KAMBRİYEN AKVARYUMU



DOĞANCAN ÖZGÖKÇELER

tilki Kitap


tilki
Kitap
yayınevi

Kambriyen Akvaryumu

Tilki Kitap©
www.tilkikitap.com
tilki@matbumedya.com
0850 304 22 03
Yayıncı Sertifika No 28740

Genel Müdür: Emrah Çelik
Editör: Gökçe Hilal Tırpan
Sayfa Tasarım: Baran Ekber
Kapak Tasarım: Tekin Parmaksız

1.Basım, İstanbul, Mart 2026
ISBN: 978-625-5779-83-0
Tilki Kitap Matbaa / İstanbul
Matbaa Sertifika No: 48138

Eserin tüm telif hakları yazara aittir. Yazar, bu baskı için basım-satış-dağıtım-tanıtım haklarını Tilki Kitap'a devretmiştir. Yazar, eserin kapak dahil içeriğindeki tüm materyallerin (metin, görsel öge, tablo…) yasal ve fikri sorumluluğunu kabul etmiştir. Tilki Kitap'ın kurumsal görüşü olmayabilir.

Doğancan Özgökçeler

Kambriyen Akvaryumu



Bir mühendisin gözünden **temel biyoloji ve 505 milyon yıl evvelki deniz yaşamına** bir bakış

Noqpı

İÇİNDEKİLER

YAZAR HAKKINDA 9
GİRİŞ 11

TEMEL BİYOLOJİ

I - Canlı Nedir? 21
II - Taksonomi ve Gerçek Tür Tanımı 24
III - Hücre ve Yaşamın Başlangıcı 45
IV - Hayvanlar Alemi ve Homo Sapiens'in Tarihi 73

NESLİ TÜKENEN TÜRLERİN MODELLENMESİ VE MÜHENDİS GÖZÜYLE PALEONTOLOJİ 149

KAMBRİYEN YAŞAMI VE KADİM HAYVANLARIN YÜKSELİŞİ 163

I - Pikaia Gracilens 165
II - Wiwaxia Corrugata 180
III - Hallucigenia Sparsa 197
IV - Anomalocaris Canadensis 212

KAYNAKÇA 259

YAZAR HAKKINDA

Doğancan Özgökçeler, 24 Ekim 1996 tarihinde İstanbul'da doğdu. Kadir Has Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi'nden İngilizce Bilgisayar Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Trakya Üniversitesi'nde pedagojik formasyon eğitimini tamamladı.

2025 yılından bu yana öğretmenlik ve mühendislik çalışmalarını sürdürmekte; yükseköğretim, oyun projeleri ve disiplinlerarası üretimler üzerine çalışmaktadır. Boş zamanlarında antik diller üzerine araştırmalar yapmak, resim çizmek ve doğal taşlar biriktirmekle ilgilenmektedir.

GİRİŞ

Öncelikle bu kitabın konusunu ve kapsamını incelemeden konuyu kapsayan konuları incelememiz ve açıklık getirmemiz gerektiği için, bu kısmı, kitabın ilerleyişine ve değineceğimiz ana başlıkların açıklanmasına ayırmak istedim. Kitabın ilerleyen kısımlarına geçmeden önce bu kısmı okumanızın çok faydalı olacağı kanaatindeyim. İlk olarak, kitabın temel konularından olan ve kitabın büyük bir kısmını kapsayan "biyoloji" konusuna değinmemiz gerekiyor. Biyoloji dersini ya da konusunu hatırlıyor musunuz? Biyoloji bilimi ya da bana sorarsanız pek başarılı bir Türkçeleştirme olmayan dirim bilimi, çeşitli alt konusu olsa da genel tanımıyla canlı bilimidir. Bu bilim dalı, en küçük virüslerden en büyük memelilere kadar Dünya üzerindeki yaşamış ve yaşayacak tüm canlıların incelenmesidir. Moleküler seviyeden bütün ekosistemlere kadar her şeyi içerir. Bu kavramı tanımlamak gerekirse, yaşamın nasıl başlayabileceği ve başka gezegende aynı süreçlerin olup olamayacağı gibi astronomi ve kimya konularından tutun da Yunusgiller (Delphinidae) ya da Kafadan bacaklılar (Cephalopoda) gibi zekâ veya akıl diye tanımlayabileceğimiz kompleks bilinçsel beceri seviyesi, diğer hayvan türlerinin ortalamasının üstünde olan, bizim dışımızdaki bilinçlerin de alet kullanması ve iletişim yollarının çözülmesine kadar çok farklı konuları içine alır. Tabi, ben bu yazıyı yazdığım sırada 3,5 milyar yıldan daha uzun bir süreyi kapsayan yaşam tarihi ve onla bağlantılı olan biyoloji bilimini kapsayan dersler, benim canım ülkem Türkiye'de lise gibi kurumlarda bile, benim çocukluk zamanımda ilkokul çağındaki bireyler hedef alınarak hazırlanan bilim kitapları ve belgesellerindekinden daha az bilgi veriyor. "Hücre nedir. ve midedeki asitler nedir?" gibi utanılacak derecede basit konulara indirilmiş durumda biyoloji eğitimi. Bizim zamanımızda bütün canlıların organ yapılarını ve bilinç özeliklerini dahi derste işlerken, bizden sonrakilere bu kadar basitleştirilmiş halde sunulması ve buna rağmen öğrencilerin zorlanması size şaşırtıcı gelebilir ama aslında hiç şaşırtıcı değil. Çoğu kişi, belki de siz bile, biyolojinin ezber olduğunu düşünüyordur ama bizim dönemimizde bütün

canlıları birbiri ile kıyasladığımız ve gözümüzün önüne getirdiğimiz için, biyoloji bizim için ezberden çok mantık oluyordu. Diğer türleri göstermeden neredeyse sadece bir türü, o da benim ve sizin de dahil olduğumuz *Homo sapiens* türünü, kapsayan rastgele bilgileri ezberletmekten ibaret olan sözde biyoloji dersi, işin mantığına ve heyecan verici konulara değinmek yerine, adeta öğrencileri bu konuda bilgisizleştirmek istermişçesine çok hatalı bir eğitim faciası durumundadır.

Bu kitabın içinde; verdiğim özel derslerden, lise ve üniversite döneminde aldığım eğitimlerden ve kendi bildiklerimle beraber araştırdıklarımdan, kitabın başında herkes için temel biyoloji konusunu işleyecek 4 konu hazırladım. Burada amaç, benim gibi biyolog olmayan ama temel fen bilip çevresi hakkında düşünen birinin ezber değil mantık ve araştırmayla nasıl biyolojiyi kavrayabileceğini göstermek, eğitim sisteminde verilmeyen çok önemli temel bilgileri vererek günlük hayatta veya okulda yaşayacağınız sorunları bir daha yaşamamanızı sağlamak. Size garanti ederim bu kitabı okuduktan sonra, biyolojiyi sevmeyen veya anlamayan biriyseniz bile, bu konuda konuşabileceksiniz ve aklınızdaki soruların çözümüne giden yol önünüzde uzanmaya başlayacak. Bu biyoloji yolculuğumuzun başlangıcı olan temel 4 konuyu şu şekilde topladım:

1. Canlı Nedir?

Bu konu size çok basit gelebilir ama biyoloji biliminin temel anlamının "canlı bilimi" olmasına rağmen maalesef ki eğitim sistemlerinde, bu kavramın üzerine düşünmeden ezber eğitime geçiliyor. Bu kısımda, temel olarak canlı kavramını nasıl tanımlayabileceğimize ve bu canlılık özelliklerini ezberlemek yerine nasıl mantıklı bir şekilde kendimiz ulaşabileceğimize değineceğim. Bu terimlerin çok zor olduğu düşüncesinin yaygın olmasına rağmen, bu konuda göreceğiniz gibi, temel bir mantığı var ve her yaştan kişinin anlayabileceği kavramlara sahip.

2. Taksonomi ve Gerçek Tür Tanımı

Bu konu özellikle çok önemli. Ülkemizde biyoloji konusundan bahsedilirken genelde "tür" tanımı çok hatalı kullanılıyor. Bu kitapta canlıların hangi şubede olduğu, hangi ailenin üyesi olduğu ya da cins ve türlerinden bahsedeceğim için, bu terimlerin biyoloji bilimi içinde yer alan taksonomide

ne anlama geleceğine değinmem ve bunları örneklemem gerekiyor. Daha önemlisi neden taksonomi bilimini herkesin bilmesi gerektiği ve bilmesinin ne gibi faydaları olduğunu örnekler ile açıkladığım bu konu sayesinde, doğaya bakışınızın değişebileceğini iddia etsem fazla abartmayacağımı düşünüyorum.

3. Hücre ve Yaşamın Başlangıcı

Bazı okuyucularımız için ilk başta bu konu da biraz farklı gelebilir. İlk konuda canlılık kavramının en temele indirilmiş yapı, yani hücre olduğunu nedenleriyle açıkladığım için, ondan sonra bu konuya geçince daha mantıklı gelecektir. Hücre, kendi içinde belli süreçlerin olduğu bir kimyasal reaksiyon baloncuğu şeklinde kabaca tanımlanırsa yaşamın kimyasal bir reaksiyon olduğu sonucuna varacağımız için akla şu sorular geliyor: Bu reaksiyon nasıl başladı ve başka hangi gezegenlerde yaşam olabilir? Aklınıza genel soruların cevaplarını temel mantıklarını kavrayarak ve üzerine düşünerek aşamalı olarak bu konuda işliyoruz ve eğitim sistemlerinde bahsedilmesi gereken ama hiç değinilmemiş devrimsel ve görece yeni keşiflere yer veriyoruz. Bu konuda, ayrıca daha önceden taksonomi konusuna değindiğimiz kısımda, canlı alemleri olarak bizim de dahil olduğumuz hayvanlar, bitkiler, mantarlar gibi alemlerin temel bilgilerine değiniyoruz.

4. Hayvanlar Âlemi ve Homo Sapiens'in Tarihi

Bu son konumuzda, biyoloji yolculuğumuzun sonuna gelmiş ama kendimizi yeni bir yolculuğun başlangıcına hazırlanırken bulacağız. Konuyu kısa halledebilmek için, biyolojide dahil olduğumuz "Animalia" yani hayvanlar alemindeki bu yazıyı yazdığım sıradaki güncel bilgiler ışığında, bilinen en eski ve ilkel hayvanlardan bize kadar olan milyonlarca yıllık süreci işleyeceğim ve bu konuyu daha önceki konularda olduğu gibi, temel mantıklarını anlayacak ve ezber değil mantık yoluyla kavranmasını sağlayacak şekilde aktarmaya özen göstereceğim. Bu bilgilerin içinde bazı terimsel ve ekstra bilgiler olmakla birlikte, hem bütün hayvanlar alemi hakkında fikir verecek bilgileri sunmaya hem de herkesin anlayabileceği düzeyde kısa ve öz açıklamaya çalıştım. Buradaki bilgileri çıkardığımız takdirde, diğer canlıları anlamayacak ve diğer canlıların birbiri ile olan bağı kendiniz gözlemleyemeyeceğiniz için, bu bilgilere değinmemiz çok hayati bir öneme sahip oluyor. Benim bu

yazıyı yazdığım sırada, ülkemde olan biyoloji dersindeki başarısızlığın ve öğrencilerin dersi anlayamamalarının nedeni de bu, çünkü diğer canlıları birbiri ile kıyaslamaz ve diğer canlıların üzerine düşünmezse birey, hem doğa bilincini kazanamaz hem de önüne gelen bilgileri sadece ezberlemekle yetinir. Umarım bu heyecanlı yolculukta edindiğiniz bilgiler, benim araştırırken edindiğim heyecan ve merak duygularını aynı şekilde size aktarır. Bu konu, yaşadığınız gezegeni paylaştığınız canlıların görece azını gösterse de konuyu uzatmamak amaçlı sadece bizim dahil olduğumuz alemi işlemekle yetindim, çünkü hem empati kurabilmemizin daha olası olduğu canlıları göstermenin konuyu daha dikkat çekici yapacağını düşünüyorum hem de bu kitabın asıl konusu olarak değineceğimiz Kambriyen döneminde yaşamış bazı hayvanlar üzerinden genel olarak konu ilerleyeceği için, hak verirsiniz ki bu aleme diğer alemlere göre daha ağırlık verme seçimini yaptım.

Bu konu anlatımlarının ve bu kitabın, kütüphanenizde size ilham vermesini ve daha büyük işler yapmanıza katkı sağlamasını ve sistemin biyoloji bilimine yaptığı zarara birazcık olsun çözüm olmasını umut ediyorum. Bu yazıyı yayınladıktan sonra yeni bir keşif olur ve bu keşif bazı kısımlarda belirttiğim gibi "elimizdekilere göre" durumlarını güncellerse şimdiden özür diliyorum. Bu kitabı yazdığım dönemdeki yaşıtlarım gibi yeni nesle göre daha iyi biyoloji eğitimi almış ve bu konuya meraklı olduğum için akademik konular takip etsem de ben bir paleontoloji, jeoloji ya da biyoloji uzmanı değilim. Bu bilim dallarından bir uzman önemli ama benim değinmediğim bir ayrıntıyı görmüşse şimdiden ondan özür diliyorum ve işlerine çok saygı duyduğumu belirtmek isterim. Bu kitabın, nesli tükenmiş canlıların modellerini dijital ortama, fosil kayıtları başta olmak üzere, çeşitli verilerle nasıl aktarılabileceğine merak sarmış bir bilgisayar mühendisinin gözünden yazılmış olduğunu belirtmek isterim. Bu kitap, hem biyoloji konusunda kitap okumak isteyen okuyucuları hem de oyun tasarımı gibi yazılım teknolojilerine meraklı okuyucuları buluşturmayı amaç ediniyor. Umarım iki grubun da hoşuna giden bir kitap olur. Bu kitabı eline alan, bir şeyler keşfetmek ya da üretmek isteyen herkese çok teşekkür ediyorum.

Biyoloji bilimi önemlidir çünkü bize hayatın nasıl işlediğine dair temel bir anlayış sağlar. Bu bilgi, bizim ve Dünya üzerindeki diğer canlıların yaşamlarını iyileştirmek için kullanılabilir. Ayrıca bu konuda bahsettiğimiz soy ağacını ve canlıların şubeleri arasındaki evrim ve özelliklerin nedenlerini işlememiz,

bu kitap içinde yadı geçen bazı kadim türlerin ve onların günümüzde yaşayan uzak akrabalarının özelliklerinin, ezber yerine mantığını anladığınız için daha iyi üzerine düşünüp bahsedilen konuları kavramanızı sağlayacak.

Bu temel biyoloji konusundan sonra, bu kitabı yazarken üzerine çalıştığım bir oyun projesinden bahsedeceğim çünkü kitabın çıkış fikirlerinden biri, nesli tükenmiş türlerin fosillerinin ve günümüzdeki canlılar hakkındaki biyoloji bilgilerinin ışığında, dijital ortama, olabildiğince gerçeğe yakın bir şekilde aktarabilmeyi ve bu türlerin yaşadığı bir denizi simüle edebilmeyi kapsayan bir oyun tasarım ve yazılım süreciydi. Bu modellerin ve yaratıkların davranışlarının nasıl aktarılabileceğine değinmek, normalde biyoloji konusu olacak bu konuyu, bir bilgisayar mühendisinin ve amatör oyun tasarımcısının gözünden yansıtmak için çıkış kaynağı olmasını sağladı. Bu kısımda, bir bilgisayar mühendisi veya bir oyun yapımcısıysanız çok ilginizi çekebilecek konular ve hiç alakası yok diye düşüneceğiniz konular üzerine bilgi sahibi olmanın avantajlarını ve o konuda bir iş yapacaksanız nasıl kapsamlı bir araştırma yapmanız gerektiğini, örnekler üzerinden açıklıyorum. Bu kitabı yazarken Jeoloji konusunda çok birikimli olan **Yavuz Ulutürk**'e çok teşekkür ediyorum. Kendisi İstanbul Belediyesi'ne özel koleksiyonlardan ve modellerden oluşan bir Paleontoloji müzesi kurma fikrimi sunma planı yaptığım zamanlarda, yardımcı olması için belge hazırlamış ve bütün projelerimde beni desteklemişti. Kendisine çok teşekkür ediyorum ve onun yazısına kitabımda yer vereceğim. Bununla birlikte, biyoloji ve oyun yapımı konusunda ders verdiğim ve kendimi geliştirmeme yardım etmiş öğrencilerim diye tanımlayabileceğim **İslam Fazliyev**, **Furkan Demirbaş** ve daha birçok harika genç arkadaşa teşekkür ediyorum. Bana sordukları biyoloji sorularından ve yaptığım Kambriyen Dönemini kapsayan model-oyun gibi projelerde verdikleri tavsiyelerden dolayı onlara çok teşekkür ediyorum. Bununla birlikte, bu kitabı yazdığım sırada nesli tükenen canlıların daha önceden gördüğüm verilerine ve sahip olduğum bazı mühendislik birikimine dayanarak sadece dijital değil, gerçek hayatta robotik kopyalarının üretilebileceği ve bunlardan bir akvaryum yapılabileceği gibi gelecek için bir fikir öne sürmek üzere yazılarımı düzenlerken, Japon imparatorluğunun o kadim topraklarından aynı benim gibi düşünen çok değerli **Toshiyasu Kondo**'nun yaptığı projeleri Twitter üzerinden gördüm ve hemen onla iletişime geçtim. Kendisiyle karşılıklı bilgi ve tavsiye paylaşımında bulunduk. Ben fikrimin

daha yazısının bitmeden gerçeğe dönüştüğünü görmenin mutluluğunun üstüne, böyle harika bir iş yapan değerli bir insanın bu güzel projesinde önerilerde bulunarak az da olsa bir katkımın olmasının onurunu yaşadım. Kendisinin yaptığı bu harika projelere, başta *Anormalocaris canadensis*'ten bahsettiğim kısım olmak üzere kitabımda yer vereceğim. Sonuçta bu kitap bir mühendisin gözünden paleontoloji ve biyolojiyi anlatmayı amaç edinen bir kitap olacağı için, uzaktan bilim kurgu gibi görünen ama aslında saf gerçekler üzerinde duran farklı bir kitap projesini okurken umarım canınız sıkılmaz ve bu kitap farklı konular hakkında sizi aydınlatmanın ötesinde merak duygunuzu daha yoğun hale getirir. Şu an düşünüyorum da ne güzel bir tanım, uzaktan bilim kurgu gibi görünen saf gerçekler… Hayatım boyunca beni en çok büyüleyen şeylerin özeti olmuş bir cümle.

Bu noktaya gelmemiz aslında iyi oldu, çünkü size önemli bir noktayı örnekler ile açıklamam gerekiyor. Oyun programlama ile uğraşmaya başlamamdan itibaren, bir oyun karakterinin kişilik analizi ve karakterle ilgili veriler yeterliyse onun bu verilerinden faydalanan, sinir sistemindeki öğrenme yöntemini taklit eden bir sohbet botunun, o karakterin kişiliğini kopyalayabileceğini ve konuşmanın gerçek bir insanla yapılan konuşmadan pek farklı olmayacağını öne sürmüştüm. Bunla ilgili birkaç deneme ve OpenAI GPT-3 algoritmasında son deneyimi yapabilmem uzun zaman almıştı ama bu fikir çoğu arkadaşıma saçma gelmişti. Bu yazıyı yazdığımda, yani o deneyleri yaptıktan 2 yıl sonra "character.ai" gibi siteler bu fikrin ilk versiyonunu çoktan herkese açık bir şekilde kullanıma sunmuş durumdaydı. Bu bahsettiğim durumu, 2000'lerin başındaki umut dolu çocuk halim olmayacak bir hayalmiş gibi düşlerdi. Düşünün lütfen, bundan 50 yıl evvel, günümüzde gündelik hayatta elimizin altındaki bir cihazla derin sulardaki mürekkep balıklarının arasında Sümer kalıntılarını keşfettiğimizi, zarif anatomik mavi bir tilki bayan ve arkadaşları ile yan yana uzay görevleri yaptığımızı söylesem veya küplerden oluşan bir dünyada kendi medeniyetimi inşa ettiğimi söylesem muhtemelen bana deli derlerdi ama biz günümüzde buna "video oyunu" sektörü ve sanatı diye hitap ediyoruz. Bu örnekleri size veriyorum, çünkü yazıda, gelişen teknoloji ile eskiden imkânsız gelen bazı işlerden ve çalışmalardan bahsedeceğim. Okurken açıklamalarıma ve kaynaklara bakmadan ön yargıyla yaklaşmamanızı rica ediyorum. Her konuyu olabildiğince açıklamaya ve bahsettiğim çalışmaları kaynakları ile size sunmaya özen göstereceğim.

Daha önceden belirttiğim "bilim kurgu gibi görünen saf gerçekler" tanımına hitaben, kitabımın adının ünlü bir bilimkurgu eserine benzemesinin bir nedeni var. Beni bilimsel keşiflerde en çok şaşırtan şeylerden biri, Satürn gezegeninin en büyük uydusu Titan'ın yüzeylerinde göller ve nehirlerin olması ki bu göller su değil metan bileşiği temellidir. Bir diğer şey ise bundan 505 milyon yıl önce yaşayan, tanıdık göründüğü kadar sanki başka gezegenden gelmiş gibi görünen muazzam hayvanların fosilleri olmuştu. Bilim, bize inanılmaz şeyleri keşfetme imkânı veren ve bunlar üzerine tutarlı bir şekilde beyin fırtınası yapmamıza yarayan muazzam bir başarı. Tahmin edeceğiniz gibi, kitabımın isminde geçen kambriyen dönemi, jeolojik olarak 505 milyon yıl önceyi de içine alan bir dönem ve kitapta örnek vererek açıkladığım türler genel olarak 505 milyon yıl önce yaşadılar. Kambriyen Park ismi, hem bu şaşırtan bilimkurgu gibi görünen ama saf gerçek olan türleri kapsamasından hem de daha önceden belirttiğim gibi bu türlerin fosil verileri ve biyoloji bilgileri yardımıyla gerçekçi modellerinin oluşturulması ve bunların simüle edilmiş bir akvaryuma koysak nasıl görünürdü gibi farklı ama gayet makul bir beyin fırtınasından güç alıyor. Dediğim gibi, bu kitap paleontoloji konularına bir bilgisayar mühendisinin gözünden bakış…

Kitabım, okuyana biyoloji konusunda bir farkındalık ve doğa hakkında düşünmesini sağlayacak bir ilham verir diye umut ediyorum. Bu gezegende bir **Anomalocaris,** bir gün avlanmak için yüzdüğü kadim denizin derinliklerinde, her gün yanından geçen minik **Pikaia** ve altındaki kayalar üzerinde dolanan **Hallucigenia** ve **Wiwaxia** gibi canlılarla birlikte ani bir şekilde, muhtemelen aynı denizdeki bir süreçle alakalı gelen bir su altı toprak kayması hareketiyle hayatıa veda etti. Aradan geçen milyonlarca yılda, onların yüzdüğü sudaki ve bedenlerindeki karbon ile bir şekilde etkileşimde olan bizler, bu gezegende bizden önceki bu basit ama en az bizimki kadar gerçek yaşamı, sadece hayal ya da simüle eden minik insancıklar olarak, belki de gezegenimizin tarihinde ne kadar mütevazi bir tür olduğumuz gerçeğini, çocuklarımıza öğreteceğimiz ilk ders yapmalıyız ama bu benim fikrim. Sonuçta yaşam bir yolunu hep bulur. Gezegenin bu uzun tarihinde, orada metaforik olarak gülerek izleyen süngerlerin yanında bizim gezegendeki süremiz nedir ki? Önemli olan bilmek ve bir şeyler üretmek bana sorarsanız. Çok sevdiğim bir sözde dediği gibi:

"Madem bilmiyorsun, neden öğrenmiyorsun?
Madem biliyorsun, neden öğretmiyorsun?"
-Sümer Atasözü

Ön sözümü bitirirken teşekkür etmem gereken bazı kişileri burada anmam lazım. Öncelikle, bilim ve sanat ile kendini geliştirmiş ve meraklı olan bütün aile üyelerime buradan teşekkür ediyorum. Özellikle kitap yazma konusunda beni çok etkilemiş ve çok değerli dostum, akıl hocam ve dedem **Doğan Özgökçeler**'e çok teşekkür ediyorum. Onunla birlikte beni desteklemiş değerli dostlarım **Alp Karaoğuz** ve **Mert Yaşar**'a çok teşekkür ediyorum.

Daha evvelden belirttiğim gibi, bu fikir bu harika türleri modellemek üzerine başladı ve modelleme işini daha çok oyun programlama üzerine yaptığım çalışmalarda kullandım. Bu yüzden bana oyun programlama ve tasarımı konusunda ilham vermiş ve bu konudaki manevi akıl hocalarım olarak tanımlayabileceğim **Takaya Imamura** ve **Shigeru Miyamoto**'ya teşekkür ediyorum. Kendilerinin bu sektöre ve benim gibi tutkulu, hayalleri olan bir kişinin hayatına çok katkıları oldu. Hatta bazı yapımları ile hayata tutunmamı sağladılar.

Ayrıca bu kitabın konusu olan Kambriyen Dönemi hakkında çok kapsamlı araştırmalar ve akademik çalışmalar yapmış, ömrünü bu kadim türlerin gizemini keşfetmeye adamış **Allison Daley** ve **Javier Ortega Hernández** gibi değerli bilim insanlarına çok teşekkür ederim.

Ön sözümü bitirirken son teşekkür etmem gereken sizlersiniz. Kitabımın ön sözünü buraya kadar okuduysanız size çok teşekkür ediyorum. Tahmin ettiğim gibi çoğu kişi ilk ana konulara girmek ister ve bu anlaşılabilir bir istek ama siz bu ön sözü okuyarak kitabın ana mantığını kavramış olarak ve meraklı ama geveze yazarının fikirlerini anlayarak yolunuza devam edeceksiniz. Size teşekkür ediyor ve kitabımın size faydalı olmasını umut ediyorum.

TEMEL BİYOLOJİ

I
CANLI NEDİR?

Bu kısmı gördüğünüzde gereksizmiş gibi görünebilir ama aslında değil. Biyoloji konusunda ilerlemeden önce kendinize canlı ile cansız arasındaki farkı sormalısınız ve bunu bilimsel olarak açıklamalısınız. Biraz düşünelim... Hücre temelli olmayıp sonradan bir hücrenin içine giren bir organizma, yani virüsler canlı olarak kabul edilebilir mi ya da ortaya çıkan, büyüyen ve oksijen ile teması kesilen bir alev niye canlı değildir? Bir başka gezegende bir canlı keşfedersek onun canlı olduğundan nasıl emin olabiliriz? Cansız moleküller ne noktada canlı bir molekül yığını olarak tanımlanabilecek duruma geldi? Görebildiğiniz gibi üzerine düşünmemiz gereken bir konu. Bu konu üzerine düşünmeyi, ilerleyen kısımlarda yapacağınız beyin fırtınaları için bir hazırlık olarak düşünebilirsiniz.

Canlı ya da **organizma**, **biyoloji ve ekolojide fonksiyonlarını yaşama mümkün olduğunca uyum sağlayarak sürdüren basit yapı moleküllerinin veya karmaşık organ sistemlerinin bir araya gelmesiyle oluşan varlıklar için kullanılan bir kavramdır.** [1]

Canlıların canlı olduğunu tanımlamak için sizce ne gibi tanımlar olmalı? Bunun cevabı için muhtemelen aklınızda bazı kriterler oluşmuştur diye düşünüyorum. Bilim insanları, ortak bir karara göre, **çevreye uyum sağlama**, **üreme** ve **kalıtım** gibi ortak özelliklere sahip doğal varlıkları "**canlı**" olarak kabul eder. Aşağıdaki kısımda bu özelliklerin tamamını liste şeklinde göstereceğim. [1][2][3]

Canlıların ortak özellikleri: [1][2][3]

1) Hücresel yapı
2) Metabolizma
3) Homeostazi (iç denge)
4) Beslenme
5) Solunum
6) Sindirim
7) Boşaltım
8) Dolaşım
9) Büyüme ve Gelişme
10) Çoğalma (Üreme)
11) Hareket
12) Çevresel uyarılara tepki
13) Ölüm

Bu saydıklarımızın üzerine biraz düşünelim lütfen. Çünkü bazılarının ilk seferde size ne anlam ifade ettiğinden emin olamayabilirsiniz. **Öncelikle bir canlının en küçük canlı yapısı hücredir**. Bu kısmı hücre konusunda daha kapsamlı işleyeceğiz ama yukarıda sayılanların hepsi en azından hücresel düzeyde gerçekleşiyorsa o tür bunu yapıyor olarak kabul edilebilir. Bazı türlerde tek bir hücre varken bizim gibi *Homo sapiens* yani Modern İnsan gibi türlerde çok hücreli daha kompleks yapılar görünebilir. Hem çok hücreli yapılarda hem de tek hücreli yapıda canlının kendi enzimleri ve hücresel hareketleri vasıtasıyla bir **metabolizması** vardır. Bu metabolizmanın işleyebilmesi için hem hücrenin hem de hücrelerden oluşan organizmanın bu bahsi geçen yapıları dengede tutması yani **homeostazi** durumu gerekecektir. Ve canlılığın sürdürülebilmesi için enerji ve enerjiyi işlemek gerekecektir. Hücrelerin besin alması ve onu işleyebilmesi için de reaksiyon için gerekli molekül değişimi yapması gerekir. Bu süreçler **beslenme**, **solunum**, **sindirim**, **boşaltım** ve **dolaşım** yani gereken şeylerin hücre içine taşınıp gerekenlerin gerektiği yerlere yönlendirilmesi en azından hücre düzeyinde gerçekleşmesi gereklidir. Çok hücreli kompleks sitemlerde de, bunları hücrelerin yapmasını sağlayacak ekstra sistemlere ihtiyaç duyulur. Bir canlı, eğer kendi DNA veya RNA yapılarını aktarıp çoğalamıyorsa canlı olamaz zaten. Bu olay olmasa ilerleyen konularda bahsedeceğimiz hiçbir durum geçerli olamazdı. Bir canlı,

hücresel olarak ve bağlantılı olarak çok hücreli ise bütün organizma **çoğalma**, **büyüme** ve **hareket** gerçekleştirmelidir. Bunları yapamayacak duruma gelirse, yani canlılık denen reaksiyon sürdürülemez ise, kaçınılmaz olarak o organizma için **ölüm** gerçekleşmiş demektir.

Umarım bir varlığın canlı olarak kabul edilmesi için gereken kriterler ve bu kriterlerin ne anlama geldiği hakkında kafanızda bir fikir oluşmuştur. Peki, sadece yaşayanları ile 1 milyonu geçtiği bilinen ve her gün yenisi keşfedilen canlıları sınıflandırmak mümkün mü? Mümkünse neye göre? Bu soruların cevabını, ileriki ve çok önemli bir konu olan taksonomiye, yani canlıların sınıflandırılması ve birbiri ile olan akrabalıklarını gözlemleyen bilim dalına değindiğimiz zaman daha ayrıntılı bir şekilde anlayacaksınız. Şimdi, bu kısma kadar okuduysanız ve bahsedilen konuları kendiniz de araştırdıysanız öbür kısma geçmeden evvel, kendinize şu soruyu sormanızı istiyorum:

"Canlıları en az grupta toplamayı amaçlasak ve birbirleri ile olan akrabalıklarını en rahat şekilde incelemek istesek kaç grup olurdu?"

II
TAKSONOMİ VE GERÇEK TÜR TANIMI

Öncelikle, daha önceki konuda yaptığınız beyin fırtınasına dönelim. Yaşadığınız gezegendeki yaşamı ne kadar iyi biliyorsunuz? Bir canlıyı neye göre sınıflarız? Taksonomi bilimi, bir türün genetik yapısı ve diğer türlerle olan sayıca çok benzerliklerine göre çeşitli klasör benzeri grup altında toplar. Bu toplanan klasörlerin alt ve üst klasörleri olabilir, mesela hücresel yapılara göre üst ve alt gruplar olabilir ama ana konudan sapmamak için ve aklınız karışmasın diye daha çok ana gruplarına ağırlık vereceğim. Mesela bir canlıyı sınıflarken en üst tanım **âlemler** ya da **kingdoms** ile açıklanır ama bazı özel durumlarda, hücresel durumlarını da açıklayabilmek için daha sonraları hücre konusunda işleyeceğimiz üst âlem gibi bir tanım yapılabilir. Dediğim gibi bu üst ya da alt kısma fazla değinmeyeceğim.

Eğer **taksonomi** biliminin anlamını size daha iyi açıklarsak aklınızda daha iyi oturabilir. Şöyle düşünün: Yaşadığımız gezegende birçok **canlı** vardır ve bilim insanlarının bunların her birini tek tek incelemesi mümkün değildir. Bu yüzden canlılar sınıflara ayrılır. **Canlıların belirli özellikleri göz önüne alınarak yapılan gruplandırmaya taksonomi (sınıflandırma) veya biyosistematik denir. Sınıflandırmayı inceleyen bilim dalına sistematik (taksonomi) denir.** [4][5]

Taksonomi'de gerçekten çok kapsamlı gruplar bulunmaktadır ancak bunlardan en sık kullanılanları, genişten sınırlıya doğru olmak üzere şöyle sıralanır: [4][5]

Alan (Domain)
Âlem (Regnum/Kingdom)
Şube/Filum (Phylum)
Sınıf (Class)
Takım (Order)
Aile/Familya (Family)
Cins (Genus)
Tür (Species)

Bu gruplarda, **yukarıdan aşağı indikçe türler arası benzerlik ve genetik akrabalık artar**. Aynı zamanda, **yukarıdan aşağı indikçe birey sayısı azalır.**

Bu noktadan ilerlemeden önce şunu da belirtmek isterim: Çoğu tür olarak düşündüğünüz şey aslında tür değildir. Mesela kuş bir tür değildir. **Kuşlar** ya da **Aves** bir **Sınıf**'tır. Bu sınıf, tüylü teropod dinozorlardır ve yaşayan tek dinozor grubunu oluştururlar. Ayrıca yaşayan en yakın akrabaları, başka bir Sınıf üyesi timsahlardır. İlk olarak 160 milyon yıl önce Çin'de ortaya çıkan ve aralarında **Archaeopteryx**'in de bulunduğu ilkel uçucuların soyundan gelmektedirler. Bir kuş türünden bahsetmek istesek yaşayan en zeki hayvanlardan olan **Corvidae** (**Kargagiller**) **Aile**'si üyesi Yaygın Kuzgun yani *Corvus Corax* **Tür**'e örnek verilebilir.[6][7][8]



Sanırım bu örnek, hem biyoloji hem de taksonomi hakkında bir fikir vermiştir. Halk arasında kargalar bir **Tür** gibi bahsedilse de aslında bilinen 64 **Tür** için kullanılan bir genel tanımdır. Bu arada belirtmeliyim ki, bu bahsi geçen türlerin bazıları tartışmalı ve 17 kadarı nesli tükenmiş fosil kayıtları olan türlerdir.[9]

Şimdi aklınıza başka bir soru takılmış olabilir: Neden Yaygın Kuzgun yerine *Corvus Corax* ismini de kullanıyorum? İlk isim Türkçe'de kullanılsa da gezegen çapında farklı isimler kullanılabilir ve bu

tür üzerine konuşurken ya da araştırma yaparken zorluklara neden olabilir. Bu yüzden, bütün gezegende araştırmacıların o türe ortak bir isimle seslenmesi, karışıklıkların önüne geçecek bir çözüm olarak da ortaya çıktı. Bu bilim dalının ilk örneklerinden dolayı günümüzde bütün türlerin bir Latince adı vardır**.** Bunu, hayatınızda hiç görmediğiniz bir canlı hakkında onca bilgiyi ezberlemeden sadece taksonomi bilgisi kullanarak çıkarımda bulunmanıza ve ilerleyen konulardaki türleri daha rahat anlamanıza yardımcı olacak bir kısa yol olarak da düşünebilirsiniz. Hemen örnek olsun diye Google üzerinden *Corvus Corax* ya da **Yaygın Kuzgun** aramasından elde edebileceğimiz çıkarımlara bakalım:

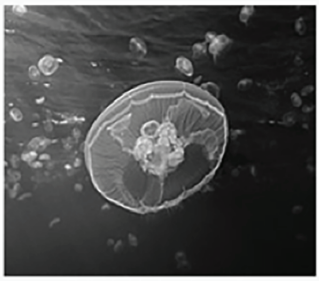
Gördüğünüz gibi, bu bilgileri de bazı uç türlerle kıyaslayarak hangi türle daha yakın akraba olduğunu ya da ait olduğu gruplardaki diğer türlerle kıyaslayarak ne gibi özellikleri olduğunu bilebiliriz. Mesela bu bilgiler yardımıyla onun **Hayvanlar Alemi** üyelerinin genel özelliklerine sahip olduğunu, çok hücreli ve ökaryot hücre yapısına sahip olduğunu, **Kordalı Şube**'si sayesinde bir **Kordalı,** yani vücudunun ortasından balıklar, amfibiler, sürüngenler ve memelilerde olduğu gibi merkezi bir sinir ağı geçtiğini, en eski ortak atasının potansiyel olarak 505 milyon yıl önce yaşamış ve bilinen en eski Kordalı olan ***Pikaia gracilens*** olduğunu, diğer bilgiler yardımıyla bulunduğu **Aves Sınıf**'ı sayesinde kuş olduğunu ve kuşların genel kalp ve akciğer yapısına sahip oluğunu bulabiliriz. **Cins** ve **Aile** özellikleri sayesinde bulunduğu sınıf için, hatta hayvanlar âlemi için ortalama üstü bir akıl düzeyine sahip bir tür ile karşı karşıya olduğumuz çıkarımında bulunmamız da mantıklı olur. Dediğim gibi, bu türü araştırmadım. Sadece bu gruplar ve ileride göstereceğim bazı temel biyoloji bilgileri ile bu çıkarımda bulundum ve daha sonra internette çıkarımlarımı araştırdım. Hepsi de akademik makalelerle desteklenecek şekilde doğruydu. Lütfen siz de araştırıp çıkarımlarımın doğru olup olmadığını gözlemleyin.

Bu arada yukarda en eski Kordalı türünden bahsettim ama bu konunun sonunda daha ayrıntılı bahsedeceğim. Şimdi size bir başka beyin fırtınası yaptırmak istiyorum. Aşağıdaki türlerden hangisinin Yaygın Kuzgun yani *Corvus Corax* ile yakın akraba olduğunu bilebilir misiniz?

Yukarıda Wikipedia üzerinde alınan taksonomi bilgisini gördünüz. Bu bilgileri kendiniz de araştırabilirsiniz ve kaynaklar kısmındaki kaynakları siz de inceleyebilirsiniz. Hatta lütfen inceleyin, çünkü genelde bir konu üzerine düşünülmesi ve araştırılması o şeyi kavramak için çok gereklidir. Bu yüzden soruyu kıyaslayacağımız 2 tür üzerine beyin fırtınası yapmadan evvel kısa bir

tekrar yapalım. **Canlıların belirli özellikleri göz önüne alınarak yapılan gruplandırmaya taksonomi (sınıflandırma) veya biyosistematik denir. Sınıflandırmayı inceleyen bilim dalına sistematik (taksonomi) denir.** Bu gruplarda **yukardan aşağı indikçe türler arası benzerlik ve genetik akrabalık artar**. Aynı zamanda **yukarıdan aşağı indikçe birey sayısı azalır.** Bu noktaya kadar her şeyin tamam olduğunu düşünüyorsak yukarıda bahsettiğimiz *Corvus Corax* ya da **Yaygın Kuzgun** türüyle, şimdi göstereceğim 2 farklı **Hayvanlar Alemi** üyesini, bu verdiğimiz bilgilere göre kıyaslamanızı ve çıkarımlarda bulunmanızı istiyorum. Şimdi, bu göreceğiniz türlerden hangisi ile daha yakın akraba olduğu üzerine fikirde bulunup ondan sonra okumaya devam edin lütfen. Bu gibi beyin fırtınalarını yapmanızı ve devam etmeden önce biraz ara verip üzerine düşünmenizi rica ediyorum. Bu noktada hata yaparsanız lütfen üzülmeyin, devamında açıklamayı yukarıda olduğu gibi yapacağım. Önemli olan bu aşamada üzerine düşünmeniz. Bu biraz uzattığım açıklama aklınızda bir soru işareti bırakmadıysa devam edebiliriz.

Aurelia aurita

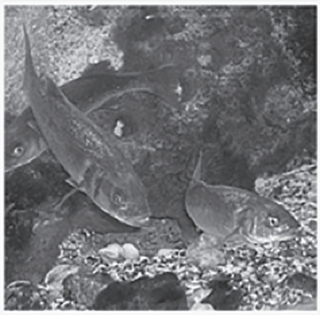


Yetişkin bir *Aurelia aurita*

Bilimsel sınıflandırma

Âlem:	Animalia
Alt âlem:	Eumetazoa
Şube:	Cnidaria
Alt şube:	Medusozoa
Sınıf:	Scyphozoa
Takım:	Semaeostomeae
Familya:	Ulmaridae
Cins:	***Aurelia***
Tür:	***A. aurita*** Linnaeus, 1758

Avrupa Deniz Levreği



Bilimsel sınıflandırma

Âlem:	Animalia
Şube:	Chordata
Alt şube:	Vertebrata
Sınıf:	Actinopterygii (Işınsal yüzgeçliler)
Takım:	Perciformes
Familya:	Moronidae
Cins:	***Dicentrarchus***
Tür:	***labrax***

İkili adlandırma

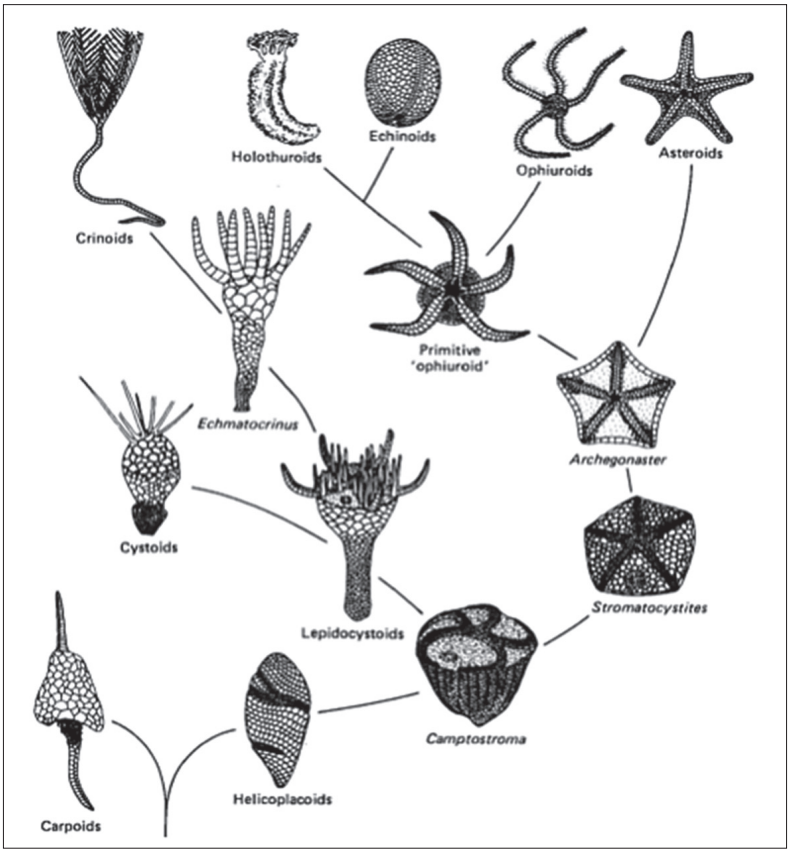
Dicentrarchus labrax Linnaeus, 1758

Aurelia aurita veya **Ay Denizanası** mı? **Avrupa Deniz Levreği** yani ***Dicentrarchus labrax*** mı? Bu bahsi geçen 3 türün de hayvan olduğunu, **Animalia (Hayvanlar) Âlemi** üzerinden çıkarımda bulunmuşsunuzdur ama **Avrupa deniz levreği** yani ***Dicentrarchus labrax*** türünün, **Yaygın Kuzgun** yani ***Corvus Corax*** türü ile görece daha yakın akraba olduğunu, hem ilerleyen kısımlarda göreceğimiz sistemlerdeki yapısal benzerlikler ve genetik yapı ile hem de onlarla bağlantılı taksonomik sınıflandırma ile görebiliyoruz. [13]

Şimdi bu noktada, çocukluğumdan beri bana çok ilginç gelen canlılar üzerinden size taksonomi konusunu biraz daha ayrıntılı anlatacağım. Bay Carl Sagan'ın dediği gibi, bizler karada yaşasak da bu gezegenin mavi nokta olmasının bir nedeni vardır. Gezegenimizin çoğu denizler ve okyanuslar ile kaplıdır. Benim çocukluğum denizleri keşfederek oradaki farklı canlıları gözlemlediğim güzel anılarımla doludur. Doğa hakkında kendi çapımdaki keşiflerim, genelde hep bu ıslak dünyanın kıyısında olmuştur ama kıyılarda beni hep şaşırtan canlılar deniz yıldızları olmuştur. Bu muazzam canlıları belki siz de görmüşsünüzdür. Belki kurutulmuş bir ceset ya da akvaryumda dolaşan kanlı canlı harika türü gözlemlemişsinizdir. Bu canlıları hiç elinize aldınız mı bilmiyorum ama ben onların elimin üzerinde yürümelerine ve kumlarda kendilerini hareket ettirmelerine her zaman hayran bir şekilde bakmıştım. O uzuvlarının altındaki minik ayakları ile besin parçalarını ağızlarına götürmelerine hayran kalmamak benim için çok zordu. Peki başka deniz canlıları ile bu arkadaşların bir bağlantısı var mı ya da yılan yıldızı gibi türlerin başroldeki bu arkadaşlara neden bu kadar benzediğini hiç düşündünüz mü? Ya da yılan yıldızı gibi türleri hiç duydunuz mu? Taksonomi aynı zamanda evrim ile yakın ilişkidedir. Peki bu denizin parlak yıldızlarının soy ağacı sizce nedir? Kumsalda yürürken ayağınızın dibinde görünce hayran kaldığınız ama bazılarınızın eline almaktan korktuğu bu türün aslında çok büyüleyici bir hikayesi var ve bu hikaye çeşitli genetik ve fosil tabanlı verilerle kanıtlanan harika bir örnek. Umarım bu, size konuyu daha iyi kavranmanıza yardımcı olacaktır.

Şimdi bu noktada, taksonomik sınıflandırma ile evrimin belli bir alakası olduğunu fark etmişsinizdir. Evrim genetik ile alakası olan çeşitli mesleklerde kullanılan bir olgu olsa da bunu ayrı bir konumuzda işleyeceğiz. Bu konu daha kapsamlı işlenmeyi hak etse de taksonomi ile alakalı kısma şimdilik odaklanacağım:

Burada, **Derisi dikenliler** ya da **Echinodermata** şubesi üyelerinin fosil ve günümüzdeki yaşayan türlerin anatomileriyle genetik yapılarını temel alarak oluşturulmuş bir şema yer alıyor. "Echinodermata fossils" ile internette arama yapmanızı öneririm. Bu şube, evrim özellikle ilgimi çektiği için daima eğitimlerimde kullandığım bir şube olmuştur. Öncelikle **Derisi dikenliler** ya da **Echinodermata**, su hayvanlarının bir kolu olan ve okyanusun tüm derinliklerinde bulunan omurgasız hayvanlar şubesidir.

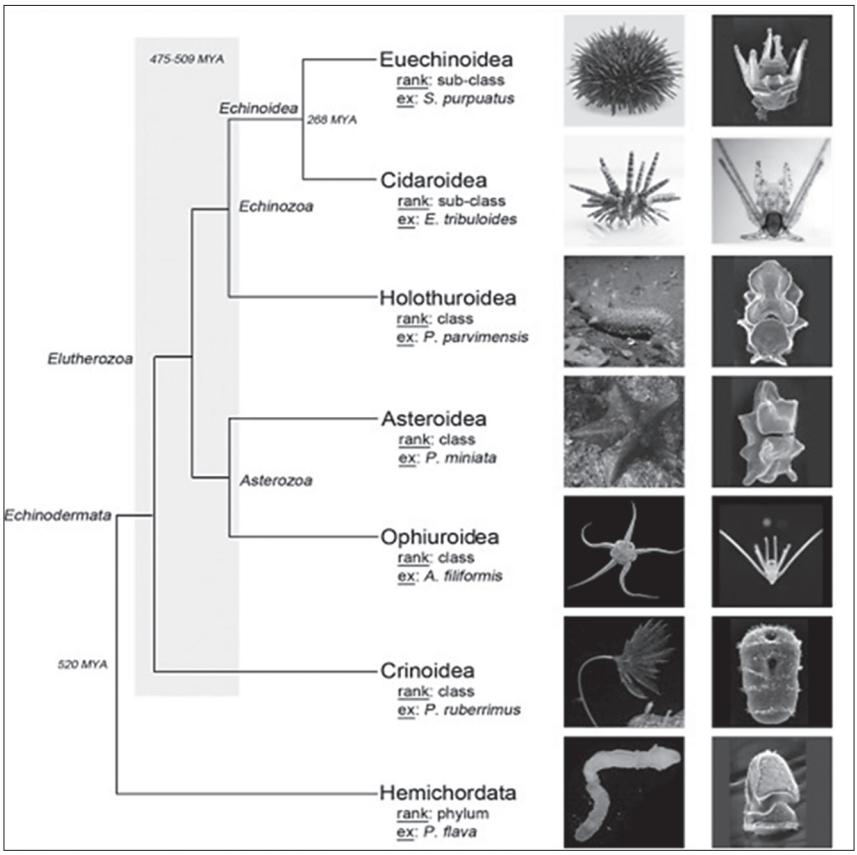


Şekil 1: "Derisi dikenliler" ya da "Echinodermata" şubesi soy ağacı örneği

Sürünerek hareket ederler. Vücutlarının alt kısmında tüp ayak denilen yapılar bulunur. Tüp ayaklar, vakum etkisiyle yüzeye yapışıp vücudu çekerek hareket sağlar. Aynı zamanda tüp ayaklar beslenme ve boşaltımda görevlidir.

Tamamı denizlerde dağılım göstermektedir. Acı sularda rastlansa da tamamen tatlı suda yaşayan hiçbir temsilcisi yoktur.[10]

Kalker plakçılardan oluşan iç iskelete sahiptirler. Başsız ve segmentsizdirler. Larvalarına pluteus denir. Dolaşım sistemleri bu sınıfa özgü ambulakral sistemdir. Bu şubenin ataları **542 milyon yıl önce ortaya çıkmıştır, bugün yaklaşık 7.000 türü bulunmaktadır ve yaklaşık 13.000 türü yok olmuştur**. [10][11][12]



Şekil 2: Günümüzde yaşayan echinodermata şubesi altındaki sınıflar ve onlara ait tür örnekleri. Bu örneklerin yetişkin ve larva halleri gösteriliyor. [12]

Yani tahmin edebileceğiniz gibi **13.000** tür, aynı zamanda bir bu kadar takip edilebilecek ve küçük evrimsel yapıları gözlemleyebileceğimiz örnek

KAMBRİYEN AKVARYUMU

Her şey, nesli tükenmiş bir türün dijital ve mekanik kopyalarını üretme fikrinden ve biyolojinin büyüleyici dünyasını anlaşılır kılma arzusundan çok daha önce başladı… Kambriyen Dönemi ile. Kimilerinin hâlâ yanlış bildiği, kimilerinin hiç duymadığı, bilenlerin ise hayranlıkla araştırdığı bu dönem; gezegen tarihinin en ilginç, en sarsıcı evrelerinden biridir. Henüz karada yaşam yokken, denizlerin derinliklerinde ortaya çıkan bu kadim dünya; milyonlarca yıl sonrasına uzanacak bir çeşitliliğin, karmaşıklığın ve yaratıcılığın ilk işaretlerini taşıyordu. Yabancı olduğu kadar tanıdık, ürkütücü olduğu kadar büyüleyici bir dönemdi Kambriyen.

Bu kitapta ister biyolojiye meraklı olun ister bu alanda hiçbir bilginiz olmadığını düşünüyor olun, okuma sürecinin sonunda hem temel biyoloji kavramlarına hâkim olacak hem de oyun yapımı ve mühendislik bakış açısına sahip Doğancan Özgökçeler'in gözünden sıra dışı yaşam formlarını ayrıntılı biçimde keşfedeceksiniz.

Ezberlenmesi zor ve soğuk bir disiplin olarak görülen biyolojinin aslında ne kadar canlı, sorgulayıcı ve ilham verici olabileceğini göstermek amacıyla kaleme alınan bu kitap; oyun programlayan, mühendis kimliğine sahip bir öğretmenin derslerinden, araştırmalarından ve disiplinlerarası düşünme pratiğinden besleniyor. Farklı kaynaklar ve bakış açılarıyla şekillenen bu anlatı, okuyucuyu yalnızca bilgiyle değil, merakla ve hayal gücüyle de buluşturmayı amaçlıyor.

tilkikitap.com

KDV muafiyeti uygulanmıştır.

9 786255 779830