

# Velikih pet

- izumiranja v geološki zgodovini -



PRIRODOSLOVNI MUZEJ SLOVENIJE

mag. Matija Križnar, kustos  
paleontolog

18. december 2014, Ljubljana



**Kaj je množično izumrtje – je dogodek, kjer velika skupina taksonomsko različnih organizmov (okoli ali nad 50%), v krajšem obdobju izumre ali so močno prizadete zaradi dogodkov, ki vplivajo (posredno ali neposredno) na njihovo življenjsko okolje (v globalnem pogledu, širšem geografskem območju), s čimer se zmanjša (občutno) tudi **biodiverzitet**.**

(najbolj enostavna razlaga množičnega izumrtja)

Časovni potek izumiranja - ni vedno v trenutku (momentu), nekatera lahko potekajo skozi daljše časovno obdobje (več tisoč let ali celo milijonov) in pogosto v več fazah (krajše prekinitve).

Dva tipa izumrtij:

**Množično** / masovno izumiranje – globalno

**Lokalno**/ sekundarno ("background") izumiranje – geografsko omejeni (izguba plena, novi plenilci, paraziti, tekmeci za hrano,...)

**Proučevanja množ. izumrtij:**

Šele v 80-ih letih 20. stoletja

1982 – Alvarezova hipoteza (K-T meja, padec meteorita/asteroida)

1982 – "velikih pet" (Raup in Sepkoski)

1984 – "periodika izumiranja na 26 mio. let" (Raup in Sepkoski)





## Vzroki za izumiranje!

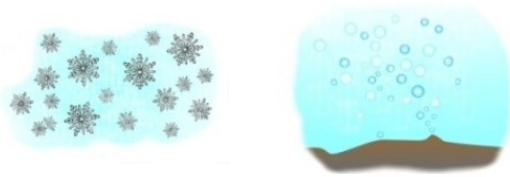


### **Zemeljski** (abiotski (in biotski)):

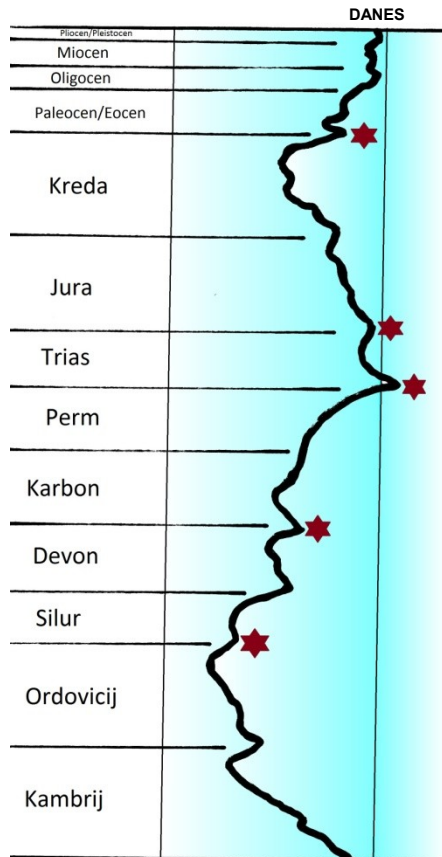
- Vulkanizem
- Regresija/transgresija morij (morskega okolja)
- Izguba življenjskega okolja v plitvi vodi (karbonatne platforme,.....)
- Prezračenost oceanov/morij (anoksični dogodki)
- Tektonika (nastajanje kontinentov,...)
- Klimatske /oceanografske spremembe (tokovi,...)
- Poledenitve
- Plenilci, pomanjkanje hrane, .....

**Zunajzemeljski vzroki** – meteoriti (asteroidi, kometi,...), vpliv drugih planetov, različna kozmična sevanja....

**Za vsako izumiranje (v geol. zgodovini) potrebujemo/iščemo dokaze v fosilnem/paleontološkem, sedimentološkem, geokemičnem,...zapisu.**



Morska gladina skozi geološko zgodovino  
(shematski prikaz, po Hallam, 1984)





## Dejstva:

- ❖ več kot 99% vseh vrst, ki je živel v 4600 mio. letih je izumrla.
- ❖ “normalna” stopnja izumiranja (v geološkem času) je ena vrsta na vsakih 10.000 let.
- ❖ na osnovi fosilnega zapisa so vrste na Zemlji prisotne med 4 - 22 milijoni let.

## Pozornost tudi na:

- ❖ fosilni zapis je lahko pomanjkljiv (a se neprestano dopolnjuje)
- ❖ biodiverziteteta (raznolikost življenja) skozi geološko zgodovino je bila zelo raznolika (a ni čisti odraz fosilnega zapisa).



# Velikih pet

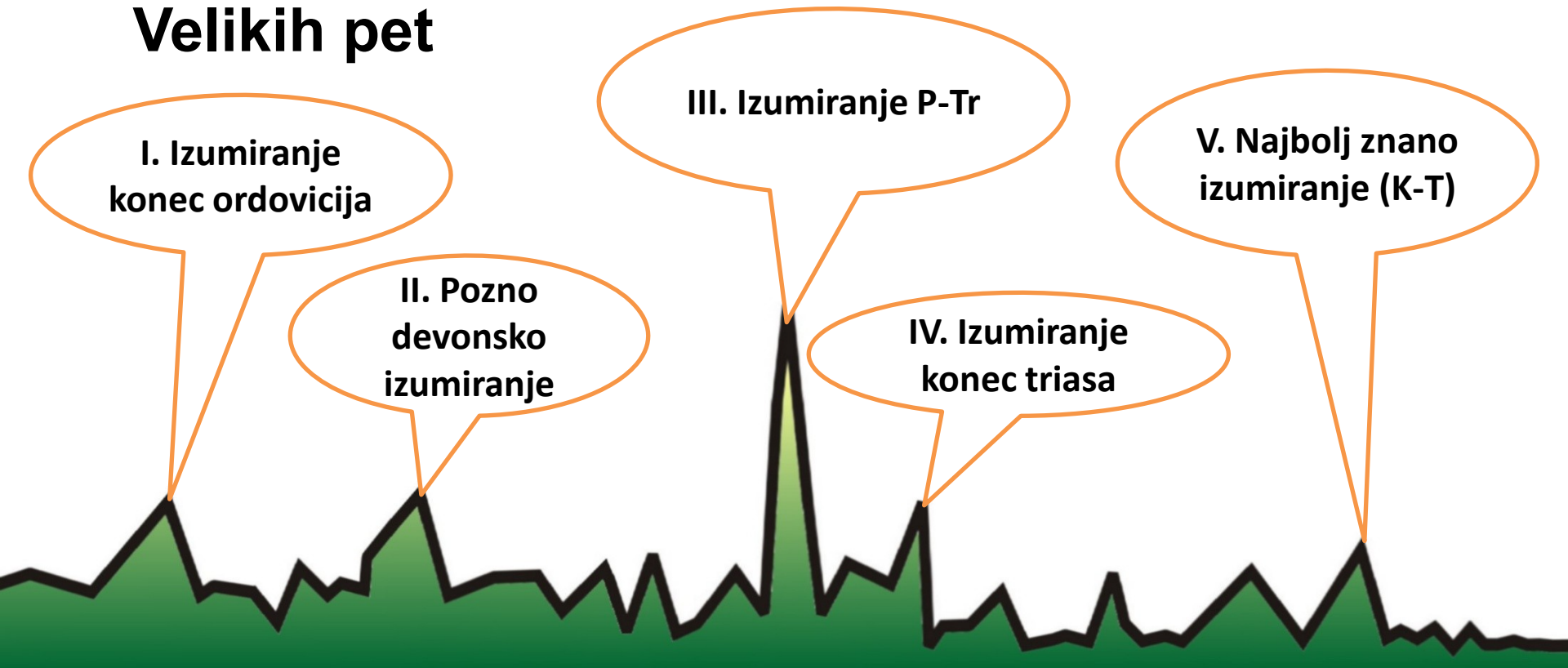
I. Izumiranje  
konec ordovicija

II. Pozno  
devonsko  
izumiranje

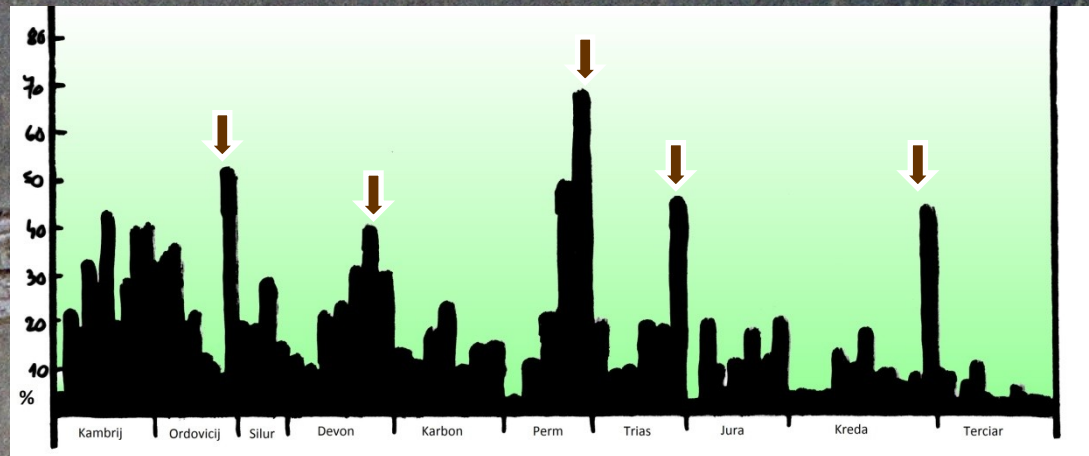
III. Izumiranje P-Tr

IV. Izumiranje  
konec triasa

V. Najbolj znano  
izumiranje (K-T)



Izumiranja skozi geološko zgodovino (po MacLeod, 2003)





## I. Izumiranje konec ordovicija

Izumrlo je več kot:

**26 % družin** (morskih organizmov)

**60 % rodov**

**85 % vrst**

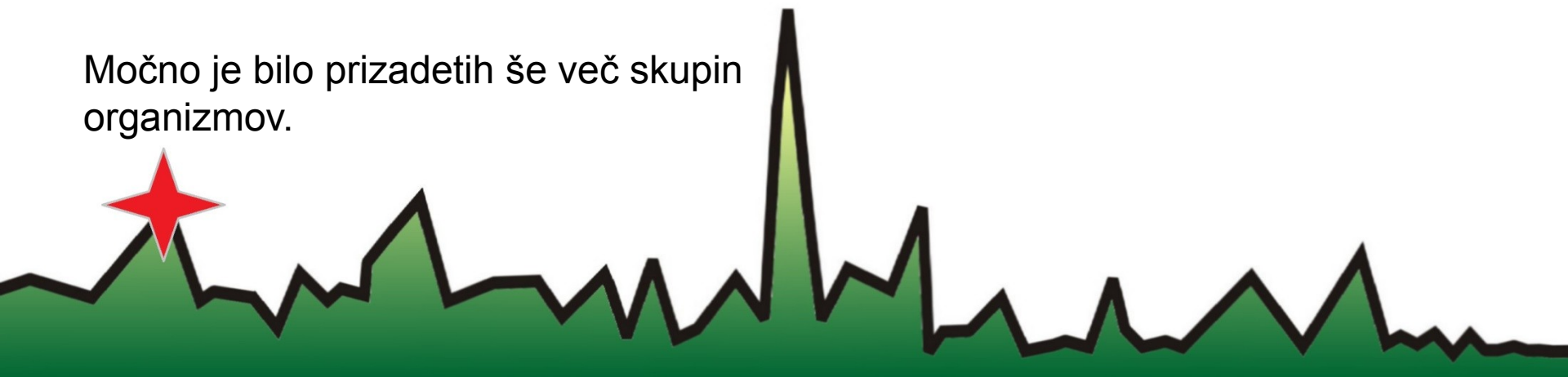
Pred približno 446 - 444 mio. let

Izumiranje naj bi potekalo v dveh fazah.

Močno je bilo prizadetih še več skupin organizmov.



Trilobit rodu *Nankinolithus*. Foto: Matija Križnar



543

251

65

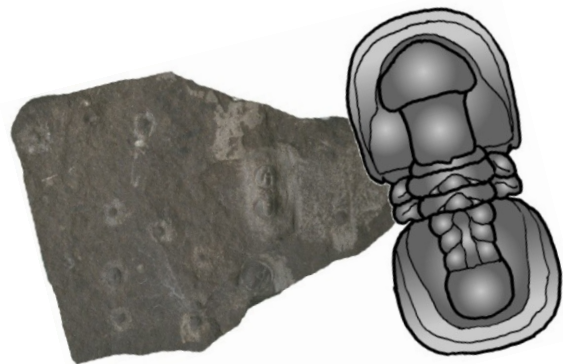
DANES

PALEOZOIK

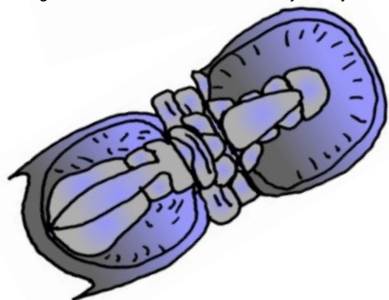
MEZOZOIK

KENOZOIK





Agnostoidna trilobita. Foto in ilustracija: Matija Križnar



## Izumrli so:

Nekateri redovi **trilobitov** – Agnostoidea, Olenina, Asaphidea, Trinucleoidea, Cyclopygoidea, ...)  
Primitivni iglokožci – **Eocrinoidi** (rod Gogia, ...)

**Graptoliti** – druž. Crustoidea, Dicranograptidae, in nekateri drugi

**Navtilidni glavonožci** – skupine Ellesmeroceratina

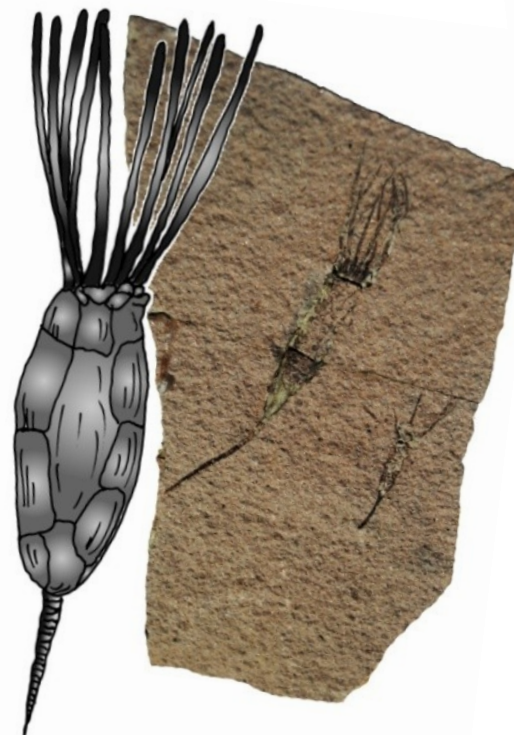
**Ramenonožci** – redovi iz skupine Lingulata

**Morski škorpioni** – Orcanopteridae, Megalograptidae

## Prizadeti so bili še:

Ostali iglokožci, trilobiti, rugozne in tabulatne korale, mahovnjaki, konodonti. Mnogo so je bila prizadeta biodiverziteteta graptolitov.

Primitivni iglokožec rodu *Rhipidocystis*. Foto: Matija Križnar



Graptolita.  
Ilustracija: Matija Križnar

Foto: M. Križnar

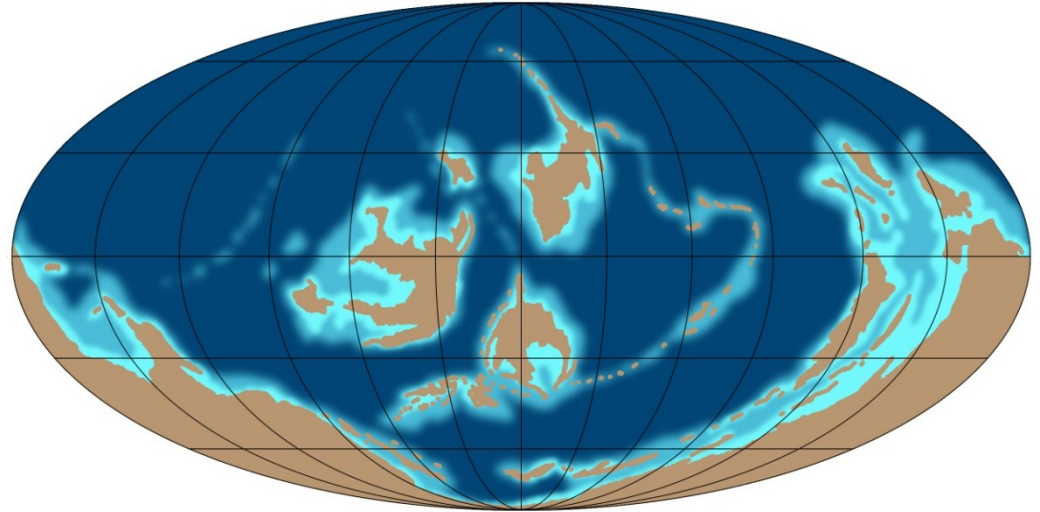


Trilobit *Triarthrus eatoni* iz poznega ordovicija. Foto: Matija Križnar

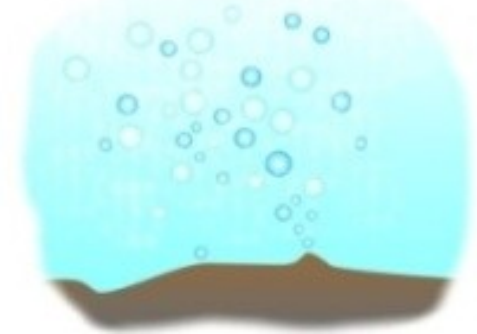


## Vzroki za izumrtje:

Ilustracija: Vladimir Leben



- ❖ Toplogredni (“Greenhouse”) efekt
- ❖ Kratka poledenitev (okoli 0,5 mio. let)
- ❖ Ohladitev oceanov – za okoli 8 °C.
- ❖ Spremembe v morski gladini





Trilobit *Cyphaspis agayuara* iz devonskih plasti Maroka.  
Foto: Matija Križnar



## II. Pozno devonsko izumiranje

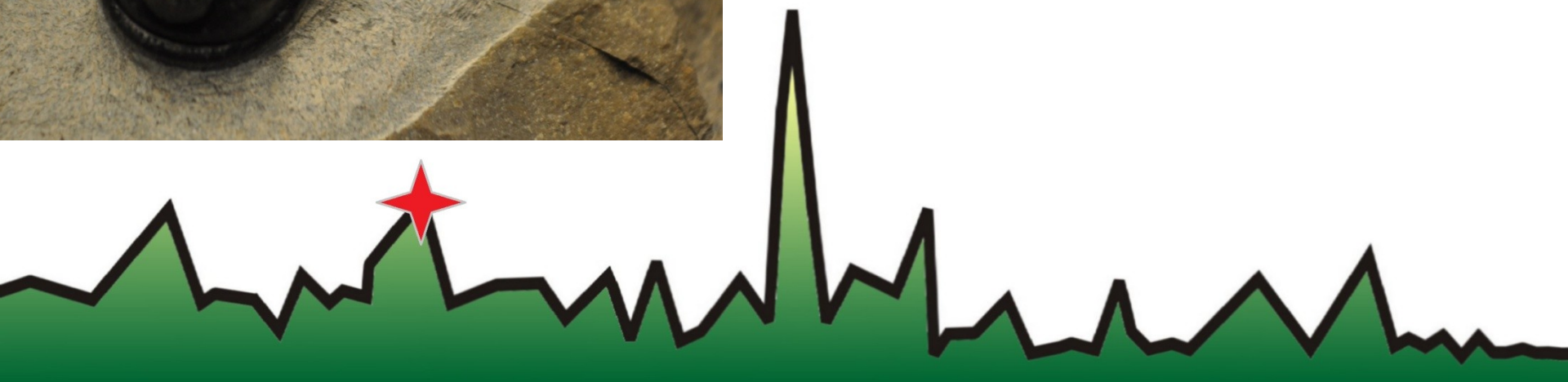
Izumrlo je več kot:

**22 % družin**

**57 % rodov**

**81 % vrst**

Potekalo v dveh časovnih obdobjih - pred približno med 374 in 359 mio. let



543

251

65

DANES

PALEOZOIK

MEZOZOIK

KENOZOIK



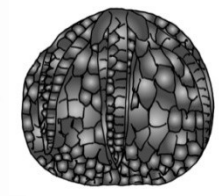
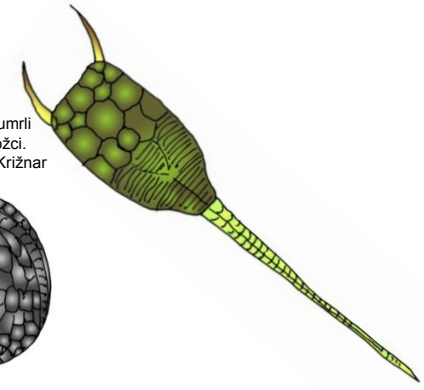


Riba oklepnica *Bothriolepis canadensis* iz devonskih plasti Kanade. Foto: Matija Križnar

**Izumrli so:**  
**Vsi redovi trilobitov** (razen Proetoidea)  
**Vsi graptoliti**  
**Amonoidni glavonožci** – Clymeniina, Gonioclymeniina in še nakateri drugi  
**Navtilidni glavonožci** – Tarphyceratida, Discosorida ,...  
**Primitivni iglokožci** – nekateri blastozoji in homalozoji  
**Ramenonožci** – red Pentamerida  
**Rugozne korale**- nekateri redovi  
**Morski škorpijoni** – večji del teh členonožcev  
**Vse ribe oklepnice** (Placodermi) in velik del primitivnih brezčeljustnic (Agnatha)



Nenavadni in izumrli primitivni iglokožci. Ilustracije: Matija Križnar



**Prizadeti so bili še:**  
 korale (**skupaj z ostalimi grebenskimi organizmi**), mahovnjaki, Mnogo so je bila prizadeta biodiverzitetata graptolitov.



Morski škorpijon rodu *Eurypterus* iz devonskih plasti ZDA. Foto: Matija Križnar



Riba oklepnica rodu *Coccosteus* iz devonskih plasti. Foto: Matija Križnar

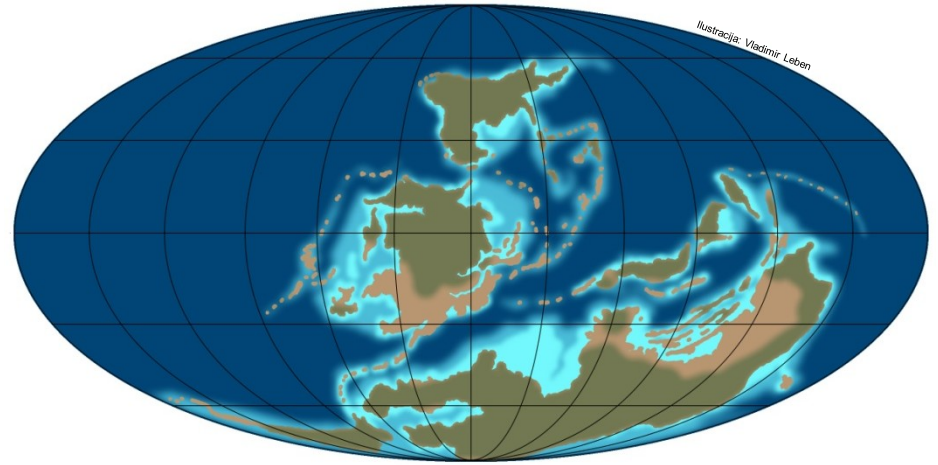
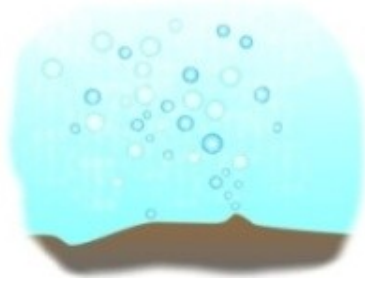


Riba oklepnica rodu *Bothriolepis* iz Kanade. Foto: Matija Križnar





Morski škoprijon. Foto: Matija Križnar



- ❖ Ohladitev oceanov (in anoksija)
- ❖ Poledenitev na Gondwani (južni del)
- ❖ Zunajzemljski objekti – prisotnost iridija, kraterji (Švedska-Siljan, Kanada-Charlevoix, ZDA, Rusija), .....



Riba oklepnica rodu *Bothriolepis*. Foto: Matija Križnar



### III. Največje izumiranje v geološki zgodovini

Imenujejo tudi "izumrtje vseh izumrtji" ali "mati vseh izumrtji", označujejo tudi kot izumrtje P-Tr)

Izumrlo je več kot:

**51 % družin**

**82 % rodov**

**95 % vrst**

Pred približno med 251 mio. let  
(manjše izumrtje je bilo tudi pred 260 mio. let )

Prizadetih je bilo veliko skupin živali in rastlin. Mnoge so bile izjemno prizadete in so se ohranile zgolj z enim rodom in nekaj vrstami.



Zadnji predstavniki rugoznih koral iz poznega perma Slovenije.  
Foto: Matija Križnar





## Izumrli so:

Še zadnji red trilobitov (Proetoidea)

Vse rugozne in tabulatne korale

Fuzulinidne foraminifere

Mahovnjaki – iz skupine Cryptostomata in Fenestrata

Ramenonožci – red Orthida

Amonoidni glavonožci – Goniatitina (“paleozojski amoniti”)

Navtilidni glavonožci – Tarphyceratida, Discosorida, ...

Blastoidi (iglokožci)

Ribe kostnice (primitivne) – Dorypterida

Dvoživke – Eryopoidea in še nekateri drugi

Kopenski tetrapodi – Pareiasauria, Captorhinidae, ...

(pred mejo P-Tr so izumrli še zadnji morski škorpijoni)

Na kopnem so izginili glospteridni in kordaitni predstavniki.

## Prizadeti so bili še:

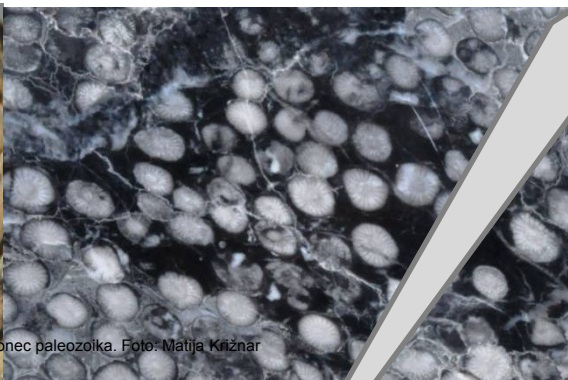
Amonoidi, **mnogi iglokožci** (morski ježki, močno prizadete morske lilije), školjke, polži, mnogi ramenonožci, mahovnjaki, mnoge manjše foraminifere, mnoge spužve, konodonti, ribe, kopenski štirinožci



Zadnji trilobiti izumrejo konec paleozoika. Tudi v Sloveniji imamo mnogo njihovih ostankov, celo zadnjih vrst. Foto: Matija Križnar



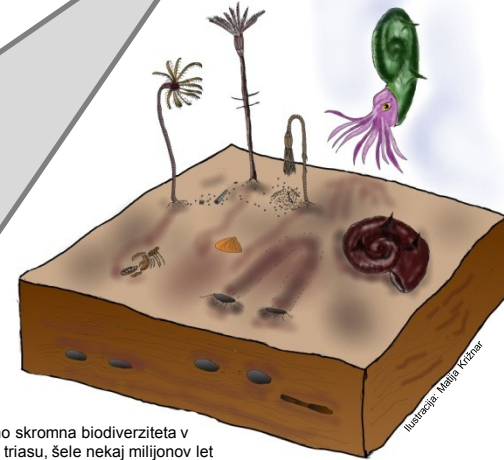
Predstavniki rugoznih koral, ki so izumrli konec paleozoika. Foto: Matija Križnar



Veliki pozno permski ramenonožec iz okolice Vrzdence. Foto: Matija Križnar



Goniatitni glavonožec iz Maroka. Foto: Matija Križnar



Izjemno skromna biodiverzitetata v zgodnjem triasu, šele nekaj milijonov let po velikem izumrtju. Ilustracija in foto: Matija Križnar

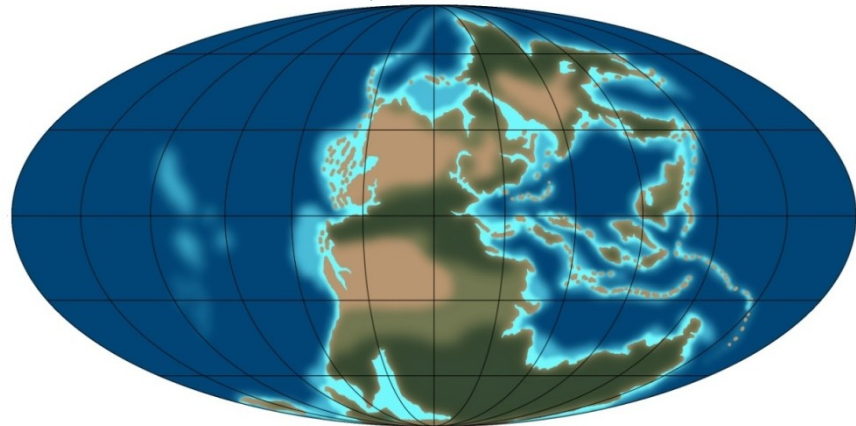




Permska morska lilija *Jimbacrinus bostocki*. Predstavniki morskih lilij so bili v izumrtju zelo prizadeti. Foto: Matija Križnar



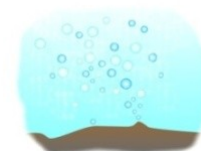
Ilustracija: Vladimir Leben



❖ Močno globalno ogrevanje s fazo morske regresije

(ali več kratkotrajnih regresij)

❖ Vulkanizem – Sibirija in južna Kitajska.



Vulkanizem povzroči segrevanje, spremenijo se oceanski tokovi in pomanjkanje kisika v vodi. Poveča se količina CO<sup>2</sup> in metana (topljenje ledenih pokrovov).



## IV. T-J izumiranje

Izumrlo je več kot:

**22 % družin**

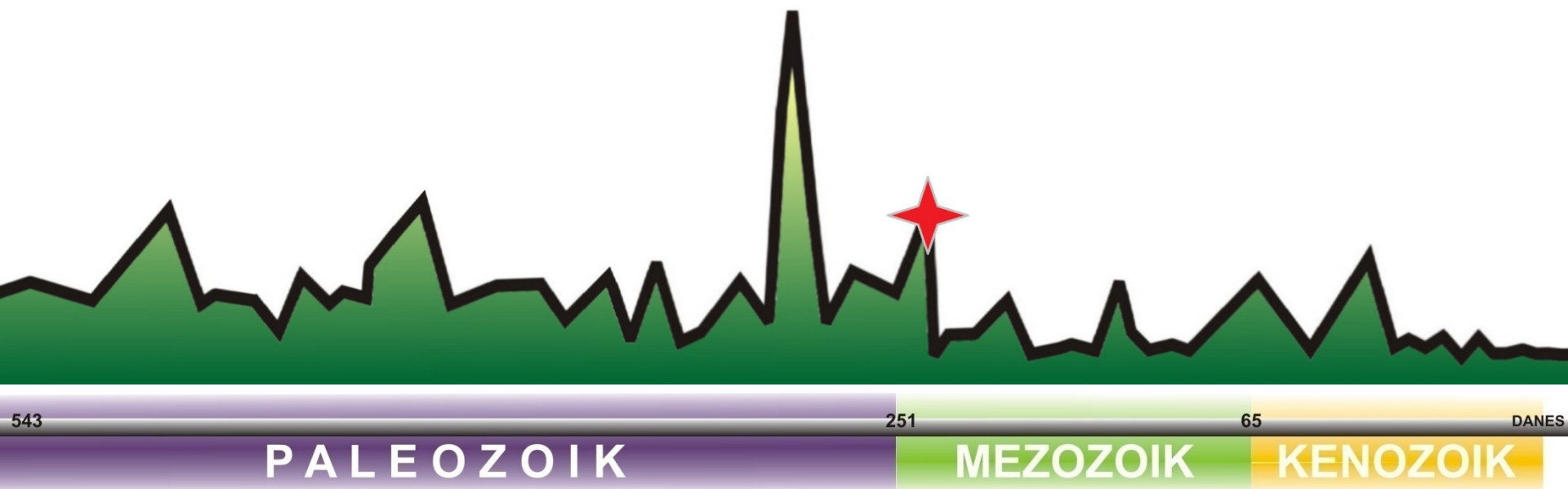
**53 % rodov**

**80 % vrst**

Pred približno med 200 mio. let



Amonit rodu *Tirolites* iz Slovenije.  
Foto: Matija Križnar







Notozavridni morsk plazilec iz triasnih plasti Švice.  
Foto: Matija Križnar

### Izumrli so:

Vsi **ceratitni amoniti** (Ceratitida) in ortoceratidni glavonožci (Orthoceratina)

Vsi **konodonti** (konodontne živali)

**Ribe kostnice** – Pholidopleuriformes, Perleidiformes, ....

**Dvoživke** – Eryopoidea in še nekateri drugi

**Kopenski tetrapodi** – Dicynodontia (sesalcem podobni plazilci), Dinocephalia, Gorgonopsia, Rhynchosauria (arheozavri),

Dvoživke - Capitosauridae, Mastodonsauridae,

Plazilci - Phytosauridae,.....

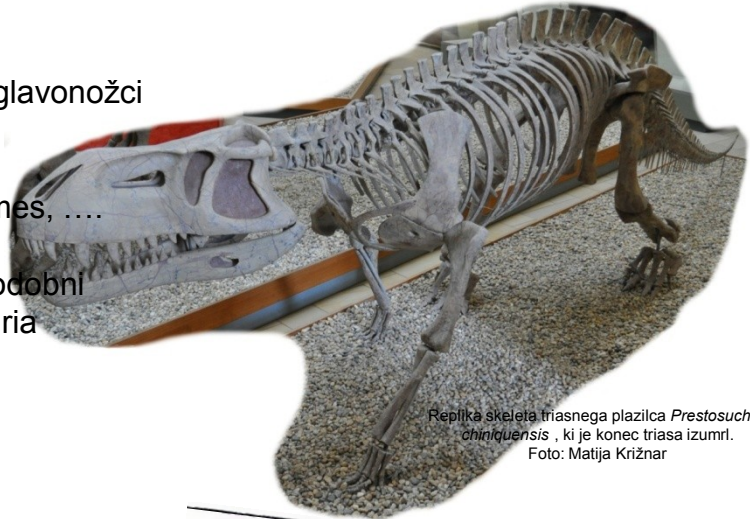
**Morski plazilci** – Nothosauria in Placodontia

### Prizadeti so bili še:

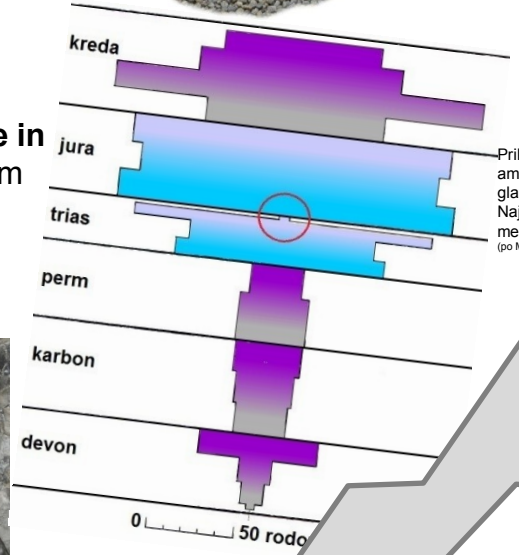
Močno prizadeta pestrost grebenskih organizmov – **korale in spužve**, močno prizadeti nekateri ramenonožci – predvsem spiriferfni ramenonožci (Spiriferida), školjke, kopenske rastline, kopenski vretenčarji.



Ceratitni amoniti so bili zelo pogosti v triasu. Konec Triasa so izumrli.  
Foto: Matija Križnar



Replika skeleta triasnega plazilca *Prestosuchus chiniquensis*, ki je konec triasa izumrl.  
Foto: Matija Križnar



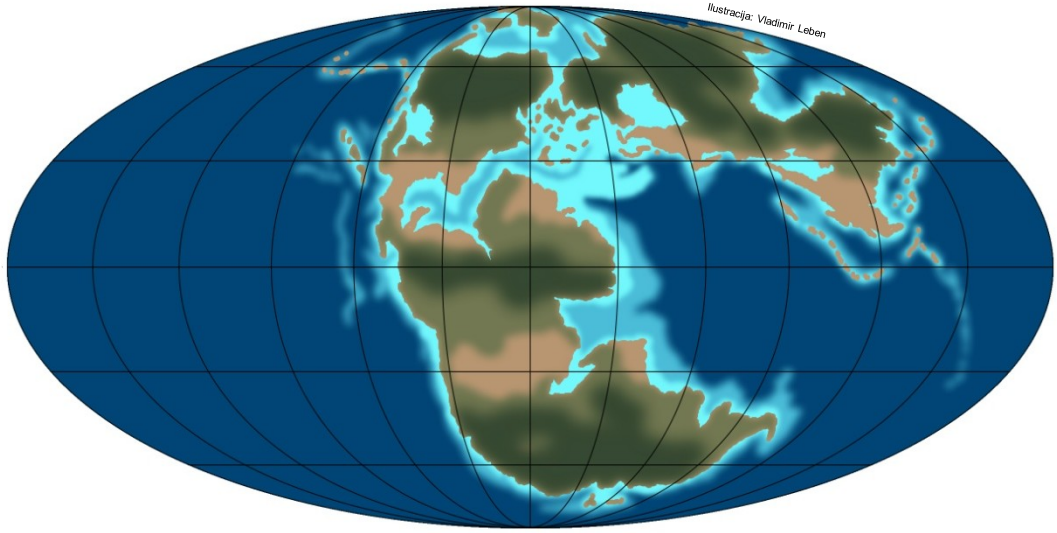
Prikaz pestrosti amonidnih glavonožcev. Največji upad je na meji trias-jura.  
(po Müller iz Richter, 1982)



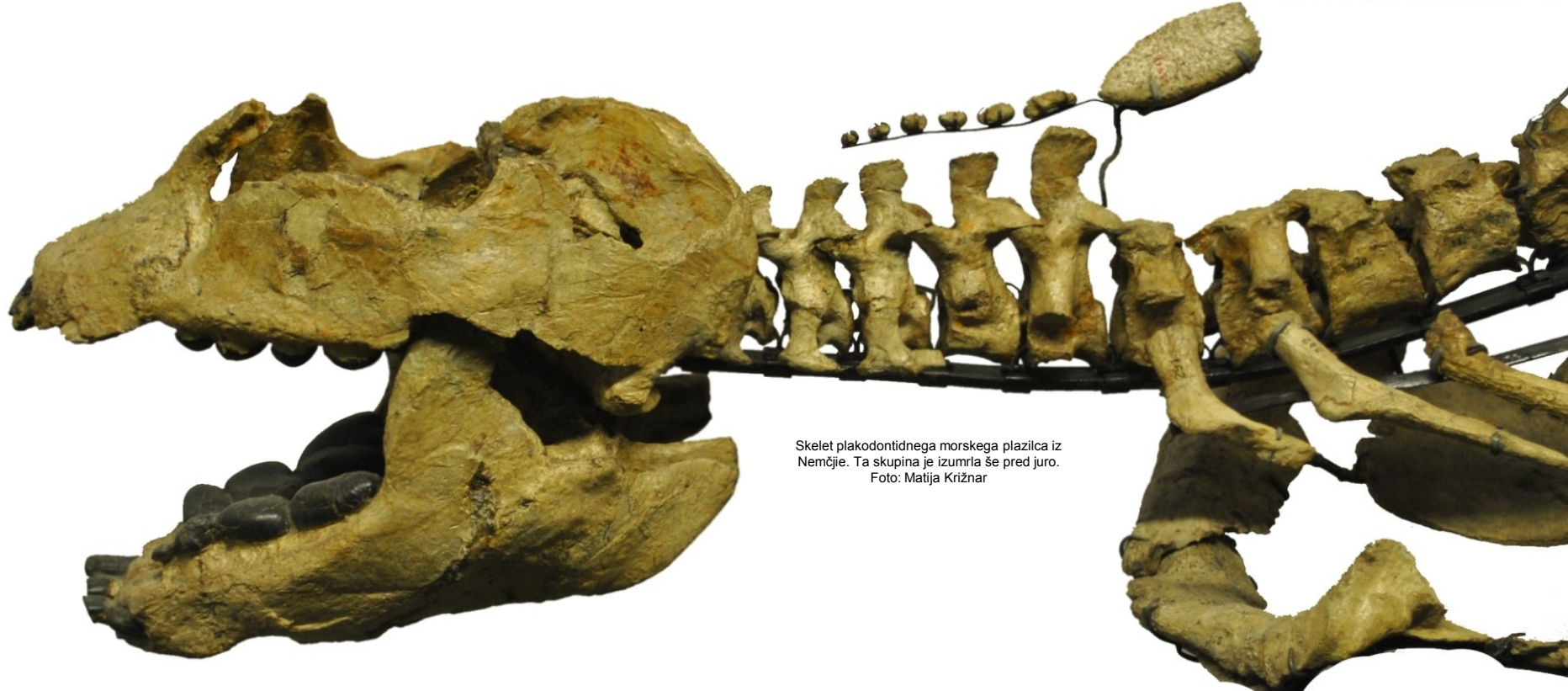
Kmalu po izumrtju se v permjskih plasteh pojavijo novi rodovi in vrste amonitov (na sliki rod *Plauroceras*)  
Foto: Matija Križnar



ilustracija: Vladimir Leben



❖ Globalno segrevanje  
❖ Vulkanizem – povezan s tektoniko Pangee (Atlantik)



Skelet plakodontidnega morskega plazilca iz Nemčije. Ta skupina je izumrla še pred juro.  
Foto: Matija Križnar



## V. Najbolj znano množično izumiranje



Skelet hadrozavrindnega dinosavra rodu *Parasauroplophus*.  
Ti predstavniki so izumrli med **zadnjimi**.  
Foto: Matija Križnar

Izumrlo je več kot:

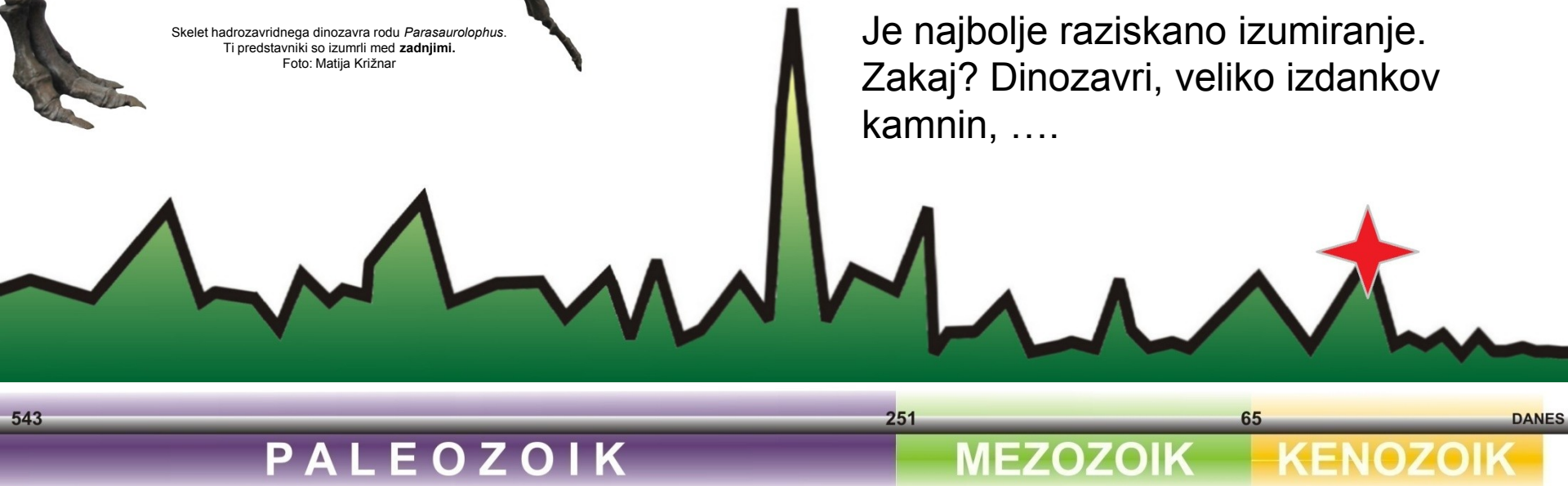
**16 % družin**

**47 % rodov**

**73 % vrst**

Pred približno med 65 mio. let

Je najbolje raziskano izumiranje.  
Zakaj? Dinosavri, veliko izdankov  
kamnin, .....



543

251

65

DANES

PALEOZOIK

MEZOZOIK

KENOZOIK



Rudistne školjke v življenjskem položaju.  
ilustracija: Matija Križnar



Skafitni amonit iz krednih plasti.  
Foto: Matija Križnar



## Izumrli so:

Vsi amoniti)

Vse rudistne školjke

Vsi **dinozavri** (Oviraptorji, tiranozavri, dromeozavri, hadrozavri, ankilozavri, ceratopsidi)

Vsi **pterozavri**

Vsi **veliki morski plazilci** – Pleziosavri  
(Plesiosauria)



Belemniti izumrli že sredi krede  
Ihtiozavri so izumrli že veliko prej (pred 90 mio. let)



## Prizadeti so bili še:

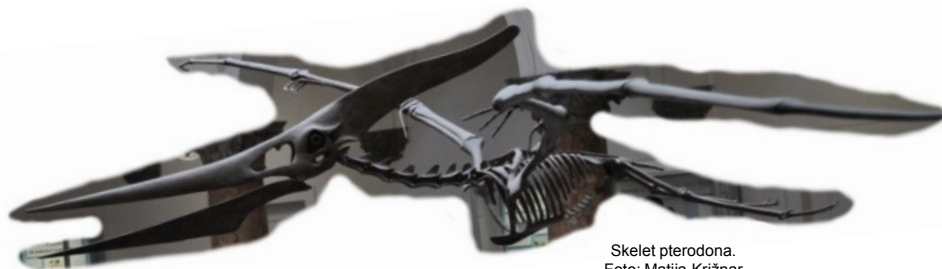
Mnogi mikroorganizmi (foraminifere), korale,  
ramenonožci, d vretenčarjev dvoživke in želve.

Nenavadno! – nobenih vidnih sprememb v  
biodiverziteti niso doživele ribe kostnice, ptice in  
sesalci (razen primitivnih oblik).  
Med nevretenčarji morski ježki.

Replika tiranozavrove lobanje.  
Foto: Matija Križnar



Lobanja triceratopsa iz zgornjekrednih plasti.  
Foto: Matija Križnar

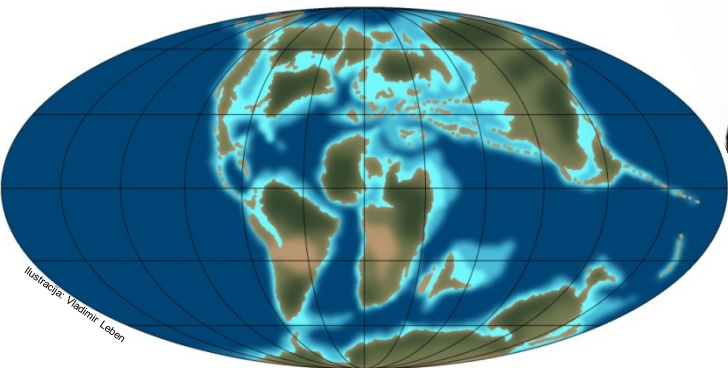


Skelet pterodona.  
Foto: Matija Križnar



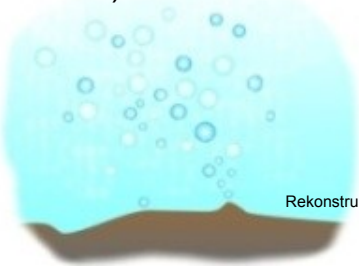
Oviraptor na gnezdu z jajci (replika).  
Foto: Matija Križnar





- ❖ Klimatska nihanja (močno globalno segrevanje in ohlajanje)
- ❖ Vulkanizem ("Deccan traps" - Indija)
- ❖ Morska regresija
- ❖ Zunajzemeljski objekti – Asteroid/meteorit, kraterji, iridij, mikrotektiti, sledi cunamijev

(novejše raziskave navajajo vsaj tri kraterje, v kratkih intervalih 0,3-0,4 mio. let + najbolj znani krater na Jukatanu)



Rekonstrukcija rudistni školjk rodu *Biradiolites*.  
Ilustracija: Matija Križnar



Heteromorfni amonit iz krednih plasti.  
Foto: Matija Križnar



# Kaj pa pleistocensko izumiranje in izumiranje vrst danes?

Med 1,8 – 0,01 mio. let, globalne klimatske spremembe, na vseh kontinentih.

Prizadete najbolj:  
živali > 44 kg = megafavna

## “Statistika”

Pred 50.000 leti – 150 rodov / pred 10.000 leti izumrlo vsaj 97 rodov velikih sesalcev .

Avstralija – 88% izumrlih velikih vrečarjev (+vsi veliki plazilci in ptice)

Sev. Amerika – 72% (med 11,500 – 10,500 leti)

Juž. Amerika – 83% (med 12,900 – 10,000 leti)

Evrazija – 36% (izumrli v dveh fazah : 45,000-20,000 in 12,000-9,000 leti)

Afrika – izumrlo le 18%

Izumiranja posledica hitrih klimatskih sprememb in močno sovpadajo z dokazanim poseljevanjem ledenodobnih ljudi.

**Danes?**

Glede na hitrost izumiranja današnjih vrst naj bi presegli 96% (izumrlih vrst) v nekaj sto letih – to že imenujejo “šesto” veliko izumrtje. Torej bi presegli največje izumrtje (P-Tr).



Izumiranja so del procesov na Zemlji in so bila stalnica v geološki zgodovini.

Kaj prinaša prihodnost pa je odvisno tudi/predvsem od biotskega dejavnika – človeka!



**Hvala za pozornost!**

Predavanje pripravil: mag. Matija Križnar

Fotografije (avtorske): Matija Križnar, Matjaž Černila, © 2014

Ilustracije, risbe in grafi: Matija Križnar, © 2014

Paleogeografske ilustracije: Vladimir Leben (arhiv Prirodoslovni muzej Slovenije)