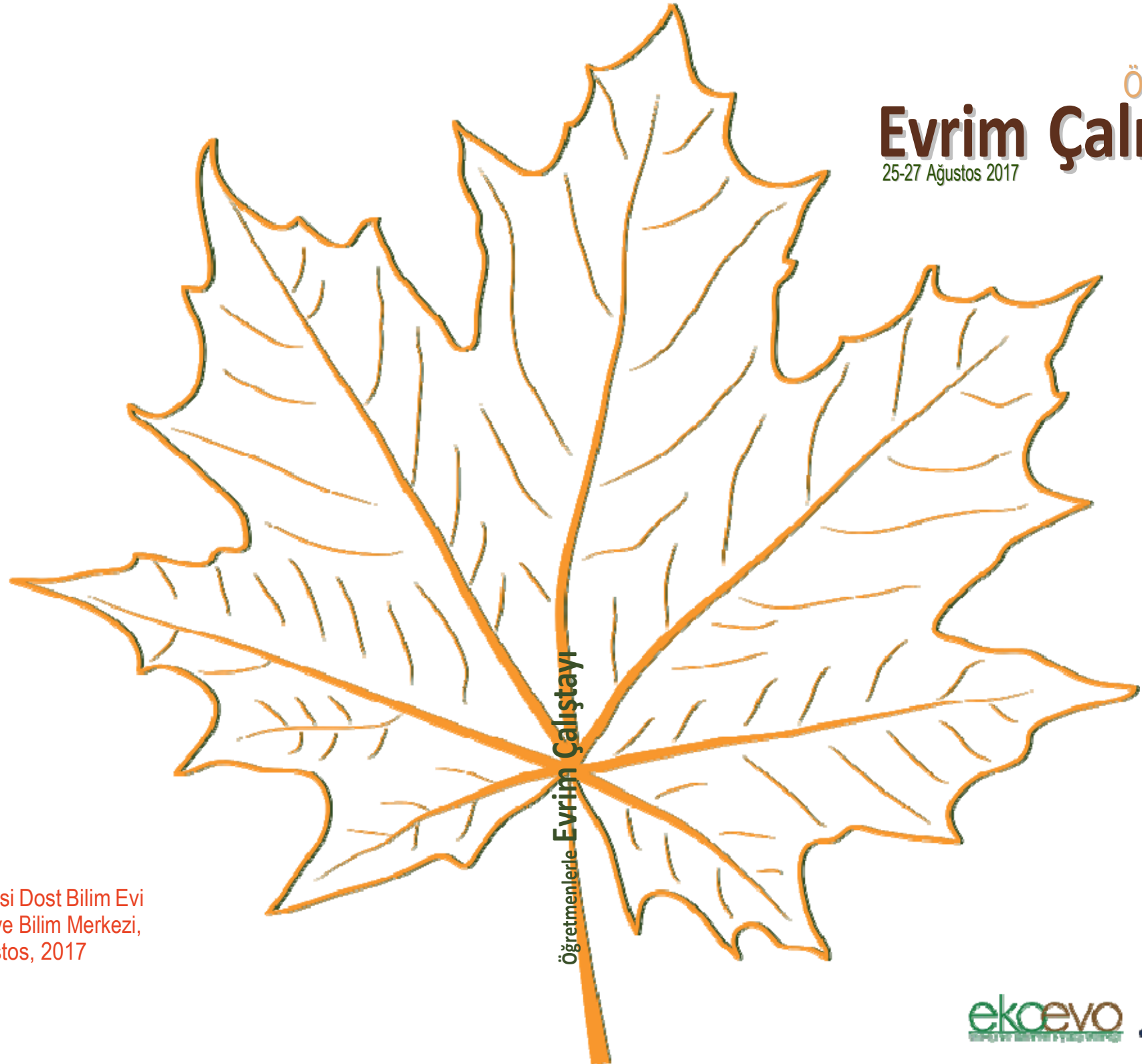


Öğretmenlerle
Evrim Çalıştayı
25-27 Ağustos 2017



Bornova Belediyesi Dost Bilim Evi
Mevlana Toplum ve Bilim Merkezi,
25-27 Ağustos, 2017

Öğretmenlerle
Evrım Çalıştayı
25-27 Ağustos 2017

Bornova Belediyesi Dost Bilim Evi
Mevlana Toplum ve Bilim Merkezi
25-27 Ağustos, 2017

Öğretmenlerle Evrim Çalıştayı (25-27 Ağustos 2017) Düzenleyicileri:

Tülin Çetin, Dilek Koptekin, Mehmet Somel, Murat Tuğrul

Çalıştay için Kurumsal Destek:

Bornova Belediyesi Dost Bilim Evi, Mevlana Toplum ve Bilim Merkezi (BBMTMB); Ekoloji ve Evrimsel Biyoloji Derneği (Eko-Evo), Avrupa Evrimsel Biyoloji Topluluğu (ESEB)

Kitapçık Versiyon:

1. Baskı: 25 Ağustos 2017 (çalıştay dağıtımı)
2. Baskı: 18 Eylül 2017 (güncellenmiş internet dağıtımı)

Kitapçık İçerik Katkı:

Tülin Çetin, Tuncay Doğan, Zelal Özgür Durmuş, Kahraman İpekdal, Dilek Koptekin, Efe Sezgin, Mehmet Somel, Murat Tuğrul

Kitapçık İçerik Redaksiyon ve Düzenleme:

Tülin Çetin, Dilek Koptekin, Murat Tuğrul

Kapak Tasarım ve Basıma Hazırlama:

Aytekin Tan

Kitapçık Genel Düzenleme ve İletişim:

Murat Tuğrul, mtugrul@ccri.at

Bu kitapçık Creative Commons (Atıf-GayriTicari-AynıLisanslaPaylaş 4.0 Uluslararası (CC BY-NC-SA 4.0)) ile lisanslanmıştır.

Kitapçığı özgürce çoğaltılıp kullanılabilir ve dağıtabilirsiniz.

Kitapçığın yazılı ya da görsel içeriğini söz konusu yazara ve kitapçığa atıf vermek şartı ile ticari olmayan mecralarda benzer özgür kullanım koşulları altında uyarlayarak kullanabilir, geliştirebilirsiniz.



Öğretmenlerle
Evrim Çalıştayı

25-27 Ağustos 2017



ekoevo .eseb

İÇERİK

ÖNSÖZ.....	7
2. BİLİMSEL SUNUŞLAR	12
2.1. Evrenin Evrimi, Güneş Sistemi ve Yer'in Oluşumu	13
2.1.1. Genişleyen Evren	14
2.1.2. Evrenin Evrimi	18
2.1.3. Güneş Sistemi ve Yer'in Oluşumu	23
2.2. Darwin'den Bugüne Evrim Kuramı ve Klasik Örnekler	27
2.2.1. Darwin kimdir, ne yapmıştır?	28
2.2.2. Darwin evrim fikrini nasıl geliştirmiştir?	29
2.2.3. Evrim fikri nasıl yankı bulmuştur?	31
2.2.4. Darwin'den sonra evrim kuramı.....	32
2.2.5. Darwin'in bilmediği neydi?	32
2.2.6. Bugün evrimden nasıl faydalanıyoruz?	34
2.2.7. Evrimin kanıtları-klasik örnekler	35
2.3. Günümüz Hastalıklarına Evrimsel Bakış	51
2.3.1. Evrimsel Tıbbın Temelleri.....	51
2.3.2. Evrimsel Tıp – Yeni Bir Sentez?	51
2.3.3. Evrimsel tıbbın insan sağlığı ve hastalıklarla ilgili çıkarımları	52
2.3.4. Evrimsel tıbbın araştırma konularına ve yöntemlerine örnekler	54
2.3.5. Evrimsel tıp ne değildir?	57
2.4. Evrim, Öğretim Programlarında Neden ve Nasıl Yer Alır?	58
2.4.1. Öğretim programları nedir ve nasıl geliştirilmelidir?	59

2.4.2. Bilim okuryazarlığı nedir?	60
2.4.3. Biyoloji ünitelerinin birleştirici özü evrim	62
2.4.4. Etkinliklerle evrim kuramı	71
2.5. İnsan Evrimi Neden ve Nasıl Öğretilmeli?	74
2.5.1. İnsan evrimi neden öğretilmeli?.....	74
2.5.2. İnsan evrimini nasıl öğretebiliriz?.....	78
3. EĞİTSEL ETKİNLİKLER.....	88
3.1. Evrimde Zaman Kavramı: Dünyanın ve Yaşamın Tarihi	89
3.2. Fotoğrafla TürSay	91
3.3. Mutasyon nerede?.....	93
3.4. Şekerlerin Doğal Seçilimi	95
3.5. Genetik Sürüklenme	97
3.6. Camin'in Böcekleri ve Evrimsel Öyküleri.....	99
3.7. Patates ailesi.....	103

ÖNSÖZ

Evrimi Anlamak ve Anlatmak

Murat Tuğrul, Dr.

Children's Cancer Research Institute (Çocuk Kanseri Araştırmaları Enstitüsü), Viyana, Avusturya,
İletişim: mtugrul@ccri.at

Okuyacağınız bu kitapçık **25-27 Ağustos 2017** tarihlerinde **Bornova Belediyesi Dost Bilim Evi, Mevlana Toplum ve Bilim Merkezi'nde (BBMTBM)** gerçekleştirilen *Öğretmenlerle Evrim Çalıştayı'nın* bilimsel ve eğitsel içeriğini belgelemeyi amaçlıyor. Evrimi anlamaya ve anlatmaya ilgi duyan, önem veren kişiler için yazılı bir bilgi ve yöntem kaynağı oluşturduğumuz umuyoruz.

Kitapçığın içeriğini anlatmadan önce, böylesi etkinliklere ve eserlere neden ihtiyaç duyduğumuza değinmek faydalı olacaktır.

Gerçeği bilmek önemlidir. Gerçekliği doğru algılayan organizmalar, içinde buldukları hal ve vaziyetleri daha iyi kestirebilir; buna göre elverişli durumlara yönelebilirler. Bu söylem, gerek güncel gerekse de evrimsel tarih akışında, elbette insan için de geçerli. Türümüzün gerçeği anlama yeteneği fizyolojik ve kültürel evrimle birlikte gelişti. İnsan daha iyi akıl yürüterek, daha iyi deneyimleyerek ve daha iyi iletişerek diğer türlerden çok öteye gitti. Yaklaşık 450 yıl önce ise, doğru bilgiye ulaşmak adına bilimsel devrim diye adlandırdığımız büyük bir atılım başladı. Bilimsel devrimin

özü, özenli gözlemler ve akıl yürütmeler sayesinde oluşturulan, başkaları tarafından yanlışlanabilirliğe açık savlardır diyebiliriz. Bu özelliği sayesinde inanç sistemlerindeki gibi dogmatik ketleri yoktur; bir otoriteye bağlı değildir. Bu sayede sürekli yenilenen ve genişleyen bilgi havuzu oluşur. Bilimsel devrim sayesinde geçen yüzyıllarda evreni, doğayı ve kendimizi daha iyi tanıdık, halen tanımaya devam ediyoruz. Bugün şu açık ki, bilimsel bilgiyi yadsımak gerçeği görmemek anlamına geliyor ve bunu aşamayan toplumlar er ya da geç diğerlerinden geri kalıyorlar.

Bilimsel devrimin bize sunduğu paha biçilmez bilgilerden biri olan evrim gerçeği yaklaşık 160 yıl önce Darwin ve Wallace'ın doğal seçilim etkisi ile canlıların evrimi çalışmasıyla ortaya çıkmaya başladı. Darwin'in 1859 basımlı Türlerin Kökeni'nde itina ile anlatmaya başladığı üzere, canlılar --mitolojik ve teolojik bir çok anlatıdaki gibi-- aksine--birden bire yaratılmamıştı. Durağanlığın tam aksine milyarlarca yıllık bir süreçte evrilmişlerdi. Darwin tarafından tasvirlenen evrim olgusu ve bu olgunun doğal seçilimi içeren kuramsal açıklaması hızlıca bilimsel ve entelektüel çevrelerde kabul gördü. O günden bugüne de evrim olgusunun yeni örneklerle betimlenmesi ve evrim kuramının kusurlarından arındırılıp yeni mekanizmalarla geliştirilmesi devam etmektedir. Dobzhansky'nin çok güzel özetlediği gibi, evrimin ışığı olmadan biyolojide hiçbir şey anlaşılır değildir¹ artık. Evrimsel biyoloji bütün yaşam bilimleri için temel ve birleştirici unsur olmuştur.

¹ Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution

Her ne kadar bilim çevrelerinde evrimin gerçekliği artık sorgulanmayacak derecede aşikar olsa da, evrim bilgisinin Dünya'nın geniş coğrafyasına ve farklı topluluklarına nüfuz etmesinde sorunlar olduğu da bir gerçekliktir. Bunun sebeplerinden birinin evrim bilgisinin toplumlarda var olan dini ve politik öğretilerle çatışması ya da iktidar mücadelesine alet edilip çatışıyor imajı yaratılması olarak gözükmüyor. Evrim karşıtlığının Türkiye'de bazı politik çevrelerce kullanılmaya başlanmasının asıl olarak 1980'lerle başladığını ve giderek arttığını söyleyebiliriz. Uluslararası karşılaştırmalarda bugün evrim gerçeğini kabulde Türkiye'nin en düşük seviyelerde olduğunu biliyoruz. Bu yetmezmiş gibi, üniversite öncesi öğretimde zaten çok az ve çok geç değinilen evrimsel biyoloji içeriği günümüzde ne yazık ki müfredatlardan çıkarılmaya çalışılıyor.

Bilimcilerin (akademisyenlerin) ve eğitimcilerin (öğretmenlerin), böylesi zor koşullarda bile, birlikte hareket edip bilimsel bilgi ve yöntemleri toplumun her kesimine ulaştırmaya çabalaması çok önemli. Akademisyenlerin bilimsel bilgiyi özelleşmiş terimlerden arındırıp anlaşılır hale getirmesi ve öğretmenlerin duru bilgileri öğrenciler aracılığıyla topluma yaymaya istekli olması gerekiyor. Sevindirici şekilde son yıllarda evrimsel biyoloji alanında Türkiye'de büyük bir ivme görüyoruz. Önemli gelişme olarak, 2015 yılında yurtiçi ve yurtdışında yaşayan Türkiyeli evrim bilimcileri ve ekologlar **Ekoloji ve Evrimsel Biyoloji Derneği**'ni (**Eko-Evo**) kurdu. Bu dernek sayesinde her yıl farklı bilimsel buluşmalar ve etkinlikler gerçekleştiriliyor. Türkiye'deki evrimsel biyoloji bilimi çevresindeki bu gelişimin zaten yıllardır var olan özverili ve idealist öğretmenlerle

düzenli buluşmalar gerçekleştirmesi büyük bir gerekliliktir. Müfredat içerisinde evrim konusunda doğru bilgi aktarılması ve yaygın yanlışlarının giderilmesi; evrimsel bakış açısının farklı faaliyetlerle kavratılması gerekiyor. Gerçekleştirdiğimiz bu çalıştay ve oluşturmaya çalıştığımız bu kitapçık bu doğrultuda bir Eko-Evo buluşmasında filizlenmiş bir girişim.

Hem çalıştayı ve hem de bu kitapçığı *Bilimsel Sunuşlar* ve *Eğitsel Etkinlikler* olmak üzere iki sütun üzerine inşa etmeye çalıştık. *Bilimsel Sunuşlar*'da evrimsel biyolojinin temellerini, bazı araştırma alanlarını ve eğitimci bakış açısıyla nasıl ele alınacağını işledik. Sunuşları olabildiğince çeşitli akademik alanlarda tutarak öğretmenlerde geniş bir evrimsel bakış açısı oluşturmaya hedefledik. **Tuncay Doğan** biyolojik evrimden çok çok önceye giderek bilimsel kuramlar ve gözlemler ışığında evrenin, güneş sisteminin ve yeryüzünün fiziksel olarak nasıl evrildiğini özetledi. **Kahraman İpekdal** Darwin'den başlayarak evrimin kuramsal ve gözlemsel olarak biyoloji biliminin en merkezine nasıl yerleştiğini ve birleştirici unsur olduğunu açıkladı. **Efe Sezgin** evrimsel bakış açısının tıp alanında neden gerektiğini ve bugün evrimsel tıbbın yeni bir alan olarak nasıl ortaya çıktığını anlattı. **Zelal Özgür Durmuş** bir eğitimci gözüyle evrim kuramının müfredatlarda neden ve nasıl yer alması gerektiğine değindi. Son olarak **Mehmet Somel** insan evriminin bilinenlerini bize özetleyip bu konunun neden sınıflarda tartışılması gerektiğini irdeledi. İkinci kısım olan *Eğitsel Etkinlikler*'de ise **Tülin Çetin**, **Zelal Özgür Durmuş**, **Kahraman İpekdal**, **Dilek Koptekin** ve **Murat Tuğrul** tarafından hazırlanan ya da uyarlanan uygulamalar yer alıyor. Bu uygulamalar zaman algısı, canlı çeşitliliği, genetik, kalıtım, doğal seçilim, mutasyon ve genetik

sürüklenme gibi önemli evrim kavramlarının sınıf içinde nasıl anlatılacağını işliyor.

Umarız bu çalıştay ve bu kitapçık evrim bilgisinin geniş toplumsal kitlelere ulaşmasına yardım edecektir ve emsal oluşturacaktır.

Bu girişimin gerçekleşmesinde Bornova Belediyesi Dost Bilim Evi, Mevlana Toplum ve Bilim Merkezi'nin mekan ve personel desteğinin; Avrupa Evrimsel Biyoloji Topluluğu'nun kısmi para desteğinin, Ekoloji ve Evrimsel Biyoloji Derneği'nin genel desteğinin çok büyük bir önemi var. Bu kurumlara müteşekkirimiz. En büyük teşekkürü ise bu etkinliğe ilgi duyup katılan 18 öğretmene ve 10 öğrenciye; ve kitapçığımızı okuyan sizlere sunuyoruz.

2. BİLİMSEL SUNUŞLAR



2.1. Evrenin Evrimi, Güneş Sistemi ve Yer'in Oluşumu

Tuncay Doğan, *Dr.*

Bornova Belediyesi, Dost Bilim Evi: Mevlana Toplum ve Bilim
Merkezi, Bornova, İzmir, Türkiye
İletişim: dogantuncay@outlook.com

Gökyüzünde gözlenen sönük bulutsuların, Güneş Sisteminin de içinde bulunduğu Samanyolu gökadasının çok ötesindeki başka gökadalardır olduğu bulunalı henüz 100 yıl bile olmadı. 1920'li yıllarında Edwin Hubble'ın yaptığı gözlemler ile hem milyon ışık yılı ötedeki gökadalara keşfetmiş hem de gökadalardan uzaklığı ile kırmızıya kayma değerleri arasında doğrusal bir ilişkinin varlığını ortaya koymuştur (Hubble Yasası). İşte tam da bu keşif nedeni ile artık evrenin sabit değil, genişleyen ve sürekli değişen bir yapıya sahip olduğu düşüncesi hakim olmaya başlamıştır. Bilimdeki böylesi değişimler "*paradigma dönüşümü*" olarak nitelendirilir ve bilim tarihinde de oldukça önemli bir yer tutarlar. Evren hakkındaki böylesi düşünce değişimleri Antik Yunanistan'a, Antik Mısır'a ve Babil'e kadar uzanmaktadır. Babil ve Antik Mısırda evren anlayışı aritmetiğe ve mitolojiye dayalı iken, bilgi bakımından buradan beslenen Antik Yunanistan'da evren açıklamaları artık geometriye dayanmaya başlamıştır (Linton, 2004). Bu durum evren anlayışımızı oldukça değiştirmiş ve geliştirmiştir. O dönemde en çok kabul edilen görüş Yer'in evrenin merkezinde olduğu ve diğer tüm gök cisimlerinin onun etrafında çembersel yörüngelerde dolandığıydı. Batlamyus'un bu Yer merkezli modeli 1500 yıl boyunca paradigma olan açıklama olmuştur ve Kopernik'in Güneş merkezli modeline kadar kabul görmüş açıklamadır (Linton, 2004).

Antik Yunanistan'daki geometriye dayanan açıklamalar günümüzde evren anlayışımızın gelişimine ve belirlenmesine oldukça yardımcı olmuştur. Einstein'ın Genel Görelilik Kuramı'nın de kütle çekimini uzayın geometrisi ile açıklayan ve her ne kadar bazı problemleri olsa da günümüzde evrenin evrimi ile ilgili oldukça iyi öngörülere sahip bir paradigma olduğu söylenebilir. Burada Einstein'ın önemi evren modelleri oluştururken, denklemlerin çözümlerinde karşılaştığı durum ile ilgilidir. Bu durumun önemi, özellikle Hubble'ın da yaptığı gözlemler ile birlikte evrenin genişliyor olabileceği ve büyük patlama ile oluşmuş olabileceği fikrinin gelişmesidir. Büyük patlama ile evrenin; sonsuz yoğunluktaki bir durumdan zamanın başlaması olduğu anlatılır. Günümüzde Büyük Patlama Kuramı olarak bilinen bu açıklamaya evrenin ilk zamanlarında kozmik genişlemenin olması gibi bazı güncellemelerin yapılması ile hala en çok çalışılan ve en çok kabul görmüş kuramlardandır. Her ne kadar Plazma Evren Modeli gibi bazı alternatif açıklamalar olsa da, günümüzün paradigma kuramı olarak Büyük Patlama Kuramı'nı savunanlar böylesi alternatif çalışmaların yeşermesine maalesef alan açmamaktadır. Bu yazı kapsamında da güncelliği ve aktif olarak çalışılan bir alan olması nedeni ile evrenin evrimi Büyük Patlama Kuramı'na göre açıklanacaktır. Tabi bu kuramın ortaya çıkışı ile birlikte zayıf ve güçlü noktalarından da bahsedilecektir. Ayrıca diğer alternatif açıklamalara da özet olarak değinilecektir.

2.1.1. Genişleyen Evren

Durağan (statik) olmayan evren fikrinin doğrudan gözlemlerden değil de Einstein'ın Genel Görelilik Kuramı

denklemlerinin bir sonucu olarak ortaya çıktığı söylenebilir.¹ Einstein'a göre ışık hızı sabittir ve bu durum her gözlemci için, her zaman ve evrenin herhangi bir yerinde geçerlidir ve hiçbir şey ışık hızından daha hızlı hareket edemez. 1905 yılında önerdiği Özel Görelilik Kuramı'na göre dört-boyutlu uzay-zaman geometrisi herkese göre aynıdır, ancak gözlemcinin hareketine göre uzay ve zaman ayrı ayrı genişleyebilir ya da büzülebilir. Bu kuramın bir sonucu olarak da enerji ve kütle eşdeğer niceliklerdir. Enerji-kütle denkliği (görelî enerji-momentum ilişkisi)

$$E^2 = (m_0c^2)^2 + p^2c^2$$

şeklinde dir. Burada parçacığın momentumu sıfır olduğunda meşhur denklem olan $E = mc^2$ olur. Bu denklemde E ; enerji, m_0 ; durgun kütle, c ; ışık hızı (vakum ortamında), p ; momentum. Denklemin anlamı kütlenin enerjiye dönüşebildiği (ya da tersi) ve ışık hızının karesi ile çarpımı kadar bir enerjinin ortaya çıktığıdır. Bu nükleer enerjidir ve nükleer santrallerde ya da atom bombasında çıkan enerji miktarı bu denklem ile hesaplanır.

Einstein, kütle çekimini de işin içine dahil ettiğinde artık yeni hareket yasalarından Genel Görelilik Kuramı ortaya çıkmıştır ve kütle Newton'un önerdiği gibi bir çekim kuvvetine sahip olmayıp, uzay-zamanı büken bir özelliğe sahiptir. Bu bükülme miktarı da kütle arttıkça artmaktadır ve diğer kütlelerin nasıl hareket edeceğini belirlemektedir. Kuramsal fizikçi John Archibald Wheeler'in de ğişiyle; madde uzay-zamanın nasıl eğrileceğini belirlerken, uzay-zaman da

¹ Einstein hareket yasalarını oluştururken, bu yasaların, gözlenene göre belli bir şekilde hareket eden gözlemciden bağımsız olmasını sağlamıştır.

maddenin nasıl hareket edeceğini belirlemektedir.

Bu kavramları sayısallaştırmak ve var olan eğri yüzeyleri ifade etmek için matematiğin zorlu bir alanı olan türevsel geometriyi kullanmak gereklidir. Böylece Einstein, günümüzde de kendi adıyla anılan Einstein Alan denklemlerine ulaşmıştır.² Bu denklemlerin oldukça fazla çözümü vardır ve her bir çözüm farklı kuramsal bir evrene karşılık gelmektedir. Burada önemli olan ise gözlemler ile uyuşan en iyi çözümü belirlemektir. O dönem bu denklemleri çözmeye dört kişi girişmiştir: Einstein, Belçikalı Lemaitre, Hollanda'lı astronom Willem de Sitter ve Rus meteorolog Alexander Friedmann.

Denklemlerin çözümü için bazı basitleştirici kabuller gerekmektedir. Bu kabuller; herhangi bir anda, hangi yöne bakarsak bakalım evrenin aynı görünmesi (eşyönlü) ve evrenin başka yerinden baktığımızda da benzer durumun geçerli olması (tümmerkezli) şeklindedir. Bu kabullere göre evrenin her yerde aynı yani eşdağılımlı (homojen) olduğu anlamı çıkmaktadır. Bu kabullerin gökada ölçeğinde geçerli olmadığı açıktır ancak evren ölçeklerinde iyi bir yaklaşımdır. Ayrıca Kopernik'ten bu yana evrende ayrıcalıklı bir yere sahip olmadığımız düşüncesi de bu kabulü makul kılmaktadır. Matematiksel olarak ise çözümlerde ortaya çıkan olası evren geometrilerinin sayısını oldukça düşürmektedir.

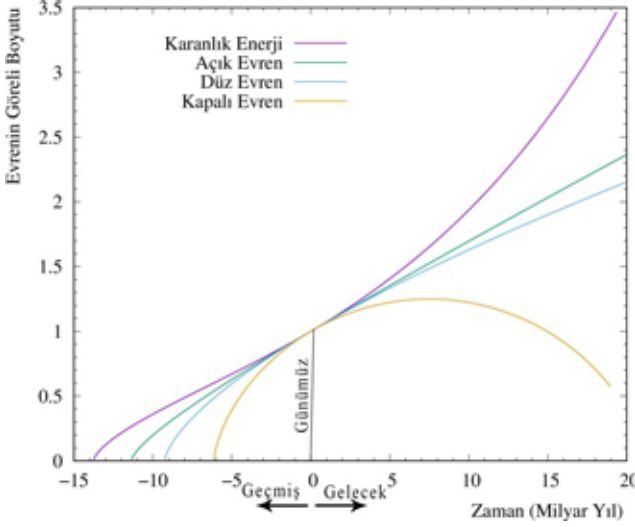
Friedmann bu koşullar altında evrenin üç farklı geometriye ve dolayısıyla üç farklı sona sahip olacağını

² Aslında tek bir denklem olmasına karşın, tensörleri içermesi bakımında farklı olasılıklara sahip 10 denklem sistemi içerdiği için denklemler olarak anılır. Tensörler ise genel görelilik ya da akışkanlar mekaniğinde karşılaşılan bazı problemleri ifade etmek ve çözmek için kullanılan matematiksel nesnelerdir.

öngörmüştür (Şekil 1.1) (Carrol, 2016). (1) *Kapalı evren* (küresel evren); büyük patlama sonrasında genişleyen bir evrendir, ancak içeriği olan maddenin kütle çekimi genişlemeyi yavaşlatacak kadar güçlüdür ve genişlemeyi durdurup tersine çevirerek büyük çöküşe sebep olur. (2) *Açık evren* (hiperbolik evren); evren yine büyük patlama ile genişleyerek başlar, fakat kütle çekimi bu genişlemeye durduracak kadar güçlü değildir. Tüm elementlerin birbiri ile olan teması kesilene kadar genişleme sabit bir oran ile sürekli bir şekilde devam ederek boş bir evren oluşur. (3) *Düz evren* durumunda da büyük patlama ile genişleme başlar ancak bu sefer kütle çekimi, genişlemenin sahip olduğu kinetik enerjiyi dengeleyecek miktardadır. Bu durumda da genişleme hızı yavaşlayarak sonsuza dek genişleyen bir evrene sahip oluruz.

Einstein ise kendi yaptığı çözümlerde evrenin genişlediği sonucunu görünce, bu genişlemenin olmaması gerektiğini düşündü. Bu nedenle evreni durağan kılmak için denklemlere ek bir parametre ilave etti. Sonrasında Hubble'ın yaptığı gözlemlerin genişlemeye dair kanıtlar sunması, Einstein'ın geri adım atmasına ve hayatının en büyük hatası olduğunu söylemesine neden olmuştur. Einstein alan denklemlerinin çözümünde genişleyen evren sonucunu veren çözümlerle uğraşan kuramsal fizikçilerden biri de Belçikalı rahip ve bilim insanı Georges Lamaitre olmuştur. Evrenin genişlemesini geriye doğru götürmüş ve ilksel atom olarak tanımladığı zamanın başlangıcına ulaştığını iddia etmiştir. Astronom olan Fred Hoyle de Thomas Gold ve Herman Bondi ile birlikte Büyük Patlama olarak andığı Kararlı Durum (steady state) kuramını 1948 yılında geliştirmişlerdir (Carrol, 2016). Bu hipoteze göre evren genişlemekte ancak bir noktadan değil de

genişleyen uzayda sürekli bir madde yaratımı ile eşbiçimli sonsuz bir evren oluşması şeklindedir.



Şekil 1.1 Evrenin farklı yoğunluklara sahip olması durumunda evrimi. Evrenin ortalama yoğunluğunun, kritik yoğunlukta fazla olduğu durum; Açık Evren, eşit olduğu durum; Düz Evren, az olduğu durum da Kapalı Evren. Ayrıca karanlık enerjinin varlığı durumunda evrenin ivmelenecek genişleme durumu da grafikte gösterilmiştir.

2.1.2. Evrenin Evrimi

Büyük Patlama Kuramı'nın geçerliliği ile ilgili olarak bir çok evren bilimcinin de üzerinde uzlaştığı en temel üç kanıt sayılabilir: (1) gökadalardan gözlenen kırmızıya kayma değerlerinin evrenin genişlediğine işaret etmesi, (2) evrende eşdağılımlı kozmik ardalardan ışınımının varlığı ve (3) kimyasal elementlerin görece bollukları. Tabii bu kurama günümüzde bazı ekler de yapılmıştır. En önemli eklerden biri büyük patlamadan 10^{-35} saniye sonra gerçekleştiği varsayılan ani ve

hızlı genişlemedir (Guth and Steinhardt, 1984). Bu nedenle günümüzde Büyük Patlama Kuramı, Enflasyon Kuramı olarak da anılmaktadır. Bu bilgiler ışığında, evrendeki maddenin evrimini zamansal olarak aşağıdaki gibi verilebilir (Liddle, 2015; Hands, 2015):

| *Zaman: 0 saniye* | *Sıcaklık: Sonsuz K* | *Evrenin Yarıçapı: 0 cm* |

Evrenin; zaman ve uzayın tek ve birleşik olduğu sonsuz yoğunluktaki ve sıcaklıktaki bir noktadan büyük patlama ile oluştuğu andır. Ancak Genel Görelilik Kuramı kullanılarak zamanda geriye doğru gidildiğinde, evrenin başlangıcında bir tekilliğin var olması gibi bir sonuç çıkmaktadır ki bu durumda Kuram geçersiz bir hal alır. Kuantum Kuramı'nda Belirsizlik İlkesine göre de büyük patlamanın 10^{-43} saniye öncesindeki hiçbir şey kuramsal fizik açısından anlamlı değildir.

| *Zaman: 10^{-43} saniye* | *Sıcaklık: $10^{32}K$* | *Evrenin Yarıçapı: $10^{-33}cm$* |

Kuantum Kuramı'nın uygulanabileceği ve ışığın seyahat edebileceği en kısa mesafenin olduğu an. Evrende var olan dört temel kuvvetin (güçlü çekirdek kuvveti, zayıf çekirdek kuvveti, elektromanyetik kuvveti ve kütleçekim kuvveti), evrenin ilk anlarında birleşik olduğu düşünülmektedir. Bu aşama da kütle çekim kuvvetinin, diğer kuvvetlerden ayrıldığı ana denk gelmektedir.

Evren çok hızlı genişlemektedir ancak genişleme oranı azalmaktadır. Evren genişledikçe ve soğudukça büyük patlamada oluşan ışınım, temel parçacıklar ve antiparçacıkları oluşturur. Bu parçacıklar kendilerini tekrar ışınımına dönüştürür. Böylece genişleyen bu evren fotonlar ile doludur. Az miktarda da elektronlar, kuarklar ve gluonlardan

oluşmaktadır.

Zaman: 10^{-35} saniye

Sıcaklık: $10^{27}K$

Evrenin Yarıçapı:
 $10^{-17}cm$

Birleşik kuvvetler içinden güçlü çekirdek kuvvetinin (proton ve nötronu oluşturan kuarkları bir arada tutan kuvvet) ayrıldığı an. Bu aşamada gerçekleşen simetri kırılması, günümüzde neden parçacıkların, antiparçacıklara göre daha fazla olduğunu açıklamaktadır. Parçacık Fiziği'ndeki Standart Modele göre sıcaklığın $10^{15}K$ 'nin üzerinde olduğu anlarda tüm temel parçacıklar kütesizdir.

Bazı modellere göre enflasyon olarak bilinen ani genişlemenin sıcaklık $10^{27}K$ 'nin altına düşmeden gerçekleştiği yönderdir ancak hala tartışılmaktadır.

Zaman: $0 - 10^{-11}$ saniye

Sıcaklık: Bilinmiyor

Evrenin Yarıçapı:
 $10^{10} - 10^{120}cm$

Bir çok farklı enflasyon modeli olsa da, genel olarak bu zaman aralığında bir yerde evren ani genişleme ile çok kısa sürede yaklaşık 10^{10} cm ile $10^{120}cm$ arasında bir yere kadar genişlemiştir. Gözlenebilir evrenin günümüz yarıçapı $10^{28}cm$ olduğu düşünüldüğünde, modelin gözlem ile uyumsuzluğu oldukça çarpıcıdır. Günümüzde Enflasyon Büyük Patlama Kuramı evrenin evrimini açıklayan tek model olarak önerilse de, alternatif başka açıklamalar da vardır. Ayrıca enflasyonun ne zaman ve nasıl başladığı ile ilgili bir uzlaşma olsa da, enflasyon model sonuçları arasından hangisinin geçerli olacağı hala tartışılmalıdır.

Zaman: 10^{-10} saniye

Sıcaklık: $10^{15}K$

Evrenin Yarıçapı: $3cm$

Evren genişledikçe soğumakta ve var olan parçacıkların ortalama enerjisi zayıf çekirdek kuvveti enerjisi seviyesine

düşmektedir. Bu durum hakkında parçacık fiziğinde var olan kuramlar oldukça duyarlı olarak test edilmektedir. Örneğin Higgs bozonu da böylesi bir kuramın öngördüğü aracı parçacıklardan biridir ve kuarklar ile leptonlarla etkileşerek kütle kazanmalarında rol aldığı düşünülür.

Zaman: 10^{-4} saniye

Sıcaklık: $10^{11}K$

*Evrenin Yarıçapı:
 10^6cm*

Bu seviyedeki sıcaklık düşüşü, kuarkların birleşerek günümüzde maddenin temel yapı taşı olarak kabul edilen proton ve nötronların oluşmasına olanak sağlamaktadır. Protonlar artı yüklüdür ve elektronun kütesinin 1836 katı kadar kütleyle sahiptir. Başlangıçta proton ve nötron sayıları eşittir ancak nötronun kütlesi, protonun kütesinden az da olsa fazladır.

Zaman: 1saniye

Sıcaklık: $10^{10}K$

*Evrenin Yarıçapı:
 $10^{10}cm$*

Nötronlar protonlara göre daha kütleli olduğundan, onları oluşturmak için daha yüksek enerjiler gerekmektedir. Bu nedenle bu aşamada artık daha az nötron üretilmektedir ve protonlar ile nötronlar arasındaki oran 7/1 oranında farklılaşır. Yani 7 protona karşılık 1 nötron vardır.

*Zaman: 100 –
210saniye*

Sıcaklık: $10^9 – 10^8K$

*Evrenin Yarıçapı:
 $\sim 10^{12}cm$*

Bu anda protonlar ve nötronlar çarpışarak birleşmeye başlar ve bu birleşmenin sonucunda üretilen fotonların enerjisi, oluşan yeni elementleri parçalayacak seviyede değildir. Böylece çekirdek tepkimeleri ile % 5 oranında helyum-4, çok az da döteryum, helyum-3 ve lityum-7 üretilir. Sıcaklık 10^8K 'nin altına düştüğünde artık çekirdek tepkimesi için yeterli enerji olmadığından element üretim durur. Bu

evrede üretilen elementlerin günümüz element bolluklarına olan katkısı, Büyük Patlama Evren Modeli'nin önemli kanıtlarından biri olarak gösterilmektedir. Bu aşamadaki ortalama madde yoğunluğunun günümüzdeki suyun yoğunlu ile aynı olduğu söylenebilir.

**Zaman: 3,5 dakika -
380.000yıl**

Sıcaklık: $10^8 - 10^4 K$

**Evrenin Yarıçapı:
 $10^{13} - 10^{23} cm$**

Bu aşamada genişleyen ve soğuyan evren artı yüklü parçacıklar, eksi yüklü elektronlar ve yüksüz fotonlardan oluşmaktadır. Başlarda fotonların enerji yoğunluğu maddenin enerji yoğunluğundan fazla olduğundan ışıınım baskın bir evren söz konusuydu. Ancak genişlemeyle birlikte maddenin enerji yoğunluğu, ışıınıminkine göre daha yavaş azalmaktadır. Bunun nedeni maddenin mc^2 ile ölçülen enerjisi korunurken, fotonlar genişlemeden dolayı dalga boylarının uzaması nedeni ile ekstra bir enerji kaybına sahiptirler.

Zaman: 380.000yıl

Sıcaklık: 3.000K

**Evrenin Yarıçapı:
 $10^{23} cm$**

Evren o kadar soğumuştur ki eksi yüklü elektronlar artı yüklü çekirdekler tarafından yakalanmaya başlar ve nötr atomlar ile hidrojen molekülleri oluşmaya başlar. Böylece elektromanyetik ışıınım maddeden ayrılır ve günümüze kadar evrenin genişlemesi ile soğuyarak yaklaşık 2,7 K'lık mikrodalga ardalan ışıınımını oluşturur.

**Zaman: ~ 200 -
500milyon yıl**

Sıcaklık: Değişken

**Evrenin Yarıçapı:
 $10^{26} - 10^{27} cm$**

Gözlenebilir evrenin yarıçapı olan bu değerler, günümüzdeki evrenin yarıçap değerlerinin % 1 - % 10'na karşılık gelmektedir. Temel olarak hidrojen gazından oluşan moleküler bulutlar kütle çekimlerinin etkisi ile çökmeye

başlar. Çökme ile potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşür ve bu enerjinin yarısı ışınım olarak buluttan salınırken, diğer yarısı iç enerji olarak depolanır. Böylece bulutun merkezi bölgesindeki sıcaklık artmaya başlar. Bazı bulutların iç enerjisi hidrojeni yakacak değer olan 15 Milyon K sıcaklığa kadar ulaşır ve daha sıcak, daha parlak bir ışınım yaymaya başlarlar. Böylece ilk nesil yıldızlar ve gökadalara moleküler bulutların kendi kütle çekimleri ve karanlık maddenin kütle çekim etkisi ile oluşmaya başlamıştır. Şimdilik evren sadece hidrojen, helyum ve az miktarda lityumdan oluşmaktadır.

*Zaman:~ 500milyon -
13,8Milyar yıl*

Sıcaklık: Değişken

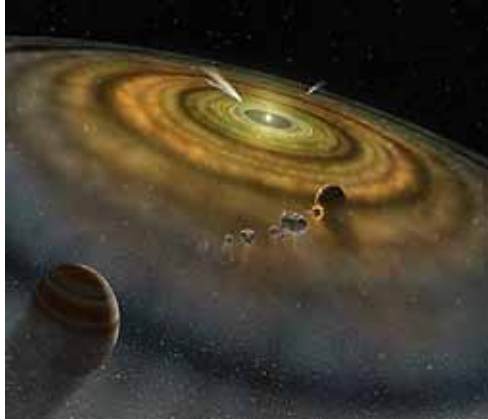
*Evrenin
Yarıçapı:13,8Milyar
Işık-Yıl*

Büyük kütleli yıldızlar merkezlerindeki hidrojeni tükettikten sonra çökmeye devam ederek helyum gibi elementleri de yakacak sıcaklığa ulaşır ve daha ağır elementleri üretirler. Böylece helyum, karbon, oksijen, azotu da yakarak demire kadar olan tüm ağır elementler yıldızların merkezi bölgelerinde üretilmeye başlanır. Demir çok kararlı bir elementtir ve onu yakacak sıcaklığa ulaşabilen bir yıldız henüz bilinmemektedir. Böylece büyük kütleli yıldızlar demire kadar olan elementleri ürettikten sonra süpernova adı verilen şiddetli bir patlama geçirerek yıldızlar arası ortamı ağır elementler ile zenginleştirirler. Sonrasında ikinci ve üçüncü nesil yıldızlar bu ağır elementlerce zengin gaz ve toz bulutlarından oluşmaya başlar. Güneş de böylesi bir gaz ve toz bulutundan oluşmuş ikinci nesil bir yıldızdır.

2.1.3. Güneş Sistemi ve Yer'in Oluşumu

Güneş Sistemi, güneşin, gezegenlerin ve uydularının, astroidlerin, bu sistemi saran ve aynı zamanda kuyruklu

yıldızların da kökeni olan Oort bulutunun tamamını içeren bir yapıdır. Bu yapı, yakınlarda var olan büyük kütleli bir yıldızın patlaması ile tetiklenerek çökmeye başlayan gaz ve toz bulutundan oluşmuştur. Tabii çökmeye başlayan bu gaz ve toz bulutuna, patlayan büyük kütleli yıldızın ağır elementlerce zengin maddesi de eklenmiştir. Bu bulut çöktükçe; (1) bulutun merkezi bölgesine doğru toplanan moleküllerin potansiyel enerjilerinin kinetik enerjiye dönüşmesinden dolayı, bulutun merkezi bölgesi ısınmaya başlar, (2) bulutun yarıçapı küçülürken açısal momentumun korunumundan dolayı dönmesi de hızlanır, (3) gerçekleşen çarpışmalarla buluttaki parçacıkların ortalama hareketi net açısal momentumun korunduğu yöne doğru meyil eder ve böylece diske benzer düz bir yapı oluşur (Liddle, 2015).



Şekil 1.2. Yeni oluşan gezegenler ve etraflarında var olan gaz ve toz bulutlarının gerçeğe yakın sanatsal çizimi (01 Ağustos 2017 erişim tarihiyle NASA'nın web sayfasından alınmıştır³).

Kütlenin çoğu bulutun merkezi bölgesinde toplanır ve

³ https://www.nasa.gov/images/content/149890main_BetaPictDiskbMac.jpg

sıcaklık nükleer yanmanın başlamasına yetecek seviyeye ulaşır. Böylece güneş ikinci nesil bir yıldız olarak ışımaya başlar. Geriye kalan gazın çoğu güneşin ışınım basıncı nedeni ile yıldızlar arası ortama jetler halinde geri püskürtülür. Artık disk halinde dönen bu yapı silikat ve buz kristalleri halinde ağır elementleri de içermektedir ve güneşin ışınım rüzgarları nedeni ile hidrojen ve helyum gibi hafif elementler güneş sisteminin dışına doğru sürüklenir (Liddle, 2015). Dönen bu disk yapısı homojen bir yoğunluk dağılımına sahip olmadığından, farklı bölgelerde kütle çekimsel etkilerle topaklanmalar olur. Birkaç milyon yıl içinde oluşan bu topaklanmalar, güneşin etrafında dolandıkça, şiddetli çarpışmalarla etraflarındaki tozu ve kütleleri üzerilerine toplarlar (Şekil 1.2). Böylece güneş sistemindeki gezegenler oluşur ve yörüngede var olan astroidlerin çoğu gezegenlerle çarpışır. Dünya'da var olan suyun kökeninin de bu astroidler olduğu tahmin edilmektedir. Yapılan hesaplamalar, o dönemde bir yıl içerisinde gezegene düşen astroid sayısı göz önüne alındığında, dünyadaki suyun astroidlerle birikmesi için yeterli olduğunu göstermektedir.

Oluşan gezegenler, sonrasında da bazı değişimlere maruz kalmıştır. Örneğin Yer, yaklaşık Mars büyüklüğünde bir gezegenle çarpışmış ve Ay'ın oluşumu gerçekleşmiştir. Bir diğer gezegen Uranüs ise güneş etrafındaki dolanma yönünün tersi yönde dönmektedir. Bunun nedeni başka bir gezegen ile çarpışması olabileceği gibi, güneş sisteminin dışından başı boş gezen bir gezegen olması ve güneş sistemi tarafından yakalanması da olabilir.

Yer'in soğuyan kabuğu, geçmişteki çarpışmadan dolayı eriyip tekrar soğuduğundan, güneş sistemindeki

gezegenlerden görelî olarak daha ince bir kabuğa sahiptir. Ayrıca tektonik olarak da oldukça hareketlidir. Başlarda üzerine yoğun olarak düşen ve suyun da kökeni olduğu tahmin edilen astroidler de göz önüne alındığında, Yer'in oldukça aktif bir gezegen olduğu söylenebilir. Bu hareketlilik volkanları da tetiklemekte ve gezegenin iç kısımlarındaki gazların yüzeye çıkmasına, dolayısıyla atmosferin oluşumuna neden olmuştur. Şimşeklerin ve yıldırımların eksik olmadığı elektriksel olarak da aktif olan böylesi bir gezegende, enerjiyi kimyasal olarak depolamayı ve kullanmayı başaran yapıların (canlıların) oluşması kaçınılmaz görünmektedir. Bu hali ile Yer, belli bir oranda aktif ve dinamik yüzeyi nedeni ile canlıların türeyerek evrimleşmesine olanak sağlamaktadır. Bu durumun günümüzdeki yansıması ise milyonlarca farklı türlerin ve dolayısıyla geniş bir biyoçeşitliliğin olduğu bir gezegene sahip olmamızdır.

Kaynakça

- Linton, C., M., (2004), 'From Eudoxus to Einstein: A History of Mathematical Astronomy', Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Carrol, S., (2016), 'The Big Picture: On the Origins of Life, Meaning and Universe Itself', Dutton Est. 1852 - Penguin Random House LLC, New York, USA.
- Guth, A. H.; Steinhardt, P. J., (1984), 'The Inflationary Universe', Scientific American v250, p116.
- Liddle, A. R., (2015), 'An Introduction to Modern Cosmology', Third Edition, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, United Kingdom.
- Hands, J., (2015), 'Cosmo Sapiens: Human Evolution from the Origin of the Universe', Overlook Duckworth, New York, USA and Peter Mayer Publishers, Inc., London, United Kingdom.

2.2. Darwin'den Bugüne Evrim Kuramı ve Klasik Örnekler

Kahraman İpekdal, *Dr.*
Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi
İletişim: kipekdal@gmail.com

Bir kuramı bilimsel yapan şey onun yanlışlanabilir olması, yani sınanabilmesidir. Bilimsel bir kuramı geçerli yapan şey ise henüz yanlışlanmamış olmasıdır. Evrim kuramı kapsamlı gözlemler ve bu gözlemlere ilişkin açıklamalar bütünüdür. Bu bütünün birçok parçası ilk günlerden itibaren yapılan sınamalarda doğrulanmış, bazı parçaları ise sınıfta kalmıştır. Sınıfta kalan parçaların yerine yeni açıklamalar getirilmiş ve yeni sınamalar yapılmış ve yapılmaktadır. Ancak özünde canlılığın ortak atalardan farklılaşarak değiştiği ve günümüzde yaşayan canlıların birbirine çeşitli düzeylerde akrabalık ilişkileriyle bağlı olduğu fikri tüm sınamaları geçmiş ve kabul görmüştür.

Evrım kuramı sadece doğaya bakışımızı şekillendirmekle kalmayıp, aynı zamanda ormancılıktan tıbbı pek çok alanda uygulama boyutu da olan bir olgudur. Bu bölümde bunlara kısaca değineceğiz. Ama bunu yapmadan önce, evrim olgusunu bilimsel bir kuram halinde izah eden ve tüm dünyanın gözleri önünde sınanabilir bir hale getiren doğa bilimci Charles Darwin'in kim olduğuna ve kuramı nasıl geliştirdiğine bakacak, kuramın Darwin'nden sonra nasıl değiştiğini özetleyeceğiz. Yaklaşık 160 yıldır elde edilen ve açıklama güçleri sayesinde ünlenen kanıtların hepsini burada sıralamak, kitabın fiziki sınırlarından ötürü mümkün değil;

ancak bu kanıtların en ünlülerini bu bölümün en geniş ve kısmı olarak göreceğiz.

2.2.1. Darwin kimdir, ne yapmıştır?

Tarihin en iyi bilinen ve insanın doğaya bakışını en çok sarsan, o nedenle de fikirlerine sıklıkla saldırılan bilimcilerinden biri olarak Charles Robert Darwin türlerin sabit olduğu inancının yanlış olduğunu bilimsel olarak kanıtlayan kişidir.

Darwin 1809'da, İngiltere'de 18. yüzyılda başlayan sanayileşme sürecine katkıda bulunan iki varlıklı adamın, Erasmus Darwin (hekim, mucit, şair) ve Josiah Wedgwood'un (çömlekçi) torunu olarak dünyaya geldi. Aldığı klasik eğitimin ardından babası ve büyük babası gibi bir hekim olmak üzere Edinburgh Üniversitesi'nde tıp okumaya gitti. Burada şehrin özgürlükçü ve entelektüel havasını soludu. Ünlü zoolog Robert E. Grant ile deniz hayvanları üzerine bol bol çalıştı ve ondan Fransız doğa bilimci Lamarck'ın canlıların değişimine ilişkin fikirlerini öğrendi. Üniversitenin doğa tarihi ile ilgili öğrenci topluluğu olan Plinius Cemiyeti'nin toplantılarına katıldı. Kuş doldurmayı öğrendi. Ancak hekim olmak istemediğini anlayınca, ikinci senesinde Edinburgh'tan ayrıldı. Babasının isteğiyle taşra rahibi olmak amacıyla Cambridge Üniversitesi'ne girdi. Burada sıkıcı bir klasik eğitim aldı ve iyi bir dereceyle mezun oldu. Cambridge'teki çevresi Edinburgh'takinden farklı olarak muhafazakardı. Ancak burada ilerleyen yıllarda işine çok yarayacak jeoloji, böcek koleksiyonculuğu ve botanik gibi alanlarda bilgi sahibi olmasının yanı sıra hayatını değiştirecek John S. Henslow ile de tanıştı. Bir botanikçi ve jeolog olan Profesör Henslow

Darwin'i, mezuniyetinden sonra İngiliz Donanması'na bağlı Hidrografi Ofisi'nden bir geminin Güney Amerika'ya yapacağı bir seyahat için tavsiye edecek ve böylece sadece Darwin'in hayatının değil, tüm dünyanın değişmesine neden olacaktı (Desmond ve Moore, 2011; Ertan, 2010).

Darwin genel olarak çok meraklı ve iyi bir gözlemciydi. Hayatının sonuna kadar çevresinde gözlediği her konuda neden ve nasıl soruları sormaya devam etti. En çarpıcı özelliği ise çalışkanlığıydı. Sağlığı 30'lu yaşlarında bozuldu ve bir daha asla tam olarak düzelmedi. Yaşamının büyük bir kısmını mide bulantıları ve kalp çarpıntıları ile geçirmiş olmasına rağmen öldüğü yıla kadar deneyler yaptı. Makaleler, kitaplar ve mektuplar yazarak yoğun bilimsel üretimini sürdürdü (Desmond ve Moore, 2011; Ertan, 2010).

2.2.2. Darwin evrim fikrini nasıl geliştirmiştir?

Yaygın kanının aksine evrim fikrini ilk akıl eden kişi Darwin değildir. Çağlar boyunca birçok düşünür ve doğa bilimci canlıların zaman içerisinde değişmiş olabileceği ile ilgili bir takım görüşler ileri sürdüler. Ancak bunlar genelde bu değişimi doğrusal bir yapıda hayal etmiş ve değişimin nasıl olmuş olabileceğine ilişkin bir şey önermemişler ya da yanlış önerilerde bulunmuşlardı. Darwin ise doğrusal değil, bir çalı gibi dallanan bir evrim modeli geliştirdi ve bu model için doğruluğu sonraları defalarca kez onaylanan ve canlılığa bakışımızı temelden şekillendiren bir mekanizma önerdi. Bu mekanizma doğal seçilimdir. Darwin'in mekanizmaya bu ismi vermesinin nedeni hayvan ve bitki ıslahında yapay seçilimin bir yöntem olarak zaten kullanılıyor olmasıydı. Yapay seçilimde, çiftçi ıslah etmek istediği canlıyı geliştirmek istediği

özelliklerine göre seçer (süt ve tohum verimi vb.) ve zaman içerisinde bu canlılar köken aldıkları çeşitlerden oldukça farklılaşırlar (süs köpeklerinin, ineklerin ve mısırın orijinal formlarından tamamen farklılaşmış olması gibi). Doğal seçimde ise seçme işlemi doğa yapar. Darwin türlerin doğa koşullarına ve bu koşulların değişimine göre şekillendiğini ve seçildiğini söyler (Darwin, 1859).

Darwin'ın evrim fikrini geliştirip bir kurama dönüştürmesi ile ilgili süreç de yaygın bir şekilde yanlış anlaşılır. Darwin bu süreci *Beagle* gemisiyle yaptığı 5 yıllık yolculuk sırasında değil, bu yolculuktan döndükten sonraki yaklaşık 20 yıllık bir sürede tamamladı. Aslında fikrin kafasında şekillenmesi bu uzun deniz gezisinden dönüp, gezi boyunca topladığı örnekler üzerine çalışırken gerçekleşti. Bu örnekleri, onları topladığı coğrafyaların özellikleri bağlamında değerlendirdiğinde türlerin dağılımı ve kökeni üzerine sorular sormaya başladı. Bu sorular tek ilgi alanı haline geldi ve cevapları bulmak üzere yoğun gözlem ve deneyler yaptı; konuyla ilgili olarak dünyanın dört bir yanıyla mektuplaştı ve çok çeşitli alanlardan kanıtlar topladı. Bu kanıtların en önemlilerinden ve ünlülerinden biri Galapagos'taki kuş türleri ile ilgili olanıdır. Galapagos takımadaları Güney Amerika'nın yaklaşık 1000 km batısında yer alan okyanus altı volkanlarının zirveleridir. Güney Amerika ile aralarında hiçbir zaman bir kara köprüsü oluşmamıştır. Galapagos'taki tüm bitki ve hayvanlar oraya su üzerinden geçerek gelmiştir. Darwin Galapagos'taki her adada ayrı bir alaycıkuş türünün yaşadığını buldu ve Güney Amerika'daki alaycıkuş türünün bu adalarda dallanarak farklı türleri oluşturmuş olması gerektiğini düşündü. Sonra da bu fikrini genelledi ve tüm

dünyadaki alaycıkuş türlerinin ortak bir ataya sahip olması gerektiğini söyledi. Dahası alaycıkuşlar ve yakın akraba kuş türleri de ortak bir atadan çeşitlenmiş olmalıydı. Bu Darwin'i dünyadaki tüm canlıların ortak atalara sahip olduğu ve dünyadaki yaşamın tek bir yaşam formundan çeşitlenmiş olabileceği çıkarımına götürdü (Mayr, 2001).

2.2.3. Evrim fikri nasıl yankı bulmuştur?

Darwin evrime ilişkin mekanizmalar önerdi ve bunu sınanması mümkün olan doğal süreçlere dayandırarak yaptı. Böylece ortaya olguyu açıklayan bir kuram çıktı ve kuram herkes tarafından gözlenebilir ve sınanabilir bir hale geldi. Bu da canlıların kökeni konusunu ilahiyatın sınırlarından çıkarıp, doğa bilimlerinin sınırları içerisine soktu. Aynı zamanda doğa bilimlerinin büyük oranda sekülerleşmesi sağlanmış oldu (Mayr, 2001). Darwin'in evrim kuramı bilim insanları arasında hızla taraftar bulduysa da bu fikre önceleri çok sayıda bilim insanı karşı çıktı. Ancak kuram dünyanın farklı yerlerinde, farklı araştırmacılar tarafından sürekli olarak sınanıp, kuram lehine kanıtlar elde edildikçe karşı çıkanların sayısı da azaldı. Günümüz biyoloji dünyasında evrim olgusunun var olup olmadığı üzerine bir tartışma yürütülmüyor. Tam tersine tüm biyoloji bilimi bu kuram üzerine oturmuş durumda. Bütün büyük üniversitelerin doğa bilimleri programlarına ve prestijli bilimsel dergilere bakarsanız bunu hemen görebilirsiniz; evrim hem bir araştırma konusu, hem de bir müfredat başlığı olarak tüm doğa bilimi araştırma ve eğitim faaliyetleri içerisinde hatırı sayılır bir yer tutar. Bazı ülkelerde evrim karşıtı araştırmacılar çıksa da şimdiye kadar ortaya evrim kuramını yanlışlayabilen bir veri koyan çıkmamıştır. Tartışmalar bilimsel zeminden ziyade toplumsal zeminde ve

özellikle eğitim sisteminin zayıf olduğu toplumlarda daha şiddetli bir şekilde gerçekleşmektedir.

2.2.4. Darwin'den sonra evrim kuramı

Evrim bir olgu olarak Darwin'in henüz hayatta olduğu yıllarda geniş bir kabul gördü. Evet yaşam evrim geçiriyordu. Ama nasıl? Darwin bu soruya bir cevap vermişti. Ancak bu cevaplar olgunun kendisi kadar yaygın bir kabul görmedi ve Darwin'den sonra da yıllarca tartışıldı. Geçen yıllar Darwin'i büyük ölçüde haklı çıkardı. Bugün de bilim insanları araştırdıkları canlı gruplarında tespit ettikleri evrimleşme olgularını açıklarken Darwin'in önerdiği mekanizmalara yoğun olarak başvurmaktadır. Ancak Darwin'den sonra evrimde başka mekanizmaların da olabileceği anlaşıldı. Evrim kuramı bu yeni mekanizmaların da eklenmesiyle genişledi. Darwin bazı şeylerin gelecekte bulunacağını evrim kuramından hareketle tahmin etmişti. Tahminlerinde büyük ölçüde haklı çıktı. Ayrıca Darwin'in aklından bile geçmeyecek şeyler keşfedildi.

2.2.5. Darwin'in bilmediği neydi?

Darwin evrim kuramını ortaya koyduğunda henüz bulunmadığı için bilemeyeceği pek çok şey vardı. Bunların en önemlileri jeoloji, paleontoloji ve genetik bilimlerinden gelen bilgilerdir.

Dünya kaç yaşındadır? Evrim için uzun bir süre gerekiyordu ama kimse Dünya'nın yaşını tam olarak bilmiyordu. Kutsal metinlerden hareket edilse 6.000 yıl, kısıtlı jeoloji bilgisi ise birkaç yüz bin yıldan bahsediyordu. Modern jeoloji Dünya'nın en az 4,5 milyar yıl yaşında olduğunu buldu.

Yani evrim için gerekenden çok daha fazla zaman geçmişti (Dawkins, 2009).

Güney Afrika'nın florası neden Güney Amerika'nunkine benzer? Darwin şöyle düşünüyordu: Bitkiler ve hayvanlar uzun mesafeleri çeşitli şekillerde katedip yeni yerlere gidebilirler. Gittikleri yerlerde yeni türlere evrilirler. Ancak hem Afrika'da, hem Güney Amerika'da, hem de Avustralya'da uçmayan kuş türleri bulunmaktadır. Eğer bu farklı türler, evrim kuramının öngördüğü gibi tek bir uçmayan kuş atadan türediyse bu türler bu kadar geniş bir alana nasıl yayıldı? Bu soruları genişletebiliriz. Örneğin neden Çin ve Kuzey Amerika, birbirinden bu kadar uzak olmalarına rağmen, aralarındaki başka hiçbir kara parçasında olmayan aynı bitkilere sahiptirler? Darwin Dünya'nın zaman içerisinde bir takım coğrafi değişiklikler geçirmiş olması gerektiğini biliyordu ama ne kadar büyük bir değişimin gerçekleşmiş olabileceği ile ilgili bir fikri yoktu. 1960'lara kadar da kimsenin bu konuda bir fikri olmadı. Ancak bundan sonra Dünya'nın geçmiş coğrafyasının şimdikinden çok ama çok farklı olduğu, devasa süper kıtaların kaydığı, birleştiği ve parçalara ayrıldığı anlaşılmaya başladı.

Peki ama ara formlar nerede? Şimdi sahip olduğumuz fosil serilerinin hemen hiçbiri henüz bulunmamıştı. Örneğin balina birden bire ortaya çıkmış gibi görünüyordu. Büyük gruplar arasındaki geçişler de net değildi. Ara form dediğimiz bu fosiller Darwin'den sonra bulundu (Coyne, 2009).

Ana-babadaki özellikler yavrulara genlerle aktarılır. Ama Darwin hayattayken bu bilinmiyordu. Mendel kalıtımın temel ilkelerini bulduğunda Darwin hayattaydı ancak

Mendel'in makalesinden haberi olmadı. Aradan geçen zamanda genetik diye bir bilim dalı ortaya çıktı ve bu bilim dalı devasa bir bilgi birikimi oluşturdu. Son 60 yılda moleküler yöntemlerde yaşanan gelişmeler sayesinde protein ve DNA dizilerinden evrimsel geçmiş ile ilgili çıkarımlar yapmak, türlerin ortak atalardan gelerek birbirinden ayrılma zamanlarını tahminlemek mümkün hale geldi.

Darwin'den sonra bilimde yaşanan bu gelişmeler canlıların akrabalık ilişkileri ile birbirlerine bağlı olduğunu ve zaman içerisinde değiştiğini kesin olarak kanıtladı.

2.2.6. Bugün evrimden nasıl faydalanıyoruz?

Evrimsel biyoloji tarımda, ormancılıkta, doğa korumada ve tıpta uygulama alanlarına sahiptir. Aslında bütün bu alanların temelinde yer alır çünkü bu alanların tamamında, ele alınan popülasyonları doğru anlamak hayati önem taşır. Bir bakteri popülasyonunun nasıl evrim geçirdiğini bilmeden onlarla savaşırsınız; bir popülasyondaki gen sıklıklarının nasıl değiştiğini yani bir popülasyonun nasıl evrim geçirdiğini bilmezseniz nesli tehlike altında olan bir türü koruyamazsınız; ormanların çevresel değişikliklere evrimsel olarak nasıl cevap verdiğini bilmezseniz gelecekte işletecek ormanlarınız olmaz; bitki-böcek birlikte evrimini anlamazsanız tarım zararlılarıyla mücadelede başarı elde edemezsiniz. Dolayısıyla evrim kuramı özünde bir toplumun geleceği açısından son derece önemlidir. Bu kuramın dini inançlarla ne kadar çeliştiğini tartışmak başka bir şeydir; kuramın yeni nesillere öğretilmesini engellemek başka bir şeydir. İkincisi bir toplumun geleceğini yok etmek anlamına gelir.

2.2.7. Evrimin kanıtları-klasik örnekler

Günümüzde doğa ile ilgili öyle çarpıcı şeyler biliyoruz ki eğer evrim olgusu olmasaydı var olmaları mümkün olmazdı. Burada bunlara kısa örnekler vereceğiz.

i. Fosiller ve ara formlar

Fosiller son derece özel şartların bir araya gelmesiyle oluşur. Bir organizmanın fosilleşebilmesi için önce suya düşüp dibe batması (ya da volkanik küle bulanması) gerekir. Sonra çürümemesi için üzeri hızlıca çökelti ile kaplanmalıdır. Vücudundaki sert parçalara (vücudunda sert parçalar olmalıdır, aksi takdirde fosilleşmesi başka karmaşık şartlar da gerektirecektir) suda çözülmüş mineraller girmeli, organizmadan kalanlar üst üste biriken çökeltinin basıncı altında uzun yıllar kalmalıdır. Dolayısıyla her dönemde yaşamış canlılara ilişkin kalıntılar o dönemin oluşturduğu katmanlarda fosilleşmiştir. Bu katmanlarda günümüze doğru gelindikçe bulunan fosillerin günümüzde yaşayan canlılara benzerliği artar ve bir noktadan sonra şimdikilerden ayırt edilemeyen canlıların fosilleri bulunur. Tabii bir fosilden bahsedebilmemiz için onun oluşmuş olması yeterli değildir; onu bulmamız da gerekir. Bunun için de jeolojik olaylar fosilimizi yüzeeye yakın bir yerlere getirmeli ve biz onu bulana kadar iklimsel olaylar nedeniyle aşınıp toprağa dönüşmemiş olmalıdır (Mayr, 2001). Ve evet, hala fosil bulabiliyoruz! Ancak şunu akılda tutmakta fayda var: Daha önce yaşamış canlıların büyük bir kısmı fosilleşmemiş olmalı. Bazı canlı grupları hiç fosilleşmemiş olabilir ve bu oldukça yüksek bir ihtimal. Yaşamın tarihinin ilk %80'lik dilimi boyunca yaşayan tüm türler yumuşak vücutluydu, yani fosilleşme olasılıkları çok

düşüktü. Fosilleşebilmiş olanların büyük bir kısmı ise hala yerin altında, kayaların içinde bir yerlerde olmalı. O yüzden elimizde eski yaşamın bu kocaman dönemine ait çok ama çok az fosil var. Yeryüzünde şimdiye kadar 17 milyon ila 4 milyar türün yaşadığı düşünülüyor. Şimdiye kadar fosili bulunan türlerin sayısı ise 250.000 (ve bunların büyük bir kısmı denizel organizmalar; sizce neden? Kopya: Fosilleşme için özel şartları saymaya başladığımız ilk cümleye bakınız.). Yani şimdiye kadar yaşamış canlı türlerinin sadece %0.1 ile %1 kadarının fosilini ele geçirebilmişiz (Coyne, 2009). Evrimsel biyolog Jerry Coyne bu durum için şöyle diyor: “Yaşam tarihine ilişkin pek de iyi bir örneklem sayılmaz!” (Coyne, 2009). Ancak biraz şansımız yaver gittiğinden, biraz da fosil araştırmacılarının sayısı her geçen gün arttığından, şimdiye kadar bulunan fosillerden, evrimsel süreçlerin nasıl ilerlediği ve büyük canlı gruplarının birbirinden nasıl ayrıldığına ilişkin kanıtlar elde edebildik ve her gün bu kanıtlara bir yenisi ekleniyor. Bu fosiller bize canlıların zaman içerisinde değiştiğini ve bu değişimin boyutlarının önceleri tahmin edilenden çok daha fazla olduğunu gösteriyor.

Fosillerin evrimsel bir silsileyi gösteriyor olmalarının en önemli kanıtlarından biri her fosil tipinin çıkması tahmin edilen zaman katmanında çıkması. Örneğin 100 ya da 200 milyon yıllık katmanlarda herhangi bir memeli fosiline rastlayamazsınız? Çünkü memeli diyebileceğimiz ilk hayvanlar Paleosen başında, yani yaklaşık 60 milyon yıl önce ortaya çıkmaya başladı (Mayr, 2001). Bu durum bütün canlı grupları için geçerli olduğundan evrim kuramı araştırmacılara, özellikle kayıp ara geçiş formlarının nerede bulunabileceği ile ilgili büyük bir tahmin olanağı verir.

Örneğin elinizde aralarında 50 milyon yıl olan iki akraba türün fosilleri olsun. Bu iki tür arasında geçiş teşkil edebilecek bir türün neye benzemesi gerektiğini, genel olarak nasıl bir ortamda ve ne zaman yaşamış olabileceğini tahmin edebilirsiniz. Sonra ilgili katmanlara bakar ve tahmininizi sınarsınız. Bu tip sınamalardan çok sayıda yapıldı ve bilin bakalım ne oldu? Tahminler her seferinde doğru çıktı (Coyne, 2009).

Günümüz memeli ve sürüngenlerinin anatomik, embriyolojik ve genetik özelliklerinin karşılaştırılması memelilerin sürüngenlerden türemiş olduğunu gösteriyor. Aslında moleküler yöntemlerimiz o kadar ilerlemiş durumda ki memelilerin sürüngen ataları konusunda hemen hiçbir şüphemiz kalmadı. Ama yine de bu bizim fosil aramamızı engellemez. Eğer bu hipotez, yani memelilerin sürüngenlerden türediği doğruysa memeliye benzer sürüngen fosilleri bulabiliyor olmalıyız. Benzer şekilde kuşların dinozorlardan türediğini söylüyorsak dinazor-kuş geçişini gösterecek fosilleri bulmak iyi olurdu. Evrimsel entomologlar karıncaların yaban arısına benzeyen atalardan evrimleşmiş olması gerektiğini söylüyorlar. O halde ilkin karıncalarda yaban arısı özellikleri bulmamız gerekir. Eğer türler birbirinden bağımsız yaratılmış olsaydı böyle bir beklentimiz olmazdı ama türler birbirine akrabalık ilişkileriyle bağllysa geçiş fosillerini görmek istemeye hakkımız var. Şimdiye kadar yapılan araştırmalar bulmayı beklediğimiz bu fosilleri ve çok daha fazlasını bize gösterdi.

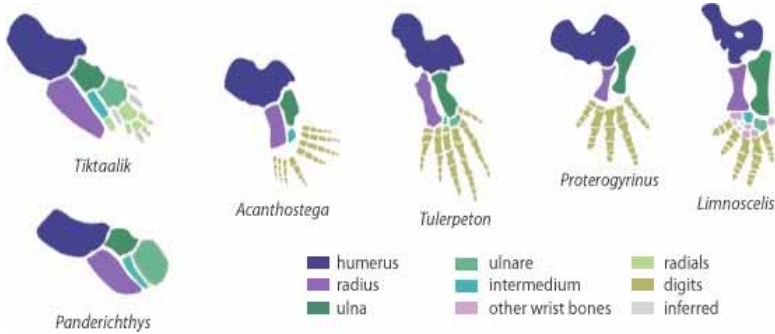
Şimdi omurgalıların sudan karaya, karadan havaya ve karadan tekrar suya nasıl geçtiklerini gösteren ara formlara ait fosillere örnekler verelim.

Sudan karaya... Tiktaalik roseae 2004'te bulunan bir fosil. Kendisi balıklarla karasal tetrapodlar arasındaki geçişi gösteren harika bir örnek. 390 milyon yıl öncesine kadar dünyada bir balık imparatorluğu vardı. Tüm sulardaki tek omurgalı hayvan balıktı ve henüz başka bir omurgalı ortaya çıkmamıştı. Ama 360 milyon yıllık katmanlara baktığımız zaman dört ayakları üzerinde karada yürüyen hayvanların fosillerini buluyoruz. Demek ki aradaki bu 30 milyon yılda bir şeyler oldu ve bazı balıklar karasal bir yaşama uyum sağlamaya başladı. (Gerçekten sizce neden bir grup balık karaya çıksın ki, kendi sularında mutlu mesut yüzmek varken?) Peki neden böyle düşünelim? Neden bu dört ayaklılarla balıklar arasında bir bağlantı olsun? Bu dört ayaklılar pek çok özellikleri bakımından amfibilere benziyor: Yassı kafa ve vücut, belirgin bir boyun ve iyi gelişmiş bacaklar. Ama bunlar aynı zamanda o zamanki lob yüzgeçli balıklarla da benziyor (büyük kemikli yüzgeçleri sayesinde sığ göl ya da derelerin diplerinde tutunabilen balıklar); pullar, uzuv ve kafa kemiklerindeki benzerlikler gibi... Görünen o ki bu 30 milyon yılda suda yaşayan balık benzeri omurgalılarından karada yaşayabilen amfibi benzeri omurgalılar türemiş (bunun olanaksız olmadığını biliyoruz, bugün hala hem karada, hem de suda yaşayan ama hala balık olan türler bulunuyor; örn. çamur zıpzı, Oxudercinae). İşte *Tiktaalik roseae* de bu noktada devreye giriyor. Bu 30 milyon yıla tarihlenen katmanları inceleyen bilim insanları 375 milyon yıllık katmanlarda gerçekten de bu geçişin nasıl olabileceğini gösteren *Tiktaalik* fosilini buldular. *Tiktaalik* balık gibi solungaçları, pulları ve yüzgeçleri, semender gibi yassı bir kafası, kafatasının yanlarında değil üstünde göz ve burun

delikleri olan bir hayvandı. Bir boynu vardı (balıklar boyunsuzdur). Ciğerlere hava pompalamaya ve solungaçlardan oksijen çekmeye yarayan sağlam kaburgaları vardı. Yani *Tiktaalik* hem solungaç, hem de akciğer solunumu yapabiliyordu. Balık yüzgeçlerindeki gibi çok sayıda küçük kemik yerine az sayıda büyük ve sağlam yüzgeç kemiği vardı. Bu da onun zaman zaman suyun kaldırma kuvvetinin sağladığı kolaylıklardan yoksun kaldığını yani karaya çıktığını gösteriyor. Bir de bu yüzgeç kemiklerinin sayı ve konumları biz de dahil kendisinden sonra gelen bütün karasal omurgalılarındakine benziyor (Şekil 2.1). Böyle bir hayvan olsa olsa 390 ila 360 milyon yıl öncesine tarihlenen katmanlarda çıkabilirdi; evrim olgusu doğru olmasaydı böyle bir tahmin yapılamaz, yapılırsa da işe yaramazdı (Coyne, 2009).

Karadan havaya... Dinozorlarla kuşlar arasındaki geçişin nasıl olduğunu merak ediyorsanız elimde tam da size göre bir şey var! *Archaeopteryx lithographica*. 1860'da bulundu. Kuşların ve dinozorların iskeletleri birbirine çok benzer. 200 milyon yıl öncesine giderseniz ortada kuş falan göremezsiniz. Günümüz kuşlarına benzer kuşları görmek için 70 milyon yıl öncesine gitmeniz gerekir. Demek ki aradaki bu 130 milyon yılda bir şeyler olmuş ve ortaya kuşlar çıkmış. *Archaeopteryx* 145 milyon yıllık katmanlarda bulundu. Aslında kuştan çok sürüngenlere yakın. Dişli çene, uzun bir kemikli kuyruk, pençeler, kanatlarda ayrı parmaklar (kuşlarda bunlar birleşiktir) ve kafatasına arkadan bağlanmış bir boyun (dinozorlardaki gibi) (kuşlarda ise alttan bağlanır). Kuşa benzer özellikleri ise daha az: Büyük tüyler ve diğer parmaklarla uç uca deşebilen ayak baş parmağı (muhtemelen tünemeye yarıyordu). Uçup uçamadığından emin değiliz ama kanatlarındaki tüylerin

asimetrik yapısı (her tüyün bir tarafı diğerinden daha büyük) uçabildiğini düşündürüyor. *Archaeopteryx*'ten sonra başka geçiş fosilleri de bulundu (Coyne, 2009).



Şekil 2.1 Devon sonlarından iki lob yüzgeçlinin (*Panderichthys* ve *Tiktaalik*) pektoral yüzgeçleri ve iki Devon sonu tetrapodu (*Acanthostega* ve *Tulerpeton*) ile iki Karbonifer tetrapodunun (*Proterogyrinus* and *Limnoscelis*) pektoral üyeleri (Dennis C. Murphy'nin izniyle - devoniantimes.org'tan 30.07.2017 erişim tarihiyle alınmıştır).

Karadan suya... Balinalar tamamen sucul bir yaşama sahip memeli hayvanlardır. Memeliler balıklar karaya çıktıktan çok sonra, karada ortaya çıktığına göre günümüz balinalarının atası karada yaşayan ama yavaş yavaş suda yaşamaya uyum sağlamış memelilerden olmalı. Peki bu tip bir hayvanın fosillerini nerede aramalıyız? Neyse ki sucul yaşam tarzlarından ötürü balinaların fosil kayıtları mükemmel ve balina evrimi evrim kuramı için en güzel ve heyecan verici örneklerden birini teşkil ediyor. Balinaların çift toynaklı bir atası olduğunu ve yaşayan en yakın akrabasının su aygırını olduğunu artık biliyoruz. Dahası eldeki geçiş fosillerinin sayısı o kadar çok ki balınayı balina yapan tüm özelliklerin nasıl ve ne zaman ortaya çıktığını ayrıntısıyla biliyoruz. Bunların hepsine burada değinemeyiz ama balinaların geçmişini kısaca

anlatalım. 60 milyon yıl öncesine ait balinaya benzer bir memeli fosili bulamazsınız. Günümüz balinalarına benzeyen hayvanlar 30 milyon yıl önce ortaya çıktı. Ve evet, ne olduysa bu arada oldu. 48 milyon yıl önce, adına şimdi *Indohyus* dediğimiz bir hayvan yaşadı. Bir çift toynaklıydı. Kısmen suculdu. Kulak ve dişleri günümüz balinalarına ve bunların sucul atalarına benziyordu. Ancak *Indohyus* balinaların doğrudan atası değil, doğrudan atasının kuzenidir. 52 milyon yıl önce yaşamış *Pakicetus* ise doğrudan atadır; bütün özellikleriyle balinaya çok daha fazla benzer. 50 milyon yıl önce yaşamış *Ambulocetus* ise, ismiyle müsemma, uzun kafatası ve indirgenmiş üyeleriyle yürüyen bir balinadır! Uzuvarlarının ucunda hala toynakları olan bu hayvan zamanının büyük bir kısmını suda geçiriyor ama arada sırada karaya da çıkıyordu. Muhtemelen karada çok beceriksizce hareket ediyordu, bizim foklar gibi... 47 milyon yıllık *Rodhocetus* daha da balinadır! Burun delikleri arkaya doğru kaymış ve kafatası daha da uzamıştır. Leğen kemiği ve arka uzuvları çok zayıftır. Neredeyse her zaman suda yaşayıp karada çok az vakit geçirmiş olmalıdır. 40 milyon yıl önce yaşamış *Basilosaurus* ve *Dorudon* ise artık tamamen suculdur. Bunların karaya çıkması mümkün değildir çünkü leğen kemiği ve arka bacakları hem iyice küçülmüş, hem de bu yapıların iskelet ile bağlantısı kaybolmuştur (Coyne, 2009).

ii. Körelmiş ya da tuhaf organlar

Gelişim sırasında bir oluşup bir yok olan yapılar ve körelmiş organlar doğada canlıların birden bire ortaya çıkmadığının en çarpıcı kanıtlarındandır. Örneğin balinalarda embriyonik gelişim sırasında dişler ortaya çıkar fakat daha sonra yok olur. Embriyoda çok kısa süre var olan bu dişlerin

hiçbir işlevi bulunmaz. Bunların oluşmasının tek nedeni balinaların atasının dişlere sahip olmasıdır. Benzer örnekleri hemen tüm türlerde görebiliriz. Taksonomik olarak yakın gruplar embriyonik dönemde birbirlerine benzer. Örneğin sülükayaklılar ya da kaya midyeleri olarak bilinen cirripedler ergin evrede midyelere benzer ama bunlar aslında midyelere değil yengeç, ıstakoz ve karideslere (Crustaceae) daha yakındır. Embriyonik gelişimlerine bakıldığı zaman da (Darwin'in bol bol yaptığı gibi) midyelere değil de Crustaceae'ye yakın olduğu görülür. Bu nedenle ergin morfolojisi kimi zaman şaşırtıcı olabilir ama bir türün embriyo gelişimi izlenirse yakın akraba olduğu grupları anlamak mümkündür. En çarpıcı ve yaygın olarak bilinen örneklerden biri de balık ve diğer tüm omurgalılarda solungaç yarıklarının görülmesidir. Çünkü yukarıda da değindiğimiz gibi tüm omurgalılar balıklardan köken almıştır.

Peki neden atasal formlara ait bazı yapılar (tüm vücut planı değil) gelişim sırasında ortaya çıkar ve kaybolur? Deneysel gelişim biyolojisi bu soruya tatmin edici bir cevap verdi. Bazı atasal özellikler gelişim sırasında ortaya çıkar çünkü bunlar bir takım düzenleyici başka işlevler kazanmış ve tamamen yok olmamışlardır. Deneysel olarak bunların gelişimini engellerseniz bazı yapıların gelişmediğini görürsünüz. Örnek olarak meşhur solungaç yarıkları konusunu ele alalım. Embriyonik gelişim sırasında balık ve diğer tüm omurgalılarda ortaya çıkan bu yapılar balıklarda gerçek solungaç yarıklarına dönüşürken, balıklardan sonra ortaya çıkan sürüngen, kuş ve memelilerde boyun bölgesindeki bir takım başka yapıları oluştururlar. Evrimsel değişim mevcut yapılar üzerinde olduğu için yeni yapılar

eldeki malzemenin modifiye edilmesiyle oluşturulmak zorundadır. Elde ne varsa o! Bu şekilde başka işlevler kazanan yapılar embriyonik gelişimde evrimsel değişim sırasıyla ortaya çıkıp farklılaşırlar ve bu durum rekapütilyasyon olarak bilinir (Mayr, 2001).

Embriyonik gelişim sırasında ortaya çıkıp kaybolan yapıların dışında pek çok türde ergin evrede körelmiş yapılar da bulunur. Bunlar ya tamamen işlevsiz (20 yaş dışı ya da mağarada yaşayan hayvanlardaki körelmiş göz gibi) ya da asıl işlevi ile ilgisi olmayan başka işlevler kazanmış (hindi kanadı gibi) olabilir. Sıfırdan tasarlanmış olsaydı, bir canlının işlevini kaybetmiş ya da asıl işlevinden farklı bir işleve sahip organlara sahip olmasının bir anlamı olur muydu?

Bütün bunların dışında doğada bir de evrimsel bir açıklama olmaksızın başka hiçbir anlam ifade etmeyen tuhaf yapılar bulunmaktadır. Dönen gırtlak siniri bunların en ünlülerindendir. Bu siniri ilginç yapan ise “dönen” olmasıdır. Gırtlak siniri konuşmamızı ve yutkunmamızı sağlayan sinirdir. Beyinden gırtlığa gelir. Ancak bunu biraz tuhaf bir yol izleyerek yapar. Beyinden gırtlığa doğrudan gitmek yerine önce gırtlığı transit geçerek göğse iner, aortu dolandır sonra yukarı “döner” ve gırtlığa gelir. Bu sadece bizde değil, bütün omurgalılarda, örneğin zürafada da böyledir. Zürafanın o uzun boynunu katedip, yolunu gereksiz yere 4,5 m uzatarak geri döner! Fazladan sinir göz mü çıkarır? Göz çıkarmasa da göğse alınan bir darbeye konuşma ve yutma zorluğu çekme riskimizi artırır. Bu dolambaçlı yol ancak evrimsel bir bakış açısıyla anlaşılabilir. Gelin bu sinirin nasıl evrildiğine bakalım. Tıpkı memelilerdeki aort damarı gibi bu sinir de yukarıda sözünü ettiğimiz solungaç yarıklarının farklılaşmasıyla oluşur.

Balıklarda (ve balık benzeri atalarımızda) bu sinir 6. solungaç yarığının kan damarının yanından geçer. Ergin balıkta bu sinir beyin ile solungaçlar arasındaki iletişimi ve solungaçların su pompalamasını sağlar. Evrimsel süreçte beşinci yarıktaki kan damarı kaybolmuş, dördüncü ve altıncı yarıklardaki damarlar da aşağı doğru kayarak, ileride göğüs kısmına dönüşen bölgedeki aort damarını ve akciğer atardamarını oluşturmuşlardır. Ancak gırtlak siniri hala altıncı yarığın arkasındadır ve larenksi oluşturacak olan embriyonik yapılarla bağlı kalmıştır. Sonra aort kalbe doğru gidince, gırtlak siniri de onunla birlikte gitmek yani uzamak zorunda kalmıştır (Coyne, 2009). Dediğimiz gibi, elde ne varsa o!

iii. Biyocoğrafya

Darwin *Türlerin Kökeni*'nde şöyle der: *H.M.S. Beagle*'da bir doğa bilimci olarak bulunurken Güney Amerika'da yaşayan canlıların dağılımı ve o kıtanın mevcut ve geçmiş canlılarının jeolojik ilişkileri ile ilgili belli bazı olgular beni çok etkilemişti. Bu olguların türlerin kökenine ya da en büyük filozoflarımızdan birinin dediği gibi gizemlerin gizemine bir miktar ışık tutabileceğini düşünmüştüm."

Canlıların dağılımlarına baktığımızda, bir ortak atadan çeşitlenme durumu söz konusu olmasa asla açıklanamayacak örüntülerle karşılaşırız. Avustralya'nın doğal türlerini ele alalım. Diğer kıtalardakilerden ne kadar farklılar. İyi ama neden? Plasentalı memelilerin başka kıtalarda doldurdukları nişleri Avustralya'da keseli memeliler doldurur. En erken keseli fosillerini Avustralya'da değil Kuzey Amerika'da buluyoruz. Bunlar Kuzey Amerika'da ortaya çıktı ve 40 milyon yıl önce Güney Amerika'ya yayıldılar. 10 milyon yıl

önce de Avustralya'ya geçtiler. Bunu yapabildiler çünkü o devirde henüz Güney Amerika ve Avustralya parçalanmaya başlamış olan Gondwana Kıtası'nda hala birbiriyle bağlantıdaydı. Ancak aralarında bugün Antarktika dediğimiz kara parçası bulunuyordu. Dolayısıyla keseliler yaklaşık olarak 30 ila 40 milyon yıl önce Güney Amerika'dan Avustralya'ya Antarktika üzerinden geçmiş olmalıdır. O halde bu zaman dilimine ait Antarktika fosillerine bakarsak, keseli fosillerini bulmamız gerekir. Tam olarak bu yapıldı ve Antarktika'da 35 ila 40 milyon yıl yaşında keseli fosiller bulundu (Coyne, 2009). Plasentalılarla keseliler aynı zamanda ortaya çıkıp yayıldılar. Dinozorlardan kalan benzer nişleri doldurdıkları için birbirleriyle rekabet ettiler. Plasentalılar Gondwana'nın kuzeyinde, keseliler ise güneyinde yayıldı. Güneyden kopan ve koptuktan sonra da başka bir kıta ile temas etmeyen bir parça olan Avustralya'da plasentalıların olmaması bundandır.

Afrika ve Güney Amerika'nın bitkileri arasındaki benzerlik ancak bu iki kıtanın 170 milyon yıl önce ayrılmaya başladığının ve öncesinde tek bir süper kıta halinde birleşik olduğunun (Gondwana: Afrika, Güney Amerika, Hindistan, Madagaskar ve Antarktika, Avustralya, Arap Yarımadası) bilinmesi durumunda bir anlam ifade eder. İki kara parçası birbirinden ne kadar uzun süre önce ayrılmışsa sahip oldukları canlı türleri de birbirinden o kadar farklı olur.

Adalarda yaşayan türlerin çalışılması da evrimsel biyoloji açısından ilginç sonuçlar doğurmuştur. Kıtalarından koparak oluşmuş adalarla, volkanik patlamalar sonucu oluşmuş okyanus adalarındaki tür bileşimleri oldukça farklıdır. Kıtalarından koparak oluşmuş adalardaki türler en

yakın ana kıtadaki türlere benzer ama uzak kıtalardaki türlere benzemez. Bunun nedeni canlıların adalara en yakın kara parçalarından geçmiş ve burada türleşmiş olmasıdır. Burada anlaşılması gereken husus bu adalardaki türlerin ana kıtadakilerle aynı değil sadece benzer ama farklı türler olduğudur. Yani türleşme söz konusudur.

Okyanus adalarında neden memeliler yaşamaz? Bunların çoğu volkanik temellidir. Okyanus adaları ana kıtalardan bağımsız ve çok uzak mesafelerde oluşmuş ve ana kıtalardaki memeliler buralara gelip buralarda çeşitlenememişlerdir, yoksa buralarda yaşayamayacaklarından değil. Nitekim insan eliyle buralara getirilen memeliler yerleşme konusunda büyük başarı göstererek adanın doğal türlerini tehdit altına alacak kadar çoğalabilmişlerdir (Coyne, 2009). Uçamayan kuşların büyük bir kısmı da bu tip adalarda evrilmiştir. Memeli baskısı altında olmadan ve ana kıtalardan çok uzakta, uygun iklimsel koşullarda yani besine ulaşma sıkıntısı yokken uçmak enerjiji boşa harcamaktan başka ne işe yarar ki?

Moleküler yöntemler kullanılarak türlerin birbirinden ne zaman ayrıldığını tespit etmeye yönelik hesaplamalar kıtaların hareketleri konusunda jeolojinin bize söylediği zaman dilimleriyle uyumlu sonuçlar veriyor. Bambaşka hesaplama yöntemleri ve veri biçimleri ile yapılan bu hesaplamalar arasındaki uyum tek bir şeye evrim olgusunun doğruluğuna işaret ediyor.

iv. Genetik

Günümüzde DNA dizilerini doğrudan okuyup karşılaştırabiliyor ve iki tür arasındaki akrabalık ilişkisini

diğer yöntemlerden çok daha güvenilir bir biçimde ortaya koyabiliyoruz. Moleküler yöntemler bize iki türün birbirinden ne zaman ayrılmış olabileceğinden tutun da, buldukları coğrafi bölgeye nereden gelmiş olabileceğine ilişkin çok sayıda bilgi verebiliyor. Son 60 yılda bu konuda çok fazla bilgi birikti ve evrim olgusu şüpheye yer bırakmayacak şekilde kanıtlandı. Burada birkaç genel ve özel örnekten bahsedelim.

Mutasyonlar bize çok bariz kanıtlar sunuyor. Herhangi bir genomda bir yığın mutasyon bulunur. Bunlar ancak farklı genomları karşılaştırarak tespit edilir. Mutasyonlar genomda tesadüfen oluştuğu ve tedrici olarak biriktiği için birbiriyle yakın akraba olan, örneğin insan ailelerindeki mutasyon örüntüsünün, uzak olanlara göre daha benzer olması beklenir. Yani kuzenlerinizdeki mutasyon örüntüsü ile sizdeki, dedenizin kuzenlerinin torunlarındakine nispeten daha benzerdir. Aynı şeyi tür düzeyinde de söyleyebiliriz. Eğer evrim diye bir şey gerçekleşmişse mutasyon örüntülerinin türlerdeki dağılımı rastgele olamaz, evrimcilerin yakın akraba dediği türlerde bu örüntüler daha benzer olmalıdır. Durum gerçekte de tam olarak böyledir. Size üç farklı türe, örneğin fil, aslan ve kediye ait gen dizi verisi versem ve bunların hangisine ait olduğunu söylemesem, sadece gen dizilerini karşılaştırarak hangi ikisinin birbirine daha yakın olduğunu çok kolay bir şekilde söyleyebilirsiniz. Aynı şeyi iki kardeş ve bir uzak akraba gen verisinde de yapabilirsiniz. Demek ki doğada gerçekten de akrabalık ilişkisi mevcut. Akrabalık ilişkisi de tek bir şartla meydana gelebilir ve o şart bir ortak atanın olmasıdır.

Tıpkı mutasyonlar gibi yalancı gen örüntüleri de yakın akraba türlerde benzerlik gösterir. Yalancı genler işlevlerini

kaybetmiş genlerdir. İnsandaki yalancı genlerin en ünlülerinden biri *GLO* denen ve başka türlerde *L-gulono- γ -lakton oksidaz* denen bir enzimi sentezleyen gen dir. Bu enzim şekerden C vitamini yapmada kullanılır. Bu metabolik yol primatlar, meyve yarasaları ve gine domuzları hariç tüm memelilerde bulunur. Bu türlerde ise C vitamini besin yolu ile alınır; yani dışarıda hazır olarak bulunmaktadır ve vücutta üretmeye gerek yoktur (Coyne, 2009). Bu gereklilik ortadan kalkınca C vitamini üretim yolu ile ilgili genler üzerindeki seçim baskısı ortadan kalkmış ve bu genler mutasyonların rahatça biriktiği birer çöplüğe dönüşmüştür.

C vitamini üretim yolunu incelediğimizde dört basamaktan oluştuğunu görüyoruz. Her bir yol ayrı bir gen tarafından kontrol ediliyor. Primatlarda ve gine domuzlarında ilk üç basamağın genleri hala aktif ama son yoldaki *GLO* enzimini sentezleyen gen çalışmıyor. Bir mutasyon bu genin çalışmamasına neden olmuş durumda. Bu mutasyon *GLO* genindeki bir nükleotidi silmiş. Biz de dahil bütün primatlarda bu aynı nükleotid kayıp. Bunun tek bir anlamı var. Primatlarla ortak atamızda meydana gelen mutasyon hepimize geçmiş. *GLO* gine domuzunda da çalışmıyor. Ama bu durum onda bizdekinden farklı mutasyonlarla, yani bizden ve atalarımızdan tamamen bağımsız bir şekilde ortaya çıkmış. Dahası da var. *GLO* geninin dizisine baktığımız zaman insan ve şempanzelerde, orangutanlara göre daha benzer olduğunu görüyoruz. Gine domuzununki ise bunların hepsinden farklı. Bu geni ortak atadan kalıtarak almış olmasak, bu işlevsiz gen neden bizi gine domuzu ile çok uzak, orangutanla daha yakın ama şempanze ile çok yakın, yani tam da evrim bilimcilerin

başka bir takım bulgulardan hareketle iddia ettiği gibi, gösterebilirsin? (Coyne, 2009)

v. Sınıflandırma

Darwin evrim kuramıyla taksonomi için de bir izahat geliştirmiş oldu. Evrim kuramından önce şu sorunun mantıklı bir cevabı yoktu: “Neden bazı canlılar birbirine diğerlerine benzediklerinden daha çok benzer?” ya da “Nasıl oluyor da canlıları sınıflandırabiliyoruz?” Bir torba dolusu farklı büyüklük ve renkte, farklı maddelerden yapılmış misketiniz olduğunu düşünün. Bunları nasıl sınıflandırırdınız? Renklerine göre mi, büyüklüklerine göre mi, yoksa yapıldıkları maddelere göre mi? Belki de en çok sevdiğinizden en az sevdiğinizize? Peki başka biri bu misketleri sizinle aynı şekilde mi sınıflandırırdı? Muhtemelen herkes başka bir sınıflandırma ölçütü kullanırdı. Misketler birbirinden değişerek türemediği için farklı sınıflandırma tarzları başka başka grupların ortaya çıkmasına neden olurdu. Ancak söz konusu olan şey canlılar olunca böyle olmuyor. Herkes canlıları benzerliklerine göre sınıflandırdığında ortaya her seferinde aşağı yukarı aynı soy ağacı çıkıyor. Bu tek bir gerçeğe işaret ediyor ki o da tüm canlıların ortak atalardan farklılaşarak türediği ve birbirine akrabalık bağlarıyla bağlı olduğudur.

Burada evrimin aslında bir dağ gibi yığılmış kanıtlarının çok az bir kısmını gördük. Ancak bu kadar az kanıt bile evrim kuramının ne kadar sağlam temeller üzerine oturduğunu göstermeye yetiyor. Yapılan araştırmalarla hemen her gün yeni kanıtlar bulunuyor. Farklı coğrafya ve kültürlerden gelen binlerce araştırmacı her gün laboratuvarında ve doğada

araştırma yaparak canlıların zaman içerisinde değiştiğini ve bu değişimin evrim kuramının açıkladığı evrensel kanunlarla gerçekleştiğini tespit ediyor. Görünen o ki bizim bütün olup biten hakkında ne düşündüğümüzden bağımsız olarak Dünya dönmeye ve canlılar evrilmeye devam ediyor.

Kaynakça

- Coyne J (2009) Why Evolution is True. Oxford University Press. 309 s.
- Darwin C (1859) On the Origin of Species. John Murray. 502 s.
- Dawkins R (2009) Chapter 4: Silence and Slow Time. In: The Greatest Show on Earth. Free Press. s. 83-108
- Desmond A, Moore J (2011) Charles Darwin (Çev.: Ebru Kılıç). Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları. 924 s.
- Ertan H (2010) Biyolojik Evrim Kuramının Arkasındaki Yaşam Charles Robert Darwin. Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları. 326 s.
- Mayr E (2001) What Evolution Is. Phoenix. 349 s.

2.3. Günümüz Hastalıklarına Evrimsel Bakış

Efe Sezgin, *Dr.*
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Urla, İzmir, Türkiye
İletişim: efeszn0@gmail.com

2.3.1. Evrimsel Tıbbın Temelleri

Evrimsel tıp sağlık sorunlarına farklı bakış açıları getirmeyi, günümüz yaklaşımlarıyla çözüm bulamadığımız, sebebini anlayamadığımız sağlık sorunlarının çözümüne katkıda bulunmayı amaçlayan disiplinlerarası bir yaklaşımdır. Yeni bir bakış açısıyla evrimsel tıp hastalıkların nedenlerini 'Yaklaşık Nedenler' ve 'Nihai Nedenler' olmak üzere iki gruba ayırır. Bir hastalığın/rahatsızlığın altında yatan fizyolojik sebepler ve moleküler mekanizmalar yaklaşık nedenleri oluşturur. Klasik tıp; hastalıkların yaklaşık nedenlerine odaklanır, hastalıklar hakkında 'Ne' ve 'Nasıl' sorularına cevap arar. Evrimsel tıp ise nihai nedenlere, diğer bir deyişle, uyum başarısı açısından özelliklerin neden evrimleştiğine odaklanır; köken ve fonksiyon hakkında 'Neden/Niçin' sorularını araştırır.

Örneğin, (yağlı) beslenme tarzı, *arteroskleroz* (damar sertliği) riskini artıran genetik yapı ve bunların etkileşimi kalp krizinin 'Yaklaşık Nedenler'idir. Doğal seçilimin yağlı yiyecek tercihini teşvik eden ve damarlarda kolesterol birikimine yol açan genetik faktörleri neden ortadan kaldırmadığı sorusu ise 'Nihai Nedenler'i olarak gösterilebilir.

2.3.2. Evrimsel Tıp - Yeni Bir Sentez?

Son 10 yıldır Amerika ve Avrupa'daki üniversitelerin tıp fakülteleri sayıları giderek artan 'Evrimsel Tıp' kürsüleri

kurmakta, sağlık bilimlerinde evrimsel yaklaşımları içeren araştırmalara destek vermektedir. Darwin'in evrim kuramı 150 yıllık, modern anlamıyla tıp bilimi de en az iki asırlık bir geçmişe dayanmaktadır. Peki evrimsel düşüncenin sağlık/tıp bilimlerine uygulanması için neden günümüze kadar beklenmek durumunda kalmıştır?

Bunun için öncelikle 1930-1940 yıllarındaki 'modern sentez'in gerçekleşmesi gerekiyordu. Modern sentez, Mendel'in genetik kuralları ile Darwin'in evrim kuramının birleşimidir. 1970-80'lerde hızlı gelişim gösteren biyolojideki moleküler metotlar 'Moleküler tıp' kavramını ortaya çıkarmış, 2000'li yıllarda yüksek sürümlü veri üreten teknikler ve analiz metotları sayesinde bugün 'Kişiselleştirilmiş Tıp' dediğimiz kavram ortaya çıkmıştır. Tüm bu metodolojik ve analitik gelişmelere paralel olarak evrimsel düşünce ve evrimsel araştırma metotlarının sağlık bilimlerine faydalı uygulamalar getireceği anlaşılmış ve 'Evrimsel Tıp'da yeni bir sağlık bilim dalı olarak ortaya çıkmıştır.

2.3.3. Evrimsel tıbbın insan sağlığı ve hastalıklarla ilgili çıkarımları

Evrimsel süreç içerisinde neden halen hastalıklardan kurtulamadığımız, ve hastalıkların günümüzde gittikçe artmasıyla ilgili evrimsel tıbbın çıkarımlarına aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Doğal seçim sağlık ve uzun yaşamı değil uyum başarısını hedef alır.
- Doğal seçim insanları tüm hastalıklardan arındıracak, gittikçe uzayan sağlıklı bir yaşama doğru hareket etmez.
- Aksine, doğal seçilimin hedefi içinde bulunan

ortamın da etkisiyle genel uyum başarısını optimize edebilmektir.

- Uyum başarısı ise yaşam geçmişi özelliklerine dayanır.

- Üreme yaşına kadar hayatta kalma yeteneğini sağlayan özellikler uyum başarısı için en önemlileridir

- Bu bakış açısı ile bakıldığında hastalıkların pek çoğunu oluşturan ileri yaş sebepli kronik rahatsızlıklar, organ bozuklukları, kanserler, vb. doğal seçilimin hedefi değildir.

- Üreme yaşına kadar olan uyum başarısını artırdığı için seçilen özellikler insanları ileri yaşlarında hastalıklara daha yatkın hale getirebilmektedir.

- Örneğin üreme yaşına kadar mikroplarla savaşında hayatta kalmamızı sağlayan bağışıklık sistemi özellikleri ileri yaşlarda kronik inflamatuvar ve otoimmün hastalıklara sebep olabilir.

- Geçmişimizden edindiğimiz özellikler insanları içinde buldukları çevre koşullarına bağlı olarak hastalıklara daha yatkın hale getirebilirler.

- Örneğin laktoz duyarlılığı ve sindirememe bazı rahatsızlıklar tarım devrimi sonrası hayvancılığın ve hayvansal ürünlerin besin kaynağı olarak kullanılmasıyla ortaya çıkmıştır.

- Bu bağlamda hastalık (veya anormallik) insan türünün yeni bir ortama maruz kalmasından dolayı ortaya çıkmaktadır.

- Günümüz koşulları atalarımızın özelliklerini şekillendiren seçim koşullarından çok farklıdır.

- İnsan kendi yaşam koşullarını hiçbir türde olmadığı kadar hızlı ve etkili bir şekilde değiştirmiştir. Fakat insan bu çevresel değişime uyum sağlayacak kadar genetik ve fizyolojik

bir değişim geçirmemiştir.

■ ‘tutumlu’ metabolik ve fizyolojik insan genotip profili – modern beslenme: Atalarımız günümüze kıyasla çok daha fazla enerji ve zaman harcayarak besin bulmakta, bazı dönemlerde ise kıtlıklarla baş etmek zorundaydılar. Dolayısıyla besinlerin bol olduğu zamanlarda alınan kalorilerin yağ olarak depolanmasını, en az enerji ile yaşamın sürmesini sağlayan ‘tutumlu’ metabolizmaya sahip bireyler hayatta kalabildiler. Güncel yaşantımızda çok daha az uğraş ve zamanla yüksek kalori sağlayan gıdalara ulaşabilmekteyiz, dolayısıyla az enerji harcayıp fazla kalori almakta, evrimsel miras olarak aldığımız tutumlu metabolizmalarımız sayesinde de çabuk kilo almakta ve bu kiloları vermekte zorlanmaktayız.

2.3.4. Evrimsel tıbbın araştırma konularına ve yöntemlerine örnekler

Fenotipik bir karakterin (bu karakter hastalık, rahatsızlık olabilir) evrimsel analize tutulabilmesi için (1) incelenen popülasyonda çeşitlilik göstermesi gerekir, (2) çeşitliliğin en azından bir kısmı genetik yani kalıtsal olmalıdır, ve (3) karakterin uyum başarısına bir etkisi olmalıdır. İnsanı etkileyen neredeyse tüm hastalıklar bu kriterlere uymaktadır ve evrimsel analize tabi tutulabilirler.

Fenotipik karakterin (örneğin boy, kilo, tansiyon vb.) değeri kabaca genetik, çevre ve gen-çevre etkileşimi olarak ayrıştırılabilir. Zaman içerisinde meydana gelen genetik ve çevresel değişimler karakterin değerini de etkileyecektir. Popülasyon düzeyinde bakıldığında bazı bireylerde meydana gelen genetik değişimler (mutasyonlar) bu bireylerin fenotipik değerlerinde de değişime neden olacaktır. Eğer içinde

buldukları çevresel koşullar bu yeni fenotipik değeri, yaşamda kalım ve üreme bakımından daha avantajlı bir duruma getiriyorsa yeni fenotipik değer ve dolayısıyla yeni genetik yapı bir sonraki kuşak için seçilecek ve popülasyonda sayısı artacaktır. Evrimin işleyişi kısaca Şekil-3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Kısaca evrimin işleyişi

i. Patojen evrimi ve bulaşıcı hastalıklar

Patojenler çok hızlı yeni kuşak üretebilmeleri, hızlı genetik değişime uğrayabilme kapasitelerinden dolayı hızlı evrilirler. Antibiyotiğe karşı dirençli bakteriler, daha önce hiç görülmemiş aniden ortaya çıkan yeni virüsler, normalde belirli düşük görülme oranında toplumda kontrol altında tutulan bulaşıcı bir hastalığın birden salgına dönüşmesi bu hızlı evrilme potansiyeline örnektir.

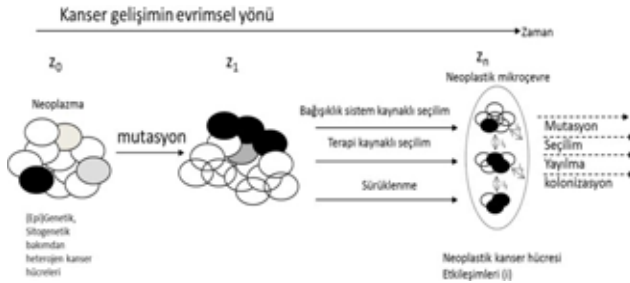
Evrimsel biyolojinin araştırma yöntemlerinden olan moleküler evrim, filogenetik, popülasyon genetiği gibi tekniklerin bulaşıcı hastalıklara uygulanması sayesinde patojenlerin nerede ve ne zaman ortaya çıktığını, hangi genetik özelliklerinden dolayı hızla yayılabildiklerini, neden tedavilere direnç kazandıklarını, yeni geliştirilecek ilaçların patojenlerin hangi özelliklerini hedef alması gerektiğini öğrenebilmekteyiz.

ii. Kansere evrimsel bakış

Kanser, somatik (vücut) hücrelerinde meydana gelen

mutasyonlar sonucu bu hücrelerin kontrolsüz büyümeleri ve bağışıklık sisteminin etkisinden kurtulmaları sonucu ortaya çıkar. Dolayısıyla patojenlerdekine benzer hızlı bir evrim ve seçilim kanserin seyrini etkiler. Hızlı mutasyona uğrayıp, çoğalabilmelerinden dolayı kanser hücreleri onlarla savaşacak bağışıklık hücrelerinden kaçabilecek mekanizmalar geliştirebilirler. Bu bağışıklık sistemi kaynaklı bir seçilim örneğidir. Ayrıca, uygulanan kanser ilaçlarına karşı da benzer şekilde direnç geliştirebilirler. Bu da tedavi kaynaklı seçilime bir örnektir.

Kanserli hücrelerde bulunan somatik mutasyonların, zaman içerisinde seçilim sonucu ortaya çıkan mutasyonların belirlenmesi, farklı mutasyonları taşıyan kanser (neoplastik) hücre sayılarının tespiti yeni nesil moleküler yöntemler ile mümkün olmaya başlamıştır. Kanser gelişimi süresince farklı zaman aralıklarında yapılacak örneklemelerden elde edilecek verilerin popülasyon genetik yöntemler ile modellenmesi kanser gelişiminin modellenmesini mümkün kılacaktır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Kansere evrimsel bakış: Z_0 , Z_1 , Z_n ilerleyen zaman içinden örnek alınan zaman dilimini temsil eder. Mesela Z_1 erken kanser evresini temsil edebilir. Farklı renkler farklı mutasyona uğramış hücreleri göstermektedir. Şekil Sezgin (2016) kaynağından uyarlanmıştır.

2.3.5. Evrimsel tıp ne değildir?

Evrimsel tıp herhangi bir insan popülasyonunun iyileştirilmesi, insan türünün geliştirilmesi, tıbbın doğal seçilime bir araç olarak kullanılması, belirli bir gen havuzunun arttırılması veya azaltılması ile uğraşmaz. 20. Yüzyıl başlarında Sosyal Darwinizm adı altında uygulanan soy ıslahı (*öjenik*) yaklaşımlarına karşı çıkar.

Ayrıca, doktorlara mesleklerini nasıl yapacaklarına, insanların nasıl yaşamaları, hangi ahlaki değerlere ve fikirlere sahip olmaları gerektiğine karışmaz. Tıbbın amacının hastaların tedavisi olduğunu, evrimsel tıbbın türlerin tedavisini amaç edinmediğini vurgular.

Kaynakça

- Nesse, R. M. & Williams, G. C. Why we get sick : the new science of Darwinian medicine. 1st edn, (Times Books, 1994).
- Stearns, S. C. & Koella, J. C. Evolution in health and disease. 2nd edn, (Oxford University Press, 2008).
- Trevathan, W., Smith, E. O. & McKenna, J. J. Evolutionary medicine and health : new perspectives. (Oxford University Press, 2008).
- Peter Gluckman, Alan Beedle, Mark Hanson. (Çevirmenler: Oğuz Kerim Başkurt, Hilmi Uysal, Battal Çıplak) Evrimsel tıbbın ilkeleri (Palme yayınları)
- Efe Sezgin (2016) Evrimsel Tıp: Sağlık ve Hastalıklara Yeni Yaklaşımlar. Kebikeç 41'

2.4. Evrim, Öğretim Programlarında Neden ve Nasıl Yer Alır?

Zelal Özgür Durmuş, *Fen Eğitimsi*
İletişim: zelaldurmus@gmail.com

Eğitim sürecinin tüm dünyada kabul gören temel özelliklerinden biri çağdaş bilgilerle dünyanın maddi yapısını, içinde derinleşilecek bilimsel ve kültürel çerçeveyi öğrencilere sunmasıdır. Öğretim içeriği bu doğrultuda farklı disiplinlerdeki bilgilerin, pedagojik öğretimin ve evrensel değerlerin birlikte harmanlanmasıyla oluşturulur; eğitim süreci uzman ve eğitimci kadrolarla örgütlenir.

Öğretilecek her alanın ana eksenini tarif edildikten sonra kapsam belirlenir ve bu kapsamdaki içerik kavram, çıkarım ve beceri kazanımlarını ifade eden bir programa dönüştürülür. Ders konularının işlenmesi ise kazanımlar çerçevesinde tasarlanan deney etkinlikleri, bilim tarihi anlatıları, bilimsel çalışma örnekleri, disiplinler arası bağlantı kuran etkinlikler ile zenginleştirilir.

Öğretim programlarının¹ elbette yazıldığı ülkenin ihtiyaç ve özgünlüklerine göre de bir yönelimi olur. Programın dinamik bir yapıya ve hızlı değişebilme yetisine sahip olması olumludur. Ancak programların geçmiş deneyimler ışığında oturmuş, genellenebilir bir eksen olmalıdır. Bu eksen ülkemizde otuz yıldır ciddi biçimde saparken en son 2017 yılında yaşadığımız gerileme ise eğitim öğretim sürecini darmadağın etmiştir. Bu negatif değişimin

¹ "öğretim programları" kavramını müfredat yerine kullanmayı tercih edeceğim.

kaynağı nedir? Nedeni deşifre etmek, sorunla mücadele etme sürecimizi besleyecektir.

2.4.1. Öğretim programları nedir ve nasıl geliştirilmelidir?

Öğretim programının teknik tanımı “*planlanan ve çeşitli materyallerde ve metinlerde bulunan, öğretmenlerin süzgeçten geçirdiği okul bilgisine ilişkin resmi külliyatı; önemli norm ve değerleri alttan alta öğretimini; okulların işleyişini planlamak, organize etmek ve değerlendirmek için temel perspektifleri*” kapsamaktadır (Apple M., 2006). Programlardaki bilgi ve değerlerin hem tarihsel ve güncel hem de evrensel ve yerel verilerin harmanlanması ile hazırlandığı varsayılır. Oysa hangi konunun ne kadar ve ne biçimde yer alacağı dönemin politik ve ekonomik atmosferine bağlıdır.

Eğitim tarihi gösteriyor ki toplumun yaşadığı ekonomik ve politik değişimlerin ilk elden yansıdığı veya yansıtıldığı alan, toplumsal düzeni biçimlendirmedeki gücü nedeniyle, eğitimin kendisidir. Farklı toplumsal kesimlerin farklı çıkarları, güçleri ölçüsünde toplumsal/siyasal çatışmaya sebep olur. Buradaki güç dengelerinin ve iş bölümünün yeniden üretilmesi sürecini eğitim sosyolojisindeki *çatışmacı yaklaşım* anlaşılır kılmaktadır (Tan M., 1990). Bu yaklaşımda öğretim programları içeriğinin nasıl hazırlandığı konusu, eğitim alanının nasıl bir felsefi perspektifle algılandığına göre şekillenir. Eğitim sisteminin tamamı tartışma süreçlerine açık olsa da esas olarak karar yetkisine sahip kurum ve kişilerin ideoloji veya felsefelerine göre belirlenir diyebiliriz.

Türkiye’deki biyoloji öğretimi bilim dışı ideolojik belirlenimden uzun süreler en çok etkilenen alan olmuştur. 2017 yılı başında Milli Eğitim Bakanlığı’nın kamuoyuna açıkladığı öğretim programları ise biyolojinin omurgası olarak görülen “evrim kuramı”nın ifade dahi edilmediği bir dönemi açmaktadır. Tüm dersleri kapsayan çeşitli değişimler dinsel bir ideolojiye işaret etmekte ve eğitimin bütününe ciddi biçimde etkilemektedir.

Bu konuda izlenecek en iyi yol, pasif bir kabulleniş yerine mücadeleyi seçmektir. İçeriği belirleme sürecine katılma hakkımızı istemekten vazgeçmemeli, yanlış, bilim ve etik dışı olanı ifşa etmekten çekinmemeliyiz. Eğer prosedür uygulayan bir marangoz olmadığımız konusunda hem fikirsek, bilimciler, eğitimciler ve öğretmenler olarak öğretim programlarını bilimsel referanslara dayanarak işleyebilir, çeşitli eğitimsel etkinliklerle derslerin bilimsel içeriğini zenginleştirebiliriz.

Bu yazıda, bilimsel bilgiyi ve aydınlanmacı perspektifi mevcut programa yedirebilmek için bilim okuryazarlığının ne anlama geldiğine, fen öğretim programlarında bilimcilerin ortaklaştığı içermesi beklenen bilgilere bakacağız. En son 2017 öğretim programına mevcut kazanımlar üzerinden öneriler yaparak bir alternatif yaratmaya çalışacağız.

2.4.2. Bilim okuryazarlığı nedir?

Bilim ve toplum arasındaki ilişkinin tanımlanması, yönünün tarif edilmesi üzerine sistemli tartışmalar 20. Yüzyılın ilk yarısına uzanıyor. “Bilimin toplumsal işlevi” değerlendirmesinin ana eksenini oluşturulurken alt temalardan biri olarak “bilim okuryazarlığı” kavramı şekilleniyor. Bilimsel

üretim süreci toplumdan yalıtık mı, bilime yönelik ilgi teknolojik ürünlerin kullanım becerisi ile mi sınırlı, düşünme ve anlama becerilerinin gelişimi nasıl etkilenir, sosyobilimsel konuların tarafları kimler vb. temalarda tartışmalar yine bilimin toplumsal işlevi bağlamında yürütülüyor. Nitelikli bir öğretmen olmak için sadece “güncel bilgileri takip etme” hedefinin yeterli olmadığı açık; bilimin toplumsal işlevi ve bağlantılı başlıklar üzerine de düşünmemiz, araştırmamız gerekir.

1990'lara gelindiğinde, bilimsel kavrayışa sahip, bilimsel olanı ayırt edebilen bir toplum oluşturmak bilimciler, eğitimciler ve kimi yöneticiler arasında ortakça kabul edilen bir doğrultu haline geliyor. Bilim yapısının, bilimsel bilginin, ürünlerinin sistemli aktarımı üniversiteler, okullar ve bilimsel kurumlarla ortaklaşa hazırlanan eğitimler aracılığıyla gerçekleştirilirken bilimin gündelik hayata girmesi sosyobilimsel tartışmalar, deney atölyeleri, müzeler ve internet gibi farklı düzlemlerde oluyor. Bilim okuryazarlığı kavramı örgün eğitim içerisinde bu dönemde girmeye başlıyor. Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) ve Amerika Bilimsel Gelişme Derneği (AAAS) gibi kurumların yürüttüğü çeşitli araştırma ve değerlendirme süreçleri sonucunda “bilim okuryazarlığı” kavramı için aşağıdaki kriterler ile belirlenebiliyor (Roberts, D., 2007):

- Bilimsel olguları açıklamak, kanıta dayalı sonuçlar çıkarmak, yeni bilgi edinmek ve uygun sorular üretebilmek için bireyin bilimsel bilgisi ve bu bilgiyi kullanma kapasitesi
- İnsan bilgisinin ve sorgulamasının bir biçimi olarak bireyin bilimin temel özelliklerini anlaması

• Bilim ve teknolojinin entelektüel ve kültürel çevremizi nasıl şekillendirdiği hakkında bireyin farkındalığı

• Bilimle ilişkili konulara bireyin yönelme isteği duyması

Türkiye’de bilim okuryazarı birey yetiştirme vurgusu Milli Eğitim Bakanlığı’nun 2007 ve 2013 öğretim programlarında belirtilirken 2017 öğretim programında bu hedef yer almamaktadır. Öğrencilere bunun yerine “bilim ve teknoloji yeterliliği” biçiminde formüle edilmiş beceriler kazandırma vurgusu yapılmaktadır. Ayrıca biyoloji dersi öğretim programının amaçları tarif edilmektedir. Bu amaçlarda genel bilgi aktarımı ve teknoloji geliştirme üzerinde durulmaktayken bilimsel kavrayış ve tutum edindirme, canlılar dünyası hakkında pozitif bakış oluşturma ve evrimsel perspektif kazandırma amaçları ise yok sayılmıştır. Bu duruma dikkat çeken çeşitli biyoloji derneklerinin programı düzeltme talepleri ise karşılıksız kalmıştır². Yine tüm programlara yerleştirilen “değerler eğitimi” vurgulu kazanımlarda, bilimsel dünya görüşü edindirmek veya benzeri bir ifade, bir bilim dersi olan biyolojide dahi bulunmamaktadır. Sonuç olarak güncel program, açıklamalar ve kazanımlar kısmında bilimsel içerik açısından muğlak ve yetersiz kaldığı için, öğretmenlerin programı geliştirmesi zorunlu hale gelmiştir.

2.4.3. Biyoloji ünitelerinin birleştirici özü evrim

Bilim disiplinlerinin birikim ve gelişimi gözetildiği fen eğitiminin temel amacı öğrenciye etkileşimde olduğumuz canlılar, içinde yaşadığımız doğa, parçası olduğumuz evren ve

² EkoEvo Derneğinin konuyla ilgili açıklaması: <https://ekoevo.org/2017/07/19/basin-aciklamasi/>

kendimiz hakkında bilimsel kavrayışı edindirmek ve bilimsel sorgulama becerisi kazandırmak olmalıdır. Bu yaklaşımla biyoloji dersi için eksenimiz evrim olgusudur. Tıpkı Dobzhansky'nin dediği gibi: *“Evrimin ışığı olmaksızın biyolojide hiçbir şeyin anlamı yoktur.”*

Biyoloji dersi canlılar arası ilişkileri ve bu ilişkilerin tarihsel, güncel değişim dinamiklerini inceler. Bu özü anlamlı biçimde açıklamak ve öngörülerde bulunabilmek için bilimsel bir içeriğe sahip olan evrim kuramını kullanıyoruz. Bu sebeple yaşam bilimi ile evrimi birbirinden ayırmak mümkün değil. Her durumda insanlığa karşı sorumluluğunu yerine getirmek isteyen öğretmenin bu ayrılmazlık nedeniyle son programda dahi yapabileceği şeyler bulunuyor.

Öncelikle yeni öğretim programı evrim kelimesini kullanmaktan kaçınıyor olsa da, evrim kuramı içinde bulunduğumuz dönemin akıl almaz hukuksuzluğu ile yasaklansa da evrim kelimesini biyolojinin birleştirici özü olarak mutlaka kullanmalıyız. Evrim yerine değişim, dönüşüm, gelişim gibi kelimeleri ise kullanmamaya dikkat etmeliyiz. Bunun dışında, ders programları genel olarak kavramların sözlük tanımını öğretmek biçiminde kurgulanmış bir çerçeveyi kılavuz olarak sunuyor. Fakat mevcut kazanımlar gelişkin, bilimsel tanımlara dönüştürülmeli, her ünitedeki konunun evrimsel çerçevesi tarif edilmeli. Dahası, tüm biyoloji konularında anlatılan “şeyin” tarihsel geçmişine, öncel yapılarına değinerek evrim algısının gelişmesini sağlayabiliriz.

2017 yılında yayınlanan Lise Biyoloji Öğretim Programı iyileştirmek için eğitim bilimciler arasında öğretim

programlarını karşılaştırmada referans alınan uluslararası çalışmalar incelenebilir. Biz burada Amerika Bilimsel Gelişme Derneği (AAAS) bilimsel okuryazarlık kriterlerini³ veri alarak güncel programdaki mevcut kazanımlarla karşılaştırdık. Çalışmada özellikle 9. ve 10. sınıfta edindirilmesi gereken bilimsel tanımlar üzerinde durduk. Çünkü bu dönem tüm öğrencilerin dersleri ortak alması sebebiyle öne çıkıyor. Lise programının diğer üniteleri için de benzer geliştirmeler yapılabilir. Ayrıca fen bilimleri dersleri için de ilişkili konularda benzer bilimsel ifadeler ve açıklamalar kullanılabilir.

³ Bu kaynağın kökeni 1980'lerde yürütülen fen/bilim eğitimi nasıl olmalı tartışmasına dayanmaktadır. Bilim eğitiminde bilimsel okuryazarlığı arttırmak amacıyla bir reform gerçekleştirilmesini tetiklemek için AAAS 1989 yılında bir çalışma başlatmıştır. Uzun bir araştırma, testler, tartışma sonucunda bilim okuryazarlığı için gerekli kriterler metnini oluşturmuştur. Bir öğretim programı olmaktan ziyade programların özüne dair vurgular yapılmaktadır.

9. Sınıf, Yaşam Bilimi Biyoloji Ünitesi:

2017 Program Kazanımı	Bilimsel Öneri
“Bilimsel bilginin doğası” Konusu	
Teori ve kanun örneklerle açıklanır.	<p>A. Kanunlar, belli koşullar altında doğal olayların belli yönlerinin nasıl biçimlendiğine ilişkin genel veya evrensel ilişkilerdir.</p> <p>B. Teoriler/Kuramlar, doğal olayların belli yönlerine dair yapılan çıkarsamalar ve açıklamalar bütünüdür. Teoriler/Kuramlar yeni ek kanutlarla kanunlara dönüşmezler; aksine teori/kuram kanununun açıklamasıdır.</p> <p>C. Olgular, gözlemlenebilir veya algılanabilir doğal olay veya durumlardır. Evrim doğada gözlenebilen bir olgudur.</p> <p>D. Evrim teorisi/kuramı örneği: Teori/Kuram, canlı çeşitliliğinde açıkça görülen benzerlikler ve fosil kayıtlarının anlattığı gibi Dünya üzerindeki yaşamın tarihine dair bilimsel açıklama sağlar.</p>
Biyolojinin tarihsel gelişim sürecine katkı sağlayan bilim insanlarını tanıtır. İbn-i Miskeveyh, İbn-i Nefs, Charles Darwin, Alfred Wallace, Louis Pasteur’un biyolojiyle ilgili çalışmalarının araştırılıp paylaşılması sağlanır.	Güncel örnek verilebilir. Popülasyondaki değişimin matematiksel hesaplamasını yapan Sewall Wright, JBS Haldane, Ronald Fisher üçlüsünün çalışması işlenebilir.
“Canlıların ortak özellikler” Konusu	
Canlıların ortak özellikleri hakkında çıkarımlarda bulunur.	Canlılar ve türler arası ilişki derecesi canlıların DNA dizilim benzerliği üzerinden tahmin edilmektedir. Bu moleküler benzerlik anatomik benzerlikle oluşturulan sınıflandırmayla örtüşür. Tüm canlıların ortak bir kökenden geldiğine işaret eder.
Canlıların hücresel yapı, beslenme, solunum, boşaltım, hareket, uyarılara tepki, uyum, organizasyon, üreme, büyüme ve gelişme özellikleri üzerinde durulur.	Canlıların benzer ve farklı özelliklerinin karmaşık yapısı anlaşılmalı. Canlılar arası benzerlikler davranış örüntüsünde, dış yapı özelliklerinde, anatomi ve kimyasal yolak benzerliğinde, hücresel aktivitede, moleküler yapıda görülür.
“Canlıların yapısında bulunan temel bileşikler” Konusu	

<p>Canlıların yapısını oluşturan organik ve inorganik bileşikleridir.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Karbonhidratların, yağların, proteinlerin, nükleik asitlerin, enzimlerin yapısı, görevi ve canlılar için önemi üzerinde durulur. Kimyasal formüllere girilmez. 	<p>A. Ribonükleik asit (RNA) bulunan bazı virüsler dışında tüm hücrelerde Deoksiribonükleik asit (DNA) bulunur. DNA molekülünde (veya RNA) bulunan genetik bilgi protein moleküllerini bir araya getirmek için kalıp oluşturur.</p> <p>B. Protein molekülü her bir parçası yirmi farklı amino asitten oluşan çoğunlukla katlanmış uzun bir zincirdir. Her bir protein molekülünün işlevi özgün amino asit dizilimine ve biçimine bağlıdır.</p> <p>C. DNA temelli tüm yaşam formları yaklaşık olarak aynı genetik kodu kullanır.</p>
--	---

9. Sınıf, Hücre Ünitesi:

2017 Program Kazanımı	Bilimsel Öneri
“Hücre” Konusu	
<p>Hücre modeli üzerinde hücresel yapıları ve görevlerini açıklar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Örnekler üzerinden prokaryot hücrelerin sadece kısımları gösterilir. Ökaryot hücrelerin yapısı ve bu yapıyı oluşturan kısımlar gösterilir. Organellerin hücrede aldıkları görevler bakımından incelenmesi sağlanır. • Hücre içi iş birliği ve organizasyona dikkat çekilerek herhangi bir organelde oluşan problemin hücreye olası etkilerinin tartışılması sağlanır. 	<p>A. Hücrenin yapısı ve işleyiş biçimi tüm canlılarda benzerdir.</p> <p>B. Prokaryot ve ökaryot hücre tipinin farklı evrimsel dallar olduğu, ortak kökenden türeyen yeni dalların atasal özellikleri paylaştığı vurgulanabilir.</p> <p>C. Kloroplast ve mitokondri organelleri anlatılırken hücrelerin kaynaşarak evrilme örneği olan endosimbioz kuramdan bahsedilebilir..</p>

9. Sınıf, Canlılar Dünyası Ünitesi:

2017 Program Kazanımı	Bilimsel Öneri
“Canlıların çeşitliliği ve sınıflandırma” Konusu	
<p>Canlıların çeşitliliğinin anlaşılmasında sınıflandırmanın önemini açıklar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Canlı çeşitliliğindeki değişimler nesli tükenmiş canlılar örneği üzerinden tartışılır. 	<p>A. Canlı çeşitliliğinin anlaşılması için tür içi ve türler arası çeşitliliğin önemi anlaşılmalı.</p> <p>1. Bir türün bireyleri arası varyasyon (tür içi varyasyon) değişen çevre koşullarında bazı bireylerin hayatta kalma olasılığını yükseltir.</p> <p>2. Türler arası oluşan çeşitlilik ise çevrede oluşan büyük değişimlerde en azından bazı canlıların hayatta kalma şansını yükseltir.</p> <p>B. Sınıflandırmanın tanımı; devasa canlı çeşitliliğinin tasvir etmek için bilimcilerin ürettiği bir çerçevedir. Önemi; Canlıların evrimsel akrabalık ilişkisine işaret eder ve bilimsel araştırma soruları için temel oluşturur.</p> <p>C. Tiktaalik, sudan karaya geçiş fosili örnek olarak verilebilir. Hominin fosilleri mümkünse tartışılabilir.</p>
<p>Canlıların sınıflandırılmasında kullanılan kategorileri ve bu kategoriler arasındaki hiyerarşiyi örneklerle açıklar.</p>	<p>Kalıtım ve evrim hakkındaki modern fikirler dünya üzerindeki yaşamın tarihini bilimsel bir biçimde açıklar. Sınıflandırma bu verileri temel alan bir akrabalık ağacıdır.</p>

“Canlı alemler ve özellikleri” Konusu

<p>Canlıların sınıflandırılmasında kullanılan âlemleri ve bu âlemlerin genel özelliklerini açıklar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bakteriler, arkeler, protistler, bitkiler ve mantarlar âlemlerinin genel özellikleri açıklanarak örnekler verilir. • Omurgasız hayvanlar; süngerler, sölemlerler, solucanlar, yumuşakçalar, eklembacaklılar, derisi dikenliler olarak gruplandırılır. • Omurgalı hayvanlar; balıklar, iki yaşamlılar, sürüngenler, kuşlar ve memeliler olarak gruplandırılır. Bu 	<p>A. Dünya üzerindeki canlı çeşitliliği/âlemlerin ortaya çıkışı uzun bir evrimsel süreç sonunda oluşmuştur. Yaşamın dünya üzerinde basit olarak başladığı düşünülür. Yaklaşık dört milyar yıl önce yaşam başlamış olmalı. Bulunan en eski tek hücreli fosil örneğinin yaklaşık 3,5 milyar yıl yaşında olduğu tespit edildi. Bakteri ve benzeri canlılar dünya sularında yaklaşık 2,5 milyar yıl hakimiyet sürdürdü. Çekirdekli hücreler bir milyar yıl önce ortaya çıktı ve giderek karmaşık çok hücreli organizmalara evrildi.</p>
--	--

<p>grupların yapı ve sistematığıne girilmeden sadece örnekleri verilir.</p>	<p>B. Evrimin uzun süreçte belli bir yönde ilerlemesi gerekmez. Evrimsel değişimin bir çalının büyümesi biçiminde görülmesi mümkün. Bazı dallar başlangıçtan beri değişmeden veya çok küçük değişimlerle var olur; diğer pek çok dal yok olur; bazı diğer dallar ise defalarca daha karmaşık canlıların evrimine yol açar.</p> <p>C. Canlılar alemi ortak özelliklerine/homolog yapılarına göre sınıflandırılır. Omurgalı şubesi notokord, sinir şeridi ve solungaç yarıklarına yaşamlarının bir evresinde mutlaka sahiptirler. Memeli sınıfı üyesi insan buna dahildir.</p> <p>D. Omurgalı maddesinde farklı özelliklere sahip canlı örnekleri işlenebilir. Kuşun atasal fosil örneği gösterilir ve kuşların neden sürüngen sınıfına dahil edildiği tartışılabilir.</p>
<p>Virüslerin genel özelliklerini açıklar.</p>	

10. Sınıf, Hücre Bölünmeleri Ünitesi

2017 Program Kazanımı	Bilimsel Öneri
“Mitoz ve eşeysiz üreme” Konusu	
<p>Mitozu açıklar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hücre bölünmesinin kanserle ilişkisi kurulur. 	<p>A- Bir hücredeki gen mutasyonu kontrolsüz hücre bölünmesine, yani kansere yol açabilir. Hücrenin radyasyona veya belli bir kimyasala maruz kalması hücrede mutasyon olasılığını artırır ve bu da kanser olma riskini yükseltir.</p> <p>B- Kanser hücreleri evrilebilir.</p>
“Mayoz ve eşeyli üreme” Konusu	

10. Sınıf, Kalıtımın Genel İlkeleri Ünitesi:

2017 Program Kazanımı	Bilimsel Öneri
“Kalıtım ve biyolojik çeşitlilik” Konusu	
<p>Kalıtımın genel esaslarını açıklar.</p> <ul style="list-style-type: none">• Mendel ilkeleri, çaprazlama örnekleri, soy ağacı örnekleri, eşeye bağlı kalıtım, kalıtsal hastalıkların ortaya çıkması noktaları açıklanır.	<p>Kalıtsal özellikler bir canlının hayatta kalma ve üreme olasılığını etkiler. Bu seçim değeri popülasyonun bireyleri arasında farklılık gösterir.</p>
<p>Genetik varyasyonların biyolojik çeşitliliği açıklamadaki rolünü sorgular.</p> <ul style="list-style-type: none">• Varyasyonların nedenlerinin (mutasyon, kromozomların bağımsız dağılımı ve krossingover) tartışılması sağlanır.	<p>A. Yeni kalıtsal özellikler üreme hücrelerindeki gen mutasyonlarından veya var olan genlerin rekombinasyonu sırasında oluşur.</p> <p>B. Eşeyli üremedeki gen rekombinasyonu herhangi iki ebeveynin yavrusu için zengin çeşitlikte genetik karışımına sebep olur.</p> <p>C. Genler, DNA molekülünün segmentleridir. DNA molekülünde meydana gelen mutasyonlar genleri değiştirebilir. Bu durum yavrunun çevreye uyumuna yardım edebilir, zarar verebilir, etkilemeyebilir.</p>

Lise son sınıf programında adı değiştirilen evrim ünitesi, kuramın anlatılabileceği bölüm olduğu için dersi alabilecek olan öğrencilerle uygun kavram seti kullanılarak işlenmesi önemlidir. Son tabloyu bu üniteye dair önerilere ayırıyoruz.

12. Sınıf, Canlılar ve Çevre Ünitesi:

2017 Program Kazanımı	Bilimsel Öneri
“Canlılar ve Çevre” Konusu	
<p>Çevre şartlarının genetik değişimlerin sürekliliğine olan etkisini açıklar.</p> <ul style="list-style-type: none">• Varyasyon, adaptasyon, mutasyon vb. kavramlar üzerinde durulur.	<p>A- Canlılık jeolojik çağlar boyunca dünyada sürekli değişen fiziksel koşullara adapte olur.</p> <p>B- Doğal seçim canlıların hayatta kalma başarısıyla belli bir çevreye uyarlama / adaptasyon sağlama sürecidir.</p> <p>C- Doğal seçim bireydeki değişim değil, popülasyondaki bir özelliğin oranının değişimi anlamına gelmektedir.</p> <p>D- İşleyiş mekanizması: Kalıtılabilir özelliklerdeki alel çeşitliği/ varyasyonu her tür içinde mevcuttur; bu özelliklerden bazıları hayatta kalma ve üreme açısından bu özelliklere sahip bireylere diğerlerine göre avantaj sağlar; avantajlı yavruların da hayatta kalma ve üreme olasılığı daha yüksektir. Ve böylece avantajlı özelliklere sahip bireylerin oranı polülasyonda artar.</p>

2.4.4. Etkinliklerle evrim kuramı

Evrim kuramı, anlaşılması zor bir kuram olmaktan ziyade toplumda çokça tartışılan bir konu olduğu için birçok yanlış bilgiyle öğrencilerin aklında yer ediyor. Ayrıca toplumun ve tek tek bireylerin doğayla kurduğu ilişkinin gelişkin olmaması kişisel deneyimlerle doğal yaşamı gözleme ve algılama süreçlerinin önünü kapatıyor. Bu nedenle ne evrimsel sürecinin somutluğu ne de doğadaki değişim olayları görülebiliyor.

Bu kavram karmaşasını çözümlemek için var olan yanlışları ortaya çıkarmak önemli bir adım. Yaygın yanlışlardan biri olan “evrimsel sürecin gözlenmediği” fikri üzerinde durulabilir. Evrim olgusunun somutluğunu görebilmek için bir bilimsel araştırma örneği baştan sona incelenebilir. Örneğin *E. coli* bakterisinin on yıllar boyunca evrimini gözleyen Lenski ve arkadaşlarının deneyi incelenebilir. Kuram ve olgu arasındaki ilişkiyi kavramak, gözlem yapmak, çıkarım yapmak, tarihsel olayların izlerini takip etmek gibi bilime ve yöntemlerine ait özellikler hakkında çocukların düşünmesi sağlanabilir. Bilimde kuram kavramı üzerine düşündürmek için “atomun yapısı nasıl gözlenebiliyor?” sorusuyla birlikte “atom kuramı” tartışılabilir. Bilimde tarihsel süreçlerin izlerinin nasıl takip edildiği hakkında düşündürmek için “bir yıldızın ışığını gözlemek geçmişe bakmaktır,” ifadesinin ne anlama geldiği konuşulabilir.

Evrim öğretilirken dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta, olgusal gerçekliğin algılanmasını sağlamak için öğrencilerin düşünmelerini tetikleyen ve bu kitapçıkta da

önerilen model etkinlikler derslerde yapılabilir. Öğrencileri hem tarihsel süreçteki değişim hem de canlı çeşitliliği üzerine düşündürmenin mümkün olduğu doğa gözlemleri, üniversite müzeleri ve arkeoloji müzelerine geziler planlanabilir. Ayrıca her etkinliğin değerlendirilmesi mutlaka yapılmalı; böylece öğrencilerin çıkarımlarının ortaklaşması ve netleşmesi sağlanabilir.

Son olarak öğrencilerin yaş grubuna uygun biçimde evrim kuramı hakkında edinmesi gerekli olan bilgilere değinebiliriz.

• **Anaokulu ve ilk okul dönemi:** Öğrencilerin canlı çeşitliliğinin farkına varması sağlanmalı. Bazı canlıların birbirine daha çok benzediği, başka canlılarla daha az ortak özelliği olduğunun ayırımını yaptırmak önemli. İnsanın da bir canlı olduğu vurgulanmalı. Bir adım sonrası canlıların yaşadıkları ortamla ve birbirleriyle ilişkilerinin çeşitlilik gösterdiği ve bunun canlıların yaşam sürelerini ve/veya üremelerini etkileyebileceği vurgulanmalı. Dinozorların yok olmuş canlılar arasında olması ve günümüzden çok uzun zaman önce yaşadığı üzerine düşündürmek zamanı algılamak için faydalı bir yol olabilir.

• **Orta okul dönemi:** Öğrencilerin doğadaki örnekleri ve olguları değerlendirerek bilimsel kanıt kavramı üzerine düşünmesi sağlanmalı. Fosil örnekleri, kaya katmanlarında yaş tayini, atom ve DNA molekülü gibi kanıtlara dair konuşulması önemli. Aile akrabalık ağacı çizilip kalıtsal özellikler ve bunun aktarımı konusuna değinilmeli. İnsanların farklı özelliklerine rağmen vücut sistemleri, enerji kullanımı ve üreme gibi özellikleriyle hayvanlar aleminin bir parçası

olduğu vurgulanmalı. Yapay seçim örnekleri verilerek seçim konusuna giriş yapılabilir.

● **Lise dönemi:** Öğrenciler biyolojik evrimsel değişimin ne olduğunu bilmeli. Doğal seçim mekanizması, genetik sürüklenme, gen akışı (göç), popülasyon dinamiği ve evrimsel sınıflandırma kavramsal düzeyde öğretilmeli. Evrim kuramının “insanın erken dönemde yaşayan türlerden evrilerek ortaya çıktığı” fikrini fosil ve DNA kayıtlarına dayanarak söylediği vurgulanmalı. Güncel bilimsel gelişmelerin incelenmesi faydalı olur. Bilimsel bilgi ve yöntem hakkında öğrenci algısı geliştirilmeli, evrim olgusu ve kuramına ilişkin çıkarımları edindiği bilgilerle kendisinin yapabilmesi hedeflenebilir.

Kaynakça

- Apple, M. (2006), Eğitim ve İktidar, Kalkedon Yayınları
- Benchmarks For Science Literacy (<http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php>)
- Dobzhansky, T. (1973), Nothing in Biology Makes Sense Except in The Light of Evolution (Çeviri: <http://evrimcaliskanlari.org/blog/2009/09/evrimin-isigi-olmaksizin-biyolojide-hicbir-seyin-anlami-yoktur/>)
- Roberts, D. (2007), Scientific/ Science Literacy, Handbook of Research on Science Education
- Tan, M. (1990), Eğitim Sosyolojisinde Değişik Yaklaşımlar: İşlevci Paradigma ve Çatışmacı Paradigma, Ankara Üniversitesi EBF Dergisi, Cilt 23, Sayı 2

2.5. İnsan Evrimi Neden ve Nasıl Öğretilmeli?

Mehmet Somel, *Dr.*

ODTÜ Biyolojik Bilimler Bölümü, Ankara

İletişim: somel.mehmet@googlemail.com

2.5.1. İnsan evrimi neden öğretilmeli?

İnsan evrimi konusu Türkiye’de evrimsel biyolojinin öğretmesi en zor konularından biriymiş gibi düşünülüyor. Bu düşüncenin sonucunda birçok öğretmenin bu konuya hiç girmemeyi tercih ettiğini tahmin etmek zor değil. Çünkü bir dizi dini öğretiyle açıkça ters düşme gerilimi yaşıyor.

Buna karşın insan evrimi konusunu işlemenin biyoloji eğitimi için gerekli olduğunu, konunun fırsatın ortaya çıktığı her eğitim ortamında işlenmesi gerektiğini, Türkiye’de ileride bilimsel bir müfredat oluşmaya başladığında mutlaka ilkokuldan itibaren işlenmesi gerektiğini birkaç nedenle açıklayabiliriz.

Birinci neden, biyoloji konularının anlaşılması için insan ve diğer canlılar arasındaki akrabalık ilişkisinin ve insanın doğanın bir ürünü olduğunun kavranması gereği. İnsan ve başka canlılar arasındaki benzerlik ve farklılıklar mevcut müfredatta 5. sınıfta anlatılıyor. Bunların temel sebeplerini işlememek, yani akrabalık ve zamanla değişimi anlatmamak, öğrenciyi yarı yolda bırakmak olur. Örneğin hem insan ve hem fare yavrularını sütle besliyor, ama kuş ve yılanların yumurtası var. Ama neden? Bunlar ortak bir atadan miras kalan özellikler. Evrimsel farklılaşmanın mekanizmalarını daha ileriki yaşlarda anlatmak makul olabilir, ama insanı da içeren bir evrimsel akrabalık anlayışı öğrencilerde erken yaşta

geliştirilmeli.

İkinci olarak, insan evrimi aslında evrimsel biyolojinin anlatması ve dinlemesi en ilgi çekici konusudur. İnsanlar tüm türler arasında -doğal olarak- en çok kendileriyle ilgileniyorlar. Öğrencilerin de doğal seçim ya da sürüklenme gibi konuları insan evrimine dair örneklerle öğrenmeleri, başka canlılara dair örneklerin kullanılmasına kıyasla daha kolay olacaktır.

Bunlar dışında, insan biyolojisi ve tıp alanındaki bilgi birikimimizin önemli bir kısmı başka canlılar üzerinde yapılan çalışmalardan geliyor. Çoğu genin işlevini başka canlıların homolog (aynı kökenden gelen) genlerinden öğreniyoruz. İnsan fizyolojisini sineklerde yapılan deneylerle tanıyoruz. İlaçları insanlarda denemeden önce farelerde, sonra şebeklerde deniyoruz. Deney hayvanlarından edindiğimiz bilgiyi, bu hayvanların bize evrimsel yakınlıklarına göre yorumluyoruz (örneğin şebekteki gözlemlerin çoğu insan için de geçerliken, kedideki gözlemlerden daha azı insan için de geçerli, çünkü kedi evrimsel olarak bize daha uzak). Bu mantığı kavramayan öğrenciler en basit modern genetik veya tıp araştırması haberini anlamlandıramazlar. Evrimsel mantıktan bihaber seviyede lise mezunları üreten, modern biyoloji ve tıbbın tüm kavram setini 4-6 yıllık üniversite eğitimine sığdırmaya çalışan bir sistemin, yaşam bilimleri ve tıp alanında yeni bilgi üretmesine imkan yok. Türkiye böylesi eğitim politikaları ile kalkınamaz.

İnsan evriminin öğretilmesi zaruretine dair başka bir gerekçe ise toplumsal düşünceler ve felsefe düzleminde yatıyor. İnsan toplulukları "nereden geldik" sorusuyla tarih

boyunca neredeyse istisnasız ilgilenmiş, bugünlerini ve geleceklelerini bu soru etrafında şekillendirmişlerdir. Bu soruya bilimin bugün verebildiği bir dizi cevap var; bu cevaplar elbette mutlak değiller ve evriliyorlar. "Nereden geldik" sorusuna bilimin son 200 yıl içinde biriktirdiği cevapları öğrenmek, tıpkı atom kuramını veya uçakların nasıl uçtuğunu öğrenmeye hakkı olduğu gibi her öğrencinin hakkıdır. Ayrıca, bu cevaplar toplumun dünya görüşünün gelişmesi ve akıl sağlığını geliştirmesi, insanın kendisini anlamlandırması için de faydalı bir başlangıç noktası olabilir. Tabii "nereden geldik" ve "niye varız" gibi sorulara din ve felsefenin de cevapları var ancak bunlar farklı düzlemlere aitler ve başka derslerde öğretilbilirler.

İnsanın kökeni konusunda bilimsel veriler kimi toplumsal yanlış anlamaların veya saptırmaların önüne geçebilir. Buna iyi bir örnek olarak ırkçılığı gösterebiliriz. Bir çok ülkede sağcı politikacılar, insan toplulukları arasında ciddi biyolojik ve davranışsal farklar olduğunu öne sürerek, bunu ayrımcı sosyoekonomik politikalara gerekçe olarak kullanmaktadır. Örneğin ABD'de siyahların, Avrupa'da Ortadoğuluların eğitim başarılarının ortalamasının altında olması, gruplar arasında biyolojik farklarla açıklanmaktadır. İrkçi imalar, kamu hizmetlerinin daha kapsayıcı biçimde geliştirilmesi talebine karşı bir argüman olarak kullanılmaktadır.

20. yüzyılın son çeyreğinden itibaren yapılan evrimsel antropoloji çalışmaları "siyah" veya "beyaz" gibi sosyal kategorilerin biyolojik temelleri olduğu tezlerini çürütmüştür. İnsan toplumlarının çok yakın akraba oldukları, topluluklar arasındaki farkların toplulukların içlerindeki farklılardan çok

daha küçük olduğu ortaya konmuştur. Tabii ırkçılığı mahkum etmek için biyolojik verilere gerek olmadığı haklı olarak söylenebilir. Yine de bilimsel verilerin toplumla paylaşılması, toplumun ürettiği gerçek dışı ve kendi kendisine zarar veren fikirlerden kurtulması için yardımcı olabilir. Evrimsel antropolojinin "ırkçılığın biyolojik temeli olmadığı" vurgusu da son yıllarda kanımca olumlu bir şekilde kullanılmıştır.

Son gerekçe ise insanın kendisini biyolojik bir varlık olarak anlamlandırmasının önemiyle ilgili. Burada bireyin vücudunu ve zihnini, hem seçilimin, hem mutasyon ve sürüklenme gibi rastgele süreçlerin ürünü olarak anlamlandırmasından bahsediyorum. Bu maddi temele dayanan bakış açısı, çeşitli toplumsal psikolojik sorunların aşılmasına yardımcı olabilir. Örneğin genetik bir "hastalık" taşıyan bireyin, neden kendisinin bu özelliği taşıdığına ve başkalarının taşımadığına dair maddi temelleri olan bir cevabının olması, temelsiz sorgulamaların ve stresin önüne geçebilir. Aynı şekilde, "sağlıklı" bireylerin niye kendilerinin sağlıklı olup da, başkalarının genetik "hastalık" taşıdıklarını kavraması önemlidir: Cevabın "tesadüf" olduğunun bilinmesi, bir yanda hasta bireyin durumunun doğru algılamasına, diğer yanda toplumun tüm üyelerinin de hasta bireye sahip çıkmasına yardımcı olabilir. Bu cevabın yokluğunda, genetik hastalığın metafizik güçlerin bir ürünü olduğu iması, hasta için bir işkenceye dönüşebilir. Mutasyonun baki olduğu ve topluluk içinde genetik çeşitliliğin ve farklı özelliklerin hep varolacağına toplum tarafından algılanması da faydalı olacaktır.

2.5.2. İnsan evrimini nasıl öğretebiliriz?

i. Akrabalık ve soy ağacı

Günümüzde insanlar arasında akrabalık DNA benzerliklerini inceleyerek tayin edilmektedir. Örneğin iki kardeşin DNA dizileri ortalamada %99,95 aynıdır, ama akraba olmayan iki insan arasındaki DNA dizisi benzerliği %99,90'dır. Aradaki ufak gözükken fark sayesinde DNA testiyle akrabaları bulabiliriz. Aynı testi başka canlılarla yaptığımızda DNA dizimizin şempanzeyle %99, şebekle %93, fareyle %50, balıkla ise %5 civarı ortak olduğunu görüyoruz. Peki bu bahsettiğimiz canlıların hangisine daha çok benziyoruz? Şempanze bize kuyruğunun olmaması, iri vücudu, büyük beyni, alet kullanabilmesi, karmaşık sosyal yapısı gibi özellikleriyle çok benziyor. Şempanzeler ve biz hominid ismiyle gruplanıyoruz. Eski Dünya Maymunları grubundan şebek biraz daha farklı olsa da, o da biz de primatız. Fareye göre daha iriyiz, daha büyük beyinliyiz. Şebekleri hasta eden mikroplar sıklıkla bizi de hasta edebiliyor. Hem şempanze, hem şebek, hem de fareyle ortak yanımız memeli (*Mammalia*) sınıfına ait olmamız; vücut kıllarımız var ve anneler yavrularını sütle besliyor. Balık ise tüm bu özellikler bakımından en farklı olanıdır. Demek ki dış görünüş ve yapıdaki benzerlikler, DNA benzerliğiyle örtüşüyor.

Tüm bu verilere dayanarak bir soy ağacı çıkarabiliriz. Hatta bu soy ağacını daha da genişletebilir ve dünyada bugüne kadar DNA'sını incelediğimiz on binlerce canlıyı da ekleyebiliriz. Dünyada bildiğimiz tüm canlılar kalıtım malzemesi olarak DNA'yı kullanıyor ve DNA'daki kodu aynı biçimde okuyor. Şöyle düşünebiliriz: aynı malzemedен

üretmiş, aynı dilde yazılmış kitaplar. Bu da bize Dünyadaki tüm canlıların akraba olduğuna işaret ediyor. Eğer Dünya'daki canlı soylarının birbirinden bağımsız kökenleri olsaydı, böyle bir ortaklık beklemezdik - aksi halde niye sineğin göz gelişimi geni insanınkine benzesin? Ya da niye bakteriyle insanın ortak genleri olsun ki?

ii. İnsan ve şempanze

İnsana geri dönecek olursak, en yakın yaşayan akrabamız şempanze. Fosil kaydı ve DNA verisi, 6 ila 8 milyon yıl önce Afrika'da şempanze ile ortak atamız olan bir popülasyonun yaşadığına işaret ediyor. Sonra bu ortak ata topluluğu ikiye bölünmüş. Bir soyda, Neandertal gibi insana yakın akraba türler ve modern insanın kendisi evriliyor. Diğer soyda ise şempanzeyle akraba atasal türler ve şempanzenin kendisi evriliyor. Ortak atadan beri geçen sürede insan ve şempanze soyları birbirinden genleri, dış özellikleri ve davranışlarıyla farklılaşmışlar. Örneğin insan soylarında daha büyük beyin hacmi evrilmiş. Şempanze soylarında da daha büyük testislerin evrildiğini görüyoruz.

Ama niye? Cevabı halen ayrıntılı biçimde bilmiyoruz, ama farkların başlıca sebebi ortam farkı olmalı. Şempanze soyundaki türler ağırlıkla yağmur ortamlarında, çoğunlukla meyve ve yemiş yiyerek yaşıyor. İnsan soyundaki türler ise savan gibi açık arazide yaşıyor, sadece yemiş ve meyve değil, yer altı kökleri toplayarak ve sıklıkla avlanarak besleniyorlar. Bu farklı ortamlarda zaman içinde farklı özellikler, yani adaptasyonlar evrilmiş.

iii. Fosil verileri ve insan soyunun evrimi

Fosil araştırmalarının sonuçları bu sürece ışık tutuyor. Fosiller nadir bulunsa da, bugüne dek insan soyuna ait, son 6 milyon yıl içinde yaşamış binlerce bireyin fosilleri bulundu. Bu fosillerin ayrıntılı incelenmesi insan soyundaki türlerin nasıl evrildiğini anlatıyor. Modern insanı merkeze alarak, bu evrim sürecini kabaca üç evreye ayırabiliriz.

Birinci evre, insan ve şempanze atasal soylarının birbirinden ayrılmasıyla, günümüzden 2 milyon yıl öncesine arasında geçen 4-6 milyon yıl. Bu süre boyunca insan soyunda farklı türler evriliyor: Bunların yalnızca bir kısmı bizim doğrudan atamız olacak, bazıları ise zaman içinde soyu tükenen "amca/teyze" soyları. Afrika'da bulunan bu fosillerin (*Ardipithecus*, *Australopithecus*, vs.) anatomik özellikleri arasında en dikkat çeken yan, bugün yaşayan şempanzeye göre iki ayak üzerinde dik duruşa daha meyilli bir vücut yapılarının olması. *Australopithecus* cinsinden Lucy gibi fosillerin dar kalça yapısının yürümeyi kolaylaştırmış olacağı düşünülüyor. Bu süreçte cisimleri kontrollü ve güçlü biçimde tutmaya yatkın bir el yapısı da evriliyor: Uzun bir başparmak ve güçlü kavrayış, sistematik biçimde alet üretmenin temeli oluyor. Ancak burada vurgulanması gereken iki nokta var: İlki, ne dik duruş ne de el yapısı açısından bulunan fosiller zaman içinde doğrusal bir değişim sergilemiyorlar. Fosillerde yeni ve eski özellikleri aynı anda görüyoruz. İkincisi, aynı anda birden fazla türün yaşamış olması.

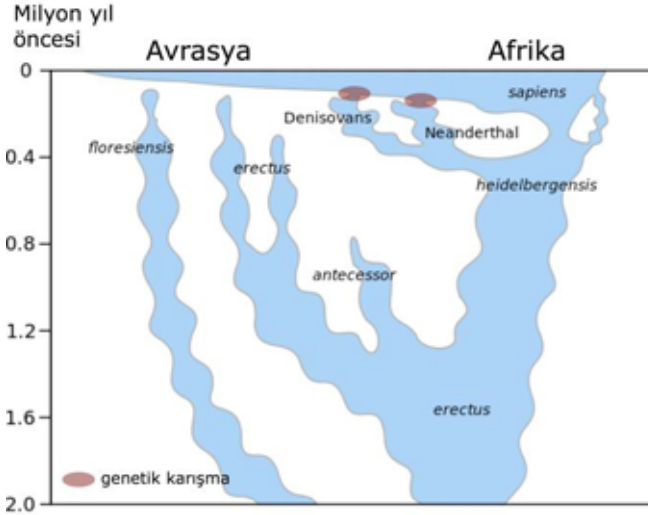
iv. Homo erectus ve Neandertaller

İkinci evrede *Homo* cinsine ait türler evriliyor. Bu fosillerin en eskileri yaklaşık 2-2,5 milyon yıl öncesine ait

katmanlarda bulunuyor. Bu soyların bir özelliği iki ayaklı yürüyüşün artık tam oturmuş olması. Bir diğer özellikleri, beyin kapasitesinin *Australopithecus* gibi soylara ait fosillerden ve bugünkü şempanzeden daha büyük olması. Üçüncüsü de sistematik olarak taş alet yapıp kullanıyor olmaları. Bu aletler, farklı tipte taşları birbirine vurarak keskin kenarlar yaratılması şeklinde üretiliyor ve bugünkü şempanzelerin yaptıklarından daha karmaşıklar. Ayrıca bu ilk *Homo* türleri (ör. *Homo erectus*), uygun taşları uzak mesafeler boyunca yanlarında taşıyorlar. Bu tip bir taş alet kültürü avlanmanın öneminin arttığına işaret ediyor. Bu karmaşık alet üretme davranışının karınca gibi ve bazı hayvanlardaki gibi içgüdüsel olmadığını, kültürel olarak aktarılan, kuşaktan kuşağa öğrenilen bir bilgi olduğunu hesaba katarsak, *Homo erectus*'larda topluluk içinde bilgi aktarımı için gerekli bilişsel mekanizmanın evrilmiş olduğunu da tahmin edebiliriz. *Homo erectus*, Afrika'dan Avrasya'ya göç eden ilk hominid türü aynı zamanda (Denizli'de keşfedilen 1 milyon küsur yaşında bir *Homo erectus* kafatası Denizli Müzesi'nde bulunuyor).

Homo cinsine ait grupların Afrika içinde ve dışında farklı coğrafyalara göçü ve zamanla birbirlerinden farklılaşmasıyla çok sayıda *Homo* türünün evrildiğini fosil kaydından biliyoruz. Neandertaller, Denisovalılar, *H. floresiensis*, *H. naledi*, *H. rudolfensis*, vs. Bunlardan arasında Avrupa ve Batı Asya'da evrilen Neandertaller ünlüler, çünkü modern insanın atalarıyla etkileşmişler. Neandertal insanı günümüz insanına çok benziyor, büyük bir beyni ve gelişkin bir alet kültürü var. Ancak 30 bin yıl önce yok oluyorlar. Bir diğer örnek ise Endonezya'da bir adada evrilen, küçük vücutlu ve küçük beyinli, ama yine de gelişkin taş alet yapabilen *Homo*

floresiensis. Bunların da soyları son 50 bin yıl içinde tükenmiş.



Şekil 5.1 Homo cinsinden türlere ait tahmini soy ağacı. Şeklin orijinali Chris Stringer'e (2012) ait olup yazarın serbest kullanım izni ile Wikimedia Commons'tan¹ alınıp uyarlanmıştır.

v. Homo sapiens, coğrafi yayılma

Modern insan, bilimsel adıyla *Homo sapiens*'e ait, yani bugün bizden ayırt edilemeyecek özellikler taşıyan en eski fosilleri yaklaşık 250-300 bin yıl önce Doğu ve Güney Afrika'da buluyoruz. Hem fosil verileri hem DNA verileri, bugün yaşayan tüm insanların Afrika'da ortaya çıkan bu popülasyonun çocukları olduğuna işaret ediyor. Bu fosillerin bir özelliği ufak yüzleri, küçük çeneleri, balon şeklindeki ve görece büyük beyinleri. Ayrıca kültürel olarak *H. sapiens*'le ilişkilendirilen birçok yenilik göze çarpıyor: Kemik aletler, yeni sembolik davranışlar (ör. boyalı boncuklar), balık avlama

¹ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Homo-Stammbaum,_Version_Stringer.jpg

gibi.

Paleontoloji çalışmaları, insan evriminin basit ve doğrusal bir süreç olmadığına net biçimde işaret ediyor: İnsan evriminde birçok tür ortaya çıktı, ama modern insan dışındaki tüm soylar tükendi. Bu soylar ile insan soyu arasında yaşanan bazı genetik karışımları saymazsak elbette.

Yine hem DNA hem de fosil verileri bazı insan gruplarının Afrika'dan son 100 ila 50 bin yıl önce çıkarak Avrupa'ya, Batı ve Doğu Asya'ya, ayrıca Avustralya'ya yayıldığını gösteriyor. Bazı Asyalıların 15.000 yıl önce Bering Boğazı'nı geçerek Amerikalılara yerleşmesiyle insan soyu beş kıtaya yayılmış oluyor.

vi. İnsanın yakın tarihi: Topluluklar arası farklılaşma ve Neandertal karışımı

Peki insan grupları daha sonra nasıl evrilmeye devam etti? Bazı özellikler açısından insan grupları gerçekten farklılaştılar, yeni ortamlarına adaptasyonu artıran özellikler evrildi. Bunun başında ten rengi geliyor. Yüksek mor ötesi ışınların kanser yapıcı etkisine karşı koruma sağlayan koyu ten rengi, güneşin az olduğu kuzey coğrafyalarda dezavantaja dönüştü - çünkü güneş ışığı kemik gelişimi için gerekli ve koyu ten rengi güneşin seyrek ışınlarının deriye nüfuzuna izin vermiyordu. Bu yeni durumda ten rengi koyuluğunu azaltan mutasyonlar, yani doğal pigment üretimini bozan mutasyonlar pozitif seçimle Kuzey Avrupa ve Sibirya gibi coğrafyalarda yayıldı. Tabii bu hemen olmadı, önce mutasyonların popülasyonlarda ortaya çıkması, sonra da nesiller boyunca seçilmesi gerekti. Antik DNA gösteriyor ki bu değişimler onbinlerce yıl almış. Bunun gibi, düşük oksijenli

yüksek irtifaya adaptasyon örnekleri, ya da yerel hastalıklara adaptasyon örnekleri de bilinmektedir.

Ancak insan grupları arasında göze çarpan fizyolojik veya anatomik farklar bu az sayıdaki örnekle sınırlı. İnsan grupları arasındaki ortalama DNA farkı çok az ve genetik varyasyonun çoğu gruplar arasında değil, grup içinde. Anadolu'da yaşayan bir bireyin DNA'sının bir kısmı bir Batı Afrikalı'ya, bir diğer Anadolu'luya olduğundan daha benzer olabilir. Bu gözlemden yola çıkan antropologlar, insanda biyolojik olarak ırkların tarif edilemeyeceğini söylüyorlar.

İnsanın yakın tarihini anlamada antik DNA çalışmaları, yani geçmişte yaşamış bireylerin kemiklerinden DNA eldesi ve analizi de insanın yakın geçmişine ışık tutuyor. Bu alandaki çalışmalar son yıllarda çok hızlı ilerliyor ve önümüzdeki 10 sene içinde insanın son 200 bin yıllık tarihine dair hiç tahmin edemeyeceğimiz ayrıntıda bir tablomuz olabilir. Bunu öğrenmek ilginç ve insan gruplarının göç ve etkileşim davranışlarının daha iyi anlaşılacağı bir malzeme birikiyor. Bu da belki ileride insanın kendisine bakış açısını değiştirecek bir etki yapabilir.

Antik DNA'nın yakın zamanda çözdüğü önemli sorunlardan biri modern insan ve Neandertal arasında karışma olup olmadığı sorusuydu. Fosil kaydı Neandertalların Batı Avrasya'da yaşadığını ve Afrika'dan çıkıp 100 ila 50 yıl önce bu bölgeye yayılan modern insanlarla bir dönem yan yana yaşadıklarını gösteriyor. Peki bu süre zarfında iki soy karıştırlar mı? 2010 yılında Neandertal tüm genomu ilk defa dizilendiğinde, bu Neandertal dizilerinin ufak bir kısmının günümüz Avrasyalılarında bulunduğu, ama Afrikalılarda

bulunmadığı keşfedilmişti. Bu da bugünkü Avrasyalıların atalarının Neandertallarla karışıklarına işaret ediyor. Her Avrasyalı bu karışımın izlerini DNA'sında taşıyor.

vii. İnsan neden "üstün"?

Bu insanın özet bir evrimsel tarihidir. Son olarak iki soru sorabiliriz:

İnsan nasıl bu kadar ekolojik olarak üstün bir tür haline geldi? Burada yalnızca insanların bireysel zekaları rol oynamıyor. Çünkü başka insanlarla temas etmeyen insanların bilişsel olarak gelişemediğini biliyoruz. Yani insanı farklı kılan doğuştan gelen zekası değil. İnsanda özel olan, türdeşlerinden öğrenme kapasitesinin yüksekliği. Bu da nesiller boyunca çok karmaşık ve etkili bir kültürel bilgi birikimine, doğayı giderek daha etkili biçimde dönüştürebilen teknolojilerin üretilmesine izin veriyor. Şempanzelerde de kültür var, ama nesiller arasında bilgi aktarımı çok daha sınırlı ve kültürel birikim çok yavaş. İnsanın "aşırı sosyal" diye adlandırılan psikolojisi, yüksek sosyal zekası, en azından kısmen içgüdüsel yardımlaşma ve özgecilik davranışları, insan gruplarının kültürel birikimini çok daha üstün kılıyor. Bu yeteneklerin kendisinin de, alet yapımı ("emek") ve doğayı sistematik olarak dönüştürme yeteneğiyle el ele geliştiğini tahmin edebiliriz; ikisi birbirini besleyen süreçler.

Yine de 10 bin yıl öncesine kadar insanın ekolojik pozisyonu bugünküyle kıyaslanamazdı. İnsanlık tarihinin çoğu göçebe avcı-toplayıcılıkla geçti. Bu koşullardaki kültürel birikim görece sınırlıydı ve bugüne göre çok yavaştı. Tarım ve hayvancılığa geçiş, artık ürün üretimi ve toplumsal işbölümü, insanın baskın pozisyonunu bir üst seviyeye çıkardı.

viii. İnsanın evrimsel geleceği

İkinci soru, insan evrimi bundan sonra nasıl devam edebilir? Bunu da hep beraber tartışabiliriz. İnsanda negatif seçilim geçmişe göre belli ölçülerde yavaşlamış olmalı: Hafif zararlı mutasyonlarla (örneğin miyopluk veya albinoluk) insanlar yaşamlarını idame ettirebiliyor ve üreyebiliyor. Dolayısıyla bu mutasyonlar insan gen havuzunda birikebiliyor. Öte yandan mutasyondan, negatif seçilimden ve genetik sürüklenmeden kurtulmak mümkün değil. Her bebekte yeni mutasyonlar oluyor. Bunların bir kısmı sürüklenmeyle nesilden nesle yaygınlaşacak. Bazı mutasyonlarsa o kadar zararlı oluyor ki hiç aktarılamıyorlar: yani negatif seçilim de hep olacak. Bunun dışında hafif düzeyde pozitif seçilim de işliyor olabilir - bazı toplumlarda boy uzunluğu gibi özelliklerin seçildiği iddia edilmişti. İnsanların gelecekteki üreme davranışlarına ve biyolojilerine bağlı olarak bu seçilim süreçleri de değişebilir.

Öte yandan, insanların yalnızca beyinlerini daha çok kullandıkları için gelecekte daha büyük beyinli bir insan soyu evrilmeyeceği veya yirmi yaş dişlerinin yalnızca kullanılmadıkları için ortadan kalkmayacakları, evrimin mekanizmalarını iyi kavramış öğrenciler için açık olmalı. Tarımın başlangıcından itibaren (belki daha da öncesinden başlamak üzere) insan soyunda kültürel evrimin hızı, biyolojik evrimi kat be kat aşmış durumda. Bu müthiş bir olgu ve bu potansiyeli kendimiz ve Dünyamız için en iyi şekilde değerlendirmemiz gerekiyor.

Kaynakça

- Sean Carroll. “Genetics and the making of Homo sapiens”, *Nature*, 2003 vol. 422 (6934) pp. 849-857, doi.org/10.1038/nature01495
- Mark Jobling, Edward Hollox, Matthew Hurles, Toomas Kivisild, Chris Tyler-Smith. *Human Evolutionary Genetics (2nd edition)*, 2013, New York: Garland Science.
- Evrimi Anlamak websitesi: <http://www.evrimianlamak.org>
- C. Stringer, 2012, “What makes a modern human”, *Nature*, 485 (7396): 33-35

3. EĞİTSEL ETKİNLİKLER



3.1. Evrimde Zaman Kavramı: Dünyanın ve Yaşamın Tarihi

ETKİNLİK KONULARI VE KAPSAMI	
Etkinliğin Adı	Evrimde Zaman Kavramı: Dünyanın ve Yaşamın tarihi
Etkinliğin Süresi	90 dk
Etkinliği hazırlayan/uyarlayan	Tülin Çetin, Dilek Koptekin, Zela Özgür Durmuş
Etkinliğin Konusu	
Canlılığın evrim sürecinin anlaşılmasında en can alıcı noktalardan biri olan zaman kavramı ve önemi.	
Etkinliğin Amacı	
Dünyanın ve yaşamın tarihinde gerçekleşen bazı dönüm noktalarının zaman algısıyla beraber ortaya konulması.	
Hedef Kitle	
İlköğretim (7-8. sınıflar) ve ortaöğretim öğrencileri (iki ayrı grup)	
Kullanılacak Malzemeler	
Rulo peçete ya da parşömen kağıdı (mümkünse 45 m), renkli post-it, mezura, farklı dönemlere ait fosil örnekleri fotoğrafları, jeolojik dönemleri temsil eden resimlerin fotoğrafları, jeolojik devirleri gösteren bir tablo, hesap makinesi.	
Etkinliğin Nasıl Yapıldığı (Rehber sayısı, katılımcı sayısı, senaryolaştırılmış ayrıntılı uygulama planı vs.)	
Uygulama Planı	
1. Zaman kavramı, dünyanın yaşı ve yaşamın tarihi ile ilgili bilgiler hakkında temel sorular sorularak konu hakkında tartışılır. (30 dk)	
2. Uygulama planının ana hatları aşağıdaki gibidir. (30 dk)	
• 4,5 milyar yılı temsilen 45 m uzunluğundaki rulo, eğitim yapılan binanın dışından başlayarak 100 milyon yıllık periyodlar, metre veya santim cinsinden ölçeklendirilerek binanın duvarlarına yerleştirilir.	
• Jeolojik dönemlerin temel özelliklerini içeren bilgilerin yer aldığı resimler rulo üzerine zaman dilimlerine uygun olarak yerleştirilir.	
• Farklı dönemlerde yaşamış canlılara ve fosil örneklerine ait fotoğraflar, uygun	

(hesap makinesi kullanılabilir) zaman dilimlerine rulo üzerinde ve mezura kullanılarak orantılı bir şekilde yerleştirilir.

- Önceden belirlenen örneklerin dışında katılımcılar tarafından merak edilen örneklerin ne zaman yaşadığı benzer biçimde belirlenir ve çizim yoluyla ruloya yerleştirmeleri istenir.

Not: Bu etkinlik “O’Brien, T. (2000). A toilet paper timeline of evolution: 5E cycle on the concept of scale. *The American Biology Teacher*, 62(8), 578-582.” makalesinden yararlanılarak uyarlanmıştır.

Kazanımlar

Zaman uzunluğu ve ölçeklendirme arasında kurulan orantı ile jeolojik zamanları algılama, bilimin temel öğelerinden biri olan ölçme metodunun önemini kavrama, evrim kuramını anlamaya çalışırken kavram yanılışına neden olan insan merkezli zaman algısının farkına varma.

3.2. Fotoğrafla TürSay

ETKİNLİK KONULARI VE KAPSAMI	
Etkinliğin Adı	Fotoğrafla TürSay
Etkinliğin Süresi	En az 2 saat
Etkinliği hazırlayan/uyarlayan	Murat Tuğrul
Etkinliğin Konusu	
Evrimin ürettiği canlı çeşitliliğinin fotoğraflanma yarışması	
Etkinliğin Amacı	
Canlı-cansız ayrımının, tür kavramının, türler arası ve tür içi fenotipik farklılık/benzerliklerin soyut ve ezbersel bir yöntemden ziyade somut bir etkinlikle açıklamak.	
Hedef Kitle	
Yediden yetmişe her yaş için uygulanır	
Kullanılacak Malzemeler	
Her grup için bir fotoğraf makinesi (günelik yaşamda kullandıkları akıllı telefon yeterli ve daha iyi bir seçenek olacaktır). Mümkünse bir yansıtıcı ya da bilgisayar ekranı.	
Etkinliğin Nasıl Yapıldığı (Rehber sayısı, katılımcı sayısı, senaryolaştırılmış ayrıntılı uygulama planı vs.)	
Uygulama Planı Katılımcılar her grubun başına en az 1 öğretmen/lider düşecek şekilde gruplara ayrılır. Gruplara eğitim verilecek yerin bahçesinde (ya da yakınlardaki park veya boş arazi gibi uygun görülecek ve güvenli olduğu bilinen bir alanda) kısa süre (10-15 dakika) verilir. Bu süre içerisinde en fazla canlı türü kataloglamayı amaçlayarak fotoğraf çekimi yapmaları istenir. Verilen süre tamamlandıktan sonra, derslikte bütün grupların fotoğrafları yansıtıcı ile ekrana yansıtılarak sayılır (biliniyorsa isimleri, hangi canlı grubuna ait oldukları (hayvan, bitki, vs.) belirtilir). En çok tür sayan grup yarışı kazanmış olur. Yarış seviyesini öğretmenler pedagojik açıdan tartışabilirler. Yaş grubuna bağlı olarak, tür sayısı dışında estetik gibi diğer kriterler üzerinden de	

değerlendirmeler eklenerek etkinliğin zevkli geçmesi hedeflenir.

Eğitmenlere önerilen noktalardan biri fotoğraf çekimi sırasında unutan kişi ya da gruplara kendilerinin (yani insan türünün) de fotoğrafının çekilmesi hatırlatması/tavsiyesi olacaktır. Böylelikle insanın da sıradan bir tür olduğu bilgisi kazandırılır.

Not: Burada önerilen Fotoğrafla TürSay etkinliğinin daha yoğun şekilde yapılan, gerçek tür örneği toplatılan versiyonları da mevcut. Daha fazla bilgi için bakınız “BioBlitz” (<https://en.wikipedia.org/wiki/BioBlitz>).

Kazanımlar

Evrimsel süreçler sonucunda oluşmuş canlı çeşitliliğini yaşadığı çevredeki örneklerle açıklama

3.3. Mutasyon nerede?

ETKİNLİK KONULARI VE KAPSAMI	
Etkinliğin Adı	Mutasyon nerede?
Etkinliğin Süresi	60 dk
Etkinliği hazırlayan/uyarlayan	Tülin Çetin
Etkinliğin Konusu	
Evrim mekanizmaları: mutasyon	
Etkinliğin Amacı	
Evrim mekanizmalarından biri olan mutasyonların nasıl gerçekleştiğini pek çok insanın daha önce oynadığı kulaktan kulağa oyunu ile açıklamak	
Hedef Kitle	
İlköğretim (7-8. sınıflar) ve ortaöğretim öğrencileri	
Kullanılacak Malzemeler	
Yazı tahtası, yansıtıcı	
Etkinliğin Nasıl Yapıldığı (Rehber sayısı, katılımcı sayısı, senaryolaştırılmış ayrıntılı uygulama planı vs.)	
<p>Uygulama Planı</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evrim mekanizmaları hakkında kısa bir tartışma gerçekleştirilir ve arkasından kulaktan kulağa oyununa geçilir. • “Evrimin ışığı olmaksızın biyolojideki hiçbir şeyin anlamı yoktur.” cümlesi eğitmen tarafından ilk öğrenciye söylenir ve son öğrencinin de kulağına söylenen cümleyi tekrar etmesi istenir. • Doğru cümle ve son söylenen cümle tahtaya yazılır ve cümlelerin ne kadar değiştiği izlenir. • Bu oyunda öğrenciler eğlenceli olması için cümlede bilinçli değişimler yapabilirler. Bu tür durumlar için herhangi bir uyarı yapılmaz. • Cümledeki değişimler gibi DNA dizilerinde de ‘mutasyon’ adını verdiğimiz değişimlerin gerçekleştiğinden bahsedilir. • Cümledeki değişimler gözetilerek mutasyon tiplerinden de bahsedilir. 	

- Cümledeki değişimlerin kaynağının bulunması için cümle sondan başa doğru tekrarlanır.
- Cümlede yanlış söylenmiş bazı kelimelerin sona doğru düzeltilmesi gerçekleştiyse DNA tamir mekanizmalarından da bahsedilir.
- Oyun bir kaç kere farklı cümlelerle oynanır.
- Oyunun sonunda mutasyonlara gerçek örnekler verilerek evrimdeki rolüne değinilir.

Not: Bu etkinlik Matthew Zelisko Kimberly Anderson ve Kent Kurashima'nın katkılarıyla Houston Üniversitesinin 12. sınıflar için hazırlanan programından değiştirilerek uyarlanmıştır. Etkinliğin ilk biçimine aşağıdaki linkten ulaşabilirsiniz. https://www.teachengineering.org/activities/view/uoh_mutations_lesson01_activity1

Kazanımlar

Mutasyon, mutasyon türleri ve evrimsel süreçteki rolünü açıklayabilme.

3.4. Şekerlerin Doğal Seçilimi

ETKİNLİK KONULARI VE KAPSAMI	
Etkinliğin Adı	Şekerlerin Doğal Seçilimi
Etkinliğin Süresi	60 dk
Etkinliği hazırlayan/uyarlayan	Tülin Çetin, Dilek Koptekin
Etkinliğin Konusu	
Evrim mekanizmaları: doğal seçim	
Etkinliğin Amacı	
Doğal seçilimin popülasyon üzerindeki etkilerini gösterme	
Hedef Kitle	
İlköğretim (7-8. sınıflar) ve ortaöğretim öğrencileri	
Kullanılacak Malzemeler	
Çok tercih edilen ve hiç tercih edilmeyen birbirinden farklı büyüklükte, renkte ve markada şekerler veya boncuklar, büyük bir kase. * Malzeme seçilirken, malzemelerin özelliklerine dikkat edilmeli.	
Etkinliğin Nasıl Yapıldığı (Rehber sayısı, katılımcı sayısı, senaryolaştırılmış ayrıntılı uygulama planı vs.)	
<p>Uygulama Planı</p> <ul style="list-style-type: none"> Etkinliğe başlamadan malzemelerin toplam sayısı, farklı çeşitlere gruplanarak etkinliği uygulayan tarafından not edilir. Her çeşidin yeterince temsil edilmesine özen gösterilir. Büyük bir kasede karıştırılan şekerlerden/boncuklardan, etkinliğe ayrılan zamana bağlı olarak belirlenen bir zaman diliminde öğrencilerin yemeyi/kullanmayı tercih ettiklerinden birer tane almaları istenir (Katılımcı sayısına bağlı olarak bu sayı artırılabilir). Kasenin yarısından fazlası boşalana kadar kase katılımcılar arasında dolaştırılır. Kasenin yarısından fazlası boşaldığında katılımcılar) bir araya toplanır. Ardından katılımcılarla birlikte kasede kalan şekerler sayılır ve bir kağıda farklı çeşitleri listelenir. Katılımcılara başlangıçta kasede bu listedeki şekerlerden/boncuklardan kaç tane olduğunu tahmin etmeleri istenir. Tahminler tamamlandığında, kasede başlangıçta hangi şekerden/boncuktan kaç tane olduğu katılımcılara söylenir. Daha sonra kaseden alınmış olan şekerlerin/boncukların özelliklerinin listesi yapılır: 	

bunlar elenmiş olan şekerlerin/boncukların özellikleridir. Kasede kalanların da özellikleri listelenir; bunlar da hayatta kalıp üreyebilecek olanların özellikleridir.

- Katılımcılarla, canlılar arasındaki büyük bir çeşitliliğe sahip olmasıyla ilgili bir tartışma başlatılır. Bir popülasyondaki bazı bireylerin hayatta kalma olasılıklarının diğer bireylerden fazla olmasının nedenleri tartışılır. Önceden hazırlanmış canlı popülasyonlarının fotoğrafları gösterilerek çeşitlilik, üreme ve katılımın popülasyonlar için önemini vurgulayacak sorular sorulur.
- Böylece farklı özelliklerdeki farklı şekerlerin/boncukların bazılarının tercih edilip bazılarının tercih edilmemiş olması, doğal seçilimin etkisindeki popülasyonlardaki bazı bireylerin hayatta kalıp kalmadığına benzetilerek gösterilir.
- Bu örnekte, tercih edilen şekerlerin/boncukların avcı (katılımcılar) tarafından tercih edilme olasılıkları daha yüksek olduğundan üremek için hayatta kalma olasılıklarının kasede kalanlara göre daha düşük olduğu belirtilir.

Not: “Howtosmile” projesi 2010 yılında Kalifornia Üniversitesi, Minnesota Bilim müzesi ve Houston çocuk müzesi tarafından hazırlanmıştır. Bu etkinlik bu projenin bir parçasıdır ve aşağıdaki linkten yararlanılarak uyarlanmıştır.
<https://www.howtosmile.org/resource/smile-000-000-000-813>

Kazanımlar

Doğal seçilimin popülasyon üzerinde olası işleyiş biçimini açıklayabilme

3.5. Genetik Sürüklenme

ETKİNLİK KONULARI VE KAPSAMI	
Etkinliğin Adı	Genetik Sürüklenme
Etkinliğin Süresi	60 dk
Etkinliği hazırlayan/uyarlayan	Tülin Çetin, Zelal Özgür Durmuş
Etkinliğin Konusu	
Evrim mekanizmalarında rastgeleliğin etkisi (genetik sürüklenme)	
Etkinliğin Amacı	
Evrimsel süreçlerin gelecek nesildeki gen havuzunu belirlenmesinde seçim, mutasyon, rekombinasyon gibi doğrudan etkilerin yanında popülasyondaki birey sayısının küçük olduğu durumda şans (rastgelelik) faktörü de devreye girer. Bu etkinlikte kısaca genetik sürüklenme olarak adlandırılan bu evrimsel mekanizma incelenecektir.	
Hedef Kitle	
Ortaöğretim öğrencileri	
Kullanılacak Malzemeler	
Projeksiyon, 5 farklı renkte ve aynı boyda bilye, torba ya da koyu renkli kase	
Etkinliğin Nasıl Yapıldığı (Rehber sayısı, katılımcı sayısı, senaryolaştırılmış ayrıntılı uygulama planı vs.)	
<p>Uygulama Planı</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evrim mekanizmaları ve genetik sürüklenmenin diğer mekanizmalarla ilişkisi ve farkları hakkında kısa bir tartışma gerçekleştirilir. Alel ve alel frekansı hakkında bilgi verilir. • Tüm bilyeler yalnız bir karakterin temsil edildiği bireylerdir. Her renk o karakterin belli bir alelidir. Ve her birey gelecek kuşağa kendisinin aynısı en fazla bir yavru bırakmaktadır. • Etkinliği gerçekleştirecek öğrenciler gruplara ayrılır. Her bir grup aşağıdaki adımları izler. • Bir torbaya beş farklı aleli temsil edecek şekilde aynı boyutta, fakat farklı renkte, 	

sayıca birbirine eşit bilyelerden (her birinden 20 adet; dolayısıyla frekansları eşit) konulur.

- Doğada rastgele (şans eseri) gerçekleşen olaylardan bahsedilir. Birinci adımda bu rastgele süreçten etkilenen ana popülasyonun yaklaşık yarısı bir kase yardımıyla gruptan ayrılır. Bilyeler torbadan alınırken alan kişinin gözlerinin kapalı olmasına özen gösterilir. Bu şans faktörünü temsil eder.
- Tüm adımlar boyunca her kasedeki bilyelerin sayısı ve frekansları hazırlanan veri tablosuna kaydedilecektir.
- İkinci adımda ana popülasyonda kalanın yaklaşık $\frac{1}{4}$ 'ü alınıp alel frekanslarının kaydedilmesi istenir.
- Üçüncü adımda yine ana popülasyondan 10 bilye alınarak alel frekanslarının kaydedilmesi istenir.
- Dördüncü ve beşinci adımlarda ana popülasyondan 5 bilye, ayrılan popülasyondan 5 bilye alınarak alel frekanslarının kaydedilmesi istenir.
- Kaydedilen alel frekansları ana popülasyonun alel frekansları ile karşılaştırılır ve farklılıkların nedeni tartışılır.
- Küçük popülasyonlarda alel çeşitliliğinin azaldığı noktası vurgulanır.

Not: Bu etkinliğin orijinali Scott Smith tarafından 2006'da geliştirilmiştir. Bu kitapçıkta kullandığımız hali Mukhopadhyay, Henze ve Moses'ın "*How Real is Race? A Sourcebook on Race, Culture, and Biology*" isimli kitaptan (Altira Yay., 2014) uyarlanmıştır. Detaylı anlatım için aşağıdaki linke bakabilirsiniz.
<http://www.sjsu.edu/people/carol.mukhopadhyay/race/Gene-Flow-and-Genetic-Drift-Illustration-2014.pdf>

Kazanımlar

Popülasyon, alel, alel frekansı (sıklığı) kavramlarını kavrama ve genetik sürüklenmenin evrimdeki rolünü açıklayabilme

3.6. Camin'in Böcekleri ve Evrimsel Öyküleri

ETKİNLİK KONULARI VE KAPSAMI	
Etkinliğin Adı	Camin'in Böcekleri ve Evrimsel Öyküleri
Etkinliğin Süresi	120 dk
Etkinliği hazırlayan/uyarlayan	Tülin Çetin, Kahraman İpekdal
Etkinliğin Konusu	
Filogenetik/Evrimsel ağaç oluşturarak canlıların evrilme öyküleri ile sınıflandırmaları	
Etkinliğin Amacı	
Canlıların sınıflandırılmaları ile evrilme öyküleri arasındaki bağlantının açıklanması, evrimsel ağaçların oluşturulmasında gerçekleşen süreçlerin tanımlanması	
Hedef Kitle	
Lise öğrencileri	
Kullanılacak Malzemeler	
Makas, 1 x 1,5 m boyutlarında kağıt, yapıştırıcı ve kalem	
Etkinliğin Nasıl Yapıldığı (Rehber sayısı, katılımcı sayısı, senaryolaştırılmış ayrıntılı uygulama planı vs.)	
<p>Uygulama Planı</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taksonomi, sınıflandırma kategorileri, filogeni nedir ve filogenetik ağaç oluşturmada kullanılan özellikler üzerine tartışılır. • Katılımcılar 3-4 kişiden oluşan gruplara ayrılır. • Camin'in böceklerinden yaşayan 14 tür ve 57 fosil böcek türü vardır. Her bir tür numaralandırılarak ifade edilmiştir. (Ek-1) (Caminalcules, (Camin'in böcekleri) varsayımsal bir tür olup 1960'lı yıllarda J. H. Camin tarafından taksonomik sınıflandırma evrimin anlatılması için yaratılmıştır) • Birinci aşamada, yaşayan böcek türlerinin sınıflandırılması istenir. Bu türler birbirlerine benzerlik oranına göre önce cinslere, ailelere, takımlara ve diğer sınıflandırma kategorilerine uygun adlandırılarak ayrılır. Yapılan ayırım bir tabloda gösterilir. • Her bir grup sonuçlarını diğer katılımcılara nedenlerini açıklayarak sunar ve tüm 	

gruplar caminlerin sınıflandırılmasıyla ilgili bir uzlaşma sağlarlar.

- Bu uzlaşmadan sonra aynı cinsin üyelerinin ortak atayı paylaşacağını hesaba katarak 1 x 1,5 m boyutlarında kağıda 20 milyon yıl, her birimi bir milyon yıl olacak şekilde ölçeklendirilerek yapılandırılan filogenetik ağaç şablonuna yerleştirilir.
- Bu şablona yerleştirilen türlerin evrimsel ağacı, yine diğer grupların yerleştirmeleriyle kıyaslanır ve yerleştirmeleri hangi özelliklerine göre yaptıkları üzerine tartışılır. Atasal türlerin hangi özelliklere sahip olabilecekleri, hangi özelliğin sonradan türemiş olabileceği ile ilgili fikir yürütülür.
- İkinci aşamada kendi numaralarının yanında parantez içinde hangi jeolojik zamanda yaşadıklarını milyon yıl cinsinden ifade eden rakamlar bulunan 58 fosil böcek türü kullanılır (Ek-2).
- Fosil türler jeolojik yaşları da hesaba katılarak bu şablona yerleştirilir. Sadece bir doğru filogenetik ağaç olduğu için ağaca yerleştirilen türlerin doğru yerleştirilip yerleştirilmediği etkinlik sonunda kontrol edilir ve sonrasında türler yapıştırılır.
- Etkinlik sonunda Camin'in böceklerinin evrimsel öyküleri üzerinde tartışılır.

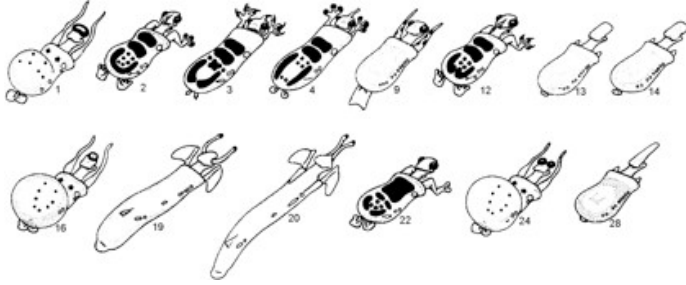
Not: Bu etkinlik ve ekte verilen şekiller Robert P. Gendron tarafından hazırlanan "Sınıflandırma ve Evrim" etkinliğinden izin alınarak kullanılmıştır.

Kazanımlar

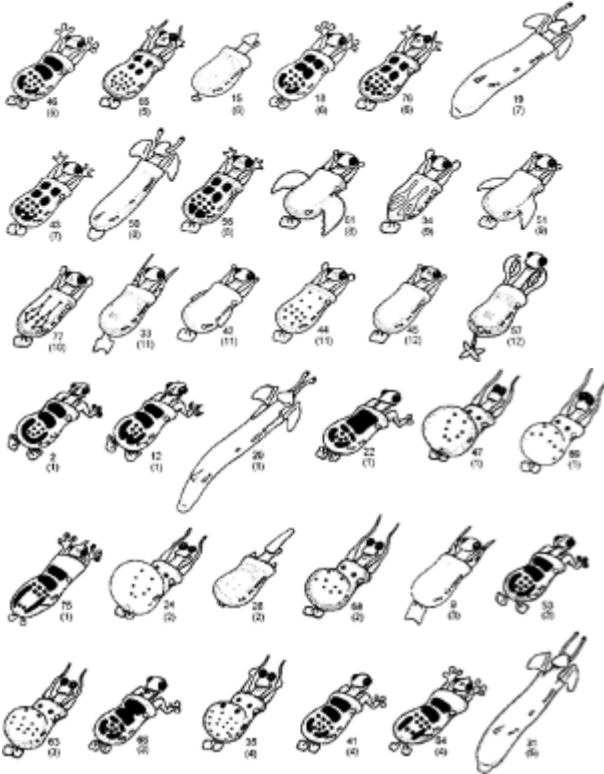
Sınıflandırma ve evrim ile ilgili bazı temel kavramları kavrayabilme, sınıflandırma ile canlıların evrimsel öyküleri arasındaki ilişkinin önemini söyleme, evrimsel bir ağacın oluşturulmasındaki süreçleri açıklayabilme

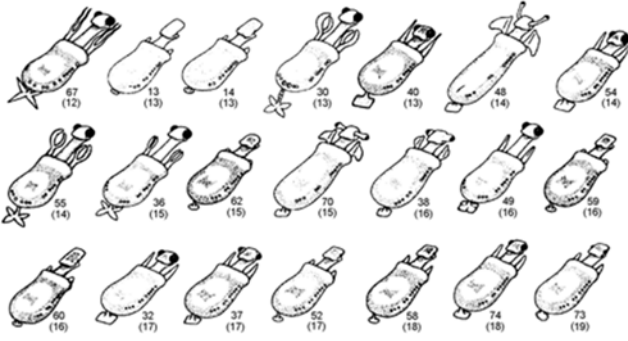
Ekler

Ek-1 Yaşayan böcek türleri



Ek-2 Fosil böcek türleri





3.7. Patates ailesi

ETKİNLİK KONULARI VE KAPSAMI	
Etkinliğin Adı	Patates ailesi
Etkinliğin Süresi	120 dk
Etkinliği hazırlayan/uyarlayan	Tülin Çetin
Etkinliğin Konusu	
Kalıtım, Mendel genetiği ile ilgili temel kavramlar ve evrimle ilişkisi	
Etkinliğin Amacı	
Canlıların özelliklerinin bir sonraki nesillere nasıl aktarıldığı ve bunun evrimsel süreçlerdeki öneminin kavranması	
Hedef Kitle	
İlköğretim (7-8. sınıflar) ve ortaöğretim öğrencileri	
Kullanılacak Malzemeler	
Yansıtıcı, patates, kürdan, mantar tıpa, göz, pembe ve beyaz renklere marşmelov ya da lokum, pipo temizleyicisi, büyük ve küçük boylarda ataç, harita çivisi, her bir özelliğin harfle ifade edildiği el işi kağıdından yapılmış kromozomlar	
Etkinliğin Nasıl Yapıldığı (Rehber sayısı, katılımcı sayısı, senaryolaştırılmış ayrıntılı uygulama planı vs.)	
<p>Uygulama Planı</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mendel genetiği ve kalıtımla ilgili temel kavramları içeren bir sunum gerçekleştirilir. • Potansiyel ebeveynlerin (anne ve baba kromozom takımları) genlerini taşıyan 8 çift kromozomdan oluşan iki takım (Ek-1) etkinlik öncesi hazırlanır. Her bir kromozom çifti farklı bir özelliği (saç-kürdan, kulak-mantar tıpa, kuyruk-pipo temizleyicisi, omurga-pembe ve beyaz renklere marşmelov ya da lokum, ağız- pipo temizleyicisi, bacaklar-büyük ve küçük ataçlar, göz-yapay göz, burun-harita çivisi) ifade edecek şekilde farklı renkte olmalıdır. • 2-3 kişilik 4 grup oluşturulur. Her bir grup birbirinden farklı genotipte anne ve baba kromozom takımları dağıtılır. • Yine etkinlik öncesinde bir genotip anahtarı ve katılımcıların etkinlik esnasında doldurmaları istenen bir kayıt çizelgesi (Ek-2) hazırlanır. Genotip anahtarı, her bir kromozom çiftinin üzerindeki harflerin hangi özellikleri ifade ettiğini, bir araya gelerek fenotipte nasıl bir özelliği yansıttığını ve bu özellik için hangi malzemenin 	

kullanılacağını ifade eder.

- Kayıt çizelgesine ebeveynlere (anne ve baba) ait kromozomlar üzerinde bilgisi verilen her bir özellik, genotipler kaydedilir.
- Ebeveynlere ait genotip verilerinden punnet karesi kullanılarak yavru patatesin her bir özelliğinin olası genotipleri ve olası fenotipleri kayıt edilir.
- Kayıt işlemi tamamlandıktan sonra ebeveynlere ait kromozomlar karıştırılmadan iki ayrı küme olacak şekilde ters çevrilir.
- Yavru patatesi oluşturmak için her bir ebeveynin her bir özellik için kromozom çiftlerinden rastgele bir tanesini (birini anneden diğerini babadan) seçerek yavru patatesin genotip kümesi oluşturulur.
- Yavru patatesi oluşturan özelliklerin genotipleri de kayıt edildikten sonra nasıl bir fenotipe sahip olduğu belirlenir.
- Anne, baba ve yavrunun her bir özelliğine ait fenotipi, genotip anahtarında yer alan bilgilerden yararlanılarak her bir grup kendi patateslerinin üzerine uygular.
- Uygulama sonunda yavru patatesin hangi özelliklerinin anneye hangi özelliklerinin babaya benzediği, baskın ve çekinik özelliklerin neler olduğu tartışılır ve kayıt edilir.

Not: Bu etkinlik Mr. McClung tarafından 2009 yılında hazırlanan “Spudoodle” etkinliğinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Kazanımlar

Kalıtım ve genetik ile ilgili temel kavramları anlama ve açıklayabilme

Ekler

Ek-1 Patates Ailesi Genotip Anahtarı*

Genotip	Fenotip
SS veya Ss ss	Saçı var (kürdan-6' dan daha fazla değil) Saçı yok (kel)
AA veya Aa aa	Geniş ağız (ince boru temizleyicisi) Küçük ağız
KK veya Kk kk	Mantar tıpa-kulakları var (kürdan kullanılacak) Sağır (kulak yok)
EE veya Ee ee	Büyük gözler Küçük gözler
OO veya Oo oo	3 pembe dorsal omurga (pembe krema yada lokuma benzer şeker) 3 beyaz dorsal omurga (sarı krema yada lokuma benzer şeker)
RR veya Rr rr	Kıvrıkcık kuyruk (ince boru temizleyicisi) Düz kuyruk (ince boru temizleyicisi)
GG veya Gg gg	Üç büyük ayak (büyük kağıt atacı) İki büyük ayak bir küçük ayak
BB veya Bb bb	İki burun deliği olan burun (harita çivisi) Tek burun deliği olan burun

**Yukarıdaki genotip anahtarı örnek olarak verilmiştir ve yer alan tüm özellikler öğretmenler tarafından arttırılabilir veya azaltılabilir. Farklı özellikler belirlenebilir ve her bir özellik için farklı malzeme kullanılabilir.*

Ek-2 Kayıt Çizelgesi

Baba Patatesin Genotipi

Saç:

Ağız:

Kulak:

Gözler:

Omurga:

Kuyruk:

Bacaklar:

Burun:

Anne Patatesin Genotipi

Saç:

Ağız:

Kulak:

Gözler:

Omurga:

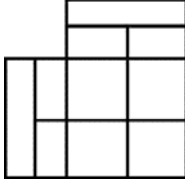
Kuyruk:

Bacaklar:

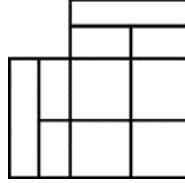
Burun:

Yavru Patatesin Olası Genotipleri

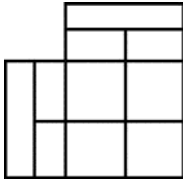
Saç



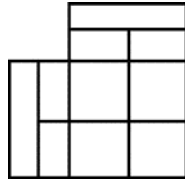
Ağız



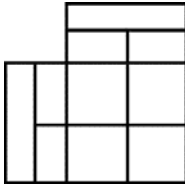
Kulak



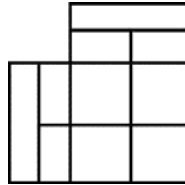
Gözler



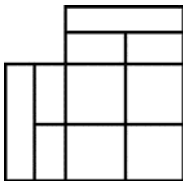
Omurga



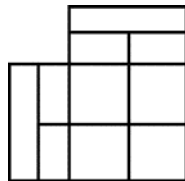
Kuyruk



Bacaklar



Burun



Yavru Patatesin Olası Fenotipleri

Yukarıdaki Punnet karelerini dikkate alınarak özelliklerin fenotipte görünme yüzdesini yazalım.

Saç:	Ağız:
Kulak:	Gözler:
Omurga:	Kuyruk:
Bacaklar:	Burun:

Bebek Patatesin Genotipi ve Fenotipi

Genotip / Fenotip	Genotip / Fenotip
Saç:	Ağız (kahverengi):
Kulak:	Gözler:
Omurga:	Kuyruk:
Bacaklar:	Burun: