

A Föld és az élet fejlődése

A fanerozoikum fontosabb földtörténeti eseményei

Paleozoikum

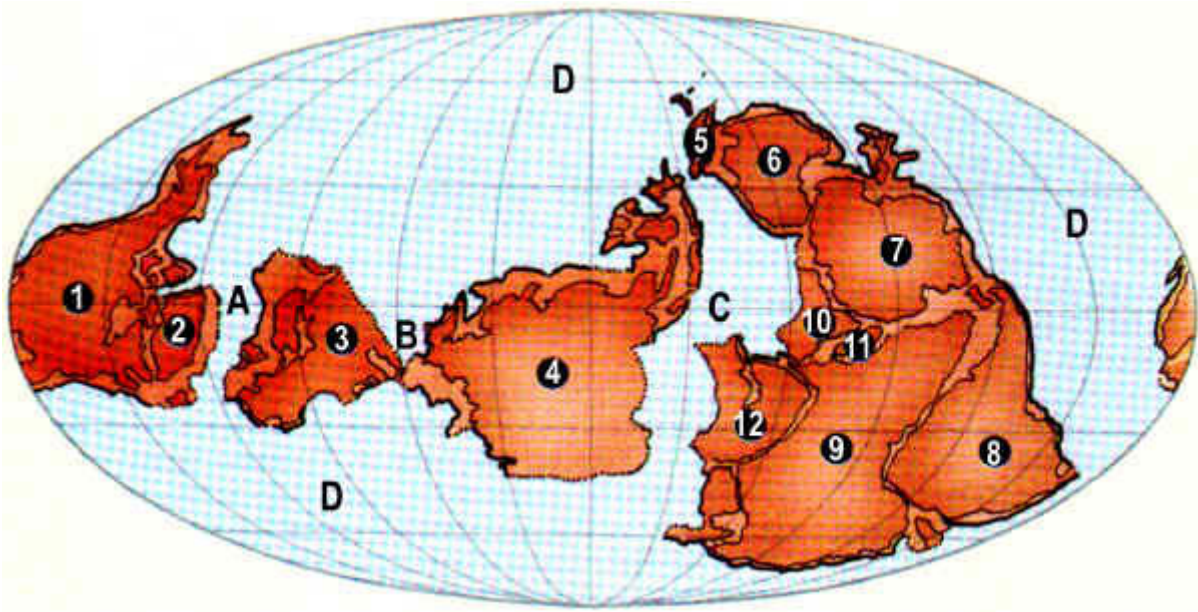
- Paleozoikum: 570 millió év - 230 millió év.
- Alsó határa: ediacarai fauna kihalása, tommóciai fauna megjelenése (első szilárd vázú élőlények)
- Felső határa: a tengeri élővilág jelentős részének kihalása
- Szilárd, meszes váz megjelenésének oka: védekezés a megjelenő ragadozó formák ellen, melegebb tengervíz
- Ó-paleozoikum: kambrium, ordóvícium, szilur, devon
- Új-paleozoikum: karbon, perm

A kora-paleozoikumi kontinensek és óceánok

- Laurentia (1-2)
- Fennoszarmácia (3)
- Ázsia (4)
- Gondwana (5-12)
- Japetus-óceán (A)
- Urali-óceán (B)
- Ős-Tethys (C)
- Panthalassa (D)



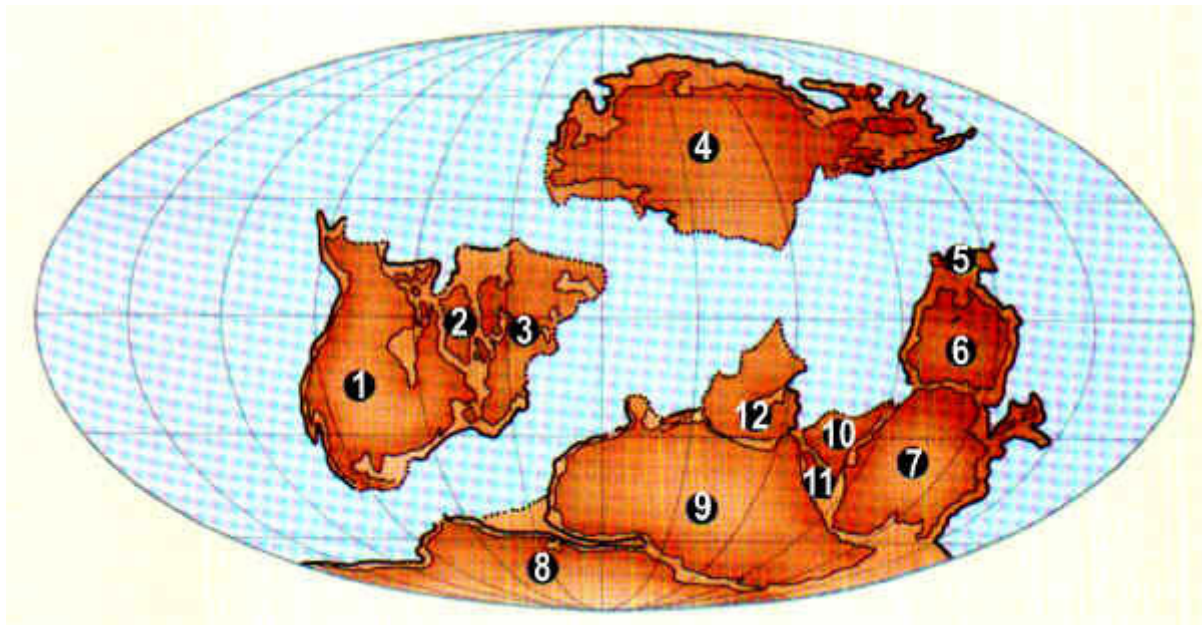
Az első szilárd vázú élőlények: a tommóciai fauna példányai. A formák valódi mérete néhány mm.



A kontinensek helyzete a kambrium elején: Laurentia (1: É-Amerika, 2: Grönland), Fennoszarmácia (3: É-Európa), Ázsia (4) és Gondwana (5: Új-Guinea, 6: Ausztrália, 7: Antarktisz, 8: Dél-Amerika, 9: Afrika, 10: India, 11: Madagaszkár, 12: Arab-félsziget)

A kaledóniai orogenezis

- A Japetus-óceán összezáródásával, Laurentia és Fennoszarmácia ütközésével jött létre
- A hegységképződés az ordóvícium végétől a szilur végéig (kb. 440-400 millió év) tartott
- Először az É-Appalache vonulatai (Takonidák) gyűrődtek fel
- A második szakaszban Grönland, É-Írország, É-Skócia, Norvégia hegyvonulatai (Kaledonidák) gyűrődtek fel
- Gondwana ÉK-i szegélyén ezzel egy időben zajlott a tasmán orogenezis -> K-Ausztrália hegységei
- Ázsiában ekkor gyűrődött fel a Tien-san hegység



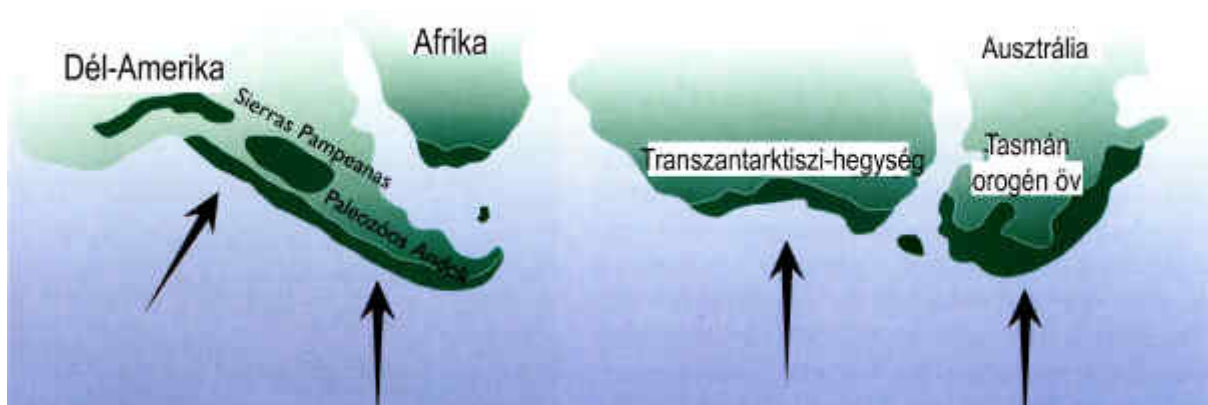
A kontinensek helyzete a szilur végén. A számokhoz rendelhető földrajzi nevek az előző ábránál láthatók



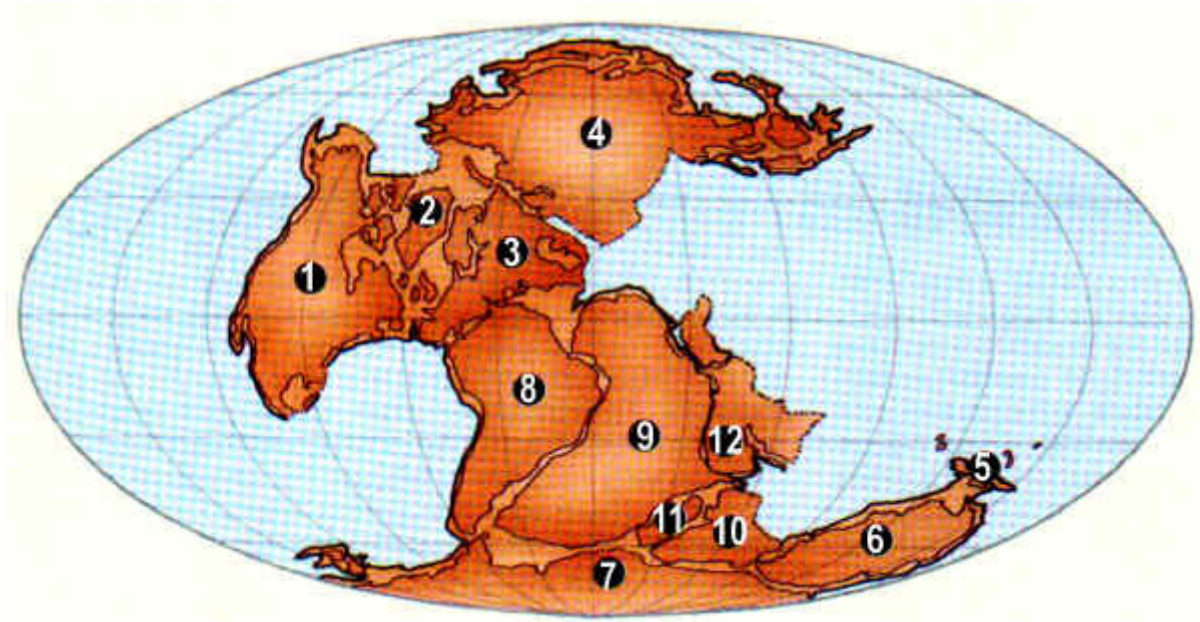
A kaledóniai hegységképződés erősen lepusztult felszínű maradványai Nyugat-Norvégiában

A variszkuszi orogenezis

- A karbon elejétől a perm közepéig (kb. 360-260 millió év) tartott
- Valamennyi kontinens területét érintette
- Alsó-középsőkarbon: Ós-Tethys összezáródása (Ny-ról K felé) -> D-Appalache, Mauritánia, Atlasz, Mezeta, D-Írország, D-Anglia, Armorikai masszívum, Francia-khg., Ardennek, Vogézek, Cseh-masszívum, Harz hg. felgyűrődése
- Felsőkarbon-alsóperm: Urali-óceán összezáródása -> Urál-hg.
- Gondwana külső szegélyén Panthalassa szubdukciója -> D-Amerika, Afrika, Antarktisz, Ausztrália peremi területei
- Az alsópermben valamennyi kontinens összeforrt -> Pangea kialakulása



Paleozóos orogén övek Gondwana déli szegélyén



A kontinensek helyzete a perm elején. Az Ós-Tethys és az Urali-óceán megszűnt, létrejött az egységes Pangea

A paleozoikum fő kőzettípusai

Kontinentális kérgen kialakult üledékes kőzetek

- Epikontinentális tengerek üledékei (É-Amerika, K-Oroszország):
 - Homokkő, agyagpala, mészkő, dolomit, evaporitok
- Folyóvízi üledékek:
 - Régi Vörös Homokkő (a kaledóni területeken)
 - Új Vörös Homokkő (a variszkuszi területeken)
- Mocsári üledék
 - Kőszén (a variszkuszi területeken).

A földtörténet legjelentősebb kőszénképződési időszaka a karbon.

A kőzetek alapján Gondwana területén 2 jégkorszak rekonstruálható:

- Ordovícium végén (szaharai és Ny-afrikai tillitek)
- Perm elején (Gondwana minden kontinensén fellelhető glaciális üledékek)

Orogén övek kőzetei

- Kaledóni terület:
 - Ordovícium (szétnyílás) -> ofiolit, kovapala, agyagpala, (sekély tengerben grauwacke)
 - Szilur (szubdukció, kollízió) -> szigetív vulkanizmus, metamorf kőzetek, gránit, flis
- Variszkuszi terület:
 - Devon (szétnyílás) -> ofiolit (kevesebb, mint az ordovíciumban), kovapala, agyagpala (sekély tengerben főleg mészkő)
 - Karbon (szubdukció, kollízió) -> metamorf kőzetek, gránit, flis
 - Perm -> lagunáris bitumenes üledékek, evaporitok



Felső permi bitumenes mészkő a nagyvisnyói Mihalovits-kőfejtőben.
Bükk hegység

Az élővilág fejlődése a paleozoikumban

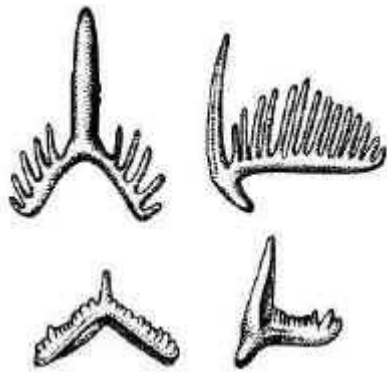
A kambrium leghatározottabb fossziliái

Trilobita (háromkarójú ősrák, permben kihaltak)

Az ordovicium és szilur jellemző fossziliái

- Graptolita (félgerinchúrosok, szilur végén kihaltak)
- Conodonta (fogsorszerű maradványok)
- Brachiopoda (pörgekarúak, az egész paleozoikumban jellemzők, napjainkban is élnek)

A szilur végén: megjelent a szárazföldi élet (ősharasztok)



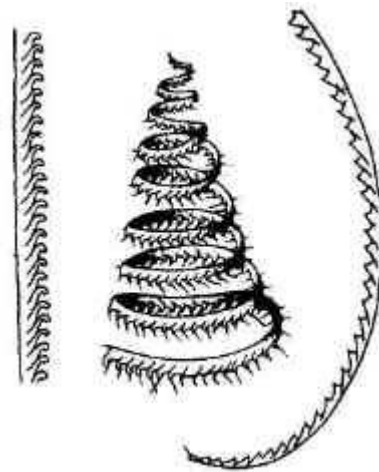
Különböző Conodonta típusok.
A valódi méret 0,2-6 mm közötti

A devon időszak jellemző fossziliái

- Psilophyton (ősharaszt)
- Crinoidea (tengeri lilom)
- Tabulata-korallok
- Páncélos őshalak
- Kételtűek



Kambiumi Trilobita (háromkarójú ősrák). Az elnevezés az állat hámas szelvényezettségű testfelépítésére utal. A példány hossza 5 cm



A Graptolita osztályba tartozó Monograptus fajok. A telepek mérete néhány centiméter. A telepek egyedei a kicsi, fűrészfogszerű "tartályokban" éltek



Crinoidea (tengeri liliom) nyéltörödékek. A devonban a Crinoideák maradványai a sekélytengerekben kőzetalkotó mennyiségben halmozódtak fel. A képen látható nyéltörödékek átmérője 1-2 mm

A telepeket építő Tabulata korallok gyakoriak voltak a szilur és devon kori sekélytengerekben. A hurkok átmérője 5-10 mm

A karbon-perm időszak jellemző fossziliái

- Harasztok (zsurlók, korpafüvek, páfrányok)
- Glossopteris-flóra (perm időszi hidegtűró nyitvatermők)
- Brachiopoda
- Fusulina



A korpafüvekhez tartozó Lepidodendron (pikkelyfa) (bal) és a zsurlókhöz tartozó Annuaria (jobb) karbon időszi agyagpalában. A kőzetpéldányok átmérője 10 cm körüli



Karbon időszaki Brachiopodák. bal: Spirifer, jobb: Productus. A formák mérete 4-5 cm

A perm végi kihalás

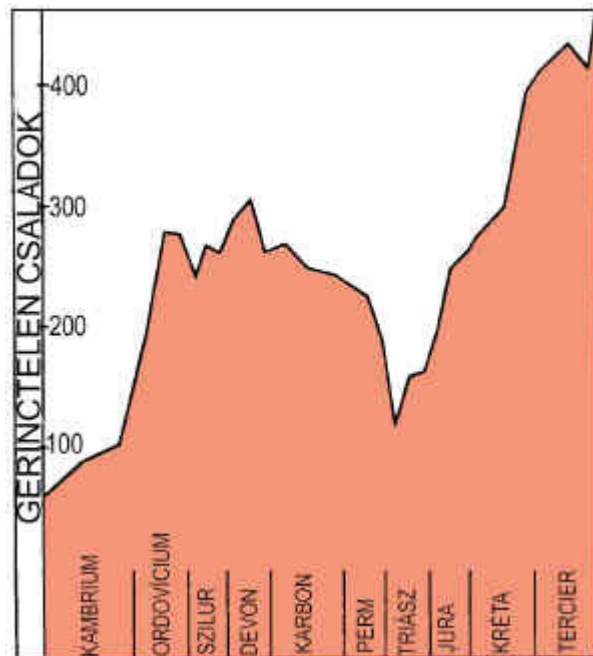
A perm végén eltűnt

- A kétlábú és hüllő családok 80 %-a
- A tengeri gerinctelen családok 50 %-a
- A tengeri gerinctelen fajok 90 %-a

A növényvilágban a változás (harasztok nagy részének eltűnése, nyitvatermők térhódítása) korábban, a perm közepén zajlott le.

A kihalás nem hirtelen, hanem több millió év alatt játszódott le. Okai:

- A kontinensek összeforrása miatt a selfterületek redukálódtak
- A perm végén intenzív vulkáni tevékenység volt



A sekélytengeri környezetben élő gerinctelen családok számának változása a fanerozoikumban. A legélesebb törés a perm végi kihalást jelzi

Mezozoikum és kainozoikum

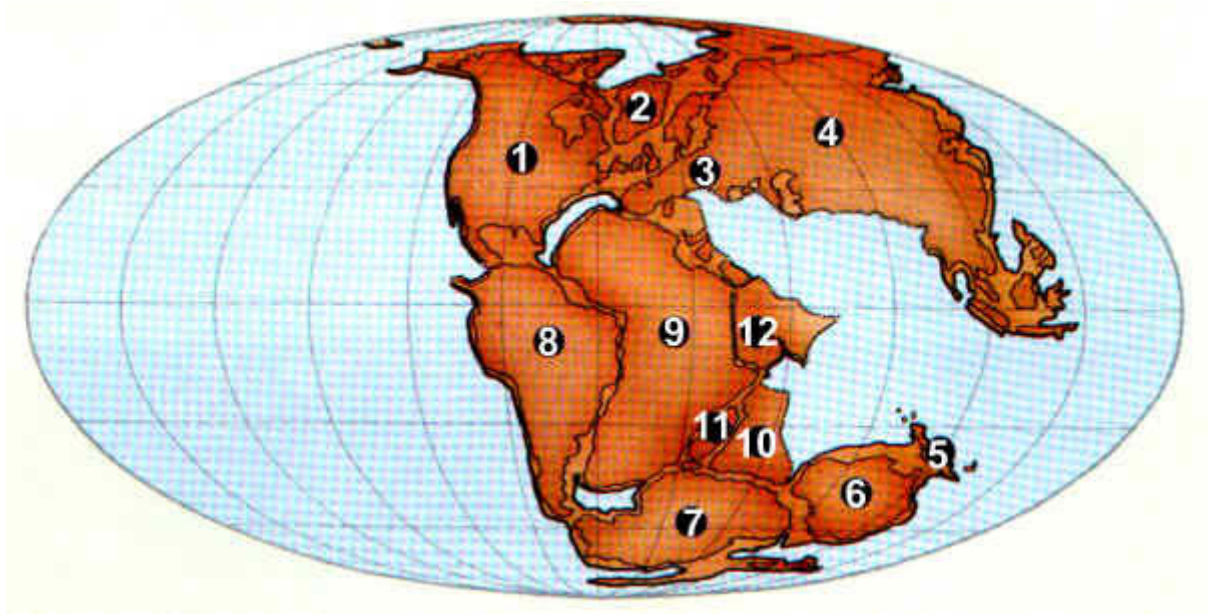
- Mezozoikum: 230-65 millió év (triász, jura, kréta)
- Kainozoikum: 65 millió év- napjaink (paleocén, eocén, oligocén, miocén, pleisztocén, holocén)
- Paleozoikum-mezozoikum határa: a perm végi tömeges kihalás
- Mezozoikum-kainozoikum határa: kréta végi kihalás (kisebb mértékű, és gyorsabban zajló, mint a perm végén)
- A lemeztektonikai folyamatok a mezozoikum-kainozoikum határán folyamatosak voltak

Lemeztektonikai folyamatok a mezozoikum és kainozoikum során

Pangea szuperkontinens a perm végétől a jura közepéig egy darabban maradt.

A mezozoikumi-kainozoikumi óceánok

- Tethys: Pangea keleti szegélyén nyílt, a perm végétől a kréta végéig létezett.
- Atlanti-óceán: szétnyílása a középsőjúraban indult meg, napjainkban is tart.
- Indiai-óceán: szétnyílása a jura végén kezdődött, fejlődése bonyolultabb, mint az Atlanti-óceáné, napjainkban is nyílik.
- Panthalassa: maradványa a mai Csendes-óceán, melynek legidősebb kéregdarabja jura korú. A Kelet-Pacifikus hátság mentén a szétnyílás a jurától napjainkig tart.



A kontinensek helyzete a középsőjura (dogger) végén. Az Atlanti-óceán szétnyílása Észak-Amerika és Afrika között, majd Dél-Amerika és Afrika déli szegélye mentén indult meg. 1: É-Amerika, 2: Grönland, 3: É-Európa, Ázsia, 5: Új-Guinea, 6: Ausztrália, 7: Antarktisz, 8: Dél-Amerika, 9: Afrika, 10: India, 11: Madagaszkar, 12: Arab-félsziget



A kontinensek helyzete az eocén elején. Az eocén folyamán Grönland önálló szigetté vált, az Atlanti-óceán észak és dél felé nyitott lett

Szubdukciós tengelyek

- Pireneusok - Himalája
- Kordillerák - Andok - Kelet-Ausztrália - Kelet-Ázsia

Orogén övek

- Eurázsiai hegységrendszer
 - Afrika, Arábia, India, illetve Eurázsia kollíziójával jött létre.
 - A kollízió a kréta végén történt (India és a Tibeti plató kollíziója a miocénben), a felgyűrődés és emelkedés napjainkban is tart.
- Kordillerák és Andok
 - A Csendes-óceán aljzatát alkotó lemezek szubdukciója hozta létre, ami a fanerozoikum kezdetétől napjainkig tart.
 - Legintenzívebb magmatizmus és kompresszió a larami orogenezis során volt (felsőkrétától az eocén közepéig).
- K-Ausztrália, Délkelet-Ázsia
 - A mezozoikum elejétől napjainkig folyamatos a szubdukció.
 - Az ívmögötti medence tágulása miatt alakultak ki a DK-ázsiai szigetek.

A mezozoikum és kainozoikum fő kőzettípusai

Kontinentális kérgen keletkezett kőzetek

Európában jellemző kőzettípusok:

- Triász (germán típusú triász):
 - Vörös homokkő (felsőperm-alsótriász), evaporitok
 - Sekélytengeri "kagylómész-kő" (Brachiopodákat tartalmaz)
 - Keuper (szárazföldi vörös rétegek)
- Jura (az epikontinentális tengerek összekötötték az Atlanti- és a Csendes-óceánt):
 - Üledékes vasérc (Lotharingia)
 - Solnhofeni pala (jó megtartású ősmaradványok)
 - Kőszén
- Kréta (a két óceán összeköttetése megszűnik):
 - Európában legelterjedtebb kőzet az írókréta
 - A szárazulati, trópusi területeken bauxitképződés
- Kainozoikum (visszahúzódó, tagolt beltengerek):
 - Sekélytengeri karbonátos és törmelékes üledékek



A középsőtriászban képződött "kagylómész-kő" valójában Brachiopoda-házak tömegéből áll. A képen látható formák mérete 2-6 mm

A felsőjuraiban képződött solnhofeni pala rendkívül jó megtartású ősmaradványokat tartalmaz

Tethys üledékei

(az alpi-himalájai rendszerben található meg)

- Triász (alpi típusú triász):
 - Mészkö, dolomit
- Jura (intenzív szétnyílás):
 - Agyapala, kovapala, ofiolitok (mélytenger)
 - Vörös, ammoniteszes mészkövek (sekélytenger)
- Középsőkrétától-oligocénig (összezáródás):
 - Karbonátos kőzetek
 - Flis (a hegyláncok emelkedése és lepusztulása miatt)
- Kainozoikum:
 - Molassz (a kiemelt hegyközi medencékben)

A kőzetekből kiolvasható éghajlati változások

Mezozoikum: kiegyenlített, meleg éghajlat, a sarkvidékeken és a magashegységekben nem volt jégtakaró

- Nagy vastagságú meszes üledékek
- Glaciális üledékek hiányoznak

Kainozoikum: lehűlés, jégtakaró kialakulása

- Antarktiszon eocén-oligocén glaciális üledékek

Pleisztocén: fokozott lehűlés, intenzív jégtakaró képződés

Utolsó 800 ezer év: a jégtakaró négyszer kiterjedt (glaciális), majd visszahúzódott (interglaciális)

A jégkorszak lehetséges okai:

- Lemeztektonikai mozgások (kontinensek a pólusokon)
- Intenzív vulkanizmus, porszennyezés
- Napsugárzás intenzitásának változása

Az élővilág fejlődése a mezozoikumban és kainozoikumban

A mezozoikum tengeri élővilága

- Legelterjedtebb fosszíliák az ammoniteszek
- Nyíltvízi környezetben jellemzők a belemniteszek
- Sekélytengeri környezet: nagytestű kagylók (rudisták)
- Egysejtűek: Radiolaria, kokkolitok



Jura időszaki ammoniteszek. bal: *Phylloceras*, jobb: *Lytoceras*. A formák mérete 10 cm körüli



Jura időszaki Belemnitesek. A formák átmérője 0,5-2 cm

A mezozoikum szárazföldi élővilága

- Növényvilág: nyitvatermők uralma (kréta közepéig)
- Állatvilág:
 - hüllők (dinoszauruszok fénykora)
 - madarak megjelenése a jurában (*Archaeopteryx*)
 - első emlősök: kistermetű rágcsálók

A mezozoikum végi kihalás

A kihalás nem volt olyan nagymértékű, mint a paleozoikum végén.

- A tengeri gerinctelen családok 26 %-a,
- A nemzetségek és fajok száma: 80 % eltűnt.
- Túlélő nélkül kihalt az ammoniteszek, belemniteszek, rudista-kagylók rendje
- A mészvázú plankton egysejtűek nagy része eltűnt
- Szárazföldön kihaltak a dinoszauruszok, repülő és úszó hüllők
- Növényvilág: a nyitvatermők kihalása a kréta közepén

A kihalás valószínűsíthető okai

- Meteoritbecsapódás (Ir-tartalmú üledékes rétegek bizonyítják)
- Kréta végi lehűlés
- Kréta végi hegységképződési folyamatok
- Elterjedt vulkanizmus

A kainozoikum tengeri élővilága

Leggyakoribb kainozoikumi ősmaradványok:

- Csigák, kagylók, tengeri sünök
- Foraminiferák: Nummulites, Globigerina
- Zátonyépítő korallok
- Vörösalgák (Lithothamnium)



Az egysejtű Foraminiferákhoz tartozó különböző Nummulites fajok. A nemzetség népi elnevezése, "Szent László pénze" a jellemző, érme alakú formára utal. A formák átmérője 0,5-3 cm



Kainozoikumi kagyló, csiga és tengeri sün. Balról jobbra: Pecten, Cerithium, Clypeaster. A formák mérete 5-10 cm

A kainozoikum szárazföldi élővilága

- Növényvilág: zárwatermők uralma
- Állatvilág: emlősök térhódítása

A Föld várható jövője

- Emberi időléptékben (globális klímaváltozás):
 - Várható melegedés az ipari tevékenység miatt
 - Tízezer éves léptékben várhatóan lehűlés (glaciális)
- Földtörténeti időléptékben (lemeztektonikai mozgások):
 - Az Atlanti-óceán területe növekszik
 - A Csendes-óceán területe csökken
 - Észak-Amerika és Kína összeér
 - Ausztrália közeledik Ázsiához
 - A Földközi-tenger megszűnik
 - Az Atlanti-óceán szubdukciója valószínűleg 150 millió év múlva indul meg
 - 250 millió év múlva újra Pangea?