

Dzieje życia 5.

Czasy świetności dinozaurów

Jerzy Dzik

*Instytut Paleobiologii PAN
Instytut Biologii Ewolucyjnej UW*

2023



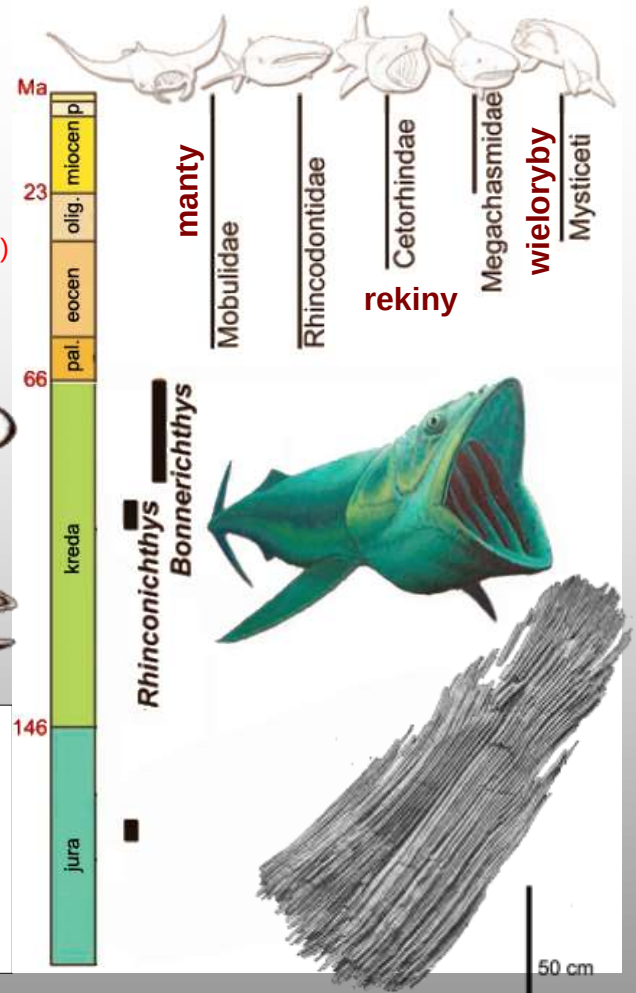
"WIELORYBY"

ery dinozaurów

Friedman et al. (2010)

Bonnerichthys
kreda 89-66 Ma

- nisza wielkich oceanicznych filtratorów zajęta przez ryby cienkołuskie
- panowały w morzach do końca kredy



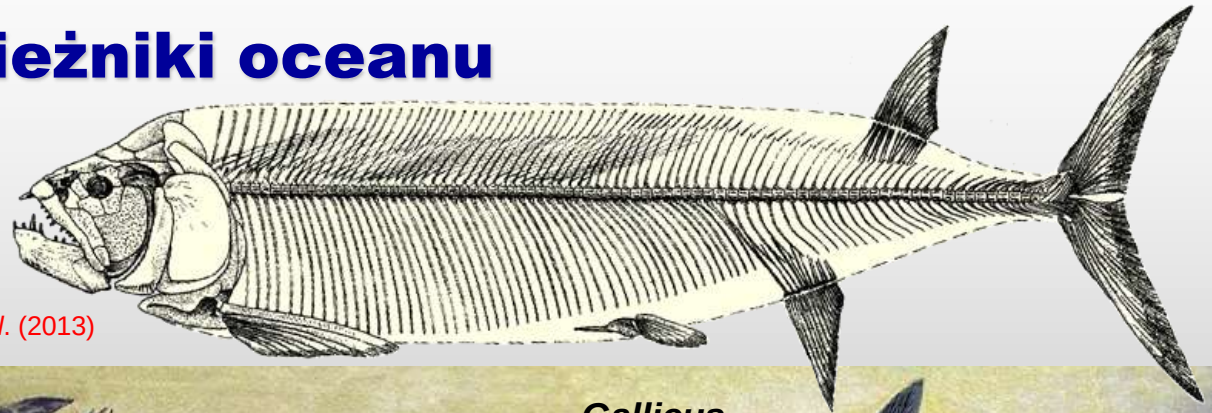
ogon *Leedsichthys*
jura 160 Ma

w kredzie miały wielkich drapieżnych krewniaków

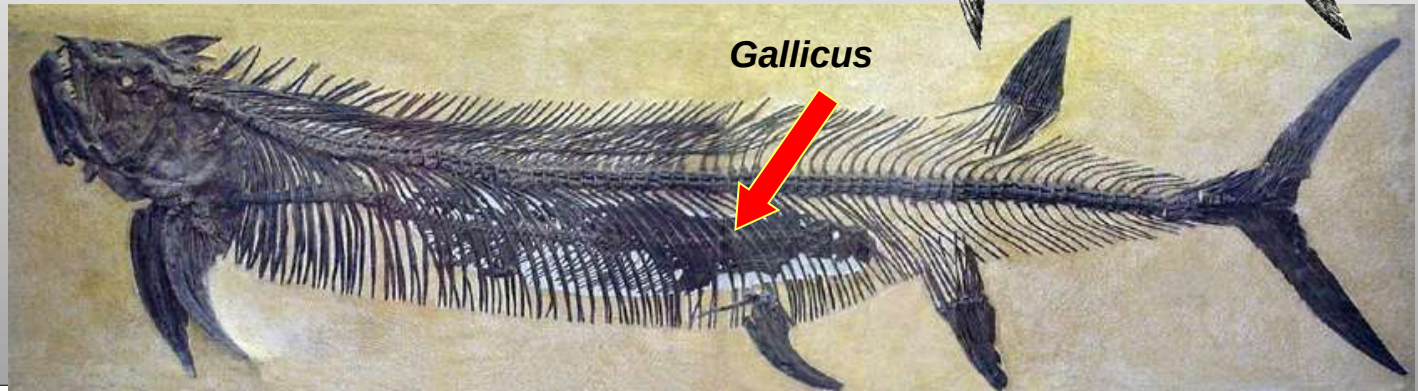
Lister (2004)

PÓŹNOKREDOWE

ścigłe drapieżniki oceanu



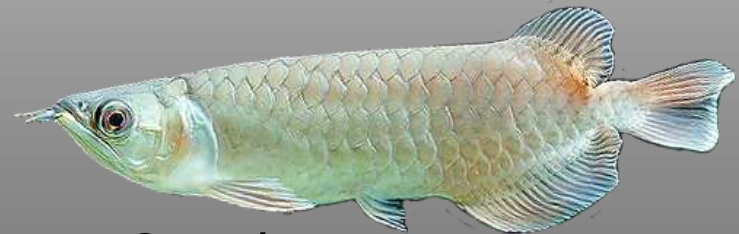
Cavin et al. (2013)



Xiphactinus
kreda 85 Ma

- kredowe osteoglossidy do 6 m długie, polowały na mozazaury

same padały ofiarą wielkich rekinów



Osteoglossum
dziś

REKINY

są nowym wynalazkiem



spirale zębowe

Cretoxyrhina
kreda 76 Ma



czaszka



- rekiny tnące zębami mięso to kredowy wynalazek

Naher (2016)

Squalicorax
kreda 86 Ma



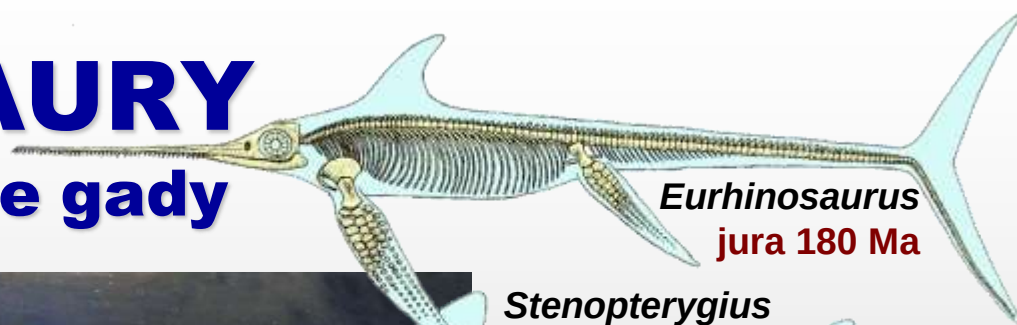
ich ekspansja przypadła na schyłek ichtiozaurów

ICHTIOZAURY

delfinopodobne gady



poród ichtiozaura



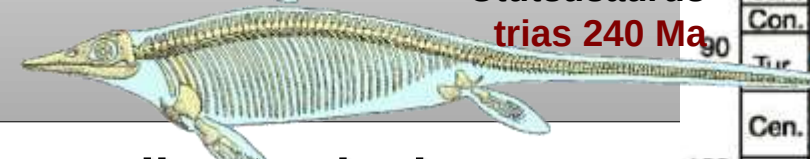
Eurhinosaurus
jura 180 Ma



Stenopterygius
jura 180 Ma



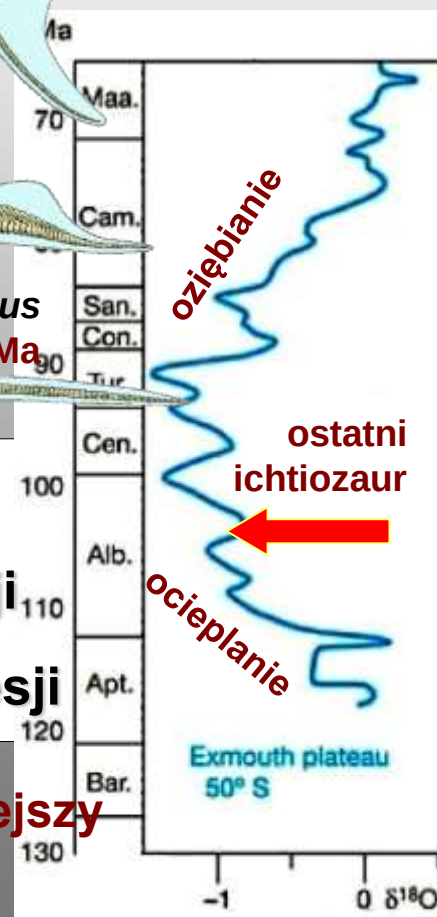
Mixosaurus
trias 230 Ma



Utatusaurus
trias 240 Ma

- gadzi styl lokomocji wymusił ustawienie ogona
- żyworość skutkiem skrajnie wodnej adaptacji
- ale wymarły wraz ze szczytem kredowej transgresji

we wczesnej kredzie lądy rozleglejsze a klimat chłodniejszy



SAVANNA

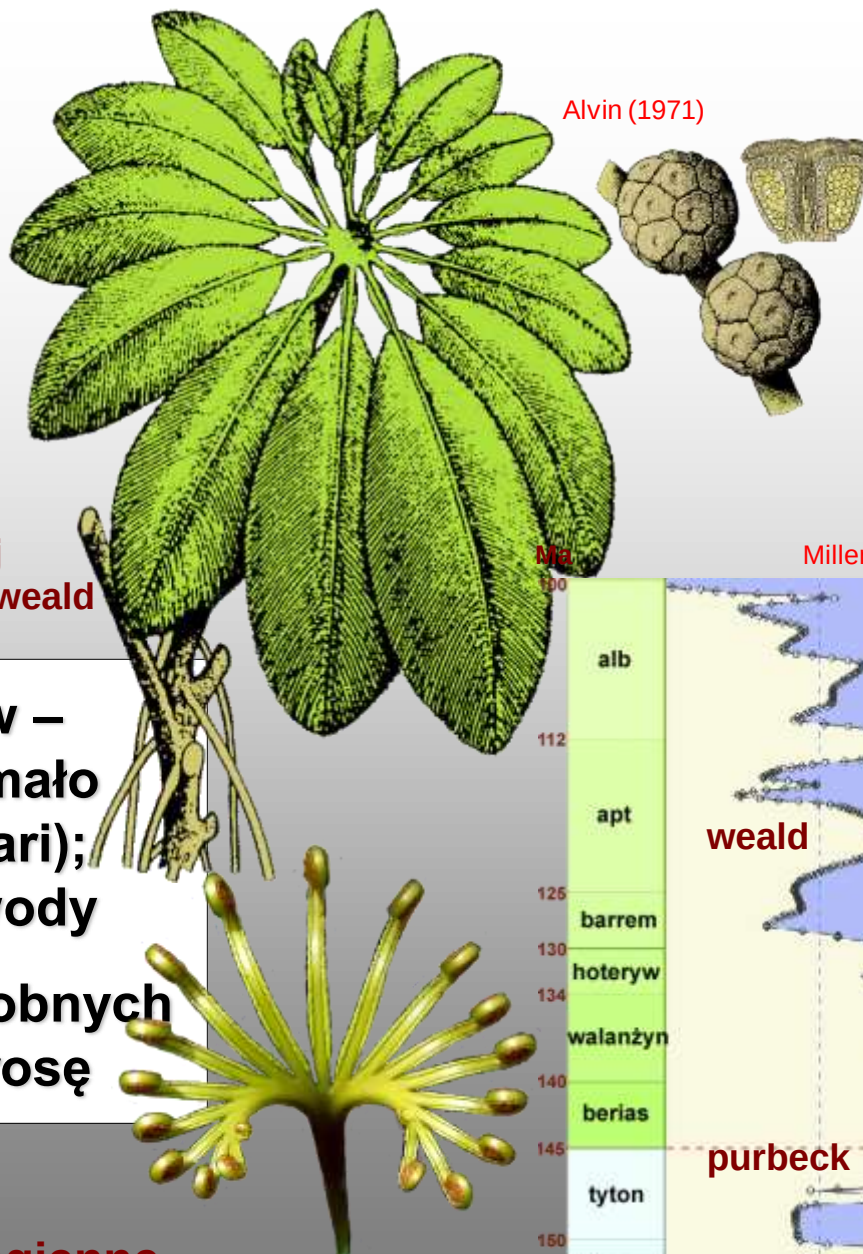
ery dinozaurów

Weichselia
Matoniaceae
kreda 140 Ma

w Europie środkowej i północnej
wczesna kreda kontynentalna – weald

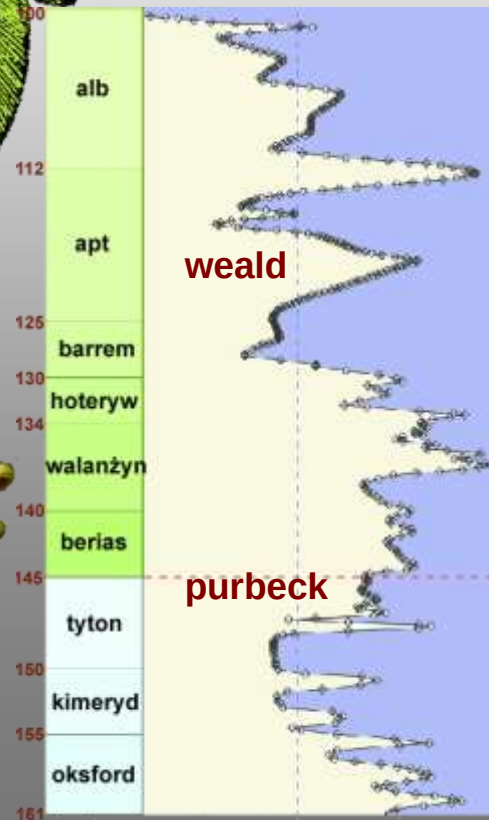
- mezozoik bez monsunów –
wewnątrz kontynentów mało
opadów (analogia Kalahari);
rosa istotnym źródłem wody
- dominowały iglaste o drobnych
igłach kondensujących rosę

jednak wczesne kwiatowe bagienne



Alvin (1971)

Miller et al. (2005)



Matonia dziś

LOTOS

owadopylny relik



Gandolfo & Cuneo (2005)

Nelumbo kreda 70 Ma

bez płatków!

Scandianthus
Saxifragaceae



Friis (1983)

Caryanthus
Juglandaceae
„Normapolles”



pyłek trójbruzdowy

- lepki pyłek z trzema porami pierwotny dla zaawansowanych kwiatowych
- pojawił się w środkowej kredzie 100 Ma wraz z przodkiem lotosu *Nelumbo*

Nelumbo lotos
Nelumbonaceae

ewolucja pyłku powiązana z owadopylnością



OKWIAT BARWNY niehomologiczny róży

Leea fructus kreda 125 Ma
Sun et al. (2011)

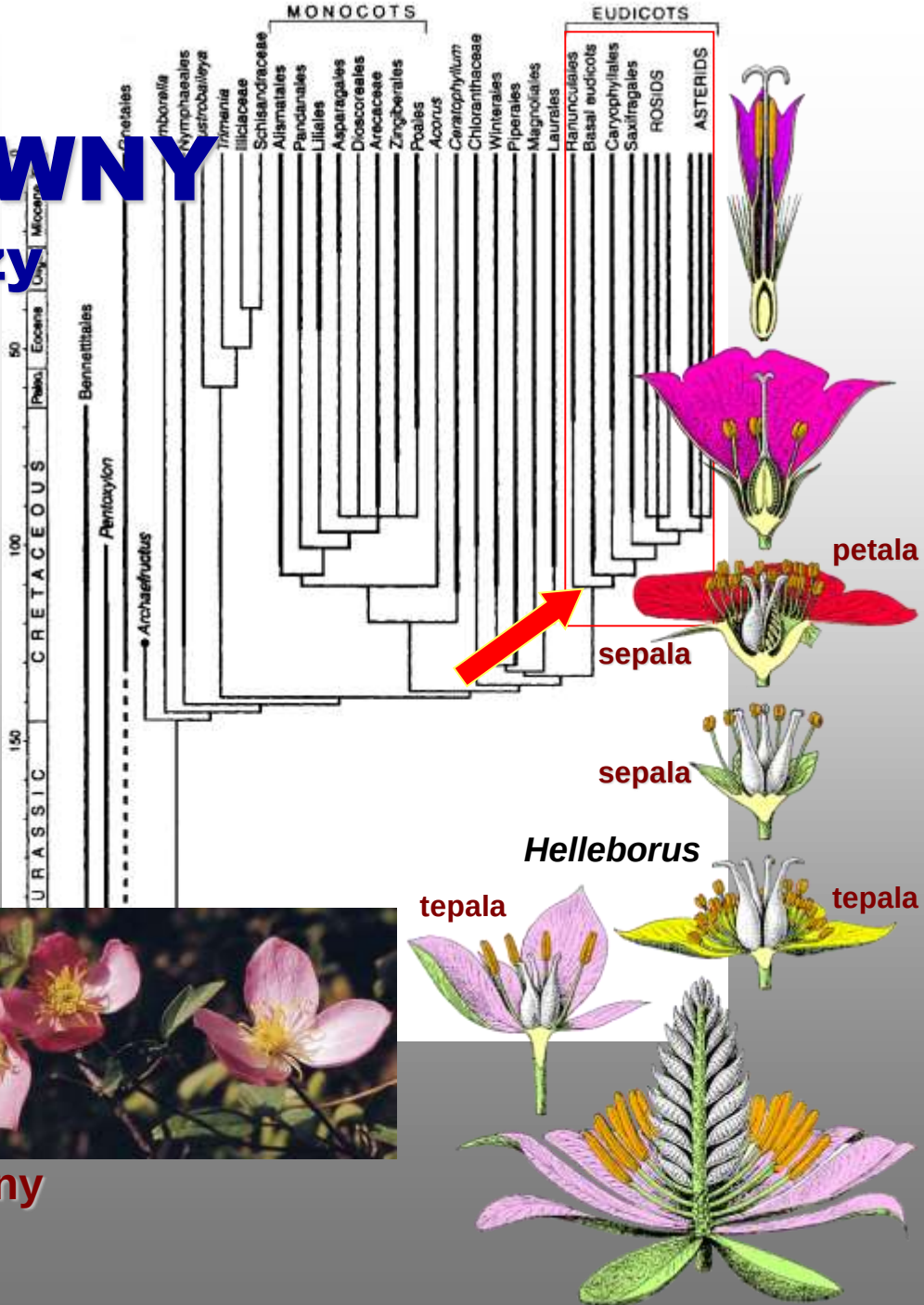
Friis et al. (2018)

Paisia kreda 125 Ma

- pyłek trój-wieloporowy
- zamiast płatków *tepala*
- symetria niestabilna

tepala
Clematis
Ranunculaceae

pierwotny stan okwiatu nieznany

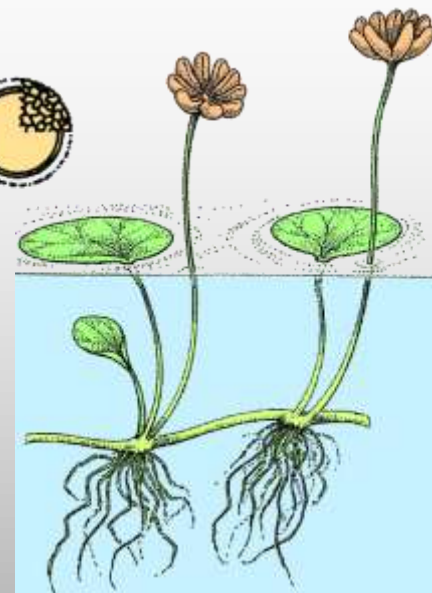
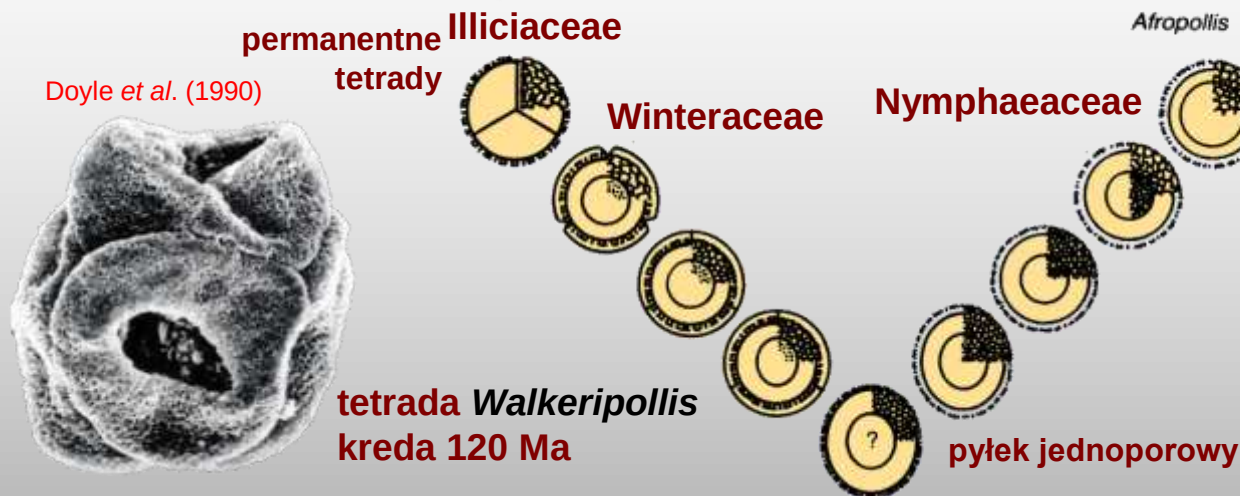


LILIE WODNE

okwiat wabiący z pylników

Pluricarpellatia
formacja Crato Brazylia kreda 115 Ma
Cabombaceae

Friis et al. (2011)



- „płatki” są zmienionymi pylnikami
- okwiat pierwotnie niepozorny
- linia rozwojowa dawniejsza od jednoliściennych

Nymphaea grzybień
Nymphaeaceae

istnieją dwuliścienne o kwiatach jak jednoliścienne



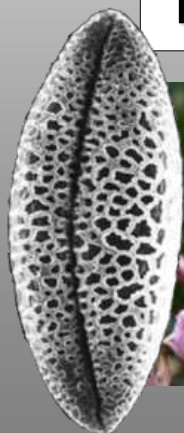
TRÓJKROTNOŚĆ pierwotnych kwiatów



Zavada (2009)

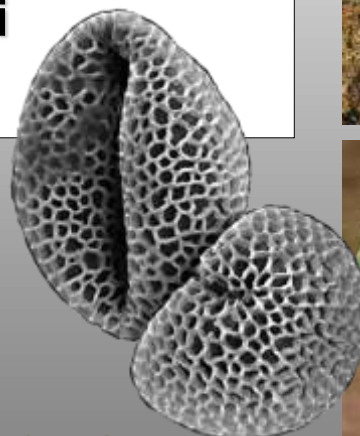
Retimonocolpites
kreda 120 Ma

- jednobruzdowy pyłek i trójkrotne kwiaty
typowe dla jednoliściennych i
pierwotnych dwuliściennych



Halbritter (2015)

łączeń
Butomus
Butomaceae
MONOCOTYLEDONES



Saruma
Aristolochiaceae

najdawniejsze kwiaty już uproszczone

kokornak
Aristolochia
Aristolochiaceae
PIPERALES



kopytnik
Asarum
Aristolochiaceae

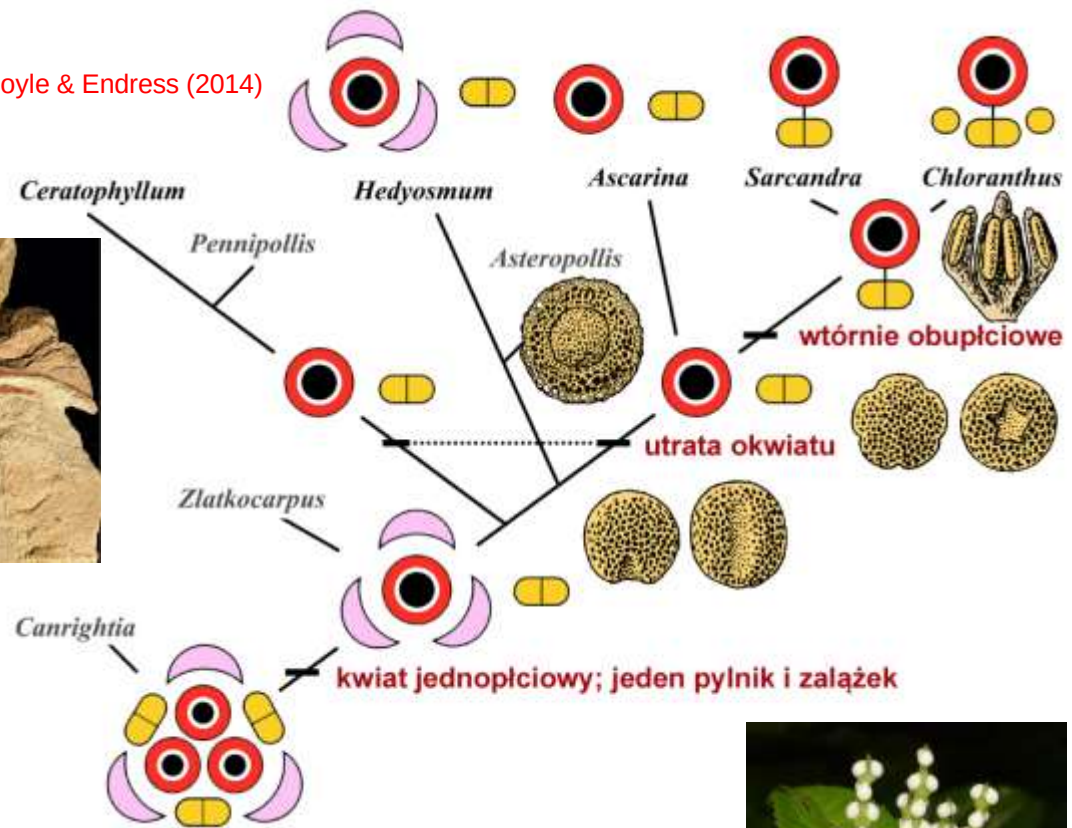


REDUKCJA okwiatu

Donlesia
Kansas
kreda 100 Ma
Dilcher & Wang (2009)



Doyle & Endress (2014)



- *Chloranthus* od wczesnej kredy rozpoznawalny po zrosniętych pylnikach
- rogatek *Ceratophyllum* zapylany pod wodą od wczesnej kredy (*Montsechia*)

Chloranthus

niektóre z najdawniejszych okwiatu w ogóle nie miały



POCZĄTKI kwiatowych

Archaeofructus
jeziorna formacja Yixian, Chiny
wczesna kreda 125 Ma

owocolistki

pylniki

- *Archaeofructus* bez okwiatu choć obupłciowy i spiralny
- podzielone liście wskazują, że to roślina wodna
- początkowo zielne lub krzewy



Sun & Dilcher (2002)

być może powstały w środowisku wodnym

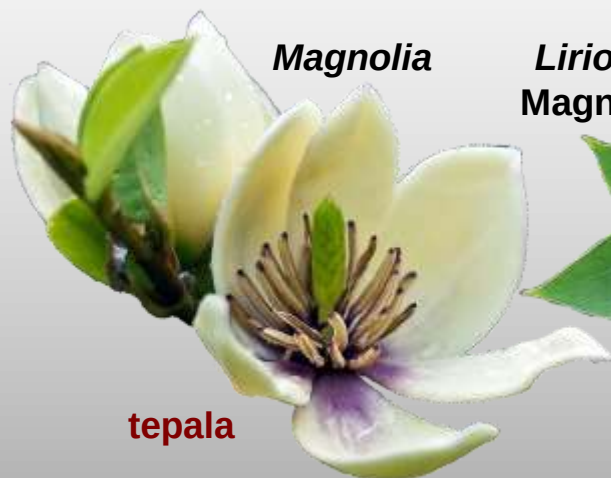
(jednowierzchołkowe)

MAGNOLIE

najpierwotniejsze kwiatowe?

Dilcher & Crane (1984)

Archaeoanthus
kreda 90 Ma



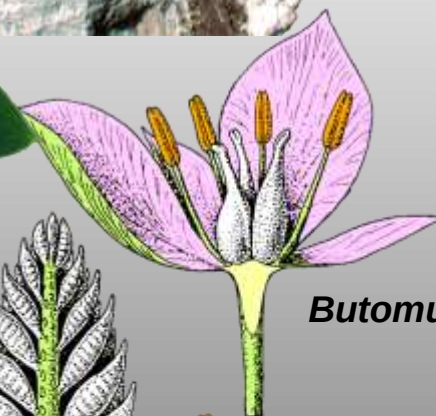
Magnolia

Liriodendron
Magnoliaceae

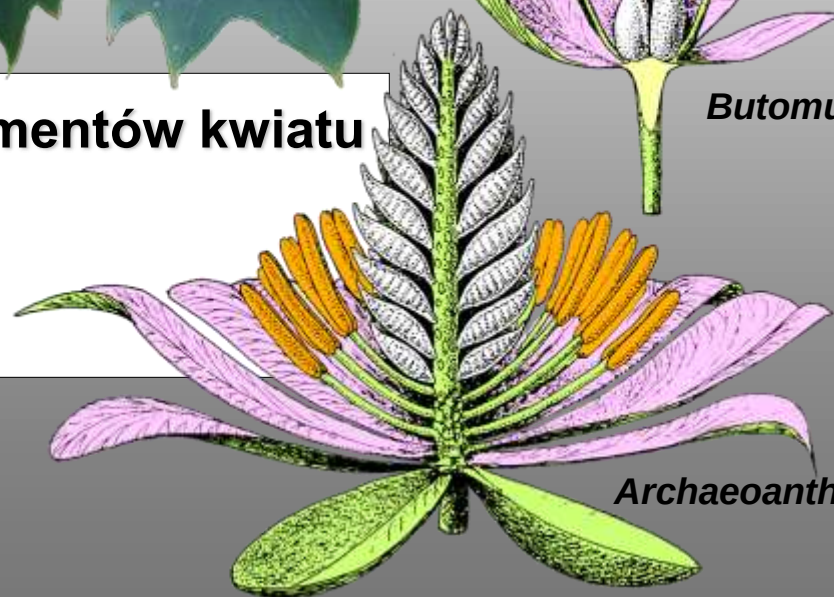


tepala

- spiralny układ wszystkich elementów kwiatu
- zapylane przez chrząszcze
- okwiat świetlisty, nie barwny



Butomus



Archaeoanthus

wtórnie owadopylne?

CO ZAPYLAŁO wczesnokredowe kwiaty



Micropterix
dziś

- imago pierwotnych motyli je pyłek
- ma Md; larwy jedzą detrytus
- puste łuski od początku jury

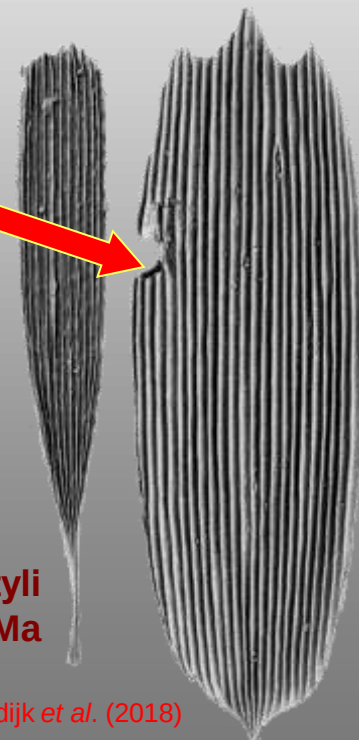
okazały okwiat pierwotny czy wtórny?



Ascololepidopterix
Micropterigidae
jura 165 Ma

Zhang et al. (2013)

puste – przejaw
zaawansowania?

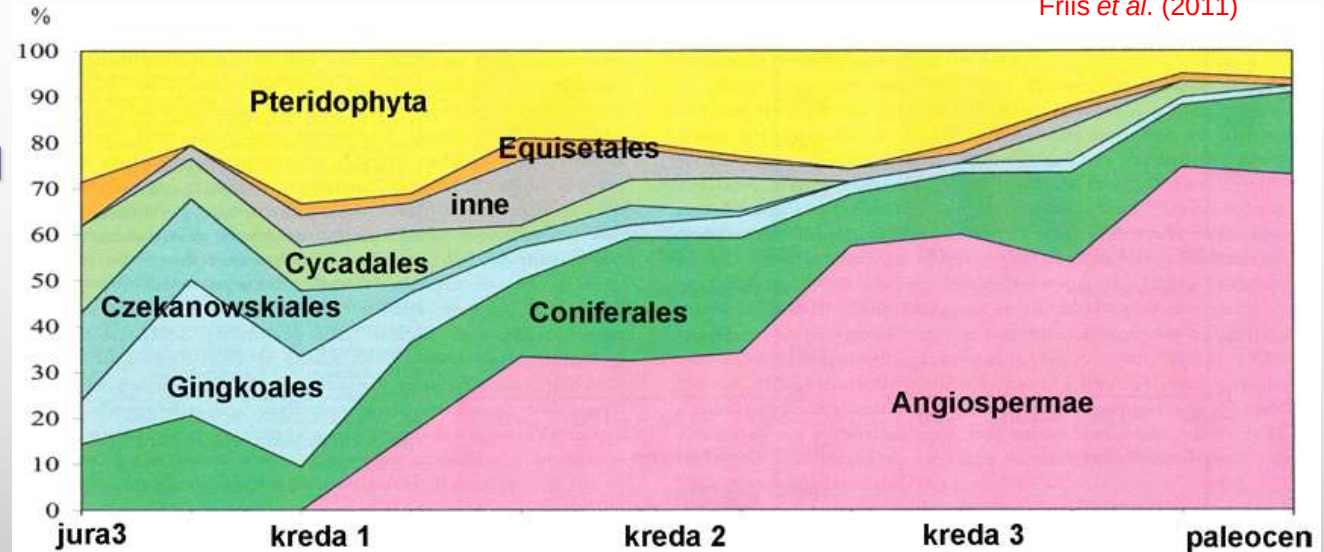


łuski motyli
jura 195 Ma

Van Eldijk et al. (2018)

FLORY mezozoiku

Friis et al. (2011)



- im głębiej w kredę, tym mniej kwiatowych a więcej miłorzębów i sagowców
- to one były pierwotne w suchych środowiskach kontynentalnych

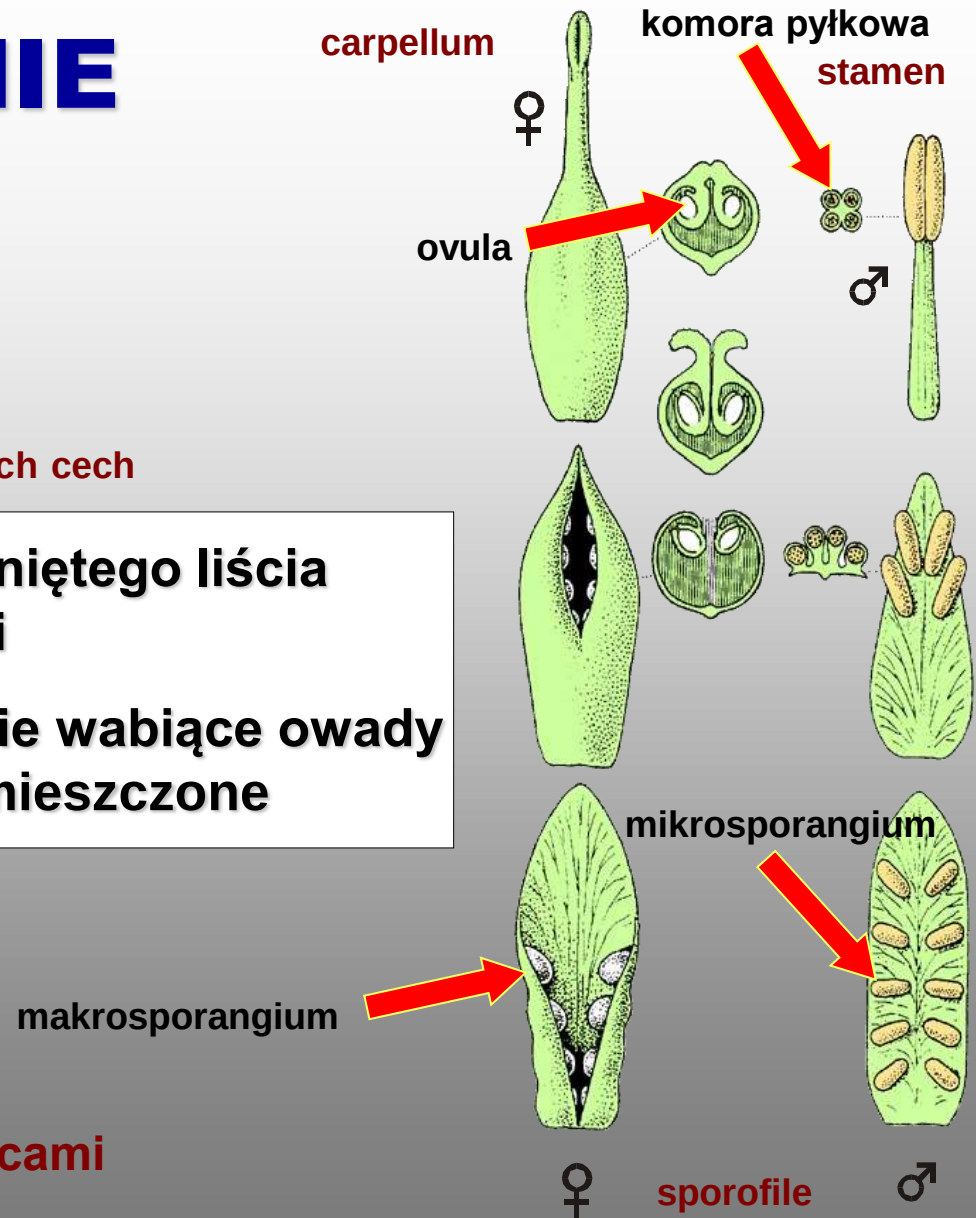
owocolistki sagowców i pylniki bennetytów podobne do kwiatowych

POCHODZENIE kwiatowych

kompilacja rozproszonych pierwotnych cech

- nasiona na krawędzi zwiniętego liścia
zrośniętego krawędziami
- owocolistki, pylniki i liście wabiące owady
pierwotnie spiralnie rozmieszczone

to sugeruje związek z sagowcami

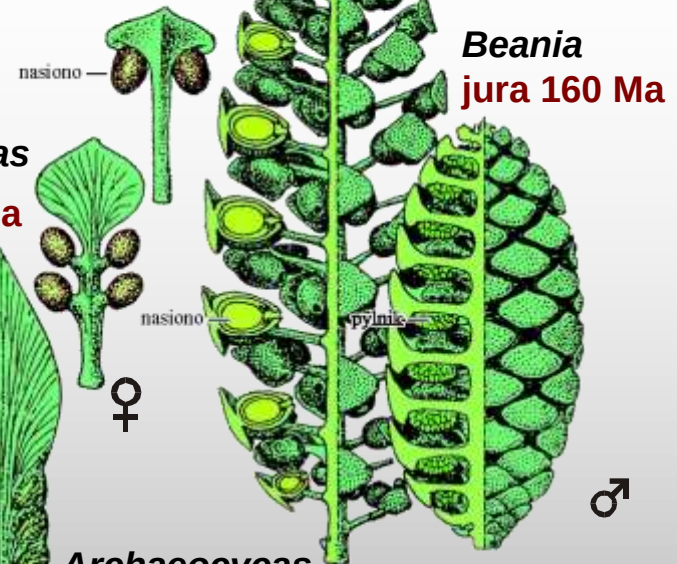
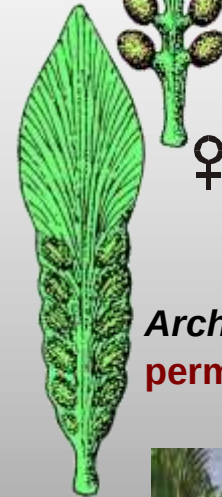


SAGOWCE

relikty ery dinozaurów

- wielowiciowe plemniki
- w mezozoicznej ewolucji upraszczanie owocolistka
- liście zarodniowe obu płci tworzą łuski szyszek

Palaeocycas
trias 210 Ma



Archaeocycas
perm 280 Ma



Cycas
dziś

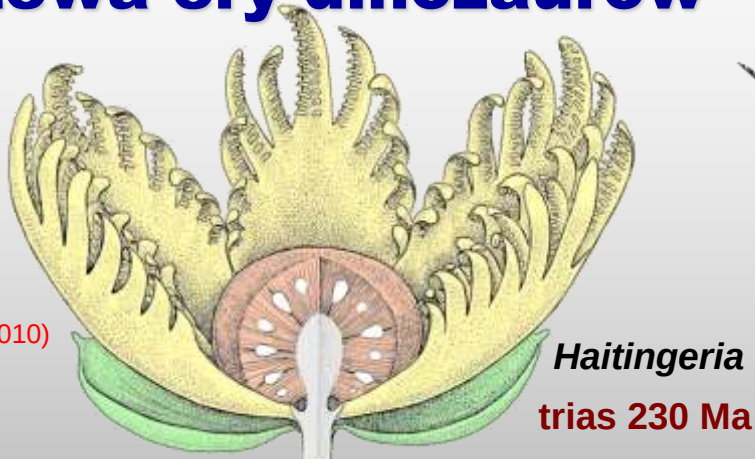


u pokrewnych form bywały kwiaty obupłciowe

BENNETYTY

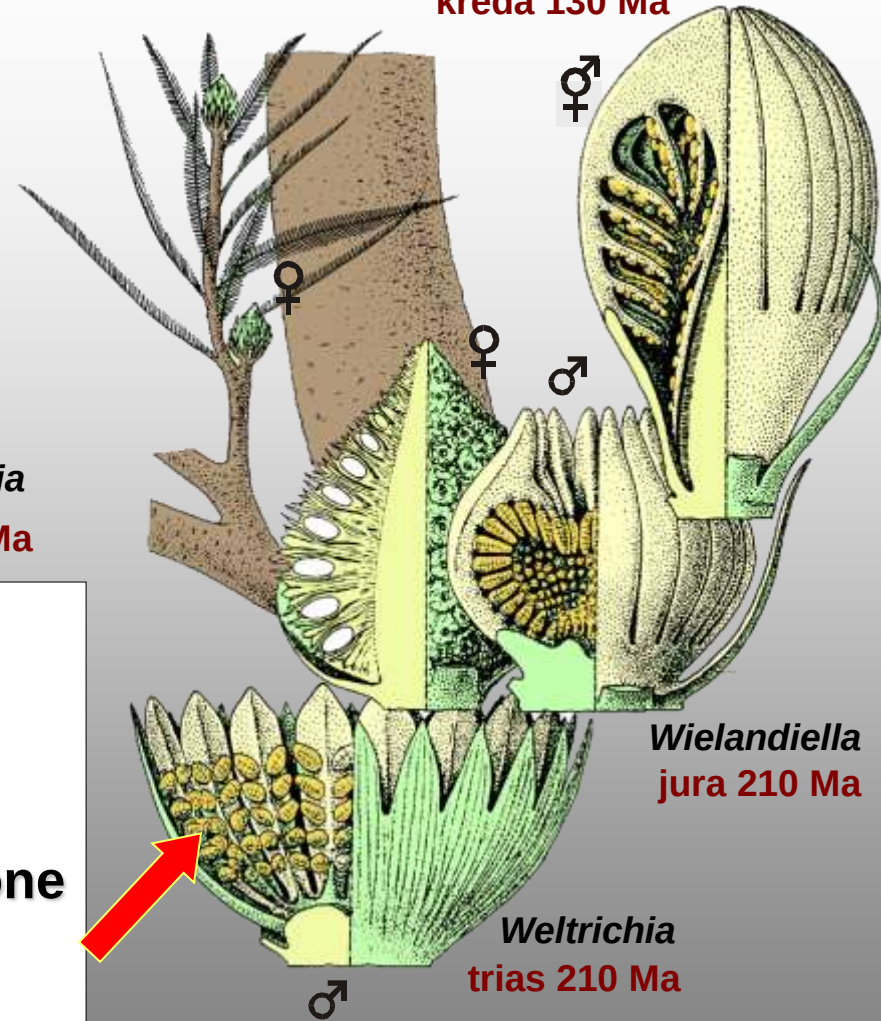
drzewa ery dinozaurów

Pott et al. (2010)



- pokrój podobny do sagowców
- ale zachowały pierzasty układ zarodni w pylnikach
- owocolistki skrajnie uproszczone
- niektóre obupłciowe

Cycadeoidea
kreda 130 Ma



drzewa suchych środowisk stowarzyszone z zielnymi Gnetales

KREDOWE

analogi traw i skrzypów

Ephedra
dziś



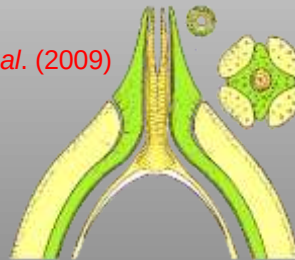
Yang et al. (2005)

Ephedra
kreda 135 Ma



- mezozoiczne Gnetales
 łudzaco podobne do turzyc
- przetrwały dzięki toksyczności

Friis et al. (2009)



Buerkospermum
kreda 125 Ma

Aegianthus
jura 160 Ma



♀



♂

Krassilov & Bagdaeva (1988)



Eoantha
kreda 135 Ma
Krassilov (1986)



dziś relikty w skrajnych środowiskach

ANALOGIA

sięga zapłodnienia

Gnetum



- zapładniany dodatkowy embrion odżywia embrion właściwy
- ale nie ma poliploidalnego endospermu (bielma)



Priscowelwitschia
kreda 112 Ma



Dilcher et al. (2005)

siewki



Welwitschia
dziś



nasiono



Welwitschia mirabilis
Gnetum leyboldii
Ephedra sinica
Ephedra antisiphilitica



Sanmiguelia
trias 230 Ma



niejedyne relikty z ery mezozoicznej w dzisiejszej florze

MIŁORZĘBY

relikty ery dinozaurów



Czekanowskia
jura 150 Ma

ogonki liściowe



Ginkgo

jura 150 Ma

pojedyncze nasiona



jura 160 Ma

krótkopędy



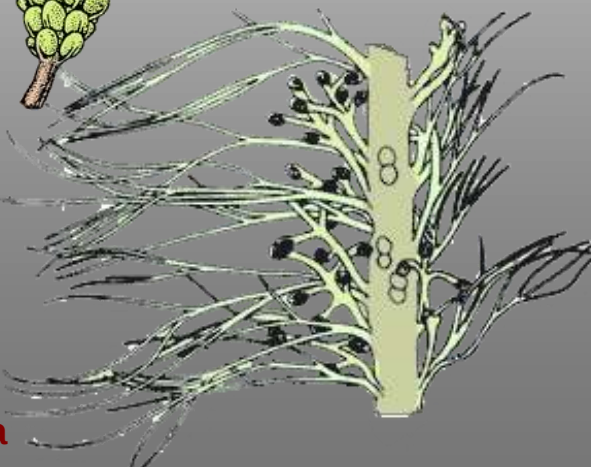
Karkenia
jura 195 Ma



liczne nasiona

Yimaia
jura 160 Ma

Kerpia
perm 260 Ma

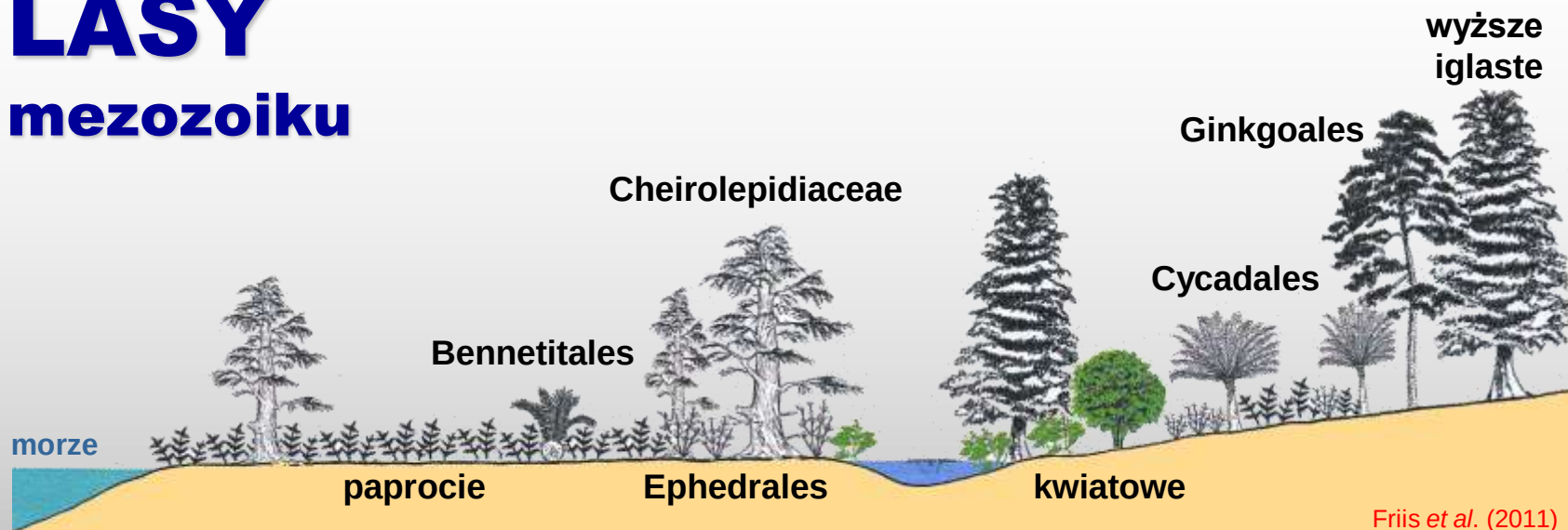


Trichopitys
perm 265 Ma

- pierwotnie pęki nasion na szypułce
- wielowiciowe plemniki; zapylenie na drzewie, zapłodnienie na ziemi

ekologicznie stowarzyszone z sagowcami

LASY mezozoiku



- przy braku strefowości klimatu
- słaba cyrkulacja atmosferyczna
- generalnie suche wnętrza kontynentów

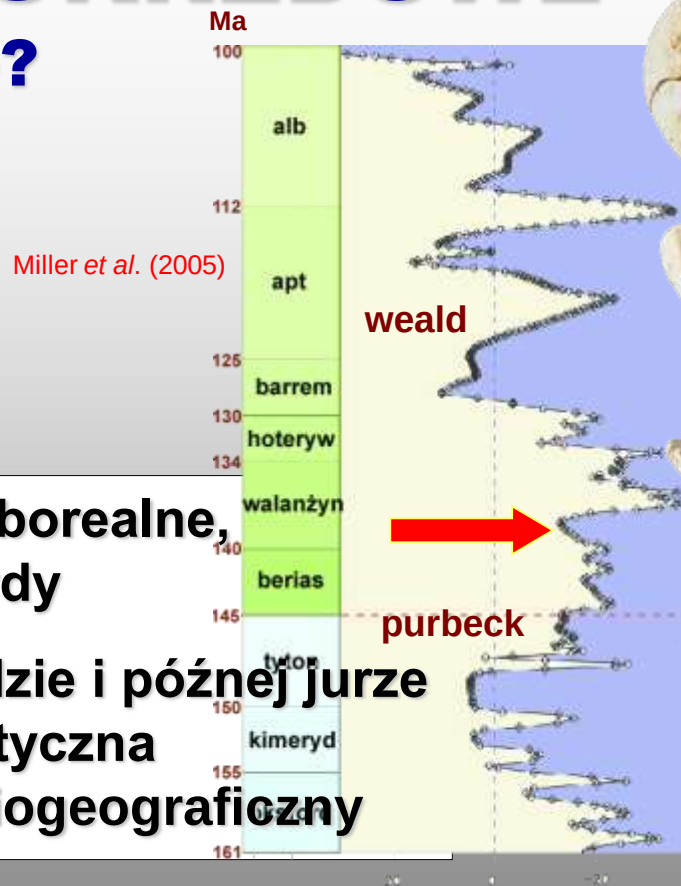
siewka *Thuja plicata*
Cupressaceae



w początkach kredy klimat był być może chłodniejszy

WCZESNOKREDOWE złodowacenie?

- chłodne obszary borealne, ciepły ocean Tetydy
- we wczesnej kredzie i późnej jurze strefowość klimatyczna i prowincjalizm biogeograficzny



Dzik (1990)



Valanginites=*Saynoceras*
borealna kreda 140 Ma
pochodzenie tetydzkie

utrudniona korelacja wiekowa nawet wewnątrz prowincji

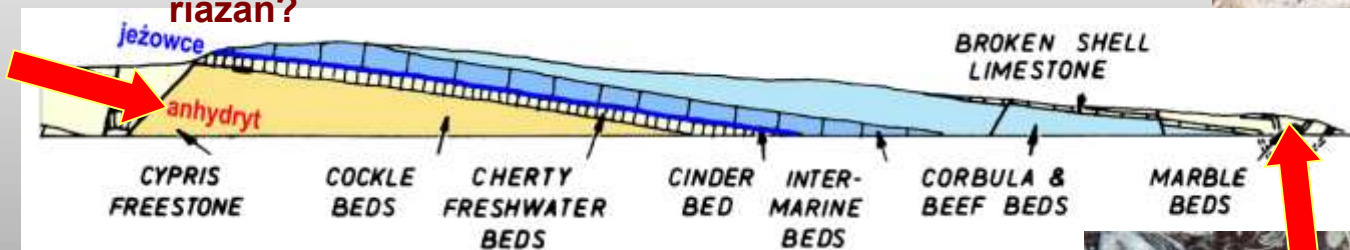
POCZĄTEK kredy

Lulworth Cove, Dorset



Durlston Bay

berias?
riazań?



- w Europie niealpejskiej pod wealdem słodkowodny purbeck z morską wkładką
- na morskich wapieniach portlandu



Purbeck Marble

globalna regresja morska i migracje wyznaczają początek kredy

GRANICA

kredy z jurą

Khimchiaschvili (1990)

♂

♀ juv.

Frau et al. (2016)

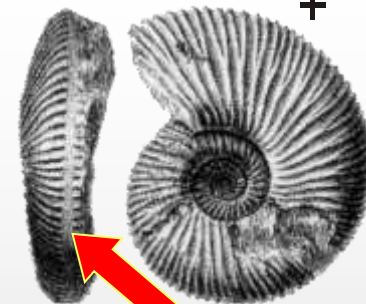
♂

♀

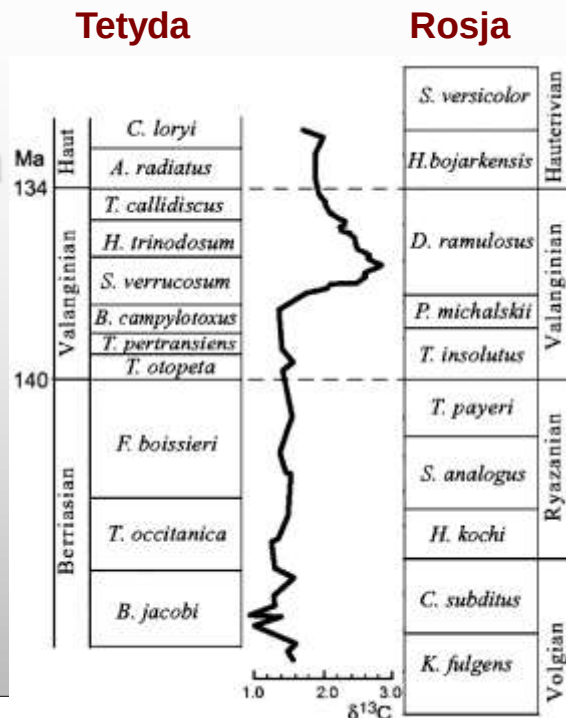
Strambergella jacobi
pojawienie miało wyznaczać
początek kredy (berriasu)

- najpierw rozpoznana w Rogoźniku
- ale w Pieninach luka – globalna regresja
- pochodzenie kredowych amonitów nieznane

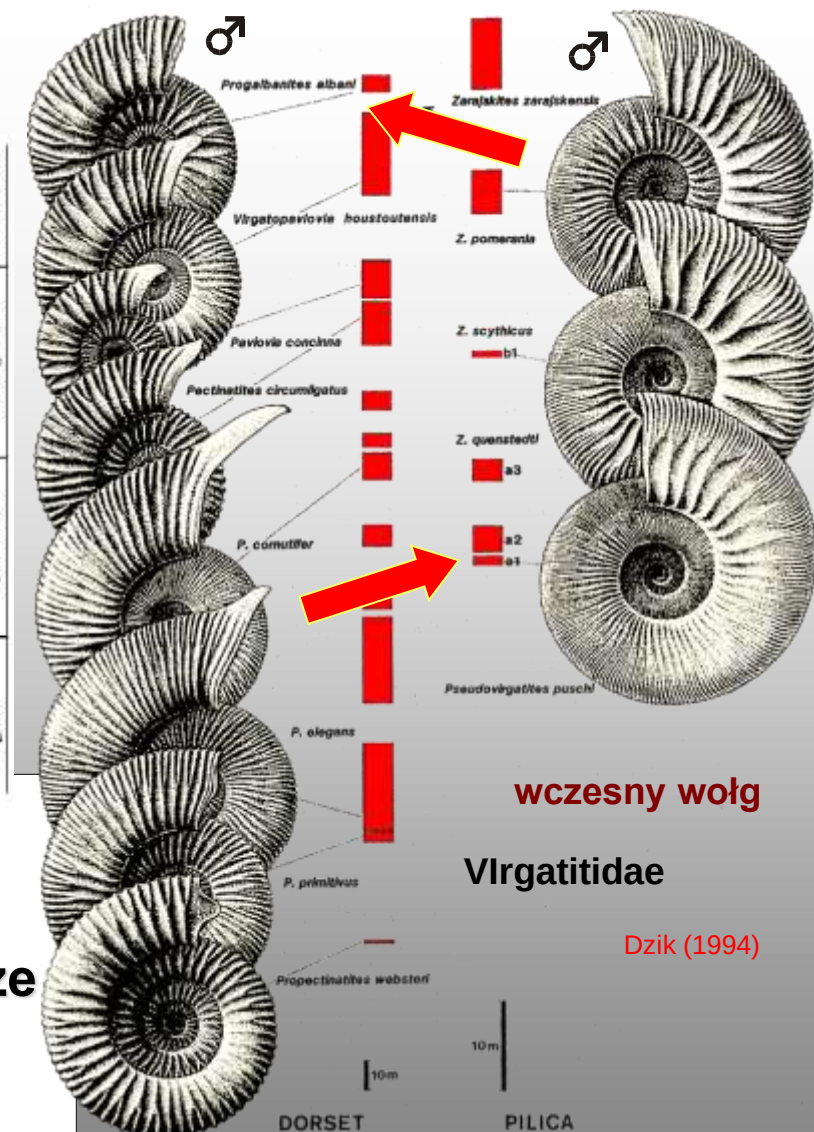
korelacja wiekowa końca jury trudna nawet wewnątrz prowincji
amonity berriasu z Rogoźnika



JURA końcowa



- chłodne obszary borealne, ciepły ocean Tetydy
- we wczesnej kredzie i późnej jurze strefowość klimatyczna i prowincjalizm biogeograficzny



wczesny wołg

Virgatitidae

Dzik (1994)

portland

w Europie warunki sprzyjające sedymentacji laminowanych wapieni

SOLNHOFEN

analogia Ediacara

- wapienie kokkolitowe z matami mikrobialnymi
- powstały w epoce wysokiego poziomu wód
- środowisko zatrute siarkowodorem
- zapewne laguna z wrzutami wody oceanicznej



śmiertelna runda
Mesolimulus
Solnhofen
145 Ma

do laguny wpadały i zwierzęta lądowe



ARCHAEOPTERYX

praptak jurajski

Longrich (2006)

■ szkielet podobny
jak u dinozaurów

Archaeopteryx
Solnhofen 145 Ma

beztlenowe środowisko sprzyja fosfatazacji



ARCHAEOPTERYX

mechanizm fosylizacji

- kości pierwotnie fosforanowe
- keratyna, chityna podłożem fosforyzacji
- na powierzchni maty mikrobialnej

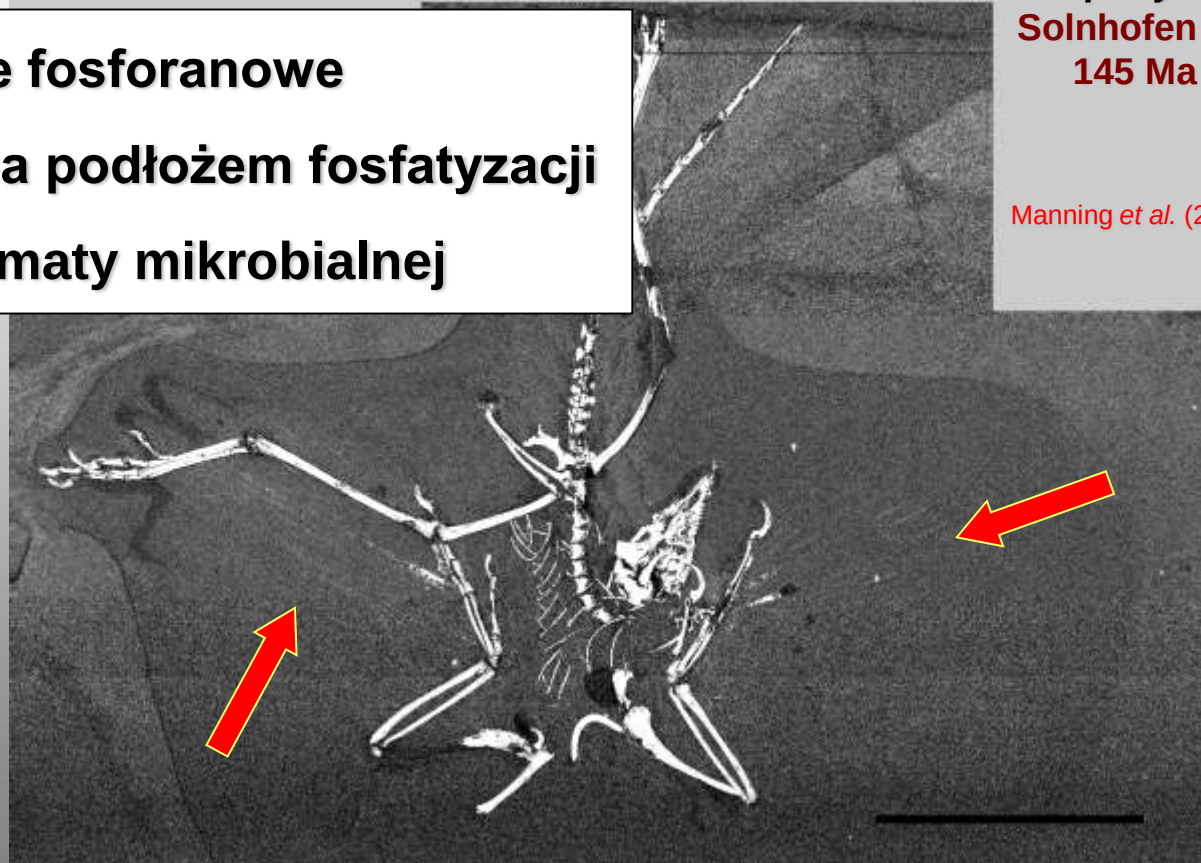
luminescencja fosforanów

Archaeopteryx

Solnhofen

145 Ma

Manning *et al.* (2013)



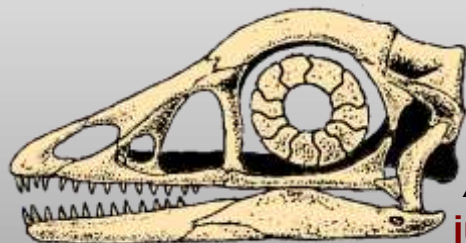
aerodynamika wymusza początkową czteroskrzydłość

TETRAPTERYX

odnaleziony

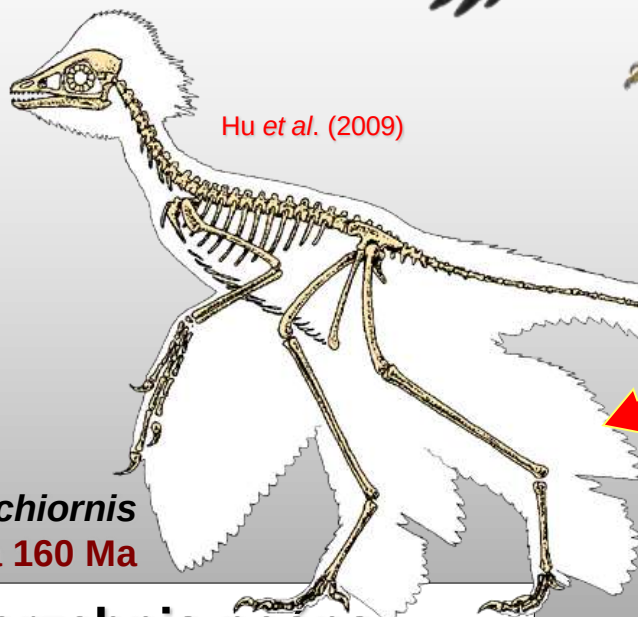
Archaeopteryx

jura 145 Ma



Anchiornis

jura 160 Ma



Hu et al. (2009)

Microaptor kreda 125 Ma;

nazywany dinozaurem mimo piór!



* środek ciężkości
i powierzchni nośnej

Li et al. (2012)

tylne skrzydła



hipotetyczny
Tetrapteryx

Beebe (1915)

- początkowo powierzchnia nosna niezbędna na tylnych kończynach
- dopiero rozwój umięśnienia skrzydeł przesunął środek ciężkości do przodu

uwęglenie piór w osadzie jeziornym

UPIERZENIE

bez barbul

Saitta et al. (2018)

- pióra okrywowe *Anchiornis* z krótką stosiną, podobne do puchowych
- lotki i sterówki początkowo pierzaste

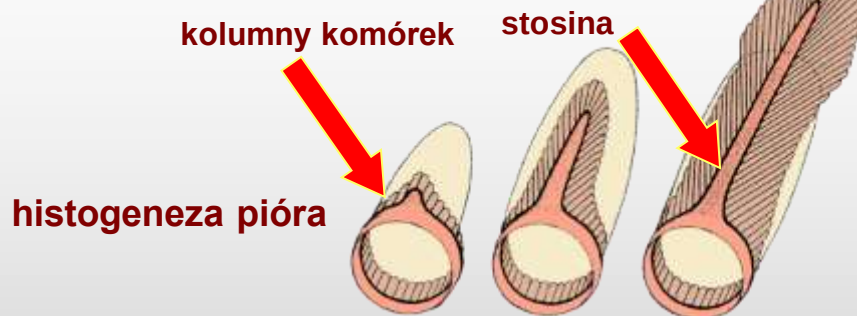
Anchiornis
formacja Tiaojishan, Chiny
jura 160 Ma

wcześniejsze stadia ewolucji piór hipotetyczne

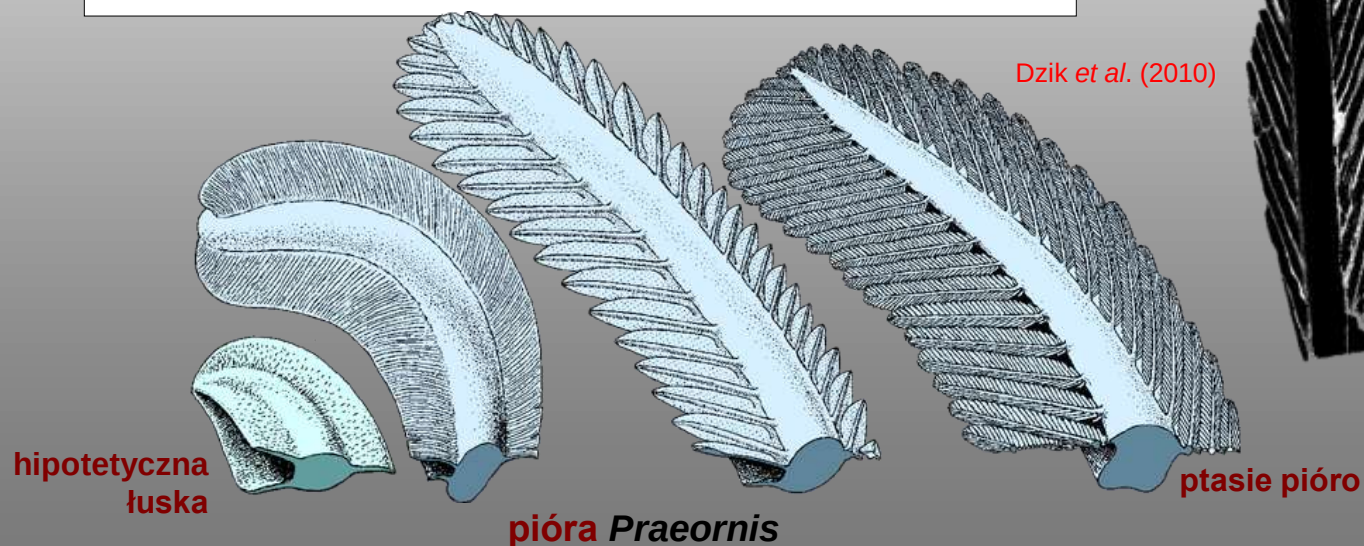


POCHODZENIE

piór



- pióra z martwych skeratynizowanych komórek naskórka brodawki skórnej
- ale jurajski *Praeornis* miał płaskie



pióro? *Praeornis*
Karatau, Kazachstan
jura 160 Ma

JURAJSKIE JEZIORO

Karatau

Zinaida Gorizdro-Kulczycka (1884-1949)
zapoczątkowała badania fauny Karatau



- kotlina Kaszarata w górach Wielki Karatau, Kazachstan
- osady późnojurajskiego jeziora, znane od lat 20' XX w.

środowisko osadu zatrute siarkowodorem zabezpieczyło szczątki

NADZWYCZAJNE

zachowanie skamieniałości

urobek
jednego
przedpołudnia



- laminowana skała z rocznymi warstewkami
- czarne na wiosnę, białe każdego lata przed 150 mln lat

fauna miejscowa to wyłącznie pelagiczne ryby cienkołuskie