyla yapıldı.

5 Neredeyse tüm genel topoloji alanını sıfırdan anlatmaya denk düşeceği için olanaksız bir uğraştır.

sonsuz tane kümenin birleşiminden oluşabilir. O yüzden eğer  $X$ 'in her örtüsüne karşılık gelen sonlu bir alt örtü bulabiliyorsak  $X$ 'e *kompakt* diyoruz. Örneğin, bu yaygın tanımı yine Sovyet matematikçiler Aleksandrov ve Uryshon'a borçluyuz<sup>61</sup> (Aleksandrov-Uryshon, 1929).

Şimdi Aleksandrov'un 1924'te ortaya koyduğu tek-nokta kompaktlaştırması kavramına geri dönelim (Aleksandrov, 1924). Adından da tahmin edilebileceği üzere bu kavram sayesinde kompakt olmayan bir uzaya sadece bir nokta ekleyerek kompakt bir uzay elde ediyoruz. Biraz daha açacak olursak, uzayın her bir noktasını içeren ve topolojik uzayın içinde yer alan bir açık kümeden bahsedebiliriz. Aleksandrov sayesinde başladığımız uzayda keyfi olarak aldığımız, açık kümelerden oluşan ve uzayı kaplayan herhangi bir örtünün sonsuz alt örtüsünü bulamazken, ona sadece sonsuzda bir nokta ekleyerek artık bunu mümkün kılmış olduk. Bu kavram, karşıtların birliği ilkesinin kendini berrak bir şekilde gösterdiği, sonlu-sonsuz diyalektiğine içkindir. Dolayısıyla Aleksandrov'un yöntemi, sonsuzda nokta ekleyerek veya başka bir deyişle sonludan sonsuza kaçıışı önleyerek uzaydaki diğer noktaların sonsuzluğa gidişini kontrol etmeyi mümkün kılar.

Bir topolojiyi tarif etmek için onun açık kümelerini tarif etmemizin yeterli olduğunu söylemiştik. Şayet  $(Y, \tau_Y)$  topolojik uzayı aşağıdaki iki şartı sağlıyorsa,  $(X, \tau_X)$  topolojik uzayının *Aleksandrov tek-nokta kompaktlaştırması* olarak adlandırılır:

$$(1) Y = X \cup \{\infty\},$$

$$(2) \tau_Y = \{U \mid U \in \tau_X\} \cup \{Y \setminus F \mid F, X \text{ de kapalı}\}.$$

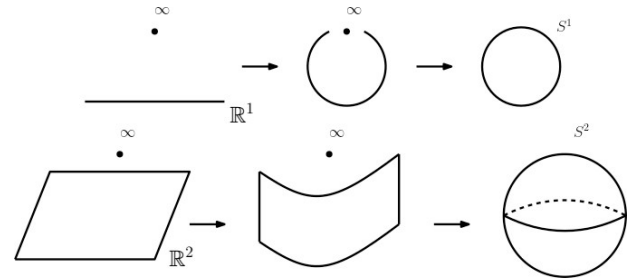
Şimdi Öklid uzayıyla kürelerin arasındaki sıkı topolojik ilişkiyi Aleksandrov tek-nokta kompaktlaştırması vasıtasıyla ele alacağız. Bir  $n$ -boyutlu küre  $S^n$ , orijinden birim uzaklıkta bulunan  $(n + 1)$  boyutlu Öklid uzayı  $\mathbb{R}^{n+1}$ 'deki noktalar kümesi olan topolojik bir uzaydır:

$$S^n = \{x \in \mathbb{R}^{n+1} : \|x\| = 1\} = \left\{ (x_1, x_2, \dots, x_{n+1}) \in \mathbb{R}^{n+1} : \sum_{i=1}^{n+1} x_i^2 = 1 \right\}.$$

Bu tanım vasıtasıyla geometrinin temel nesnelere olan birim çemberi  $S^1$  ve birim küreyi  $S^2$  olan herhangi bir boyuta genellemiş olduk. Heine-Borel Teoremi Öklid uzayındaki kompakt kümeleri tamamen karakterize eder: bir kümenin kompakt olması için gerek ve yeter koşul onun kapalı ve sınırlı olmasıdır.  $S^n$  kapalıdır çünkü  $S^n$ 'nin dışında aldığımız bir noktanın koordinatlarını yeterince küçük bir biçimde oynatırsak yine  $S^n$ 'nin dışında kalırız ki, bu da  $S^n$ 'nin dışının açık, kendisinin kapalı olduğunu gösterir. Sınırlı olduğu ise tanımı gereği açıktır; dolayısıyla  $S^n$  kompakt bir topolojik uzaydır. Ancak Öklid uzayını sınırlamadığımız için kompakt olmadığını gözlemleyebiliriz. Şimdi ana argümanımızı ifade edip sonra da onu açıklayama çalışalım:

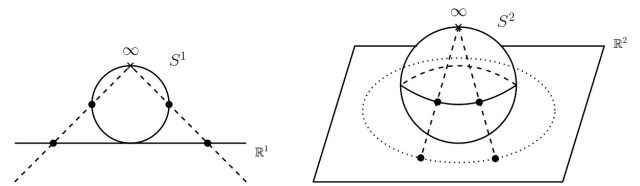
**Teorem 2.1.** *Herhangi bir boyuttaki birim küre aynı boyuttaki Öklid uzayının bir Aleksandrov tek-nokta kompaktlaştırmasıdır yani  $S^n = \mathbb{R}^n \cup \{\infty\}$ .*

Şimdi bu teoremin neden doğru olduğunu sezgilerimize de yaslanarak, geometrik bir argümanla ele alalım. Aşağı şekilde de görüldüğü gibi 1-boyutlu Öklid uzayını  $\mathbb{R}^1$  topolojik olarak bir doğru parçası gibi düşünebiliriz çünkü uzatmak veya kısaltmak bir uzaydan diğerine bir homeomorfizma verir yani topolojisini korur. Şimdi bu doğru parçasını sonsuzdaki noktaya doğru ovalleştirebiliriz, hala  $\mathbb{R}^1$ 'in homeomorfizma tipini koruyoruz. Son olarak sonsuzdaki noktayla iki ucunu birleştirerek birim çemberi  $S^1$  elde ederiz. Bu argümanı yine şekilde görüldüğü üzere iki boyutta da tekrarlayabiliriz.



Şekil 5. Aleksandrov tek-nokta kompaktlaştırması örnekleri

Kompaktlaştırma olgusu karşıtı olan dekompaktlaştırma olgusuyla birlikte varolur. Yani kompakt nesneden bir nokta çıkararak kompakt olmayan nesneyi geri edebiliriz. Bizim örneğimizde, bu olgu matematiksel olarak stereografik izdüşüm olarak bilinen, gündelik hayatta ise haritalamaya karşılık düşen yöntemle karşılık gelir. Şayet nesnemizden sonsuzdaki noktaya karşılık gelen kuzey kutup noktasını genelliği bozmadan çıkarıp, o noktayı küre ve Öklid uzayından geçecek şekilde doğrularla izdüşürsek süreci tamamlamış oluruz.



Şekil 6. Bir dekompaktlaştırma süreci olarak stereografik izdüşüm.

Tarif ettiğimiz kavram setiyle birlikte teoreminizi matematiksel olarak açıklayalım ve ilk olarak  $\mathbb{R}^1$  üzerindeki doğal topolojiden bahsetmekle başlayalım. Bunu yapmak için onun doğal tabanından bahsetmek yeterli olacaktır. Tahmin edilebileceği üzere bu taban gerçel sayılar üzerindeki açık aralıklarla verilebilir. Genel olarak  $n$ -boyutlu Öklid uzayı  $\mathbb{R}^n$ 'i aşağıdaki gibi düşünebiliriz:

$$\mathbb{R}^n = \underbrace{\mathbb{R} \times \dots \times \mathbb{R}}_{n\text{-kez}} = \{(x_1, \dots, x_n) \mid x_i \in \mathbb{R}\}.$$

Beklediği üzere  $\mathbb{R}^n$ 'e karşılık gelen topolojiyi  $\mathbb{R}$  üzerindeki topoloji vasıtasıyla elde ederiz:  $\mathbb{R}^n$  üzerindeki Tikhonov çarpım topolojisinin açık kümeleri, açık kümelerin çarpımı ve bu çarpımların olası birleşimleridir. Dolayısıyla  $\mathbb{R}^n$ 'e kar-

<sup>6</sup> Kompakt kavramının analizden başlayarak topolojiye uzanan tarihsel serüveni için Raman Sundström (2015) makalesine başvurulabilir.



şılık gelecek doğal taban,  $r \in \mathbb{R}^n$  ve  $\epsilon > 0$  olmak üzere,  $\beta_{r,\epsilon} = \{ \mathbf{x} \in \mathbb{R}^n : \| \mathbf{x} - r \| < \epsilon \}$ 'dur. Şimdi  $\mathbb{R}^n$ 'in Aleksandrov tek-nokta kompaktlaştırmasına gelen  $\mathbb{R}^n$  topolojik uzayının bazını tarif edelim. Bunu da hali hazırda olan doğal taban  $\beta_{r,\epsilon}$ 'u kullanarak ve sonsuzdaki noktanın açık komşuluğunu yazarak yaparız:  $R \in \mathbb{R}^n$  olmak üzere  $\beta_{\infty,R} = \{ \mathbf{x} \in \mathbb{R}^n : \| \mathbf{x} \| > R \}$ . Özetle,  $\mathbb{R}^n \cup \{ \infty \}$ 'nin bazı  $\beta_{r,\epsilon} \cup \beta_{\infty,R}$ 'dir. Gösterilebilir ki bu uzay  $S^n$ 'ye homeomorfiktir.

Aleksandrov'un tek-nokta kompaktlaştırması, Tikhonov'un da çalışmalarının üzerine bina edilerek Stone-Čech kompaktlaştırmasıyla genellenmiştir. Hemen akla ilk gelebilecek başka bir yöntem de doğrudur: bir topolojik uzaya birden fazla nokta ekleyerek de onu kompaktlaştırabiliriz. Örneğin, gerçel ve karmaşık projektif uzaylar  $\mathbb{R}P^n$  ve  $\mathbb{C}P^n$ , sırasıyla  $\mathbb{R}^n$  ve  $\mathbb{C}^n$ 'nin bu mada kompaktlaştırmasıyla elde edilebilir.

### 3. CEBİRSEL TOPOLOJİ

*Manifold* tekil noktaları olmayan<sup>7</sup> bir eğri veya yüzey kavramının herhangi bir boyuta sadeleştirilerek genelleşmesiyle oluşan matematiksel nesnedir. Sadeleştirmekten kastımız tekilliklerden kurtulan geometrik nesnenin her noktasının civarının yerel olarak Öklid uzayına benzemesidir: Bu civara bir büyüteç ile yaklaştığımızı düşünelim. O noktanın etrafını çevreleyen bir komşuluğa baktığımızda Öklid uzayının bir kopyasını görmek istiyoruz; yani üzerinde geometri ve analiz yapmayı hali hazırda bildiğimiz en basit uzayı talep ediyoruz. Benzemeyi matematiksel olarak kavramlaştıracak olursak, her komşuluk ile Öklid uzayı arasında *homeomorfizma* adını verdiğimiz kendisi ve tersi birebir, örten ve sürekli bir fonksiyon yazıyoruz. Ancak genelleştirirken de manifoldun bütününde herhangi bir karmaşıklığa izin verişimiz yapımıza zenginlik katıyor: Bu serbestlik bize Öklid uzayından başlayan geniş bir uzay yelpazesi sunuyor. Bir manifoldun boyutuna ise yerel olarak karşımıza çıkan Öklid uzayının boyutuna bakarak karar veriyoruz. Dolayısıyla yerel olarak  $\mathbb{R}^n$  Öklid uzayına benzeyen bir  $M$  topolojik uzayı  $n$ -boyutlu manifoldtur, kısaca  $M$ 'ye  $n$ -manifold diyelim.

Bu parça-bütünlük diyalektiğine dair hassas ve derinlikli soyutlama, geometrinin birçok temel nesnesine yeni ve farklı bir perspektiften bakmamıza olanak sağlıyor. Manifold kelimesinin etimolojik kökeni bu soyutlamanın felsefesine dair derin izler taşıyor. Üstelik dönemin matematiksel bilgi birikiminde meydana gelen sıçramayı gözlemlememize de olanak sağlıyor. Sanılanın aksine manifold sözcüğü İngilizce many ve fold kelimelerinin birleşiminden değil, Türkçeye aynı zamanda çeşitlilik/varyete olarak da çevrebileceğimiz *Mannigfaltigkeit* isimli Almanca sözcükten türetilmiştir ve ilk olarak Bernhard Riemann tarafından kullanılmıştır (Riemann, 1851)<sup>8</sup>. Bu tarihsel ana

7 Örneğin, bir noktada kendini kesmesine veya bir sivri çıkıntıya sahip olmasına izin vermiyoruz.

8 Mannigfaltigkeit kavramına daha öncesinde Immanuel Kant'ın *Saf Aklın Eleştirisi* adlı eserinde rastlamak mümkün. Ancak Riemann'ın Kant'tan esinlenerek bu kelimeyi türettiğine dair somut bir veri bulunmuyor (Boi, 2019).

kadar matematikçiler için biricik geometri, Öklid'in düz geometrisi olagelmıştır. On dokuzuncu yüzyılın ikinci çeyreğinden itibaren J. Bolyai, N.I. Lobachevski, C.F. Gauss ve B. Riemann gibi matematikçilerin çalışmalarıyla inşa edilen Öklid dışı geometriler, Öklid geometrisinin biricikliğini nihai bir biçimde ortadan kaldırmıştır. Bu sarsıcı geçiş maddi dünyayı materyalist bir biçimde kavramanın bir ürünüdür ve bu kırılma, sarsıntılı geçiş fizik bilimindeki Newton fiziğinden Einstein fiziğine geçiş ile kıyaslanabilir. Arap matematiğindeki çürütme girişimlerini bir kenara koyacak olursak, iki bin yıldan fazla bir süre kimse Öklid geometrisinin doğruluğundan şüphe etmedi, sarsılmaz otoritesini sorgulamadı veya ona bir alternatif bulmayı düşünmedi. Ünlü matematik tarihçisi Kline (1990)'ın bu alt üst oluş hakkındaki cümlesini anımsatalım: "Öklid dışı geometrinin yaratılması, Yunan zamanlarından beri matematikte en önemli ve devrimci adımdı."

Manifoldlar Poincaré'nin çalışmalarından itibaren topolojinin ve genel olarak matematiğin içerisinde ciddi bir yer tutmuşlardır. Yazımızın bundan sonraki bölümü, Poincaré ikiliğinden başlayarak manifoldlara karşılık gelen cebirsel nesnelere olan homoloji ve kohomoloji grupları değişmezlerinin arasındaki sıkı ilişkiyi açıklamaya çalışan, ikilik teoremlerine odaklanacak. Sırasıyla, Poincaré, Alexander, Pontryagin ve Sitnikov ikilik teoremlerini sunacağız ve Pontryagin İkiliği'nin kökenini ele alacağız.

**Teorem 3.1** (Poincaré İkiliği, Poincaré, 1893). *G bir abel grup, M kapalı, yönlendirilmiş bir n-manifold olsun. O zaman M'nin k dereceden homoloji grubuyla (n-k) dereceden kohomoloji grubu birbirine izomorfiktir. Yani  $H_k(M; G) \cong H^{n-k}(M; G)$ .*

Yukarıdaki teoremin ifadesi Poincaré'nin tarafından, Betti grupları üzerinden daha cebirsel bir şekilde ifade edilmiştir. 1930'lu yıllarda, topolojik uzayların kohomoloji teorisi Aleksandrov, Kolmogorov ve Čech tarafından ortaya konmasıyla birlikte Čech ve Whitney bu yapının üzerinde, bir gruptan fazla olarak bir halka yapısı kurulabileceğini fark etmişlerdir. Kohomoloji halkası üzerinde kap ve keş çarpım ortaya konduktan sonra Poincaré İkiliği, yukarıdaki modern formülasyonuna kavuşmuştur.

Manifoldlar üzerinde bu netlikteki bir sonuçtan itibaren ikilik teoremleri, en genel olarak herhangi bir topolojik uzayda, içinde yer alan bir alt kümenin karakterizasyonu ile birlikte çalışılmıştır. Bu sayede topolojik uzaylara karşılık gelen cebirsel değişmezler göreceli olarak incelenmiştir.

Bir sonraki ikiliğe geçmeden önce topolojik uzaylar için epey önemli bir yer tutan *büzülme* olgusuna göz atalım. Sezgisel olarak bir noktaya sürekli bir biçimde büzebildiğimiz topolojik uzaylara *büzülebilir uzay* diyoruz. Matematiksel bir şekilde ifade edecek olursak topolojik uzayımızın birim dönüşümünün bir sabit dönüşüme homotopik olmasıdır yani sıfır anında birim dönüşüm, bir anında sabit bir dönüşüme karşılık gelecek, uzayın kendisinin birim



aralıkla kartezyeninden kendisine sürekli birdönüşüm bulmamız gerekir. Şayet uzayımızın her noktasındaki komşuluk böyle davranıyorsa *yerel büzülebilir uzay* diyoruz<sup>9</sup>. Şimdi Alexander ikiliğini ifade edebiliriz.

**Teorem 3.2** (Alexander İkiliği, Alexander, 1915). *G bir abel grup ve A, S<sup>n</sup>'in kompakt, yerel büzülebilir bir alt uzayı olsun. O zaman A'nın S<sup>n</sup>'deki tümleyeninin indirgenmiş k dereceden homoloji grubuyla kendisinin (n-k-1) dereceden kohomoloji grubu birbirine izomorfiktir. Yani indirgenmiş k dereceden homoloji grubuyla kendisinin (n-k-1) dereceden kohomoloji grubu birbirine izomorfiktir. Yani  $H_k(S^n \setminus A; G) \cong H^{n-k-1}(A; G)$ .*

Klasik homoloji teorisinde ortaya çıkacak patolojileri, topolojik uzayımızı simpleksler kompleksi haline getirirken, örtülerin arasındaki keşimlerini hassas bir şekilde kontrol ederek ve rafine ederek, ortadan kaldırabiliriz. Bu şekilde ortaya konan cebirsel teorilere *Aleksandrov-Čech homoloji ve kohomoloji* diyoruz. Örneğin; bu teoride Alexander ikiliğini ifade ederken yerel büzülebilirlik şartına ihtiyaç yoktur (Hatcher, 2002). Yine Aleksandrov-Čech homoloji terminolojisini kullanarak, Aleksandrov tarafından formulüze edilen Pontryagin ikiliğinin manifoldlar için karşılığını vereceğiz (Sklyarenko, 2011). Aşağıdaki ifade kimi kaynaklarda Aleksandrov-Pontryagin İkiliği olarak da bilinmektedir.

**Teorem 3.3** (Pontryagin İkiliği, Pontryagin, 1955). *G bir abel grup, M kompakt, bağlantılı, yönlendirilmiş bir n-manifold ve A, M'nin kompakt bir alt uzayı olsun. Eğer M'nin k dereceden ve (k+1) dereceden Aleksandrov-Čech kohomoloji grubu tek elemanlı grup ise o zaman A'nın M'deki tümleyeninin indirgenmiş k dereceden homoloji grubuyla kendisinin (n-k-1) dereceden kohomoloji grubu birbirine izomorfiktir. Yani  $\tilde{H}_k(M \setminus A; G) \cong \tilde{H}^{n-k-1}(A; G)$ .*

Aleksandrov'un başka bir öğrencisi olan K.A. Sitnikov yukarıdaki ikilik teoreminin ifadesindeki A'nın üzerindeki kompaktlık koşulunu ortadan kaldırarak, herhangi bir alt uzay seçebileceğimizi kanıtlamıştır:

**Teorem 3.4** (Sitnikov İkiliği, Sitnikov, 1951). *G bir abel grup, M kompakt, bağlantılı, yönlendirilmiş bir n-manifold ve A, M'nin bir alt uzayı olsun. Eğer M'nin k dereceden ve (k + 1) dereceden Aleksandrov-Čech kohomoloji grubu tek elemanlı grup ise o zaman A'nın M'deki tümleyeninin indirgenmiş k dereceden homoloji grubuyla kendisinin (n-k-1) dereceden kohomoloji grubu birbirine izomorfiktir. Yani  $\tilde{H}_k(M \setminus A; G) \cong \tilde{H}^{n-k-1}(A; G)$ .*

Şimdi Pontryagin İkiliği'nin, kompakt yerel topolojik gruplar ve onların karakterleri cinsinden ifade edilen orjinal versiyonu ele alacağız ve analize uygulamalarından bahse-

<sup>9</sup> Örneğin,  $\mathbb{R}^2$ 'deki tarak uzayı büzülebilir ancak yerel büzülebilir değildir. Bu tanımla, topolojik uzaylarda meydana gelebilecek yerel patolojilerin önüne geçiyoruz.

deceğiz. Temel tanımlar ve teorem için, topolojik gruplar üzerine yazılan, Pontryagin'in dört ciltlik seçme çalışmalarından ikincisini takip edeceğiz (Pontryagin, 1986).

Üzerindeki topolojik uzay ve grup yapısı birbirleriyle uyumlu olan nesnelere *topolojik grup* diyoruz. Matematiksel olarak ifade edecek olursak, bir topolojiye sahip G grubu için, şayet  $\alpha : G \times G \rightarrow G$ ,  $\alpha(g, h) = g + h$  ve  $\beta : G \rightarrow G$ ,  $\beta(g) = g^{-1}$  dönüşümleri süreklirse G bir topolojik gruptur. G topolojik grubunun her noktası kompakt birkomşuluk tarafından içeriliyorsa ve üzerindeki grup işlemi değişmeliyse G'ye *yerel kompakt değişmeli (YKD) topolojik grup* diyoruz.

Çember üzerinde doğal bir grup yapısından bahsetmek mümkündür çünkü normları bir olan karmaşık sayılar çarpma işlemiyle birlikte bir grup oluşturur. Kümesel olarak ifade edecek olursak,  $\mathbb{T} = \{ z \in \mathbb{C} : |z| = 1 \}$  ile verilen gruba *çember grup* denir. Şimdi bir YKD topolojik grup G verildiğinde, onun karakteri  $\chi$ , grubun kendisinden çember grubuna bir sürekli grup homomorfizmasıdır yani her  $g, h \in G$  için  $\chi(gh) = \chi(g)\chi(h)$ 'dir. G'nin üzerindeki tüm karakterlerin noktasal çarpma işlemiyle, yani  $(\chi, \eta)(x) = \chi(x)\eta(x)$  ile bir YKD topolojik grup haline getirebiliriz. Bu yapıya G'nin *ikilisi* denir ve  $\hat{G}$  ile gösterilir. Benzer bir şekilde  $\hat{G}$ 'nin ikilisini de tanımlayabiliriz, bunu da  $\hat{\hat{G}}$  ile gösterebiliriz. Bu da bize bir YKD topolojik gruptan, onun ikilisinin ikilisi olan YKD topolojik gruba bir dönüşüm yazmamıza olanak sağlar:

Verilen bir  $g \in G$  için, Pontryagin dönüşümünü  $\omega : G \rightarrow \hat{\hat{G}}$ ,  $\omega_g(\chi) = \chi(g)$  kuralıyla tanımlayalım. Aşağıdaki gözlemimiz  $\omega$ 'nın aynı zamanda bir grup homomorfizması olduğunu söyler: her  $\chi, \eta \in \hat{G}$  için, grup işlemi korunur.

$$\omega_g(\chi\eta) = (\chi \circ \eta)(g) = \chi(g)\eta(g) = \omega_g(\chi)\omega_g(\eta).$$

Pontryagin İkiliği, Pontryagin dönüşümünün aynı zamanda birebir ve örten bir dönüşüm yani bir grup izomorfizması olduğunu söyler. Dolayısıyla bir YKD topolojik grup ile onun ikilisinin ikilisi izomorfizma altında aynıdır:

**Teorem 3.5** (Pontryagin İkiliği, 1934). *G bir YKD topolojik grup ve  $\hat{\hat{G}}$  onun ikilisinin ikilisi olsun. O zaman Pontryagin dönüşümü  $\omega : G \rightarrow \hat{\hat{G}}$  bir grup izomorfizmasıdır yani  $G = \hat{\hat{G}}$ .*

Şimdi Pontryagin İkiliği'nin Fourier analizine önemli bir uygulamasından bahsedeceğiz. Fourier analizinin temel felsefesi, fonksiyonların, hali hazırda yapısını anladığımız trigonometrik fonksiyonların toplamlarıyla nasıl yaklaşılabileceğinin incelendiği alandır. Matematikten mühendisliğe, fizikten kimyaya ve biyolojiye uzanan çokgeniş bir spektrumda Fourier analizinin uygulamalarından bahsetmek mümkündür.

Pontryagin İkiliği'nin doğal bir sonucu *Fourier Tersinirlik Teoremi*'nin genelleştirilmesi olacak. Bu teorem bize bir fonksiyonun şayet Fourier dönüşümünü biliyorsak,

fonksiyonun kendisini belirlememizin mümkün olduğunu söyler (Rudin, 1962). Klasik Fourier analizini integraller vasıtasıyla, Lebesgue ölçüsüne göre yapıyoruz. Üzerinde integral alacağımız yapılar YKD topolojik gruplar olduğunda ise Lebesgue ölçüsü yerine Haar ölçüsüne ihtiyaç duyacağız.

Verilen bir  $X$  topolojik uzayı için, onun Borel kümelerinin koleksiyonu  $B(X)$  tüm alt kümelerini ve bu alt kümelerin tümleyenlerini ve olası sayılabilir tüm kesişim ve birleşimlerini içerir. Şayet  $\mu : B(X) \rightarrow [0, \infty]^n$  fonksiyonu aşağıdaki şartları sağlıyorsa bir *Haar ölçüsü* olarak adlandırılır:

$$(1) \mu(\emptyset) = 0.$$

(2) Verilen bir sayılabilir, ikişer olarak ayrık Borel kümeleri ailesi  $(E_i)_{i \in I}$  için  $\mu(\cup_{i \in I} E_i) = \sum_{i \in I} \mu(E_i)$ .

(3) Her  $E \in B(X)$  için  $\mu(E) = \inf \{ \mu(U) : E \subset U \text{ ve } U, X \text{ de açık küme} \}$ .

(4) Her  $x \in X$  ve herhangi bir  $E \in B(X)$  için  $\mu(x+E) = \mu(X)$ .

Verilen bir YKD topolojik grubu  $G$  için, Haar ölçüsü  $\mu$ 'ye göre,  $G$  üzerindeki karmaşık değerli integrallenebilir tüm fonksiyonların uzayı  $L^1_\mu(G)$  aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$L^1_\mu(G) = \left\{ f : G \rightarrow \mathbb{C} \mid \int_G |f(x)| d\mu(x) < \infty \right\}.$$

Şimdi  $f \in L^1_\mu(G)$  olsun. O zaman  $f$ 'nin  $\widehat{G}$  üzerindeki *Fourier dönüşümü*  $\widehat{f}$  aşağıdaki integral yardımıyla tarif edilir:

$$\widehat{f}(x) = \int_G f(x) \overline{\chi(x)} d\mu(x).$$

Artık Pontryagin İkiliği de içerisinde doğrudan gözükecek biçimde Fourier Tersinirlik Teoremi'nin ifadesini yazacak kavram setine sahip kavram setine sahipiz<sup>10</sup>.

**Teorem 3.6** (Fourier Tersinirlik Teoremi).  $G$  bir YKD topolojik grup ve  $\mu$ ,  $G$  üzerinde bir Haar ölçüsü olsun. O zaman  $\widehat{G}$  üzerinde biricik  $\widehat{\mu}$  Haar ölçüsü vardır öyle ki verilen her  $f \in L^1_\mu(G)$  için  $\widehat{f} \in L^1_{\widehat{\mu}}(\widehat{G})$ 'dir ve

$$f(x) = \int_{\widehat{G}} \widehat{f}(x) \chi(x) d\widehat{\mu}(x).$$

Başka bir deyişle aşağıdaki eşitliği elde ederiz:

$$f(x) = \widehat{\widehat{f}}(\omega_{x^{-1}}).$$

10 Bu yönde çok daha derinlemesine bilgi edinmek için okuyucu Rudin (2017) ve Deitmar ve Echterhoff (2014) kitaplarına göz atabilir. Gösterimler çok daha modern olduğu için, teoremlerin ifadelerinde bu kaynaklara da başvurulmuştur.

## 4. GEOMETRİK TOPOLOJİ

Günümüz fizik biliminin yapı taşı olan uzay-zamanı 4-manifoldlar ile modelliyoruz. Dolayısıyla bu yapıları matematiksel olarak kavrama ve sınıflandırma uğraşı, dünyayı ve evreni anlama arayışımızla ayrılmaz bir bütündür. Klasik fizik teorilerini modellemek için bile türev kavramına ihtiyaç duyuyoruz. Örneğin, konum fonksiyonun zamana göre türevi hız fonksiyonunu, hız fonksiyonunun yine zamana göre türevi ise ivme fonksiyonunu verir. Şimdi türev kavramını 4-manifoldlara<sup>11</sup> nasıl taşıyacağımızı tartışacağız, bu yüzden şu ana kadar manifold dediğimiz yapıları yeni kavramdan farklılaştırmak adına hali hazırda kullandığımız yapıları *topolojik manifold* olarak adlandıralım. Bir topolojik manifold üzerindeki türev olgusunu tarif ettiğimiz yapıya da *pürüzsüz yapı* diyelim. Herhangi bir topolojik manifold üzerinde pürüzsüz yapının ne olduğunu tanımlamadan önce akla gelebilecek iki temel soru var. İlk olarak bu yapılar her zaman var mıdır? Şayet varlarsa biricik midir? Buiki sorunun cevabı da 4-manifoldlar için çoğu zaman hayır olacak. Pürüzsüz yapıya sahip topolojik 4-manifoldlara *pürüzsüz 4-manifold* diyeceğiz. Birden fazla pürüzsüz yapı ihtiva eden nesnelere de *egzotik 4-manifold* olarak adlandırılır. Bir kıyaslama yapmak adına, örneğin,  $n = 4$  değilse  $\mathbb{R}^n$  üzerinde tek bir pürüzsüz yapı vardır (Stallings, 1962). Buna karşın  $\mathbb{R}^4$  üzerine sayılamaz çoklukta pürüzsüz yapı konulabilir dolayısıyla bir egzotik 4-manifoldtur (Taubes, 1987).

Bir  $X$  topolojik 4-manifoldu üzerindeki bir *pürüzsüz yapı*, birbirine denk atlasların bir koleksiyonudur.  $X$  için bir *atlas*, pürüzsüz geçiş dönüşümleri  $\varphi_{\alpha\beta}$  ile birlikte 4-manifoldu  $X$ 'i kaplayan  $(U_\alpha, \varphi_\alpha)$  koordinat çizelgelerinin bir sistemidir. Şayet iki atlasın birleşimleri yine bir atlas ise, birbirlerine *denktir* diyoruz. Şayet iki pürüzsüz 4-manifold arasında pürüzsüz yapıyı koruyan, yani kendisi ve tersi pürüzsüz olan, bir homeomorfizma varsa ona *diffeomorfizma* diyoruz.

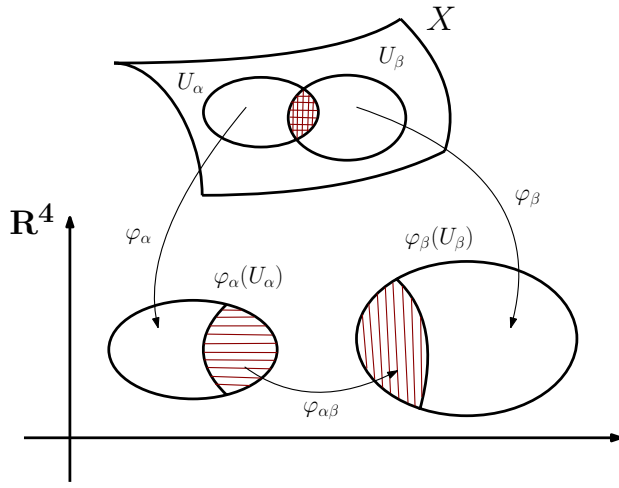
Bir  $G$  grubunun sonlu bir temsili verildiğinde,  $\pi_1(X) = G$  temel grubuna sahip aşağıdaki gibi bir pürüzsüz kapalı 4-manifold  $X$ 'i inşa edebiliriz: Üreteç başına bir tane karşılık getirecek şekilde  $S^1 \times S^3$ 'lerin bağlantılı toplamını alırız ve  $S^1 \times B^3$ 'leri  $S^2 \times B^2$  ile değiştirecek şekilde ilişkilere karşılık gelen ilmekler üzerinde ameliyat yaparız.

Sovyet matematikçi S.I. Adyan göstermiştir ki sonlu grup temsillerinin tek elemanlı gruba karşılık gelip gelmediklerini belirlemek için uygulanabilecek hiçbir algoritma yoktur (Adyan, 1955). Yine bir diğer Sovyet matematikçi A. A. Markov<sup>12</sup> bu sonucu kullanarak aşağıdaki teoremi kanıtlamıştır.

**Teorem 4.1** (Markov, 1958). *Herhangi iki kapalı 4-manifoldun birbirlerine diffeomorfik olup olmadığını belirleyebilecek bir algoritma yoktur.*

11 Bu genelleme herhangi bir boyuttaki manifold için de aynıdır.

12 Markov'un babası da A.A. Markov ismine sahip bir matematikçi olduğu için kimi kaynaklarda kendisinin A.A. Markov jr. olarak bahsedilmektedir.



Şekil 7. X 4-manifoldunun atlası için bir model.

Markov'un bu sonucundan sonra topolojiciler en azından temel grubu tek elemanlı grup olan bağlantılı 4-manifoldları sınıflandırabilir miyiz sorusuna odaklanmışlardır. Bu tip 4-manifoldlara *basit bağlantılı* diyoruz. Şayet Hurwicz teoremini, Poincaré İkiliği'ni ve evrensel katsayılar teoremini kullanırsak 4-manifoldun homoloji gruplarına dair hızlıca aşağıdaki gözlemi yapabiliriz:

$$H_0(X) = H_4(X) = \mathbb{Z}; H_1(X) = H_3(X) = 0; H_2(X) = \mathbb{Z}^r, r \geq 0.$$

Dahası 4-manifoldun ikinci homolojisi üzerinde, her zaman bir simetrik, unimodüler ve iki-doğrusal kesişim formu vardır:

$$Q_X : \mathbb{Z}^r \times \mathbb{Z}^r \rightarrow \mathbb{Z}.$$

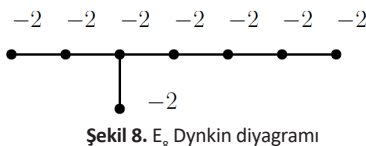
Şimdi bu formda her elemanı kendisiyle işleme soktuğumuzda bize bir çift tamsayı veriyorsa forma çift, aksi durumda ise *tek* diyoruz.

Sayıdığımız özelliklere sahip herhangi bir kesişim formunu gerçel sayılar  $\mathbb{R}$  üzerinde  $Q_X = m \langle 1 \rangle + n \langle 1 \rangle$  şeklinde ayrıştırabiliriz, üstelik bizim durumumuzda bu sayılar 4-manifoldun pozitif ve negatif özvektörlerinin sayısını tarif eder ve toplamları *ikinci Betti sayısını*  $b_2$  verir:  $m = b_2^+(X)$ ,  $n = b_2^-(X)$  ve  $b_2 = b_2^+ + b_2^-$ . Bu iki sayı arasındaki fark ise 4-manifoldların *işaret* denilen ve  $\sigma$  ile gösterilen önemli bir değişmezini oluşturur.

$$\sigma(X) = b_2^+(X) - b_2^-(X).$$

Bu değişmezle birlikte 4-manifoldların kesişim formları üzerindeki ilk büyük sonuç, Sovyet matematikçi V.I. Rokhlin'in aşağıdaki ünlü teoremdir:

**Teorem 4.2** (Rokhlin, 1952). *X bir pürüzsüz, kapalı, basit bağlantılı 4-manifold olsun. Eğer  $Q_X$  çift ise  $\sigma(X)$ , 16'ya tam bölünür.*



Şekil 8.  $E_8$  Dynkin diyagramı

Bir kesişim formunda her sıfırdan farklı elemanın aldığı değerın işareti aynıysa forma *belirli* diyoruz. Rokhlin'den sonra 4-boyutlu manifoldların topolojisine dair en kapsamlı gelişmeye İngiliz matematikçi S.K. Donaldson imza atmıştır. Bu çalışmasıyla birlikte fizik ile matematik bilimleri arasındaki derin ilişki bir kez daha gün yüzüne çıkmıştır. Makalesinin başlığında da nitelediği gibi, Donaldson ayar teorisini kullanarak 4-manifoldların topolojisine dair derin bir sonuç ortaya koymuştur. İntantonları merkeze alan yaklaşımı, kökeni kuantum alan teorisine dayanan Yang-Mills ayar teorisini modelleyen kısmi diferansiyel denklemlerinin özel bir çözümüne dayanmaktadır (Donaldson, 1983). Donaldson bu sonucu neticesinde, 1986 yılında düzenlenen Uluslararası Matematik Kongresi'nde, matematiğe bu katkısından dolayı Fields Madalyası'yla ödüllendirilmiştir.

**Teorem 4.3** (Donaldson, 1983). *X bir pürüzsüz, kapalı, basit bağlantılı 4-manifold olsun. Eğer  $Q_X$  belirli ise köşegenleştirebilir, yani bazı  $n \in \mathbb{Z}$  için  $Q_X \cong n \langle 1 \rangle$ .*

M. Freedman kapalı, basit bağlantılı topolojik 4-manifoldları sınıflandırmıştır (Freedman, 1982). Bunun neticesinde dördüncü boyutta Poincaré sanısını da içeren bir çok önemli sonucu kanıtlamıştır. Freedman bu sarsıcı sonuçları neticesinde, Donaldson ile aynı yıl Fields Madalyası'na layık görülmüştür. Donaldson'ın sonuçlarıyla Freedman'ın sonuçları arasındaki kontrast, 4-manifoldların üzerindeki topolojik ve pürüzsüz yapı arasındaki kapatılamaz uçurumu daha berrak hale getirmiştir. Freedman'ın bu meşhur sonuçlarını elde ettiği makalesinden kesişim formlarıyla ilgili teoremi alıntılıyalım.

**Teorem 4.4** (Freedman, 1982). *Her simetrik, ünimodüler, iki-doğrusal ve çift kesişim formu  $Q$  için, homeomorfizma altında biricik kapalı, basit bağlantılı, topolojik 4-manifold  $X$  vardır öyle ki  $Q_X \cong Q$ .*

Freedman'ın teoremini kullanarak  $E_8$  Dynkin diyagramına karşılık gelen kesişim formuna sahip bir topolojik 4-manifoldtan bahsedebiliriz,  $W$  diyelim. Gösterilebilir ki  $W$ 'nin kesişim matrisi aşağıdaki gibidir ve dolayısıyla  $\sigma(W) = -8$ 'tir. Bu durumda Rokhlin'in teoremi bize bu 4-manifoldun üzerine pürüzsüz yapı konulamayacağını söyler<sup>13</sup>.

$$\begin{bmatrix} -2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -2 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -2 \end{bmatrix}$$

**Sonuç 4.5.** *Pürüzsüz olmayan topolojik 4-manifoldlar vardır.*

13 Donaldson'ın teoremi sadece  $W$ 'nin değil aynı zamanda  $W$ 'nin kendisiyle bağlantılı toplamı olan  $W \# W$ 'nin üzerine de pürüzsüz yapı konulamayacağını söyler.

Amerikalı matematikçi E.E. Moise göstermiştir ki her topolojik 3-manifold biricik şekilde pürüzsüzleştirilebilir, yani üçüncü boyutta topolojik manifoldların kategorisiyle pürüzsüz manifoldların kategorisi eşittir (Moise, 1952). Ancak gördüğümüz gibi dördüncü boyutta pürüzsüzleştirilemeyen topolojik 4-manifoldlar var. Bu derin fark topolojicileri iki boyut arasındaki ilişkiyi çalıştırmaya da itmiştir. Bunun hemen arifesindeki en derin sonuçlardan biri yine Rokhlin tarafından elde edilmiştir.

**Teorem 4.6** (Rokhlin, 1951). *Her kapalı, yönlendirilmiş 3-manifold bir kompakt, yönlendirilmiş, pürüzsüz 4-manifoldu sınırlar.*

Şimdi  $Y_0$  ve  $Y_1$  iki kapalı, yönlendirilmiş 3-manifold olsun. Kenarı  $-(Y_0) \cup Y_1$  kompakt, yönlendirilmiş, pürüzsüz 4-manifoldlara *kobordizm* diyoruz. Bu ilişki vasıtasıyla bu tür 3-manifoldların kümesi üzerinde bir denklik bağıntısı inşa edebiliriz. Bu sayede, manifoldlar arasındaki bağlantılı toplam işlemiyle birlikte bir grup yapısından bahsetmek mümkün hale gelir. Bu gruba *kobordizm grubu* diyoruz ve  $\Omega_3$  ile gösteriyoruz. Rokhlin'in yukarıdaki teoreminin doğrudan bir sonucu bu grubun tek elemanlı grup olduğudur.

**Sonuç 4.7.** *Kobordizm grubu tek elemanlı gruptur, yani  $\Omega_3 = \{0\}$ .*

Fransız matematikçi Poincaré ünlü sanısının ilk versiyonuna karşıt örnek vermiştir ve problemi revize etmiştir. Bu 3-manifoldta bugün *Poincaré homoloji küresi* diyoruz. Bu tanımdaki homoloji küresi vurgusu manifoldumuzun homoloji gruplarının  $S^3$ 'ün homoloji gruplarıyla aynı olduğu manasına gelmektedir.

Şimdi  $E_8$  diyagramını yeniden düşünecek olursak buradan başlayarak bir pürüzsüz 4-manifold inşasından bahsedebiliriz.  $E_8$ 'in her köşesine karşılık  $S^2$  üzerinde, orada yazan tam sayıya karşılık gelen Euler sayısına sahip bir  $D^2$  demetini ele alalım. Şayet iki köşe arasında bir kenar varsa bu iki disk demetini *tesisatlayabiliriz*. Bu işlem köşe sayısına bağlı olarak sonlu bir işlem ve neticesinde kompakt, basit bağlantılı, yönlendirilmiş, pürüzsüz bir 4-manifold ederiz. Bu tip manifoldlara *tesisat 4-manifold* diyoruz. Poincaré homoloji küresi de tam olarak  $E_8$ 'e karşılık gelen butip 4-manifoldun kenarıdır (Savelev, 2002).

Örneğin bu manifoldun temel grubu tek elemanlı grup olmadığı için  $S^3$ 'e homeomorfik olmadığını biliyoruz. Bu tip manifoldları çalışmak için yine kobordizm ilişkisinin bir varyasyonuna ihtiyaç duyacağız. Ancak bunu yazmadan önce iki önemli ve kısıtlayıcı sonucumuz var. İlki Rokhlin'in teoremi. Şayet homoloji kürelerinin kümesi üzerinde 4-manifoldta hiçbir koşul koymazsak yine bir tek elemanlı grup meydana gelecek. Diğer yandan Freedman'ın sınıflandırmasının sonucu gereği biliyoruz ki her homoloji küresi bir büzülebilir topolojik 4-manifoldu sınırlıyor. O yüzden aşağıdaki hassas tanıma ihtiyacımız var.

Şu andan itibaren  $Y_0$  ve  $Y_1$  iki yönlendirilmiş homoloji küresi olsun. Bu sefer kenarı  $-(Y_0) \cup Y_1$  olan ve  $S^3 \times [0, 1]$ 'in homolojisine sahip, kompakt, yönlendirilmiş, pürüzsüz 4-manifoldlara *homoloji kobordizm* diyoruz. Bu ilişki ile benzer bir şekilde homoloji kürelerinin kümesi üzerine bir grup yapısı oluşturuyoruz. Ortaya çıkan yapıyı *homoloji kobordizm grubu* olarak adlandırıyoruz ve  $\Theta_{\mathbb{Z}}^3$  ile gösteriyoruz.

Rokhlin'in bir diğer önemli sonucu da bu gruptan iki elemanlı grup  $\mathbb{Z}/2\mathbb{Z}$ 'e yazılabilen bir örten grup homomorfizmasını varlığıdır ve yaygın bir biçimde Rokhlin değişmezi veya Rokhlin homomorfizması olarak bilinir.

**Teorem 4.8** (Rokhlin, 1952). *Y bir homoloji küresi, W kenarı Y olan bir kompakt, yönlendirilmiş, pürüzsüz 4-manifold olsun. O zaman*

$$\mu : \Theta_{\mathbb{Z}}^3 \rightarrow \mathbb{Z}/2\mathbb{Z}, \quad \mu(Y) = \sigma(W)/8 \pmod{2}$$

*bir örten grup homomorfizmasıdır.*

Poincaré homoloji küresi,  $E_8$ 'e karşılık gelen tesisat 4-manifoldun kenarı olduğundan Rokhlin değişmezi 1'dir. Dolayısıyla aşağıdaki sonucu elde ederiz.

**Sonuç 4.9.** *Homoloji kobordizm grubu tek elemanlı grup değildir, yani  $\Theta_{\mathbb{Z}}^3 \neq \{0\}$ .*

Rokhlin değişmezi ve homoloji kobordizm grubu modern topolojinin en temel ve merkezi nesnelere olagelmışlerdir (Manolescu, 2018). Örneğin, Manolescu'nun inşa ettiği  $\beta$  değişmezi hem Rokhlin'in  $\mu$  değişmezinin tamsayılara genellemesidir hem de aynı zamanda  $\Theta_{\mathbb{Z}}^3$  grubunun değişmezidir. Bu değişmezin varlığı sayesinde Manolescu meşhur Üçgenleştirme Sanısı'nı çürütmüştür. Bu sayede boyutu 5'ten büyük eşit topolojik manifoldların her zaman üçgenleştirilemeyeceğini biliyoruz (Manolescu, 2016). Casson'un çalışmaları sayesinde dördüncü boyutta da üçgenleştirme sanısının doğru olmadığını biliyoruz (Akbulut-McCarthy, 1990). Üç ve üçten küçük boyutlarda ise sanının doğruluğu kanıtlanmıştır.

## 5. SONUÇ

Sovyet topolojisinin kırk bir yıllık tarihini matematiğiyle birlikte sunan bu çerçeve yazısı bu mecraya giriş niteliğinde kabul edilmelidir. Bir kaç kez vurgulandığı üzere bu makale üretilen matematiksel bilginin tümüne değil üç temel topoloji alanındaki kimi mihenk taşlarına odaklanmıştır. Çeşitlendirmeye ve derinleştirmeye tarihinin kendisinin izin verdiği üzere açıktır.

Yazım sürecinde, mevcut matematiksel bilgiyi açıklamak kadar güncel matematik ile bağını tarif etmek de eş düzeyde önemsenmiştir. Bu nedenle matematiksel tanımlar, ifadeler ve teoremler yer yer çok teknikleşmiş olup, bunun dozunun biraz daha azaltılması Sovyet topolojisinin kendisini yadsıyacağı ve nitelikli üretimin hissedilmemesine sebebiyet vereceği için özellikle kaçınılmıştır. Bununla bir-



likte teorilerin kavranabilmesi için mümkün olan en sade ve anlaşılır örnekler ve anektodlar seçilmeye çalışılmıştır. Bu uğurda özellikle matematiksel tanımların arkasındaki sezginin açıklanmasına gayret gösterilmiştir.

İnsanlık olarak gördüğümüzü kavrama ve değiştirme maceramızdaki en büyük araçlardan biri olagelen topolojinin matematik, fizik, kimya ve biyoloji bilimleri olan sıkı ilişkisi kuşkusuz ki derinleşerek devam edecektir. Makalenin bir kısmını sunduğu üzere bu kavrayışımızı Sovyet bilim insanlarına da borçluyuz.

## KAYNAKLAR

- Akbulut, S., McCarthy, J. D. (1990). Casson's Invariant for Oriented Homology Three-Spheres: An Exposition. (MN-36) (Vol. 36). Princeton University Press.
- Aryan, S.I. (1955). Algorithmic unsolvability of problems of recognition of certain properties of groups. *Doklady Akad. Nauk SSSR (N.S.)*, 103. 533-535.
- Aleksandrov, A.D. (1947). Geometry and topology in the Soviet Union. I. *Uspekhi Matematicheskikh Nauk*, 2(4). 3-58.
- Alexandroff, P.S. (1924). Über die Metrisation der im Kleinen kompakten topologischen Räume. *Mathematische Annalen*, 92(3). 294-301.
- Alexandrov, P.S., Urysohn, P.S. (1929). Mémoire sur les espaces topologiques compacts. *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen Te Amsterdam, Proceedings of the Section of Mathematical Sciences*, 14.
- Alexander, J.W. (1915). A proof of the invariance of certain constants of analysis situs. *Transactions of the American Mathematical Society*, 16(2). 148-154.
- Boi, L. (2019). The role of intuition and formal thinking in Kant, Riemann, Husserl, Poincaré, Weyl, and in current mathematics and physics. *Kairois*, 22(1).
- Deitmar, A., Echterhoff, S. (2014). Principles of harmonic analysis. *Springer*.
- Donaldson, S. K. (1983). An application of gauge theory to four-dimensional topology. *Journal of Differential Geometry*, 18(2), 279-315.
- Euler, L. (n.d.). (1970-1979). *The Great Soviet Encyclopedia*, 3rd Edition. Erişim tarihi: 16.08.2021 <https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Euler%2c+Leonhard>
- Euler, L. (1741). Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis. *Commentarii academiae scientiarum Petropolitanae*, 128-140.
- Euler, L. (1758). Elementa doctrinae solidorum, *Novi Commentarii Academiae Scientiarum Petropolitanae* 4 (1752/3), p. 109-140. reprinted in *Opera Omnia, Series I, Vol. 26*. 71-93.
- Hatcher, A. (2002). Algebraic Topology. *Cambridge University Press, Cambridge*. xii+544.
- Freedman, M.H. (1982). The topology of four-dimensional manifolds. *Journal of Differential Geometry*, 17 (3). 357-453.
- Kline, M. (1990). Mathematical Thought from Ancient to Modern Times: Volume 3. *Oxford University Press*.
- Lapko, A.F., Lyusternik, L.A. (1957). Mathematical sessions and conferences in the USSR. *Uspekhi Matematicheskikh Nauk*, 12(6). 47-130.
- Mathematics (n.d.). (1970-1979). *The Great Soviet Encyclopedia*, 3rd Edition. Erişim tarihi: 16.08.2021 <https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/mathematics>
- Moise, E. (1952). Affine structures in 3-manifolds. V. The triangulation theorem and Hauptvermutung. *Annals of Mathematics*, 56. 96-114.
- Manolescu, C. (2016). Pin(2)-equivariant Seiberg-Witten Floer homology and the triangulation conjecture. *Journal of the American Mathematical Society*

*ciety*, 29 (1) 147- 176.

- Manolescu, C. (2018). Homology cobordism and triangulations. *Proceedings of the International Congress of Mathematicians: Rio de Janeiro 2018*.
- Markov, A. (1958). The insolubility of the problem of homeomorphy. *Doklady Akad. Nauk SSSR (N.S.)*, 121. 218-220.
- Poincaré, H. (1895). Analysis situs. *Paris, France: Gauthier-Villars*. 1-121
- Pontrjagin, L.S. (1934). The theory of topological commutative groups. *Annals of Mathematics*. 361-388.
- Pontryagin, L.S. (1986). Selected Works, vol. 2. Topological Groups. Ed. R.V Gamkrelidze. Trans. A. Brown. 3rd ed. *Classics of Soviet Mathematics. New York: Gordon & Breach Science Publishers*.
- Raman-Sundström, M. (2015). A pedagogical history of compactness. *The American Mathematical Monthly*, 122(7). 619-635.
- Rokhlin, V.A. (1951). A three-dimensional manifold is the boundary of a four-dimensional one. *Doklady Akad. Nauk SSSR (N.S.)*, 81. 355 - 357.
- Rokhlin, V.A. (1952). New results in the theory of four-dimensional manifolds. *Doklady Akad. Nauk SSSR (N.S.)*, 84. 221 - 224.
- Sitnikov, K. (1951). The duality law for non-closed sets. *Doklady Akad. Nauk SSSR (N.S.)*, 81. 359-362.
- Sklyarenko, E.G. (2011). Pontryagin duality. *Encyclopedia of Mathematics*. Erişim tarihi: 16.08.2021 [http://encyclopediaofmath.org/index.php?title=Pontryagin\\_duality&oldid=49720](http://encyclopediaofmath.org/index.php?title=Pontryagin_duality&oldid=49720)
- Riemann, B. (1851). Grundlagen für eine allgemeine Theorie der Functionen einer veränderlichen complexen Grösse. *Adalbert Rente*.
- Rudin, W. (2017). Fourier analysis on groups. *Courier Dover Publications*.
- Saveliev, N. (2002). Invariants of Homology 3-spheres (Vol. 140). *Springer Science & Business Media*.
- Stallings, J. (1962). The piecewise-linear structure of Euclidean space. *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 58(3). 481-488.
- Şavk, O. (2019a). Königsberg'in yedi köprüsü ve topolojinin doğuşu. *Bilim ve Aydınlanma Akademisi*. Erişim tarihi: 16.08.2021. <https://bilimveaydinlanma.org/konigsbergin-yedi-koprusu-ve-topolojinin-dogusu/>
- Şavk, O. (2019b). Euler'in çökyüzlü formülü. *Bilim ve Aydınlanma Akademisi*. Erişim tarihi: 16.08.2021. <https://bilimveaydinlanma.org/eulerin-cok-yuzlu-formulu/>
- Şavk, O. (2019c). Euler'in çökyüzlü formülünün kanıtı. *Bilim ve Aydınlanma Akademisi*. Erişim tarihi: 16.08.2021. <https://bilimveaydinlanma.org/eulerin-cok-yuzlu-formulunun-kaniti/>
- Taubes, C. H. (1987). Gauge theory on asymptotically periodic 4-manifolds. *Journal of Differential Geometry*, 25(3). 363-430.
- Whitney, H. (1992). Moscow 1935: topology moving toward America. In Hassler Whitney Collected Papers (pp. 1-21). *Birkhäuser Boston*.



Priestley karşıtlarının hazırladığı bir karikatür, 'Doktor filojiston, politikacı Priestley ya da politik papaz'

**Kaynak:** Ulusal Tarihi Kimyasal Simgeler, 2004

## DOSYA: TARİHTE BİLİM

# BİLİM İLE DİNİN KESİŞTİĞİ YERDE BÜYÜK BİLİMCİLER

**Hasan Karabıyık**

Prof. Dr., Fizik Bölümü  
Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir  
hasan.karabiyik@deu.edu.tr

## ÖZET

Bilim tarihinde kendilerine yer bulmuş büyük simaların din ile olan ilişkileri göz önüne alındığında, büyük bilimcilerin dinsel inançların etkisinde şekillenmiş bir düşünce yapısına sahip oldukları görüşü yeterince sorgulanmadan kabul edilir. Bu tezin kanıtı olarak büyük bilimcilerin son derece dindar oldukları görüşü ileri sürülür. Bu görüşün geçerliği bilim tarihinde kendilerine yer bulan Kepler, Newton, Dalton, Faraday, Maxwell gibi büyük bilimcilerin yaşadıkları dönemlerdeki tutumları bağlamında ele alınacaktır. Kepler'in yaşamını yitirdiğinde bir mezhebe bağlı olmadığı ve yaşamının son yirmi yılında dinsel otorite ile gergin bir ilişki içerisinde bulunduğu, Newton'un Anglikan Kilisesi karşıtı olmasına karşın Anglikan Kilisesi'nin kalbi sayılan Westminster Abbey'e gömülmesinin bir yanılsama yarattığı, Dalton'un dönemin egemen çevrelerince sapkın sayılan *The Quakers* tarikatına mensup olmasının bilimsel üretimini gerçekleştirebilmesinin önünü açtığı, bir *Sandemanacı* olan Faraday'ın döneminin çok ilerisinde bir toplumsal muhalif tutuma sahip olduğu ve Maxwell'in yaşam pratiğinde ütopyik sosyalist bir Hristiyanlık anlayışını benimsediği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kepler, Newton, Dalton, Faraday, Maxwell, Katarsis.

## GREAT SCIENTISTS AT THE INTERSECTION OF SCIENCE AND RELIGION

### ABSTRACT

Considering the relations with religion of the great figures who have found their place in the history of science, an opinion accepted without sufficiently inquiring about this relationship is that the great scientists have a mindset shaped under the influence of their religious beliefs and orientations. As proof of this thesis, the view is put forward that great scientists are extremely religious in their lives. In this study, the validity of this view will be discussed in the context of the attitudes of the great scientists such as Kepler, Newton, Dalton, Faraday and Maxwell, who found a place in the history of science. Kepler was not a member of a sect when he passed away and had a tense relationship with the religious authority for the last two decades of his life, and Newton despite his anti-Anglican attitude was buried in Westminster Abbey, which is considered the heart of the Anglican Church. In addition, it has been seen that Dalton's membership of *The Quakers* sect, which was considered heretical by the ruling circles of his period, paved the way for his scientific production, that Faraday, a *Sandemanian*, had a social opposition attitude far beyond his time, and Maxwell adopted a utopic socialist Christian understanding in his life practice.

**Keywords:** Kepler, Newton, Dalton, Faraday, Maxwell, Catharsis.

"GALILEO: Bilimin amacı sonsuz bilgeliğin kapısını aralamak değil, sonsuz olan yanlılığı sınırlamaktır."

—Bertolt Brecht

## GİRİŞ

Ocak 2006 tarihinde Massachusetts Institute of Technology (MIT), "Pek çok büyük bilimcinin dile getirdikleri Hristiyan inancı bilimsel düşüncelerini nasıl etkiledi?" sorusuna cevap arayan bir seminerler dizisi düzenledi. Bu seminerlerde üzerinde durulan büyük bilimciler Kepler, Boyle ve Maxwell ve dördüncüsü de nörofizyolog John Carew Eccles'tir. Yalnızca bu bilimcilerin Hristiyanlıkla ilgili öznel düşüncelerini sergilemeye yönelik bir girişim olmanın ötesine geçemeyen bu seminerler sonu-

cunda bir tez önerisinde bulunulmamıştır.

Bu seminerler dizisinde Newton, Dalton, Faraday gibi Hristiyanlık bağlamındaki düşünceleri nedeniyle öne çıkarılan ve bilim tarihindeki ağırlıkları Boyle ve Eccles ile kıyaslanamayacak büyüklükte olan bilimciler üzerinde durulmamıştır. Bunun olası nedenlerinin ne olabileceği sorusunu aklımızın bir köşesinde tutarak meseleyi etraflıca tartışıp ortaya koyabilmek amacıyla ele alınan bilimcilerin listesini MIT'deki seminer dizisinde ele alınanları da kapsayacak biçimde genişleterek bir bakış açısı ileri sürülebilir.

Bu yazıda farklı bir bilim tarihi ve sosyolojisi okuması yaparak konunun gerici çevreler tarafından çoğunlukla göz ardı edilen yanları üzerinde durulacaktır.

## 1. UYUM VE ÇELİŞKİ TEZLERİ

Büyük bilimcilerin aslında son derece inançlı kimseler oldukları, dolayısıyla bilim ile din arasında aydınlanma çağı sonrasında ortaya çıkan gerginliğin *temelsiz ve yapay* bir gerilim olduğu ve bilim ile dinin birbirleriyle çatışmayıp uyum içerisinde oldukları ve birbirlerini destekleyebilecekleri düşüncesi neredeyse iki yüz yıldır aydınlanma karşıtı çevrelerce ifade edilmektedir. Uyumluluk tezi, dinin temelindeki *inanç* ile bilimin temellendiği *akıl* çelişkili olduğu düşüncesinin, “çarpık bir inanç” anlayışının yanı sıra “doğa bilimlerinin *yüzeysel kavranışından*” kaynaklandığını ileri sürer. Bilim ve dinin birbirleriyle çeliştikleri tezinin karşısına çıkarılan *uyumluluk* tezinin temelleri bu şekilde özetlenebilir.

Günümüzde bu iki bilgi kategorisi –bilim ve din– arasındaki çelişkiyi öne çıkaran bilimciler arasında, evrimsel biyolog Richard Dawkins, kuramsal fizikçi Lawrence Krauss, fizikokimyacı Peter Atkins ve jeolog Donald Prothero öne çıkmaktadır. Uyumluluk tezinin karşısında çelişki tezini savunan bu isimler aynı zamanda tavizsiz tanrıtanımaz tutumlarıyla tanınırlar. Fakat bu bilimcilerin tanrıtanımazlıkları onların ilerici toplumsal mücadelenin bileşenleri arasında oldukları anlamına gelmemektedir.

Bir örnekle açıklamak gerekirse; *Hiç Yoktan Evren* adlı kitabında Lawrence Krauss, evrenin hiçlikten ortaya çıktığı tezini (evet yanlış okumuyorsunuz hiçlikten) ileri sürerken güncel bilimsel verileri en bayağı materyalizmin bile kabul edemeyeceği bir ideolojik mercekten geçirerek sunar. Richard Dawkins de Krauss’un kitabına bir önsöz yazarak materyalizm karşıtı bu girişime destek olur.

Krauss’a göre, evrenin hiçlikten ortaya çıkmış olması düşüncesi bilimin günümüzde eriştiği son noktadır. Krauss, bilimsel aklın kabul edemeyeceği bir akıl yürütme neticesinde bu düşünceyi savunmakta beis görmez çünkü tanrıtanımazlık kalkının ardına gizlenerek kendisi hakkında yapılacak gericilik suçlamasının önüne geçtiğini düşünür. Krauss, tanrıtanımazlığını özenle işleyerek yazdığı kitabında ve yaptığı konuşmalarda materyalist doğa anlayışıyla ters düşmekten çekinmez. Tanrıtanımazlığını belli etmiştir ya, artık gerisi önemli değildir. Her tür eleştiriden muafır ne de olsa. Bilim topluluklarına şirin görünmesine ve kabul edilmesine yetecek kadarını yapmıştır. Bu durum Krauss’u ve benzeri diğer tanrıtanımazları ilerici sanma yanlışına düşmememiz konusunda verilebilecek örneklerden sadece biridir. Gericiliğin değirmenine su taşıyan ve ‘*Yeni Ateist*’ler adıyla anılan akımın temsilcilerinin ABD’nin Irak ve Afganistan’ı işgal etmesini desteklemiş olmalarının üzerinden çok uzun zaman geçmemiştir.

Bilim ve din arasındaki *uyumluluk* tezini savunan bilimcilerin listesi ise uzayıp gider. Bu listenin önde gelen isimlerinin listesini yapmak yerine daha dikkat çekici bir konuya değinmek daha açıklayıcı olur. 1973’ten beri

her yıl, hayatın ruhani yanını vurgulayan çalışmalarıyla kamuoyunu etkileyen kanaat önderlerine verilen Templeton ödülünü alan ve şimdilik sayıları 18 olan (13’ü fizikçi, 3’ü biyolog, 1’i biyokimyacı, ve 1’i genetik tıpçı) bilimci bulunmaktadır. Templeton ödülünü alanların %38’sinin bilimci olması şaşırtıcı değildir çünkü kurumsal gericilik kendisine bilimciler arasından savunucular aramaya büyük önem vermektedir. Templeton vakfı, bu ödülü verebileceği bilimciler bulmakta zorlanmıyor. Ayrıca 2020 yılında Templeton ödülünün mali değerinin (neredeyse 1,5 milyon \$) Nobel ödülününkinden (yaklaşık 1,1 milyon \$) yüksek olduğunu da belirtmekte yarar var.

Zaman zaman idealizm, kimi zaman teizm, bazen mistisizm, ara sıra panteizm, çoğunlukla da köktendincilik ve türevi olan muhafazakârlık biçimlerinde ortaya çıkan bilim karşıtı politikleşmiş söylem ve tutumlar karşısında ne yapacaklarını bilemeyen sözüm ona “*aydınlanmış*” burjuva ideologları kendi düşüncelerinin -eş deyişle liberal demokrasinin- tükenmişliğini salt bilimselliğe yamamaya çalışırlar. Aksi halde her türden gerici müdahaleyi meşrulaştırmış olacaklarını düşünürler ve bunu yapmak istemezler ama Krauss örneğinde olduğu gibi materyalizmin karşısında konumlanarak daha da kötüsünü yaparlar.

Burjuvazinin gerici bir sınıf haline gelmesinin ardından sahipsiz ya da daha doğrusu sınıfsız kalan bilimciler o günden bu yana bir bocalamanın ve ne yapacaklarını bilememenin çaresizliği içerisindeyler. Bilim ile din arasındaki kutuplaşmada kendi siyasal konumlarının yetersizliğinin üzerini tanrıtanımazlık peleriniyle örtme gereği duyan yukarıda adları anılan ünlü tanrıtanımaz bilimcilerin katışıksız liberal demokrat politik tutuma sahip olmaları rastlantıyla açıklanamaz.

## 2. KATARSİS

Sadece bilim yaparak bilim dışının zayıflatılabileceğini ve bilimsel olmayanın önüne geçilebileceğini, başka deyişle safdil bir burjuva aydınlanmacılığını savunan bu ideologların içine düştükleri tuzağın adı *katarsis*’tir. Katarsis, bir *arınma* mekanizmasıdır. Antik Yunan tiyatrosundaki trajedilerde katarsis sayesinde sahne dışındaki izleyici sahnede sergilenen acı, üzüntü ve kötülüklerin dışında kalarak bu kötülüklerden arınacağını düşünür. Basite indirgeyerek anlatırsak; izleyici, oyun sırasında ağlayarak gerçek hayatta ağlamayacağı zannına kapılır.

Brecht’e göre antik Yunan tiyatrosundaki katarsis bir aldatmacadır. Yukarıda bahsedilen tanrıtanımaz bilimcilerin, salt fizik ya da bilim yaparak metafizikten arınmanın mümkün olduğu zannıyla hareket etmelerinin geri planında katarsis (arınma arzusu) yatmaktadır. Bu burjuvazinin kurduğu bir oyundur. Metafizik karşısına sadece fizik yaparak çıkılabileceği düşüncesi, metafizik düşüncenin panzehri olan diyalektik ve tarihsel materyalizme mesafeli durmayı ve çözümsüzlüğünün sürdürülmesini beraberinde getirir.



Bilim ile din konularında çelişki ve uyum gibi iki karşıt kutuptan birine hapsolmek bilimin tarihsel gelişim sürecinin maddi koşullarının anlaşılması konusundaki görüşümüzü sakatlar. Bilim ile dinin çelişki içinde olduklarını savunmak *uyum* içinde olduklarını savunmak kadar yanıltıcı olabilmektedir, çünkü burjuva aydınlanmacılığı tam olarak bu açıklamaya sığınarak verili toplumsal düzendeki değişimi perdeleyen yeni pozitivist veya pozitivist tutumu destekler. Bu sırada toplumun maddi koşullarıyla tarihselliğini dışlayan bir yaklaşım savunulur.

Bu çalışmada, büyük bilimcilerin dinsel tutumlarını toplumsal dinamiği önceleyen bir tarihsellikte ele almaya çalışacağız. Bunu yaparken iddia edildiği gibi bilimin büyük isimlerinin hiç de dindar olmadıkları, verili toplumsal ve dini normların dışında kaldıklarını göreceğiz.

### 3. BİLİM TARİHİNDEKİ ÜNLÜ KİŞİLERİN ÇALIŞMALARI

Bilim tarihinde kendilerine yer edinmiş olan Johannes Kepler (1571-1630), Isaac Newton (1643-1727), John Dalton (1776-1844), Michael Faraday (1791-1867), James Clerk Maxwell (1831-1879) popüler bilim yazınında dinsel kimlikleri öne çıkarılan bilimcilerdir. Öncelikle bu isimlerin bilim tarihindeki başarılarını kısaca tanıttıktan sonra sahip oldukları dinsel tutumların toplumsal ayrıntılarına değinelim.

Newton 1676'da meslektaşı Robert Hooke'a yazdığı mektupta, kendisinin uzağı daha iyi görebilmesini iki devin omuzlarından bakabilmesine bağlar. Bu devler, Galilei ve Kepler'dir. Matematikçi ve astronom olan Johannes Kepler gezegenlerin hareketleriyle ilgili üç yasa ortaya koyarak Copernicus'un günmerkezli kozmolojisine bilimsel bir temel kazandırır. Fakat bunu Copernicus'un öğretisini olduğu gibi kabul ederek değil onu yenileyip dönüştürerek, başka deyişle aşarak yapar.

Klasik fiziğin kurucusu Newton, kendinden önceki çağlarda Aristoteles'in etkisiyle farklı yasalara tabi oldukları düşünülen yerdeki cisimlerin hareketleriyle gökteki cisimlerin hareketlerinin sanıldığı gibi ayrı değil aynı yasalara tabi olduklarını ortaya koyarak bir anlamda fizikteki ilk birleştirme kuramını geliştirir. Günümüzde de kullanışlılığını sürdüren bu hareket yasalarıyla mekanik bilimini başlatmış ve kendinden sonra gelişen mekanik materyalizme bilimsel temel kazandırmıştır.

Dalton, 18. yy'ın ikinci yarısında kıta Avrupası'nda ortaya çıkmaya başlayan deneysel kimyanın gelişiminde atom kavramına işlevsellik kazandırarak önemli bir katkıda bulunmuştur. Dalton, binlerce yıllık bir geçmişe sahip olan fakat o devre kadar felsefenin tekelinde kalmış metafizik bir kavram olarak görülen *atom* kavramını bilimselleştirmiştir. Bölünemez, parçalanamaz anlamına gelen *atom* kavramının felsefe tarihindeki rolünü Lenin (1909), "*Genişletilmiş, sağlam, parçalanmaz atom, her zaman materyalist evren anlayışının kalesi olmuştur*" diyerek net biçimde ortaya koymuştur.

Elektrik motorunu keşfeden Faraday, elektrik ve manyetizma konularında çığır açan deneylerine ek olarak suyun elektrolizini gerçekleştirerek Lavoisier'in başlattığı deneysel kimya bilimine büyük katkıda bulunmuştur. Elektrifikasyonun denel temellerinin bilimselleştirilmesini sağlayarak kendinden sonra üretim araçlarının gelişiminde yaşanan önemli ilerlemenin de mimarı olmuştur.

Faraday'ın ufuk açıcı ve diyalektik materyalizmin doğadaki en etkileyici görüngülerini ortaya koyan keşiflerin ardında yatan kuramı ortaya koyarak fizikteki ikinci birleştirme kuramının sahibi olan Maxwell, aynı zamanda gazların kinetik kuramını da geliştirmiştir. Maxwell, gazların kinetik kuramını geliştirirken Dalton'un bilimselleştirdiği atom kavramından yararlanmıştı.

### 4. GERİCİLERİN TERCİH PİLAVI

Kepler'in güçlü dinsel inançları ve metafizik düşkünlüğüyle tanındığı iddiası sıkça ve ısrarla dillendirilir. Ne yazık ki o dönemde astronomi ile astroloji arasındaki ayrım bugünkü ölçülerde belirgin değildi. Kepler, düğ ve krallara astroloji hizmeti sunuyor ve geçimini sağlamak için de o dönemde geniş rağbet gören astroloji yıllıkları yayımlamak zorunda kalıyordu. Astroloji yıllıkları hazırlamayı '*dilenmekten biraz daha onurlu bir iş*' olarak tanımlıyor ve hayıflanıyordu (Voelkel, 2002: 86).

Klasik bilimin en büyük ismi olarak bilinen Newton ise simya çalışmaları yapan ve Kitab-ı Mukaddes'in yorumlanması üzerine gayretkeş çalışmalarda bulunan sofu bir dindar olarak tanıtılır. Ayrıca Dalton'un *The Quakers* tarikatına mensup olduğu ve Faraday'ın ise koyu bir *Sandemancı* olduğu vurgulanır. Maxwell'in ise iyi bir Hristiyan olma çabasında olduğu gerici çevrelerce öne çıkarılır. Böylece bilimin din ile uyumlu olduğu tezi desteklenmeye çalışılır.

Peki, gerçek bu denli yalın mıdır? İncelenmesi ve değerlendirilmesi gereken budur. Adı geçen bilimcilerin dinsel inançlarını dönemlerinin toplumsallığı temelinde incelemenin bilim ve aydınlanma mücadelesinde taşıdığı önem açıktır.

### 5. MEZHEPSİZ KALAN KEPLER

Kepler'in koyu bir dindar olduğu ve yaşamı boyunca sürekli dinsel bir arayış içinde olduğu söylenir. Bunun nedeni olarak da, Kepler'in 1600 yılında Katolik mezhebinden ve 1619 yılında da mensubu olduğu Luthercilikten aforoz edilmesi gösterilir. Fakat Kepler'in ölümünden önceki son on bir yılda herhangi bir mezhebe resmen mensup olmadığı ve uğradığı aforozların ayrıntıları üzerinde pek durulmaz. Durulduğu zaman da iyi bir Hristiyan olma gayesinde olan biri olduğu ısrarla vurgulanarak durum geçiştirilir. Geçiştirilemediği veya geçiştirilemeyeceği anlaşılınca da Kepler'in bilimsel başarılarının kökenindeki teolojik (Barker ve Goldstein, 2001) ve dini (Kozhamthadam, 2002) temeller araştırılır ve dindar bir Kepler portresi yaratılmaya çalışılır.

Bu yapılırken de Kepler'in henüz hiçbir mezhepten aforoz edilmemişken 1596'da yayımladığı *Mysterium Cosmographicum* adlı eserinden yapılan alıntılar okuyucunun zihnine boca edilir. *Mysterium Cosmographicum*, Kepler'in bilimsel kariyeri açısından önemli bir uğrak olmayıp günümüzde Kepler'i dinsel ve metafizik duyarlılıklarıyla öne çıkarmak isteyenlerin sık sık ziyaret ettikleri ve kendi tezlerini destekleyen alıntılar deposu olarak gördükleri bir eser olmanın ötesinde bir anlam taşımaz. Bu eser Kepler'in düşünsel evriminin anlaşılması için gereklidir fakat yeterli değildir.

Hiçbir Kepler yasası bu kitapta (*Mysterium*'da) yer almaz çünkü Kepler henüz yasalarını keşfetmemiştir! Fakat doğada matematiksel düşüncenin izini sürmek konusundaki Platoncu bir doktrinin etkisiyle kaleme aldığı bu yapıtta Kepler, teolojik bir ilhamla tanrısal bilgeliğin ardındaki *ilkelerin* matematiksel ifadesine ulaşabileceği görüşündedir.

*Mysterium*'da gezegen hareketlerinin uyduğu *ilahi ilkelerin* matematikle ifade edilebileceğini savunan Kepler, 1600'den sonra Danimarkalı astronom Tycho Brahe'nin himayesinde yürüttüğü deneysel astronomi çalışmalarının ardından bu anlayışı terk eder. Buna karşın Barker ve Goldstein (2001) gibi burjuva bilim tarihçileri ısrarla Kepler'in, fiziksel argümanlarla matematiksel argümanları ilişkilendirirken "*Lutherci teolojinin etkisinde kalarak kendi doğa felsefesini şekillendirdiğini*" iddia ederler.

Genç Kepler'in Lutherciliğin yaygın olduğu kentlerde burslu olarak aldığı ilahiyat eğitimi sırasında da Lutherci öğretiyi sorguladığı ve benimsemediği hatırlandığında bu varsayımın geçersizliği anlaşılır (Voelkel, 2002: 79-80). Kepler'in hayattayken Lutherci inanç doktrinini bütünüyle benimsediği oldukça şüphe götürür bir tespit olmasına karşın ana akım yazında Kepler tarihsel ve toplumsal çevresine bakılarak Lutherci olarak kategorize edilir.

Kepler'in ilk iki yasası, 1609'da yayımladığı *Astronomia Nova (Yeni Astronomi)* adlı eserinde yer alır. Ayrıca bu eserinde '*fiziksel etkiler*' (mesafe-hız ilişkisi ve karşılıklık kuralı) adını verdiği '*ilahiyat dışı*' kavramları kullanır. Kepler, nedensel astronomi olarak adlandırdığı yönteminin başarılı olabilmesi için fiziksel akıl yürütmenin önemini vurgular. Artık *Mysterium*'da peşine düştüğü '*ilkelerden*' başka deyişle '*yanlıslardan*' vazgeçmiştir: "İlkelerin yerine aldığım fiziksel nedenler iyi olmasaydı, bu tür kesinliklerin araştırılmasında asla başarılı olunamazdı" (Kepler, 1609: 295) diyecektir. Kepler'in üçüncü yasası ise 1619'da yayımladığı *Harmonices Mundi* adlı eserinde yer alır.

Kepler'in Copernicus tarafından önerilen günmerkezli kozmolojiyi bilimsel anlamda yasalastıran *Astronomia Nova* (1609) ve *Harmonices Mundi* (1619) adlı eserleri, 1835 yılına kadar Katolik Kilisesinin okunması yasak

kitaplar listesinde (*Index Librorum Prohibitorum*) yer alacaktır. Buradan da anlaşılacaktır ki dönemin egemenlerince korkulan eserleri bu iki kitabdır. *Mysterium*'dan rahatsızlık duyan bir egemen çevre olmamıştır. *Mysterium* Kepler'in erken dönem çalışmalarındandır ve '*bulduğu*' değil '*aradığı*' döneme aittir. Gerici çevreler ve burjuva ideologları gibi yalnızca *Mysterium*'a bakılarak Kepler hakkında yapılan çıkarımlar geçersiz olmaya mahkûmdur.

Kepler, ilk iki yasasını 1600 yılında Katoliklikten aforoz edildikten sonra, üçüncü yasasını ise kendi mezhebi olarak görülen Luthercilikle gergin bir ilişki içerisinde bulunduğu (1612 ve özellikle 1615'ten sonra) dönemde geliştirir. 1612'de Kepler Lutherci topluluğun amentüsü *Uyum Formülünü (Konkordienformel)* imzalamayı reddederek yerel inanlı topluluğundan dışlanır (Voelkel, 2002: 79-80).

Kepler'in Luthercilikle gerginliğinin doruk noktası olan 1615 yılında, Leonberg kentinin Lutherci savcısı Lutherus Einhorn tarafından Kepler'in annesi cadılıkla suçlanmıştır (Gribbin, 2014: 81). O dönemde bağımsız tutum sergileyen kadınlara karşı yürütülen cadı avları, sanıldığı aksine Katolik Kilisesi tarafından değil orta Avrupa'daki bağnaz Protestan topluluklar ya da Kilise yetkilileri tarafından gerçekleştirilmiştir. Mesela aynı yıl Leonberg kentinde Kepler'in annesi dışında altı kadın daha cadılıkla suçlanmıştır.

*Harmonices Mundi*'nin 1619'da Kepler'in Luthercilikten aforoz edildikten sonra yayımlanması ve gergin bir ilişki sürdüğü dönemde yazılmaya başlanmış olması nedense göz ardı edilir. Kepler *Astronomia Nova* adlı eserini yayımladıktan sonra kendi cemaati tarafından dışlanmasının ardından Lutherci bağnaz yerel kilise yetkilileri ve toplulukların ileri gelenleri İncil'deki evren anlayışına sahip olmayan Kepler'i fazla ileri gitmiş olmakla itham ederler. Çünkü Luther'in ünlü *Masa Sohbetleri*'nde isim vermeden, Copernicus'un öğretilerine hiddetle karşı çıkarak kınaması nedeniyle takipçileri de benzeri bir tutumu takınmışlardır (Gribbin, 2014: 26).

Ama yalnızca Luther değil reformasyonun diğer babası Calvin de Copernicus'un günmerkezli doktrinini savunanları yalnızca kınamakla kalmamış şeytanla işbirliği yapmakla da suçlamıştır (Young, 2007: 47). Bağnaz Lutherci ve Calvini dini otoriteler Kepler'in dönüştürerek bilimselleştirdiği günmerkezli kozmolojiye karşı İncil'den parçaları inanlı topluluklarına hatırlatarak günmerkezli kozmoloji karşısında dinsel bir doktrin ortaya koyuyorlardı.

Kepler, Katoliklik ve Luthercilikten dışlanarak mezhepsiz kalmasının ardından bir başka mezhebe intisap etmemiştir. 1618'de Otuz Yıl savaşlarının başlangıcını görecek ama sonlandığını göremeyecekti.

Lutherci ve Calvini topluluk önderlerinin kozmoloji

konusunda Katolik Kilisesiyle aynı düşüncelere sahip olmaları önemlidir. Bu gerçek karşısında Protestan çevreler günümüzde bile nasıl bir kılıf bulacaklarını bilememektedirler. En iyi ihtimalle Protestan kurucu babaların konuyu sadece ilahiyat bağlamında ele aldıklarından ve kurucu babaların Copernicus öğretisini kınadıkları dönemde günmerkezli kozmolojinin bilimsel olarak kanıtlanmamış olduğundan söz ederler. Bunlar da işe yaramazsa, Kepler'in çalışmalarının esasında Lutherci ilahiyatla uyumlu olduğunu ileri sürerek öküz altında buzağı aramaya devam ederler.

Protestan çevrelerin sözünü ettiği uyum tezinin temelinde Tanrı yasalarının yalnızca insanlar için değil doğada da geçerli olduğu yönündeki doktrin yer alır. Fakat aşağıda göreceğimiz gibi Kepler özelinde bu da geçerli değildir çünkü Kepler, Copernicus'un kozmolojisini de bütünüyle kabul etmemiş ve deneysel veriler ışığında matematiksel bir kesinlikte kendi yasalarını geliştirmiştir. Kepler eliptik yörüngeleri yasalaştırır, oysa Copernicus günmerkezli çembersel yörüngeleri savunuyordu. Kepler 1596'daki gibi doğada olup bitenlerin ilahi bir uyum ve güzelliğe işaret etmediğini bizzat kendisi fark etmiş ve *Mysterium*'da sergilediği Platoncu saplantıdan kurtulmuştur.

Kepler, Katolik olamayacak kadar Protestan, Lutherci Protestan olamayacak kadar da Calvinici Protestan görüşlere yakınlık duyan biriydi (Voelkel, 2002: 79-80). Ancak Calvinici topluluğa da katılmamıştır. Çünkü Kepler, dinin kurumsallaşmış ve yozlaşmış bir toplumsal otorite haline gelmesinden rahatsızdı:

*"Üç büyük mezhebin [Luthercilik, Calvinicilik ve Katoliklik kastedilmektedir] gerçeği aralarında parçalaması beni o kadar üzüyor ki, gerçeğin parçalarını, her nerede bulursam, bir araya getirmem gerekiyor"*

diye yazmıştır (Voelkel, 2002: 79-80). Kepler'e göre gerçek, dini retorik dışında aranmalıdır.



Şekil 1. Kepler'in doğumunun 400. yılında Alman Demokratik Cumhuriyeti'nde basılan pul.

Kepler, bilhassa Lutherciliğin kurumsal bir dini otorite oluşturma yönündeki gayretlerini Katolik Kilisesi'nin hatasının sürdürülmesi olarak görüyordu. Lutherci kiliseler yerel prenslerin himayesi altında bulunuyorlar ve prensliklerle karşılıklı yarar ilişkisi içine giriyorlardı. Buna karşın Calviniciler ise kilisenin her türden siyasal otoriteden bağımsızlığını savunarak o dönem için Luthercilikle kıyaslandığında daha özgürlükçü sivil bir tutum sergiliyorlardı. Bu nedenle Kepler kendini Calviniciliğe yakın hissetse de günmerkezli kozmoloji karşısında her iki mezhebin takındığı ortak tutum nedeniyle bu mezheplerden birinin içinde yer almamış olmasında şaşılacak bir şey yoktur.

Üstelik o yıllarda kiliseden dışlanmış olmanın beraberinde getirdiği toplumsal olumsuzlukları da akılda tutmalıyız. Örneğin, Kepler'in mezarı otuz yıl savaşları sırasında İsveçli Protestan ordular tarafından tahrip edildiğinden günümüzde yeri tam olarak bilinmemektedir.

Kepler'in Lutherci ilahiyatın etkisinde kalarak bilimsel başarılarını gerçekleştirdiği iddiası kabul edilebilir olmaktan uzaktır çünkü Protestan ilahiyatı günmerkezli kozmolojinin karşısında tutum alıyordu.

## 6. TESLİSİ REDDEDEN NEWTON

Sofu bir dindar olduğu iddia edilen Newton'un, kutsal kitabın yorumlanmasına yönelik büyük çaba gösterdiği ve akıl almaz boyutlara vardığı simya ilgisi nedeniyle sağlığının bozulduğu bilinmektedir. Newton'un kutsal metin incelemelerinin yer aldığı "*Kutsal Kitap'ın Yorumu*" adlı çalışmasının tam metni 2015 yılında dilimize kazandırılmışken, *Principia*'sının tam metninin hala dilimizde yayımlanmadığı ve *Principia*'dan yapılan 63 sayfalık seçkinin 1997 yılında dilimize kazandırıldığını belirterek başlayalım.

İktisatçı John Maynard Keynes (1883-1946), Newton'un 300. doğum yılı anmaları sırasında yaptığı "*Newton, The Man*" başlıklı konuşmada Newton'u, "*O, akıl çağının ilki değildi. O büyücülerin sonuncusuydu*" diyerek yâd etmiştir. Bu yorumunda Keynes ne yazık ki egemen ideolojinin sözcülüğünü üstlenerek gerçeği eğip büküyordu çünkü Newton aşağıda göreceğimiz üzere, Keynes'in dediği gibi büyücülerin sonuncusu değildi. İlki olmasa da akıl çağının öncülerindendi. Öne çıkarılması gereken yanı da budur.

Newton, 1661-1665 yılında tuttuğu defterinde çalışmalarını özetlediği sayfalardan birinin üstüne -muhtemelen 1664 yılında- "*Amicus Plato amicus Aristoteles magis amica veritas*" (*Plato dostum, Aristoteles dostum ama en iyi dostum gerçeklerdir*) özdeyişini yazmıştır (Westfall, 2018: 106). Bu satır Newton'un açıkça dönemin egemen düşüncesinden ayrılarak akılcılığın etkisinde olduğunun kanıtıdır.

Newton, Hristiyan ilahiyatçılarca suistimal edilen iki Yu-

nan düşünür karşısında pejoratif bir tutum takınmıştır. Bu tutum 17. yy'da öne çıkmaya başlayan burjuvazinin sürükleyiciliğinde eğitim almış kişiler üzerinde giderek etkisini artırıyor. Aynı özdeyişe *Don Quijote* romanında da rastlamak mümkündür (Saavedra, 2013: 756). Burjuvazinin ilerici bir sınıf olduğu 17. yy'da, Newton da kendi coğrafyasında kurulu olan toplumsal yapıyla karşı karşıya geliyordu. Bu Newton'un dinsel tutumunun da zamanla değişmesine neden olacaktır. Çünkü Trinity Kolejindeki öğrenciliği sırasında dönemin yaygın beğenisinin dışında kalan ve pek revaçta olmayan Galilei ve Kepler'in çalışmalarını okumuştur. Aristotelesçiliğe eleştirel yaklaşan Newton, ruhun ölümsüzlüğü fikrini kabul etmediği gibi İsa'nın da ölümlü bir bedene sahip olduğunu savunan Ariusçuluğa ilgi duymaktadır ve bu ilgisi zamanla pekişecektir.

Newton'un 1704 yılında İngilizce kaleme aldığı *Opticks* adlı eserinin başında yer alan "Bu kitaptaki amacım ışığın özelliklerini varsayımlarla açıklamak değil, akıl ve deneyle sunup kanıtlamaktır." cümlesi Keynes'in kasıtlı saptırmasının karşısındaki en açık göstergedir. Keynes'in bu cümleyi okumamış olması düşük bir olasılıkla nasıl oluyor da Newton'u bir büyücü olarak andığı sorusu yanıt bekleyen bir sorudur. Newton çağdaşı John Locke'a yazdığı bir mektupta "Dini meselelerde insanların batıl inançlara yatkın fevri tarafı onları öteden beri gizemlerden yana olmaya itmiştir, bu nedenle en az anladıkları şeyi en çok severler" (Westfall, 2018: 495) diyerek gizemciliğin karşısında akılcılığı yeğlemesi Keynes'in hatasını ortaya koyan bir diğer veridir.

Newton'un simyaya olan ilgisinin temelinde de maddeyi dönüştürme ve ona yeni işlevler kazandırma yönündeki tutkusu yer almaktaydı. O dönemde, kimya biliminin doğmak üzere olduğu, fiziğin ise yeni yeni ortaya çıkmakta olduğu unutulmamalıdır. Simya sanıldığı gibi büyüsel ve doğaüstü bir etkinlik olmayıp bilimsel bir etkinliktir. Simya durağına uğramadan kimya biliminin ortaya çıkacağını düşünmek imkânsızdır. Bugün temel kimya laboratuvarlarında kullanılan kaplar ve benzeri gerecin tamamı simyacıların yüzyıllarca süren çalışmaları sırasında geliştirilmiştir. Newton Lucas profesörlüğünün ilk yıllarında simya deneyleri yapmaya başlamış ve bu deneylerde özellikle metallerle çalışmayı yeğlemiştir (Christianson, 2020: 80). Metaller konusundaki bu deneyimi ileride darphanedeki görevinde işine yarayacaktır.

İddia edildiği gibi Newton gerçekten de sofu bir dindar mıydı? Elbette, değildi! İngiliz astrofizikçi John Gribbin (2014: 204) ve hacimli bir Newton biyografisi kaleme alan saygın bilim tarihçisi Richard Westfall (2018: 494), Newton'un Ariusçu olduğunu kaydederler. Westfall (2018: 343), elimizdeki belgelere dayanarak Newton'un 1673 yılından önce Ariusçu inançlarını pekiştirdiği görüşündedir. Ariusçuluk, kurumsal Hristiyanlığın temelinde yer alan *teslis (trinity)* -kutsal üçleme (baba, oğul, kutsal ruh)- düşüncesine karşı çıkan bir Hristiyan-

lık doktrindir.

Newton, döneminin toplumsal normu olarak kurumsallaşan Anglikanlığı benimsemeyen. Westfall'a (2018: 494) göre Newton, Kitab-ı Mukaddes'teki Katolik tahrifatı ortaya çıkarmak için yukarıda bahsedilen kutsal metin incelemelerine yönelmiştir.

1534'te kurumsallaşmış ve piskoposluk kurumuna sahip Anglikan Kilisesi de teslis inancı üzerine kurulmuştu. Anglikan Kilisesi, Protestan gelenek içerisinde gelişen bir kilise olmayıp bağımsız bir batı kilisesidir. Esasında Anglikan Kilisesi'nin sadece boşanma serbestisi ile Katoliklikten ayrıştığını söylemek çok da yanlış olmaz. Reform sonrası kurulan diğer kiliselerden farklı olarak Anglikanlık, yalnızca inanç öğretileri bakımından değil ibadet biçimleri bakımından da Katolik öğretinin mirasına sahip çıkıyor ve kurumsal anlamda siyasallaşmış olmanın tüm ağırlığını da üzerinde taşıyordu. Liderliğini kral ya da kraliçenin üstlendiği Anglikan Kilisesinin ruhani liderliğini üstlenen Canterbury Başpiskoposluğuna atanma işlemi günümüzde bile Başbakanın önerisiyle kral (ya da kraliçe) tarafından yapılmaktadır.

Newton, o günkü usullere göre geleneksel teslis inancını beyan eden bir yemin ederek Anglikan Kilisesi'nin ruhban sınıfında görevli olmak zorundaydı. Dönemin İngilteresi, iç savaş sonrasındaki restorasyon döneminin çalkantıları içerisindeydi ve Newton'un yeteneklerinin farkında olan yakın çevresi her ne olursa olsun onun desteklenmesi gerektiği düşünüyordu. Trinity Koleji dönemin Anglikan Kilisesi üzerinde etkili olan kurumların başında geliyordu.

İkinci kez Lucas profesörlüğüne atanmasının arifesinde -1675 yılında- zamanla pekişen Ariusçu inancı nedeniyle Newton bu yemini ederek Anglikan ruhban sınıfının bir üyesi olmak istemiyordu. Kendi kişisel kariyer endişesiyle Lucas kürsüsünü Newton'a devretmek isteyen o zamanki Trinity Koleji müdürü Isaac Barrow'un çabasıyla bilime ilgi duyan Kral II. Charles, Lucas profesörlüğüne atanma koşulu olan dini yemin etme ve ruhban sınıfına atanma zorunluluğunu kaldırmıştır (Westfall, 2018: 345).

Lucas kürsüsüne atanması öncesinde Newton'un okumak istemediği yemin metni o günden bu yana bir daha uygulanmamıştır. İki yıl önce yitirdiğimiz Stephen Hawking de Lucas kürsüsünde profesördü ve tanrıtanımazlığı iyi bilinmesine karşın Newton'un tutumu sayesinde 17. yy'da ruhban sınıftan olma zorunluluğunun kaldırılmasından yararlanmıştı.

Newton ikinci kez Lucas profesörlüğüne atanmadan önce Trinity Kolejinde kıdemli üye olması sürecinde dört kez benzeri yemin metinlerini okumak zorunda kalmıştır (Westfall, 2018: 342) fakat zamanla pekişen ve teslisi reddeden Ariusçu tutumu nedeniyle artık bu yemini etmek istemiyordu. Üstelik Newton, adını teslis



inancından alan Trinity Kolejinde kıdemli üye olarak çalışıyordu ve teslisi reddeden tutumunu açık etmesi beklenemezdi. Parlamente'ye seçildiğinde Lucas kürsüsünü emanet edeceği ismi bizzat Newton kendisi belirlemiştir (Christianson, 2020: 133). Newton'un halefi olan norm dışı dinsel inancı ile tehlikeli siyasi görüşlerini açık etmekten çekinmeyen William Whiston'un 1710 yılında teslisi benimsemediği anlaşılınca kürsüdeki görevi sona ermiş ve sürgüne gönderilmiştir.

Newton yaşamı boyunca siyasi otoritenin gadrine uğramamak için dinsel inançlarını ve politik görüşlerini gizlemiştir. Anayasal monarşinin temellendirilmeye çalışıldığı dönemde parlamento üyeliği yapmıştır. İmtiyazlı toplumsal statüsünü koruyabilmek için Anglikan sosyetesinin dikkatini çekmeyecek şekilde aykırılığını saklamaya özen göstermiştir (Westfall, 2018: 801). Ancak ölümünden üç yıl önce Katolik Kilisesin zorunlu ve Anglikan Kilisesi'nin de makbul saydığı yedi kutsal ayininden biri olan *viaticum*'u (ölüm döşeginde düzenlenen kutsal ayinini) reddederek Anglikan karşıtı tutumunu açıktan belli etmiştir.

İleride göreceğimiz gibi Newton'un, 17. yy ortalarında Britanya'da ortaya çıkan ve kutsal ayinleri tamamen ya da kısmen reddeden muhalif Protestan grupların (bu gruplar Katolik kilisesinin değil Anglikan Kilisesi'nin karşısındadırlar) yarattığı toplumsal hareketlilikten etkilenmiştir. Yaşamı boyunca Anglikan Kilisesi'ni ve öğretisini reddetmesine ve ölüm döşegindeyken bunu açıkça ortaya koymasına karşın Newton, öldükten sonra egemenlerin iradesiyle Anglikan Kilisesi'nin kalbi sayılan ve taç takma merasimlerinin düzenlendiği Westminster Abbey'e defnedilmiştir.

## 7. JOHN DALTON: QUAKER'LAR VE DÖNEMİN BRİTANYASI

Dalton'un babası yerel bir Quaker mahalle okulunu idare eden bir dokumacıydı ve cemaatin öğretisini genç kuşaklara aktarma işini bu mahalli okullar görüyordu. Ailesi Dalton'un özgün eğitimini finanse edemeyecek denli düşük gelire sahipti.

*The Quakers* (Sarsıcılar) 17. yy ortasında İngiltere'deki iç savaş sırasında ortaya çıkan dinsel gruplardan (tarikatlardan) biridir. Bu dönemde ortaya çıkan dinsel grupları ve savundukları düşünceleri özetlemek dönemin toplumsal dinamiğinin anlaşılması bakımından açıklayıcı olacaktır.

*The Levellers* (Düzleyiciler) erkeklerin oy verme hakkı mücadelesine öncülük ediyorlardı. *The Independents* (Bağımsızlar) devletin kilisesi olamayacağını ve devletin kilise için vergi toplamaması için mücadele ediyorlardı. *The Seekers* (Araştırmacılar) herkesin Tanrıya kendi bildiğince ulaşmaya çalışmasını savunuyor ve toplumsal egemenlerin koruyuculuğundaki dinsel üst yapı Anglikan ruhban sınıfının tüylerini diken diken ediyorlardı. *The Ranters* (İddiacılar) mutlak bir ifade özgürlüğünün peşindeydiler. *The Quakers* (Sarsıcılar) ise tüm insanla-

rın eşit oldukları düşüncesiyle -cinsiyet eşitsizlikleri de dâhil- her türden toplumsal hiyerarşi normunun karşısında yer alıyorlardı. *The Dissenters* (Ayrılıkçılar) dine devlet müdahalesine şiddetle karşı çıkıyorlardı. *The Diggers* (Kazıcılar) ise Hristiyanlığın panteist bir yorumunu benimseyerek toprağın herkesin ortak yararına komünal köyler biçiminde kullanılmasını savunuyorlardı (Conner, 2013: 368-369). Kendilerini eleştirenlere küftmeleriyle tanınan *The Muggletonians* (Muggleton'cular) tanrının varlığını açıkça reddediyorlar ama yüce bir insan olarak İsa'yı örnek alıyorlar ve ibadet etmiyorlardı. İngiltere'de ayrılıkçılığı benimseyen *Baptistler* (Vaftizciler) din ile devlet arasında kurulan bağı reddediyorlar ve yalnızca yetişkinlerin kendi iradeleriyle vaftiz olabileceklerini savunarak yeni doğan vaftizi de dâhil olmak üzere diğer ayinleri uygulamıyorlardı.

Taraftarlarının uğradığı katliam ve tutuklamalarla yok edilen, siyasi kargaşa yaratmayı hedefleyen *Brownistler* gibi küçük radikal muhalif kiliseler de yeraltı kiliseleri olarak örgütlüydüler. Britanya'da yaşanan toplumsal ve siyasi karmaşa kendini inanç alanında da gösteriyor ve tam bir inanç anarşisi yaşanıyordu. Thomas Edward *Gangraena* adlı eserinde dönemin Britanyasında en az 16 mezhep ve 176 'sapkın' tarikat örgütlenmesi listeler.

17. yy ortalarında İngiltere toplumsal bir altüst oluş içerisindeydi ve bu sırada halkın yürüttüğü mücadele sonucunda dinsel anlayışlarda da farklı arayışlar kendilerini belli edebiliyor ve toplumsal zemin kazanabiliyorlardı. Restorasyon döneminde yaşanan bu karmaşa sönümlendikten sonra da dinsel alanda yaşanan ayrışma toplumsal pratikte devam etmiştir. Britanya'da Protestanlık kendini Püritenizm (halislik) adı altında ifade ediyor ve restorasyon çağından sonra da 'İskoç Presbiteryenliği', 'Anglikan Evanjelizmi' ve inançlılar meclisinin iradesini öne çıkaran 'Kongrecilik' akımlarıyla dinin buyurgan kurumsallığını reddeden sivil bir pratiği hayata geçiriyorlardı.

Dalton, *The Quakers* tarikatındandı. Quaker'lar, herkeste Tanrısal bir öz bulunduğuna ve her insanın eşsiz bir değere sahip olduğuna inanıyorlar ve tüm insanlara eşit değer verilmesini, onlara zarar verebilecek ya da onları tehdit edebilecek her şeye karşı çıkıyorlardı. Vicdan özgürlüğünü savunan Quaker'lar savaş karşıtıydılar, tüm insanların eşit olduklarını düşündükleri için de toplumsal statü farklılıkları karşısında tutum alıyorlar ve toplumsal adaleti savunuyorlardı. 17. yüzyıl ortalarında ortaya çıktıkları ilk günden beri kölelik karşıtı devrimci bir toplumsal ve siyasi etkinliğe sahiptiler.

Katolik, Ortodoks ve diğer doğu kiliseleri yedi ayini zorunlu uygularken, Anglikanlar bu yedi kutsal ayinin (*sacrament*) yedisini de tanır fakat ikisini zorunlu kabul eder, kalan beşinin uygulanmasını ise makbul karşılayıp tavsiye eder. Protestan Kiliseler, yedi ayinden sadece ikisini -vaftiz ve komünyon- uyguluyorlar ve diğerlerini reddederler. *Quakerlar* ise yeni doğan vaftizi de dâhil ol-

mak üzere yedi kutsal ayının tamamını reddeden dinsel pratikleriyle diğer Protestan gruplardan ciddi ölçüde ayrılmaktaydılar. Matta 18:20'deki sözlerin etkisiyle Kilise Binaları da yoktu ve ibadetlerini bir saatlik süreyle toplandıkları inanlılardan birinin evinde İncil'den parçalar okuyarak gerçekleştiriyorlardı.

Dalton, bir *Quaker* olduğu için o dönemde resmi yükseköğretim kurumlarında öğrenci olamamıştı (Gribbin, 2014: 394). O yıllarda üniversitede öğrenci olabilmek için Anglikan Kilisesi üyesi olma koşulu aranıyordu. Bunun üzerine Dalton, yeni yeni sanayileşmeye başlamış işçi sınıfının güçlü olduğu, toplumsal mücadele ve hareketliliğin belirleyici olduğu Manchester'a gelerek orada presbiteryenlerin kurduğu kolejde çalışmaya başlamıştır. Bir *Quaker* olarak Presbiteryenlerin okulunda okuyabiliyor ve çalışabiliyordu. Presbiteryenler diğer radikal Protestan tarikatları kendilerine yakın gördükleri için onlara yardımcı oluyorlar ve destekliyorlardı.

Calvinci Protestan öğretiden etkilenmiş olan Presbiteryenlik Anglikan Kilisesi gibi siyasallaşmış kurumsal Hristiyanlık karşısında tutum alan bir mezhepti. Yerel inançlı toplulukların kendi aralarından seçtikleri '*ih-tiyar meclisleri*' tarafından yönetilme pratiğini benimliyorlardı ve piskoposluk gibi bir kuruma sahip değillerdi. Özellikle İskoçya'da yayılmışlardı ve varlıklarını restorasyon çağından beri yürüttükleri toplumsal ve politik mücadeleye borçluydular.

James C. Maxwell ve Bertrand Russell, Presbiteryen ailelerde dünyaya gelen ünlü isimlerdendir. Ayrıca sanayi devriminin önemli ismi James Watt da Presbiteryen bir ailenin çocuğuydu ve ailesi İskoç Presbiteryenliği'nin açık bir politik tutum takınan radikal tarikatı *The Covenanter*'ler (Antlaşmacı'lar) olarak anılan kolundandı. *The Covenanter*'ler Britanya'da sürdürdükleri yüzyıllık politik mücadelelerine ABD'ye göç ettikten sonra kölelik karşıtlığını ekleyerek devam etmişlerdir.

## 8. SAVAŞ KARŞITI MICHAEL FARADAY VE SANDEMANCILIK

Faraday da tıpkı Dalton gibi toplumun alt sınıfından gelmekteydi. Çağdaşı bilimcilerin aksine; ne soyluydu ne de kentsoylu. Ciltçide çalışan bir emekçiydi. Örgün eğitim alma şansına sahip olamadı (Mozt ve Weaver, 1989: 138) ama otodidaktti. Kendi çabasıyla edindiği sınırlı matematiksel kazanımları ise muhtemelen dört işlem yapmanın ötesine geçemiyordu. Faraday'ın geliştirdiği kuvvet çizgileri kavramının etkisiyle Maxwell elektrodinamik kuramı oluşturabildi. Maxwell, kuramının yer aldığı kitabın bir nüshasını incelemesi için Faraday'a göndermesi üzerine Faraday 1857'de Maxwell'e yazdığı mektupta Maxwell'in denklemlerini '*hiyerogliflere*' benzeterek bunların deneysel olarak çözümlenmesi gerektiğini belirtmiştir (Tricker, 1966: 25).

Dönemin kimya bilimindeki gelişmeleri halka tanıtan ve yüksek ücretler karşılığında izlenen bilimsel gösterileriyle tanınan Humphry Davy'nin toplantılarını izle-

yebilmek için Davy'nin yanında şişe temizleyicisi olarak işe başlayan Faraday, elektriğin yanı sıra deneysel kimya alanındaki becerileriyle de dikkat çekici başarılarla imza atmıştı. Sadece elektrolizi değil benzinin keşfini de Faraday'a borçluyuz. Dünyamızı değiştiren bilimsel yasalardan birinin kâşifi olan Faraday, ciltçide çalışırken büyük bir iştahla okuyordu. Dalton'un atom kavramından da haberdardır. "*Doğa kanunlarıyla uyumlu olan hiçbir şey olağanüstü olamaz*" diyen Faraday'ın bilimsel tutumunun şekillenmesinde dönemin genel dinsel normlarının aksine ilahi mucizeleri kabul etmeyen bir anlayışın izi açıkça görülür.

Faraday, *Sandeman* tarikatına mensup bir aileden geliyordu. Büyükanne ve büyükbabası Quaker'ların yoğun biçimde yaşadıkları bir yöreden göç etmişlerdi. Sarsıcılar (*The Quakers*), sonradan Sandemancılar olarak anılacak marjinal varyantlarıyla ortak bir toplumsal tabana sahiplerdi ve sarsıcılık, çoğunlukla yarı-vasıflı ve vasıfsız işçi ailelerince benimseniyordu (Cantor, 1993: 34 ve 55).

Sandemancılar, olabildiğince basit ve mütevazı bir yaşam sürdürülmesi gerektiğine inanan, Luka İncil'indeki (18:25) sözlerin etkisiyle zenginlerin Tanrının göksel egemenliğine girmelerinin zor olacağına inanan, Tanrının yasalarının sadece insanlar için değil doğada da geçerli olduğunu düşünenlerin oluşturduğu radikal bir tarikat oldukları için *sapkın* sayılıyorlardı. Sandemancılar o denli radikaldirler ki, anarşist düşünür William Godwin'in de bir Sandemancı olduğunu belirtmek açıklayıcı olacaktır.

1853 yılında Faraday, Sandemancılığa aykırı olduğu gerekçesiyle Kraliyet Bilim Derneğinin kimya bölümü tarafından üretilmesi planlanan ve hükümetin Rus Çarlığı karşısında Osmanlı İmparatorluğu'na yardım etmek için gireceği *Kırım Savaşı*'nda kullanılmak üzere hazırlanmasını istediği zehirli gaz üretme projesinde yer almayı "*barbarlık*" olarak nitelendirerek reddetmiştir (Croddy, 2002: 131). Faraday bu teklifi reddettiğinde uluslararası şöhretinin doruğundaydı. Faraday Kraliyet Bilim Derneğinin başkanlığı teklifini de, şövalyelik unvanını da insanlar arasındaki her türlü hiyerarşinin karşısında olan Sandemancılığa aykırı olduğu için kabul etmemiştir (Gribbin, 2014: 455). 1847'de Kraliyet Bilim Derneğine ilk kez bir kadın araştırmacının (Bayan Burdett-Coutts) üye seçilmesi için azami çaba harcamıştır. Üstelik 1827'den beri mütemediyen bu uğurda mücadele vermiştir. Victoria çağının tüm azametiyle yaşandığı dönemde cinsiyet eşitsizlikleri karşısında döneminin çok ilerisinde ilerici bir tutum takınmıştır.

## 9. MAXWELL: SOSYALİST BİR HRİSTİYAN

Calvincilikten etkilenen Presbiteryenlik İskoçya'da hâkim olan mezheptir. Presbiteryenlik Britanya'da köleliği mensuplarına yasaklayan mezheplerden biri olmasıyla döneminin devrimci toplumsal hareketliliğine destek olan bir tutuma sahiptir. Quaker'lar ve diğer radikal ta-

rikatlar da kölelik karşısında duruyor ve köleliğe zemin kaybettirecek toplumsal mücadelenin bileşenleri arasında yer alıyorlardı. Anglikan Kilisesi'nin köleliği savunan bir retoriğe sahip olduğu unutulmamalıdır.

Kıta Avrupası'ndaki 1848 devrimleri ile 1871 Paris komünü Maxwell'in 48 yıllık kısa yaşamına sığmıştır. Kıta Avrupası işçi sınıfının hareketliliğiyle altüst olurken Britanya da işçi sınıfının 1838-1857 yılları arasında sergilediği kitlesel Çartist (Chartist) mücadeleye sahne oluyordu. İrili ufaklı tüm Protestan çevreler işçi sınıfının bu hareketine üstü kapalı destek vermenin yanı sıra özellikle Quaker'lar ve Presbiteryenler açıkça destek veriyorlardı.

James Clerk Maxwell varlıklı bir İskoç ailesinin çocuğudur: Babası Presbiteryen annesi ise Anglikandır (Campbell ve Garnet, 1882: 55). Maxwell, hayatı boyunca dinsel inançlarında dönüşümler yaşayacak ve Anglikan Evanjelizmine yönelecektir. Anglikan Evanjelistleri (müjdecileri) Çartist hareketin de etkisiyle dinsel grupların güdümündeki sosyal yardım hareketlerinin yaygınlaştırılarak toplumsal refahın artırılmasını öncelleyen bir yaklaşıma sahiptir.

Maxwell, bilim-din arasındaki 'uyumluluk' tezine karşı çıkar. Ölümünden üç yıl önce, 1876'da Bristol'deki Anglikan Piskoposu C. J. Ellicot'a cevaben yazdığı mektubunda (Campbell ve Garnet, 1882: 393-395), bilimin asla dini hakikat için bir rehber olarak görülmemesi gerektiğini savunur: "Bilimden hareketle teolojiye ulaşmaya çalışan düşünce akımları gayrimeşru olmalarının ötesinde inananlar için tehlikeli de olabilir". Bunun nedeni olarak da, "Bilimsel hipotezlerin değişim hızı, doğal olarak İncil yorumlarınıninkilerden çok daha fazladır" demiştir.

Theerman (1986), Maxwell'i dinsel düşünceleriyle öne çıkaran egemen ideolojiye hizmet eden bir makale yayınlamıştır. Bu makalenin kaynaklarında yer alan ve Maxwell'in Cambridge Havarileri (Apostles) adlı edebiyat ve felsefe topluluğundan arkadaşı Campbell'ın arşivinde bulunan mektuplarından yapılan alıntılar bir süzgeçten geçirilerek aktarılır ve okuyucuda Maxwell'in Hristiyan inancını doğrulama gayretindeki samimi bir inançlı olduğu izlenimi uyandırılır. Oysa gerçek yine bu denli basit değildir.

Havari topluluğunun gündemine aldığı konulardan biri Frederick Denison Maurice tarafından geliştirilen sosyalist Hristiyanlık doktrini olmuştur. Maurice, kıtadaki 1848 devrimlerinin etkisiyle Britanya'daki işçi sınıfının eğitimine odaklanmıştı. Londra'da bir İşçi Üniversitesi (*Working Men's College*) kurma projesini hayata geçirir. Maurice'in bu çalışmaları Cambridge Havarileri topluluğunun üyeleri tarafından heyecanla izleniyordu. Maxwell, 1853'te F. D. Maurice hakkında *dinsel sapkınlık* iddiasıyla açılan kamu davasını yakından takip ediyor ve Maurice'in *İlahiyat Denemeleri*'ni okuyordu (The-

erman, 1986).

Maxwell, 27 Eylül 1855'te Campbell'a yazdığı mektupta "Kendimi öğrencilerden çok derse giren işçilere adamaya niyetliyim" diyordu (Campbell ve Garnet, 1882: 217). Mart 1856'ya gelindiğinde politik bir pratiğin içinde yer almaya başlamıştı. İşçi Üniversitesi çalışmaları sırasında Maxwell'in babasına yazdığı bir mektupta aşağıdaki satırları okumak mümkündür: "Bugün İşçi Koleji'ndeydim, kesirli sayıları öğretmeye çalışıyordum. Bu kocaman erkek çocuklarının eğitim eksikliklerini tamamlamaları için bir hazırlık okulu kuruyoruz. Ayrıca dükkanların erken kapanması için de ajitasyon yapıyoruz. Hırdavatçıların tamamı ve biri hariç tüm ayakkabı imalatçıları bizimle. Kitapçılar bunu bir ara yaptı. Bir tek Pitt Press'tekiler geç saatlere kadar çalışmaya devam ediyor ve bunun sonlanması için dilekçe verilecek." (Campbell ve Garnet, 1882: 252).

Theerman makalesinde kasıtlı biçimde Maxwell'in Maurice'in sosyalist Hristiyanlık teolojisine ihtiyatla yaklaştığını ve benimsemediğini belirtir. Oysa sık sık alıntılama yaptığı "The Life of James Clerk Maxwell" adlı eserde yer alan şu satırlardan hiç bahsetmez: "Hristiyanlık - yani İncil'in dini - herhangi bir mülkiyeti reddeden tek inanç şeması ya da biçimidir. Burada her şey ücretsizdir. Dünyanın sonuna ulaşabilir ve Kurtuluşun Yazarından başka Tanrı bulamazsınız. Kutsal metinleri araştırabilir ve keşiflerinizde sizi durduracak bir ifade bulamazsınız." (Campbell ve Garnet, 1882: 178).

Bu satırlarda Maxwell'in 'Kurtuluşun Yazarı' olarak nitelendiği kişi İsa'dır. Theerman, Ronald Reagan döneminde her derde deva olarak sunulan yeni liberal söylemin itici gücüyle yola çıkan trenin yeni muhafazakârlık vagonuna binebilmek için Maxwell'in 'sosyalist' bir Hristiyan olduğunu söyleyemezdi sadece 'içten' bir Hristiyan olduğunu vurgulayabilirdi. Ve öyle de yapmıştır.

Maxwell Hristiyan mıydı? Şüphesiz evet. Fakat Maxwell'in Hristiyanlığı, döneminin yaygın kabul gören Hristiyanlık normundan oldukça farklıdır. Bu farklılığın temelinde ise Maxwell'in içinde yer aldığı eşitlikçi toplumsal mücadele ve muhalefetin etkisinde şekillenen ütöpik (hayalci) sosyalizmin etkisi açıkça görülmektedir.

## 10. BİLİM İLE DİNİN KESİŞTİĞİ YER: TOPLUM

Egemen ideoloji ve onu üreten üst yapı kurumları tarafından 'dindar' olarak tanıtılan bilimin büyük isimlerinin dinsel tutumları incelendiğinde; Kepler, Newton, Dalton, Faraday ve Maxwell'in günümüzde kullanılan anlamıyla hiç de 'dindar' olmadıkları anlaşılmaktadır.

Burada sözü edilen 'dindarlık' kavramı, toplumsal zeminde taşıdığı anlamla öne çıkmaktadır ve dinsel normun içinde kalarak onu onaylayan bir anlama sahiptir. Dindarlık, salt ilahiyattaki retorik bağlamında üstlendiği işlev bakımından değerlendirilmesi mümkün olmayan,

toplumsal boyuta sahip bir kavramdır.

Bilim ile Din hakkında tarihsel ve diyalektik olmayan aydınlanma çizgisinin (pozitivizm, mekanik ve diğer ilkel materyalizmler, yeni olan ve olmayan pozitivizm, mantıkçı pozitivizm, eleştirel ve nesnel idealizm de dâhil her türden idealizm vb.) tıkanıp noktalarında başvurduğu kayıtsızlığın bir açmaz olarak karşımızda durduğunu görmeliyiz. Çünkü diyalektik ve tarihsel olmayan her tür materyalizm Bilim ile Din arasındaki ayrılığı salt üst yapı kurumları arasındaki mücadeleye indirgeme eğilimindedir (Önal, 2018). Ve nihayetinde bilim ile din arasındaki tarihsel gerilimin, bilimsel ve dinsel üst yapı kurumları arasında uyumun tesis edilerek çözülebileceği iddia edilir. Bu tutum pek çok gerçeğin, özellikle de toplumsal dinamiğin tarihselliğinin anlaşılmasının önüne geçer.

Toplumsal mücadelelerin din cephesinde yaşananlara odaklanan tarihsel materyalist yöntem ile bilim cephesinde ortaya konulara odaklanan diyalektik materyalist yöntem çerçevesinde bilimde büyük ilerlemelerin yaşanmasına aracılık etmiş kişilerin aynı zamanda içinde yaşadıkları toplumun dinsel üst yapı kurumlarıyla yaşadıkları gerginliğin anlaşılmasının taşıdığı önem bir kez daha gün yüzüne çıkmaktadır. Yukarıda adları geçen büyük bilimcilerin, ya topluma egemen sınıfların güdümünde gelişen dinsel üst yapı kurumlarının karşısında oldukları ya da toplumsal muhalefetin dinsel alandaki ifade biçimlerinin bileşenleri arasında mevzilendikleri görülmektedir.

1615 yılında Galilei (1978: 128-135) bir mektubunda 'Heaven' ile 'the heavens' arasında nazire yaparak şöyle yazmıştır: "Kutsal ruhun amacı bize cennete nasıl gideceğimizi öğretmektir, cennetin (göklerin) nasıl gideceğini öğretmek değil".

## KAYNAKLAR

- Barker, P. ve Goldstein, B. R. (2001). Theological Foundations of Kepler's Astronomy. *Osiris*, 16, 88-113.
- Campbell, L. ve Garnet, W. (1882). *The life of James Clerk Maxwell*. London: Mc-Millan.
- Cantor, G. (1993). *Michael Faraday: Sandemanian and Scientist*. The Macmillan Press Ltd: London.
- Christianson, G. E. (2020). Isaac Newton: Bilimsel Devrim (A. N. Tümay, Çev.). Martı Kitap: İstanbul, (a) s. 80, (b) s. 133.
- Conner, C. D. (2013). *Halkın Bilim Tarihi (Z. Çiftçi Kanburoğlu, Çev.)* Ankara: TÜBİTAK.
- Croddy, E. (2002). *Chemical and biological warfare*. New York: Springer-Verlag.
- Galilei, G. (1978). *Lettere*, Einaudi: Torino.
- Gribbin, J. (2014). *Bilim Tarihi (B. Gönülşen, Çev.)*. İstanbul: Alfa Bilim.
- Kepler, J. (1609). *Astronomia Nova*.
- Kozhamthadam, J. (2002). The Religious Foundations of Kepler's Science. *Revista Portuguesa de Filosofia*, 887-901.

Lenin, V.I. (1909). *Materyalizm ve Ampiryokritisizm*, Vrezno Yay., Moskova (Ленина, В.И. (1909) Материализм и Эмпириокритицизм, Издаие Звено, Москва.) [Lenin, V. İ. (1993) *Materyalizm ve Ampiryokritisizm*, Ankara Sol Yayınları, s. 313.]

Motz, L. ve Weaver, J. H. (1989). *Story of Physics*. New York: Avon Books.

Önal, N. E. (2018). Feuerbach'tan günümüze militan ateizmin diyalektik eleştirisi. *Madde, Diyalektik ve Toplum*, 1 (4), 298-305.

Saavedra, M. de Cervantes (2013). *Don Quijote*. İstanbul: YKY.

Theerman, P. (1986). James Clerk Maxwell and religion. *Am. J. Phys.* 54, 312-317.

Tricker, R. A. R. (1966). *The contributions of Faraday and Maxwell to Electrical Science*, Oxford: Pergamon Press.

Voelkel, J. R. (2002). *Johannes Kepler: Yeni Gökbilim*, (N. Özlük, Çev.). Ankara: TÜBİTAK.

Westfall, R. (2018). *Newton: Isaac Newton'un Biyografisi (O. Düz, Çev.)*. İstanbul: Alfa Bilim.

Young, D. A. (2007). *John Calvin and the Natural World*. Lanham: University Press of America.



# DOLUNAY TOPLULUĞU, JOSEPH PRIESTLEY VE OKSİJENİN KEŞFİ

**Damla Ülker**

Yard. Doç. Dr.

Eczacılık Fakültesi, Yakın Doğu Üniversitesi, Kıbrıs

damla.ulker@neu.edu.tr

## ÖZET

Bilim ve teknolojinin tarihsel ilerlemesi karmaşık bir süreçtir ve bireysel katkılarla ilişkileri uygun bir şekilde not edilmelidir. Hazırlanan bu makalede özel olarak Dolunay Topluluğu ve Joseph Priestley ele alınmıştır. Dolunay Topluluğu on sekizinci yüzyıldaki bilimsel ilerlemelerin temelini oluşturmuştur. Teknoloji ve bilimsel alanlarda Dolunay Topluluğu'nun çalışmaları Sanayi Devrimi sırasında oldukça önemliydi. Bu nedenle, Dolunay Topluluğu ve üyelerinin farklı alanlardaki bilimsel etkinlikleri bu makalede açıklanmıştır. Bunun yanı sıra, topluluğun önemli bir üyesi olan Joseph Priestley'in kısa biyografisi farklı makaleler kullanılarak açıklanmıştır. Yaşamımız için oldukça önemli olan oksijen dâhil pek çok gazı keşfeden, elektrik üzerine sistemik çalışmalar yapan ve onun hakkında yeni bir yasa üreten Joseph Priestley özel bir kaşiftir. Ayrıca Priestley'in döneminde teoloji ve eğitimin özgürleşmesine bireysel katkıları da yine bu makalede incelenmiştir. Özel bir kâşif olmasına rağmen, evi ve laboratuvarı çeteler tarafından yakılan Priestley, bir mülteci olarak Pensilvanya'da ölmüştür. Bu makale bu kadar önemli bir topluluk ve bilim insanını açıklamak için kaleme alınmıştır. Bir yöntem olarak makaleye konu olan bilim insanı, yaptığı çalışmalar ve dönemin önemli topluluğu olan Dolunay Topluluğu bir bütün olarak değerlendirilmiştir. Bilim insanı ve toplum ilişkisinin açıklanması planlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Dolunay Topluluğu, Joseph Priestley, Oksijenin Keşfi.

## LUNAR SOCIETY, JOSEPH PRIESTLEY AND THE DISCOVERY OF OXYGEN

### ABSTRACT

The historical improvements of science and technology are complicated and their relationship to individual contributions should be noted adequately. In this paper, the Lunar Society and Joseph Priestley have been discussed. The Lunar Society has underpinned the scientific progress in the eighteenth century. The activities of the Lunar Society in scientific areas and technology were essential during the Industrial Revolution. Therefore, the Lunar Society and the scientific activities of its members in various areas have been explained in this paper. In addition, the biography of Joseph Priestley, who was a notable member of society, has been presented using different papers. Joseph Priestley was a remarkable inventor who discovered different gases, including gases crucial for our life such as oxygen, carried out systematic studies on electricity, and discovered a new law. Furthermore, the individual contributions of Priestley to the liberalization of education and theology in his time have been evaluated in this paper. Although Priestley was a remarkable inventor, his home and laboratory were burned by a mob, and he died as a refugee in Pennsylvania. This paper was written to explain such a critical society and a scientist. As a method, the scientist who is the topic of this paper, his works and the Lunar Society which was the important society of the time have been evaluated as a whole. It has been planned to explain the relationship between the scientist and the society.

**Keywords:** Lunar Society, Joseph Priestley, Discovery of Oxygen.

## GİRİŞ

Yaklaşık 2.500 yıl önce eski Yunanlılar hava, toprak, ateş ve suyu dört temel element olarak tanımladı. Döneminin oldukça ilerisindeki bu tanımlama 18. yüzyıla kadar çok az değişimle olsa da inanırlığını korumuştur. Bu çalışma Kızıl Gezegen Mars'ın yüzeyinde karbondioksit kullanılarak oksijen üretiminin gerçekleştiği çağımızdan, 18. yüzyıla bakmaya çalışan bir yazı olarak tasarlanmıştır. 18. yüzyıl hem tarihsel değişimlerin hem de bilimsel sıçramanın yaşandığı bir dönemdir. Bilim günümüzdeki gibi o dönemde de bir kültür olarak kimi çevreler tarafından popüler bir alan olarak dikkat çek-

miştir. Fakat, Britanya'da bilimsel araştırmalar, kültürün ötesinde sanayiye destekleyen ve Britanya'nın Avrupa ülkelerinin ilerisinde konumlanmasını mümkün kılan bir alan olmuştur. Bilimle ilgilenenler matematik ve kimya, mineral, ısı ya da hidrolik bilgisinin teorik kanıtlarını ortaya koydukça, geleneksel yöntemlerle üretim yapan ustalar olağanüstü bir hızla teknolojileri ve yeni üretim tekniklerini geliştirmiştir.

18. yüzyılın önemli bilim insanlarından olan Priestley uluslararası bilim camiasında kabul edilen bir bilim insanı, filozof ve teologdu. Bu çalışmada özel olarak Dolunay Topluluğu (Lunar Society) üyelerinden Joseph

Priestley'in seçilmesinin nedeni, oksijenin ve diğer pek çok gazın kâşifi olması ve bunun yanında elektrikle ilgili oldukça önemli çalışmalar yapmasına rağmen ülkemizde yeterince tanıtılmamış olmasıdır. Atalarımız ateşi kontrol altına aldığına nasıl pek çok alışkanlığımız değiştiyse, oksijenin keşfiyle yaşamımız kökten değişmeye başlamıştır ve bu keşif bilimsel olarak özel bir alanı kaplamaktadır.

Çalışmada sırasıyla 18. yüzyıldaki önemli gelişmeler, Dolunay Topluluğu, Priestley'in hayatı, özellikle oksijenin keşfi olmak üzere çalışmaları ele alınacaktır.

## 1. 18. YÜZYIL, ÜÇ ÖNEMLİ DÖNÜM NOKTASININ BULUŞMASI

18. yüzyıl artan şekilde insan ihtiyaçlarına bir cevap olarak dünya çapında bilimsel çalışmanın, felsefenin, modern dillerin, edebiyatın, tarihin ve doğal dünyanın anlaşıldığı bir yüzyıl olmuştur (Guitierrez ve ark., 2018).

Bu dönem sanayinin oluşumunun hızlandığı, burjuvazinin halk üzerindeki etkisini arttırdığı ve bir yandan da bilimin ve aydınlanmanın ilerlediği bir yüzyıldır. Çalışmada ele alınan Dolunay Topluluğu da işte bu dönemde birçok farklı alanda çalışmalar yapmış ve üç büyük tarihi olayın keşişimine denk gelmiştir; bunlar; Amerikan Devrimi, Fransız Devrimi ve Sanayi Devrimi'dir.

Sanayi Devrimi İngiltere'de filizlenmiştir ve kimya endüstriyel ilerlemelerin önemli bir alanı olarak bu dönem içinde yerini almıştır. Örneğin bu yazının incelediği bilim insanı Priestley İngiltere'nin geniş bir coğrafyasına yayılmış fabrika sahipleri ağına dahildir ve önde gelen bir kimya uygulamacısıdır. Bira fabrikalarının sahiplerine yakın olmasının avantajını kullanarak, uzun deniz yolculuklarında görülen iskorbüt hastalığının tedavisinde yardımcı olabileceğini umduğu ve soda olarak günümüzde de kullanılan bir içecek geliştirmiştir (Fara, 2010). Ayrıca oksijenin keşfi de Sanayi Devrimi için oldukça önemli bir atak yaratmıştır, motor ve taşımada kullanılan araçlar, uçak motorları, gemilerin güç motoru, roketler, merkezi ısıtma sistemi, gazlı ocaklar, kuvvetli patlayıcılar ve diğer benzerleri... Bu sayılanların hiçbiri havanın kompozisyonunun bilinmesi olmaksızın olamazdı (Szydlo,2007). Sanayi Devrimi'nin mihenk taşlarından biri olan pistonlu buhar motorunun geliştirildiği bu dönemde, James Watt ile aynı bilim topluluğunda, Dolunay Topluluğu içinde yer alan Priestley, burjuvazinin üretici güçleri daha da hızlı geliştirmesine katkı sağlamıştır.

Dolunay Topluluğu üyeleri 1775-1783 yılları arasında Amerikan Devrimi olarak bilinen, İngiltere Krallığı ile Amerika'daki 13 koloni arasındaki vergi artışlarının başlıca sebep olduğu savaşlar sırasında da taraf olmuştur. Bu süreçte Amerika'nın bağımsızlığını desteklemişlerdir ve süreç içinde aktif yer alan isimlerle yakın temasları olmuştur. Örneğin, ABD'nin üçüncü başkanı Thomas Jefferson Dolunay Topluluğu'nun daimi ziya-

retçilerindendir, Amerikan Devrimi'nin önemli karakterlerinden olan ABD'de Bağımsızlık Bildirgesi'nin ve Anayasa taslağının hazırlanmasına katkı sağlayan Benjamin Franklin Dolunay Topluluğu'na yakın bir isimdir ve ilerleyen bölümlerde ele alınacağı gibi Joseph Priestley ile birlikte de bazı bilimsel çalışmaları olmuştur (Schofield, 1957).

Dolunay Derneği üyeleri Fransız Devrimi'ni de desteklemişlerdir. 14 Temmuz 1789'da Bastille Hapishanesi baskını ile başlayan Fransız Devrimi hem Fransa'da hem de İngiltere dahil pek çok ülkede yankı bulmuştur. Geniş halk kitlelerini peşinden sürükleyen ve heyecan veren Fransız Devrimi, Dolunay Topluluğu üyeleri için de ilgi çekicidir ve neredeyse tüm üyeleri çeşitli noktalarda konuyla ilgili tehdit edilmişlerdir. Örneğin Watt'ın oğlu Fransız ajanı olarak suçlanmış, Priestley Ulusal Meclis'in güçlü bir destekçisi olmuş, kendisi bu teklifleri reddetse de Fransız yurttaşlığı ve Ulusal Meclis üyeliği teklif edilmiştir. Evinin ve laboratuvarının yakılması da yine Bastille baskınının ikinci yılındaki kutlama yemeği sırasında olmuştur, bu konu ayrıntılı olarak Priestley'in hayatının ele alındığı bölümde işlenmiştir. Diğer topluluk üyeleri de vahşi çetelerin hedefi haline gelmiştir. Bu nedenle Boulton ve Watt, Soho'daki fabrikalarına kaçmış ve işçilerini kuşatmaya karşı silahlandırmışlardır (Ritchie-Calder, 1982).

## 2. DOLUNAY TOPLULUĞU

18. yüzyılda Fransa, Almanya, İtalya, İspanya, Portekiz gibi pek çok Avrupa ülkesinde bilim, edebiyat ve felsefe toplulukları oluşturulmuş; bu topluluklar birbirlerini etkilemiş ve bilginin yayılmasında önemli bir yer kaplamıştır. İngiltere'de durum bundan farklı değildir ve halihazırda kurulmuş olan pek çok topluluk, dernek vardır. Örneğin 1712 yılında Spalding'de oluşturulan 'Beyler Topluluğu' krallıktaki en eski topluluktur ve teknik, bilimsel anlamda olmasa da klasik arkeoloji ile ilgilenmişlerdir. Yine bu dönemde pek çok taşralı üretici ve bilim insanı Kraliyet Topluluğu (Royal Society) içerisinde bilgi paylaşımlarını sürdürmüştür (Robinson, 2014).

Birmingham merkezli olan Dolunay Topluluğu'nu oluşturanlar yeni gazlar, yeni mineraller, yeni aletler, makineler, binalar, yeni ilaçlar keşfetmiş ve dönemi etkileyen sarsıcı yeni fikirler önermişlerdir. Topluluk aristokratlardan, devlet adamlarından veya akademisyenlerden değil, birbiriyle tesadüfen tanışan ve ölene kadar yaşamları birbiriyle örtüşen taşralı üreticiler, iş adamları ve yetenekli amatör bilim meraklılarından oluşmaktadır.

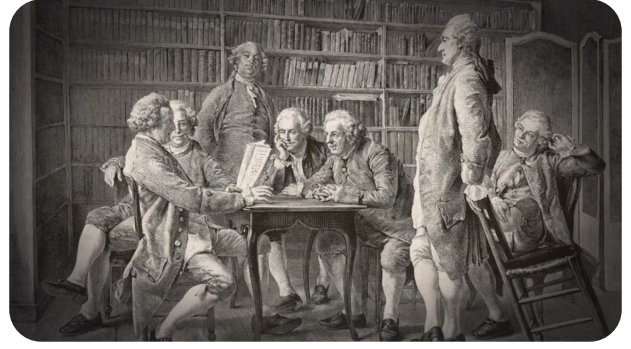
Toplulukla ilgili yazılı kayıt sınırlı olmasına rağmen bazı araştırmacılar tarafından çeşitli biyografiler ve mektuplar incelenerek oluşturulan liste aşağıda sunulmuştur ve topluluğun toplantılarının birini canlandıran görsel Şekil 1'de verilmiştir.

- Matthew Boulton (1728-1809) Soho'daki ilk büyük

metal üretim fabrikasının sahibi ve pistonlu buhar motoru yapımında James Watt'ın partneridir,

- Erasmus Darwin (1731-1802) doktor, mucit, şairdir, torunu Charles'tan 60 yıl önce evrimin teorisine dair çalışmalar yayımlamıştır, yine çeşitli bilimsel alanlara dair yazıları vardır ve 19. yüzyıl bilimine önemli katkıları olan Charles Darwin ve Francis Galton'un dedesidir,
- Thomas Day (1748-1789) siyaset ve metafizikle ilgilenen bir hayırseverdir,
- Robert Lovell Edgeworth (1744-1817) İrlandalı toprak sahibidir, tarımla, eğitimle ilgilenmiştir ve telgrafçılık, mekanik alanındaki çeşitli icatların mucididir,
- Samuel Galton (1753-1832) Quaker mezhebine mensup silah üreticisidir, ornitoloji, ışık, optik ve renkler gibi farklı bilim dalları ile ilgilenen amatör bir bilim insanıdır ve Francis Galton'un dedesidir,
- Robert Augustus Johnson (?-1799) İngiliz kiliselerine bağlı bir din adamı ve kraliyet topluluğu üyesidir,
- James Keir (1735-1820) kimyager, jeolog, kimyasal üreticisi, maden operatörüdür,
- Joseph Priestley (1733-1804) üniteryen din adamı, elektrik ve kimya ile ilgili çalışmaları olan bilim insanıdır,
- William Small (1734-1775) doktor, metalurji uzmanı, William and Mary Koleji'nde doğa felsefesi profesörü ve Thomas Jefferson'un öğretmenidir,
- Jonathan Stokes (1755-1831) doktor, botanist ve kimyagerdir,
- James Watt (1736-1819), mucit, mühendis ve kimyagerdir,
- Josiah Wedgwood (1730-1795) seramik malzemelerin geliştirilmesi ile ilgilenmiştir, kimyagerdir ve Charles Darwin'in dedesidir,
- John Whitehurst (1713-1788) termometre, barometre, saat gibi aletleri yapmıştır ve jeologdur,
- William Withering (1741-1799) doktor, botanist ve kimyagerdir, yüksükotu olarak bilinen bitkiden elde edilen ekstrakt ile kalp hastalığının tedavisini keşfetmiştir, (Schofield, 1957; Porter, 1980).

Topluluk, Boulton'un elektriğe ilgisini Darwin ve John Michell ile paylaşması ve Michell'in 1758'de Boulton'u Benjamin Franklin ile tanıştırmasının ardından oluşmaya başlamıştır. Franklin, William Small ile Boulton'u ta-



Şekil 1. Boulton'un Soho'daki evinde bir toplantı halindeki topluluğun canlandırıldığı bir görsel (West Midlands History sayfasından alınan bir görseldir).

nıştırmış, sonrasında 1765 yılında Darwin ile Small görüşmeye devam etmiştir. 1768 yılına gelindiğinde John Robinson, Dr. Small, Dr. Darwin ve Boulton ile görüşmesini James Watt ile paylaşmıştır ve topluluk bu şekilde gelişmeyi sürdürmüştür. Topluluğun üyelik sistemine dair, kesin olmamakla birlikte, bazı kriterlere ulaşmak mümkündür;

- İş adamı ya da uzman olarak, ortak bir sosyal eşitlik temelinde bir araya gelmişlerdir,
- Temelde aynı bilim dalları ile ilgilenmiyor olsalar da ilgilendikleri alanlar çok geniş ve birbirleriyle örtüşmekteydi,
- Bilginin pratik uygulamaları ile ilgilenmişlerdir ve bilim ve teknoloji alanında kişisel ya da işleri ile ilgili çözümler için iş birliği yapmışlardır,
- Genel olarak topluluk üyelerinin çoğu aynı bölgede yaşıyorlardı, Birmingham dışında yaşayanlarla da yazışma yoluyla temas sağlanıyordu. Ayrıca üye olarak kabul edilecek kişi ciddi bir sorgulamadan geçmekteydi (Robinson, 2014).

18. yüzyılın bahsi geçen zamanında henüz sokak lambaları icat edilmemişti ve gece yolculukları için dolunay en iyi ışık kaynağıydı. Dolunay Topluluğu dolunay zamanına en yakın pazar ya da pazartesi gününde buluşuyordu, fakat bazı zamanlar buluşma günü pazartesi günü de olabiliyordu ve topluluğun faaliyetlerine devam ettiği sürecin son zamanlarında pazartesi günü daha sık tercih edilen gün olmuştu. Genel olarak birbirlerinin evinde buluşmalar da sıklıkla tercih edilen ev Boulton'un Soho'daki evi oluyordu. Örneğin Boulton'un evindeki bir toplantıya katılması için üyelere birine gönderdiği mektup aşağıda verildiği gibidir.

Boulton'dan Watt'a gönderilen bir mektup (24 Şubat, 1776); 'lütfen 3 Mart Pazar günü dolunay olacağını unutmayın. Darwin ve Kier Soho'da olacak. Daha sonra, üyelere, kalıcı olacağını umduğum, bir topluluğun gerileme eğilimini önleyecek yeni ilkeler ve düzenlemeler önermek istiyorum. Bay Wilkinson'u da getir, onun iyi bir üye olacağını düşünüyorum (Robinson, 2014-ekler

bölümünden).

Topluluk üyeleri kimya, mineral, ısı ya da hidrolüğün teorik bilgisini ve onların matematiksel kanıtlarını sağladıkça, zanaatkarlar şaşkırtıcı derecede hızlandırılmış bir oranda yeni teknolojiler ve yöntemler geliştirmişlerdir. Dolayısıyla sadece bir araştırma merkezi ya da merak paylaşım topluluğu değil, saf bilim ve teknoloji ile de ilgilenen bir topluluk olmuştur. Dolunay Topluluğu arasındaki üreticiler yeni bulgularla çok yakından ilgilendiler.

Boulton'un 1760'ların başında termometreyi satış için ürettiği dönemde Wedgwood yüksek sıcaklıklarda kullanım için başka bir alet üretmişti ve ardından satış için seri üretime geçmişti, bu alet günümüzdeki emsalleri için önemli bir başlangıç olan seramik pirometredir<sup>1</sup>. Priestley'in pistonlu buhar motoru ile ilk çalışmaları yaptığı dönem, Watt'ın isteği üzerine Wolfgang von Kempelen'in buhar türbinleri üzerine çalıştığı dönemle aynıdır. Priestley'in Boulton'un isteği üzerine bazı gazların kimyasal reaksiyonlarının buhar yoğunlaşması yerine kullanılabilme olasılığı üzerine yaptığı araştırmalar yine bu döneme denk düşmektedir. Ayrıca buhar üzerine yaptığı çalışmalar Watt'ı su kompozisyonu hakkında önerilerde bulunmaya yönlendirdi. Whitehurst'un jeoloji ile ilgili çalışmalarını Topluluk'la paylaşması ya da Wedgwood ve Boulton'un endüstriyel çalışmaları ile ilgili fikir alışverişinde bulunmaları Topluluk üyelerinin kendi iş alanlarında karşılaştıkları problemler için birbirlerine çözüm yolu sunmalarını sağlamıştır. Örneğin, Whitehurst ve Wedgwood'un ortak çalışmaları sayesinde, Wedgwood, Whitehurst'a kanal kazma örnekleri ve açıklamaları sağlamış ve Whitehurst de Wedgwood'a seramik deneylerinde kullanılabilecek taş ve kil örnekleri göndermiştir. Yine Darwin ile Wedgwood, Trent ve Mersey nehirlerini birbirine bağlayan 93 kilometrelik Trent ve Mersey kanalının yapımı sırasında tanışmıştır. Bu yeni kanal Whitehurst, Wedgwood, Boulton'un ortak çıkarlarına yarayan ucuz taşımacılık için önemli bir kanal olmuştur. Priestley, Watt ve Kier de yine Wedgwood'un seramik çalışmalarına destek vermiştir (Robinson, 2014). James Kier, Edinburgh Üniversitesi'nde Darwin'in öğrencisi olarak çalışmış, sonrasında İngiliz ordusuna katılmış ve 8 yıllık askeri hayatından sonra 1767'de Darwin'i ziyaret ettiğinde Wedgwood, Small, Whitehurst ve Boulton ile tanışmış ve sonra Dolunay Topluluğu'nun üyesi olmuştur. Sanayi Devrimine en önemli katkısı sodyum ve potasyum sülfat gibi tuzları kullanarak alkalilerin üretimini sağlaması ile sabun üretimi yapmasıdır. Ayrıca, Stourbridge'de bir cam üretim tesisinin ortağı ve yöneticisidir. Edgeworth zengin bir toprak sahibidir ve teknik ilgisi fayton tasarımı üzerinedir; ayrıca Jean Jacques Rousseau'nun teşvikiyle Uygulamalı Eğitim isimli bir kitap yazmıştır (Ritchie-Calder, 1982).

Sanayi Devrimi aynı zamanda bir tarım fazı da içermek-

1 Pirometre; cisimlerin sıcaklığını belli bir mesafeden ölçmeye yarayan alet.

tedir ve Dolunay Topluluğu'nun bazı katılımcıları 'tarım devrimi' olarak adlandırılan döneme destek olmuştur. Priestley'in bitkiler tarafından kullanılan karbondioksit ile ilgili yaptığı çalışmalar tarımsal ilerlemeler konusunda kimi yeni düşüncelerin gelişmesini sağlamıştır. Wethering'in ilk makalesi kimyasal gübrenin üretimi ile ilgilidir. Erasmus Darwin'in Bitki Bilimi isimli kitabı yine tarım ile ilgilidir.

Dolunay Topluluğu üyelerinin 1803'e kadar ilişkileri ve faaliyetleri devam etmiş, fakat çalışmalarının etkisi ve kapsamı giderek azalmıştır. Topluluk üyelerinin bazıları ölmüş, bazıları çeşitli hastalıklardan dolayı çalışmalarıdan uzak kalmıştır. Bu dönemde Boulton'un oğlu Matthew Robinson, Watt'ın oğlu Gregory ve James de Dolunay Topluluğu'nun birer üyesi olmuştur.

Topluluk üyeleri tarafından kaleme alınan bazı önemli kitaplar ise şu şekildedir; Darwin Zoonomi (1794-1796), Bitki Bilimi (1800, Londra), Doğanın Tapınağı (1798, Londra), Edgeworth Uygulamalı Eğitim (1796), Mesleki Öğretim (1809, Londra), Withering İngiliz Bitkilerinin Düzenlenmesi (1796, Birmingham), (Schofield, 1966).

### 3. JOSEPH PRIESTLEY

Priestley, Leeds'e yakın olan İngiltere'nin Yorkshire bölgesinde doğmuştur. Ailesi fakir ama dini inanışları güçlü olan bir ailedir. Ailesinin altı çocuğundan en büyüğüdür ve 13 Mart 1733'te doğmuştur. Babası kumaş tüccarıdır. Çocukluk yıllarını büyük baba ve büyük annesiyle ve ardından halasıyla geçirmiştir. Daha sonraki yıllarda Priestley, Oxford ya da Cambridge gibi eğitim kurumlarından birinde eğitim almak yerine, yeterli bilgisine rağmen Daventry Akademi'de teoloji eğitimi almıştır. Bu ise İngiltere kiliselerine üye olmamasından kaynaklanmaktadır. Eğitimi sırasında dogmalardan uzaklaşmış ve doğal dünyanın rasyonel analizine yönelmiştir. Daha sonrasında Warrington Akademi'ye devam ederek Fransızca, İtalyanca, Almanca bilgisini geliştirmiştir. Bu dönemde yazdığı kimi makalelerde, kendi gelişimini etkileyen, ilerici eğitimin önemini ele almıştır. Eğitimi tamamladıktan sonra Leeds'e dönen Priestley, Mill Hill isimli bir şapelde papaz olarak çalışmaya başlamış ve bu dönemde dinler hakkında ilerici fikirlerini geliştirdiği, dini inancın dünyanın bilimsel bir görüşle algılanmasıyla çelişmemesi gerektiğini ortaya koyduğu Doğal ve Vahyedilmiş Din Enstitüleri kitabını yazmıştır. Bu kitapta pek çok temel Hristiyan prensibine meydan okumuş ve bu nedenle de pek çok sayıda eleştiri almıştır. Priestley dogmatik bilgiyi reddeden bir bilim insanıdır; konuyla ilgili olarak 'kabul edilmiş ve güvenilir bir inceleme size şüpheli ve yanlış geliyorsa, bu tür bir prensip ya da fikri ya tümünden reddedin ya da ondan şüphelenin' şeklinde bir açıklaması da referans olarak verilebilir (West, 2014). Ayrıca Priestley geometri, cebir ve matematiğin çeşitli dallarında eğitim almıştır (Guitierrez ve ark., 2018).



İlk öğretmenlik ve papazlık görevini Suffolk kontluğunun Needham Market bölgesinde yardımcı papaz olarak yaptıktan sonra Cheshire, Nantwich'e taşınarak burada gelirini arttırmak amacıyla kız ve erkek çocuklar için kendi okulunu açmıştır. Kız çocuklar için ayrı bir oda kullanan Priestley, hava pompası, elektrik jeneratörü gibi çeşitli aletleri kullanarak öğrencilerine bilimi öğretmeye başlamıştır. Üç yıl süren Nantwich hayatından sonra Warrington Akademi'de dil ve edebiyat dersleri vermeye başlamıştır. Warrington kuzeyin Atina'sı olarak bilinmektedir ve Warrington Akademi de İngiliz kiliselerine muhalif en ünlü eğitim kurumlarından biri olmuştur (Guitierrez ve ark., 2018).

34 yaşına geldiğinde İngiliz Bilim Topluluğu'nun saygın bir üyesi olan Priestley, 1773 yılına kadar ekonomik olarak çalkantılı bir hayat yaşamıştır, fakat Shelburne kontunun kendisine hem bilimsel danışmanlık hem çocukları için öğretmenlik hem de kütüphanecilik teklif etmesiyle, kendi başına elde edemeyeceği sosyal ve politik çevreye erişmiş ve bilim tarihini kökten değiştireceği çalışmaları yapmak için gereken zamana kavuşmuştur (Ulusal Tarihi Kimyasal Simgeler, 2004).

1780 yılında Birmingham'a taşınan Priestley, burada öğretim ve araştırma sürecine devam etmiştir. Ayrıca burada Dolunay Topluluğu'nun bir üyesi olmuştur. Priestley'in bilimsel çalışmalarla destek verdiği bu topluluk aynı zamanda kendisinin gizli sponsoru olmuştur. Hem varlıklı olan Boulton ve onun gibi arkadaşları kendisine maddi destek sağlamış, hem de Wedgwood kendi seramiklerinin ticaretinde elde ettiği geliri Priestley ile paylaşmıştır (Ritchie-Calder, 1982).

### 3.1. Priestley Materyalist midir?

17. yüzyıl doğal süreçlerin varsayılan mekaniği ile gözlemlenebilir olaylar arasındaki bağı kurmada yetersiz kalmış, fakat 18. yüzyılda kimya kendi içinde iki farklı görüşe bölünmüştür. Bunlardan biri 'kimyasal maddelerin bileşimi' üzerine materyalist vurgu, diğeri de 'kimyasal süreçlerin altında yatan ilkeler' üzerine formalist vurgudur. Nesnelere/şekiller veya olaylar/biçim ilişkisi bir tür problem olarak tarihsel dönemlere yön veren gerilimi oluşturmuştur. Kompozisyona önem veren kimyagerler bile 'kimyasal ürünlerin kesin nicel değerlendirmeleri' ile 'koku, renk, buhar gibi fenomenlere karşı duyarlılık' konusunda hemfikir olamamıştır. Felsefi açıdan ikiye ayrılmış bu dönemde Priestley hem süreçlerin altında yatanı anlamaya çalışmış hem de bu dönemdeki fenomenlere duyarlılık göstermiştir. Böylece gözlemsel deneycilik bağını oluşturmuş ve bunu yaşamı boyunca korumuştur. Maddeyi, içsel olarak oluştuğu içerik ve dışsal olarak girdiği ilişkilerle değerlendirerek, neyse odur şeklinde açıklamıştır. Boyle ve Newton'un dikey ilişki ağı görüşünün yerine neden ve etkinin aynı seviyede olduğu yatay nedensel süreçleri savunmuştur. Priestley'in katı, aşılmaz, inert olarak görülen madde ile algı, zekâ, öz ve hareket güçlerini ilişkilendirdiği görülmektedir. Bu bağlamda maddi olmayan bir şey olarak

kabul edilen öz kavrayışını madde/öz bütünlüğü içinde değerlendirmesinden dolayı Priestley materyalist olarak tanımlanamasa da döneminin algısından daha ileride bir algıya sahiptir. Priestley için nesnelere bazı özel kimliklerin taşıyıcıları değildir; kuvvetlerin dağılımının ve etkileşiminin maddenin yoğunlaşmasına ve bir dizi gerçek ama koşullu özellik kazanmasına neden olduğu konulardır. Yine Priestley başka bir yazısında, 'herhangi bir şeyin, maddenin veya varlığın tanımı 'bilinen özelliklerinin numaralandırılmasından başka bir şey değildir' şeklinde ifadelerde bulunmuştur (Stout, 2020).

### 3.2. Bir Muhalif Olarak Priestley

Priestley, 17. ve 18. yüzyıllarda İngiltere Kilisesi'nden ayrılan Protestan Hristiyanlardan biridir. Bir muhalif olarak İngiltere Kilisesi gibi kurulmuş kiliselerin Hristiyanlığı bozduğunu kitaplarında, broşürlerinde ve vazalarında savunmuş ve insanların din özgürlüğünden zevk alması gerektiğini hem Amerika hem de Fransız devrimlerinin ideallerinin alkışlanması gerektiğini savunmuştur (Bowden, 2005).

Priestley aşırı olarak nitelendirilen özgürlükçü düşüncelerinden dolayı, ciddi derecede karşıtlarının olduğu bir dönem yaşamıştır. 14 Temmuz 1791 Paris Bastille baskınının ikinci yıl dönümünde, kendisi Kier'in evindeki kutlama yemeğindeyken 80 kişilik vahşi bir grup tarafından hem evi ve evinde bulunan laboratuvarı hem de Birmingham'daki diğer muhaliflere ait binalar yakılmıştır. Şekil 2'de verilen görüntü Susan Lowndes Marques'in koleksiyonundan Johann Eckstein tarafından verilmiştir (West, 2014). Priestley'in evinde yakılan laboratuvarı ile birlikte 20 yıllık çalışmaları, taslak metinleri de yanmıştır.



Şekil 2. Joseph Priestley'in Birmingham'da isyancılar tarafından yakılan evi ve laboratuvarı.

Evinin yakılmasından iki hafta önce, Şekil 3'te verilen, kimliği belirsiz olan bir karikatürist tarafından yapılan görselde, abartılı bir burun, sivri kaşlar ve uğursuz bir görünümle hedef haline getirilmiştir. Karikatürde cepçileri barut ya da devrim ısındı gibi kışkırtıcı başlıklar ta-

şıyan hayali broşürlerle doldurulmuştur. Yine Şekil 3'te görüldüğü gibi ayaklarının altına İncil yerleştirilerek Priestley'in alışılmışın dışındaki dini konumuna atıfta bulunulmuş ve eline iki yıl önce Birmingham Muhaliflerinin isteğiyle yazdığı Hükümet ve Siyasi Vaat Üzerine Deneme başlıklı broşür ateş almış şekilde yerleştirilmiştir. Ayrıca karanlık dumanlar ve Doctor Phlogiston takma adıyla anılan Priestley'in itibarı bu şekilde düşürülmeye çalışılmıştır (Fara, 2010).



Şekil 3. Priestley karşıtlarının hazırladığı bir karikatür, 'Doktor filojiston, politikacı Priestley ya da politik papaz' (Ulusal Tarihi Kimyasal Simgeler, 2004)

Bir süre Londra'da yaşamasına sebep olan bu olaydan sonra 1794'te tutuklanma tehditleri altındaki Priestley, eşi ve üç oğlunun güvende olmaması nedeniyle Amerika'ya göç etmek durumunda kalmıştır. Amerika'da da tartışmalı bir figür olmaya devam etmiştir ve Philadelphia'da sadece üniteryen inanaşa sahip kişilere vaaz vermesine izin verilmiştir. Yasaklanmasına rağmen Priestley'in vaazları yaygın bir etkiye sahip olmuş ve 1796'da Philadelphia'daki ilk Üniteryen Kilisesi kurulmuştur. Amerika'da hem öğretmen olarak hem de eğitim danışmanı olarak uzun yıllar geçirmiştir, hatta Pensilvanya Üniversitesi kendisine kimya profesörlüğü önermiş fakat Priestley bu teklifi de reddetmiştir (Bowden,2005).

Ülkesinden kaçarak uzaklaşan Priestley'in altı metre boyutundaki mermer heykeli bir yüzyıl sonra Victoria döneminde Birmingham Belediye Binası'nın önüne dikilmiş ve kendisi kahraman ilan edilmiştir (Fara, 2010).

#### 4. OKSİJENİN KEŞFİ

Oksijenin dünya üzerinde yaşamın oluşumunda ne derecede etkili olduğu artık açıkça bilinmektedir. Bizler için bu derece önemli olan oksijenin keşfi uzun bir süreçte gerçekleşmiştir.

1660'ta İrlandalı bilim insanı Robert Boyle hava ile ilgili çalışmalarına başlamıştır. Avrupalı bilim insanları o dönemde havanın sıcaklık ve basınçla değişimini gözlemlemişlerdir, fakat Boyle özellikle yanma işleminde havanın etkisini ya da yanma ve havanın ilişkisini incelemeye başlamıştır. Boyle ayrıca dünyanın ilk denizaltı gezisinin yapılması gibi olağan üstü bir olaydan da etkilenmişti. Bu gezide Cornelis Drebbel ve 12 kürekçi ahşap denizaltıyla Westminster'den Greenwich'e yolculuk yapmış ve 'sıvı' ismi verilen gizemli bir maddeyi kullanarak, kapalı kaptaki yaşamayı sürdüremeyen farelerin yapamadığını yapıp, yaşamlarını sürdürmüşlerdir. Boyle için de odaklanılan nokta işte tam da burası olmuştur. Drebbel gezide kullandığı tekniği ayrıntılı olarak açıklamasa dahi, kimi notlarında potasyum nitrat ( $KNO_3$ ) bileşiğinin ateş ile parçalandığını ve ayrıştığını, böylece de havanın doğasına dönüştüğünü yazmıştır. Bu reaksiyon günümüzde potasyum nitratın ısıyla oksijen ve potasyum nitrite ( $KNO_2$ ) parçalanması olarak bilinmektedir. Bu reaksiyonun temel alınmasıyla havanın içeriğine dair fikirler tam olarak sonuçlanmasa da Robert Boyle ve John Mayow'un solunum ve yanma hakkındaki görüşleri sonraki dönemin gündemini oluşturan temel yaklaşım olmuştur. Mayow tarafından solunum ve parçalanmanın açıklanması, 17. yüzyılda Rene Descartes'in kimyasal felsefeyi geliştirmesinde de önemli rol oynamıştır. Mayow tarafından ve sonrasında pek çok bilim insanı tarafından benimsenen görüş, ısı veya ışıkla ilgili doğal fenomenleri açıklamak için kullanılan nitro-hava (nitro-aerial) teorisi olmuştur (Szydlo, 2007).

Havada metallerin kimyasal aktivitesi ile ilgili bir başka teori de yanma süreçlerinin gözlenmesi ile ilk kez Johann Joachim Becher ve Georg Ernst Stahl tarafından ortaya atılan filojiston teoridir. Bu teoriye göre tüm bileşikler filojiston olarak adlandırılan bir yanabilir öz içermektedir. Bileşik yakıldığında, filojiston havaya salınır, fakat bu teorinin ciddi bir problemi vardır, çünkü metallerin yandıklarında neden daha ağır olduğunu açıklayamaz.

18. yüzyılın sonlarına doğru Priestley havanın bir element değil, gazların bir karışımı ya da kompozisyonu olduğunu açıklamıştır. O tarihe kadar havanın sistemde hangi içerikle var olduğu açık değildir ve bir düzineden fazla olmayacak kadar gazın keşfi o döneme kadar ancak yapılabilmıştır. Yine bu dönemde havanın doğasını anlamak için kullanılan temel yöntem ısıtmak ya da yakmak ile kısıtlıdır. 1700'lü yılların ikinci yarısında buharlı motorların uygarlığı dönüştürdüğü dönemde, bilim insanları yanma ve havanın yanmadaki rolü ile yakından ilgilenmiştir. Önemli adımlar şunlardır: 1754 yılında Joseph Black şu anda karbon dioksit ( $CO_2$ - fixed air) olarak bildiğimiz gazın tanımını yapmıştır. Ardından 1766 yılında Henry Cavendish oldukça yanıcı olan bir maddeyi üretmiştir, bu madde Lavoisier tarafından Yunanca su yapıcı anlamındaki hidrojen ile isimlendirilmiştir. Nihayetinde de Daniel Rutherford bugün azot olarak bildiğimiz gazı keşfetmiştir (Ulusal Tarihi Kimya-

sal Simgeler, 2004).

Priestley ise o dönemde bileşiklerin ısıyla parçalanması deneyleriyle ilgilenmiştir. Deneyi temelde 12 inç yarıçapına sahip bir tümsel mercek ile güneş ışığını, civa havuzuna yerleştirilen ve ters çevrilmiş bir kaptaki bulunan kırmızı civa oksit üzerine odaklaması ile ilgilidir. Yüksek sıcaklıkta civa oksitten bir gaz salındığını fark eden Priestley, gaz örneğini toplayarak deneylerine devam etmiştir. İlk bulgusu elde ettiği gazın suda çözünmemesidir ve bu önemli bir bulgudur. Sebebi ise Priestley'in daha önce aynı özelliklerin bazılarını sahip, fakat suda çözünen gazlar bulmuş olmasıdır, bu gazlar azot oksit ( $\text{NO}_2$ ) oksijenlenmesiyle elde ettiği azot dioksit ( $\text{NO}_2$ ) ve kükürt dioksit virtiyol asit hava ( $\text{SO}_2$ ) gazlarıdır. Bir sonraki adımda, deneyi tekrarlarlarken cam kap içerisine bir mum yerleştirmiş ve kendisi için de oldukça şaşırtıcı olan bir sonuçla karşılaşmıştır. Cam kap içerisine yerleştirilmiş mum azot oksit ile muamele edildiğinde daha güçlü yanmaya devam etmiştir (West, 2014). Fakat daha önce bulunduğu suda çözünen gazlar ya mumun tamamen sönmesine ya da az bir güçle yanmasına sebep olmuştur (Mckie,1933). Bu gaz Priestley tarafından filojistonu arındırılmış hava (dephlogisticated air) olarak tanımlanmıştır. Filojiston teorisini zaman zaman Priestley tarafından kullanılsa da teori hakkındaki tutumu dogmatik değildir ve birkaç kez ondan vazgeçmeye çalışmıştır, en sonunda da ondan tamamen vazgeçmiştir. Priestley, metallerin kalsinasyon<sup>(2)</sup> ile ağırlaşmasını külün sabit hava ve suyunun alınmasına bağlamıştır. Örneğin kirecin yakıcılığının, üretildiği kireçtaşının yakılmasında kullanılan yakıttan filojiston eklenmesinden kaynaklandığı görüşünü kabul etmemiştir. Priestley, 'filojistonun birleştiği cisimlere mutlak hafiflik iletmesi başvurmak istemediğim bir varsayımdır, ancak bu filojistonlu havanın normal havadan daha hafif olması konusunu açıklamada kolaylık sağlamaktadır' diyerek yine teoriyi tam olarak kabul edemediğini ifade etmiştir ve sonralarında da 'hafiflik ilkesi doktrinine inancım hiç olmadı' şeklinde açıklamasıyla filojiston teorisini bir kez daha mahkûm etmiştir (Mckie,1933).

1 Ağustos 1774'te ilk deneylerinin sonuçlarını o dönem ekonomik olarak destekçisi olan Lord Shelburne ile paylaşmıştır ve bu tarih oksijeni ilk ürettiği gün olarak tarihe geçmiştir. Ekim ayında Lord Shelburne ile Avrupa turuna çıkan Priestley, Paris'te Fransız Bilimler Akademisi üyeleri ile bir yemek organizasyonuna katılmış ve burada Lavoisier ile görüşmüştür. Sohbetleri sırasında bulunduğu olağanüstü sonuçları Lavoisier ile paylaşmıştır; Priestley'in henüz yayımlanmamış bu çalışmalarını kısmen yabancı bir bilim insanı ile paylaşmasının sebebi, kendisinin bilim ile ilgili keşiflerin gizliliğine inanmasıdır. Fakat Lavoisier bu bilgiyi saklamamış ve henüz Priestley İngiltere'ye dönmemişken herhangi bir atıf yapmaksızın çalışmayı bilim camiasıyla paylaşmıştır. Lavoisier daha önce filojistonu arındırılmış hava (deph-

2 Kalsinasyon: Özellikle karbonat şeklindeki metal bileşiklerinin ısıtma yoluyla metal oksit haline dönüşümünü sağlayan işlem.

logisticated air) olarak Priestley tarafından tanımlanan gazı Yunanca asit yapıcı anlamındaki oksijen olarak adlandırmıştır, böylece Priestley tarafından hatalı bir şekilde tanımlanan oksijene ismini Lavoisier vermiştir.

Kasım ayında İngiltere'ye dönünce Priestley oksijen ile çalışmalarına devam etmeksizin, diğer gazlarla ilgili çalışmalarına devam etmiştir. 8 Mart 1775'te oksijen ile çalışmalarına geri dönen Priestley, deneylerine bu yeni gazın fare üzerine etkisiyle devam etmiştir. Kapalı bir kaptaki bir farenin 15 dakika yaşamaya devam ettiğini, fakat yeni gaz ile bu zamanın yarım saate çıktığını bulmuş ve üstüne üstlük bir saatin ardından kapalı alandan çıkarılan farenin hala nefes almaya devam ettiğini gözlemlemiştir. Bu noktada Priestley yaptığı çalışmayı Kraliyet Topluluğu aracılığıyla yayımlanması için 15 Mart'ta Sör John Pringle ile paylaşmıştır. Bu dönemden sonra Priestley bu yeni gazın akciğer hastaları için kullanışlı olduğunu da düşünmüştür.

1774 ve 1786 yılları arasında altı farklı kitaptan oluşan 'Havadaki Farklı Gazların Gözlemlenmesi ve Deneyler' isimli kitap serisinde ve bir düzineden fazla makalesinde, keşfettiği on farklı gazla ilgili bilgiyi bilim camiası ile paylaşmıştır. Keşfettiği ve günümüzde de oldukça önemli olan gazlar azot oksit (nitrous air, NO), azot dioksit ( $\text{NO}_2$ ), nitröz oksit-(dephlogisticated nitrous air,  $\text{N}_2\text{O}$ ), hidrojen klorür (marine acid air, HCl), amonyak-alkaline air ( $\text{NH}_3$ ), kükürt dioksit (vitriolic acid air,  $\text{SO}_2$ ), silikon tetraflorür (flour acid air,  $\text{SiF}_4$ ), azot ( $\text{N}_2$ ), oksijen ( $\text{O}_2$ ), karbon monoksit ( $\text{CO}$ )'tir.

Priestley, 1776 yılında yayımlanan Havadaki Farklı Gazların Gözlemlenmesi ve Deneyler II isimli kitabında deneylerinin nasıl tekrarlandığını açıklamış ve bu oksijenin keşif sürecinin ilk kaydı olmuştur (Guitierrez ve ark., 2018).

#### 4.1. Bitkiler Tarafından Üretilen Oksijen

Priestley hava ile ilgili çalışmalar yaparken, ciddi gözlemlerde bulunmuştur. Bunlardan biri de bir kavanoza koyulan mumun sönmesi ya da farenin hava yetersizliğinde ölmesi iken bir diğeri de kavanoza koyulan yeşil bitkinin güneş ışığında mumun yanmasını ve farenin nefes almasına devam etmesini sağlamasıdır. Bu da günümüzde fotosentez olarak bilinen ve bitkinin havaya oksijen salmasına dayanan önemli bir bilginin ilk gözlemi olarak tarihe geçmiştir (Ulusal Tarihi Kimyasal Simgeler, 2004).

#### 4.2. Elektrik ile İlgili Yaptığı Orijinal Çalışmalar

Priestley genel olarak gazlarla ilgili yaptığı çalışmalarla tarihte yer alsada hayvanlar üzerine elektriğin etkisini incelediği sistematik çalışmalar da yapmıştır. Elektriğin bilimsel temeline ilgi, pratik, ticari ve tıbbi potansiyeline ilgi, Leyden kavanozunun keşfinden sonra, 18. yüzyılın ortalarında ortaya çıkmıştır. Bu dönemde elektrik üzerine çalışmalarına devam eden Priestley Londra ziy-



retlerinden birinde Benjamin Franklin<sup>(3)</sup> ile tanışmıştır. Franklin 'Orijinal Deneylerle Elektriğin Şu Anki Durumu ve Tarihi' isimli kitabı yazma konusunda Priestley'i teşvik etmiş ve böylece 1766 yılında İngiliz Kraliyet Topluluğu'nun bir üyesi olmasına vesile olmuştur. 1767'de basılan ve 700 sayfalık olan bu kitap beş baskı yapmış, Fransızcaya ve Almancaya çevrilmiştir (West, 2014). Bu kitabın bir bölümünde, çeşitli hayvan türlerinin kafa ve beyinlerine elektriğin etkisine dair yaptığı çalışmalara ilk kez yer vermiştir. Deneylerinde sıçanlar, yavru kediler, küçük sivri fareler (shrew), büyük kediler, köpekler ve kurbağalar kullanmıştır. Deneyde kullandığı hayvanlarda genellikle kasılma ya da ani ölüme neden olan etkiler ortaya çıkmıştır. Bu çalışmalar deneysel ve klinik epilepsi tarihi ve epilepside ani açıklanamayan ölümler konusuyla ilgili çalışmalar olarak dikkat çekmiştir (Reynolds ve Pippenger, 2019). Ayrıca kömürün iletkenliğini keşfetmiş ve Newton'un yerçekimi yasasına benzer olan Elektrostatik Ters Kare Kanunu'nu önermiştir (West, 2014). İlk kez Priestley tarafından 1767 yılında yayımlanan bu yasa fiziğin temel yasalarından biridir ve pozitif-negatif yüklü taneciklerin birbirleri üzerine uyguladıkları elektrostatik kuvveti açıklamaktadır. Fransız bilim insanı Charles Augustin de Coulomb'dan 18 yıl önce ortaya koyulan bu yasa şu an Coulomb yasası olarak bilinmektedir (Jones, 2012).

## SONUÇ

Dolunay Topluluğu'ndan başka hiçbir topluluk İngiliz Sanayi Devrimi'nin ilerlemesine bu kadar katkı koymamıştır. 17. ve 18. yüzyılda neredeyse tüm dünyayı sömüren İngiltere'nin bilimsel ilerlemesinin en önemli tetikleyicisi olan Dolunay Topluluğu üyelerinin hem kendi ülkelerine hem de dünyaya bilimsel anlamda katkıları bu çalışmanın çok daha ötesine geçebilecek ve tek tek tüm isimlerin ele alınmasını gerektirecek bir kapsamdadır. Bu çalışma gerek Dolunay Topluluğu üyelerinin birbirleriyle olan ilişkilerinin gerek kimi üretim araçlarıyla olan ilişkilerinin aydınlatılması için bir başlangıç çalışması olarak ele alınmıştır.

Çalışmanın bir diğer odak noktası Joseph Priestley ve oksijenin keşif süreci olmuştur. Priestley bir bilim insanı olarak yaşadığı dönemde toprak sahibi ya da üretici emsallerinden farklı olarak orta halli bir ailenin çocuğudur ve dini eğitim almasına, bir papaz olmasına rağmen aydın bir kişiliktir. Hem eğitim alanında denelediği yenilikler hem de bilimsel alanda sistematik incelemeler yaparak ortaya koyduğu sonuçlar, günümüzde dahi oldukça önemlidir. Priestley, oksijen gibi hayati bir elementi keşfetmiş, farklı çalışmalarla fotosentez sürecini, su ve havanın içeriğini açıklamaya dönük çalışmalar yapmıştır ve başta kimya olmak üzere pek çok ilgili bilim alanı için yeni bir çağ açmıştır.

## KAYNAKLAR

- Bowden, M. E. (2005). Joseph Priestley: Radical Thinker, *Chemistry International-News Magazine for IUPAC*, 25(3) <https://doi.org/10.1515/ci.2005.27.3.4>.
- Fara, P. (2010). Joseph Priestley: Doctor Phlogiston or Reverend Oxygen? *Feature*, 34(3), doi: 10.1016/j.endeavour.2010.07.005.
- Gutierrez, S. B., Song, J., Kim H. B. (2018). Experimental science: Joseph Priestley's influence in the infrastructure of the seventeenth-century science education, *Education Philosophy and Theory*, 51(6); 599-607, doi: 10.1080/00131857.2018.1493680.
- International Historic Chemical Landmark* (2004). Joseph Priestley and the Discovery of Oxygen.
- Jones, G. T. (2012). Joseph Priestley and the Inverse Square Law of Electrostatics, *Postings From Priestley House*. Erişim tarihi: 28. 06.2021 <http://www.ep.ph.bham.ac.uk/general/outreach/Priestley/islspring2012.pdf>
- Mckie, D. (1933). Joseph Priestley (1733-1804), Chemist, *Sage Publications*, Ltd. 28(109) 17-35.
- Porter, R. S. (1980). Science, provincial culture and public opinion in enlightenment England, *Journal for Eighteenth Century Studies*, 3(1), doi 10.1111/j.1754-0208.1980.Tb00441.X.
- Reynolds, F. E., Pippenger, C. E. (2019). The earliest experimental convulsions by Joseph Priestley in 1766 friendship with Benjamin Franklin, *Epilepsi & Behavior*, 102, doi: 10.1016/j.yebbeh.2019.106555.
- Ritchie-Calder, P. (1982). The Lunar Society of Birmingham, *Scientific American, a division of Nature America, Inc.*, 246(6), 136-145, <https://www.jstor.org/stable/24966620>.
- Robinson, E. (2014). The Lunar Society: Its Membership and Organisation, *The International Journal for the History of Engineering & Technology*, 35(1) doi: 10.1179/tns.1962.009.
- Schofield, R. E. (1957). The Industrial Orientation of Science in the Lunar Society of Birmingham, *Isis*, 48(4), 408-415, doi:10.1086/348607.
- Schofield, R. E. (1966). The Lunar Society of Birmingham; A Bicentenary Appraisal, *Notes and Records of the Royal Society of London*, 21(2) 144-161, <https://www.jstor.org/stable/531065>.
- Stout, D. (2020). Associationist Aesthetics: Priestley's Materialism and the Radical Picturesque, *European Romantic Review*, 31(3), 267-283 doi: 10.1080/10509585.2020.1747685.
- Szydlo, Z. (2007). Who Discovered Oxygen?, *Proceedings of ECOpole*, 1(1/2).
- West, J. B. (2014). Joseph Priestley, oxygen, and the Enlightenment, *American Journal of Physiology-Lung Cellular and molecular Physiology*, 306(2); L111-L119, doi: 10.1152/ajplung.00310.2013.

3 Benjamin Franklin Amerikalı bir yayımcı, siyasetçi ve bilim insanıdır.



# DOSYA DIŞI

# GÖÇ VE MÜLTECİ ÇALIŞMALARINDA BÜYÜK VERİ KULLANIMI

**Eren Korkmaz**

Dr., Uluslararası Kalkınma Bölümü  
Oxford Üniversitesi, Birleşik Krallık  
emre.korkmaz@qeh.ox.ac.uk

## ÖZET

Son yıllarda büyük veri analizi üzerinden göçmenlerin ve mültecilerin hareketliliğini ve ev sahibi topluma entegrasyonunu inceleyen akademik çalışmalarda ciddi bir artış yaşanıyor. Birçok veri bilimci ve göç araştıran akademisyen sosyal medyadan, cep telefonundan ve diğer kaynaklardan gelen veri setlerini inceleyerek çıkarımlarda ve tahminlerde bulunuyor. Bu veri setlerinin analizinin göçmenlerin ve mültecilerin yararına olacağı ve objektif bilgiler sunacağı da varsayılıyor. Bu yazıda göçmenleri ve mültecileri incelerken büyük veri kullanımında dikkat edilmesi gereken konuların ve literatürde biriken araştırmalarda yaşanan sorunların tespit edilmesi, aynı zamanda göçmenleri ve mültecileri araştırmayı ve bunun için büyük veri setlerinden yararlanmayı planlayan genç araştırmacılara yol gösterilmesi amaçlanmaktadır.

Büyük verinin analizinde göçmenlerin ve mültecilerin merkeze alınması, teknoloji şirketlerinin ve devletlerin gözetimini ve baskısını açığa çıkarması, veri setlerinin sunduklarının yanı sıra sunamadıklarının niteliksel araştırmalarla gösterilmesi değerlendiriliyor. Bu değerlendirmeler akıllı sınır uygulamaları ve dijital kimlik çözümleri üzerinden analiz ediliyor.

**Anahtar Kelimeler:** Göç, Mülteci, Büyük Veri, Teknoloji, Gözetim Kapitalizmi.

## GİRİŞ

İnsanlık büyük bir teknolojik dönüşümün içinden geçiyor. Yapay zeka algoritmaları, büyük veri, robotik ve blok zinciri gibi çeşitli teknolojik gelişmelerin yaşandığı bu dönemde insanların gündelik yaşamları ve sosyal, ekonomik, siyasal ve kültürel ilişkileri de bu hızlı dönüşümden payını alıyor. Sosyal medya platformları, akıllı telefonlar ve evlerimizden işyerlerine her nesnenin akıllandığı ve birbiriyle konuşabildiği teknolojik ürünler artık sıradan imkanlar olarak yaşamlarımıza girerken bunların getirdiği korkular ve geleceğe dönük kaygılar da öne çıkıyor. Otonomlaşma sonucunda kitlesel işsizliğin olması, savaş teknolojilerinin geliştirilmesi ve gözetim toplumunun derinleşmesi teknolojik ilerlemelerin getirdiği korku ve kaygılara örnek olarak gösterilebilir.

## BIG DATA ANALYSIS IN MIGRATION AND REFUGEE STUDIES

### ABSTRACT

In recent years, there is a tendency in academia using big data analysis to evaluate the mobility and integration of migrants and refugees. Many data scientists and migration scholars analyse the data stored and shared by social media platforms or mobile phone operators to examine and predict the issues related to migration. This literature also argues that the analysis of these datasets would benefit migrants and refugees and provide objective information. This paper aims to examine the main points to demonstrate the challenges and problems of analysing big data to research migrants and refugees and provide a guideline for young scholars how to deal with big data in studying migratory movements.

This paper defends that refugees and migrants should be at the centre of the big data analysis, the surveillance and oppression of states and global corporations should be revealed and qualitative research methodologies should be employed to analyse issues that could not be found at datasets. Smart border and digital identity solutions will be used as examples for the analysis.

**Keywords:** Migration, Refugee, Big Data, Technology, Surveillance Capitalism.

Tüm yaşamı etkileyen bu dönüşümün göç alanını etkilememesi mümkün değil. Sosyal medya platformları, harita veya çeviri amaçlı cep telefonu uygulamaları gibi imkanlar göçe karar verme sürecinden yolculuğa ve göç ettiği yerde yeni yaşamını kurmaya kadar göçmenler ve mülteciler için imkanlar sunarken aynı zamanda devletlere ve şirketlere göç hareketlerini takip etme, yönlendirme, manipüle etme ve engelleme konularında büyük bir güç sunuyor (Beduschi, 2018; Bigo, 2002; Gillespie vd, 2016; Latonero vd, 2018).

Açıktır ki, teknolojik ürünler kendiliğinden bir iradeye ve yetkiye sahip değildir. Bu ürünler bu üretim araçlarının sahiplerinin belirlediği doğrultuda faaliyet gösterirler. Bilhassa yapay zeka alanındaki gelişmeler bu yönde bir yanılısamaya neden olabilmekte, bu uygulamaların sonuçlarına maruz kalanlarda bunların objektif kararlar olduğu algısını yaratmakta ve aynı zamanda bu

ürünlerin sahibi olan sermaye sahiplerinin çıkarlarının perdelenmesine neden olmaktadır (Angwin, 2016).

Oysaki teknoloji de bir politik mücadele alanıdır. Örneğin robotik ve yapay zeka alanındaki gelişmelerin katkısıyla kapitalizm şartlarında kitlesel işsizliğin olduğu distopik bir baskı rejimi de kurulabilir; eşitlikçi, demokratik ve çalışma saatlerinin azaldığı, insanların refah içinde yaşadığı sosyalist bir toplum da inşa edilebilir. Bu nedenle bir yandan teknolojik üretimin az sayıda küresel tekel konumunda şirkette yoğunlaşmasına tanıklık ederken diğer yandan milyonlarca insanın rahatlıkla bu teknikleri öğrenebilmesi, sosyal inisiyatifler kurabilmesi ve alternatif alanlar açabilmesi, teknolojik üretimin toplumsallaşmasına, kitleselleşmesine ve demokratikleşmesine olanak sunmaktadır.

Teknolojik gelişmelerin bireysel ve toplumsal yaşamdaki etkileri ve siyasi sonuçları üzerine birçok ülkede ciddi tartışmalar ve mücadeleler yaşanıyor. Nasıl bir gelecekte yaşamak istediğimizle bağlantılı olarak sermaye örgütlerinden işçi sendikalarına, konuyla ilgili sivil toplum kuruluşlarından akademik araştırma merkezlerine kadar çok çeşitli kurum ve kişi bu sürecin şekillenmesine katkı sunuyor. Meclisler, hükümetler strateji raporları hazırlıyor, kişisel verilerin güvenliği ve sürecin regüle edilmesi için yasalar çıkarıyor, akademiye ve şirketlere teşvikler, fonlar veriliyor. Küresel teknoloji tekelleri de bir yandan lobi çalışmaları yaparken diğer yandan toplumlardan ve devletlerden gelen taleplere karşı tutumlarını belirliyorlar. Tüm bu süreçlerin bütünü hem ülkelerin kendi özgünlüğünde hem de küresel düzeyde dinamik bir siyasi mücadeleye işaret ediyor.

Göç, zorunlu göç ve iltica alanına baktığımızda ise teknolojik ürünlerin uygulanması ve verilerin analizi konusunda göçmenin sahip olduğu siyasi güç vatandaşa göre daha zayıftır. Göçmenlerin ve mültecilerin yaşadıkları yeniden kimliklenme süreci, bir kısmının yaşadığı travmalar, yabancı bir ülkeye adapte olma sorunları, vatandaşlık haklarına ve bilhassa demokratik katılım imkanlarına uzun bir süre sahip olamamaları bu yönde tabandan bir hareketin doğmasına engel oluyor. Buna ek olarak, siyasi konjonktüre bağlı olarak, göç alan ülkelerin önemli bir kısmında göçmen ve mülteci karşıtlığının yaygın olması, ırkçı ve ayrımcı politikaların yabancılar üzerinde uygulanmasının rahatlıkla meşrulaşması, sınır güvenliği adı altında mültecilerin ve sığınmacıların haklarının reddedilmesi, birçok ülkede hükümetlerin ve muhalefet partilerinin göçe karşı sert tutum alacağını siyasi programlarına alması gibi konular da göçmenlerin, mültecilerin ve onların haklarını savunanların daha zayıf bir yerde konumlanmasına neden oluyor. Özetle, hem göçmenin ve mültecinin kullandığı teknolojik ürünleri üretenlere (akıllı telefon uygulamaları, sosyal medya grupları) karşı taleplerde bulunması hem de devletlerin göç ve sınır politikalarına karşı direnmesi ve sesini duyurması vatandaşa kıyasla oldukça zordur.

Bu güç dengesizliğinin farkında olmak bilhassa akademinin göçmenin ve mültecinin teknolojiden yararlanmasını romantize etmesine engel olabilir hem de terazinin ağırlığını bu alanda daha keyfi, kontrolsüz, yasadışı hareket eden şirketlere ve devletlere vermesini sağlar (Dave, 2017; Burns, 2015; Fussel, 2019; Latonero ve Kift, 2018).

Bu makalede büyük veri analizi ve son teknolojilerin göç yönetiminde nasıl kullanıldığını incelerken devletlerin ve şirketlerin yaklaşımları da mercek altına alınacaktır. Bu, şirketlerle devletlerin birbirinden ayrı ve bağımsız kurumlar olduğu anlamına gelmemektedir. Devletlerin burjuvazinin yönetim aygıtı olduğunu ve sermayenin çıkarlarını koruduğunu, aynı zamanda tekelci burjuvaziyle devlet yönetiminin iç içe geçtiğini ve emperyalist devletlerin tekelci kapitalizmin egemenliğinin bir aygıtı olduğunu göz ardı etmemek gerekir. Ayrıca mülteci ve göçmenlerin hareketliliğinin artmasında ve özellikle mülteciler ve zorla yerinden edilenler için ayrıldıkları şehirlere yıllarca geri dönememelerinde emperyalizmin saldırgan politikalar ve yarattığı çatışmalar da belirleyici konumdadır. Göç hareketliliğine buna neden olan politik arka plan göz ardı edilerek yaklaşılması ve bu sürecin romantize edilmesi, aynı zamanda bu politik arka plan tartışılmadan göçmenlerin ve mültecilerin haklarını, finansal ve sosyal entegrasyonunu değerlendirmek yetersiz olacaktır. Bu kapsamda göçmenin ve mültecinin büyük çoğunluğunun yoksul olduğunu, sınıfsal olarak ev sahibi ülkede işçi sınıfına dahil olduğunu ve bunun ev sahibi ülkelerdeki sınıf mücadelelerine doğrudan etkileri de analiz edilmelidir.

Bununla birlikte teknolojinin uygulanması ve büyük veri analizi söz konusu olduğunda bazı özgünlüklere vurgu yapmakta fayda vardır. Bunlardan ilki tekelci teknoloji şirketleriyle emperyalist-kapitalist devletlerin iç içe geçmesi ve ortak hareket etmesidir. Örneğin Silikon Vadisinin önde gelen tekelci şirketlerinden Palantir hem CIA için istihbarat ve anti-terör temalı gözetim ürünleri üretmektedir hem de CEO'su Trump'un danışmanlığını yapmıştır. Bu düzeyde açıktan bir iç içe geçiş varken Palantir'in sınır yönetimi, göç ve insani yardım alanında sunduğu ürünlerin ve topladığı verilerin ABD'nin söz konusu bölgedeki emperyal çıkarlarından bağımsız olduğu iddia edilmez. Palantir'in Birleşmiş Milletler'e bağlı Dünya Gıda Programı'nın (WFP) yardım dağıttığı 92 milyon kişi için teknolojik altyapı sunması oldukça geniş ve politik olarak hassas, genellikle çatışmaların olduğu coğrafyalarda büyük bir kitle hakkında veri toplamayı mümkün kılmaktadır. 2019 yılında Yemen hükümetinin WFP'nin biyometrik kayıt toplamasına karşı çıkması ve toplanan verilerin Suudi-İngiliz ordusunun eline geçtiği iddiası dikkate değerdir (World Food Programme, 2019a, World Food Programme, 2019b).

Diğer yandan bu ürünleri satın alan ve sınır-göç yönetiminde kullanan Yunanistan, Meksika, Mısır gibi birçok ülke bir yandan teknoloji şirketlerinin kendi sınırların-

dan veri toplamasına imkan sunarken diğer yandan sınırlı güvenliğini ve göç hareketliliğini yönetmek için bu ürünleri tercih etmekte ve denemektedir. Bazı devletlerin güvenlik kaygılarıyla aldığı teknolojik ürünlerin ve toplanan verinin yukarıda bahsi edilen emperyalist-kapitalist sistemin bölgesel çıkarlarından bağımsız olmadığı açıktır. Bununla birlikte bu alanda üretim yapan teknoloji şirketlerinin çoğu tekelci konumda değildir, hatta önemli bir kısmı start-up niteliğinde, küçük ve orta büyüklükte firmalardır. Bu firmalar açısından ise mesele veri toplama ve bu verilerin işlenerek algoritmaların eğitilmesi açısından değerlendirilebilir. Özetle bir yanda göç ve mülteci hareketliliklerine kaynaklık eden siyasi, ekonomik koşulların yaratıcısı olan tekelci sermayenin ve onların çıkarlarını savunan emperyalist devletlerin çıkarları ve hedeflerini, diğer yandan bu ürünleri tedarik eden bağımlı statüdeki devletlerin güvenlik ve göç yönetimi kaygıları ve daha küçük düzeydeki şirketlerin veriye ulaşma istekleri hatırlanmalıdır.

### **1. BÜYÜK VERİ GÖÇMENLER/MÜLTECİLER İÇİN NEDEN ÖNEMLİ?**

Makine öğrenmesi ve derin öğrenme gibi tekniklerin yapay zekâ alanında geliştirilmesi ve bununla birlikte cep telefonlarından sosyal medya platformlarına birçok alandaki gelişmeler hem insanlığın daha öncesinde görmediği düzeyde verinin ortaya çıkmasına neden oluyor hem de bu verilerin işlenebilmesini ve işlenen verilere dayanarak tahminlerde bulunulmasını mümkün kılıyor. Bu muazzam imkânlar dünya genelinde toplumsal gelişmelerin anlık, gerçek-zamanlı şekilde takip edilmesini ve gelecekteki olası gelişmelerin anlaşılmasını sağlıyor.

Bu noktada iki temel sorunla karşılaşyoruz. İlki bu gelişmelerin gözetim kapitalizmi (surveillance capitalism) denilen olguyu güçlendirmesidir. Örneğin, sosyal medya şirketlerinin platformlarında biriken verileri analiz edip kullanıcıları kategorize edebilmesi ve bu temelde tahminlerde bulunması buradan gelir elde etmelerini sağlıyor. Platformlarını ve hizmetlerini kullananlara bunun karşılığında kişiye özel reklam sunma şeklinde geliştirilen iş modeli az sayıda şirketin küresel çapta tek el konumuna gelmesini sağladığı gibi Cambridge Analytica skandalında görüldüğü üzere sadece ürün ve hizmet satan şirketlerin değil politik partilerin ve politik manipülasyon yapmak isteyen güçlerin de bu iş modelinden faydalanarak sosyal medya kullanıcılarının siyasi duruşlarını, korkularını ve özlemlerini anlayıp bunları manipüle edecek mesajlar iletmesini sağlıyor. Bu da gözetim kapitalizmine hayat veren ve demokratik alanda hesap vermeyen şirketlerin ve çeşitli siyasi güç odaklarının siyasi alan üzerindeki kontrolünü pekiştiriyor (Zuboff, 2019).

İkinci temel sorun ise yapay zeka alanına güç veren teknik gelişmelere eşlik eden veri bolluğunun sonucunda ulaşılan kararların yapısal sorunları ve eşitsizliği yeniden ürettiğinin anlaşılmasıdır. Birçok araştırma

yargıda, polis teşkilatında veya insan kaynaklarında kullanılan algoritmaların işçilerin, kadınların, azınlıkların aleyhinde önerilerde bulunduğunu kanıtıyor. Bu da algoritmaların yeniden ürettiği ayrımcılığa karşı politik mücadeleleri geliştiriyor (Molnar ve Gill, 2018; ICRC ve Privacy Int, 2018).

Veri-siyaset ilişkisinin incelenmesi bu nedenle önem kazanıyor. Örneğin ABD’de hapishanelerde nüfusa oranla siyahların çok daha fazla olmasının siyahların suça eğilimli olmasından kaynaklı olmadığı, ABD’de siyahlara yönelik ırkçılığın ve ayrımcılığın sonucu olduğu biliniyor. Veya yoksul mahallelerde daha çok uyuşturucunun yakalanması polisin bu mahallelerde daha fazla arama yapmasıyla ve zengin muhitlerde bu kadar rahat hareket edememesiyle ilgili. O nedenle yalnızca mevcut verilere bakarak geleceğe yönelik öngörülerde bulunmanın riskleri net şekilde görülüyor. Bunun bir yanı geleneksel veri toplamanın mevcut eşitsizlikleri ve ayrımcılıkları dikkate almadan yapılmasıdır. Diğer yanı ise anlık veriler söz konusu olduğunda dijital eşitsizlik sonucunda toplumun farklı kesimlerinin dijital imkânlarla ulaşımındaki dengesizliğidir. Yaş, cinsiyet, sınıf, etnisite gibi çok sayıda faktör dijital alana erişimi ve veri üretimini etkiliyor. Bu nedenle toplanan verinin toplumsal koşullardan bağımsız olmaması nedeniyle verilerin ve yapılan analizlerin objektif ve nötr olmadığı biliniyor (Hernandez ve Roberts, 2018).

Bu arka plan göz önüne alındığında ve kayıtlı ve kayıtlı dışı göçmenler, mülteciler, sığınmacılar, zorunlu göç mağdurları söz konusu olduğunda büyük veri analizinin çok daha özenli ve “zarar vermeme” ilkesine uygun şekilde yapılması kritik öneme sahip (ICRC ve Privacy Int, 2018; Interaction, 2003). Elde edilen verinin sadece analizi değil kaynakları da dikkate alınmalıdır. Mültecilerin ve göçmenlerin kendi içlerindeki farklılıklar, dijital araçlara erişimi, dijital eşitsizliğin ve dijital okuryazarlığın boyutları göz önüne alınmalıdır.

Göç çalışmalarında büyük veri kullanımı konusunda bir yandan veri setlerinin niteliği ve temsiliyeti konusu önemliken diğer yandan yukarıda bahsini ettiğimiz siyasi manipülasyonlar konusu da araştırmayı hak ediyor. Göçmenler ve mülteciler yolculukları esnasında sosyal medya platformlarını, çeviri-harita gibi cep telefonu uygulamalarını ve yakınlarıyla görüşmek için görüntülü konuşma uygulamalarını yoğun şekilde kullanıyorlar. Sınırları geçen mülteciler ekmek ve suyun yanında sim kartı ve şarj aleti arıyor. Birçok mülteci kampında telefon şarj etme cihazı temel ihtiyaçlardan biri.

Ancak söz konusu teknolojik ürünler risk altındaki topluluklar için ek sorunlar yaratabilir. Bu uygulamalar mültecilerin ve göçmenlerin özgünlükleri dikkate alınarak, insani ilkeler korunarak hazırlanan çözümler değil. Bu şirketlerin iş modelleri, gözetim kapitalizmine uygun olarak toplanan verilerin analizi üzerinden reklam sunmaya dayandığı için göçmenlere ve mültecilere



yönelik siyasi ve ticari manipülasyon çalışmaları yapılabilir. Ayrıca devletlerin bu yolculukları takip edip engellemesi mümkündür. Dolayısıyla göçmenler ve mülteciler söz konusu olduğunda güç dengesizliği vatandaşlara nazaran çok daha derindir ve manipülatif, etik dışı yaklaşımların vereceği zarar çok daha büyük olacaktır.

## 2. VERİ ANALİZİNDE MÜLTECİYİ MERKEZE ALMAK

Göç, mülteciler ve insani yardım alanında büyük veri analizi yapan akademik çalışmaların sayısı gün geçtikçe artıyor. Çok sayıda interdisipliner araştırma ekibi bu tür bir veri setine bir şekilde ulaşma imkânı olduğunda, bunu kaçırmamayı tercih ediyor ve söz konusu verinin izin verdiği sosyal, ekonomik, kültürel konularda analiz ve tahminlerde bulunuyor. Bu projelerin sonucunda ortaya çıkan makalelerin hemen hepsinde çalışmanın amacı olarak göçmenlerin ve mültecilerin sorunlarını çözmek, onların entegrasyon sürecini desteklemek gibi iyi niyetler yatıyor. Bu makalelerde çıkan sonuçların muhatapları olarak ise devletler, insani yardım kuruluşları, Birleşmiş Milletler, sivil toplum örgütleri sayılıyor (Korkmaz vd, 2021). Özetle büyük veri analizine dayalı olarak çatışma bölgesinden zorunlu göçe mecbur kalanların güzergahının tespiti veya bir ülkenin sınırları içindeki göçmenlerin ve mültecilerin sosyal, ekonomik entegrasyonu konularında veriye dayalı bir inceleme yapıp öneriler sunulunca devletler ve yardım kuruluşları da buna göre planlama yapar ve kaynaklarını ayırır, bu sayede göçmenler ve mülteciler de daha elverişli şartlarda temel hizmetlere ulaşabilirler diye umuluyor.

Cehennem yollarının iyi niyet taşlarıyla örülmesi söyleminde olduğu gibi bu yaklaşımın yarattığı iki temel sorun var. İlki, dünya genelinde, özellikle de göçmenlerin ve mültecilerin yüzünü çevirdiği Avrupa Birliği'nde, Avustralya'da ve Kuzey Amerika ülkelerinde devletlerin yaklaşımı göçmenlerin/mültecilerin gelişini kontrol altına almak, kabul alanların sayısını oldukça sınırlamak ve mümkünse kitlesel olarak yerinden edilenlerin komşu ülkelerde kalmasını sağlamaktır. AB'nin Türkiye ile imzaladığı mültecilerin geri kabul anlaşması, yine AB'nin iç savaşın sürdüğü Libya ile anlaşış Akdeniz'deki mülteci ve göçmenleri Libya'daki kamplara göndermesi, ABD'nin göçmenlerin yolculuğunu engellemek için Meksika'yla işbirliği yapması gibi örnekler biliniyor. Akdeniz'de zor durumda olan göçmen botlarına yardım götürmenin engellenmesi, dronlar ve sensörler gibi teknolojik ürünlerle sınır ötesinin kontrolü, fiziksel ve sanal duvarların sınırlara inşa edilmesi, birçok ülkede mülteci kamplarının hapishanelerden farkının kalması gibi uygulamalar devletlerin bu konuya bakışını örneklemektedir (Bankston, 2021; Akhmetova ve Harris, 2021; Chebel, 2012). Dolayısıyla doğru veriye ulaşırsa ve isabetli öngörülerde bulunursa devletlerin mültecilerin sığınma hakkına saygı göstereceğini beklemek yanlış bir tutumdur. Özetle, bu araştırmaların genellikle girişinde bahsi edilen çalışmanın önemi ve hedefleri konusunda devletleri bilgilendirme konusuna ihtiyatla yaklaşmakta fayda var. Benzeri şekilde sivil toplum

örgütlerini veri analiziyle desteklemek konusunda da dikkatli olmak gerekmektedir. Bu kuruluşların büyük çoğunluğu mültecileri temsil etmeyen, donör denilen fon veren devletlerden aldıkları proje karşılığında çalışmalar yapan, bir nevi proje yönetimi-danışmanlık şirketi olarak çalışan kurumlardır.

İkinci konu ise kişisel verilerin güvenliği ve mahremiyetle ilgili. Gözetim kapitalizmi ve onun getirdiği sorunlar karşısında birçok ülkede regülasyonlar ve kampanyalar sonucunda kişisel verilerin korunması ve mahremiyete saygı yasal zorunluluktur. Her ne kadar işlevselliği tartışmalı olsa da her siteye girerken verilerin paylaşımı ve çerezler konusunda kullanıcılardan onay istenmektedir. Dijital alanda üretilen verilerin korunması, anonimleştirilmesi, zamanı geldiğinde yok edilmesi şirketlerin yükümlülükleri arasındadır. Dolayısıyla hiçbir araştırma ekibi veya şirket bu onayları almadan ve yasal zorunlulukları aşmadan vatandaşların verilerini alıp analiz edip devlete sunamaz.

Yasal yollardan göç edenler de bu yasal haklardan yararlanabilir. Öğrenciler, çalışma izniyle gelenler, şirket kurma/yatırım yapma amacıyla göç edenler veya aile birleşimiyle gelenler göç ettikleri ülkelerdeki yasal süreçlerden büyük oranda faydalanmaktadır. Ancak mülteciler, sığınmacılar, zorunlu göçe maruz kalanlar ve düzensiz göçmenler için bahsini ettiğimiz yasal zorunluluklar ve akademik araştırma ilkeleri göz ardı edilebilmektedir. Söz konusu veriyi üreten göçmen olduğu halde akademik araştırmaların büyük kısmı göç edeni muhatap alıp, onu çalışmanın merkezine koyup, buna uygun bir analiz yapmamaktadır. Göçmenin söz konusu veriyi ürettiği göz ardı edilip veri setini paylaşan kurumun, örneğin cep telefonu operatörünün, izni ve belirlediği sınırlarda hareket edilmekte, araştırma sonuçlarından devletlerin ve yardım kuruluşların yararlanması arzu edilmektedir. Oysaki nasıl vatandaşların ürettiği veride vatandaşlar muhatap alınıyor ve yasal şartlar ve etik-mahremiyet odaklı ilkeler hesaba katılıyorsa mültecilerle ilgili büyük veri analizlerinin merkezinde de mülteciler olmalıdır. Onların uluslararası hukuktan doğan hak ve özgürlüklerini geliştirme perspektifiyle yaklaşılmalıdır.

### 2.1. "Akıllı Sınır" Uygulamaları ve Büyük Veri ile İlişkisi

Son yıllarda ABD, Kanada ve Avrupa Birliği üyeleri içinde akıllı sınır uygulamalarına büyük yatırımlar yapılıyor. Bu yatırımların sadece sınır güvenliği ile sınırlı kalmadığı ve göçmenlerin, sığınmacıların ve mültecilerin temel haklarına aykırı olduğuna dair eleştiriler de dile getiriliyor. Söz konusu uygulamaları geliştiren şirketlerin önemli kısmının askeri-istihbarat sanayisinden olduğu da raporlarda vurgulanıyor (Akkerman, 2016; Bankston, 2021; Akhmetova ve Harris, 2021). Akıllı sınır uygulamalarının büyük veri analiziyle ilişkisine bu nedenle değinmekte fayda var.

Büyük veri analizine dair akademik çalışmalarda akıllı

sınır uygulamalarına genellikle yer verilmiyor. Oysaki bir önceki bölümde belirtilen, mültecilerin verilerinin analizinin devletlere gerekli hazırlığı yapmada katkı sunacağına dair temenninin hayat bulan hali akıllı sınır uygulamalarıdır. Bu uygulamalar temel olarak büyük veri analizine dayanmaktadır. Bu açıdan somut yaşamdaki örneğinin incelenmesi de büyük veri analizinin amaçları açısından değerlidir.

Hem ABD-Meksika sınırındaki hem de Avrupa Birliği'nin Akdeniz'de geliştirdiği akıllı sınır uygulamaları insansız hava araçlarından (dron), uydu görüntülerinden, sınıra yerleştirilen kameralardan ve sensörlerden, aynı zamanda cep telefonu ve sosyal medyadan akan verilerin analizi üzerinden hayat buluyor. Dronlara, sensörlere, kameralara yapılan yatırım olabildiğince çok veriyi sınırlar ötesinden toplamaya ve bu veriler üzerinden göç akımlarını tahmin etmeye, gözlemlemeye ve buna uygun önlemler almaya, yani engeller çıkarmaya odaklıdır (Benson, 2015; Franco, 2019).

Sınır güvenliği devletlerin kendi fiziki sınırlarının ötesinden başlıyor ve göçmenlerin sınıra gelmeden, sınırda sığınma başvurusu yapmadan engellenmesi öne çıkıyor. Bu aynı zamanda sınırın öte tarafındaki komşu devletin topraklarının da gözetlenmesini sağlıyor. Bu nedenle göç odaklı ürünlerin istihbarat ve olası savaş tehdidiyle ilişkileri de göz ardı edilmemelidir. Bu teknolojik ürünler göçmenleri Meksika'da çölün en tehlikeli kesimlerine yönlendirirken Avrupa Birliği açısından Akdeniz'de en tehlikeli zamanlarda ve zorlu güzergahlardan geçişi teşvik ederek göçmenlerin sınıra varmadan yaşamlarını yitirmesine neden oluyor. Diğer yolu ise Amerika'da Meksika, Avrupa Birliği çevresinde Libya gibi ülkelerin bilgilendirilip göçmenlerin önünün orada kesilmesi şeklinde oluyor (Bankston, 2021; Ghaffary, 2019; Rohrich, 2020).

Bir başka tür akıllı sınır ürünleri ise henüz birçok ülkede test aşamasında olsa da, sığınma başvurularının ve mülteci statüsü belirleme sürecinin yapay zeka algoritmaları üzerinden otomatikleşmesine ve mültecinin bir sınır görevlisine değil, yalan makinesi özelliği de olan, kiosk şeklinde bir makineye derdini anlatıp başvurusunu yapmasına dair çalışmalarıdır (Akhmetova ve Harris, 2021; Keung, 2017). Bu kiosklar başvuranın hal, hareketlerinden aktardığı hayat hikâyesine kadar bir dizi veriyi analiz edip, karşılaştırıp ona göre karar veriyor veya bir insan görevliye dosyayı aktarıyor.

Akıllı sınır ve sanal duvar gibi çözümler ABD'de Demokrat Parti ve Biden Yönetimi tarafından Trump'ın sınıra fiziksel duvar inşaatına karşı daha insani ve modern bir çözüm olarak sunulsa da ortaya çıkan sonuçların daha insani olmadığı anlaşılıyor (Franco, 2019). Ayrıca bahsi edilen birçok akıllı sınır uygulamasının göçmenlerin ve mültecilerin aleyhinde olduğu, uluslararası hukuktan doğan haklarının reddi anlamına geldiği ve sonuçlarının daha fazla mültecinin yaşamını yitirmesi olduğu da

görülüyor.

### 3. TEKNOLOJİ ŞİRKETLERİ VE MÜLTECİLER İÇİN BÜYÜK VERİ MESELESİ

Göçmenler için büyük veri araştırmalarında dikkat edilmesi bir konu da, yukarıda gözetim kapitalizmi adı altında bahsettiğimiz, iş modelleri nedeniyle küresel teknoloji ve veri madenciliği şirketleriyle cep telefonu operatörlerinin ve finansal şirketlerin son yıllarda mülteciler ve insani yardım alanına yönelik ilgilerindeki artıştır.

Silikon Vadisinin önde gelen veri madenciliği şirketlerinden olan, gözetim toplumu hizmetleri sunan ve CIA gibi güvenlik kurumlarıyla çalışan Palantir'in Dünya Gıda Programı ile işbirliğine yukarıda değinmiştik. (Responsibledata, 2019). Bir başka örnek ise insani yardım alanında öne çıkan nakit para desteği konusudur. Son yıllarda insani yardım örgütlerini donörleri olan ABD, İngiltere gibi bazı kapitalist devletlerin teşvikiyle aynı yardım yerine nakit para desteği vermenin mülteciler ve zorunlu göçe uğrayanlar için daha uygun olduğu fikri gelişmiştir (Madianou, 2019). Bu sürecin uzun yıllar sürmesi nedeniyle mültecilere aynı yardım yerine nakit para desteği vermenin onlara istediği ürünleri seçme, para biriktirme ve yatırım yapma imkanı sunacağı savunuluyor. Ancak savaş ve çatışma bölgelerine nakit para götürmenin riskleri de fazladır. Bunun bir yanı paranın taşınırken güvenlik alma şartı, diğer yanı ise dağıtılan nakit paranın çeteler veya yerel yetkililer tarafından el konulması tehlikesidir (Kaurin, 2019). Bu nedenle bankalar ve mobil telefon operatörleri insani yardım alanında inisiyatif alıyor, STK'lar ve BM kuruluşları ile işbirliği yapıyor, birçok ülkede mobil bankacılık uygulamaları ile yardım alanlara nakit para dijital ortamda gönderiliyor ve yardım alanlar belirlenen marketlerde istedikleri ürünleri dijital banka hesapları üzerinden alabiliyorlar.

Dünya genelinde insani yardım alanlarının sayısının artması nedeniyle büyük veri analizi konusunda üç temel olgu karşımıza çıkıyor:

Birleşmiş Milletler kurumları ve insani yardım örgütleri mültecilerle iletişim kurarken belirli ilkelere uymak zorundadır. Bunun başında zarar vermeme ilkesi geliyor. İnsani yardım alanında işlemlerin dijitalleşmesi ile mültecilerin ve göçmenlerin bıraktıkları dijital izler de artıyor ve bunların savaştan tarafların veya mültecilerin aleyhinde konum alan siyasi kesimlerin eline geçmemesi hayati öneme sahiptir. BM, Kızılay-Kızılhaç ve insani yardım örgütlerinin bu nedenle veri toplama ve saklama konularında belirledikleri kurallar ve rehberlikler mevcuttur. Ancak dijital ortamda nakit para desteğini göndermek için bu verilerin bankalarla ve mobil operatörlerle paylaşılması gerekir. Bu kuruluşların birçoğunun insani yardım ve mülteciler konusunda birikimleri, koruyucu önlemleri ve konuyla ilgili uzmanları yoktur veya yetersizdir. Bu da toplanan verilerin ehliyetsiz ku-

rumlarla paylaşılması nedeniyle mültecilere zarar verebilir (Bansak, 2018; UNCTAD, 2018).

İkinci olgu ise teknoloji şirketleri, finansal kuruluşlar ve mobil telefon operatörleri açısından insani yardım alanına yatırım yapmaları sonucunda milyonlarca yeni müşteriye ve pazara erişmeleridir. Şirketlerin bu çalışmalara kâr elde etme perspektifiyle yaklaşması insani yardım ve mültecilerle ilgili konuların kamusal hizmet kategorisinden uzaklaşmasını ve iki temel müşteriye ulaşmalarını sağlıyor. İlki mülteciler ve göçmenler, ikincisi ise onlara destek sunan insani yardım kuruluşlarıdır.

Üçüncü olgu ise gözetim kapitalizmi iş modelini uygulayan şirketler açısından, özellikle de veri madenciliği ve yapay zekâ alanında faaliyet yürüten şirketlerin mülteci, göçmen, zorla yerinden edilen ve sığınmacılardan oluşan milyonlarca kişinin henüz ulaşılmamış, işlenmemiş verilerine erişim imkânı sunmasıdır. Mültecilerin genellikle yoksul, bağımlı ülkelerde yaşıyor olması ve bu ülkelerde mahremiyet ve kişisel verilerin güvenliği konularında yasal düzenlemelerin olmaması veya zayıf olması sebebiyle regülasyondan uzak şekilde büyük veriye ulaşmak ve bu veriyi işleyip algoritmaları eğitmek mümkündür. Bu konuda insani yardım alanına destek olmaları bir yandan halkla ilişkiler konusu (PR) olurken diğer yandan bu kurumların kendileri için, zorlu ve geniş coğrafyalarda veri toplamasını da sağlıyor.

### 3.1. Büyük Verinin Saklanması ve Dijital Kimlik

Mültecilerin, zorla yerinden edilenlerin, sığınmacıların, kayıtlı ve düzensiz göçmenlerin geldikleri ülkelerde eğitim, sağlık gibi temel haklara ulaşabilmesi ve insani yardım alabilmesi için bazı verilerin toplanması şarttır. Bunu ev sahibi devlet veya BM kuruluşları yapabilir, bazı durumlarda Kızılay-Kızılhaç ve diğer insani yardım kuruluşları da üstlenebilir. Bunun ilk adımı yeni gelenlere kimlik vermektir. Örneğin Türkiye’de geçici koruma altında olan Suriyeliler Göç İdaresi’nde kayıt olur, kendilerine birer kimlik verilir ve Suriyeliler bu kimliklerle eğitim ve sağlık hizmetlerinden yararlanırlar (Korkmaz vd, 2021b, Birnham, 2019).

Kimliğin önemi sadece temel haklar açısından değildir. Hem bir önceki bölümde bahsettiğimiz nakit para yardımlarının yapılması hem de mültecilerin ve göçmenlerin yeni ülkelerine entegrasyonu için bazı hizmetlere ulaşabilmeleri için de önemlidir. Örneğin kimlik simkart almak ve banka hesabı açmak gereklidir. Bu alanlardaki uluslararası kurallar “müşterini tanıma” şartını sunmaktadır. Hiçbir banka kimliğini bilmediği birine hesap açıp kredi veremez, mobil operatör de simkart satamaz. Dolayısıyla kimlik almak ilk adımdır. Ancak birçok ülkede mülteciler ve kayıt dışı göçmenler kimliksiz yaşamak zorunda kaldıkları için ciddi sorunlar yaşamaktadır. Bu nedenle BM’nin öncülüğünde ve bazı küresel finans ve teknoloji şirketleriyle mobil operatörlerin desteklediği inisiyatifler dijital kimlik çözümlerini gündeme getir-

mektedir (Korkmaz vd., 2021b).

Elbette kimlik dijitalleştiğinde içine çok sayıda veriyi saklamak mümkündür. Plastik kimlikte kayıtlı olan veriler sınırlıdır, örneğin doğum tarihi ve yeriyile sınırlı kalabilir, ama dijital kimlikte veri çeşitliliğinin sınırı yoktur. Türkiye örneğine bakıldığında devletin verdiği kimlik mültecilerin temel hizmetlere ulaşmasını ve simkart alıp banka hesabını açmasını mümkün kılmaktadır. Devlet ayrıca çeşitli hizmetleri e-devlet sistemi üzerinden dijital ortamda sunmaktadır. Buna karşın dijital kimlik verme konusu yine de gündeme gelmektedir. Özellikle finansal entegrasyon ve kredi skoru hesaplama gibi konular söz konusu olduğunda dijital kimlikte biriken verilerin alternatif veri kaynakları olarak finansal kurumların kredilendirme değerlendirmesinde etkili olabileceği ileri sürülmektedir.

Finansal entegrasyonun yanı sıra Türkiye, Tayland, Malawi, Kenya gibi birçok ülkede yapılan pilot çalışmalarda diploma ve eğitim sertifikalarından aşı karnesine ve alınan yardımlara kadar çok çeşitli veriler dijital kimlikte birikmektedir. Bu çözümler genelde biyometrik ve blokzinciri tabanlı teknolojilerle hayat bulmaktadır. Bunun en önemli sebebi ise risk altındaki grupların verilerinin güvenli tutulması ve onlara zarar verecek kesimlerin eline geçmemesidir. Örneğin blokzinciri kriptografiye dayandığı için mültecilerin, zorunlu göçe maruz kalanların ve kayıt dışı göçmenlerin verilerinin güvende olacağı düşünülmektedir.

Bunun büyük veri analizi açısından iki önemli sonucu olmaktadır. İlki kimlik dijitalleştiğinde ve çok sayıda veri orada birikmeye başladığında hem her bir dijital kimliğin hem de bir topluluk içinde dağıtılan dijital kimliklerin tümünün değerli bir veri kaynağına dönüşüyor olmasıdır. Bu veri setleri, BM kuruluşları, insani yardım örgütleri ve bu altyapıyı sunan teknoloji şirketleriyle bu kimlik sayesinde hizmet veren bankalar ve mobil telefon operatörleri açısından önemli bir kaynak olmaktadır.

İkinci olarak blokzinciri tabanlı bir dijital kimlikte verilerin mültecinin tam sorumluluğunda olması için özel anahtarın mültecede olması gerekir. Blokzinciri uygulamalarında herkesin bir genel bir de özel anahtarı oluyor ve insanlar para veya doküman transferi yaparken genel anahtarlarını paylaşıyorlar, kendilerine gelen transferi açmak, şifreyi çözmek için özel anahtarlarını kullanıyorlar. Ancak birçok pilot projede mültecilerin dijital okuryazarlığı düşük olduğu, hatta önemli bir kısmı okur-yazar da olmadığı, ayrıca projede yer alan diğer yardım kuruluşları ve yerel şirketlerde de blokzinciri konusunda teknik uzman olmadığı için tarafların özel anahtarlarının projedeki teknoloji şirketinde saklanması ve şirketin tüm paydaşlar adına gerekli işlemleri üstlenmesi gerekiyor. Bu da aslında kimliğin ve verilerin tamamen mültecinin kontrolünden çıktığını gösteriyor.

Önümüzdeki dönemde dijital kimlik uygulamalarının yaygınlaşacağını göz önüne alırsak bu kimliklerde biriken verilerin analizi de gündeme gelecektir ve bu riskleri göz önüne almak gerekecektir.

### 3.2. Mültecilerin denek olarak kullanılması

Yukarıdaki örnekler, son teknolojiler ve yeni verilere ulaşma konusunda yapılan pilot çalışmaların mülteciler ve göçmenler üzerinde denendiği eleştirisini beraberinde getiriyor. Hem akıllı sınır uygulamalarında örneğini verdiğimiz sığınma başvurularında yalan makinesi işlevi de olan yapay zekâ algoritmalarının denenmesi hem de mültecilerin ve diğer kurumların bilgisi ve isteği dışında blokzinciri tabanlı dijital kimlik projelerinin hayata geçirilmesi henüz yeterince test edilmemiş ve bilinmeyen teknolojiler için mültecilerin denek olarak kullanılmasına neden olabilmektedir.

Örneğin, Avrupa Birliği'nin sınır güvenlik örgütü Frontex'in Ege'deki Yunan adalarında inşa ettiği ve en son teknolojilerin uygulanacağı mülteci kamplarının modern birer hapisane ve teknolojilerin deney alanı olduğu eleştirisi getirilmektedir (Molnar, 2018). Bu kamplarda yüz tanıma ve hareket takip sistemleri gibi ürünler kameralar ve sensörler sayesinde mültecileri sürekli gözetlenmesi, veri toplanması ve ürünlerin test edilmesi planlanıyor.

Bu teknolojiler COVID-19 pandemisi sayesinde geniş kitleler üzerinde uygulanma imkânı bulsa da normal şartlarda vatandaşları yalan makinesine sokmak, her hareketlerini gözetleyip verilerini toplamak veya henüz ilk aşamalarında olan teknolojileri finansal ödemeler yapmak için kullanmak güçtür. Ancak mülteciler ve kayıt dışı göçmenler söz konusu olduğunda bunlara karşı çıkmak veya gündeme getirmek kolay değildir.

### SONUÇ

Son dönemin en popüler kavramlarından biri veriye dayalı karar almadır. Özellikle pandemi zamanında veriye dayanarak siyasi kararlar alma konusu en temel argüman oldu. Burada veriye objektif bir rol yükleniyor, somut bir delil muamelesi yapılıyor ve veri analizi bir konuya işaret ediyorsa onun nötr, objektif bir gerçekliğe denk geldiği savunuluyor.

Şu ana kadarki argümanlar veriye kendinde objektif muamelesi yapmanın yanlışlığını savunuyor. Bu, veri analizinin reddi de değildir, insanlar ve makineleri her gün bir önceki günü arkasında bırakacak kadar büyük veriler üretiyor ve teknik imkânlar sayesinde bunların yapay zeka algoritmaları ile işlenip analiz edilmesi olguları daha detaylı ve derinlikli incelemeyi mümkün kılıyor. Sosyal medyadan, cep telefonu verilerinden, uydulardan, sensörlerden gelen veriler gerçek zamanlı veya gerçek zamana yakın şekilde söz konusu alandaki hareketliliği ve değişimi anlamaya imkan sunuyor (Maxmen, 2019). Ancak bu verinin toplumsal, sınıfsal, sosyal eşitsizlikleri ve mücadeleleri yansıttığı akıldan

çıkarılmamalıdır ve bu yönde analiz yapılırken veriyi üretenlerin kendi içinde ve veri üretenle üretemeyen arasında sınıfsal, sosyal, cinsiyet ve yaş temelli ayrımların olduğunu dikkate almak gereklidir (Hernandez ve Roberts, 2018).

Bununla beraber araştırma konusu mülteciler, kayıtlı ve kayıt dışı göçmenler, zorla yerinden edilenler ve sığınmacılar gibi risk altındaki kesimlerse çok daha dikkatli olmakta fayda var. Bunun öncelikli sebebi büyük veri analizlerinden çıkan sonuçların mültecilerin hak ve özgürlüklerini açıktan reddeden devletler tarafından aleyhlerinde kullanılabilmesi ve akıllı sınır uygulamalarında olduğu gibi daha fazla mültecinin yaşamını yitirmesine neden olabileceğidir. İkinci olarak önemli kısmı travmalar yaşayan, yasal çekinceler ve korkular yaşayan, geldikleri ülkenin dilini, kültürünü, sosyo-ekonomik yapısını yeterince bilmeyen insanların hem kendi içlerinde hem de yerel toplumla aralarında cinsiyet, sınıf ve yaş temelli dijital eşitsizliklerin derin olduğu dikkate alınmalıdır. Cep telefonu verisinden sosyal medya verisine kadar toplanan verilerin analizi yerli topluma nazaran göçmenlerde ve mültecilerde daha küçük bir topluluğun hareket tarzını açığa çıkaracaktır.

Göç çalışmalarında yeni veri kaynaklarını ve metodolojileri incelerken büyük veri analizi değerli ipuçları verse de iki konuya dikkat edilmesi gereklidir. İlki; bu analizin niteliksel araştırmayla güçlendirilmesi ve sentezlenmesi konunun bilimsel analizini güçlendirecektir. Risk altındaki toplulukların sosyolojik, psikolojik ve ekonomik gerçekliklerini anlamada birebir mülakatlar, sosyolojik ve etnografik incelemeler ve tarihsel bir arka planın değerlendirilmesi değerini korumaktadır. Bu araştırmaların göç literatüründen yararlanması da önemlidir. İkinci konu ise veri analizinin mültecilere zarar vermesine engel olacak etik bir yaklaşım sunulmalıdır. Araştırmanın merkezine ve hedeflerine mültecilerin ve göçmenlerin kendileri konulmalıdır, mültecilerin ürettiği verilerle devletleri muhatap alıp onların mülteci karşıtı politikalarına destek olunmamalıdır. Bu da hem karma metodolojiyi hem de çok disiplinli araştırma ekiplerini şart koşmaktadır.

### KAYNAKLAR

- Akhmedova, R. ve Harris, E. (2021). "Politics of Technology: The Use of Artificial Intelligence by U.S. and Canadian Immigration Agencies and Their Impacts on Human Rights" Ed. Korkmaz, E. E. in *Digital Identity, Virtual Borders and Social Media: A Panacea for Migration Governance*. Edward Elgar, 2021.
- Akkerman, M. (2016). *Border Wars: The Arms Dealers Profiting from Europe's Refugee Tragedy*, Transnational Institute and Stop Wapenhandel.
- Angwin, J. (2016). "Machine Bias," ProPublica. <https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing>.
- Bankston, J. (2021). "Migration and smuggling across virtual borders: a European Union case study of internet governance and immigration politics" Ed. Korkmaz, E. E. in *Digital Identity, Virtual Borders and Social Media: A Panacea for Migration Governance*. Edward Elgar, 2021.
- Bansak, K. (2018). Improving Refugee Integration through Data-Driven Algorit-



- hmic Assignment. *Science*, 359(6373): 325-329.
- Beduschi, A. (2018). The Big Data of International Migration: Opportunities and Challenges for States under International Human Rights Law. *Georgetown Journal of International Law*, 49/2: 982-1017.
- Benson, T. (2015). "5 Ways We Must Regulate Drones at the US Border". *Wired.com*. Condé Nast. Available at: <<https://www.wired.com/2015/05/drones-at-the-border/>>. [Erişim Tarihi:19 Haziran 2020].
- Bigo, Didier. (2002). "Security and Immigration: Toward a Critique of the Governmentality of Unease." *Alternatives* 27, no. 1 (Şubat 2002): 63-92.
- Birnam, N. (2019). When Identity Documents and Registration Produce Exclusion: Lessons from Rohingya Experiences in Myanmar. Middle East Centre Blog, 1-12. <https://blogs.lse.ac.uk/mec/2019/05/10/when-identity-documents-and-registration-produce-exclusion-lessons-from-rohingya-experiences-in-myanmar/>
- Burns (2015). "Rethinking big data in digital humanitarianism: Practices, epistemologies, and social relations". *GeoJournal*, 80(4), 477-490.
- Chebel D'apollonia, A. (2012) *Frontiers of Fear: Immigration and Insecurity in the United States and Europe*. Ithaca: Cornell University Press
- Dave, A. (2017). "Digital humanitarians: How big data is changing the face of humanitarian response". *Journal of Bioethical Inquiry*, 14(4): 567-569.
- Franco, M. (2019). "Democrats Want a 'Smart Wall'. That's Trump's Wall by Another Name" *The Guardian*, 14 Şubat 2019, [www.theguardian.com/commentisfree/2019/feb/14/democrats-wall-border-trump-security](http://www.theguardian.com/commentisfree/2019/feb/14/democrats-wall-border-trump-security). Erişim tarihi 23 Eylül 2019.
- Fussell, S. (2019). "The Increase in Drones Used for Border Surveillance." *The Atlantic*, 11 Ekim 2019, [www.theatlantic.com/technology/archive/2019/10/increase-drones-used-border-surveillance/599077/](http://www.theatlantic.com/technology/archive/2019/10/increase-drones-used-border-surveillance/599077/). Erişim tarihi 11 Kasım 2019.
- Gillespie, M; Ampofo, L; Cheesman, M., Faith, B. Iliadou, E; Issa, A. Osseiran, S., Skleparis, D. (2016). *Mapping Refugee Media Journeys Smartphones and Social Media Networks*, The Open University / France Médias Monde, 13 Mayıs 2016
- Ghaffary, S. (2019). "The 'Smarter' Wall: How Drones, Sensors, and AI Are Patrolling the Border." *Vox*, 16 Mayıs 2019, [www.vox.com/recorde/2019/5/16/18511583/smart-border-wall-drones-sensors-ai](http://www.vox.com/recorde/2019/5/16/18511583/smart-border-wall-drones-sensors-ai). Erişim tarihi 8 Mart 2020.
- Greenhill, K. M. (2020). *Weapons of Mass Migration: Forced Displacement, Coercion, and Foreign Policy*, Cornell Studies in Security Affairs.
- Hernandez, K ve Roberts, T. (2018). "Leaving No One Behind in a Digital World", *The K4D Emerging Issues Report Series*, Institute of Development Studies, Kasım 2018.
- ICRC, & Privacy International. (2018). The Humanitarian Metadata Problem: "Doing No Harm" in the Digital Era. <https://privacyinternational.org/report/2509/humanitarian-metadata-problem-doing-no-harm-digital-era>
- Interaction (2003). *Data Collection in Humanitarian Response: A Guide for Incorporating Protection*, [https://www.globalprotectioncluster.org/\\_assets/files/tools\\_and\\_guidance/InterAction\\_Guide\\_Incorporating\\_Protection\\_2003\\_EN.pdf](https://www.globalprotectioncluster.org/_assets/files/tools_and_guidance/InterAction_Guide_Incorporating_Protection_2003_EN.pdf)
- Kaurin, D. (2019). Data Protection and Digital Agency for Refugees. World Refugee Council Research Paper, (12). [https://www.cigionline.org/sites/default/files/documents/WRC\\_Research\\_Paper\\_no.12.pdf](https://www.cigionline.org/sites/default/files/documents/WRC_Research_Paper_no.12.pdf)
- Keung, N. (2017). "Canadian immigration applications could soon be assessed by computers," *Toronto Star*. <https://www.thestar.com/news/immigration/2017/01/05/immigration-applications-could-soon-be-assessed-by-computers.html>.
- Korkmaz, E.E., Salah, A., Bircan, T. (2021). *Data Science for Migration and Mobility*, Oxford University Press
- Korkmaz, E.E., Slavin, A., Putz, F. (2021). *Digital Identity: An Analysis for the Humanitarian Sector*, IFRC, Geneva
- Latonero, M. ve Kift, P. (2018). "On Digital Passages and Borders: Refugees and the New Infrastructure for Movement and Control", *Social Media + Society*, January-March 2018: 1-11
- Latonero, M., Poole, D., Berens, J. (2018). *Refugee Connectivity: A Survey of Mobile Phones, Mental Health and Privacy at a Syrian Refugee Camp in Greece*,
- Harvard Humanitarian Initiative and the Data & Society Research Institute, Mart 2018.
- Madianou, M. (2019). "Technocolonialism: Digital Innovation and Data Practices in the Humanitarian Response to Refugee Crises", *Social Media + Society*, Temmuz-Eylül 2019: 1-13 Sage
- Maxmen (2019). "Can tracking people through phone-call data improve lives?", *Nature*, 29/05/2019, <https://www.nature.com/articles/d41586-019-01679-5>
- Michel, H. M. (2015). "Customs and border protection drones". Drone Center, <https://dronecenter.bard.edu/customs-and-border-protection-drones/>. Erişim Tarihi: 8 Haziran 2020.
- Molnar, P. ve Gill, L. (2018). "Bots at the Gate: A Human Rights Analysis of Automated Decision-Making in Canada's Immigration and Refugee System". International Human Rights Program and the Citizen Lab. <https://citizenlab.ca/wp-content/uploads/2018/09/IHRP-Automated-Systems-Report-Web-V2.pdf>. Erişim Tarihi 10 Haziran 2020.
- ResponsibleData (2019) Open Letter to WFP re: Palantir Agreement, <https://responsibledata.io/2019/02/08/open-letter-to-wfp-re-palantir-agreement/> 08/02/2019
- Rohrlich, J. (2020). "Court document shows US troops surveilling migrants at the Mexico border." *Quartz*. <https://qz.com/1815249/us-troops-are-surveilling-migrants-along-the-border-with-mexico/> Erişim Tarihi 15 Mayıs 2020.
- UNCTAD (2018) *Harnessing Frontier Technologies for Sustainable Development*, United Nations Conference on Trade and Development, Geneva 2018.
- World Food Programme, (2019a). Palantir and WFP partner to help transform global humanitarian delivery, <https://www.wfp.org/news/palantir-and-wfp-partner-help-transform-global-humanitarian-delivery>, 05/02/2019
- World Food Programme, (2019b). World Food Programme begins partial suspension of aid in Yemen, <https://www.wfp.org/news/world-food-programme-begins-partial-suspension-aid-yemen>
- Zuboff, S. (2019). *The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*, Profile Nooks

# **SÖYLEŞİ: PROF. DR. CİHAN DEMİRCİ TANSEL**

# EVİRİMİ ANLATMAK BİR AYDINLANMA MÜCADELESİDİR: PROF. DR. CİHAN DEMİRCİ TANSEL

Röportaj: Zelal Özgür Durmuş

Çözümleme: Hakan Mutlu

*Madde, Diyalektik ve Toplum Dergisi'nin bu sayısında fizyoloji alanında uzmanlaşan Prof. Dr. Cihan Demirci Tansel ile söyleşi gerçekleştirdik. 1980'lerin başında üniversiteye başlayan hocamız kendi üniversite yıllarındaki bilimsel ve siyasal atmosfer ile bugünkü durumu karşılaştırıyor. Türkiye Akademisinde, evrimsel perspektifin bilimsel araştırma sürecinde edinebildiği yeri tartışıyor. Son kırk yıla damgasını vuran evrim savunma mücadelesinin seyrini kendi deneyiminden anlatıyor.*



Prof. Dr. Cihan Demirci Tansel

**Hoş geldiniz hocam. Bu sayıda uzun süren bir mücadelenin, bugün de devam eden bir mücadelenin resmini dergi okurlarına yansıtmaya çalışacağız. Ülkemizde özellikle evrim bilimindeki geriye gidişi, bu gerileyişe karşı mücadeleyi eylemlerinizden ve gözlemlerinizden dinlemek istiyoruz. Ama önce biraz erken dönemden başlamak istiyoruz. İstanbul Üniversitesi'ni kazanınca mı İstanbul'a geldiniz? Lisedeki eğitiminiz nasıldı? Bugün ile kıyasarsak bilimsel bilgi aktarımı açısından, öğretenlerin aydınlanmacı duruşu açısından bir fark var mıydı? Ve devam edersek kaç yılında üniversiteye girdiniz? Yaşadığınız o yılların atmosferini biraz anlatabilir misiniz?**

Hayır, Isparta'da doğdum ve İstanbul'a ilkokulu bitirdikten sonra geldik. Burada sevgili Babacığımın bizleri okutma arzusu ağır basıyordu ve bulunduğumuz şehirde, ki yıl 1973, üniversite yoktu. O nedenle eğitiminizin eksiksiz olabilmesi için ailem işini İstanbul'a taşıdı. Lise yıllarımı İstanbul Kız Lisesi gibi köklü bir lisede geçirdim ve son derece aydın öğretmenlerim oldu. Biyoloji derslerinde "yaratılış"tan söz edilmedi ve zorlanarak geçtiğim ancak sevdiğim ders olarak kaldı. Bugünün eğitimi ile kıyaslanamayacak kadar iyiydi, ortaokul ve lise bitirme sınavlarımız vardı hakikaten bilimsel açıdan da oldukça dolu yetişmiştik. Ancak ülkenin karmaşası başlamıştı. Bu karmaşa liselere kadar indirilmeye çalışılmıştı; kısacası 1980 darbesinin ayak seslerini lisede iken hissetmiştik. Hatta bizim iyi bir eğitim almamız için özveride bulunarak şehir değiştiren ailem üniversiteyi kazanınca başıma bir şeyler gelmesinden endişe etmeye başlamıştı. Ülkede karmaşanın olduğu bu or-

tamda lise bitti ve üniversiteye adım attım. Ancak ne yazık ki artan olaylar yüzünde o Eylül'de heyecan içinde üniversiteli olmanın ve fakülteye gidebilmenin hayalini kurarken üniversitelerde eğitime ara veriliyordu; umutla verilen sürenin dolmasını beklerken yeniden uzatılıyordu. Şimdi düşününce gerçekten acı verici. Böylece Eylül-Ağustos arasını evlerinde ya da nezarethanelerde geçiren bir kuşak olarak yaz ortasında derslerimize başlayabilmıştik. Tabii bugün geri dönüp baktığımızda bu ülkenin gençlerinin birbirine düşman edilip çatışma ortamına çekildiğini, bunun sonunda da 1980 darbesinin meşrulaştırılmaya çalışıldığını anlıyoruz. Gelen darbe ile birlikte biz amfide eli silahlı jandarma ile ders izliyorduk, küçücük bir hareket, bir afiş, bir söz göz altına alınma nedeni oluyordu.

**Peki İstanbul Üniversitesi'ni ve biyoloji bölümünü biraz anlatır mısınız? Nasıl bir geleneği var merak ediyoruz. Örneğin Nazi yönetimindeki Almanya'yı terk edip gelen akademisyenlerin İstanbul Üniversitesi'nde işe başladıklarını biliyoruz. Etkisi sürüyor muydu?**

İstanbul Üniversitesi Biyoloji bölümünde bizler şanslıydık; çünkü fakültemiz, Almanya'dan -Atatürk'ün muhteşem görüşüyle- davet edilmiş, senin de belirttiğin gibi Naziler'den kaçan hocaların kurduğu şahane bir biyoloji bölümü idi. Curt Kosswig, hep, saygı ve minnetle andığımız, hocamın hocası idi. Kendisinden bunu o kadar çok dinledim ki âdeta tanıyorum. Hani bir büyükbabamız gibi hissettik. O günün koşullarında Türkiye'deki öğrencilerine doğada biyoloji öğreten; Almanya'dan getirdiği örneklerle bugün Türkiye'nin en mükemmel zooloji ko-

leksiyonlarından birinin temelini atmış bir bilim insanının yetiştirdiği hocalar ile okudum. İnanılmaz keyifti! Hepsisi de son derece titiz, aydın insanlardı ve bu siyasal süreçte çok sıkıntılar çekmişlerdi, kapıları işaretlenmiş; Cumhuriyet gazetesi okuyanlar dışlanmış, inanılmaz günler geçirerek ayakta kalmışlardı. Bizleri yetiştiren iyi bir grubun öğrencisi olarak 1982’lerde mezun olup, hiç düşünmediğim hâlde kendimi birdenbire yüksek lisans yaparken buldum.

**Bilim insanı olmak başlangıçtaki hedefiniz değildi, zamanla gelişti öyleyse. Evrim teorisinin sizin bilim alanınızdaki gücünü nasıl anladınız? Üniversitede yeni kuşaklara öğretimi nasıl gerçekleştiriyor?**

Tıp Fakültesi okumak isteyen bir insandım; kazara biyolojide buldum kendimi. Burası çok ilginçtir: beş puanlık farkla biyolojide buldum. Dolayısıyla bilimsel araştırma alanında daha çok insan sağlığına yönelik araştırmalar yapmaya özen gösterdim ve fizyoloji çalıştım. Böbrek patolojisi, sepsis, diyabet, mikrosirkülasyon vs. derken fizyolojinin yanında olmazsa olmaz gibi göründü evrim. Okuyarak daha çok evrimle ilişkili gelişimimi sürdürdüm. Sonra da evrim dersini vermekte olan hocalarımızın emekli olmasıyla ben sorumluluk alabileceğimi düşündüm. Biyolojiyi bilim yapan bence evrim teorisi ve birisinin bunu öğretmesi gerekiyordu. Sonuçta yaklaşık 20 yıldır biyoloji öğrencilerine biyolojik evrim dersi veriyorum. Daha sonra insan evrimini hiç kimsenin doğru dürüst bilmediğini fark edince seçmeli ders olarak açmayı önerdim, kabul edildi. Halen insan evrimi, evrimsel fizyoloji gibi derslerle gerçekte keyif alarak gençlere destek olmaya çalışıyorum.



Fotoğraf 1. Cihan Demirci, Üniversite yılları, 1988.

**Üniversitenizdeki genel durum nedir? Evrim dersleri nasıl geçiyor? Veyahut evrim karşıtı akademisyen var mı?**

Almanya’dan gelen hocaların kurmuş ve temellerini atmış olduğu İstanbul Üniversitesi Biyoloji Bölümü, ger-

çekten hâlen Türkiye’nin en iyilerinden biri. Daha sonra ODTÜ Biyoloji ve Boğaziçi de ilave oldu; ama onlar daha çok modern ve moleküler biyoloji alanlarında ağır baskarken İÜ Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü doğa ve canlı bilimi odaklı olarak uzun yıllardır var olan geleneğini sürdürüyor. Tabii ki gençler de kuşaktan kuşağa bu geleneğe sahip çıkmaya çalıştı ve hep birbirimizi yetiştirdik. Şu an bölümümüzde evrim karşıtı hiçbir arkadaşımızın olmadığını söyleyebilirim; ama evrim derslerine talip olma konusunda zorlandığımızı belirtebilirim gerçekten. Genç bilimci arkadaşlarımız eğer belli bir birikimi yoksa pek cesaret edemiyorlar; çünkü provokasyona çok açık dersler, anlamak değil tahrik etmek için sorular sorulabiliyor. Bu ortamda eğer uzun süreli, kuvvetli bir okuma yoksa gençler ders verirken zorlanacağını düşünüyor. Ama dediğim gibi ben 80’li yıllarda Atif Şengün hocamızdan minnacık bir “Evolüsyon” kitabı ile başladım derslere. Ne olduğunu iyi anlamadığımız fakat son derece inanarak, güvenerek keyifli bir “Evolüsyon” (o zaman evolüsyon olarak Türkçeleştirilmişti) bilgisi edinmiştik. Bugünkü bilimsel bilginin inanın 80’lerde, nasıl söylesen, yüzde yirmisi bile yoktu ve biz ona rağmen, evrimi anlamaya ve anlatmaya çalışmıştık. Çünkü bilimsel araştırma yapmak için omurgaydı. Daha sonra genç arkadaşların katkısıyla biyolojide 90’lı yıllardan itibaren ciddi evrim dersleri verilmeye başladı. Hele ki 2000’li yıllar artık Türkiye’de kitapçıların raflarında evrimin genel geçer kurallarını anlatan ve kabul gören çok sayıda yayın takip edemediğimiz bir düzeye geldi. Bunu da gerçekten gençlere borçluyuz.



Fotoğraf 2. Cihan Demirci, Prof. Dr. Gönül Bara ile birlikte, 1984 (oturanlardan ikincisi).

Diyeceğim gibi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü hakikaten köklü olarak bu işe sahip çıkmaya çalıştı. Ancak popülasyon genetiği ve moleküler biyoloji çalışmaları dışında ciddi anlamda evrimsel çalışma da yapamadık. Açıkçası şu anda moleküler biyoloji yöntemleriyle sistematik alanında bir grup arkadaşımız bir şeyler yapmaya çalışıyor. Ama tabii evrim laboratuvar dışında da, aslında, felsefenin ve biyolojinin temeli. Her biyoloğun evrimi doya doya yaşaması lazım. Sadece üniversite içinde değil, topluma da taşıma sorumluluğumuz var, inanın sokakta da en fazla bu soruyla karşılaşıyoruz: “Evrim nedir? Maymundan mı geldik?” Bu soruyu her biyolo-



ğa bir insanın sorduğuna şahidiz. Dolayısıyla kişi gerek kendisi gerekse kurumundaki aldığı eğitimle bu konuda kendisini geliştirmek zorunda diye düşünüyorum.



Fotoğraf 3. Cihan Demirci, Prof. Dr. Saime Hacer Özarslan ile birlikte, 1984.

**1980'lerde başlayan evrim karşıtlığı ilk ve orta öğretimden üniversiteye doğru yayıldı. Resmi, gayri resmi bütün olanaklar kullanıldı. Bu karşı örgütlü bir mücadele de yürütüldü. Biraz bu tarihi anlatır mısınız?**

Bizim fakültemize uzanmamıştı; ama 80'ler değil de daha sonrasında AKP iktidarı ile birlikte, diyeceğim, her yerde konferans düzenlemek, seminer düzenlemek oldukça zorlaşmıştı. İşte, mutlaka provokasyon çabasına maruz kalıyorduk. O nedenle de birçok kereler, örneğin 2012'lerde Nazım Hikmet Kültür Merkezi'nde arkadaşlarımızın düzenlediği pek çok toplantı oldu. 2000'den sonra, artık üniversiteler bir süre durdu. Ancak ODTÜ ve Boğaziçi'ndeki evrim merkezli sempozyumlar, konferanslar çok önemli. Özellikle ODTÜ'de Aykut Kence hocayı anmadan geçemeyiz. O inanılmaz bir mücadele vermişti. Özellikle Türkiye'de liselerde evrim eğitiminin-öğretiminin yavaşlaması, Amerika'dan ithal edilip Evanjelistlerin politikasıyla yaradılış, akıllı tasarım gibi bilim dışı akımların 1985'te resmi makamlar ile Türkiye'ye girmesi gibi dönemeçlerin takipçisi olmuştur Aykut Hoca.

Ben, pek çok Millî Eğitim Bakanı'nın adını bilmem ama Hasan Âli Yücel'i bilirim şahane olarak; bir de adını anmayı istemediğimiz Vehbi Dinçer'leri... O zaman Amerika'ya gidip gelip çok dindar geçinen bakanların Türkiye'de evrim karşıtlığını hayata geçirdiği, kitaplardan evrim anlatımını çıkardığı, yaradılış geçirdiği, çok ciddi hamleleri yaptığı yıllardı. Tabii bunun geçmişinde askerî idare var, komünizmin alıp başını gidebilecek gücünden korkmaları, "Din elden gidiyor!" korkuları, daha doğrusu biat edecek, sakın gençler yetiştirebilmek adına dini öne çıkarıp bilimi arkaya atma hedefi var. Sorgulayan gençler azalırca çok daha rahat toplum idare edilebilirdi. Gerçekten de öyle oldu. Bugüne geldiğimizde bunun acılarını hep birlikte yaşıyoruz. Tabii hakikaten, takdirle Boğaziçi'nde ve ODTÜ'de etkinliklerin sürdürü-

lebildiğini görmek bizi mutlu ediyor. Ama onun dışında da resmi olarak yok sayılan bilimsel düşünce, biraz önce söylediğim gibi, kaçınılmaz bir şekilde kendini dayatıyor. Kitapçı raflarında bol miktarda okuyacağımız malzeme var. Ayrıca COVID-19 salgını şu süreçte insanlara mutasyonu öğretti, evrimi düşündürdü. Dolayısıyla ben çok endişeli değilim, bilimsel çalışmaları da bir parça daha çok çalışarak iyi bir yere getireceğimize inanıyorum.

**2000'li yıllarda nasıl bir değişim gözlüyorsunuz? Toplumunu dinselikleştirme programının çok önemli bir ayağı olarak eğitim de her düzeyde şekillendirilmeye çalışılıyor.**

2000'li yıllar gerçekten Türkiye'de bir şeylerin kökünden değişmeye başladığı yıllardı. Çok iyi hatırlıyorum, 1999 Depremi. Öğrenciler nerede yurt bulacak, nerede burs bulacak, nerede kalacak diye büyük bir telaş içinde. Ve biz de o zaman İstanbul Üniversitesi'nde tek merkezden kayıtları alıyoruz. Bütün İstanbul Üniversitesi, Avcılar Kampüsü'nde toplanıyor, öğrencilerimize yurt ve burs sağlayarak hayatlarını kolaylaştırmaya çalışıyoruz. Ama o aşamada gördüklerim beni çok şaşırtmıştı. Kampüs kapısının önüne tarikat minibüsleri gelmiş... Bu unutamadığım anılardandır. Ve her biri öğrencileri yakasından paçasından tutup "Sana burs, yurt..." vs. diyerek öğrenci avındaydılar tabiri caizse. Biz de tam tersi "Devlet yurdunda kalmalısın" "Devlet bursu almalısın" diye öğrencilerimize yol göstermeye çalışıyorduk. İşte 1999'dan daha önce başlamış bir süreç idi. Bugün Feto terör örgütü denen yapılanma da 1980'lerde temelini atmıştı. Pek çok aydın ki bunlardan biri sevgili hocam Türkan Saylan 1997'de bir Siyaset Meydanı programında toplumu uyarıyor ve gençlerimiz adına daha sıkı mücadele ediyordu. Bunu aslında 1989'da Erbakan ve dini akımın başlaması ile birlikte ülkesini ve gençleri düşünen bir grup aydın arkadaşı ile ki fikir annesi Prof. Dr. Aysel Eksi'dir, Çağdaş Yaşamı Destekleme Derneği'ni kuruyorlar. Gördüğümüz gibi 1980'ler gericiliğin hazırlığı, 1989'lar rejim değiştirme çabalarının başlangıcı ve aydınların başlattığı mücadeleler halen devam etmekte. 2002'ler ise AKP iktidarının ülkeyi ele geçirmesi ve geldiğimiz nokta. O süreçte işte, cumhurbaşkanlığı seçimi, başbakanlığın AKP'ye doğru geçiyor olması, Cumhuriyet mitingleri, inanılmaz... Bilemiyorum gençler hatırlar mı o günleri. Çok ciddi bugünün kötü temellerinin atılmaya başladığı bir dönemdi. Ve o süreçte bizim yakalayamadığımız öğrenciler Fethullah Gülen'in evlerinde kalmaya mahkûm olduktan birkaç ay sonra koşu koşu gelip bizi buluyor "Hocam bizi kurtarın!" diyorlardı, akli başında olan çocuklar. Çünkü dogmatik düşünceye yönlendiriyor, sabahın beşinde onlardan çok özel şeyler istiyorlardı. Böyle doldurulan bir çocuğa evrimi anlatmak zor, sorgulamayı anlatmak da zor. Kurtarabildiğimiz kadarını kurtarabiliyorduk; ama birçoğu da gerçekten -işte gördük 15 Temmuz'da- o yöne doğru gidebildi.

Yani bu ideoloji, aslında evrimi bir araç olarak kullanı-

yor. Korkuyla, dinin elden gitme iddiasıyla, sorgulamaya izin vermemekle "Evrim ateist yetiştirir!", "Evrim yalandır!", "Canlılık 80 yıldır, 800 yıldır, 1000 yıldır değişmemiştir!" diyerek ortalıkta cirrit atıyorlardı. Adnan Oktar gibi Amerika'nın ihraç ettiği, bilimle uzaktan yakından ilgisi olmayan insanlar onlarca yıl gençlere ulaştı, ulaşmasına izin verildi. O vakitler internete Harun Yahya, hatta evrim diye girdiğinizde onun sitelerine ulaşıyordunuz ve gerçek evrim sitelerinden çok daha fazlalardı. Son derece hadsiz, gereksiz bir şekilde boşu boşuna bilimden uzak oyalanmalarla geçmiş bir dönem diyebiliriz. "Çok şükür!" diyeceğim, umuyorum devamı gelmez. Ama bunlar bitmeyecektir. Biz ne kadar çok aydın yetiştirebilir, ne kadar çok sorgulayabilen genç yetiştirebilirsek bunlardan kurtulabiliriz diye düşünüyorum.

### **Aynı yıllarda, tersinden, aydın yetiştirmeye çalışan kurumlar örneğin Çağdaş Yaşamı Destekleme Derneği (ÇYDD) suçlu gibi soruşturmayla uğruyordu.**

Evet. Biliyorsunuz Fethullahçılar o kadar ileri gitmişti ki aydın yetiştirmeye çalışan, sorgulayan genç yetiştirmeye çalışan her türlü kurumu yok etmek adına tezgâh kurulmuşlardı. 2009 yılında sahte birtakım belgelerle, gereksiz yere, "Ergenekon" denen, ortalıkta olmayan bir kumpas ile aydınları neredeyse silip süpürmeye çalıştılar. O süreçte ben de nasibimi aldım. 2009 yılıydı, bir sabah kapımız çalındı. Birdenbire altı-yedi polis (ve ben evde yalnızım) apar topar beni aldılar. Vatan Caddesi'nin en alt katında, bodrumda bir nezarethaneye attılar. Dört gün dört gece orada ilginç günler yaşadık. Suçumuz da Çağdaş Yaşamı Destekleme Derneği'nde öğrencilere burs vermektir. Ve suçlamalardan biri de -bunu hep söylerim, çok enteresan- Kuleli Askerî Lisesi'ne Kandilli Kız Lisesi'nde okuyan ÇYDD'nin burslu öğrencilerini göndererek darbe yapma planıymış... Bunu düşünebiliyor musunuz? Yani anlatmak istediğim şu: başınızı kaldırıp aydınlanma adına adım atıyorsanız cemaatler, başta da Fethullah Gülen olmak üzere, rejimi/sistemi değiştirmeye çalışanlar çeşitli yollarla sizi baskılamaya çalışıyor. Ama gerçeklerin su yüzüne çıkmak gibi bir özelliği vardır. Sadece bize zaman kaybettirir. Gördüğünüz gibi bütün o süreç bitti; şimdi kendileri birbirleriyle uğraşıyorlar diyebiliriz.

**2009 Yılında Darwin'in 200. yaşını kutladık. Türlerin Kökeni kitabının ilk basımının ise 150. yılı idi. Böyle bir yılda TÜBİTAK'taki dönüşüm ise Darwin'i ve evrimi sansürlemeye vardı. Bu tutuma karşı İstanbul'da ve Ankara'da eylemler yapılmıştı. Sonrasında büyük bir kutlama ile Boğaziçi'nde Evrim, Bilim ve Eğitim Sempozyumu yapmıştık. Sizin hafızanızda nasıl yer ediyor o günler? Detaylandırırsanız seviniriz...**

2009 yılı gerçekten Darwin ve evrim açısından önemli bir yıldır. Ama Türkiye'de artık bu Fethullah'ın zirveye ulaştığı, etkin olduğu, bütün askeriye, polisi, eğitimi ele geçirdiği bir dönemde TÜBİTAK'ı eli geçirmemesi düşünülemezdi. Dolayısıyla o yıl Bilim Teknik Dergi-

si'nin Darwin'le ilgili bir kapak ve dosya ile basılması ne yazık ki yasaklandı. Hepimiz isyan ettik! Ama onun arkasından biz İstanbul Üniversitesi'nde farklı bir şey yaptık -Aykut Hoca da vardı bu işin içinde. Öğretmenlere bilim sempozyumları düzenlemeye başladık; "21. Yüzyılın Bilimi: Biyolojideki Gelişmeler" diye. O zaman Millî Eğitim Müdürü Ömer Balıbey'di, şahane bir insandı. İstanbul'daki öğretmenleri Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü'ne getirip iki gün süren bir evrim sempozyumu yaptık. Çok enteresandı! Sabah açılış konuşması yapılıyor; öğretmenlerden sadece 10 kişi, 15 kişi vardı. İnanamazsınız! Millî Eğitim Müdürü orada ve öğretmenler yok! Çünkü adı "Evrim Sempozyumu", evrim hakkında lise öğretmenlerine bilgi verilecek... Çoğu yerde okul idaresi izin vermemiş öğretmenlere. Çıkıp gelememişler. Hemen Balıbey müdürlüğe gittikten sonra okullara bir faks çekiyor -o zaman internet falan yok- öğleyin 500 öğretmen toplanmıştı ve iki gün süren sempozyum yapıldı. Tabii bu böyle de kalmadı, mecliste soruşturma önergesi verildi "Öğretmenlere evrim dersi anlatılıyor!". İşte böyle zorlu süreçlerden geçtik. Bir biyoloji öğretmenin evrimi bilmesi kadar ve öğrencisine aktarması kadar doğal bir şey yok iken, bu 2009'da, genel olarak 2000'lerde gerçekten zor işlerdi.

2009'lar, dediğimiz gibi, gerçekten aydın insanların bir noktada isyan etmeye başladığı dönem oldu. Özellikle de bu evrim karşıtlığının gittikçe artmış olması, tarihatların pıtrak gibi çoğalması, gençleri -gözleyebildiğim- evrim sempozyumlarına yönlendirdi ve korkunç katliamlara kapı açtı. Üç/dört gün süren, koca amfilerin dolduğu, insana umut veren, aydın gençlerimizin varlığını gösteren sempozyumlar düzenlendi. Hâlen devam ediyor; her yıl hem ODTÜ'de hem Boğaziçi'nde sevgili arkadaşlarımız bunu sürdürüyorlar. Belli dönemlerde ben de gidip küçük bir konferans, bir sunum yaparak katkıda bulunmaya çalışıyorum. Sanıyorum devam da edecek, bu pandemi sürecinde biraz askıya alınsa da... Artık, hani, tabiri caizse "nehir taşı." Kimse önüne çıkıp da bunu engelleyemez. Özellikle bilim durdurulamaz diye düşünüyorum.

**Yine önemli protestolardan birisi 2012 yılında Yarattılış Kongresini bir üniversitede, Marmara Üniversitesi'nde yapma girişimine karşı olmuştu. Çok güçlü bir ses yükseldi, rektörlüğe ve YÖK'e dilekçeler yazıldı, kamuoyuna açıklamalar yapıldı, birçok kişi tarafından sorgulandı kongre. Siz de yine ısrarla, göstermelik de olsa yapılan kongreye karşı Haydarpaşa Kampüsü'nde yinediniz...**

Aydınlanma mücadelesi aslında yüz yıllardır süren bir mücadele. Ama ne yazık ki Türkiye'de 400'e yakın tarikat korkunç bir şekilde çalışıyor, biri batıyor biri çıkıyor. Biz ne kadar evrim sempozyumları yapsak, kitaplar yayımlasak da tarikatlar tam tersine, işte, bir yerlerde tanrıyı aramaya, varlığını ispatlamaya çalışan sempozyumlar düzenlemeye kalkışıyor. Bununla ilgili olarak 2012'de Marmara Üniversitesi gibi bir devlet üniversitesi

tesisi –ki onun da bir biyoloji bölümü var, bilimden yana olması gerekirken- böyle bir sempozyuma ev sahipliği yapmaya kalktı. İnanılır gibi değildi! Hani, bilim elle tutulur, gözle görülür, deneylerle kanıtlanırdı. Ama evrim karşıtlarının bizim karşımızda sunabileceği bir tek bilimsel makale yok. Dinî kitaplara dayandırıyorlar düşüncelerini, buradan kalkarak ispatlamaya çalışıyorlar. Bu bilimsel yöntem değil. Başka bir şey.

Tabii biz evrimi anlatmaya çalışan insanlar olarak dilekçeler, itirazlar, “Böyle bir şey olamaz! 21. Yüzyılın Türkiye’sinde bu kabul edilemez!” diye ne kadar mücadele ettikse kabul ettiremedik. Sempozyum yapıldı. Biz de Haydarpaşa’daki Marmara Üniversitesi kampüsünde bir grup arkadaşla bahçede “Evrim dersi yapalım,” dedik. Pankartlar hazırladık. Hattâ ben hiç unutmuyorum, hardal bitkisiyle lahanaya götürmüştüm. Evrimin en güzel kanıtlarındandır biliyorsunuz: yabanî hardal bitkisinin lahanaya, karnabahara, brokoliye seçim ile dönüştürülmesi son derece kanıtlayıcı bir şey. Sonuç olarak orada ciddi bir şey de yaşandı, “Yapamazsınız, giremezsiniz” dedi rektörlük. Girdik, içerden arkadaşlarımızın yardımıyla bahçede eylemimizi yaptık. Ardından, üzerinden 10-15 gün geçti, benim evime bir sarı zarf geldi. “İnsanlığa hakaret!” Neden? “Maymun ile insan genomu %98,8 benzerdir.” dedim diye birisi CİMER’e yazmış, suç duyurusunda bulunmuş. İşte “Vatan Caddesi’ne buyrun, sorgulamaya gelin” dediler. Ben kalktım gittim Vatan Caddesi’ne –ki çok yeni bir süreçte de “Ergenekon”dan dolayı Vatan Caddesi’nden yeni dönmüştüm. İkinci kez gittik. Bir ifade verdik. Sonuçta tabii ki bilimsel gerçekler yadsınamaz. Hiçbir şey çıkmadı. Çıkmayacağı da belliydi; ama burada anlatmaya çalıştığım şey “Acaba yıldı-rabilir miyiz? Acaba susturabilir miyiz?” diye karşı taraf durmadan icat çıkarıyor. Bunu zaten hepimiz biliyoruz. Cumhuriyet kurulduğu günden beri Atatürk ne mücadeleler verdi. Hani, bir güzel devrim vardır; karşısına mutlaka bir karşı devrim çıkar. Burada da işte “Evrim mi, yaradılış mı?” sorularıyla ortalığı bulandırmak, kafaları karıştırmak, bilimden uzaklaştırmak gibi bir felsefe izlenmekte. Ama hiç değilse artık günümüzde durulur mu, diye düşünüyorum. Şu salgın günleri bilimin ne kadar önemli olduğunu son iki yılda bize gösterdi. Aşı için neler çekiyoruz? Hâlbuki bilime verdiğimiz değer devam etseydi biz mutasyonlu virüsü çok daha erken bulabilir, aşırı çok daha çabuk yapabilirdik ve aşı aldık/alamadık sıkıntılarını yaşamayacaktık. Gerçekten evrimi, doğayı, bilimi iyi öğretebilmiş olsa idik ya da sahip çıkabilseydik, küçücük de bir yatırım yapsaydık –çok büyük değil, küçücük- bugün bu noktaya gelmez idik. Maskelerle dolaşmazık, çok daha erken aşımızı olurduk, gelişmiş toplumlarda olduğu gibi diye düşünüyorum. Bunda bile evrimi iyi öğrenememenin yattığını varsayıyorum -varsaymıyorum, kesinlikle söylüyorum.

**Şunu çıkarabiliriz o vakit; evrim teorisinin öğretilmesi için verilen mücadele aydınlanma mücadelesinden ayrı düşünülemez. İkisinin birlikteliği için neler söylemek istersiniz?**

Evrim teorisinin öğretilmesi için verilen mücadele eşittir aydınlanma mücadelesi aslında. Bugün bilim açısından TÜBİTAK gibi müthiş bir bilimsel kurumumuz olmasına rağmen seçici davranmakta, enteresan projelere para yatırırken evrim ile ilgili olanları göz ardı edebilmekte... Hattâ liseler arası yapılan projelerde bile son derece komik, bilimden irak şeylere ödüller verir iken, ciddi projeleri gerek siyasî görüş açısından öğretim üyesi seçmek, gerekse içinde evrim geçiyor diye daha başlığını görürken elemek gibi şeyler aydınlanmak için adım atan genç bilim insanlarına hiç hoş örnekler olmuyor. Dolayısıyla öncelikle bizim bu bilimsel projeleri destekleyen kurumlarımızın tarafsız olması, pozitif bilime yatırım yapması, aydınlanmanın önündeki en önemli maddelerden biri olmalı. Daha çok işimiz var gibi görünüyor; ama umutsuzluğa yer yok. Aydınlanmak evrim öğretisinden, bilimden geçer.

Unutmayalım ki evrim salt biyolojinin bir alt kolu değil. Canlıya ait her yerde. Her insanın bir parça “Nereden geldim? Nereye gidiyorum? Canlılığın kökeni nedir?” diye sorgulaması gerekiyor. Ama bunun karşısındaki yaradılış ise asla sorgulatmayan, dinî kitapların söylediğini hatmettirip onları uygulatan bir çelişkidir. İki tamamen apayrı şeyler. O nedenle de dilerim bol evrimli günler geçiririz ve evrim öğretisinden vazgeçmeyiz. Vazgeçenler de bir an önce bu yanlıştan döner. Daha ilkokuldayken, ana sınıfındayken bunun temellerini atar isek o zaman aydın bir toplum hâline gelebiliriz ve Bilim ve Aydınlanma Akademisi kurmak ya da sempozyumlar yapmak zorunda kalmayız. Bunlar doğal olarak gelişir. Bana bu fırsatı verdiği için Bilim ve Aydınlanma Akademisi’ne –akademimize- teşekkür ediyorum. Çünkü kuruluşunda ben de yer almıştım. İyi ki varlar! Umarım okuyanı bol olur, izleyeni bol olur.

**Teşekkür ederiz hocam. Siz de iyi ki varsınız...**



# EXPLAINING EVOLUTION IS A STRUGGLE FOR ENLIGHTENMENT: PROF. DR. CİHAN DEMİRCİ TANSEL

**Interview: Zelal Özgür Durmuş**

**Translation: Eda Şamiloğlu**

*In this issue of the Journal of Matter, Dialectics and Society, we interviewed Prof. Dr. Cihan Demirci Tansel who specializes in physiology. Professor, who started university in the early 1980s, compares the scientific and political atmosphere of his university years with the current situation. At the Turkish Academy, she discusses the place of the evolutionary perspective in the scientific research process. She tells the course of the struggle of defending evolution, which has been lasting for the last forty years, based on her own experience.*



Prof. Dr. Cihan Demirci Tansel

**Welcome, Prof. Tansel. In this issue, we will try to reflect to our readers a picture of a long-lasting struggle, a struggle that continues even today. We would like to hear about your observations and actions on the regression in the field of evolution in our country. But first we want to start with earlier times. Did you first come to Istanbul when you started studying at Istanbul University? How was your education in high school? If we compare it with today, was there a difference in terms of the transfer of scientific knowledge and the enlightened stance of the teachers? And in which year did you start university? Can you tell us a little about the atmosphere of those years?**

No, I was born Isparta and then we came to Istanbul after I finished elementary school. My dear father's desire to educate us has outweighed and in our city there was no university in 1973. That's why my family moved their business to Istanbul so that our education could be complete. I spent my high school years in a well-established high school, İstanbul Kız Lisesi and had extremely enlightened teachers. "Creation" was not mentioned in biology classes. I had a hard time passing it but I loved it. It was too good to compare with today's education, we had middle school and high school graduation exams, and we were quite educated scientifically. However, the turmoil of the country had begun. This turmoil was tried to be instilled to high schools; in short, we felt the footsteps of the 1980 coup while we were in high school. In fact, my family, who made a sacrifice by moving from the city for us to get a good education, started to worry that something would happen to me when

I enter the university. In this environment of chaos in the country, I completed high school, and I stepped into university. Unfortunately, because of the increasing chaos, while I was dreaming of being a university student and going to the campus in September, education was interrupted in universities. The duration of interruption was being extended again and again while I hopefully waited for it to expire. It's really sad when I think about it now. Thus, as a generation that spent the period between September and August at home or in jail, we were able to start our lessons in the middle of summer. Of course, when we look back today, we understand that the youth of this country was turned against each other and drawn into conflict, and at the end of this, the 1980 coup was tried to be justified. After the coup, we were attending the lectures with armed gendarme in the class, the smallest act, a poster or a word could be grounds for detention.

**Could you tell us a little bit about Istanbul University and the biology department? We are curious as to what kind of tradition it has. For example, we know that the academics who left Germany during the Nazi rule came to work at Istanbul University. Did they have a lasting effect?**

We were lucky in the Biology Department of Istanbul University; because our faculty was founded by professors who were invited from Germany and escaped from the Nazis as you mentioned -thanks to Atatürk's valuable invitation. Curt Kosswig was my professor's professor; we always remember him with respect and



gratitude. I have heard so much about him from my professor that it is as if I know him. We felt like he was our grandfather. I studied with the professors trained by a scientist who taught biology in nature to his students in Turkey, and who laid the foundations of one of Turkey's finest zoology collections with the samples he brought from Germany, in those times. It was such a delight! All of them were extremely meticulous, enlightened people and they suffered a lot in this political process. Their doors were marked; those who read the newspaper Cumhuriyet were marginalized and survived after experiencing terrible times. As a student of the competent teachers that raised us, I graduated in 1982 and I found myself doing a master's degree suddenly, even though I had never thought about it.

**So, being a scientist was not your goal at first, it has evolved over time. How did you grasp the power of the theory of evolution in your field? How is it being taught to the new generations at university?**

I wanted to study medicine; I accidentally found myself in biology. It is interesting: I found myself studying biology due to a gap of five points. Therefore, in my scientific research, I paid more attention to research on human health and studied physiology. Evolution seemed indispensable while studying kidney pathology, sepsis, diabetes, microcirculation etc. I developed my knowledge of evolution by reading. Then I thought that I could take responsibility with the retirement of our professors who were teaching the evolution course. I think what makes biology a science is the theory of evolution, and someone had to teach it. After all, I've been teaching evolution to biology students for nearly 20 years. Then, when I realized that no one knew human evolution properly, I offered to teach it as an elective course, and it was accepted. I am still trying to support young people by teaching courses such as human evolution and evolutionary physiology.



Picture 1. Cihan Demirci, University years, 1988.

**What is the general situation in your university? How do the evolution lectures go? Or are there academics who are against the theory of evolution?**

The Biology Department of Istanbul University, which was founded by the professors that came from Germany, is still one of the best in Turkey, indeed. Afterwards, METU Biology and Boğaziçi Biology were added; but they focused more on the fields of modern and molecular biology, whereas the Biology Department of the Faculty of Science of IU continues its long-standing tradition of focusing on natural and life sciences. Of course, younger generations tried to protect this tradition and we always raised each other. I can say that there is no anti-evolutionary academic in our department at the moment. But we are hesitant to teach evolution courses. Our young academics do not always dare if they do not have a certain knowledge; because the lectures are open to provocation and questions can be asked to provoke, rather than to understand. In this situation, if they do not have a history of long-term and intense reading, young people think that it will be difficult for them to teach. But as I said, I started my lessons in the 80's with a tiny "Evolution" book by Atif Şengün. We had a pleasant knowledge of "Evolution" (which was then translated into Turkish as *evolüsyon*), which we did not understand well, but had a great faith in. Twenty percent of today's scientific knowledge did not exist in the 80s, and despite that, we tried to understand and explain evolution. Because it was the backbone for doing scientific research. Later, with the contribution of young scientists, serious evolution courses began to be taught from the 90's on. Especially in the 2000s, it reached a level where we cannot follow the many approved publications describing the general rules of evolution on the shelves of bookstores in Turkey. We really owe this to young scientists.



Picture 2. Cihan Demirci with Prof. Dr. Gönül Bara, 1984 (the second sitting).

As I mentioned, the Biology Department of the Faculty of Science really tried to embrace this job. However, apart from population genetics and molecular biology studies, we could not do any serious evolutionary studies. Actually, a group of scientists are trying to do so-

mething in the field of systematic biology with molecular biology methods. But of course, evolution is a subject that exists outside the laboratory as well, in fact, the basis of philosophy and biology. We have a responsibility to carry it not only within the university but also to the society, believe me, we encounter this question most often on the street: “What is evolution? Do we come from monkeys?” We are sure that this question gets asked to every biologist. Therefore, I think that the person must improve themselves in this regard, both by themselves and by the education they receive in their institution.



Picture 3. Cihan Demirci with Prof. Dr. Saime Hacer Özarslan, 1984.

**Beginning in the 1980s, the anti-evolution idea spread from primary and secondary education to university. All resources, formal and informal, were used for that. An organized struggle was waged against evolution. Can you tell us a little about this history?**

It had not extended to our faculty. However, not in the 80's but with the AKP government, it became very difficult to organize conferences and seminars. At work, we were subjected to provocation attempts. For this reason, there were many meetings organized by our friends, for example many times at the Nazım Hikmet Cultural Center around 2012. After 2000, universities took a break for a while. However, evolution symposiums and conferences at METU and Boğaziçi are very important. We should especially mention Prof. Aykut Kence at METU. He had put up an incredible effort. Aykut Kence always kept a watchful eye on turning points such as the slow-down of evolution education in high schools in Turkey and the entry of non-scientific currents such as creation and intelligent design –which were imported from America by the policies of the Evangelists– into Turkey by official authorities in 1985.

I do not know the names of many Ministers of National Education, but I know Hasan Âli Yücel as a wonderful example; and Vehbi Dinçer, of whom we do not want to make mention. Those were the years when ministers who acted all religiously went regularly to the United States, practiced anti-evolutionism in Turkey, remo-

ved evolution from the books and put creation instead, made critical moves. Of course, there is military rule behind the history of this, their fear of the rising power of communism, the fear that “Religion is going under!”, or more precisely, their aim to bring religion forward and throw science behind in order to raise calm young people who will obey. If there were fewer young people who questioned, the society could be managed much more easily. And this is indeed what happened. Today we all experience the aftermath of this. Of course, we are happy to see that the activities continue at Boğaziçi and METU. But apart from that, scientific thought, which is officially ignored, inevitably imposes itself, as I just mentioned. There is plenty to read in bookstores. In addition, the COVID-19 pandemic taught people about mutation and made us think about evolution. Therefore, I am not much worried, I believe that we will bring scientific studies to a better place by working a little harder.

**What kind of change do you observe in the 2000's? Education is tried to be shaped at all levels as a crucial pillar of the program of religionization of society.**

The 2000's were indeed the years when things started to change radically in Turkey. I remember very well, during the 1999 Earthquake, students were in a great hurry to find out where to find dormitories and scholarships. And at that time, we were taking registrations from a single center at Istanbul University. All Istanbul University students were gathering at the Avclar Campus, and we were trying to make their lives easier by providing dormitories and scholarships to our students. But what I saw at that stage took me by surprise. Minibuses of religious sects had arrived in front of the campus gate... This is one of those memories I cannot forget. And each of them grabbed the students and said, “Scholarship and dormitory for you” etc. It was as if they were on a student hunt. On the contrary, we were trying to guide our students by saying “You should get into a government dormitory”, “You should get a government scholarship”. This was a process that started before 1999. The establishment called today the Feto terrorist organization laid its foundations in the 1980's. Many intellectuals, one of which is my dear professor Türkan Saylan, was warning the society in a political TV program in 1997 and fighting harder on behalf of our younger generation. Actually, with the start of the religious current in 1989 with Erbakan, she cofounded the Society to Support Modern Life (Çağdaş Yaşamı Destekleme Derneği) –whose mastermind was Prof. Dr. Aysel Ekşi– together with a group of intellectual friends of her who cared about their country and the youth. As you can see, the 1980's were the preparations for the religious obscurantism, and around 1989 was the beginning of the regime change efforts, and the struggles initiated by the intellectuals continue. In 2002, the AKP government took over the country. In those times, there was a presidential election, the prime ministry passing to

the AKP, there were the Republic rallies, incredible... I do not know if young people remember those days. It was a time when the foundations of today's conditions were being laid. And in that times, sane students came running to find us a few months after they were obliged to stay in Fethullah Gülen's dormitories, "Save us!" they were saying. Because they lead students to dogmatic thinking, they expected special things from them at five in the morning. It is difficult to explain evolution and to teach asking questions to such a child. We were saving as many students as we could; but many of them really went that way - which we saw on July 15.

In other words, this ideology uses evolution as a tool. They are suggesting that "Evolution raises atheists!", "Evolution is a lie!", "Life has not changed for 80 years, 800 years, 1000 years!". People unrelated to science, such as Adnan Oktar who was exported from America, were allowed to reach the youth for decades. At that time, websites of Harun Yahya outnumbered actual evolution websites on the internet, in fact, when you searched for evolution, you accessed his sites. We can say that it was a period spent with, unnecessary distractions away from science. "Thank goodness!" I will say, I hope it does not continue. But they will not end. I think that the more intellectuals and curious young people we can raise, the sooner we can get rid of them.

**In the same years, institutions trying to raise intellectuals, such as the Çağdaş Yaşamı Destekleme Derneği (ÇYDD), were being investigated as if they were criminals.**

Yes, you know, the Gülenists had gone so far that a plot was set up to destroy any institution that tried to raise intellectuals and a questioning youth. In 2009, they attempted to almost wipe out the intellectuals using some fake documents, with a scam called "Ergenekon". During that time, I was also affected. In 2009, there was a knock on my door one morning. Six or seven policemen (and I was alone at home) had rushed to get me. They threw me into a jail in the basement, on the lowest floor of the police headquarters on Vatan Street. We had interesting incidents there for four days and four nights. Our crime was to give scholarships to students as the ÇYDD. And one of the accusations was the plot to stage a coup by sending the scholarship students of ÇYDD, who were studying at Kandilli Girls' High School, to Kuleli Military High School. Can you imagine this? So, what I want to say is this: if you raise your head and take a step towards enlightenment, the congregations, especially Fethullah Gülen, trying to change the regime/system attempt to suppress you in various ways. But facts have a way of coming to light. It only makes us lose time. As you can see, the whole process is over; now we can say that they are fighting each other.

**In 2009, we celebrated Darwin's 200th birthday. It was also the 150th anniversary of the first publica-**

**tion of The Origin of Species. In such a year, TÜBİTAK censored Darwin and evolution. Protests were held in Istanbul and Ankara against this. Afterwards, we held the Evolution, Science and Education Symposium in Boğaziçi with a great celebration. How do you remember those days? Can you tell us in detail?**

2009 was indeed an important year for Darwin and evolution. But at a time when Fethullah reached its peak, was active, and took over the entire military, police, and education in Turkey, it was unthinkable that he would not take over TÜBİTAK. Therefore, that year, the publication of Bilim Teknik with a cover and a file about Darwin was unfortunately banned. We all rebelled! But after that, we did something different at Istanbul University - Prof. Kence was also involved in this work. We started to organize science symposiums for teachers; called "The Science of the 21st Century: Advances in Biology". At that time, the director of National Education was Ömer Balıbey, he was a wonderful person. We brought the teachers in Istanbul to the Biology Department of the Faculty of Science and held a two-day evolution symposium. It was very interesting! The opening speech was given in the morning; There were only 10-15 of the teachers. The director of National Education is there and there are no teachers! Because it was called the "Evolution Symposium", high school teachers will be informed about evolution... In most places, the school administrations did not give permission to the teachers. They could not come. Balıbey immediately went to the directorate, he sent a fax to the schools - there was no internet then - 500 teachers gathered at noon and a two-day symposium was held. Further, a motion was made for an investigation in the parliament: "Teachers are taught the lesson of evolution!". We went through such difficult times. While there is nothing more natural than a biology teacher knowing about evolution and transferring it to their students, this was really hard work in 2009, in the 2000's in general.

The years around 2009 were, as we said, a period when truly enlightened people started to revolt at some point. In particular, the increase of anti-evolutionism and the proliferation of sects directed young people to evolution symposiums, and there was a high participation rate in the symposiums. Symposiums were held which lasted three or four days, filled huge lecture halls, gave hope to people and showed the existence of our enlightened youth. It continues; our dear friends continue this every year both at METU and Boğaziçi. At certain times, I also try to contribute by giving a small conference or a presentation. I think it will continue, even if it is suspended a little bit during the pandemic process. Now, so to speak, "it is in full flood." No one can stand in its way and prevent it. I think science is unstoppable.

**One of the important protests was against the attempt to hold the Creation Symposium at Marmara University in 2012. Vehement opposition came out against**



**the Symposium, petitions were written to the rectorate and YÖK, public statements were made, the symposium was questioned by many people. You were at Haydarpaşa Campus to protest the symposium that was held for show.**

The struggle for enlightenment is a struggle that has been going on for centuries. But unfortunately, next to 400 sects work in a terrible way in Turkey, one ends and another one appears. No matter how many evolution symposiums we hold and publish books, the sects, on the contrary, attempt to organize symposiums that seek to find God and prove the existence of it. Regarding this a state university -Marmara University, which also has a biology department, tried to host such a symposium in 2012 while it should have been on the side of science. It was unbelievable! You know, science was tangible, visible, proven by experiments. But there is not a single scientific article that the anti-evolutionist can present before us. They base their thoughts on religious books and try to prove it based on this. This is not the scientific method, this is a different thing.

As people trying to explain evolution, we published petitions and objections saying "This cannot happen! This is unacceptable in 21st century's Turkey!" No matter how hard we fought, we couldn't make them accept it. The symposium was held. So, we said "Let's do an evolution lesson." in the garden of Marmara University campus in Haydarpaşa with a group of people. We prepared banners. I never forget, I brought cabbage and mustard plant. You know, it's one of the best proofs of evolution: the selection of the wild mustard plant into cabbage, cauliflower, and broccoli is quite convincing evidence. As a result, something serious happened there. "You cannot do this, you cannot enter," said the rector's office. We entered, with the help of our friends inside, we made our protest in the yard. Then, 10-15 days passed, a yellow envelope arrived at my house. "Insulting humanity!" Why is that? Because I said that "Ape and human genomes are 98.8% similar.", someone wrote to CIMER and filed a criminal complaint. They said, "Come to Vatan Street for questioning." I got up and went to Vatan Street – which I had just come back from because of "Ergekon" recently. The second time we went, we gave a statement. After all, of course, scientific facts are undeniable. Nothing came out of the investigation. It was clear that nothing would come out; but what I am trying to convey here is, the other side is constantly trying, "Can we intimidate? Can we silence them?". We all know this already. Atatürk struggled so much since the day the Republic was founded. There is a revolution; A counter-revolution will surely confront it. By asking "Evolution or creation?" they follow a philosophy of confusing people and turning people away from science. But now I think that this effort can be stopped today. These days of pandemic in the last two years, have shown us how important science is. The things we are going through for the vaccine... However, if we continued to value science, we

would have found the mutated virus much earlier, we could have made the vaccine much faster, and we would not have had the troubles of buying the vaccine. If we had really taught about evolution, nature, science, or if we had made a small investment – not a big one, we wouldn't be in this situation. We wouldn't have to walk around with masks, we would get our vaccine much earlier, as in the developed societies. I assume that even this is connected to us not learning evolution well enough – no, I don't assume, I say it with certainty.

**We can deduct from this then: The struggle to teach the theory of evolution cannot be separated from the struggle for enlightenment. What would you like to say about the togetherness of the two terms?**

Actually, the struggle to teach the theory of evolution is the same as the struggle for enlightenment. Although we have a great scientific institution like TÜBİTAK, projects related to evolution can be ignored while weird projects are funded. Even in the competitions held between high schools, TÜBİTAK gives awards to projects that are funny and far from science while it eliminates the projects related to evolution because of political reasons; these are not good examples for young scientists who take steps towards enlightenment. Therefore, the institutions which support these scientific projects being impartial and investing in positive sciences should be one of the priorities of enlightenment. It looks like we have more work to do; but there is no room for despair. Enlightenment passes through the teaching of evolution and science.

Let us not forget that evolution is not just a sub-branch of biology, it is related to every aspect of living things. Every person should ask these questions; "Where am I coming from? Where am I going? What is the origin of life?". On the other hand, creation is a contradiction that makes one never question what religious books say and makes them memorize and apply these. The two are completely different things. For this reason, I hope we will not give up on the teaching of evolution and those who give up will back down from this mistake as soon as possible. If we lay the foundations of scientific education already in primary school and kindergarten, then we can become an enlightened society and we will not have to establish an Academy of Science and Enlightenment or hold symposia; these will develop naturally. I would like to thank the Academy of Science and Enlightenment –our academy– for giving me this opportunity. Because I was also involved in its establishment. So glad we have you! I hope it has plenty of readers, has a great audience.

**Thank you very much, so glad that we have you, too.**



Nevzat Evrim Önal



KÜNYE

*Hegemonya Bunalımı ve Çin*

Alper Birdal

Yazılama, 267 sayfa

İstanbul, 2021

ISBN: 978-605-2222-52-2

## EMPERYALİZMİN KARMAŞASINA BİLİMLE BAKMAK: "HEGEMONYA BUNALIMI VE ÇİN"

Çin ekonomisinin yükselişi, son yirmi yıldır ekonomi-politik alanyazını fazlasıyla meşgul ediyor. Ne var ki, bu yükseliş emperyalist dünya sisteminde zaten kırılğan haldeki dengeleri sarstığı ve "sıcak" gelişmelere kapı aradığı ölçüde, üzerine yazılanlar da bilimsellikten uzaklaşıyor ve çoğu birer propaganda metnine ya da kehanet manzumesine dönüşüyor. Kuşkusuz toplumda taraflar olduğu müddetçe bilim de tarafsız olamaz. Ancak bir yanda Çin'in dünya ekonomisinde kazandığı belirleyici konumu binlerce yıllık imparatorluk geleneğiyle açıklayanlar, diğer yanda Çin'i karalamak için akıldışı komplo teorileri uyduranlar düşünsel dünyayı çöpe boğarken; şu anda emperyalist dünya sisteminde en önemli olgu haline gelmiş olan Çin ekonomisini kavrayabilmek için bilimsel titizliğe büyük ihtiyaç var. Alper Birdal'ın yeni kitabı *Hegemonya Bunalımı ve Çin: Emperyalizmin Krizi, Uluslararası Değer Zincirleri ve Çin'in Yükselişi* bu alanda önemli bir ihtiyacı karşılıyor.

Birdal, *soL Haber Portalı*'na verdiği röportajda, kitabı kaleme alış gerekçesini şöyle özetliyor:

*Benim de üyesi olduğum Türkiye Komünist Partisi bu başlıklarda, özelde Çin'in dünyadaki konumu, emperyalizmin son on yıllardaki yönelimleri ve benzeri konularda, bana göre çok önemli yanıtlar üretti. Ama çok dinamik bir süreçten geçiyoruz ve ürettiğimiz yanıtların zamanın gerçeklerini açıklama ve onlara müdahale etme gücünü tekrar tekrar test etmek zorundayız. Aslında ben işe böyle başladım. Aklımdaki temel soru ürettiğimiz yanıtların halen geçerli olup olmadığını test etmek, doğrudaki durmaktaki ısrarımızı güçlendirmek ve açıkta kalan noktaları belirgin hale getirmektir.*

Bu amaçla yola çıkan Birdal, eserinde esasen Lenin'in *Emperyalizm* broşüründe sunduğu teorik çerçevenin temel vurgularını, bu vurguların günümüzdeki geçerliliğini güncel verileri kullanarak test ediyor. Birdal bunun için emperyalist hiyerarşinin en belirleyici iki ülkesi olan ABD ve Almanya ile Çin sanayisinin farklı sektörlerdeki karşılıklı bağımlılık oranlarını Gröningen Üniversitesi tarafından hazırlanan World Input-Output Database verilerini kullanarak hesaplıyor. Böylelikle, metaların birden fazla ülkede üretilmesi sonucunda oluşan ve dünya çapında meta ticaretinin yaklaşık yarısını oluşturan uluslararası değer zincirlerinde Çin sermayesinin 2000-2014 yılları arasında nasıl bir konuma yerleştiği açıklık kazanıyor. Birdal'ın, eserini benzersiz kılan titiz hesaplamaları, bu dönemin başında esasen Çin "bağımlı" konumdayken, dönemin ortasından itibaren, bilhassa 2008 krizi-

nin ardından ABD ve Almanya sanayilerinin Çin sanayisine bağımlılığının daha yüksek hale geldiğini gösteriyor.

Bu olgular, sermayenin hareket yasalarına dair Marksist çerçevenin analizinden geçirildiğinde, ABD'nin emperyalist sistemdeki hegemonyasını korumakta neden zorlandığı başta olmak üzere bugün uluslararası ekonomi-politik konusunda kafa karıştıran pek çok meseleye dair önemli ipuçları sunuyor.

Birdal'ın çalışması, berraklaştırdığı olguların tüm politik uzanımlarını açıklamak ya da geleceğe dair kehanetlerde bulunmak gibi bir iddia taşıyor. Bunun yerine, kendi deyişle "somutun karmaşık doğasını anlaşılır kılmaya" ve böylelikle konunun politik, ideolojik, kültürel vb. yönlerini ele almak isteyecek çalışmalara maddi bir zemin sunmaya odaklanıyor. Eserin bu odak netliği, pek çok muadilinin aksine konuyu asil ya da tali her başlıkta bir şeyler söylemeye çalışarak dağıtmamasını sağlıyor. Birdal'ın bu tercihi, tarihsel materyalist yöntemin temel epistemolojik kabulüyle de uyumlu: eğer maddi temel üstyapıyı belirliyorsan, karmaşık olguları anlamak için onların maddi temellerinden yola çıkmak gerekir. Çok karmaşık ve çok boyutlu Çin olgusunun maddi temeli, yüz milyonlarca emekçiden oluşan sanayi ordusu, bu emekçilerin sömürüsüyle büyüyen sermayesi ve bu sermayenin dünya çapında kurduğu ilişkiler, içinde yer aldığı değer üretim zincirleridir. Çin olgusunun herhangi bir yönü ya da unsuru, bu maddi temelin güncelliğinden bağımsız açıklanamaz. Birdal'ın kitabı bu yüzden akıl açıcı değil karıştıracı yüzlerce idealist değerlendirmenin yanında, çok önemli bir boşluğu dolduruyor.

Söz konusu boşluğun neden ve ne kadar yakıcı olduğu konusunda ise sözü tekrar Birdal'a bırakabiliriz:

*Batılı tekeller Çin'i kolaylıkla gözden çıkarıp, üretimlerini başka coğrafyalara taşıyamaz. Dahası Çin artık daha önce Batılı tekeller için ürettiği pek çok metayı tek başına üretebilir durumda ve bu da Çin'in doğrudan Batılı tekellerle rekabeti artırma ve kendi değer zincirlerini oluşturma olanağı bulunduğu anlamına geliyor. Tekeller çağında rekabet her zaman bir ölçüde karşılıklı bağımlılığı da ifade eder, bunu yadsımaz. Ama böyle bir rekabetin kızışması, ki hali hazırda kızışıyor, ancak ve ancak daha büyük kavgalara vesile olabilir. Bu nedenle dünya bugün daha büyük bir savaş tehlikesiyle karşı karşıyadır ve daha fazla belirsizlikle yüklüdür.*



### ABOUT COVER ART

#### (Arithmetic) Four Movements, 1928,

#### "Четыре (арифметических) действия"

In this design, Lissitzky symbolized the four historical actions that formed the Soviet Union.

#### El (Lazar Markovich) Lissitzky [1890-1941]

Lazar Markovich Lissitzky, also known as El Lissitzky, is a Jewish Bolshevik painter, designer, typographer, printmaker, designer and photographer. He is one of the important names of avant-garde art that emerged with the October Revolution. He made unforgettable contributions with his designs in many propaganda works of the young socialist republic and even deeply influenced the 20th century design graphic art.

Source: <https://tattoo.ru/tr/sea/l-lisickii-teoreticheskie-raboty-lisickii-lazar-markovich-kartiny/>

### FOREWORD

Historical Approach to Nature, Society and Science ..... 174  
*Editorial Board*

### THEME: EVOLUTIONARY PHYSIOLOGY

Evolution Of The Respiratory System ..... 176  
*Fırat Akat*

Evolution of Thermoregulation ..... 182  
*Sertaç Üstün*

An Evolutionary Perspective to the Pain Sense ..... 189  
*Hazal Artuvan Korkmaz*

Evolution of the Eye ..... 195  
*Şayeste Çağıl İnal*

### THEME: MATHEMATICS IN THE SOVIET UNION

General View of Mathematics in Russia and the Soviet Union between 1700 and 1927 ..... 204  
*Engin Özkan*

Topology in the USSR (1917-1958) ..... 211  
*Oğuz Şavk*

### THEME: SCIENCE IN HISTORY

Great Scientists at the Intersection of Science and Religion ..... 222  
*Hasan Karabıyık*

Lunar Society, Joseph Priestley and Discovery of Oxygen ..... 232  
*Damla Ülker*

### NON-THEMATIC

Big Data Analysis in Migration and Refugee Studies ..... 241  
*Eren Korkmaz*

### INTERVIEW

Evrimi Anlatmak Bir Aydınlanma Mücadelesidir: Prof. Dr. Cihan Demirci Tansel ..... 250  
*Zelal Özgür Durmuş (Transcription: Hakan Mutlu)*

Explaining Evolution is a Struggle for Enlightenment: Prof. Dr. Cihan Demirci Tansel ..... 255  
*Zelal Özgür Durmuş (Translation: Eda Şamiloğlu)*

### BOOK REVIEW

Looking Scientifically at the Complexity of Imperialism: "The Hegemony Crisis and China" ..... 260  
*Nevzat Evrim Önal*