

Dzieje życia **10.**

Wczesnopaleozoiczne lądy i oceany

Jerzy Dzik

*Instytut Paleobiologii PAN
Instytut Biologii Ewolucyjnej UW*

2023



WIDŁAKI

pochodzenie



xylem



Asteroxylon
dewon 410 Ma

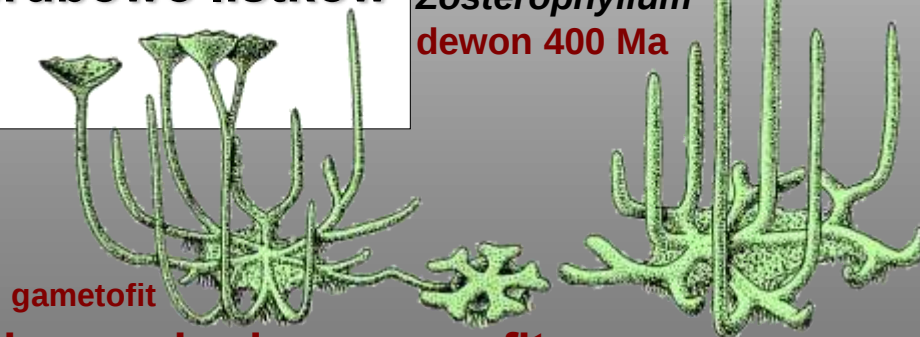


Baragwanathia
dewon 415? Ma

- pękające poprzecznie płaskie zarodnie
- w kątach rozmieszczonych śrubowo listków
- monopodialne

sporofit

Zosterophyllum
dewon 400 Ma



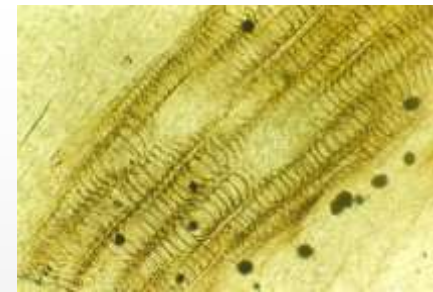
gametofit

rozdzielenie dróg ewolucji w stadium rozbudowy sporofitu

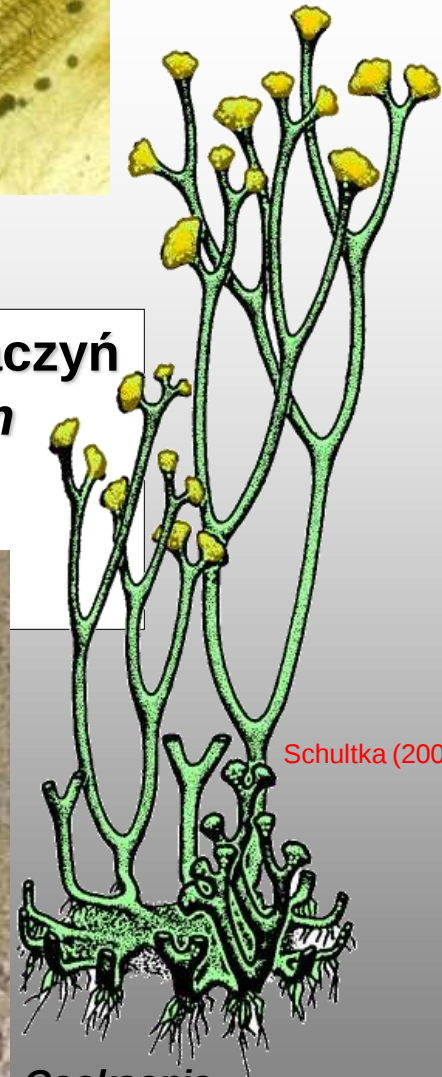
PSYLOFITY

inwencja ligniny

- transport wody dzięki lepkości włosowatych naczyń i kohezyjnemu podciąganiu słupa wody – *xylem*
- hipertoniczny roztwór cukru transportowany osmotycznie – *phloem*



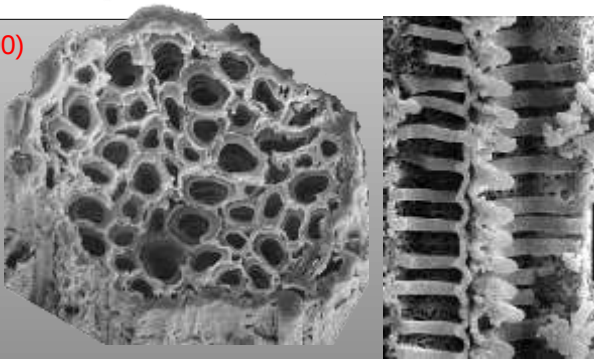
Ventarura
dewon 410 Ma



Schultka (2003)

Cooksonia
sylur 430 Ma

Edwards (2000)



wiązka przewodząca z tracheidami
dewon 390 Ma

Libertin et al. (2018)



wcześniej zapewniona regulacja gospodarki wodnej

APARATY szparkowe

- najpierwotniejsze bez naczyń, jedynie zgrubienia ścianek
- miały już szparki

tetrazy spor

columella

Horneophyton
dewon 410 Ma

xylem

phloem

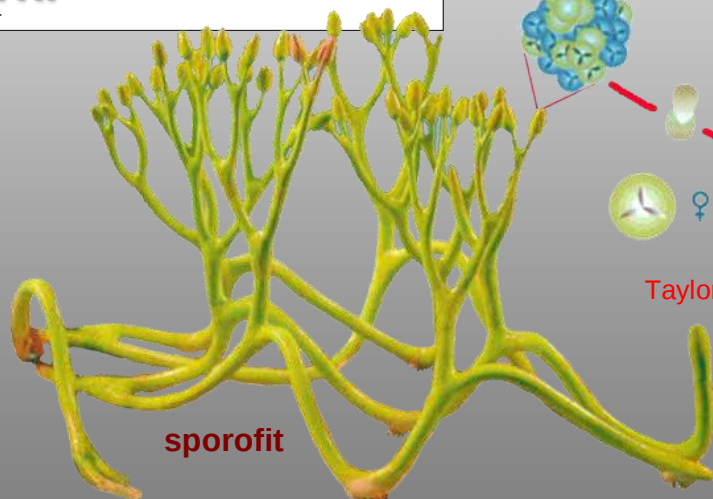


rhizoidy



szparka

columella w zarodni jak u mszaków



sporofit



Taylor et al. (2005)

Aglaophyton
= *Lyonophyton*
dewon 410 Ma



ROZBIEŻNA ewolucja pokoleń

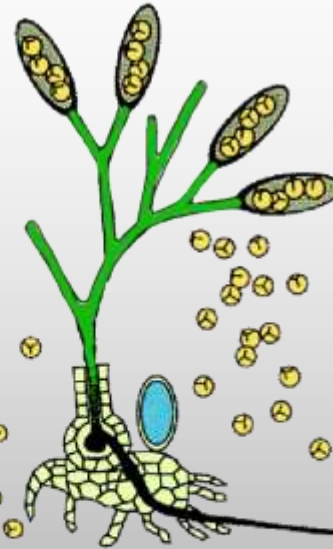
paprotniki

sporofit

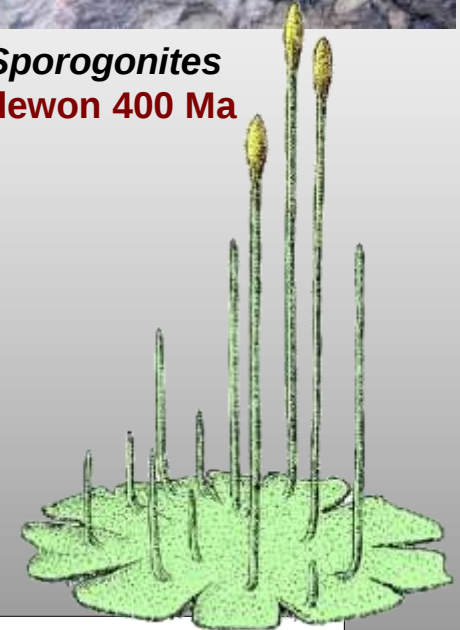
mszaki

gametofit

pierwsze
rośliny
lądowe



Sporogonites
dewon 400 Ma



- rozgałęzienie zielonego sporofitu to początek paprotników
- ulistniony gametofit cechą zaawansowanych mszaków

osłonki spor formowane w trakcie tworzenia tetrad meiotycznych

GENEZA

"logo Mercedes"



Wellman (2010)

kryptospori *Tetrahyaletes*
ordowik 450 Ma



poryblin



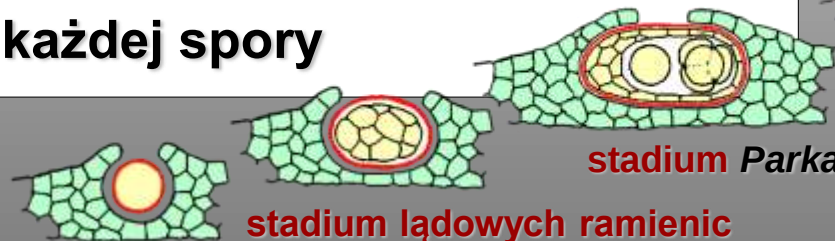
szew trójdzielny

wątrobowiec



nierozdzielona
tetradą
meiotyczną

- ścianka zarodnika może powstawać etapami
- przed mejozą ścianka wspólna dla tetrady
- po pierwszym podziale dla diady
- na koniec dla każdej spory



stadium lądowych ramienic

stadium Parka

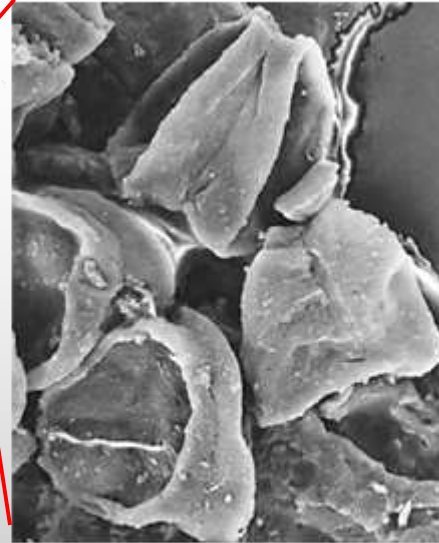
stadium kryptospor

rozdział spor po mejozie od 450 Ma

MSZAKI

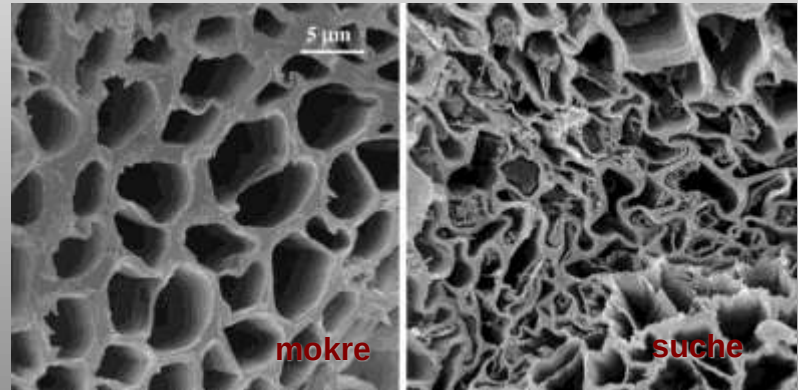
kryptospory i diady

- nierozgałęziony sporofit
- spory w permanentnych triadach lub diadach
- szparki w gametoficie
- hydroidy wyższych mchów analogami naczyń



Edwards (2000)

diady w zarodni
dewon 410 Ma



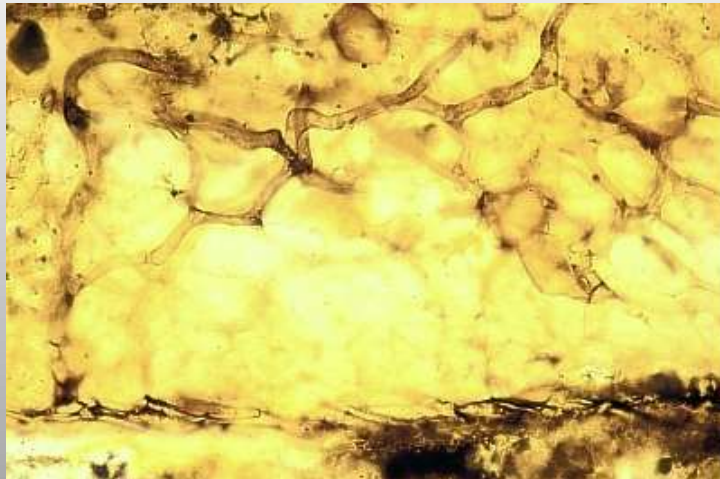
hydroidy mchu *Polytrichastrum*
dziś

Ligrone et al. (2012)

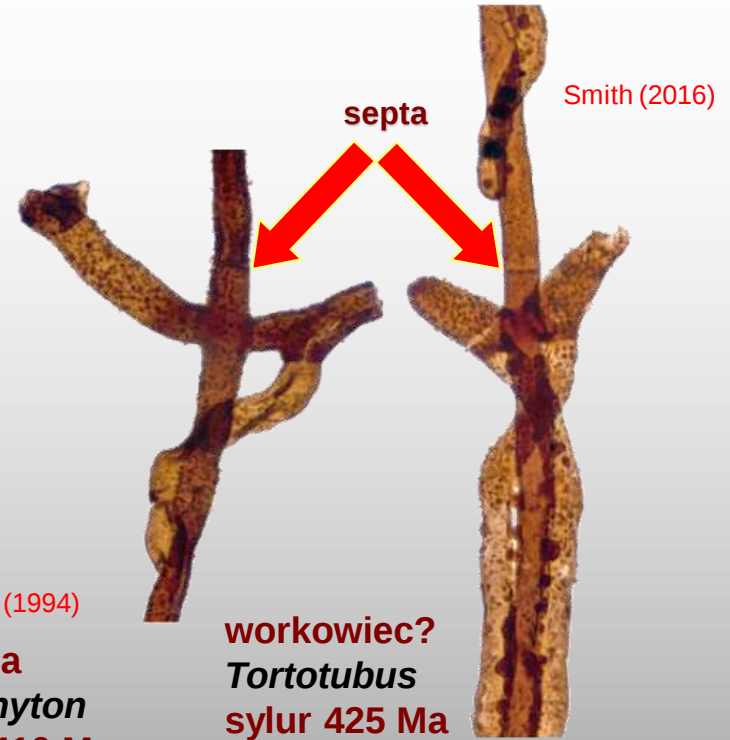
zasoby łądu udostępniane i degradowane przez grzyby

GRZYBY

pradawna koewolucja



Remy et al. (1994)
mikoryza
Aglaophyton
dewon 410 Ma



Smith (2016)

- grzyby mikoryzalne w psylofitach
- sznury grzybni od końca ordowiku

biomasa na lądach umożliwiła ich zasiedlenie zwierzętom

OWADY

pochodzenie

Dasyleptus
perm 280 Ma



- najdawniejsze owady skrzydlate w formacjach węglowych 320 mln lat temu
- bezskrzydłe Thysanura od 400 mln lat; Collembola jeszcze wcześniej
- początki różnicowania nierozpoznane

Engel & Grimaldi (2004)

wraz z nimi drapieżne wije

żuwaczki owada lub wija
Rhyniognatha
dewon 410 Ma

WIJE

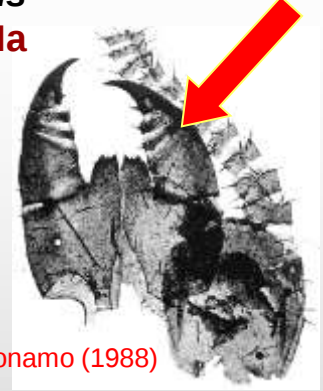
drapieżne

scutigera Latzelia
karbon 310 Ma



chilopod
Devonobius
dewon 380 Ma

jadowe Mxpes I



Shear & Bonamo (1988)

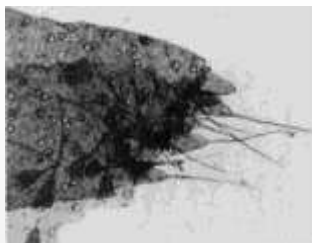
- drapieżnictwo bez mechanicznego rozdrabniania – wije Chilopoda trawia jadem od 380 mln lat
- kolec i gruczoł na pierwszej parze odnóży tułowia; narządy gębowe i anatomia stopniowo upraszczane



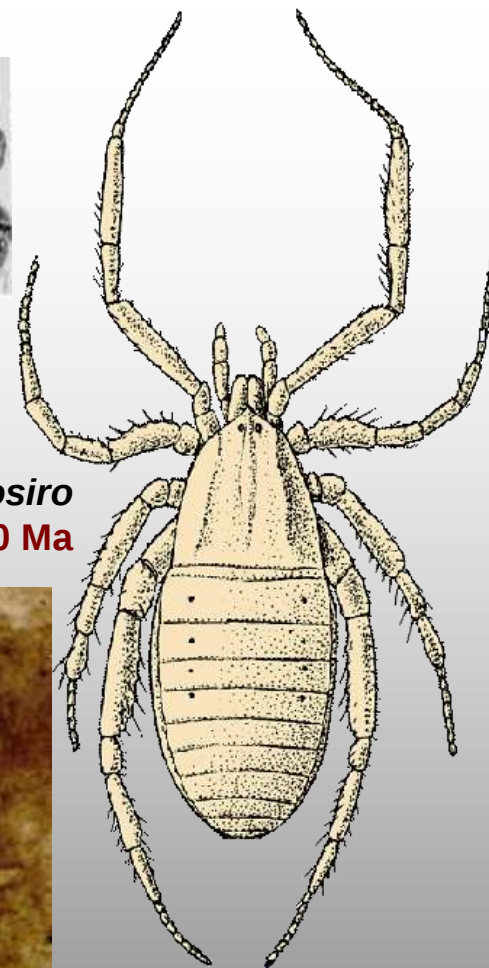
pajęczaki na lądach prawdopodobnie jeszcze wcześniej

PIERWSZE pająki

kontrowersyjny kądziółek i chelicera



Selden et al. (1991) „pająk” *Atterctopus*
dewon 380 Ma



kosarz *Plesiosiro*
karbon 310 Ma

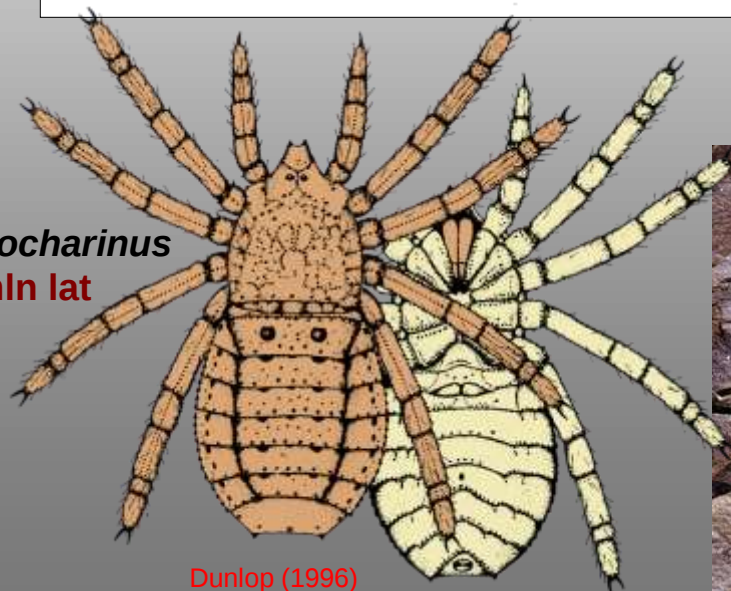


- zabijanie i trawienie zewnętrzne jadem z chelicer
- ostatnie dwa segmenty odwłoka zanikły już 410 mln lat temu

kosarz
dewon 410 Ma



Palaeocharinus
410 mln lat



Dunlop (1996)

Dunlop et al. (2003)



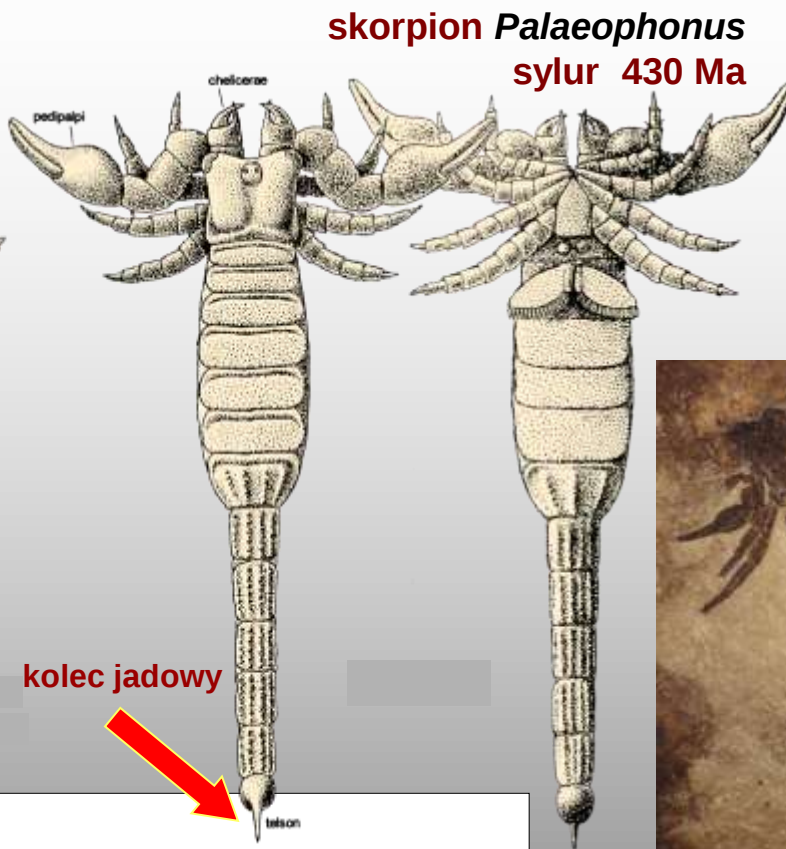
Architarbus
karbon 310 Ma

PAJĘCZAKI morskie

4 pary odnóży
kroczych

Brachyopterus
ordowik 450 Ma

kolcowaty telson



kolec jadowy

skorpion *Palaeophonus*
sylur 430 Ma



Proscorpius
sylur 420 Ma

- skorpiony od 420 mln lat pierwotnie wodne
- szeroki odwłok pajaków i zaleszczotków późny

różnorodność morskich stawonogów zadziwiająca

zaleszczotek
eocen 45 Ma



PIRYTYZACJA

w łupkach z Bundenbach

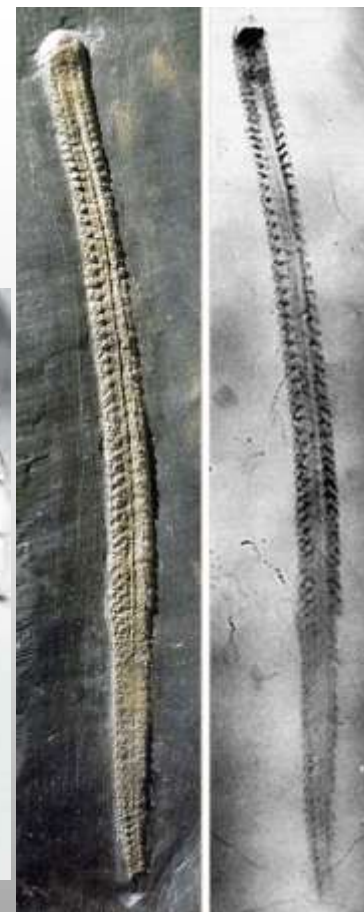
wieloszczet
Crocancistrus
dewon 400 Ma



Stürmer & Bergström (1978)

radiogram
Cheloniellon
dewon 400 Ma

planktonowy trylobit?
Mimetaster
dewon 400 Ma



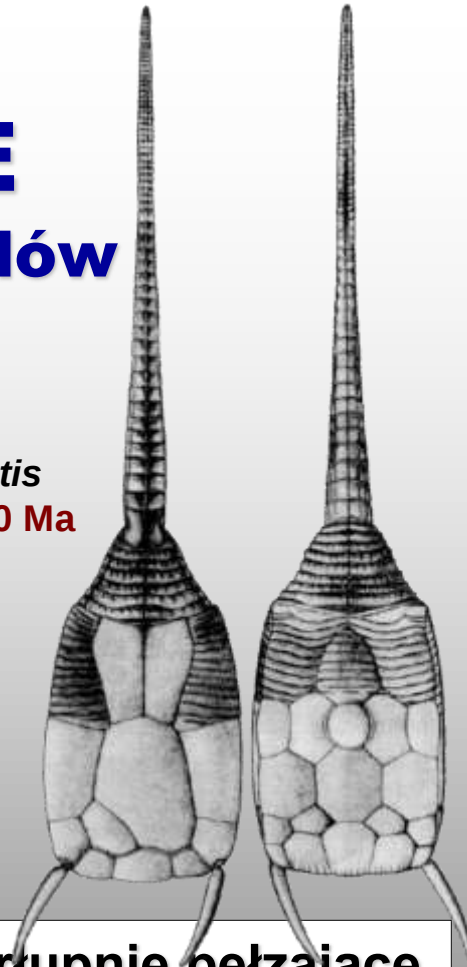
Briggs & Bartels (2010)

- głębokomorski ił – łupki dachowe z gór Hünsruck
- szkielety mineralne i organiczne spirytyzowane
- widoczne przy prześwietleniu promieniami X

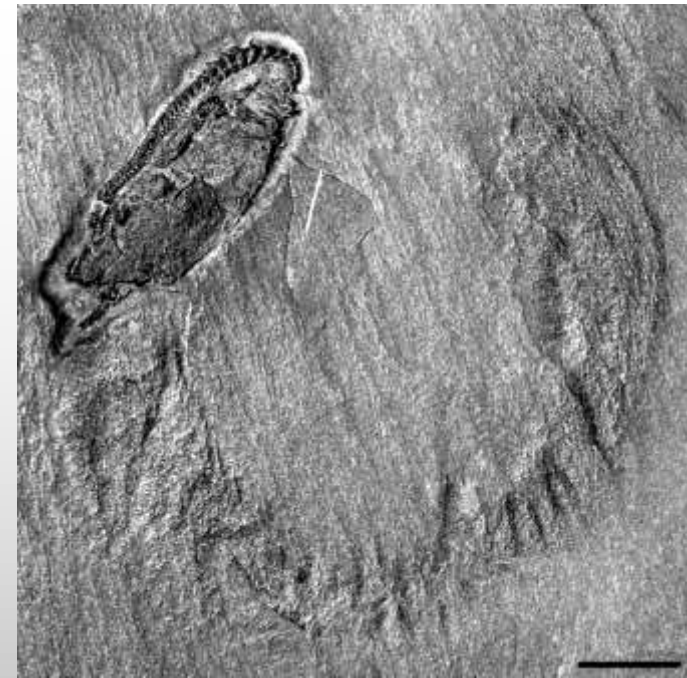
prekursorem pirytu zabójczy siarkowodór

OSTATNIE podrygi karpoidów

Rhenocystis
dewon 400 Ma



- asymetryczne szkarupnie pływające po mule przy pomocy ramienia
- łodyga czy narząd ambulakralny?

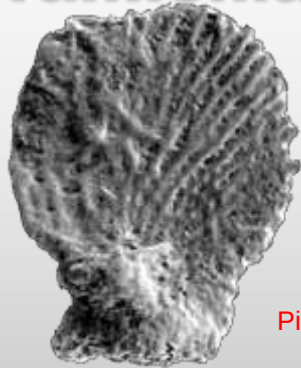


problem "Calcichordata" dawno już rozwiązany

Rahman et al.
(2009)

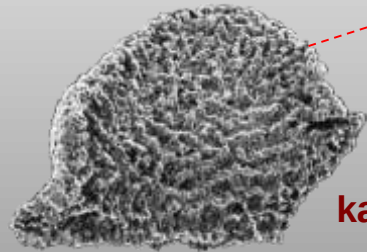
HOMOLOGIA

ramienia



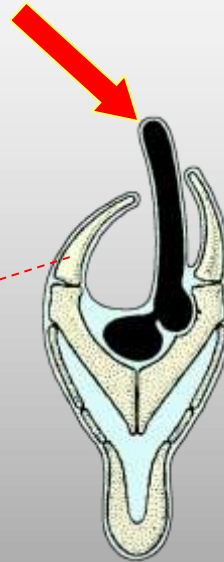
płytki okrywowa
Cornuta
ordowik 450 Ma

Pisera (1994)

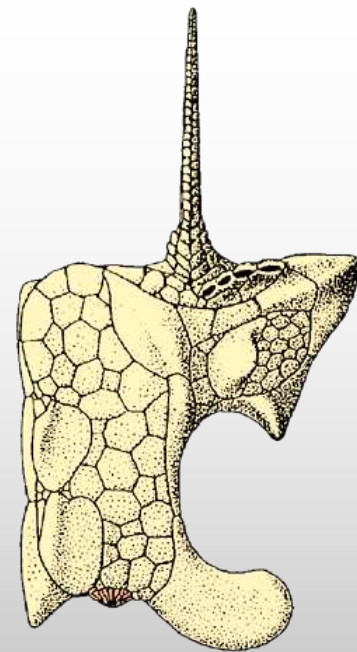


Dzik (1999)
Sibirecystis
kambr 530 Ma

„nóżka”
ambulakralna



Gogia
kambr 510 Ma



Protocystites
kambr 495 Ma

Coleicarpus
kambr 500 Ma

- płytki okrywowe *ambulacrum* gogii
- homologiczne płytkom na ramieniu karpoidów; łodyga zanikła

wraz nimi w Bundenbach pra-stawonogi o kambryjskiej proveniencji

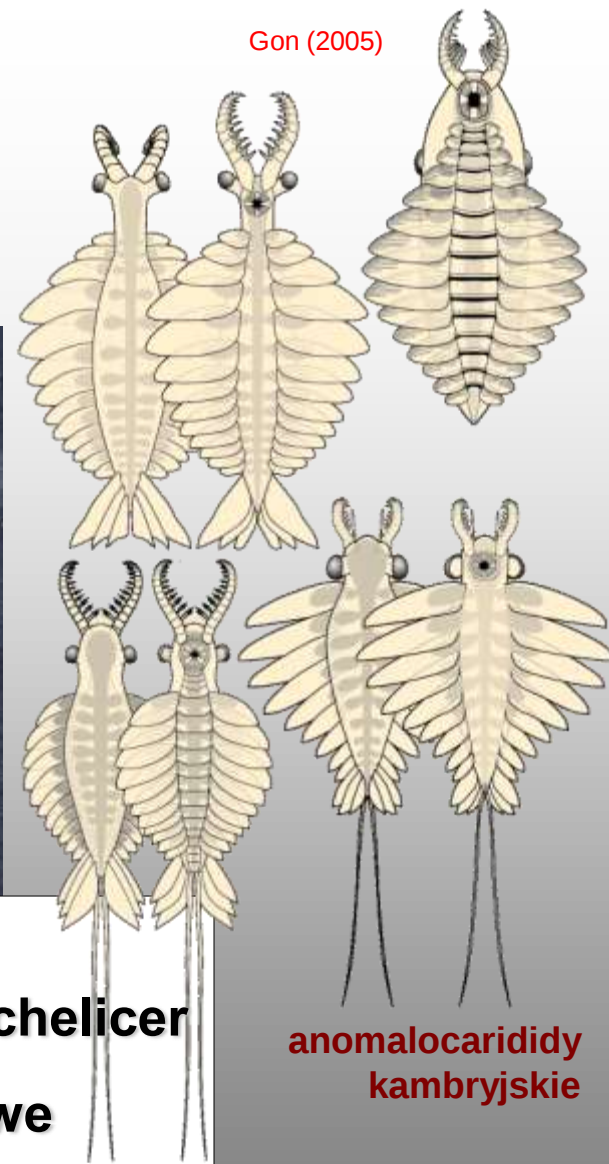
KAMBRYJSKI posmak dewonu

anomalocaridid
Schinderhannes
dewon 400 Ma



Kühl et al. (2009)

Gon (2005)



anomalocarididy
kambryjskie

- anomalokarididy od wczesnego kambru wyposażone w segmentowane homologi chelicer
- pozostałe odnóża jeszcze nie stawonogowe

inni krewniacy *Anomalocaris* wymarli dopiero wraz z dinozaurami

PIERWOTNY nekton

Pseuderichthys kreda 85 Ma

Schram et al. (1999)

Polz (1993)

Clausocaris
jura 145 Ma

Concavicularis w famenie G. Świętokrzyskich
Silesicaris w kambrze? Sudetów

Dollocaris jura 160 Ma

Secretan & Riou (1983)

Schram (1990)

Convexicaris karbon 310 Ma

Haug et al. (2014)

Thylacares
sylur 430 Ma

Vannier et al. (2006)

Isoxys kambr 530 Ma

- pelagicznych concavicarididów nie ma dopiero od kredy
- odnóża chwytne na przedzie, oddechowe i liściaste z tyłu
- jak u kambryjskich *Isoxys* i anomalocarididów

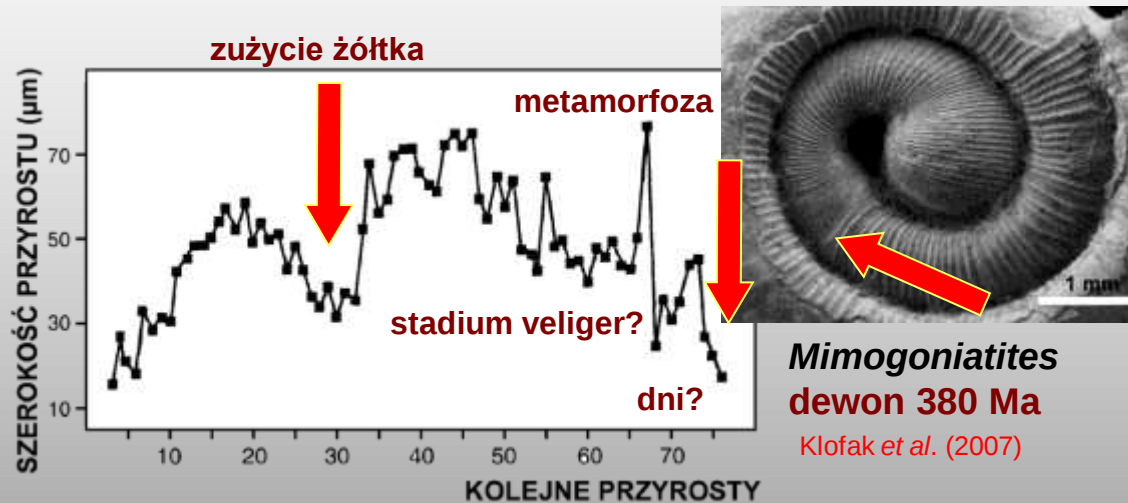
największe polowały nawet na głowonogi

PIERWSZE amonity

Palaeogoniatis
dewon 380 Ma



Chłupač & Turek (1990)

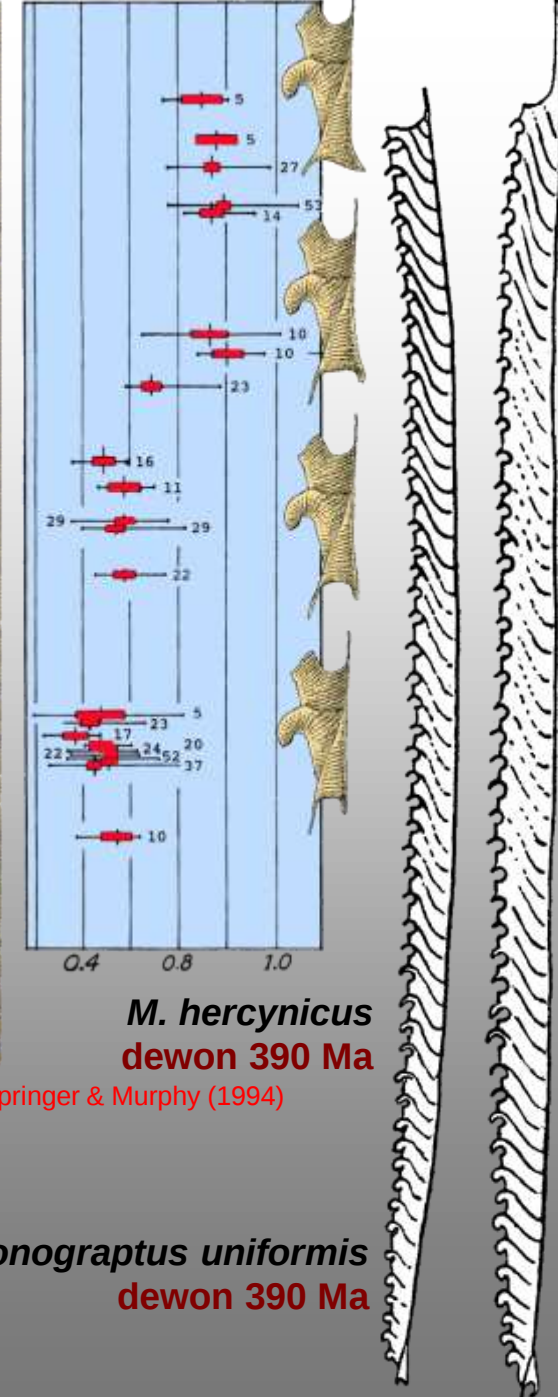
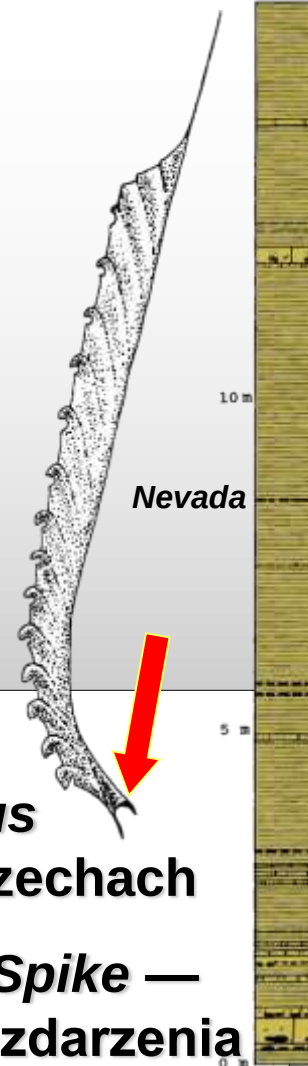


- linie przyrostowe na muszli embrionalnej, zatem embriogeneza w pelagialu; larwa z cylindryczną muszlą
- od ortocerasów różni tylko marginalny syfon

przed ich powstaniem podstawą korelacji wiekowej graptolity

OSTATNIE graptolity

- początek dewonu zgodny z pojawieniem się *Monograptus uniformis* w profilu Klonk w Czechach
- ale granicę wyznacza *Golden Spike* — wzorzec skalny niezależny od zdarzenia biotycznego lub ewolucyjnego



BIOTURBACJA i pierwsze nicienie

Baliński *et al.* (2013)

nory nicieni
ordowik 470 Ma



- współwystępowały już z dewońskimi psylofitami
- morskie mikroskopijne nicienie od ordowiku
- osad już wówczas głęboko zbioturbowany

nicień *Palaeonema*
z aparatu szparkowego *Aglaophyton*
dewon 390 Ma

Poinar *et al.* (2008)



konkrecje źródłem wiedzy o miękkiej anatomii

BEZSZKIELETOWY

świat żywy syluru

lofofor

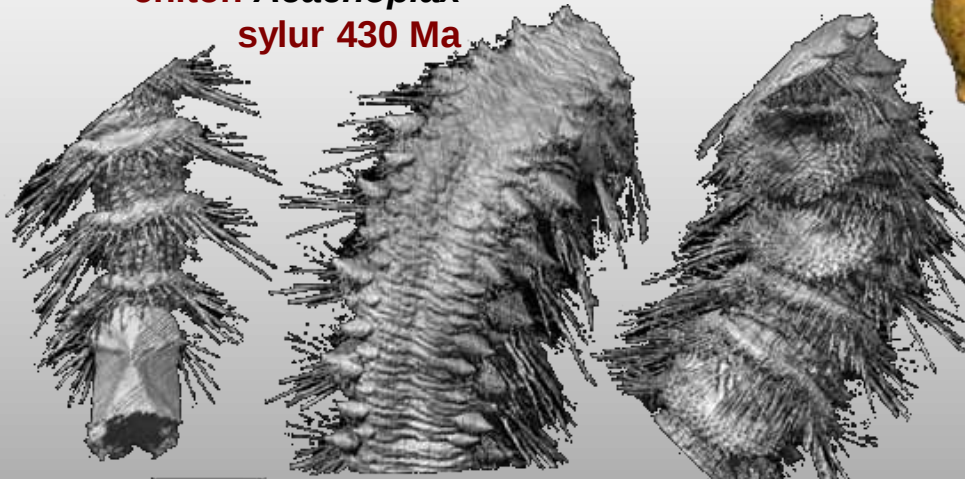


Sutton et al. (2005)

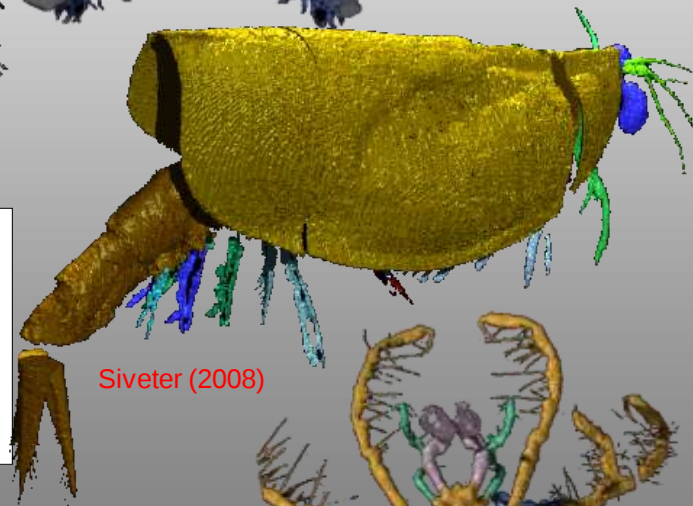
brachiopod
Bethia

chiton *Acaenoplax*
sylur 430 Ma

Sutton et al. (2001)



skorupiak
Ceratiocaris



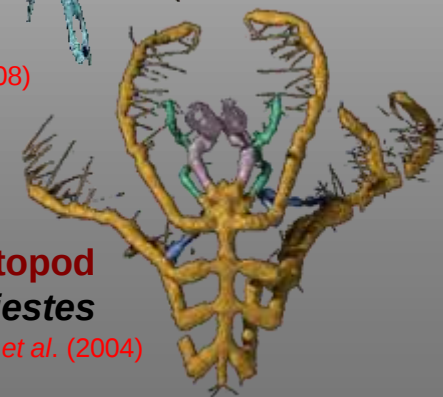
Siveter (2008)

- trójwymiarowe ślady miękkich tkanek z konkrecji w tufie z Herefordshire
- rekonstruowane z seryjnych naszlifów

mineralizacji mogą podlegać i tkanki kręgowców

pantopod
Haliestes

Siveter et al. (2004)



MINOGI

niejasne pochodzenie



minóg *Hardistella* karbon 340 Ma

- jako ektoparazyty od końca dewonu
- bez szkieletu mineralnego
- keratynowe ząbki przyssawki

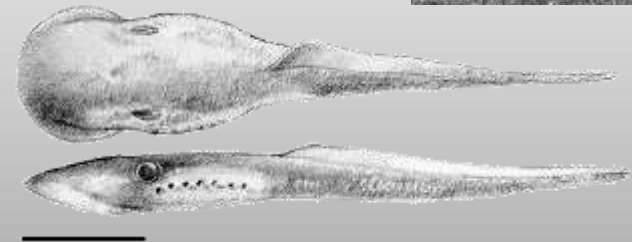
przyssawka



młodociany minóg
Priscomyzon
dewon 360 Ma



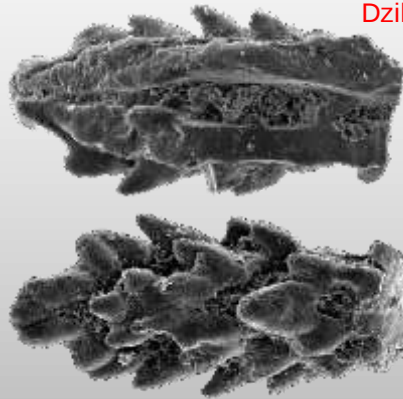
Gess et al. (2006)



pokrewne paleozoiczne bezszczękowce miały fosforanowy szkielet

BEZSZCZĘKOWCE

z emalią lub bez

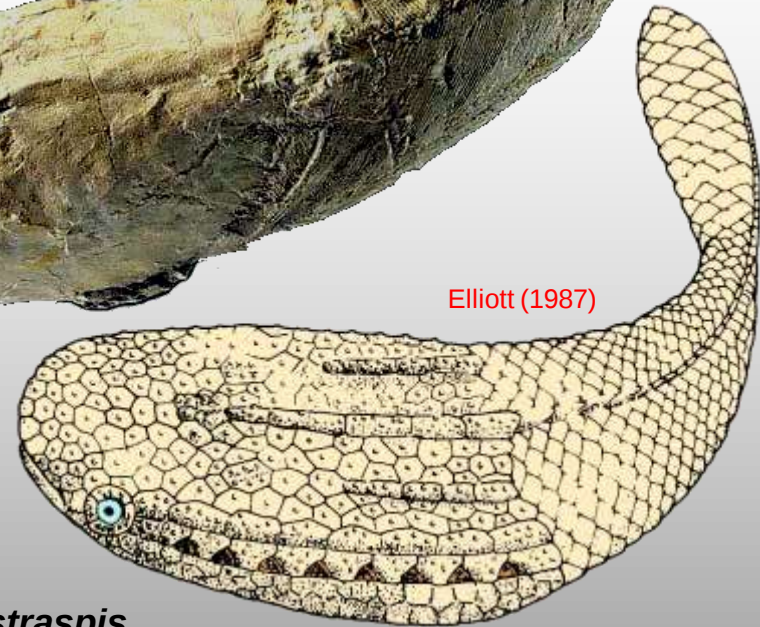


Dzik & Moskalenko (2016)

zębki skórne
Kodinskaspis
ordowik 465 Ma



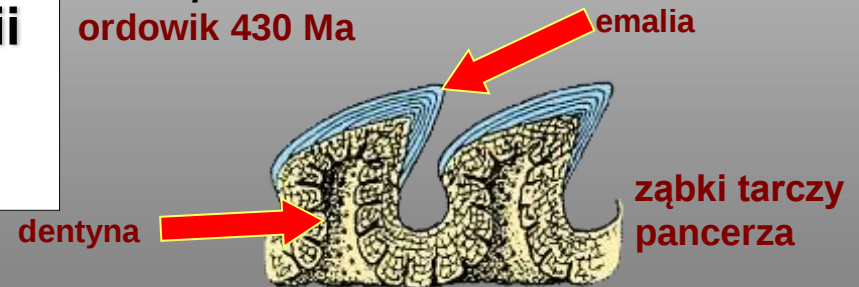
Sacabambaspis
ordowik 450 Ma



Elliott (1987)

Astraspis
ordowik 430 Ma

- zdolne do osmoregulacji
- dyskusyjna pierwotność emalii wydzielanej pod nabłonkiem ektomezodermalnym



drobne łuski pierwotniejsze od płyt

BEZSZCZĘKOWCE

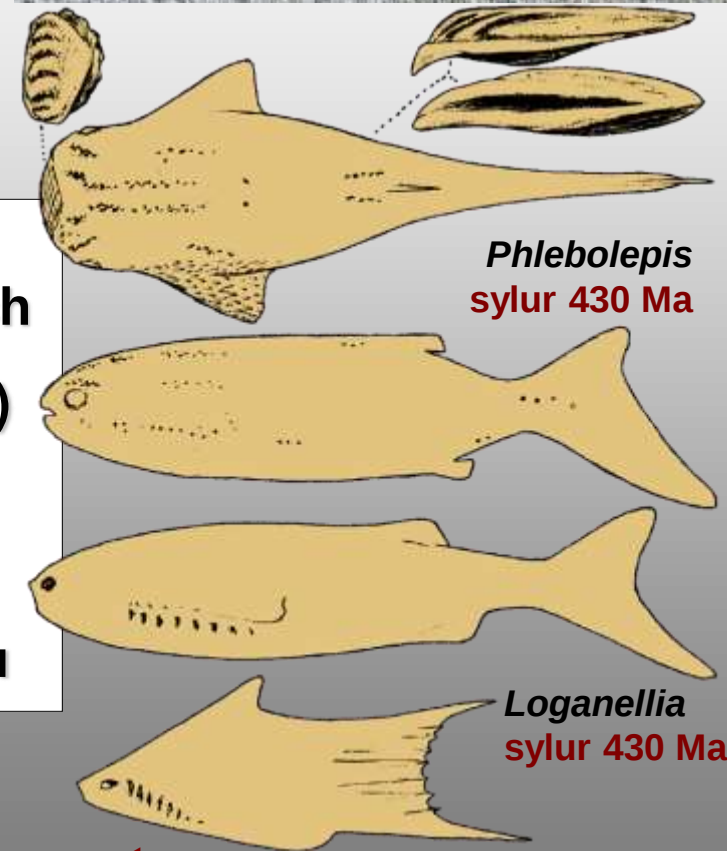
z dentynowymi łuskami

Blom (1999)

Thulolepis
dewon 390 Ma



- płytkowodne – zdolne do regulacji osmotycznej w kanalikach nerkowych
- łuski bez emalii (późna kalcyfikacja?)
- ząbki zwykle złane w tarcze, osobne tylko u telodontów
- pancerne dotrwały do końca dewonu



Phlebolepis
sylur 430 Ma

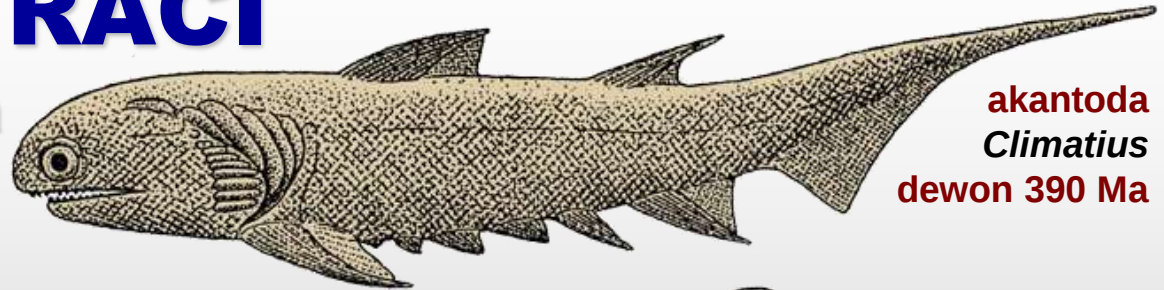
Loganellia
sylur 430 Ma

Furcatauda
dewon 390 Ma

ekologicznie poprzedzają ryby i przez nie wyparte

OSTEOSTRACI

tkanka kostna



akantoda
Climatius
dewon 390 Ma



osteostrak *Ateleaspis* sylur 430 Ma

- szeroki przód ciała działał jak skrzydło
- morfologia wskazuje na przydenne życie
- pasywna obrona przed drapieżnikami

osteostrak *Zenaspis* dewon 390 Ma

splaszczanie powiązane z ekologią



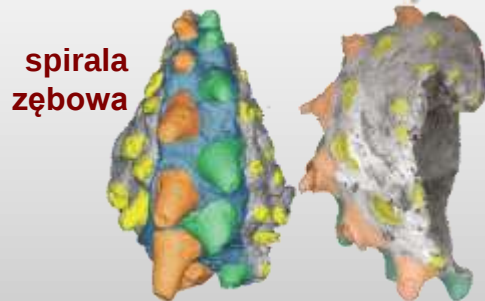
AKANTODY

pierwsze szczękowce

akantoda

Qianodus = *Fanjingshania*

sylur 440 Ma



spirala
zębowa

Andreev et al. (2022a, b)



- nieudokumentowane powstanie szczęk z 1. łuku skrzelowego, kostki słuchowej i szkieletu języka z 2. łuku
- dwie płetwy grzbietowe pierwotne dla ryb
- heterocerkiczny ogon unosi tył ciała
- płetwy piersiowe do szybowania

ordowickie różnicowanie kręgowców wciąż nierozpoznane