

**TÜRKİYE PALEOVEJETASYONUNUN JEOLJİK
ZAMAN İÇERİSİNDEKİ DEĞİŞİMİ VE
BİYOÇEŞİTLİLİK**

**CHANGE OF PALAEOVEGETATION WITHIN THE
GEOLOGICAL TIME AND BIODIVERSITY IN TÜRKİYE**

Funda AKGÜN
Mine Sezgül KAYSERİ ÖZER

TÜRKİYE PALEOVEJETASYONUNUN JEOLJİK ZAMAN İÇERİSİNDEKİ DEĞİŞİMİ VE BİYOÇEŞİTLİLİK

Funda AKGÜN
Dokuz Eylül Üniversitesi

Mine Sezgül KAYSERİ ÖZER
Dokuz Eylül Üniversitesi

Özet

Paleobotanik ve paleopalinolojik çalışmalar 4,5 milyar yıllık Dünya jeolojik tarihinde ilk damarlı karasal bitkilerin Geç Ordovisiyen-Siluriyen'de ortaya çıkışından Neojen'e değin bilgi içermektedir. Bu zaman aralığında Anadolu'da bitkisel yaşamın makro ve mikroflora olarak bıraktığı izler ve ekolojik tepkileri, yayınlanmış çalışmalar temel alınarak, çok öz olarak paylaşılmıştır. Jeolojik zaman ölçeği içinde başta iklim olmak üzere, ekolojik koşulların değişiminde ve denetiminde önemli görev üstlenen kıta hareketleri, jeomorfoloji, deniz ve kara etkisi-bakışı, deniz düzeyi değişimleri, atmosferik oksijen ve karbondioksit konsantrasyonu, sıcaklık değişimleri gibi konulara yer verilmiştir. Böylece, bitkisel anlamda biyoçeşitliliğin geçmişe verdiği tepkiler ve doğal olarak evrimine bir yaklaşım yapılmaya çalışılmıştır. Anadolu'da paleobotanik ve paleopalinolojik anlamdaki en yaşlı veriler, Toroslar ve Arap Platformundaki eofitik/paleofitik floralı Erken Devoniyen-Erken Karbonifer, Zonguldak-Amasra'da Alt-Orta Karbonifer (Örameriyen floralı), Kastamonu-Çamdağ Erken-Geç Permiyen ile Diyarbakır-Hazro'da Geç Karbonifer (Kuzey Atlantik) -Orta-Geç Permiyen'e (Gondwana floralı) ait Anagariyen tipte floralardır. Pontidler ve Toroslarda pek çok noktada palinolojik olarak incelenen Triyas-Jurasik çökelleri, Mezofitik floralı (gymnospermlerin-conifer, cycad-egemen olduğu ve yeni tohumlu bitkilerin eklendiği-Pteridospermatophyta) bitki örtüsünü yansıtmaktadır. Triyas boyunca artan kuraklık etkisinde, ılık-kurak ve nemli-ılık periyodların uzun kuraklıklarla kesildiği koşullar altında bu flora varlığını sürdürmüş olmalıdır. Nallıhan ve Cihanbeyli-Yeniceoba havzasından tanımlanan Geç Kretase-Paleosen ve GD Anadolu'dan Geç kretase floraları çeşitli angiospermlerin (Normapolles, Postnormapolles, Juglandales, Myricales gibi), birkaç gymnospermin (*Pinus*, *Cedripites*, Taxodiaceae ve Araucariaceae) ve egemen olarak sucül eğreltilerin katıldığı bir özellik sunmaktadır. Bu bölge paleocoğrafik olarak, Kretase devrinde Gondwana kara kütesine yakın konumlu olmalıdır.

Anahtar Kelimeler

Paleovejetasyon, Paleopalinoloji, Paleobiyoçeşitlilik, Paleocoğrafya, Paleoklimsel değişim

CHANGE OF PALAEOVEGETATION WITHIN THE GEOLOGICAL TIME AND BIODIVERSITY IN TÜRKİYE

Funda AKGÜN
Dokuz Eylül University

Mine Sezgül KAYSERİ ÖZER
Dokuz Eylül University

Abstract

Paleobotanical and paleopalynological studies contain information from the appearance of the first vascular terrestrial plants in the Late Ordovician-Silurian to the Neogene in 4.5 billion years of Earth geological history. In this period based on published studies., the traces of plant life in Anatolia as macro and microflora and their ecological responses have been shared very concisely. In the geological time scale, issues such as continental movements, geomorphology, sea and land effect-view, sea level changes, atmospheric oxygen and carbon dioxide concentration, temperature changes, which play an important role in the change and control of ecological conditions, especially climate are included. Thus, an approach has been tried to be made on the reactions of biodiversity in the vegetative sense to the past and its evolution naturally. The oldest paleobotanical and paleopalynological data in Anatolia belong to the Early Devonian-Early Carboniferous with eophytic/paleophytic flora in the Taurus Mountains and Arabian Platform, Lower-Middle Carboniferous (with Euramirc flora) in Zonguldak-Amasra, Kastamonu-Çamdağ Early-Late Permian and Diyarbakır-Hazro Late Carboniferous (North Atlantic), Middle-Late Permian (with Gondwana flora) of the Anagarian type floras. The Triassic-Jurassic deposits, investigated palynologically at many points in the Pontides and Taurus Mountains, reflect vegetation with Mesophytic flora (gymnosperms-conifer, cycad-dominated and new seed plants added-Pteridospermatophyta). Under the influence of increasing drought during the Triassic, this flora must have survived under conditions where warm-dry and humid-warm periods were interrupted by long droughts. The Late Cretaceous-Paleocene from the Nallıhan and Cihanbeyli-Yeniceoba basins and the Late Cretaceous flora from SE Anatolia identified include various angiosperms (such as Normapolles, Postnormapolles, Juglandales, Myricales ect.), a few gymnosperms (*Pinus*, *Cedripites*, Taxodiaceae and Araucariaceae) and dominance of the aquatic species. Paleogeographically, this region must have been located close to the Gondwana landmass in the Cretaceous.

Keywords

Palaeovegetation, Paleopalynology, Paleobiodiversity, Palaeogeography, Palaeoclimatic change,

1. Giriş

Bitki örtüsü, Dünya'nın jeolojik tarihi boyunca, Dünya biyosferinin, atmosferinin ve karasal alanının evrimini anlamada merkezi bir rol oynamıştır (örğ. Willis & Mc Elwain, 2013; Wellman & Gray, 2000). Artan kamuoyu bilinci, başta karbon yakalama dahil olmak üzere, bitki örtüsü tarafından sağlanan önemli ekosistem hizmetleri tüm karasal trofik sistemlerin temellerini sağlayarak, iklim değişikliğini hafifletmek ve insanlığa psikolojik faydalar sağlayarak, Dünya'da ve Anadolu'da günümüz bitki çeşitliliği ve ekolojisini anlamak için itici güç oluşturmaktadır. Ancak bu, 500 milyon yıllık “Derin Jeolojik Zaman” sürecinde, bazı yollarla gerçekleşen sürekli ekolojik ve evrimsel olayların önemini doğru bir şekilde takdir etmek ve potansiyel sonuçlarını (biyoçeşitlilik krizi “6. kitlesel yok oluş”) tahmin etmek için bitki örtüsü evriminin tarihini anlamamız çok önemlidir (Antonelli vd., 2020).

Paleobotani ve palinoloji, son 400 milyon yıldaki (Devoniyen'den Kuvaterner'e) bitki çeşitliliği dinamiklerini (bitkisel biyoçeşitliliği) ve paleoiklimi (örğ. kısmen yükselmiş CO₂ ve küresel ortalama yüzey karasal sıcaklığındaki değişimler) incelemek için doğrudan kanıt kaynaklarıdır (Şekil 1 & 2) Makrofosil ve mikro palinolojik veriler, bitki çeşitliliğinin farklı yönlerine dair kanıtları ortaya çıkarma eğilimindedir ve en iyi sonuçlar, iki çeşitlilik sinyali ilişkilendirildiğinde elde edilir. Doğasında var olan zorluklara rağmen, bitki fosil kayıtları (Fosil bitkilerin jeolojik kayıtlarında zamansal çözünürlük, en iyi ihtimalle milyon yıllara kadar, on binlerce yıllık, ancak daha sıklıkla yüzbinlerce yıllık düzendedir), iklim değişiklikleri ve kitlesel yok oluşlar gibi önemli süreçlerin etkileri de dahil olmak üzere, jeolojik zamanlar boyunca bitki örtüsünün dinamik geçmişine dair açık kanıtlar sunmaktadır (Cleal vd., 2021). Dünya, son 550 Milyon yıl boyunca, büyük sıcaklık ve atmosferik CO₂ dalgalanmalarını içeren büyük doğal iklim değişikliklerini yaşamıştır.

2. Metot

İklim, günümüzde olduğu gibi jeolojik zamanlarda da bir değişim içerisinde olmuştur. Eosen'den günümüze kadar olan zaman aralığı içinde, bu değişimden fazla ve çabuk etkilenen canlılar grubunu bitkiler oluşturmaktadır. Bitki topluluklarının yayılımları bu zaman boyunca değişmiş, bazı bitkiler yaşamlarını sürdüremezken bazıları ise çoğalarak devam etmiştir. “Yaşayan En Yakın Akriba” (Coexistence Approach) yöntemi ise bitkilerin günümüzde hangi sıcaklık ve yağış miktarı aralığında geliştiğinin temel alan bir yazılımdır (Utescher & Mosbrugger, 2003). Bu yazılım, paleoflora içerisindeki bitkilerin varlık ve yoklukları temel alınarak, sayısal iklimsel değerlendirmeler ve bu sayısal değerlere bağlı olarak paleoiklimsel modellemeler yapılabilmektedir. Bu program kullanılarak, Anadolu'ya ait Eosen'den Pleyistosen'e kadar olan süreçte tanımlanmış birçok palinofloranın sayısal iklimsel değerleri elde edilmiştir ve ayrıntılı sıcaklık ve yağış miktarına ait veri setleri yeni çalışmalar eklenerek genişletilmektedir (örn.

Akgün vd., 2007; Kayseri & Akgün, 2008; Kayseri-Özer, 2014, 2017). Program yardımıyla, yıllık ortalama sıcaklık değeri (MAT), en soğuk ay sıcaklık değeri (CMT), en sıcak ay sıcaklık değeri (WMT); yıllık ortalama yağış miktarı (MAP); en sıcak ay yağış miktarı (MPwarm), en kurak ay yağış miktarı (MPdry) ve en nemli ay yağış miktarı (MPwet) hesaplanabilmektedir. Hesaplanan bu sıcaklık değerleri, günümüzde olduğu gibi Anadolu'da kısa ve/veya uzak mesafelerde, topografya, bakı, güneşlenme süresi, litoloji, yükseltinin eğimi gibi coğrafik özelliklerine göre değişim göstermektedir. Bu değişim yersel iklim koşullarının oluşmasına neden olup, o coğrafya içerisinde gelişen bitki topluluğunda (vejetasyon) farklılaşmasına ve vejetasyon içerisindeki bitkilerin çeşitlenmesine neden olmaktadır (Akgün vd., 2007; Kayseri-Özer, 2014, 2017).

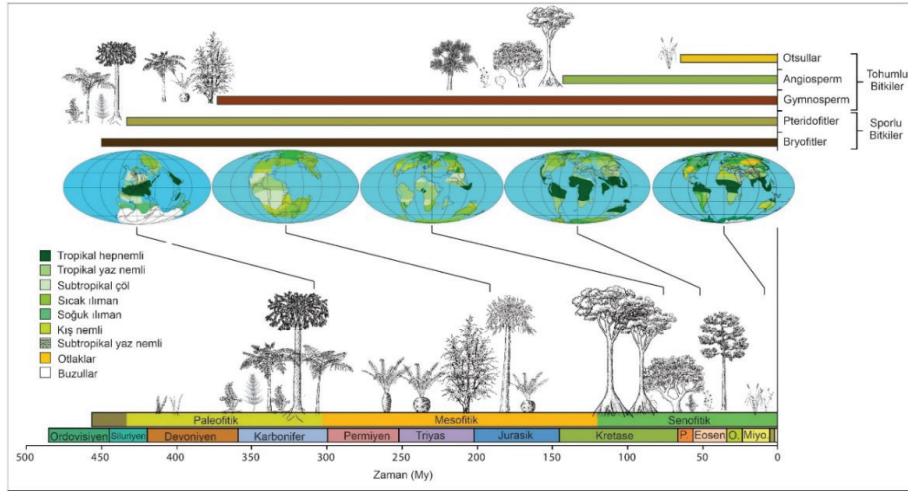
Anadolu'da kömürler, turbalar, bitümlü şeyller, organik maddece zengin ince taneli tortul kayalar (kıltaşı ve çamurtaşları) ve paleosollerden olmak üzere, Eosen'den Erken Pleyistosen'e birçok alan içerisinde tanımlanmış paleofloradan, yaklaşık 2500'e yakın örnek sayısal iklimsel değerlendirmede kullanılmıştır (örn. Akgün vd., 2008; Kayseri-Özer, 2014, 2017). Bu sayısal veriler ile birlikte paleoiklimsel değişim ve paleovejetasyonel değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirmeler gelecekte karşı karşıya kalabileceğimiz iklimsel ve atmosferik koşullar ile karşılaştırılarak, gelecekte canlı yaşamının değişen koşullara nasıl bir davranış içerisinde olabileceği konusunda yaklaşım yapılabilmesi mümkün olacaktır.

3. Jeolojik Zamanlara Ait Paleoiklimsel Değerlendirmeler

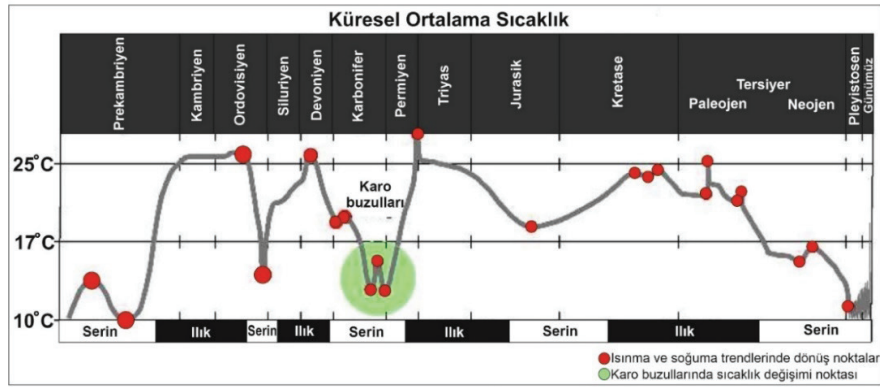
3.1. Paleozoyik Zaman (538-254MY)

Paleozoyik, dramatik bir jeolojik, iklimsel ve evrimsel değişim zamanıydı. Yaşam okyanusta başladı, ancak sonunda karaya geçti ve geç Paleozoyik'te, çoğu Avrupa ve Doğu Kuzey Amerika'nın kömür yataklarını oluşturan büyük ilkel bitki ormanları kıtaları kapladı. Çağın sonlarına doğru, büyük, synapsid ve diapsid omurgalılar baskındı ve ilk modern bitkiler (kozalaklı ağaçlar) ortaya çıktı (URL-1).

Makroskobik bitki yaşamı, Paleozoik Zamanın başlarında ve olasılıkla daha önceki üst zamanın Neoproterozoik Zamanında geç ortaya çıkarken, bitkiler, yaklaşık 420 milyon yıl önce (Morris vd., 2018), kuru toprağa geçmeye başladıkları Silüriyen Devrine kadar çoğunlukla suda kaldılar. Karasal bitki örtüsü, yükselen Lycopsida yağmur ormanlarının Avrupa-Amerika (Euramerica)'nın tropikal kuşağına hâkim olduğu, Karbonifer'de doruk noktasına ulaştı. İklim değişikliği, geç Karbonifer ve Permian devirlerinde bitki yaşamının çeşitliliğini azaltarak bu habitatı parçalayan Karbonifer Yağmur Ormanlarının Çökmesine neden oldu (Sahney vd., 2010).



Şekil 1. Ana bitki gruplarının olası ilk oluşumlarını gösteren bitki evriminin zaman çizelgesi (Bryophytes, kara bitkilerinin kökenlenme zamanına göre >450 My; Pteridophytes, vasküler bitkilerin kökenlenme zamanına göre, 433, 5 My; tohumlu bitkilerin kökenlenme zamanına göre Gymnospermiler, 373, 8 My; Angiospermiler, 143, 8 My; ve çimenler, 65 My, zaman içindeki biyomlar ve evrimsel flora fazlarının zamanlaması (Paleofitik, Mezofitik ve Senofitik) (Mc Elwain, 2018).

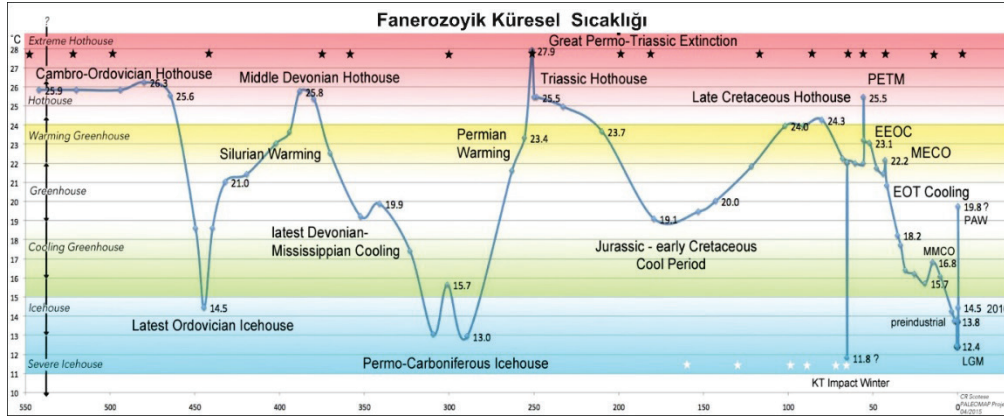


Şekil 2. Ortalama global sıcaklıkların 610 My içinde genel değişimi (Fiori, 2021).

3.2. Ordovisyan (485-443My) - Silüryen (443-419My)

Ordovisyan ve Silüryen, Paleozoyik'in en yüksek deniz seviyelerine sahip (günümüzden 200 m yukarıda) sıcak sera dönemleriydi; Kambro-Ordovisyan (500 My) devri sırasında ortalama sıcaklık bugünkü sıcaklığın 10 dereceden fazla üzerinde değildi, atmosferik CO₂ konsantrasyonu 3000 ila 9000 ppm arasındaydı (kontrolden çıkmış sera Dünyası senaryosu Güneş'in daha soğuk olması ve gezegenin yörünge döngülerinin farklı olması nedeniyle tam gerçekleşmemiş olmalı (URL-2) ve bu sıcak iklim yalnızca 30 milyon yıllık bir soğuk dönemle, Ordovisyan'ın sonunda (~445 My önce) bir buzullaşmayla sonuçlanan Erken Paleozoyik Buz Dönemi tarafından kesintiye uğradı.

Orta-Geç Ordovisyen soğuk ikliminden başlayıp Silüriyen sera koşullarında (MAT 25°C) doruğa ulaşan kademeli, uzun vadeli (470-419 milyon yıl) iklim değişikliği ile birlikte yüksek oranda karasallaşmış koşullarda (kuru arazi stres koşullarına karşı dayanıklı) gelişmiş Silüriyen bitki topluluğu evrimi analizi, sporofit üremenin çok belirgin bir üstel evrimsel ivme ile gerçekte günümüze değin devam ettiğini göstermektedir (Şekil 3 & 4). Dik bir sapa, uçlarında spor keselerine ve suyu taşımak için damar dokusuna sahip olduğu bilinen ilk bitki, orta Silüriyen deltalarının *Cooksonia*'sıydı.



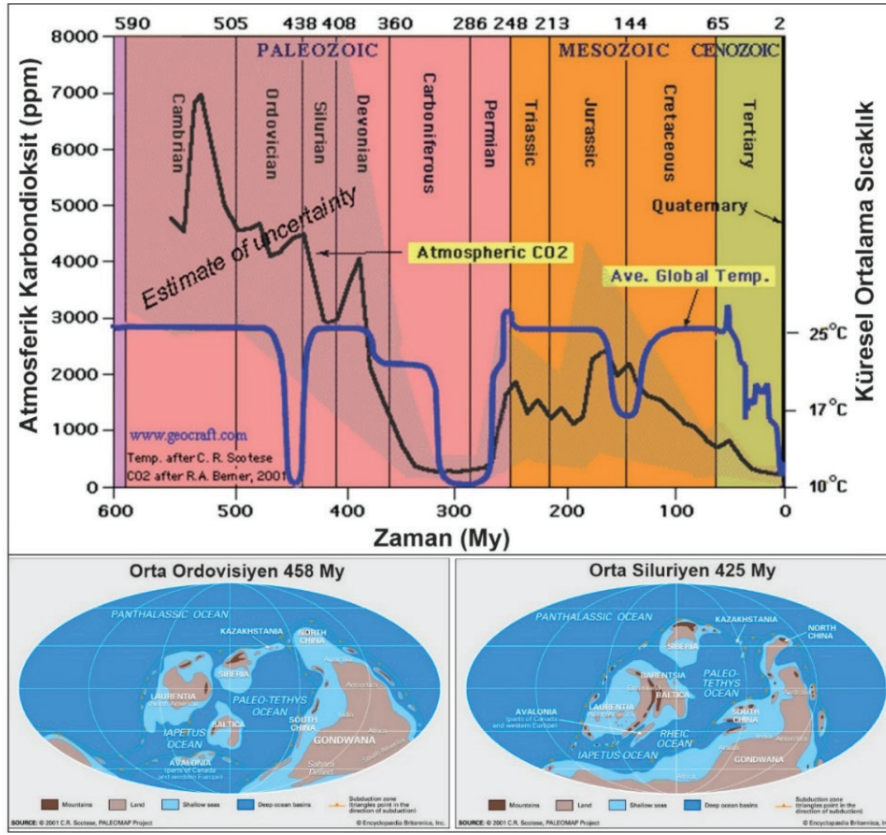
Şekil 3. Bu yeni ve gelişmiş küresel hava sıcaklığı eğrisi, geçen 540 Milyar yıl için (PETM=Paleosen-Eosen Termal Maksimum (55, 8My), EEOC = Erken Eosen İklimsel Optimum (54-46 My), MEKO= Orta Eosen İklimsel Optimum (42 My), EOT = Eosen-Oligosen Geçiş (40-33 My), MMCO=Orta Miyosen İklimsel Optimum (15My-13My), LGM = Son buzul maksimum (21.000 yıl evvel), 2016 = Modern MAT, PAW = Antropojenik Sonrası Isınma. Beyaz yıldızlar ani soğuma, Siyah yıldızlar ani ısınmayı temsil etmektedir. Scotese, 2015'ten alınmıştır).

3.3. Devoniyen (419-358 My) ve Anadolu

Denizler ve karasal alanlarda önemli değişikliklerin olduğu, kıtalar üzerinde ağaçlar ve tohumlu bitkilerin evrildiği ve ilk çok katlı ormanların geliştiği Devoniyen devri sürecinde (Joachimski vd., 2009), Erken Devoniyen'den (~ 400 My önce) başlayarak, bitki gövdelerinin ortalama çapı, bir santimetrenin altından yaklaşık 10 cm'ye, Orta Devoniyen'de yaklaşık 12 cm'ye ulaştı (Clack, 2006). Başlangıçta hem tracheophyt ve hem de bryophyt ortak atalarının gaz alışveri ve terlemeyi sağlayan stomalara sahip, yaprak ve köklerden yoksun olduğu (Devoniyen Rhynie çört florası) ancak sonrasında stoma işlevinin azalarak (CO₂ azalışıyla birlikte), olasılıkla ortak Bryophyta-Tracheophyta atalarında var olan lignifikasyonun (bitki hücre duvarlarında kalınlaşma) büyük olasılıkla çok daha erken başlayarak geliştiğini tanımlamaktadır (Pšenička vd., 2021). Ordovisyen buzullaşmaları sona erdikten sonra küresel sıcaklıktaki artış, düşük oksijen seviyeleri (Orta-Geç Devoniyen; %19-17), yüksek CO₂ (Silüriyen-Devoniyen 4, 500-3,000 ppmv ve Orta-Geç Devoniyen boyunca 4,000 ppmv'den-Karbonifere geçişte 2100 ppmv düşen) seviyelerindeki hızlı düşüş (Şekil 3 & 4) ve kıtaların kayması, Orta-Geç Devoniyen fosil bitki topluluğundaki karasal koşullara uyumla birlikte, bitkilerde çeşitlilik artışının açıkça

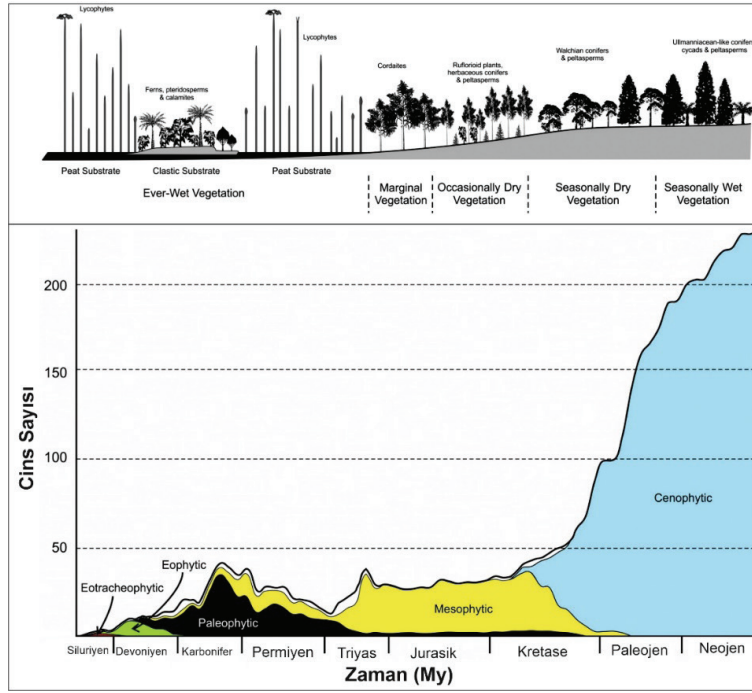
görülebildiği sonucuna varılmıştır. Geç Ordovisiyen buzul süreci sonrası (MAT 14,5 °C), Siluriyen-Orta Devoniyen boyunca sera koşullarında artan sıcaklık (~21,0-25,8 °C) yerini, Geç Devoniyen-Erken Karbonifer aralığında soğuma eğilimine (~19,9 °C) bırakmaktadır (Scotese, 2015). Siluriyen soğuması sonrası yeni gelişen ormanlar, atmosferden karbonu çekti ve daha sonra çökeltilere gömüldü. Bu, yaklaşık 5°C'lik bir Orta Devoniyen soğumasıyla yansıtılabilir (Joachimski vd., 2009). Silikat kayaların ayrışması da CO₂'yi atmosferden çeker (Şekil 4 & 5). Bu, atmosferik CO₂ konsantrasyonlarını mevcut seviyelerin yaklaşık 15 ila üç katına düşürmek için organik maddenin gömülmesiyle birlikte hareket etmiş olabilir. Atmosferik CO₂'deki bu azalma, küresel soğumaya neden olmuş ve muhtemelen 41 bin yıllık Milankoviç döngüsü boyunca dalgalanan yoğunlukta en az bir Geç Devoniyen buzullaşması (ve müteakip deniz seviyesi düşüşü) ile sonuçlanmıştır. Organik karbonun devam eden düşüşü, sonunda Dünya'ya Sera Dünya durumundan, Karbonifer ve Permiyen boyunca devam eden Buz Evi'ne çekti. Bu Geç Paleozoik Buzul Çağı'nın başlangıcı oldu (Mc Clung vd., 2013; Rosa vd., 2021).

Erken-Orta Devoniyen bitki topluluğu (Eofitik Flora) esas olarak homosporlu kara bitkileri, özellikle Zosterophyllopsida, Trimerophytopsida ve erken Lycopsida ile tanımlanmaktadır (Şekil 5 & 6). Geç Devoniyen-Karbonifer florası ise önceki Devoniyen formlarına eklenen Equisetopsida, Rhyniophytopsida, Pteropsida (ferns), Lyginopteridopsida, Marttiopsida ve Cycadopsids (esas olarak Medullosales) ve erken tohumlu bitkilerin (progymnospermler-*Archaeopteris* 30 m, boyunda, 1 m genişliğinde) katkılarının görülmesiyle birlikte heterosporlu bitkilere girildiğini gösteren "Palaeophytic Flora" olarak tanımlanmıştır (Edwards, 1998; Le Hir vd., 2011; Cleal & Thomas, 2019). *Archaeopteris* benzeri bitkilerin boylarındaki bu artış, karmaşık dallanma ve köklenme sistemlerinin büyümesine izin veren gelişmiş damar sistemlerinin evrimi ile mümkün olmuştur. Bununla bağlantılı olarak, tohumların evrimi, bitkilerin daha önce barınmadığı iç ve yüksek arazilerde koloni kurmasına izin vererek, sudolu olmayan alanlarda da üremeye ve dağılmaya izin vermiştir (Algeo & Scheckler, 1998). Büyük ağaçlar toprakta ayrışmayı, bitkiler ve algler için besin olan iyonların salınmasını teşvik ediyor. Nehir suyuna, nispeten ani besin girişi, ötrofikasyona ve ardından anoksik koşullara neden olmuş olabilir. Örneğin, bir alg patlaması sırasında, yüzeyde oluşan organik madde öyle bir hızla batabilir ki, çürüyen organizmalar onları çürüterek mevcut tüm oksijeni tüketir ve gölleri, nehirleri ve olası denizleri zehirleyebilir ve bu da anoksinin Geç Devoniyen yok oluşunda baskın bir rol oynamış olabileceğini düşündürür (Algeo vd., 1995). Yok oluşla ilgili diğer bulgular arasında yer alan Sibirya Kratonu'ndaki Viluy magmatizmasıdır. Bu püskürme, dengesiz bir sera ve ekosistem oluşturacak kadar atmosfere yeterince CO₂ ve SO₂ enjekte etmiş olabilir; Kellwasser siyah şeyl birikimi sırasında küresel soğuma, deniz seviyesinin düşmesi ve deniz anoksisi meydana gelir (Bond & Wignall, 2014; Ma vd., 2015). Son araştırmalar bir süpernova patlamasının, fosil kayıtlarında gözlemlendiği gibi, bu olay sırasında binlerce yıl boyunca polen ve sporlara ultraviyole hasarının kanıtını sunuyor ve bu da ozon tabakasının olası uzun vadeli tahribatına işaret ediyor olabilir (Clemens & Birch, 2012).

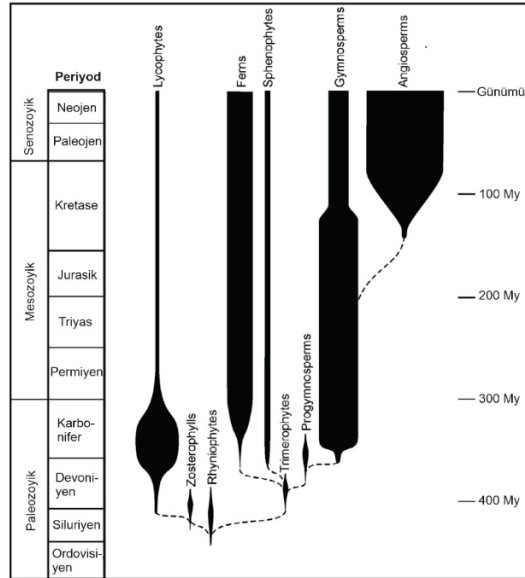


Şekil 4. 600 My lık Global sıcaklıklar (URL-3) ve CO₂ (Berner & Kothavala, 2001 (GEOCARB III)) diyagramı (yukarıda) ve Ordovisiyen ve Siluriyen paleocoğrafik haritaları (aşağıda) (URL-4).

Anadolu'da Pontidler, Toridler ve Arap plakası'nın kalın Paleozoyik tortul istifleri, metamorfik olmayan ve zayıf metamorfik, Devoniyen kayaları içerirler. Orta ve Doğu Toroslar ve Arap Platformu Devoniyen'i Kambriyen'den Karbonifer'e kalın ve hemen hemen sürekli istiflerin ayrılmaz bir parçasıdır. Adana-Tufanbeyli, Diyarbakır-Hazro, Mardin-Nusaybin ve Hakkari'den çalışılmış birimlerin yaşları, fauna (foraminifer, ostracod, conodont ve brachiopod) ve palinomorf (spor, akritark, chitinozoa) topluluklarına dayalı olarak, Erken Devoniyen-Erken Karbonifer olarak tanımlanmıştır (Akyol, 1980a, 1981; Alişan, 1990, 1994; Bozdoğan vd., 1987, 2005; Higgs vd., 2002; Nalcıoğlu, 2004; Yalçın & Yılmaz, 2010; Wehrmann vd., 2010; Özkan vd., 2008, 2019; Kayseri & Akgün, 2004). Paleocoğrafik olarak Arap platformu ve Toroslar'daki Devoniyen'in kesinlikle Gondwana kara kütesinin kuzey kenarında, shelf ortamının kıyısında, sığ lagün, gelgitlerin egemen olduğu delta düzlüklerinde geliştiği tanımlanmaktadır. Bu değerlendirme, Devoniyen'de görülen global sıcaklık azalışının floranın yenilenmesine dair verileri, Anadolu'nun fosil delta düzlerinde izleyebildiğimizi söylememiz doğru olacaktır.



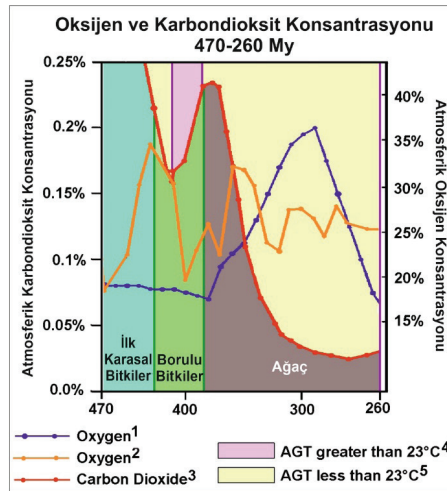
Şekil 5. Phanerozoik'te beş Evrimsel Floranın dağılımı ve her birinde değişen aile çeşitliliği (Cleal & Cascales-Miñana, 2014, 2021).



Şekil 6. Bitkiler aleminin ana bölümleri/dallarının stratigrafik dağılımları. Bölümleri birleştiren kesikli çizgiler ayrıntılı filogenetik geçmişleri temsil etmek yerine genel ilişkileri göstermek için tasarlanmıştır. Balonların genişliği, göreceli bollukların genel bir izlenim vermek için amaçlandığından, tamamen şematiktir. Neojen devri, Kuaterner'i de içerir (Cleal & Thomas, 2019).

3.4. Karbonifer (358-298my) -Permien (298-251my) ve Anadolu

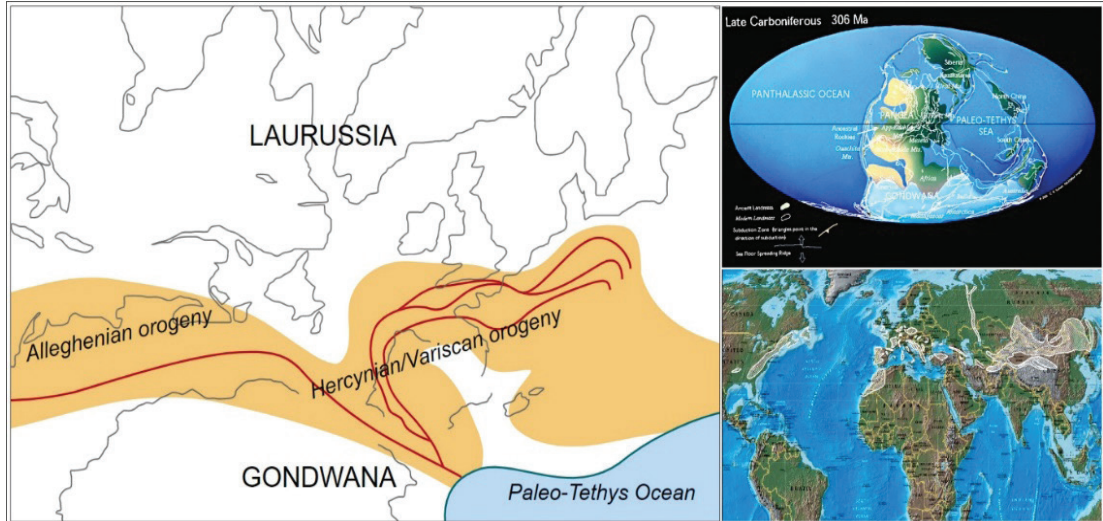
Dünya’da Erken Karbonifer devrindeki ortalama küresel sıcaklıklar yüksekti (~20 °C), Erken Karbonifer’den, Geç Karbonifer-Orta Permien geçişine (329-269My-Karoo Buz Devri) gelişen soğuma (~13-15,7 °C) ortalama küresel sıcaklıkları 0,52 °C değişiklikle ~13 °C’ye düşürdü. Karbonifer sonunda atmosferik karbondioksit konsantrasyonu 385 ppmv’dir (Nahle, 2009; Scotase, 2015, Fiori, 2021). Atmosferik karbondioksit seviyeleri, Karbonifer Dönemi boyunca başlangıçtaki mevcut seviyenin kabaca 8 katından, sonunda bugünkü seviyeye benzer bir seviyeye düştü ve Permien sonu Triyas başında, 210 ppmv’nin altına kadar inmişti. Devoniyen’den Permien sonuna oksijen eğrileri (Şekil 7), atmosferik oksijen konsantrasyonunun odunsu bitkiler tutunduktan sonra arttığını (bitki fotosentezi ile atmosferik oksijen konsantrasyonundaki artışların yalnızca bu kaynaktan belirlenen miktara ulaşmasının olası olmadığı görüşleri de vardır), bu nedenle özellikle atmosferik ortalama sıcaklığın 23°C’nin altında kaldığını göstermektedir (Fiori, 2021). ~350 milyon yıl önce atmosferin yaklaşık yüzde 20’sini oluşturan atmosferik oksijen konsantrasyonu sonraki 50 milyon yılda yüzde %35’e kadar yükseldi (trakeid solunum yapan böceklerde ~%67 difüzyonla dev boyutlara ulaşma). Atmosferik oksijen konsantrasyonunun bitki maddesi olarak artışı, biyokütlede artış ve tüketilen CO₂’deki karbonun ölü ağaçlarda hapsolması, serbest ve depolanmış karbon üretimi arasındaki dengesizlik, sera gazı etkisinin Geç Paleozoyik’te çekilmesine, yüzey sıcaklıklarının düşmesine ve en geç Devoniyen’de başlayan soğuma sürecinin, Permo-Karbonifer buzlanmasına kadar devam etmesine neden oldu. Yine bu süreç içinde, yaklaşık 335 milyon yıl önce Orta-Geç Karbonifer sırasında Gondwana, Euramerica ve Sibirya’nın daha önceki kıta birimlerinden toplanarak “Pangea” büyük kara kütesini oluştururken düşen deniz seviyesi ve dağ oluşumları (Variscan Orojenezi, Şekil 8), iklimin sıcak ve yağışlı koşullardan soğuk ve kurak koşullara ani değişimi (Heckel, 2008), Geç Karbonifer döneminde “Karbonifer Yağmur Ormanlarının Çökmesine” yol açtı. Tropikal yağmur ormanları parçalandı ve mevsimsel olarak kuru habitatlarla çevrili izole adalara dönüştü. Heterojen bir bitki örtüsü karışımına sahip yüksek Lycopsida ormanlarının yerini, çok daha az çeşitliliğe sahip ağaç eğreltiotu ağırlıklı flora aldı (Sahney vd., 2010; Feng, 2017).



Şekil 7. Ortalama global CO₂ ve Oksijen konsantrasyonunun 610 My içinde genel değişimi (Fiori, 2021).

Avrupa ve Kuzey Amerika'nın doğusundaki Karbonifer kayaçlar büyük ölçüde tekrarlanan bir dizi kireçtaşı, kumtaşı, şeyl ve kömür yataklarından oluşur (Stanley, 1999). Karbonifer'in büyük kömür yatakları, varlıklarını ağaç dokusu (odun lifi lignininin ve kabuğu kapatan, mumsu suberin) evrimi ve düşük deniz seviyesi ve karasal alanların genişlemişine borçludur. İklimsel koşulların da teşvik ettiği bu değişiklikler, Kuzey Amerika ve Avrupa'da geniş ova bataklıklarının ve ormanlarının gelişimini kolaylaştırmıştır. Daha önce havza dışı habitatlarda büyümüş ve daha modern yakınlara sahip gymnospermlerle (Pinopsida conifers, Ginkgoopsida) ve Pteropsida eğreltileri, bazı Bennettitopsida katkıları) egemen olmuş bitkilerin palinolojik verilerine rağmen, Mezofitik Flora ilk olarak Geç Karbonifer ve Permiyen makrofosil kayıtlarında belgelenmiştir. Mezofitik dönem, açık tohumluların fosil florasında pteridofitlerden daha fazla göreceli bolluğa sahip olmasıyla, ilk kez spora dayalı üremeden- tohumun egemenliğini başlatmıştır. Mevcut gymnosperm soyları, conifers, cycads, and ginkgos içeren Mezofitik çağda önemli bir role sahip olmuştur.

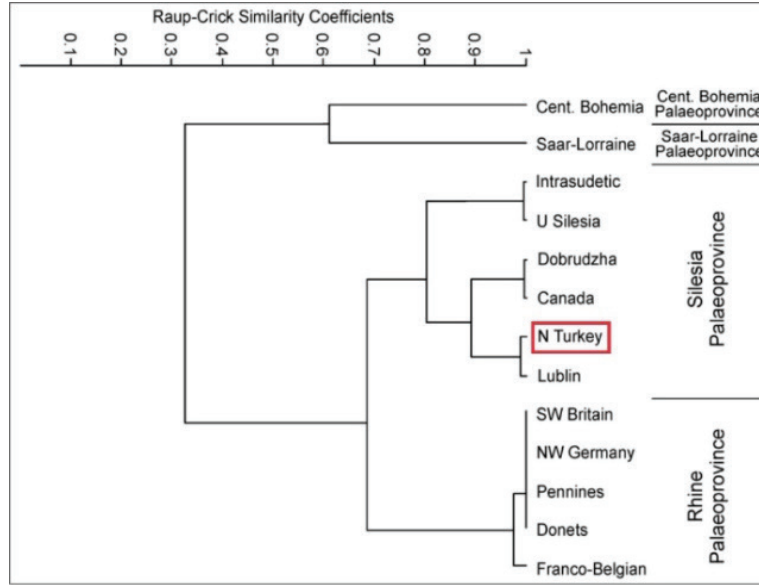
Variscan (Hersiniyen-Alleghaniyen orojenezi) Euramerika'daki medullosalean türlerinin fitocoğrafik analizi (Cluster analizi), Zonguldak-Amasra Karbonifer florasının Silezya paleoprovensinin içinde yer aldığını göstermektedir (Şekil 9 & 10). Orta ve doğu Avrupa'nın Variscan Önülke havzaları, Batı Avrupa'daki eşleniklerine büyük ölçüde benzer, ancak denizel katkılar içermezler ve bu nedenle deniz kenarında, önülkenin biraz yüksek kısımlarında yer almaktadırlar (Cleal, 2008).



Şekil 8. Hersiniyen-Allegheniyen (Variscan) dağ kuşaklarının Karbonifer devrinin (Geç Karbonifer'de tektonik levhaların dağılımı, sağda, Scotese, 2002) ortasındaki yeri. Günümüz kıyı şeritleri referans olması için gri renkle gösterilmiştir (Matte, 2001 ve Ziegler, 1990).

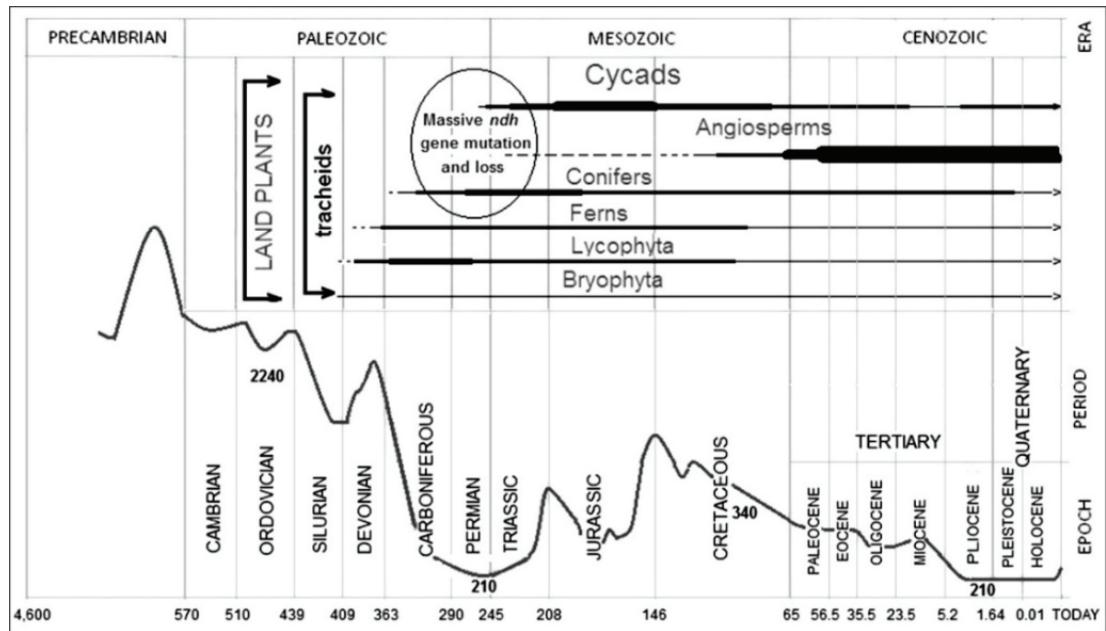
Eğreltiler (Ferns)		
Küçük Eğreltiler (<i>tedelacean, gleichenacean, sphenopteris</i>)	<i>Acanthotriletes</i> <i>Leiotriletes</i> , <i>Apiculatisporites</i> <i>Mooreisporites</i> <i>Reticulatisporites</i> <i>Verrucosisporites</i> <i>Granulatisporites</i> <i>Lophotriletes</i>	<i>Camptotriletes</i> <i>Converrucosisporites</i> <i>Convolutispora</i> <i>Dictyotriletes</i> <i>Savitrissporites</i> <i>Wesphalensisporites</i> <i>Knoxisporites</i> <i>Raistrickia</i> ve <i>Triquirites</i>
Ağac Eğreltiler (<i>Marattilean</i>)	<i>Cyclogranisporites</i> <i>Punctatosporites</i> <i>Thymospora</i> <i>Laevigatosporites</i>	<i>Microreticulatisporites</i> <i>Spinisporites</i> <i>Torispora</i> (<i><35 mikron</i>)
Sphenopsid		
Otsul	Yarı ağacsl	
<i>Vestispora</i>	<i>Calamospora</i> ve <i>Laevigatosporites</i>	
Lycopsid		
Otsul	Yarı ağacsl	Ağacsl
<i>Cirratiradites</i>	<i>Endosporites</i> , <i>Radizozonates</i> , <i>Cristatisporites</i> <i>Cingulizonates</i> , <i>Densosporites</i>	<i>Crassispora</i> , <i>Lycospora</i>
Gymnosperm		
<i>Cordaite Florinites</i>		
Coniferales <i>Ptonisporites</i> , <i>Plicatisporites</i> , <i>Illinites</i> , <i>Cordaitina</i>		
Pteridosperm <i>Alisporites</i> , <i>Parasporites</i> , <i>Protohaploxypinus</i> , <i>Wilsonites</i> , <i>Zonalosporites</i>		
Non-cordaite Monocolpate <i>Cycadopites</i>		
Botanik Bağlılıkları Bilinmeyen		
<i>Savitrissporites</i> , <i>Alatisporites</i> , <i>Punctatisporites</i> , <i>Reinschospora</i> ve <i>Planisporites</i>		

Şekil 9. Zonguldak-Amasra Karbonifer'inden tanımlanan miosporların ait olduğu bitkilerin sınıflaması (Pendleton, 2012'den uyarlanmıştır).

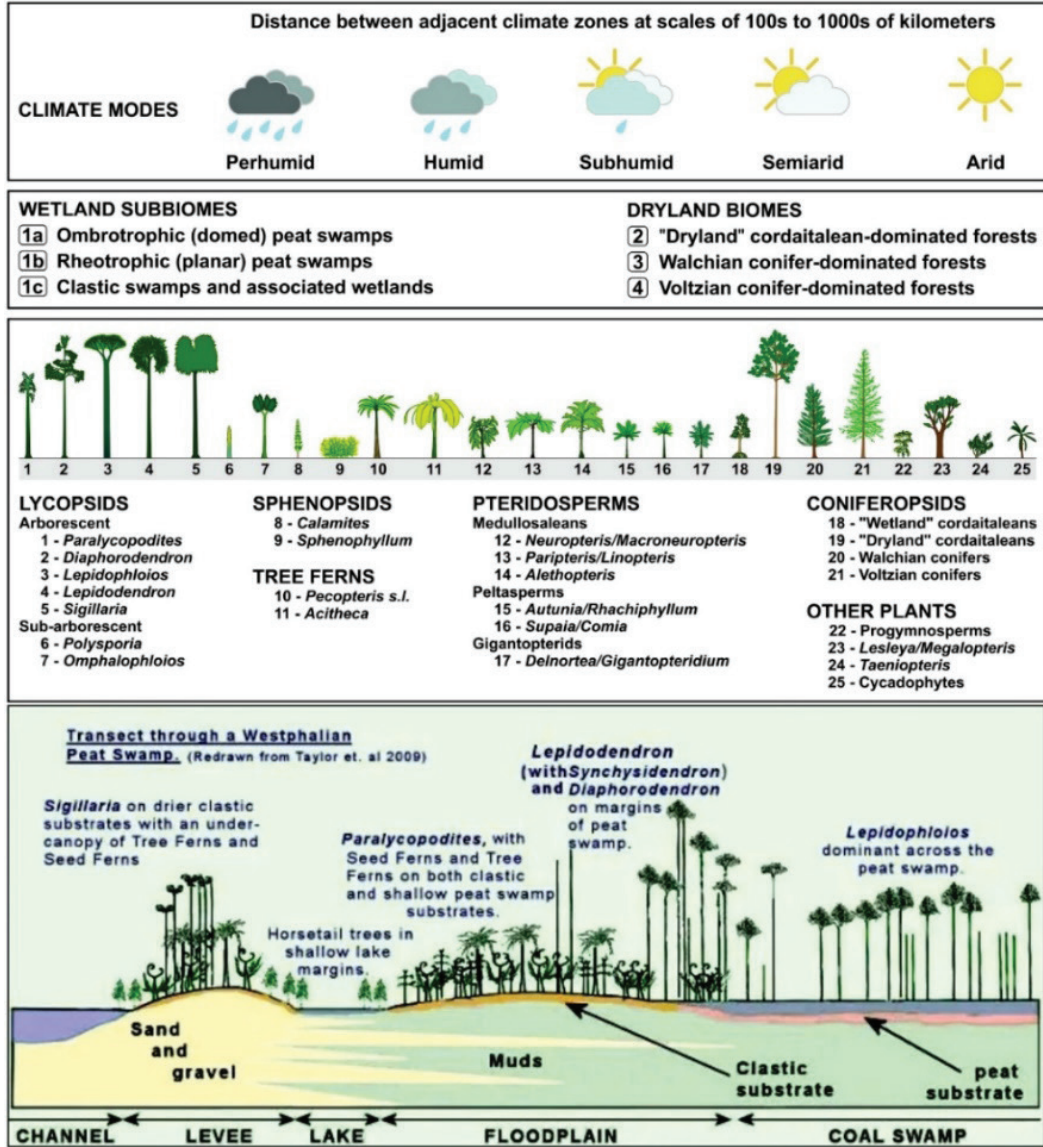


Şekil 10. Variscan Euramerika'daki medullolean türlerinin fitocoğrafik analizi (Cluster analizi) (Cleal, 2008).

KB Anadolu'da, Zonguldak-Amasra kömür havzasında korunan Alt-Orta Karbonifer paleobotanik ve palinolitik örnekleri (örğ. Charles, 1931; Jongmans, 1939; Jogmans, 1955; Egemen, 1958, 1959; Egemen & Pekmezçiler, 1945, Cleal & Waveren, 2012), kömür örneklerinin megasporları (Ergönül, 1959, 1960, 1973; Yahşiman 1960, 1961, 1964; Yahşiman & Ergönül, 1958, 1959) ve mikrosporları (Ağralı, 1969a, 1969b, 1970; Ağralı & Konyalı, 1969; Artüz, 1957, 1959, 1963, Konyalı, 1963; Artüz 1959, 1963; Akyol 1974a, 1974b, 1978; Nakoman 1976, 1977, 1980; Akgün 1990; Akgün & Akyol 1992) çok sayıda çalışmada incelenmiş ve yayınlanmıştır. Bu çalışmalarda belirlenen Alt-Orta Karbonifer kara bitkileri Geç Devoniyen'dekilere çok benziyordu, ancak bu zamanda yeni gruplar da ortaya çıktı (Şekil 5 & 6). Erken Karbonifer bitkileri (birçoğunun soyu tükenmiş/otsul formlar olarak devam edebilen), Equisetales (at kuyruğu, çapı 30-60 cm ve yüksekliği 20 m), Sfenofilales (çarpıcı bitkiler), Lycopodiales (sopa yosunları), Lepidodendrales (balık pullu ağaçlar, fito 30 m yüksekliğinde-1,5 m çapında), Filicales (eğrelti otları), Medullosales (gayri resmi olarak "tohumlu eğrelti otları") ve Cordaitales (gymnospermlerin Paleozoyik uzun ağaçları-6 ila 30 m)'den oluşan Dünya'nın ilk büyük ormanını oluşturdu. Bunlar dönem boyunca baskın olmaya devam etti, ancak Geç Karbonifer sırasında, birkaç başka grup, Cycadophyta (cycads), Callistophytales ("tohumlu eğrelti otlarının" başka bir grubu) ve Voltziales (gymnospermlere benzer gerçek kozalaklı ağaçlar) ortaya çıktı. Karbonifer kömür bataklıkları, çok büyük nehir sistemlerini besleyen yüksek yağışlı, suyla dolu, ekvatorial bir kıyı ovasında gelişti (Şekil 11 & 12). Bu sürekli değişen sulak alan habitatları, kolonize edebildikleri farklı habitatların taleplerine göre yeni türlere dönüşen Lycopod'ların hakimiyetine girdi (Martin vd., 2015).



Şekil 11. Atmosferik CO₂ konsantrasyonu değişimleri ve seçilen bitki gruplarının masif mutasyon altında büyümesi (Martin vd., 2015).



Şekil 12. Geç Paleozoyik boyunca ekuatorial Pangea'da sulak alan ve kuru alan (alt) biyomlarında bitki taksonlarının sembollerle gösterimi (Bashforth vd., 2021) ve *Lycopoda* paleoekolojisinin görünümü (Taylor vd., 2009 tarafından çizilmiş; URL-5).

Karbonifer'in sonu ve Permien'in başlangıcında, iklimdeki ısınmaya ek olarak belirgin bir artışla daha kurak hale gelen koşullarda, Permien kozalaklı ağaçları, modern eşdeğerlerine morfolojik olarak çok benziyordu ve stresli kuru veya mevsimsel olarak kuru iklim koşullarına uyarlanmışlardı (Zhuo, 2017). Bennettiales bitkileri Mesozoyik zamanda geniş yayımlı hale geldiler (Blomenkemper vd., 2021).

GD Anadolu Diyarbakır-Hazro'da iki gölsel kilitaşı ve kömür oluşumunda yapılan palinolojik inceleme, kömürleşmenin Geç Karbonifer'de başlayıp, Erken Permiyen'de son bulduğunu ortaya koymuştur. Makro ve mikro flora bu kömürlerin Angariyen tipte (Karbonifer'de Lycopsida, Sphenopsida, Marattiaceae'li Avrupa ve K Amerika benzeri, Permiyen'de Spermatophytes-Glossopteridaceae'li Gondwana benzeri) olduğunu kanıtlamaktadır. Karbonifer-Permiyen'de bu bölge Arap Levhasına aittir. Arap Levhası'nın dışına çıkıldığı zaman, florada değişiklik gözlenir. Toroslar'da B'dan D'ya doğru, Pamucak Yaylası (Kemer-Antalya), Akseki (Antalya), Feke (Adana) ve Sarız (Kayseri)'de bulunan ince kömürlü seviyeler, Erken Permiyen yaşlı olup, Kuzey Atlantik Kıtası tipi (Avrupa tipi) bir flora sunarlar. Bütün bu gözlemler hem Hazro havzasının Asya havzalarının bütünü ile bağıntısını ve hem de Hazro'da karma bir floranın varlığını ispat etmektedir (Ağralı & Akyol, 1967). Ayrıca, Hazro alanı Kas formasyonun, palinolojisi üzerine daha önce yapılmış bir çalışmanın sonuçları da dikkate alınarak, Geç Permiyen flora elamanlarının (Ağaç eğreltiler; *Punctatosporites*, *Torispora*, *Thymospora*, *Spinospores*, Küçük eğreltiler; *Leiotriletes*, Coniferales; *Potoniopsisporites*, Cordaites; *Florinites*, Pteridosperm; *Alisporites*) çoğunun paleobiyocoğrafik olarak SE Türkiye'den Avustralya'ya, doğu Gondwana'yı geçerek dağıldığı, ve sadece birkaç formun paleobiyocoğrafik olarak bu bölgede kısıtlı kaldığını göstermektedir (Stolle vd., 2011).

3.5. Mesozoyik Zaman (254-66 My)

Mesozoyik zaman, Dünya tarihinin iyi belgelenmiş en büyük toplu yok oluşu olan Permiyen-Triyas yok oluşunun ardından başladı ve kurbanları arasında kuş olmayan dinozorlar, pterosaurlar, plesiosaurlar ve mosasaurların da bulunduğu bir başka kitlesel yok oluş olan Kretase-Paleojen yok oluşuyla sona erdi. Mesozoyik, önemli tektonik, iklimsel ve evrimsel aktivite zamanıydı. Bu zaman, süper kıta Pangea'nın, bir sonraki çağda mevcut konumlarına taşınacak olan ayrı kara kütlelerine kademeli olarak ayrılmasına tanık oldu. Mesozoyik'in iklimi, ısınma ve soğuma dönemleri arasında değişimler gösterdi. Bununla birlikte, genel olarak, Dünya bugün olduğundan daha sıcaktı. Dinozorlar ilk olarak Orta Triyas'ta ortaya çıktılar ve Geç Triyas veya Erken Jura'da baskın karasal omurgalılar oldular ve Kretase'nin sonundaki ölümlerine kadar yaklaşık 150 veya 135 milyon yıl boyunca bu konumu işgal ettiler. Çiçekli bitkiler Erken Kretase Dönemi'nde ortaya çıktı ve dönemin sonunda hızla çeşitlenerek baskın bitki grubu olarak kozalaklı ağaçların ve diğer açık tohumluların yerini aldı (URL-6).

3.6. Triyasik (252-201My) -Jurasik (200-145My) ve Anadolu

Permiyen-Triyas arasındaki sınırı oluşturan yok olma olayı, aynı zamanda Permiyen Sonu Yok Oluşu ve halk arasında Büyük Ölüm olarak da bilinir. ~252-247 My önce Erken Triyas'ta, Pangea süper kıtasının iç kesimleri çöllerin hakimiyetine girmiş, Dünya'daki tüm yaşamın %95'inin yok oluşuna (biyolojik ailelerin %57'sinin, cinslerin %83'ünün, deniz türlerinin %81'inin ve karasal omurgalı türlerinin %70'inin yok olmasıyla) tanık olmuştu. Bu Dünya'nın bilinen en şiddetli yok olma olayıdır. Böceklerin bilinen en büyük kitlesel yok oluşudur (URL-7).

Uzun süreli değerlendirmeler, 500 milyon yıl önce atmosferik CO₂'in bugünkü değerlerden yaklaşık 20 kat daha yüksek olduğunu ve sonrasında düşerek ~200 milyon yıl önce (Erken Jurasik) -dev eğrelti otu ormanlarının yükseldiği dönem-yeniden bugünkü seviyelerin 4-5 katına yükseldiğini ve ardından yakın sanayi öncesi zamana kadar yavaş bir düşüş sürdürdüğünü göstermektedir (URL-8). Büyük ölçüde, Mezofitik flora ile temsil edilen bu zaman, 500 ppmv'nin üzerindeki CO₂ konsantrasyonları ile karakterize edildi ve ~2,000 ppmv kadar yüksek aralıklar geçirerek, Triyas-Jura sınırında ~1,800 ppmv (günümüz seviyesinden 4,7 kez yüksek) değerindeydi (Berner, 1999; Berner & Kothavala, 2001).

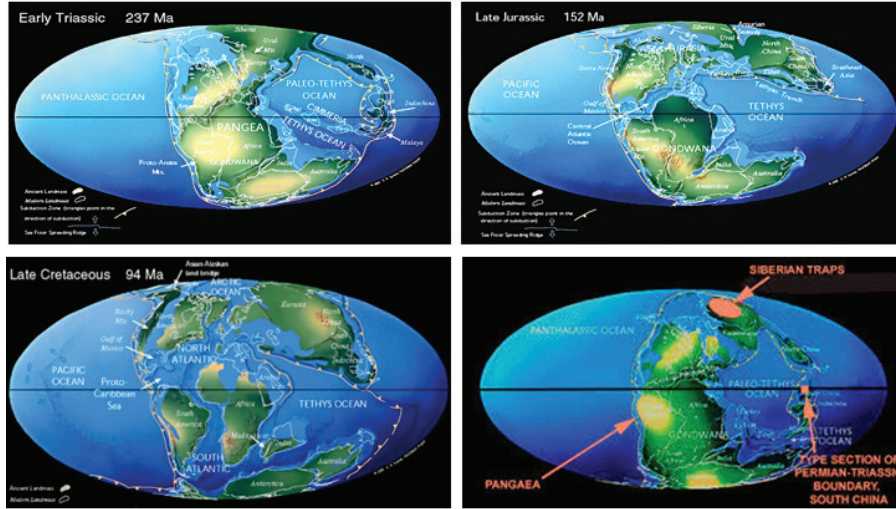
~251 milyon yıl önce gerçekleşmeye başlayan Permiyen-Triyas yok oluşu, 60 ± 48 bin yıllık bir süreç içinde gerçekleşmiştir (Burgess, 2014). Bu yok oluş Pangea'nın ~202-191 milyon yıl önce (Nomade vd., 2007), Triyas sonu ve Jura başında parçalanmaya başladığı (Rogers & Santosh, 2004) ve atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonlarını iki kattan fazla artıran, 5 teraton CO₂'den daha fazla salan Sibiry Tuzaklarının patlamasına karşılık geldiği belirtilmektedir (Şekil 3, 4 & 12). P-Tr sınırı etrafındaki çevresel değişime dair daha fazla kanıt, ortalama ~8 °C'lik bir artışla, 27,9 °C' gibi çok büyük sıcaklık değerine ulaşılmasıyla işaretlenir (Dünya bir daha bu sıcaklık derecesine ulaşmamıştır). Orta Triyas başında ortalama 25,5 °C ile Triyas sıcak dönemini yaşayan Dünya'da, okyanus yüzey sıcaklıkları muhtemelen 30 °C'yi aştı ve ekvatorial ve subtropikal (30 °K-30 °G) bölgelerin aşırı derecede kurak olması muhtemeldi ve Pangea'nın iç kesimlerindeki sıcaklıklar muhtemelen 40°'yi aşıyordu. Orta Atlantik ve Batı Hint Okyanusu'nun genişlemesi (okyanus ortası açılma/yitimler) yeni nem kaynakları sağladığından, Pangea'nın iç kesimleri önceki sıcak dönemlere göre daha az şiddetli mevsimsel dalgalanmalara sahip olmuştur. Ancak bu genişlemelerin getirdiği okyanus ortası sırtlardaki volkanik patlamalar Orta Jurasik (~160 My)'te CO₂ konsantrasyonlarının ~2, 000 ppmv'nin üstüne çıkmasına neden olmuş olmalıdır. Genel olarak Dünya, Triyas-Jura boyunca serinleyerek Jura sonu-Erken Kretase başında (~150 My) soğuk koşulların (19, 1 °C) etkisine girer ve sonrasında artarak Geç Kretase'de sıcak koşullar 24°C'ye ulaşarak sera koşullarını yaratır (Scotese vd., 2021).

Bilimsel fikir birliği, yok oluşun ana nedeninin, küresel sıcaklıkları yükselten ve okyanuslarda yaygın anoksia ve asitlenmeye yol açan Sibiry Tuzaklarını oluşturan volkanik patlamalar tarafından yayılan büyük miktarda karbondioksit olduğu yönündedir (Darcy vd., 2011). Petrol ve kömür de dahil olmak üzere hidrokarbon birikintilerinin termal ayrışmasından kaynaklanan ve patlamalar tarafından tetiklenen çok daha fazla karbondioksit emisyonunun ve belki de püskürmelerde dağılan minerallerle beslenen yeni metanojenik mikroorganizmaların metan emisyonlarının volkanik patlamaların yanı sıra karbondioksit artışına katkıda bulunan faktörler olduğu da önerilmektedir (Deenen vd., 2010; Hautmann, 2012).

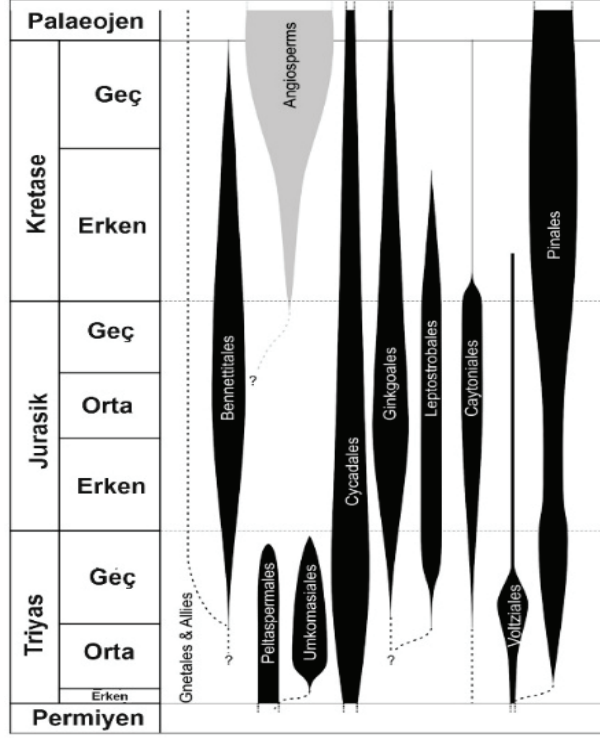
Permiyen/Triyas sınırındaki bu afet niteliğindeki olaydan bir süre sonra, karasal bitki örtüsü mücadele etmiş ve Erken Triyas devrine ait fosil kayıtlarının çoğu tohumuz bitkilerden oluşurken (Karada hayatta kalan vasküler bitkiler arasında Lycophytler, baskın Cycadophytler, Ginkgophyta- günümüz Ginkgo biloba, eğrelti otları (fernler), at kuyruğu (horsteil) ve Gossopteridler), "Gymnospermlerin Altın Çağı" olarak tanımlanan, Orta ve Geç Triyas'ta tamamen yeni tohumlu bitkiler (Spermatofitler) dizisi ortaya çıkmıştır (Şekil 13 & 14). Kuzey

yarım kürede kozalaklı ağaçlar, eğrelti otları ve Bennettiales geliştirdi. Tohumlu eğreltiotu cinsi *Dicroidium*, dönem boyunca güney yarı kürede (Gondwana'ya) hakim olacaktı. Bu tohumlu bitki grupları, bol miktarda ve yaygın olarak kalmışlardır. Jura Dönemi boyunca, ancak çoğu muhtemelen Kretase dönemlerinde düşüşe geçer ve yeni ortaya çıkan çiçekli bitkiler tarafından rekabet dışı bırakılırlar. Bennettiales ve Caytoniales gibi bazılarının nesli Kretase döneminin sonunda tükendir. Cycadales ve Ginkgoales gibi diğerleri günümüze kadar hayatta kalırlar ancak çok düşük çeşitlilik ve bolluk gösterirler. Bir grup açık tohumlu hayatta kalarak modern zamanlara kadar gelişip-özellikle de yüksek enlemlerde yoğun kozalaklı ormanlar (Pinales) olarak görülürler (Cleal & Thomas, 2019; URL-9).

Kuzeybatı Anadolu'da, Kastamonu alanından Erken veya Geç Permiyen (Kutluk & Bozdoğan, 1981; Alişan & Derman, 1995) ve Çamdağ alanından geç Erken-erken Geç Permiyen (Stolle, 2016) olarak yaşlandırılan, bir kısmı G. Amerika ve Gondwana kökenli floral karakterli Çakraz formasyonu (kırmızı kumtaşları, çamurtaşları) ile fosilsiz Çakrazboz formasyonu (laminallı kmumtaşları) ve Amasra-Cide alanında Çakraz ve Çakrazboz formasyonlarını üstleyen Orta-Geç Triyas yaşlı Başköy formasyonu (marn, kiltası, killi kireçtaşı) örneklerinin palinolojik içeriği (Alişan & Derman, 1995; Akgün & Kayseri Özer, 2023), gymnosperm (Konifer-Pinaceae, Podocarpaceae, Taxodiaceae, cycad) ve tohumlu bitki (Pteridospermatophyta) polenlerince zengin, eğrelti sporlarının az gözlemlendiği karışık bir flora (bazı Gondwana kökenli) sunmaktadır. Bu formasyonların, kaya birimi ve vejetasyon (düzlük eğrelti ormanı ile çok seyrek gölgelik ağaçları olan belirgin karışık kozalaklı orman) özelliklerine dayanılarak, denizel ara katkı içermeyen, denizden uzak, nispeten kurak iklim koşullarında, kısa sürelerde artan yağışla oluşan nehir kanalı ve taşkın düzlüğünde (alüvyal yelpaze) ve göllerde depolanmış olmalıdırlar. Bu çalışmalar, Orta ve Geç Triyas'ta tamamen yeni tohumlu bitkilerin ve kozalaklı ağaçların oluşturduğu ormanların, Kuzey Yarımkürede konumlanan Anadolu'nun bu parçasında, var olduğunu belgelemektedir.



Şekil 13. Triyas, Jura ve Kretase'de tektonik levhaların dağılımı ve P-T yok oluş tip lokasyonları (Scotese, 2002).



Şekil 14. Mesozoyik zaman süresinde gymnospermlerin dağılımları (Clea & Thomas, 2019).

Anamas-Akseki bölgesinde (Toroslar) Geç Triyas-Erken Jurasik geçiş tabakalarından tanımlanan palinolojik veriler ve kömürlü oluşumlar kıyıya yakın karasal alanların, sıg sudan kıyıya değişen denizel koşulların varlığına işaret etmektedir (Akgün vd., 2011). Doğu Pontidlerde Geç Triyas Amasra-Cide (Alişan & Derman, 1995), Erken-Orta Jurasik Gümüşhane ve Orta Jurasik Bayburt (Ağralı vd., 1965), Orta ve Doğu Toroslarda Geç Triyas-Erken Jurasik Anamas-Akseki, Erken-Orta Triyas Midyat-Nusaybin (Mardin) ve Hakkari (Alişan, 1994; Çoruh vd., 1997) bölgelerinden yapılan palinolojik çalışmalarda tanımlanan polen-spor taksonlarının ait olduğu bitkilerin ekolojik tipleri ve habitat özellikleri de dikkate alınarak, Erken-Orta Triyas süreci içinde nemli-ılık, iyi drene olmuş, otsul öncelikli ova ve kıyı bataklıklarının (Marattiaceae, Osmundaceae) ve kara içinde yer yer kurak ve ağaçsıl vejetasyonlu (Cycadophyta, Coniferales) düzlüklerin varlığı gözlenmiştir. Triyas boyunca artan kuraklık etkisinde iklimin zaman zaman nemli ve ılık-kurak hale geldiği, bu kurak koşulların etkisinde Triyas-Jurasik geçişine kadar kıyı bataklıklarının yok olduğu, Erken Jurasik başında ise artan nemlikle birlikte nemli-ılık ve sonrasında uzun periyodlu kuraklıkların (yüksek stresli ortamlar yaratan-Cheirolepidiaceae) etkisinde nemli ova (Eğretiller Cyathaceae, Dicksoniaceae, Dipteridaceae, Ginkgoales, Cycadales, Bennettiales) ve Orta Jurasik 'te nemli ova-dağ vejetasyonuna (Pinales, Taxodiaceae, Cupressaceae) bıraktığı ortaya konmuştur. En Geç Triyas-Orta Jurasik sürecinde Cheirolepidiaceae bolluğu, subtropical iklim koşullarında, kıyı ortamında mangrov koşullarının gelişmiş olabileceğini desteklemektedir (Akgün vd., 2004; Wang vd., 2005).

Denizel etki altındaki deltayik-karasal çökelim koşullarında gelişen, Orta-?Geç Jurasik yaşlı Himmetpaşa formasyonunun (KB Anadolu, Çamdağ alanı-Başköy formasyonunu uyumsuzlukla üstleyen), Paleotetis okyanusunun kenar kuşağının bir bölümünde gelişmiş olduğu ifade edilmektedir (Derman vd., 1995). Tüysüz (2022), Dogger yaşlı Himmetpaşa Formasyonunun sığ denizel-karasal bir taban birimi ile başlayıp ammonitli açık deniz kırıntılı ve türbiditlere, üste doğru ise yeniden sığlaşarak yağışlı koşulların etkisinde karasal-büyük göl koşullarına geçtiğini tanımlamaktadır.

KD Anadolu'da, Doğu Pontidlerde (Gümüşhane havzası) yüzlek veren Erken-Orta Jurasik kömürlü volkano-sedimanter tortullardan tanımlanan yaprak fosilleri ve palinomorflara dayalı olarak, eğreltilerin (*Cladophlebis*, Marattiaceae, Osmundaceae, Matoniaceae, Dipteridaceae, Schizaceae and Diksoniaceae) egemen olduğu, gymnospermilerden Araucariaceae (*Agathoxylon*), Podozamites (Konifer), *Ctenis* (cycas) formlarının gözlemlendiği bir flora tanımlanmıştır (Akgün vd., 2004). Gümüşhane bölgesi ağaç fosillerinden ise *Agathoxylon* ve Erzurum-Oltu bölgesinden Taxaceae (*Protelicoxylon asiaticum*), *Xenoxylon hopeiense* türleri tanımlanmıştır (Akkemik vd., 2022). Bu çalışmalar, o zamanki konumlarıyla, Gümüşhane bölgesinin Erken-Orta Jurasik sürecinde, kozalaklı ağaçların yaygın olduğu kurak kıyılara, eğrelti vejetasyonunun örttüğü nemli tropikal-subtropical ova alanlarının eşlik ettiği ve Oltu bölgesinin ise Geç Jurasik'te nispeten nemli/serin bir iklimin varlığında, koniferlerin örttüğü, bol su kaynakları ile beslenen palaeoekolojik bir görünüme sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

3.7. Kretase (145-66 My) ve Anadolu

Kretase, nispeten sıcak bir iklime sahip bir devirdi ve çok sayıda sığ iç deniz yaratan yüksek östatik deniz seviyelerine neden oldu. Bu okyanuslar ve denizler, soyu tükenmiş deniz sürüngenleri, ammonitler ve rudistlerle doluyken, sığ-ılık denizlerde resifler oluşurken, karada dinazorlar hakim olmaya devam etti. Dünya buzsuzdu ve ormanlar kutuplara kadar uzanıyordu. Bu süre zarfında, yeni memeli ve kuş grupları ortaya çıktı. Erken Kretase döneminde, çiçekli bitkiler ortaya çıktı ve hızla çeşitlenmeye başladı, daha önce yaygın olan açık tohumlu grupların azalması ve yok olmasıyla aynı zamana denk gelen Kretase'nin sonunda Dünya çapında baskın bitki grubu haline geldi. Çiçekli bitkiler bu dönemin evrimsel çizgisine damgasını vuran belirgin bir evrimsel aşamaydı. Meşe türleri (*Quercus*), akağaç (*Acer*), manolya (*Magnolia*), ceviz (*Juglans*), huş (*Betula*) ve dişbudak (*Fraxinus*) ağaçları çiçeksi odunsu bitkilerin bugüne ulaşan cinslerinden bazılarıdır. Günümüzdeki floranın %90-95'inin çiçekli bitkilerden oluşmasına kadar gelişen açılım Kretase'de ortaya çıkmış ve izleyen dönemlerde başarılı bir biçimde yaygınlaşmıştır. Çiçekli bitkilerin bu avantajı üreme ve yayılma olanakları açısından böcekler gibi farklı türlerden de yararlanmış olmalarına bağlı oldu. Kretase (Mesozoyik ile birlikte), kuş olmayan dinazorlar, pterosaurlar ve büyük deniz sürüngenleri de dahil olmak üzere birçok grubun öldüğü büyük bir kitlesel yok oluş olan Kretase-Paleojen yok olma olayıyla sona erdi (URL-10).

Senofitik flora, ilk kez Kretase devrinde görülen ve Dünya tarihinde çiçekli bitkilerin (angiosperms) hızla çeşitlenip (Pteropsida eğreltilerinin bazı katkılarıyla) ve karasal ekosistemlerde baskın hale gelerek, modern bitki örtüsünü doğuran bir zamanı temsil eder. İklim, olasılıkla alışılmadık derecede yüksek deniz tabanı yayılma oranlarıyla ilişkili çok aktif volkanizma nedeniyle, genellikle bugün olduğundan daha sıcak ve daha nemliydi. Palinolojik kanıtlar, Kretase ikliminin üç geniş faza sahip olduğunu gösteriyor: erken Erken Kretase sıcak-kuru faz, geç Erken-Orta Kretase sıcak-nemli faz ve Geç Kretase soğuk-kuru faz (Wang vd., 2022). Jurassik devrinin sonundaki soğuma eğilimi, Kretase'nin erken sürecine kadar devam etti. Bu devirde yüksek enlemlerde kar yağışlarının yaygın olduğuna ve tropik bölgelerin Triyas ve Jura'da olduğundan daha nemli olduğuna dair kanıtlar vardır (Kazlev, 2010). Bu ısınma, büyük miktarlarda karbondioksit üreten yoğun volkanik aktivitelerden kaynaklanıyor olabilir. 70 ile 69 My ve 66-65 My arasında, izotopik oranlar, 1000-1400 ppmv seviyelerinde yüksek atmosferik CO₂ basınçlarını ve Batı Teksas'ta 21 ile 23 °C arasındaki ortalama yıllık sıcaklıkları ve atmosferik CO₂ ve sıcaklık ilişkileri, pCO₂'nin ikiye katlanmasına sıcaklıkta ~0,6 °C'lik bir artışın eşlik ettiğini gösteriyor (Nordt vd., 2003). Genişleme tektoniğine atfedilen büyük miktarlarda magma üretimi, deniz seviyelerini daha da yükseltmiş, böylece kıtasal kabuğun geniş alanları sığ denizlerle kaplanmıştır. Tropikal okyanusları doğudan batıya bağlayan Tetis Denizi de küresel iklimin ısınmasına yardımcı oldu. Tropikal deniz yüzey sıcaklıklarının ortalama olarak 37 °C civarında olduğunu gösteriyor. Bu arada, derin okyanus sıcaklıkları bugüne göre 15 ila 20 °C daha sıcaktı (URL-10).

Paleocoğrafik yaklaşımlar, Geç Kretase'de Sakarya mikro-kıtasını (KB Anadolu), kuzeyde Avrasya Plakasının uzantısı olarak Pontidler, güneyde ise Afrika Plakası tarafından sınırlayan Neotetis Okyanusu'nun ortasında bir kıta şeridi olarak şekillendirmektedir. Bu dönemde Sakarya havzasını da içine alan bu okyanusal adalar üzerindeki bitki örtüsü, en Geç Kretase'de depolanmış deniz altı yelpaze çökellerinin yüzlek verdiği Nallıhan bölgesinden, palinolojik verilere dayanılarak; farklı ve çok çeşitli angiospermelerin (kapalı tohumlular; *Normapolles*, *Postnormapolles*, *Juglandales*, *Myricales* gibi) ve birkaç gymnosperm (açık tohumlu; *Pinus*, *Cedripites*, *Taxodiaceae*) ve egemen eğrelti (nehir kenarı, kıyı bataklıklarında yaşayan sucul bryophyt, pteridophyt) bitkilerinin katıldığı bir flora ile tanımlanmıştır (Akgün vd., 2019). Örneklerden tanımlanan dinoflagellat formları, kıyı açığı (dış neritik) denizel koşullarda gerçekleşen çökeltiye, kesit boyunca çalışılan aralıkta, karasal flora (konifer örtüsüyle kaplı nispeten kurak iç kesimler) girişinde (karadan malzeme girişi) artışın başladığını göstermektedir. Bu çalışmada gymnospermlerden *Araucariaceae* ailesine ait birkaç polen formu gözlenmiştir. Bu antik kozalaklı aile, Triyas'ta ortaya çıkmış (Axsmith & Ash, 2006), Jura ve Kretase'de kuzey ve güney yarımkürelere dağılımla zirveye ulaşmış ve günümüzde yalnızca güney yarımküre ülkelerinin bazılarında endemik olarak varlıklarını sürdürmektedirler (örn. Kvaček vd., 2018; Wang vd., 2006). Ayrıca Türkiye'nin güneydoğusunda, geç Erken Kretase (Sinanoğlu & Erkmen, 1980) ve Geç Kretase oluşumlarında (Bozova formasyonu) *Araucariaceae* ailesinin polen formları ve yaprak fosilleri tanımlanmıştır. Şu anda Asya'da olmasına rağmen, paleocoğrafik olarak bu bölge, Kretase devrinde Gondwana kara kütesine dahil olan Arap levhasının bir parçasıydı şeklinde değerlendirilmiştir (Kvaček vd., 2019). Erzurum-Oltu, Geç Kretase-olası Maastrichtiyen Dutlu Formasyonu'nundan tanımlanan *Araucariaceae-Agathoxylon*, Örasya'nın güneyinde kaydedilen örnekler kadar, Laurasya'nın en güney kaydı olarak ifade edilmektedir

(Kutluk vd., 2012). Tüm bu veriler, Geç Kretase’de, Lavrasya ve Gondwana arasında Tetis okyanusundan çıkan izole adalarda, büyük/yüksek dağ sıraları olmadan sıcak ve benzer iklim koşullarında, küresel olarak iğne yapraklı ormanların hakim olduğu bir vejetasyonunun varlığını tanımlamaktadır (Şaroğlu & Yılmaz 1986; Yılmaz vd., 1997; Görür & Tüysüz, 2001; Okay 2008; Kutluk vd., 2012; Akgün vd., 2019).

Orta Anadolu Cihanbeyli-Yeniceoba havzasında, karasal ve sığ denizel (kıyı düzlüğü) ortamlarında gelişmiş Kartal formasyonundan (Geç Kretase-Erken Paleosen), Koniferlerin (Pinaceae) eşlik ettiği Normapolles, Postnormapolles gibi kapalı tohumlular, eğreltiler (Gleicheniaceae, Plagiogyriaceae, Pteridophyta, Pteridaceae-*Pteris*, Mangrove eğreltileri (Pteridaceae), tırmanıcı eğreltiler (Lygodiaceae-*Lygodium* vb.) ve otsul/çalı Angiospermlerden (Caryophyllaceae, Asteraceae, Caprifoliaceae-*Lonicera*, Geraniaceae) oluşan Mezo ve Senofitik flora karışımı ortaya konmuştur (Herece vd., 2016). Böylece, çiçekli bitkiler Erken Kretase Dönemi’nde ortaya çıkmış ve dönemin sonunda hızla çeşitlenerek baskın bitki grubu olarak kozalaklı ağaçların ve diğer açık tohumluların yerini almıştır.

4. Senozoyik Zaman

Kayalar, tortular, sondaj karotları, buz tabakaları, bitkiler ve bitkilerin birçok organı (polen, spor, yaprak vs.), ağaç halkaları, mercanlar, kabuklar, duraylı izotop değerlerindeki farklılaşma ve mikrofosiller içinde korunan veriler, dünya atmosferinin jeolojik zamanlarındaki koşullarını ve değişimini belirlemek için kullanılmaktadır. Paleoklim çalışmaları altında değerlendirilen tüm bu çalışmaların bilimsel alanı 20. yüzyılda olgunlaşmaya başlamıştır. Paleoklimbilimciler Dünya’nın maruz kaldığı buzullaşmalar, Genç Dryas gibi hızlı soğuma olayları ve Paleosen-Eosen Termal Maksimum sırasındaki hızlı ısınma gibi küresel iklim olaylarını ayrıntılı olarak ve çeşitli yöntemler kullanarak çalışmışlardır (Sahney & Benton, 2008). Mesozoyik’te olduğu gibi Senozoyik’te de paleoçevre ve paleobiyoçeşitliliği belirleme ve değişimiyle ilgili araştırmalar, genellikle iklimin, kitlesel yok oluşlar, biyotik çeşitlenme ve küresel ısınma üzerindeki etkisini yansıtmaktadır.

Senozoyik, Dünyanın tarihinin son 66 My temsil eden ve hala mevcut olan jeolojik zamanıdır. Canlı yaşamının evrimleşmesinden bu yana Mesozoyik ve Paleozoyik’ten sonra gelen üç jeolojik zamanın sonuncusudur. Memelilerin, kuşların ve çiçekli bitkilerin baskınlığı, soğuyan ve kuruyan dinamik bir iklim ve kıtaların mevcut konumuna ulaşmaya kadar değişen kıtasal kabuk hareketleri ve deniz seviyesi değişimleri ile belirgindir. Bu zaman, birçok uzman tarafından büyük bir asteroid veya başka bir gök cismi olan Chicxulub çarpma etkisine dayandırılan bir olay sonucunda, dinazorlar da dahil olmak üzere birçok türün neslinin tükendiği Kretase-Paleojen yok olma olayıyla başlamaktadır. Ayrıca Dünya’nın her iki yarım küresine de hakim olan karasal hayvanların memeliler olması nedeniyle Senozoyik, Memeliler Çağı olarak da bilinmektedir. Bu çağda Dünya’nın Kuzey yarımküresinde Eutherianlar (plasentallar), güney yarımküresinde ise Metatherianlar (şimdi esas olarak Avustralya ile sınırlı olan keseliler) yayılım gösterdiği fosil kayıtlarıyla kanıtlanmıştır. Kretase-Paleojen yok olma olayının ardından, pek çok grubun neslinin tükenmesi memelilerin ve kuşların büyük ölçüde çeşitlenmesine izin vermiş ve böylece büyük memeliler ve kuşlar Dünya’daki yaşama hakim olmuşlardır (Maureen vd., 2013).

4.1. Paleojen (66My-23My) ve Anadolu

Paleojen, 66 milyon yıl önceki Kretase Devri'nin sonundan Neojen Devri'nin başlangıcına (23,03 My) kadar 43 milyon yılı kapsayan jeolojik bir devirdir. Phanerozoic Üst Zaman'ın Senozoyik Zaman'ın başlangıcıdır. Bu zaman Paleosen, Eosen ve Oligosen devirlerinden oluşmaktadır.

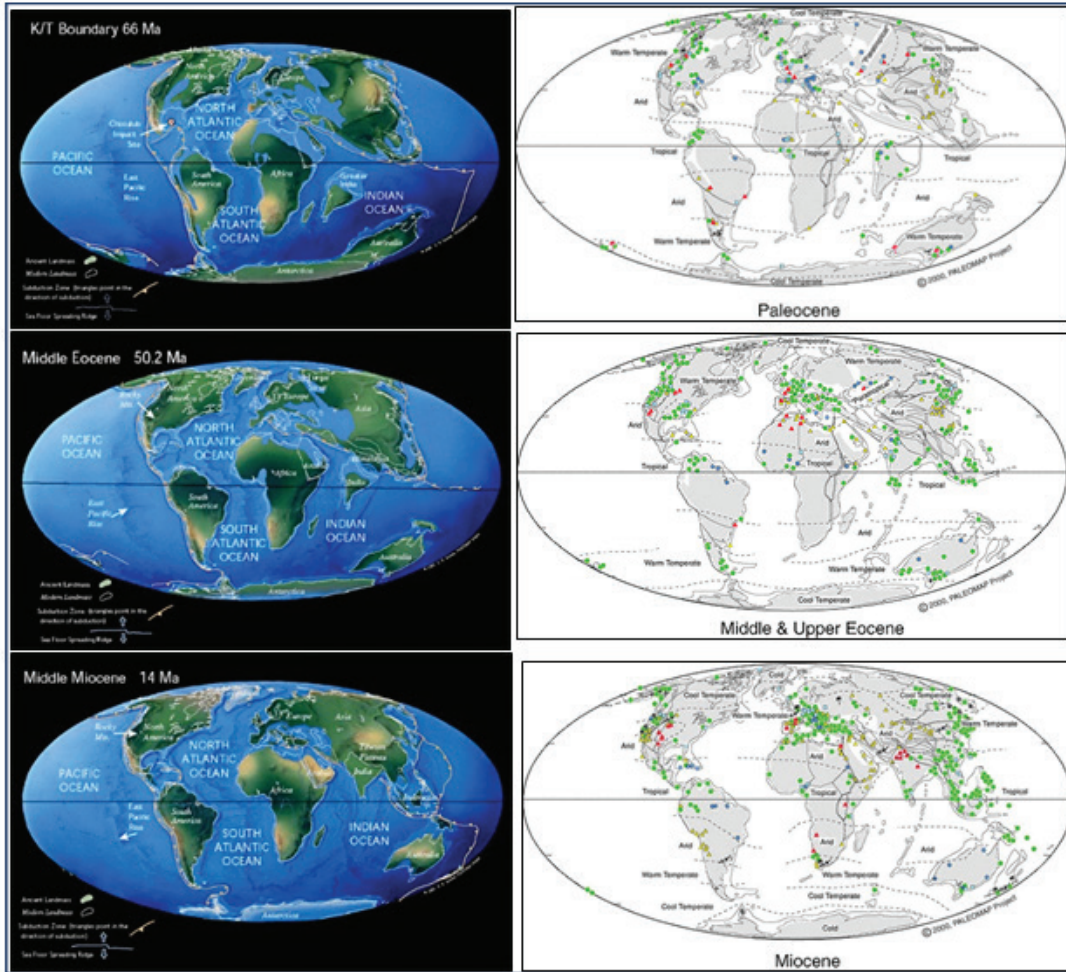
Bir asteroit çarpması (Chicxulub çarpması) ve muhtemelen volkanizmanın (Deccan Tuzakları) neden olduğu Kretase-Paleojen yok olma olayı Paleosen'in başlangıcında oluşmuştur (Meredith vd., 2011). Bu yok oluş, dinazorların da içerisinde olduğu, Dünya üzerinde yaşayan türlerin %75'inin yok olmasına neden olmuştur. Paleosen'de, Kuzey Yarımküre'deki kıtalar hâlâ bazı kara köprüleri aracılığıyla birbirine bağlı olarak bulunmaktadır ve bu dönemde Güney Amerika, Antarktika ve Avustralya henüz tamamen ayrılmamıştır. Paleosen'de Dünya paleocoğrafyasının karasal alanlarında, günümüzde batı Kanada'da en kuzeyinden, Amerika Birleşik Devletleri'nin güneybatısındaki New Mexico'ya kadar uzanan Rocky Dağları yükselmesi devam ediyordu, Amerika kıtası henüz birleşmemişti, Hint Plakası Asya ile çarpışmaya başlamıştı ve Kuzey Atlantik Magmatik olayları (North Atlantic Igneous Province) son 150 milyon yılın üçüncü en büyük magmatik olayında şekilleniyordu. Paleosen'in sonunda (56 My), yaklaşık 2.500-4.500 gigaton karbonun atmosfere ve okyanus sistemlerine salınması, küresel sıcaklıklarda ve okyanus asitlenmesinde ani bir artışla gözlenmiştir (URL-12). Senozoyik sırasındaki en önemli küresel değişim olaylarından biri olan, okyanus ve atmosferik dolaşımı bozan ve çok sayıda derin deniz bentik foraminiferinin yok olmasına yol açan, Paleosen-Eosen Termal Maksimum'u (PETM) ile bu devir son bulmuştur (Şekil 15). Paleosen iklimi, Kretase'deki gibi tropikal veya subtropikaldir, kutuplarda ise ılıman ve buzulsuz bir paleortam vardır. Ortalama küresel sıcaklık 24 – 25 °C. Bu periyod'daki küresel derin su sıcaklıkları, yaklaşık 8–12 °C (günümüzde 0–3 °C) arasında değişmektedir. Kretase-Paleosen, Anadolu'da denizel ve birçok yerde derin denizel özellikte olup, Neotetis'in tektonik gelişimde levhalar arası yaklaşma rejiminin başlamış olması ve Neotetis'in kuzey kolunun Paleosen sonu, Eosen başında kapanması en önemli hareketlerdir.

56,0 ile 33,9 My arası Eosen zamanı olarak adlandırılmaktadır ve bu zamanda tropikal iklim koşulları hakimdir. Eosen'de küresel olarak tanımlanan sıcak ve nemli iklim koşulları o zamanın paleocoğrafyasında kıyı alanlarında mangrov bitki topluluğunun yayılmasına neden olmuştur. Tipik olarak, mangrovlar 25° K and 25° G enlemleri arasında, tropik ve subtropiklerde, tuzlu kıyı tortullarında büyüyen yıllık sıcaklık ortalamasının 19°C (66°F) nin altına düşmediği alanlarda yer almaktadırlar (Şekil 15). Kara alanlarının içerisinde ise tropikal iklim koşullarına adapte olmuş bitki toplulukları (örn. *Cicatricosisporites*, Sapotaceae, *Engelhardia*, *Plicapollis* ve *Plicatopollis*) yayılım gözlenmektedir. Mangrov ormanı (örn. *Pelluciera*, *Acrostichum*, *Nyssa*, *Barringtonia*, *Avicennia*, *Rhizophora*, *Sonneratia*, *Acanthus*, *Bruguiera*, *Cerriops* ve *Excoecaria*) tatlı su gereksinimi olsa da deniz suyunun tuzluluğuna dayanımlı bitkilerin kıyıda kara alanına doğru oluşturduğu zonlar ile temsil edilmektedir. Anadolu'da karasal Eosen kayıtları (örn. Yozgat, Çorum, Bolu, Karabük, Niğde-Ulukışla ve Denizli) sınırlı alanlarda belirlenmiştir. Kömür ve organik maddece zengin kilaşları içeren bu Eosen yaşlı tortul istiflere ait palinolojik verilere bağlı olarak mikroflorası

oldukça zengindir ve birçok çalışmacı tarafından sıcaklığı seven bitkilerin bolluğu ve paleodeniz kıyısı alanlarının varlığına işaret eden mangrove bitki topluluğunun varlığı ile tanımlanmıştır (Akyol, 1980; Akgün vd., 2002; Akkiraz vd., 2008). Anadolu'da *Nypa*, *Avicennia*, *Pelluciera* vs. ile temsil edilen bu mangrove bitki topluluğu, nemli tropikal iklim koşullarının varlığı nedeniyle oldukça yüksektir, 1200 ile 1400 mm arasında yer almaktadır (Kayseri-Özer, 2014). Eosen'de Anadolu'da karasal alanlar düşük orografiyle temsil edilmektedir, bu nedenle yüksek bir paleo-yükseltinin varlığına işaret eden gymnospermiler (örn. *Abies*, *Picea*) polen kayıtlarında gözlenmemektedir. Ancak ova ve düşük topografyalı alanlarda, termofil bitkilerin bolluğu ve çeşitliliği dikkat çekicidir. Ayrıca, Anadolu'nun Eosen'de biyoçeşitliliğine örnek olarak, *Nothofagus* ve *Fupingopollenites* varlıkları eklenebilir. *Nothofagus* güney yarıkürede ılıman kuşakta yer almaktadır. Almanya ve İngiltere'nin Orta Eosen-Erken Oligosen zaman aralığına ait palinofloraların kayıt edilen *Nothofagus*, Anadolu'nun Karabük ve Bolu-Hatıldağ Orta Eosen palinofloralarında ilk kez tanımlanmıştır (Akgün vd., 2019). Tropikal iklim koşullarının hakim olduğu bu süreçte *Nothofagus*'un bu sıcak koşulları tolere ettiği belirtilmiştir (Reas & Hope, 1996). *Fupingopollenites wackersdorffensis* formu Çin'de Eosen-Pliyosen aralığına ait palinofloralarda kayıt edilmiştir (Akgün vd., 2016). Çin kökenli olan ve ılıman iklim koşullarında gelişen bu form, Eosen'de ki varlığı bir diğer biyoçeşitlilik değeridir. Palinolojik kayıtlara bağlı sayısal iklimsel verilere göre, Eosen'de karasal ortamlardaki en soğuk ay sıcaklıkları yaklaşık 11-12 °C, denize yakın alanlarda ise 23 °C derecenin üzerinde hesaplanmıştır (Kayseri-Özer, 2014).

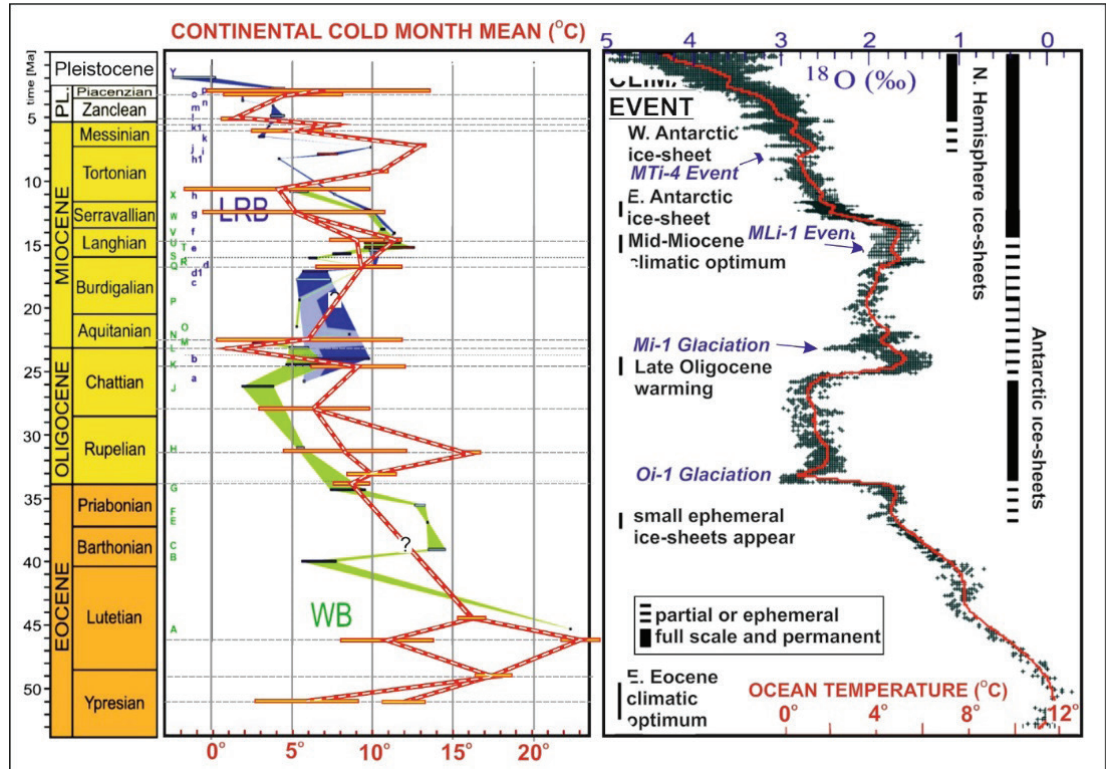
Erken Eosen boyunca metan, iklim üzerinde ciddi etkisi olan bir başka sera gazıdır. Bu süre zarfında atmosfere salınan metanın çoğu sulak alanlardan, bataklıklardan ve ormanlardan sağlandığı bilinmektedir. Erken Eosen'de ki metan üretimi günümüz atmosferik metan seviyesinin üç katına karşılık gelmektedir. Orta'dan Geç Eosen'e geçiş, yalnızca ısınmadan soğumaya geçişe değil, aynı zamanda karbondioksitin artmasından azalmasına da işaret etmektedir (Bowen & Zachos, 2010). Eosen Optimum'un sonunda, artan silisli plankton üretkenliği ve denizde karbon gömülmesi nedeniyle karbondioksitin azalmaya başladığı kanıtı olarak gösterilmektedir. Erken Eosen dönemindeki ılıman iklimle birlikte Arktik'te ki artan sıcaklık, Kuzey Buz Denizi'nde yüzen bir su eğreltiotu olan *Azolla*'nın büyümesine (*Azolla* Olayı) ve yayılmasına neden olmuştur (Speelman vd., 2009). *Azolla* Olayından önce karbondioksit konsantrasyonlarının 900 ppmv olduğunu varsayarsak, olayın sonrasında 430 ppmv'ye düşmüştür (Bohaty & Zachos, 2003). Orta Eosen sırasında soğuma koşullarının ani ve geçici olarak tersine dönmesi olan bir başka olay da Orta Eosen İklimsel Optimum'dur. Sıcak paleoiklim koşullarının gözlemlendiği Orta Eosen İklimsel Optimum'un sonunda, soğuma ve karbondioksit düşüşü geç Eosen boyunca ve yaklaşık 34 milyon yıl önce Eosen-Oligosen geçişine kadar devam etmiştir. Oksijen izotopları, Eosen-Oligosen geçişinde atmosferik karbondioksit konsantrasyonunun yaklaşık 750-800 ppm'e düştüğünü göstermektedir (Pearson & Palmer, 2000). Eosen'deki, karbondioksit değişimleri için çeşitli hipotezler geliştirilse de, genel olarak Hindistan kıtasının Asya kıtasıyla çarpışması sonucu Himalayaların oluşması ve atmosfere önemli miktarda karbondioksit salınımına neden olan büyük ölçekli deniz tabanı açılmaları ve metamorfik dekarbonasyon reaksiyonları neden olarak gösterilmektedir (Ding vd., 2016).

Oligosen Dönemi boyunca kıtalar günümüz konumlarına doğru hareket etmeye devam etmişlerdir. Antarktika, Avustralya ve Güney Amerika arasında derin okyanus kanalları oluştuğunda, Antarktika daha izole hale gelmeye başlamıştır. Afrika levhası kuzeyi Avrasya levhasına doğru itmeye devam ederken, Tetis Denizi'nin kalıntılarını izole ederken, Alpler Avrupa'da hızla yükselmeye devam etmiştir. Oligosen'de deniz seviyelerinin erken Eosen'den daha düşük olduğu belirlenmiş ve Avrupa'daki geniş kıyı ovaları, Kuzey Amerika'nın Körfez Kıyısı ve Atlantik Kıyısının açığa çıkmasına neden olmuştur. Avrupa'yı Asya'dan ayıran Obik Denizi (Turgay Denizi), Oligosen'in başlarında geri çekilmeye başlamış ve kıtalar arasında kalıcı bir kara bağlantısı neden olmuştur.



Şekil 15. Paleosen, Orta Eosen ve Orta Miyosen'e ait paleocoğrafya ve paleoklim haritaları (URL-11).

Oligosen dönemindeki iklim, Erken Eosen İklimsel Optimum'u izleyen genel bir soğuma eğilimini yansıtmaktadır. Eosen-Oligosen geçişi, Bartoniyen'den Rupeliyen'e kadar süren geniş bir küresel soğuma eğiliminin parçası olarak, biyosferde büyük bir soğuma olayı gözlenmiştir. Bu geçiş boyunca, oksijen izotop oranlarının %1,3 oranında azaldığı belirlenmiştir. Bunun yaklaşık %0,3-0,4'ünün Antarktika buz tabakalarının büyük ölçüde genişlemesinden kaynaklandığı, %0,9-1,0 ise küresel soğumadan kaynaklandığı öne sürülmektedir. Geçişin sonunda gözlenen atmosferik olaylara bağlı olarak deniz seviyesi 105 metre düştüğü belirlenmiştir. Geçişin etkileri, dünyanın birçok yerindeki jeolojik kayıtlarda görülebilir. Sıcaklık ve deniz seviyeleri düştükçe buz hacimleri artmıştır. Orta Asya'nın soğuması ve kuraklaşması sonucunda, Tibet Platosu'ndaki Playa gölleri yok olmuştur. Geç Oligosen (26,5-24 milyon yıl) düşük pCO₂ seviyelerine rağmen bir ısınma eğilimi tanımlanmış, ancak sıcaklık artışı bölgeden bölgeye değişim göstermiştir.



Şekil 16. Anadolu'nun palinolojik verilere bağlı Eosen'den Pliyosen'e sayısal iklimsel eğrisi (soldaki; Kayseri-Özer 2014, 2017) ve oksijen izotopu değişimine dayalı iklim eğrisi (sağdaki; Zachos vd., 2001).

Eosen'den sonrasında 33,9-23 Milyon yıl aralığında Oligosen dönemi olarak adlandırılan süreçte Anadolu bu günkü coğrafik görünümüne henüz ulaşamamıştı. Ancak karasal alanlarda belirgin bir genişleme sonucunda, karasal Oligosen alanları (örn. Trakya, Isparta, Muğla, Denizli, Muş ve Niğde) daha yaygın bir şekilde gözlenmiştir. Karasal Oligosen tortullarından

elde edilen palinolojik kayıtlara göre, sıcaklık değerlerinde belirgin bir azalış gözlenmiştir (Şekil 16). Küresel olarak izlenen Eosen'nin tropikal iklim koşulları, Oligosen'de ılık subtropikal'e değişmiştir. Ancak yinede denize kıyısı olan alanlara ait polen kayıtlarında, daha sıcak paleoiklim koşullarının varlığına işaret eden bitki topluluklarının ve mangrov florasına ait izlerin verileri elde edilmiştir. Ancak, azalan sıcaklık değerlerine bağlı olarak mangrov florasının kıyı alanlarında çeşitliliği azalmıştır. Oligosen'de bazı bitkiler ise en altın zamanlarını yaşamışlardır. Özellikle *Calamus*-palmiyesi Trakya Oligosen'nin de ilk kez tanımlanmış ve bu cins Dünya paleopalinoloji kayıtlarına eklenerek kabul görmüştür (Ediger vd., 1990). Oligosen boyunca azalan sıcaklık değerlerinde, Geç Oligosen Optimum zamanına doğru yeniden bir artış izlenir. Ancak bu sıcaklık artışı ve devamındaki artışlar hiçbir zaman Eosen zamanındaki sıcaklık değerlerine ulaşmamıştır.

Eosen'den sonra Oligosen'de izlerinin gözlendiği mevsimsellik, Miyosen'de belirgin hale gelmiştir. En düşük sayısal sıcaklık değerleri Doğu Anadolu bölgesinden bilinmektedir (Şekil 16). Oligosen'de başlayan sıcaklık düşüşünün Miyosen'de devam etmesi nedeniyle, nem değerlerinin yeterli olmasına karşın, denize kıyısı olan alanlarda düşük çeşitliliğe sahip mangrov bitki topluluğunun devamlılığını sürdürebilmesine yetmemiştir. Yalnızca, mangrov gerisi bitki topluluğu yüzdesi ve çeşitliliği (*Acrostichum aureum*, *Calamus*, *Arecaceae*) azalarak varlığını devam ettirmiştir. Miyosen'de Anadolu yoğun tektonik aktivite sonucunda günümüzdeki gibi bölgeden bölgeye değişen farklı paleocoğrafik koşullara sahip olmuştur. Bu orografideki değişim ve kara deniz çizgisini konumu, Anadolu'da mikroiklimsel koşulların oluştuğu alanların gelişmesine neden olmuştur. Bu nedenle, Anadolu'da Miyosen dönemi için her yerde benzer iklim ve ortam koşullarının varlığından söz etmek mümkün olmamaktadır. Miyosen sonrasında, azalan sıcaklık değerlerine bağlı olarak Pliyosen'de iklimsel koşullar subtropikalden ılıman iklim koşullara değişmiştir. Azalan nemlilik ve sıcak nedeniyle, Anadolu'da Miyosen'nin yaygın orman florası yerini düz orografیه sahip alanlarda, geniş otsul açıklıklara bırakmaya başlamıştır. Günümüze doğru iklimsel değerlerdeki bu azalış hala devam etmektedir (Kayseri & Akgün, 2008; Akgün vd., 2007; Kayseri-Özer, 2014, 2017).

Akdeniz ikliminin mevsimsel özelliğinin bu dönemden sonra evrildiği düşünülmektedir. Pliyosen'de de Miyosen zamanında olduğu gibi Anadolu'da zengin bitki örtüsü nedeniyle Pliyosen kömür havzaları bulunmaktadır. Ancak tektonik olaylara bağlı olarak havza boyutunda ve yersel dağ kuşaklarının yükselimleri küresel iklim koşullarının etkilerinin yanı sıra, bölgesel olarak ta değişmesine neden olmuştur. Tüm bulgulara göre, Anadolu'da 56 My yıldan Pleyistosen'e kadar (2.58 my), günümüzde de olduğu gibi başlıca; enlem/boylam, jeolojik formasyonların litolojileri ve topoğrafya değişimleri, paleovejetasyonun şekillenmesinde önemli rol oynamıştır.

Verbenaceae (*Avicennia*), Sapotaceae, Leguminosae, Sapindaceae, Bombacaceae (*Bombax*), Lauraceae, *Engelhardia*, *Platycarya*, Arecaceae, Taxodiaceae, *Nyssa* p.p., *Glyptostrobus* gibi tropik-subtropik bitkiler ile *Cathaya*, *Tsuga* (sıcak-ılıman ve ılıman) için Anadolu en azından Geç Pliyosen sonuna (2,62 My) kadar bir sığınak alanı olmuştur. *Glyptostrobus* ve *Carya* yakın bir geçmişe kadar (~3 My) güney Karadeniz kıyı şeridinde devam etmiştir ve olasılıkla Holosen’de insan etkisiyle yok edilmiş olmalıdır. Ancak, *Liquidambar*, *Carya*, *Pterocarya*, *Zelkova*, *Parrotia persica*, *Eucommia*, *Cedrus*, *Cathaya* ve *Tsuga*’nın Anadolu’dan kaybolmaları, erken Orta Pleyistosen’e kadar devam ettirmiştir (~1 My). *Tsuga* gibi kuraklığa dayanıklı olmayanlar, daha dayanıklı olan *Cedrus* gibi diğer kozalaklı ağaçlarla rekabet edemeyip, ortadan kalkmışlardır. *Cedrus*, *Liquidambar*, *Pterocarya* ve *Phoenix*’ın halen dar alanlarda devamı gözlenmektedir. Anadolu’nun Pleyistosen buzul çağları döneminde buzul sığınağı rolünü üstlenmesiyle, geçmiş zamanlarda ılıman iklimlerde rastlanan türlerin bazılarının, Anadolu’da kalıntı halde halen varlıklarını sürdürebilmelerini sağlamış ve çok sayıda endemik tür ve cins barındırır hale gelmiştir (Atalay, 1994; Kotthoff vd., 2008; Avcı, 2012; Şenkul & Doğan, 2013; Biltekin vd., 2016; Suc vd., 2018; Türkeş, 2013, 2022)

5. Değerlendirmeler

- Jeolojik zaman ölçeği içinde başta iklim olmak üzere, ekolojik koşulların değişiminde ve denetiminde önemli görev üstlenen kıta hareketleri, jeomorfoloji, deniz ve kara etkisi-bakısı, deniz düzeyi değişimleri, atmosferik oksijen ve CO₂ konsantrasyonu ve sıcaklık değişimleri etkili olmuştur. Dünyadaki canlıların biyocoğrafik yayılışları ve yüksek evrimleşme özelliğinin, bu çoklu itici etkilerin kontrolünde gerçekleştiği açıktır.
- Dünya’nın iklimi, Fanerozoik boyunca, insan CO₂ emisyonları olmadan bile, hiçbir zaman istikrarlı olmamış ve her zaman değişmiştir.
- Fanerozoik zamanlarında ortalama atmosferik CO₂ konsantrasyonları ve sıcaklık dalgalanmaları arasında zayıf bir ilişkinin olduğu, dünyanın iklimini etkileyen farklı faktörler arasında CO₂’in baskın bir zorlayıcı gibi görünmediği savunulmaktadır.
- Derin Jeolojik zaman içindeki iklim değişimlerinin, bitkisel biyoçeşitliliğin evrimi ve günümüzdeki bitki topluluklarının dağılımı üzerindeki etkisi büyüktür.
- Geç Neojen ve sonrasında devam eden yükselmeler ve yeni topoğrafik oluşumlar, iklim değişiklikleri ile karasal ve sucul habitat çeşitliliği, Anadolu’da yüksek ekosistem ve biyoçeşitliliğinin gerçekleşmesini sağlamıştır.
- Ortalama global sıcaklık değerlerinde (OGS), en yüksek 26-27 °C’den günümüz 14,5 °C (sıcak/sera koşulları- Cambriyen-Ordovisiyen, Orta Devoniyen, Permo-Triyas, Geç Kretase, PETM, EEOC, MECO, MMCO) ve en düşük 13 °C’den günümüz 12,4 °C (soğuk/ buzullanma- En Geç Ordovisiyen, Permo-Karbonifer, Jurasik-Erken Kretase, Kretase-Tersiyer Yok oluş kışı -11,8°C, LGM) gözlenen çok sayıda değişimler, Paleozoik başından günümüze, insan etkisinin gözlemlendiği süreçte artan sıcaklıklar

dışarıda bırakılırsa, genel çizgilerde bir düşüş trendi içinde olduğu görülmektedir.

- Anadolu'nun, jeolojik tarihi boyunca değişen paleocoğrafik görünümü, eşsiz bir topoğrafik ve iklimsel çeşitliliğe sahip olmasını desteklemiştir. Geçmiş atmosferik CO₂ konsantrasyon eğrileri değerlendirildiğinde; Kambro-Ordovisiyen (500 My) devri CO₂ konsantrasyonu 3000 ila 9000 ppm arasındaydı, Karbonifer sırasında konsantrasyonda şiddetli bir azalma (300 My – 385 ppm) ve Permian-Triyas süresince ~210 ppm ile olağanüstü düşük seviyelere indiği, Orta Triyas'la birlikte (kısmen 220 My önce) CO₂ konsantrasyonunun artmaya başladığı, salımlı olarak orta Pliyosen'e (4 My önce) kadar yüksek kaldığı ve son tarımsal faaliyet ve sanayi devrimlerine kadar tekrar yaklaşık 210 ppm'ye düştüğü görülmektedir. Geç Devonian'de karasal habitatlar Lycopodlar (yüksek eğreltiler), Sphenopsidler (atkuyrukları) ve fernlerin (eğreltiler) erken formlarıyla meşgulken, Karbonifer'de egemen bitki topluluklarını oluşturmaktadırlar. *Cordaites*'ler (Palmiye-Kozalak arası) sönmüş gymnospermler olarak Karbonifer ormanlarının önemli formlarıdır. Özellikle Karbonifer Permian'de gelişmiş Seed ferns (Tohumlu eğreltiler), Kretase sonunda yok olurlar. Koniferler (kozalaklılar), Permian-Triyas sırasında baskın bitki örtüsü, Cycadlar (Palmiyeler), Caycadeoidler (Palmiye benzeri gymnospermler) ve daha sonra angiospermler (kapalı tohumlular), salımlarla birlikte, CO₂ konsantrasyonları artarken, sonraki Jura ve Kretase çağlarında aşamalı olarak yer değiştirirler. Günümüzden geriye doğru bakıldığında, Angiospermler Geç Jurasik'ten-Erken Kretase'ye (~143 My) ve birçok gymnospermin yaygın ataları Karbonifer'den Permian (~280 My) geçişine kadar izlenir.

8. Kaynaklar / References

- Ağralı, B. (1969a). Amasra Karbonifer Havzasındaki Bazı Münferit Kömür Seviyelerinin Palinolojik Etüdü Ve Yaş Tayinleri. *T.Ç.K. Bül.*, XII, 1-2, 10-28, Ankara.
- Ağralı, B. (1969b). Amasra Ve Zonguldak Havzalarındaki Alt Karbonifer Seviyelerinin Palinolojik Mukayesi. *T.Ç.K. Bül.*, 1-2, 95-112, Ankara.
- Ağralı, B. (1970). Amasra Karbonifer Mikrosporlarının incelenmesi (III), *Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg.* 75, 50-90, Ankara.
- Ağralı, B., & Akyol, E. (1967). Hazro Kömürlerinin Palinolojik İncelemesi ve Permo-Karbonifer'deki Görsel Horizonların Yaşı Hakkında Düşünceler. *Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg.*, 68, 1-26, Ankara.
- Ağralı, B., & Konyalı, Y. (1969). Amasra Karbonifer Mikrosporlarının incelenmesi (I-II). *Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg.*, 73, 49-148, Ankara.
- Ağralı, B., Akyol, E. & Konyalı, Y. (1965). Bayburt Bölgesinde Dogger Mevcudiyetinin Palinolojik Yolla İspatı. *Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg.*, 65, 42-53, Ankara.
- Akgün, F. (1990). Amasra-Bartın Karbonifer Havzası Kömürlerinin Palinolojisi ve paleoekolojisi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniv. Fen Bilimleri Enst., 161, İzmir.
- Akgün, F., & Akyol, E. (1992). Amasra-Bartın Karbonifer Havzası Kömürlerinin Palinolojisi ve Paleoekolojisi. *Doğa-Türk Yerbilimleri Dergisi, Tübitak*, 49-56.

- Akgün, F., Akay, E., & Erdoğan, B. (2002). Terrestrial to Shallow Marine Deposition in Central Anatolia: A Palynological Approach. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 11, 1-27.
- Akgün, F., Kandemir, R., & Barbacka, M. (2004). Palynostratigraphic correlation of Jurassic coal occurrences, their floristic features and depositional environments in the Eastern Pontides, NE Türkiye (June 4-9, Spain).
- Akgün, F. & Kayseri Özer, M. S. (2023). Anadolu'dan Paleobotanik ve Paleopalinolojik Verilerle Bitki Örtününün Geçmişe Tepkileri: Mesozoyik. 75. *Türkiye Jeoloji Kurultayı (pp.1)*. Ankara, Türkiye.
- Akgün, F., Kayseri, M.S., & Akkiraz, MS. (2007). Palaeoclimatic evolution and vegetational changes during the Late Oligocene-Miocene period in Western and Central Anatolia (Türkiye), *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 253, 56-106 pp.
- Akgün, F., Kayseri-Özer, M. S., İşintek, İ., Kandemir, R., & Yağmurlu, F. (2011). Isparta ve Gümüşhane (G ve KD Türkiye) Triyas-Orta Jurasik Periyoduna Ait İklimsel Değerlendirmeler. *64th Geological Congress of Türkiye Ankara*, 132-133.
- Akgün, F., Kayseri-Özer, M.S., Tekin, E., Varol, B., Herece, E.İ., Gündoğan, İ., Sözeri, K. & Şen, Ş. (2016). *Fupingopollenites wackersdorffensis* and *Margocolporites Vanwijhei* Finding in the Oligocene Deposits from Şereflikoçhisar and Ulukışla Regions (Central Türkiye), *2nd International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS)*, 265p., (24-28).
- Akgün F, Ocakođlu, F., Kayseri Özer, M.S. & Wagreich, M. (2019). Preliminary Palynological Data from the Campanian Sakarya Archipelago: Evidences for Vegetation Cover and Paleo-environments, *International Earth Science Colloquium on the Aegean Region*, Türkiye-İzmir.
- Akgün, F., Tekin, E., Kayseri Özer, M.S., Karakaş, Z., Ayyıldız, T., Varol, B., Gündoğan, İ, Herece, E., Us, M. S., Akışka, E., 2019. Palaeoenvironmental evolution of the Eocene Marine Evaporite bearing units in the Western Pontides (Karabük area of NW Türkiye): Palynoflora, Foraminifers, Nannoplanktons and Clay mineralogy, *International Earth Science Colloquium on the Aegean Region*.
- Akkiraz, M.S., Kayseri, M.S., & Akgün, F. (2008). Palaeoecology of Coal-Bearing Eocene Sediments in Central Anatolia (Türkiye) Based on Quantitative Palynological Data. *Turkish journal of Earth Sciences* 17, 317-360.
- Akkemik, Ü., Kandemir, R., Güngör, Y., & Körođlu, F. (2022). Palaeobiogeographical implications of the first fossil wood flora from the Jurassic of Türkiye. *Acta Palaeontologica Polonica*, 67, 745-766,
- Akyol, E. (1974a). Palinoloji numunesi alımı hakkında not. *Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg.* 82, 8487, Ankara.
- Akyol, E. (1974b). Zonguldak, Üzülmez Bölgesi, Asma Bölümündeki -50 Kotlu Galeri Güney ve Doğu Kanatlarının Kestiđi Namuriyen ve Vestfaliyen A Yaşlı Damarların Palinoloji İncelenmesi. *Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg.* 83, 47-108, Ankara.
- Akyol, E. (1978). Stratigrafik Palinoloji, Kömür İşletmeciliği ve Bir Örnek, Ege Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi, İzmir.
- Akyol, E. (1980a). *Auriculimembranispora* A novel spore obtained from the Upper Devonian Section in Düzağaç (Kozan-Adana). *Bull. Min. Res. Exp.* 91, 35-38 (in Turkish).

- Akyol, E. (1980). Etude palynologique de l'Eocène de Bayat (Çorum-Turquie) et essai de corrélation entre Karakaya et Emirşah. *Mineral Research and Exploration Institute of Türkiye (MTA) Bulletin* 91, 39-53.
- Akyol, E. (1981). Etude palynologique préliminaire du passage Dévono-Carbonifère dans la coupe de Düzağaç (Kozan-Adana). *Aegean Earth Science* 1, 1-10.
- Alişan, C., & Derman, A. S. (1995). The first palynological age, sedimentological and stratigraphic data for the Çakraz Group (Triassic), Western Black Sea. In: Geology of the Black Sea region, Erler, A., Ercan, T., Bingöl, E., Özçen, S. (eds.). General Directorate of Mineral Research and Exploration and Chamber of Geological Engineers, Ankara; 93-98.
- Alişan, C. (1990). The palynostratigraphy and organic matter characteristics of the Yiğınlı-Köprülü (Upper Devonian-Lower Carboniferous) and Kaş-Gomaniibrik (Permian) formations, Hakkari, S.E. Türkiye. *8 th Petroleum Congress of Türkiye Turkish Association of Petroleum Geologists Uctea Chamber of Petroleum Engineers*. 79-91.
- Alişan, C. (1994). Palynomorph biostratigraphy of Devonian-Triassic Units, Eastern Mardin (SE Türkiye). Ankara University, Ph.D. Thesis. 1-183.
- Algeo, T. J., & Scheckler, S. E. (1998). Terrestrial-marine teleconnections in the Devonian: links between the evolution of land plants, weathering processes, and marine anoxic events. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 353, 113-130.
- Algeo, T. J., Berner, R. A., Maynard, J. B., Scheckler, S. E., & Archives, G. S. A. T. (1995). "Late Devonian Oceanic Anoxic Events and Biotic Crises: "Rooted" in the Evolution of Vascular Land Plants?". *GSA Today*. 5 (3).
- Antonelli, A., Hiscock, S., Lennon, S., Simmonds, M., Smith, R. J., & Young, B. (2020). Protecting and sustainably using the world's plants and fungi. *Plants People Planet*, 2, 368-370.
- Artüz, S. (1957). Die Spore Dispersae Der Turkischen Steinkohle Von Zonguldak-Gebiet (Mit Besonderer Beachtung Der Neuen Arten Undgenera). *Rev. Fac. Sci. Univ. İstanbul*, B.XXII, 4, İstanbul.
- Artüz, S. (1959). Zonguldak bölgesindeki Alimollai Sulu ve Büyük kömür damarlarının sporolojik etüdü. İstanbul Üniversitesi Fen. Fak. Monog., 15, İstanbul.
- Artüz, S. (1963). Amasra-Tarlaagzı Kömür Bölgesindeki Kalın Ve Ara Damarların (Vestfaliyen C) Mikrosporolojik Etüdü ve Korelasyon Denemesi, İ. Ü. Fen Fakültesi Monografileri, 19, İstanbul.
- Atalay, İ. (1994). Türkiye vejetasyon coğrafyası, E.Ü. Basımevi, Bornova, İzmir.
- Axsmith, B. J., & Ash, S. R. (2006). Two rare fossil cones from the Upper Triassic Chinle Formation in Petrified Forest National Park, Arizona, and New Mexico. *Museum of Northern Arizona Bulletin*, 62, 82-94.
- Avcı, M. (2012). Çeşitlilik Ve Endemizm Açısından Türkiye'nin Bitki Örtüsü. *Coğrafya Dergisi*, 13.
- Bashforth, R., Di Michele, W. A., Eble, C. F., Falcon-Lang, H. J., Looy, C. V., Spencer, & L. G. (2021). The environmental implications of upper Paleozoic plant-fossil assemblages with mixtures of wetland and drought-tolerant taxa in tropical Pangea. *Geobios*, 68, 1-45.

- Berner, R. A. (1999). Atmospheric oxygen over Phanerozoic time. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 96, 10955-10957.
- Berner, R. A., & Kothavala, Z. (2001). Geocarb III: A Revised Model of Atmospheric CO₂ over Phanerozoic Time. *American Journal of Science February 2001*, 301, 182-204;
- Biltekin, D., Popescu, S., Suc, J., Quezel, P., Jimenez-Moreno, G., Yavuz, N., & Cagatay, M. N. (2015). Anatolia: A long-time plant refuge area documented by pollen records over the last 23 million years. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 215, 1-22.
- Bohaty, S. M., & Zachos, J. C. (2003). Significant Southern Ocean warming event in the late middle Eocene. *Geology*, 31, 1017–1020.
- Bowen, J. G. & Zachos, J. C. (2010). Rapid carbon sequestration at the termination of the Palaeocene-Eocene Thermal Maximum. *Nature Geoscience* 3, 866–869.
- Bozdoğan, N., Bayçelebi, O., & Willink, R. (1987). Paleozoic stratigraphy and petroleum potential of the Hazro area, S.E. Türkiye. *The 7th Biannual Petroleum Congress of Türkiye, Ankara*, 117-130 (in Turkish).
- Bozdoğan, N., Alişan, C., & Ertuğ, K. (2005). Devonian deposition in the Southeastern Anatolia. International Workshop Depositional Environments of the Gondwanan and Laurasian Devonian. Abstracts and field trip guidebooks. ISBN: 975-6395-45-1, 19-20.
- Bond, D. P. G., & Wignall, P. B. (2014). Large igneous provinces and mass extinctions: An update. *GSA Special Papers* 505, 29-55.
- Blomenkemper, P., Bäumer, R., Backer, M., Abu Hamad, A., Wang, J., Kerp, H., & Bomfleur, B. (2021). Bennettitalean Leaves From the Permian of Equatorial Pangea-The Early Radiation of an Iconic Mesozoic Gymnosperm Group. *Frontiers in Earth Science* 9, 162.
- Burgess, S.D. (2014). “High-precision timeline for Earth’s most severe extinction”. *PNAS*. 111, 3316-3321.
- Charles, F. (1931). Note sur le houiller d’Amasra (Asie mineure). *Bulletin del la Société géologique Belgique*, 54, 151-178.
- Clack, J. A. (2006). Devonian climate change, breathing, and the origin of the tetrapod stem group. *Integrative and Comparative Biology*, 47, 510-523.
- Cleal, C. J. (2008). Palaeofloristics of middle Pennsylvanian lyginopteridaleans in Variscan Euramerica. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 261, 1-14.
- Clea, C. J., & Cascales-Miñana, B. (2014). Composition and dynamics of the great Phanerozoic Evolutionary Floras. *Lethaia*.
- Cleal, C. J., & Thomas, B. A. (2019). *Introduction to plant fossils*. Cambridge University Press. www.cambridge.org/9781108483445
- Cleal, C.J., & Van Waveren, I. M. (2012). A reappraisal of the Carboniferous macrofloras of the Zonguldak–Amasra Coal Basin, north-western Türkiye, *Geol. Croat.*, 65, 283–297.

- Cleal, C. J., Pardoe, H. S., Berry, C. M., Cascales-Miñana, B., Davis, B. A. S., Diez, J. B., Filipova-Marinova, M. V., Giesecke, T., Hilton, J., Ivanov, D. & vd., (2021). Palaeobotanical experiences of plant diversity in deep time. 1: How well can we identify past plant diversity in the fossil record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 576, 110481.
- Clemens, J. D., & Birch, W. D. (2012). Assembly of a zoned volcanic magma chamber from multiple magma batches: The Cerberean Cauldron, Marysville Igneous Complex, Australia. *Lithos*, 155, 272-288.
- Çoruh, T., Yakar, H., & Ediger, V. (1997). The biostratigraphy atlas of the autochthonous sequence of Southeastern Anatolia. *Educational Publications of the Research Group of Turkish Petroleum Corporation* 30, 509 (in Turkish).
- Deenen, M. H. L., Ruhl, M., Bonis, N. R., Krijgsman, W., Kuerschner, W. M., Reitsma, M., & Van Bergen, M. J. (2010). A new chronology for the end-Triassic mass extinction. *Earth and Planetary Science Letters* 291, 113-125.
- Derman, A.S., Alişan, C., & Özçelik, Y. (1995). Himmetpaşa Formation: A New Palynological Age and Stratigraphic Significance. In: Geology of the Black Sea region, Erler, A., Ercan, T., Bingöl, E., Örgen, S. (eds.). General Directorate of Mineral Research and Exploration and Chamber of Geological Engineers: Ankara; 99-103.
- Ding, H., Zhang, Z., Dong, X., Tian, Z., Xiang, H., Mu, H., Gou, Z., Shui, X., Li, W., Mao, L. (2016). Early Eocene (c. 50 Ma) collision of the Indian and Asian continents: Constraints from the North Himalayan metamorphic rocks, southeastern Tibet. *Earth and Planetary Science Letters*. 435, 64–73.
- Egemen, M. R. (1958). On the significance of some forms of Neuropteris gigantea STERNBERG from the Carboniferous of Anatolia (Türkiye). *Journal of the Palaeontological Society of India*, 3, 179-184.
- Egemen, M. R. (1959). On the significance of the flora found in the İhsaniye Beds at Kozlu. Zonguldak. *Révue de la Faculté des Sciences de l'Université d'Istanbul, Série B: Sciences Naturelles*, 24, 1-24.
- Egemen, R., & Pekmezçiler, S. (1945). Amasra taşkömür teşekkülü hakkında jeolojik rapor, *M.T.A. Rap.* no. 1636, yayımlanmamış.
- Ediger, V. Ş., Bati, Z., & Alişan, C. (1990). Paleopalynology and paleoecology of *Calamus* like disulcate pollen grains. *Review of Palaeobotany and Palynology* 62, 97-105.
- Edwards, D. (1998). Climate signals in Palaeozoic land plants. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, 353, 141-157.
- Ergönül, Y. (1959). Zonguldak ve Amasra Karbonifer havzası megasporları ve onların stratigrafik kıymetleri, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Türkiye*, 53, 109-114, Ankara.
- Ergönül, Y. (1960). The palynological investigation of Carboniferous Coal Measures in the Asmara Basin, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Türkiye*, 55, 43-51
- Ergönül, Y. (1973). Amasra-Tarlaağzı taşkömür havzasında sondajlı aramaların palinoloji ve korelasyon İncelemesi, İstanbul. Univ. Fen Fak, Mec, B, XXXIII, 1-4, 8.28, istanbul.
- Feng, Z. (2017). Late Palaeozoic plants. *Current Biology*, 27, 905-909.

- Fiori, W. (2021). The Issue with Carbon Dioxide as the Primary Driver of Global Warming: Issue with CO₂ as the primary driver of GW.
- Görür, N. ve Tüysüz, O. (2001). Cretaceous to Miocene Palaeogeographic Evolution of Türkiye: Implications for Hydrocarbon Potential. *Journal of Petroleum Geology* 24, 119-146.
- Hautmann, M. (2012). Extinction: End-Triassic Mass Extinction. eLS.
- Heckel, P. H. (2008). Pennsylvanian cyclothems in Midcontinent North America as far-field effects of waxing and waning of Gondwana ice sheets. Resolving the Late Paleozoic Ice Age in Time and Space. *GSA Special Papers*, 441.
- Herece, E.İ., Varol, B., Tekin, E., Gündoğan, İ., Akgün, F., Sözeri, K., Şen, Ş., Us, M.S., Görmüş, M., & Büyükmeriç, Y. (2016). Cihanbeyli-Yeniceoba Tersiyer Havzası'nın Sedimentolojik Özellikleri Ve Tektono-Stratigrafik Gelişimi (Tuzgölü, Türkiye), 69. *Türkiye Jeoloji Kurultayı 69th Geological Congress of Türkiye*.
- Higgs, K. T., Finucane, D., & Tunbridge, I. P. (2002). Late Devonian and early Carboniferous microfloras from the Hakkari Province of southeastern Türkiye. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 118, 141-156.
- Joachimski, M. M., Breisig, S., Buggisch, W. F., Talent, J. A., Mawson, R., Gereke, M., Morrow, J. R., Day, J., & Weddige, K. (2009). Devonian climate and reef evolution: Insights from oxygen isotopes in apatite. *Earth and Planetary Science Letters*. 284, 599-609.
- Jongmans, W.J. (1939). Anadolu Kömür Havzasının Şark Kısımlarında Bulunan Karbon Formasyonuna Ait Nebatî Fosiller Hakkında Etüd, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Türkiye*, 2, 1-40.
- Jongmans, W.J. (1955). Notes paléobotaniques sur les Bassins houillers de l'Anatolie.- Mededelingen van de Geologische Stichting, *Nieuwe Serie*, 9, 55-89.
- Kayseri-Özer, M. S. (2014). Spatial distribution of climatic conditions from the Middle Eocene to Late Miocene based on palynoflora in Central, Eastern and Western Anatolia, *Geodinamica Acta*, 1-36 pp.
- Kayseri-Özer M.S., 2017. Quantitative Palaeovegetational and Palaeoclimatic Estimates of the Late Oligocene and Miocene-Pliocene plant assemblages from Anatolia: Based on the IPR-vegetation analysis, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 467, 37-68.
- Kayseri, M. S., & Akgün, F. (2004). "Palynological data on Devonian miospores in the Adana- Tufanbeli (SE Anatolia) " International Palynological Congress, İspanya, 04/07/2004-09/07/2004.
- Kayseri, M. S., & Akgün, F. (2008). Palynostratigraphic, Palaeovegetational and Palaeoclimatic Investigations on the Miocene Deposits in Central Anatolia (Çorum Region and Sivas Basin), *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 361-403 pp.
- Kayseri-Özer, M. S., Akgün, F., Mayda, S., & Kaya, T. (2014). Palynofloras and Vertebrates from Muğla-Ören region (SW Türkiye) and Palaeoclimate of the Middle Burdigalian-Langhian period in Türkiye, *Bulletin of Geosciences*, 89, 137-162 pp.

- Kazlev, M. A. (2010). *Stromatoporoidea-1*. <http://www.palaeos.com> / Invertebrates / Porifera / Stromatoporoidea.
- Kotthoff, U., Müller, U.P., Jörg, S., Gerhard, L., Schootbrugge, I., Bas, Schulz, H. (2008). Lateglacial and Holocene vegetation dynamics in the Aegean region: An integrated view based on pollen data from marine and terrestrial archives. *The Holocene*, 18, 1019-1032.
- Konyalı, Y. (1963). Contribution a l' etude des microspores du bassin houiller d' Amasra (Secteur Sud.). PhD These 3, Fac. Sci. Lille.
- Kutluk, H., & Bozdoğan, N. (1981). IV. Bölge Üst Paleozoyik-Alt Mesozoyik çökelleri palinoloji ön raporu: *TPAO Rep., 1545 (unpublished)*, Ankara, Türkiye.
- Kutluk, H., Kır, O., Akkemik, Ü. (2012). First report of Araucariaceae wood (*Agathoxylon* sp.) from the Late Cretaceous of Türkiye. *IAWAJ*, 33 (3), 319–326
- Kvaček, J., Barrón, E., Heřmanová, Z., Mendes, M. M., Karch, J., Žemlička, J., & Dudák, J. (2018). Araucarian conifer from late Albian amber of northern Spain. *Special Paper Palaeontology* 4, 643-656.
- Kvaček, J. Yılmaz, İ. Ö., Hoşgör, İ., & Mendes, M. M. (2019). New Araucarian Conifer from the Late Cretaceous (Campanian-Maastrichtian) of Southeastern Türkiye. *International Journal of Plant Science*, 180, 597-606.
- Le Hir, G., Donnadieu, Y., Godderis, Y., Meyer-Berthaud, B., Ramstein, G., & Blakey, R. C. (2011). The climate change caused by the land plant invasion in the Devonian. *Earth and Planetary Science Letters*, 310, 203-212.
- Ma, X. P., Yiming, G., Chen, D., Racki, G., Chen, X., & Liao, W. (2015). The Late Devonian Frasnian-Famennian event in South China-Patterns and causes of extinctions, sea level changes, and isotope variations. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 448, 224-244.
- Matte, P. (2001). The Variscan collage and orogeny (480 ±290 Ma) and the tectonic definition of the Armorica microplate: a review. *Terra Nova*, 13, 122-128.
- Martin, M., Marin, D., Serrot, P. H., & Sabater, B. (2015). Evolutionary Reversion Of Editing Sites Of Ndh Genes Suggests Their Origin In The Permian-Triassic, Before The Increase Of Atmospheric Co2. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 3, 81.
- Mc Clung, W. S., Eriksson, K. A., Terry, J. R., Dennis, O., & Cuffey, C. A. (2013). Sequence stratigraphic hierarchy of the Upper Devonian Foreknobs Formation, central Appalachian Basin, USA: Evidence for transitional greenhouse to icehouse conditions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 387, 104-125.
- Mc Elwain, J. C. (2018). Paleobotany and Global Change: Important Lessons for Species to Biomes from Vegetation Responses to Past Global Change. *Annu. Rev. Plant Biol.* 69, 761-87.
- Meredith, R. W.; Janecka, J. E.; Gatesy, J.; Ryder, O. A.; Fisher, C. A.; Teeling, E. C.; Goodbla, A.; Eizirik, E.; Simao, T. L. L.; Stadler, T.; Rabosky, D. L.; Honeycutt, R. L.; Flynn, J. J.; Ingram, C. M.; Steiner, C.; Williams, T. L.; Robinson, T. J.; Burk-Herrick, A.; Westerman, M.; Ayoub, N. A.; Springer, M. S.; Murphy, W. J., (2011). "Impacts of the Cretaceous Terrestrial Revolution and KPg Extinction on Mammal Diversification". *Science*. 334, 521–524.

- Morris, J., Puttick, M. N., Clark, J. W., Edwards, D., Kenrick, P., Pressl, S., Wellman, C. H., Yang, Z., Schneider, H., & Donoghue, P. C. J. (2018). The timescale of early land plant evolution. *Pnas*, *115*, 1-10.
- Nahle, N. (2007). Cycles of Global Climate Change. *Biology Cabinet Journal Online*. Article no. 295. http://www.biocab.org/Climate_Geologic_Timescale.html, and http://www.biocab.org/Carbon_Dioxide_Geological_Timescale.html.
- Nakoman, E. (1976). Zonguldak kömür havzasının Karadon ve Üzülmöz bölgelerindeki Namuriyen Ve Vestfaliyen A yaşlı damarların palinolojik incelemeleri. I.nitel etüd, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Türkiye*, *85*, 67-148, Ankara.
- Nakoman, E. (1977). Zonguldak kömür havzasının Karadon ve Üzülmöz bölgelerindeki Namuriyen Ve Vestfaliyen A yaşlı damarların palinolojik incelemeleri. II.nicel etüd, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Türkiye*, *87*, 80-110, Ankara.
- Nakoman, E. (1980). Üzülmöz Mikroflorasında Rastlanan Bazı Karakteristik Sporo-Pollinik Formlar (Kuzeybatı Anadolu Karbonifer Havzası). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Türkiye*, *91*, Ankara.
- Nalcioğlu E. G. (2004). The Frasnian Braichopod fauna from late Devonian Gümüşali formation in Saimbeyli region (Adana-Eastern Taurus). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Türkiye*, *129*, 57-68.
- Nordt, L., Atchley, S., & Dworkin, S. (2003). Terrestrial evidence for two Greenhouse events in the latest Cretaceous. *GSA Today*, *13*, 4-9.
- Nomade, S., Knight, K. B., Beutel, E., Renne, P. R., Verati, C., Féraud, G., Marzoli, A., Youbi, N., & Bertrand, H. (2007). Chronology of the Central Atlantic Magmatic Province: Implications for the Central Atlantic rifting processes and the Triassic-Jurassic biotic crisis, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *244*, 326-344.
- Darcy, E., Ogdena, D. E., & Sleep, N. H. (2011). Explosive eruption of coal and basalt and the end-Permian mass extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. PNAS*, *109*, 59- 62.
- Okay, A.I. (2008). Geology of Türkiye: A synopsis. *Anschnitt*, *21*, 19-42.
- Özkan, R., Nazik, A., Munnecke, A., Demiray, D.S., Schindler, E., Aydın Özbek, T., Şeker Zor, E., Yılmaz, I., Brocke, R., Sancay, R. H., Wilde, V., & Yalçın, M.N. (2019). Givetian/Frasnian (Middle/Upper Devonian) transition in the eastern Taurides, Türkiye. *Turkish Journal of Earth Sciences*, *28*, 207-231.
- Pearson, P. N., & Palmer, M. R. (2000). "Atmospheric carbon dioxide concentrations over the past 60 million years". *Nature*. *406* (6797), 695–699.
- Pendleton, J. L. (2012). Palynological and palaeobotanical investigation of the Carboniferous deposits of the Bristol Coalfield, U.K.; biostratigraphy, systematics and palaeoecology. Doctoral thesis (Ph.D.) Department of Animal and Plant Sciences, University of Sheffield. 594 p.
- Pšenička, J., Bek, J., Frýda, J., Žárský, V., Uhlírová, M. & Štorch, P. (2021). Dynamics of Silurian Plants as Response to Climate Changes. *Life*, *11*, 906.

- Reas J., & Hope, G.S. (1996). “Ecology of Nothofagus forests of New Guinea and New Caledonia”. In Veblen, Thomas T; Hill, Robert S.; Read, Jennifer (eds.). *The Ecology and Biogeography of Nothofagus Forests*. Yale University Press. pp. 200–256.
- Rosa, E. L. M. & Isbell, J. L. (2021). *Late Paleozoic Glaciation*. In Alderton, D., Elias, S., A. (eds.). *Encyclopedia of Geology* (2nd ed.). Academic Press. 534-545.
- Rogers, J. J. W., & Santosh, M. (2004). *Continents and Supercontinents*, Oxford: Oxford University Press, p. 146, ISBN 978-0-19-516589-0.
- Sahney, S., & Benton, M.J. (2008). “Recovery from the most profound mass extinction of all time”. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 275 (1636), 759–65.
- Sahney, S., Benton, M. J., & Falcon-Lang, H. J. (2010). Rainforest collapse triggered Carboniferous tetrapod diversification in Euramerica. *Geology*, 38 (12), 1079-1082..Şaroğlu, F. & Yılmaz, Y. (1986). Geological Evolution and Basin Models During Neotectonic Episode in the Eastern Anatolia. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Türkiye*, 107, 73-94.
- Scotese, C. R. (2002). <http://www.scotese.com>, (Paleomap website). Average global temperature graph at <http://www.scotese.com/climate.htm>.
- Scotese, C.R. (2015). Some Thoughts on Global Climate Change: The Transition from Icehouse To Hothouse. PALEOMAP Project.
- Scotese, C. R., Song, H. M., Benjamin J. W. & van der Meer, D. G. (2021). Phanerozoic paleotemperatures: The earth’s changing climate during the last 540 million years. *Earth-Science Reviews*. 215, 03503.
- Sinanoğlu, E., & Erkmen, U. (1980). Aptian-Albian palynostratigraphy of southeast Türkiye and its place in the Lower Cretaceous floral provinces. *Petroleum Congress of Türkiye, Proceedings, 5th*, 51- 59.
- Speelman, E. N., Van Kempen, M. M. L., Barke, J.; Brinkhuis, H., Reichart, G. J., Smolders, A. J. P., Roelofs, J. G. M., Sangiorgi, F., De Leeuw, J. W., Lotter, A. F., & Sinninghe Damsté, J. S. (2009). The Eocene Arctic Azolla bloom: environmental conditions, productivity, and carbon drawdown. *Geobiology*, 7, 155–170.
- Stanley, S. M. (1999). *Earth System History*. New York: W.H. Freeman and Company. ISBN 978-0-7167-2882-5.
- Stolle, E. (2011). Pollen-dominated “European” palynological assemblages from the Permian of NW Türkiye (Asia Minor) -palaeogeographical context and microfloral affinities, *Geol. Quart.*, 55, 181–186.
- Stolle, E., (2016). Çakraz Formation, Camdağ area, NW Türkiye: Early/Mid-Permian age, Rotliegend (Germany) and Southern Alps (Italy) equivalent-a stratigraphic re-assessment via palynological long-distance correlation, *Geol. J.*, 51, 223-235.
- Suc, J.P., Popescu, S.M., Fauquette, S., Bessedik, M., Jiménez Moreno, G., Bachiri, T.N., Zheng, Z., Médail, F., Klotz, S. (2018). Reconstruction of Mediterranean flora, vegetation and climate for the last 23 million years based on an extensive pollen dataset. In: *Ecologia mediterranea*, 44, p53-85.

- Şenkul, Ç., & Doğan, U. (2013). Vegetation and climate of Anatolia and adjacent regions during the Last. Glacial period. *Quaternary International*, 302, 110-122.
- Taylor, T.N., Taylor, E.L., & Krings, M. (2009). Palaeobotany, the biology and evolution of fossil plants. Academic Press.
- URL-1:<https://en.wikipedia.org/wiki/Paleozoic#Climate>
- URL-2: https://earth.org/data_visualization/a-brief-history-of-co2/
- URL-3:<http://www.scotese.com/climate.htm>
- URL-4: https://www.britannica.com/science/Ordovician-Silurian_Period
- URL-5:<https://www.sagt.org.uk/lycopod-palaeoecology>
- URL-6: <https://en.wikipedia.org/wiki/Mesozoic>
- URL-7: https://en.wikipedia.org/wiki/Triassic%E2%80%93Jurassic_extinction_event
- URL-8: <https://timescavengers.blog/climate-change/co2-past-present-future/>
- URL-9: <https://en.wikipedia.org/wiki/Triassic>
- URL-10:[https://en.wikipedia.org/wiki/Cretaceous#:~:text=\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Cretaceous#:~:text=)).
- URL-11: <http://www.scotese.com/climate.htm>
- URL-12: <https://en.wikipedia.org/wiki/Paleocene>
- Türkeş, M. (2013). İklim Değişiklikleri: Kambriyen'den Pleyistosen'e, Geç Holosen'den 21. Yüzyıl'a. Ege Coğrafya Dergisi, 22, 1-25.
- Türkeş, M. (2022). IPCC'nin Yeni Yayınlanan İklim Değişikliğinin Etkileri, Uyum ve Etkilenebilirlik Raporu Bize Neler Söylüyor?. *Resilience*, 6, 197-207. Tüysüz, O. (2022). Geology of the Kuruca-207.7.n Yeni Yayınlanan İklim Değişikliğinin Etkileri, Uyum ve Etkilenebilirlik Ra 149-178.
- Yahşiman, K. (1960). Amasra kömür havzasının yeni spor florası, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Türkiye*, 55, 34-43, Ankara.
- Yahşiman, K. (1961). Amasra kömür havzasının Vestfalycn, 1972:Zonguldak taskömür havzasında D-C seviyelerinde yani pallenolojik tetkikiler. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, VII, 118-123, Ankara.
- Yahşiman, K. (1964). Some new megaspores In the Turkish, Carboniferous and their stratigraphical values, C. R. c-s Cong. Inter. Strat Geol. tıarb. arl 1261-1284.
- Yahşiman, K., & Ergönül, Y. (1958). Amasra (Tarlaağzı) E.K.I, galerisindeki kömür damarlarının sporolojik etüdü ve korelasyonu. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Türkiye*, 51, 42-49, Ankara.
- Yahşiman, K., & Ergönül, Y. (1959). Permian megaspores from Hazro (Diyarbakır). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Türkiye*, 53, 94-101.
- Yalçın, M. M., & Yılmaz, I. (2010). Devonian in Türkiye- a review. *Geologica Carpathica*, 61, 235-253.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C., Şengör, A.M.C., 1997. Geology and tectonic evolution of the Pontides. In: Robinson, A.G. (Ed.), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region AAPG Memoir 68, pp. 183-226.

- Wang, J.Y., Li, X.H., Li, L.Q., & Wang, Y. D. (2022). Cretaceous climate variations indicated by palynoflora in South China. *Palaeoworld*, 31, 507-520.
- Wang, Y. D., Mosbrugger, V., & Zhang, H. (2005). Early to Middle Jurassic vegetation and climatic events in the Qaidam Basin, Northwest China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 224, 200–216.
- Walter, F. (2021). The Issue with Carbon Dioxide as the Primary Driver of Global Warming, Issue with CO₂ as the primary driver of GW, W. Fiori 27/ 3/ 2021.
- Wellman, C. H., & Gray, J. (2000). The microfossil record of early land plants. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, 355, 717-732.
- Wehrmann, A., Yılmaz, I., Yalçın, M. N., Wilde, V., Schindler, E., Weddige, K., Demirtaş, G. S., Özkan, R., Nazik, A., Nalcioğlu, G., Kozlu, H., Karşlıoğlu, Ö., Jansen, U., Ertuğ, K., Brocke, R., & Bozdoğan, N. (2010). Devonian shallow-water sequences from the North Gondwana coastal margin (Central and Eastern Taurides, Türkiye): Sedimentology, facies and global events. *Gondwana Research*, 17, 546-560.
- Willis, K. J., & Mc Elwain, J. C. (2014). *The Evolution of Plants*. Oxford, UK: Oxford Univ. Press
- Zhuo, F., 2017. Late Palaeozoic plants. *Current Biology*, 27, 905-909.
- Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E., & Billups, K. (2001). Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science*, 292, 686-693.
- Ziegler, P. A. (1990). *Geological Atlas of Western and Central Europe* (2 ed.). Shell Internationale Petroleum Maatschappij BV. ISBN 978-90-6644-125-5. Nordt, Lee; Atchley, Stacy; Dworkin, Steve (December 2003). "Terrestrial Evidence for Two Greenhouse Events in the Latest Cretaceous". *GSA Today*. 13, 4.
- Ziegler, P. A. (2011). *Climate Change During Geological And Recent Times any thing new or déjà vu? Causes, Speculations and IPCC Postulates.*

Yazar Hakkında / About Author

**Prof. Dr. Funda AKGÜN | Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü |
funda.akgun[at]deu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-6028-6704**

1958, İzmir doğumlu olan Funda AKGÜN, Ege Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden 1981 yılında mezun oldu. Yüksek Lisansını 1984 ve doktorasını 1990 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde tamamladı. 1982-1993 yılları arasında Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi, 1993-1990 yılları arasında ise aynı üniversitede Doçent Dr. olarak görev aldı. 2000 yılından bu yana Profesör Öğretim Üyesi olarak öğretim, eğitim ve araştırma çalışmalarını sürdürmektedir. Ana uzmanlık alanı Paleontoloji, Palaeovejetasyon, Paleoiklim, Paleopalinoloji ve Biyostratigrafi'dir. Doktora çalışması, Zonguldak-Amasra kömür havzasında Karbonifer kömürlerinin paleopalinolojik ve paleoekolojik incelemesi üzerinedir. Paleopalinolojik çalışmalar ile Doğu Akdeniz Paleojen ve Neojen havzalarına paleocoğrafik, paleoekolojik ve paleoklimatolojik yaklaşımlar ve korelasyon, ilgi alanının genel çerçevesini oluşturmaktadır.

**Prof. Dr. Funda AKGÜN | Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü |
funda.akgun[at]deu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-6028-6704**

Funda AKGÜN, who was born in 1958 in Izmir, graduated from Ege University Geological Engineering Department in 1981. She completed her master's degree in 1984 and her doctorate in 1990 at Dokuz Eylul University, Department of Geological Engineering. She worked as a Research Assistant at the Department of Geology Engineering at Dokuz Eylul University between 1982-1993, and as an Associate Professor at the same university between 1993-1990. Since 2000, she has been continuing her teaching, training and research studies as a Professor Lecturer. Her main expertise is paleontology, palaeovegetation, paleoclimate, paleopalynology and biostratigraphy. Her doctoral study is on paleopalynological and paleoecological investigation of the Carboniferous coals in the Zonguldak-Amasra coal basin. Paleopalynological studies and paleogeographic, paleoecological and paleoclimatological approaches to the Eastern Mediterranean Paleogene and Neogene basins constitute the general framework of interest.

**Doç. Dr. Mine Sezgül KAYSERİ ÖZER | Dokuz Eylül Üniversitesi |
sezgul.kayseri[at]deu.edu.tr | ORCID: 0000-0003-2712-2457**

1977 yılında İzmir’de doğdu ve 1994 yılında Bornova Suphi Koyuncuoğlu Anadolu lisesinden mezun oldu. 1999 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünden, bölüm ikincisi derecesiyle mezun oldu ve lisans çalışmasıyla jeoloji konusunda Türkiye ikinciliği aldı. Aynı bölümden, 2002 yılında paleontoloji, paleovejetasyon, paleoklim ve paleopalinoloji konusunda uzmanlaşarak yüksek lisansını bitirdi. 2003 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde doktora başladı ve 2006 yılında Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) bursu ile Senckenberg Müzesi Palaeobotanik Bölümünde (Frankfurt am Main, Almanya) doktorasının bir bölümünü tamamlayarak palaeobotanik, duraylı izotoplar ve palaeoklim konuları üzerine uzmanlaştı. 2010 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim dalından doktor ünvanı aldı. 2014 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsünde Doktor Öğretim Görevlisi olarak göreve başladı. Bir yıl sonra Yer Bilimleri ve Mühendisliği alanında doçent oldu. KAYSERİ-ÖZER ulusal ve uluslararası dergilerde yayınları, yardımcı editörlükleri, hakemlikleri ve birçok konferans ve toplantıda yüzü aşkın (137 adet) bildirisi vardır. Ayrıca, Avrupa Birliği Projeleri (ALERT), AR-GE, TÜBİTAK ve BAP projelerinde görev almış ve bazı projeleri devam etmektedir.

**Assoc. Prof. Dr. Mine Sezgül KAYSERİ ÖZER | Dokuz Eylül University |
sezgul.kayseri[at]deu.edu.tr | ORCID: 0000-0003-2712-2457**

Mine Sezgül KAYSERİ ÖZER was born in Izmir in 1977 and graduated from the Bornova Suphi Koyuncuoğlu Anatolian High School in 1994. She graduated from Dokuz Eylul University, Department of Geological Engineering in 1999 with the second degree in the department, and she took the second place in Türkiye in geology with her undergraduate study. She completed her master’s degree from the same department, specializing in paleontology, palaeovegetation, paleoclimate, and paleopalynology in 2002. She started his doctorate at Dokuz Eylül University, Department of Geological Engineering in 2003, and completed a part of his doctorate at the Senckenberg Museum Palaeobotany Department (Frankfurt am Main, Germany) in 2006 with the Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) scholarship, specializing in palaeobotany, stable isotopes and palaeoclimate. In 2010, she received her doctorate from Dokuz Eylül University, Institute of Science, Applied Geology Department. In 2014, she started to work as a Doctor Lecturer at Dokuz Eylül University, Institute of Marine Sciences and Technology. A year later, she became an associate professor in Earth Sciences and Engineering. KAYSERİ-ÖZER has publications in national and international journals, assistant editors, referees, and more than a hundred (137) papers in many conferences and meetings. She took part in European Union Projects (ALERT), R&D, TUBITAK and BAP projects and some of her projects are still ongoing.