

Dzieje życia **13.**

Ogrody ediakarskie

Jerzy Dzik

*Instytut Paleobiologii PAN
Instytut Biologii Ewolucyjnej UW*

2023



POCZĄTKI RYCIA i szkielety mineralne

Chorbusuonka
przy ujściu rzeczki Mattaia
północna Jakucja

kambr

ediakar

- początek penetracji osadu pod koniec epoki ediakarskiej
- równocześnie z pierwszymi szkieletami mineralnymi

czyżby jedna przyczyna rycia i skeletonizacji?

PRZYCZYNA usilnego rycia

Dzik (2005)

ił z odchodami

śląd ryjka

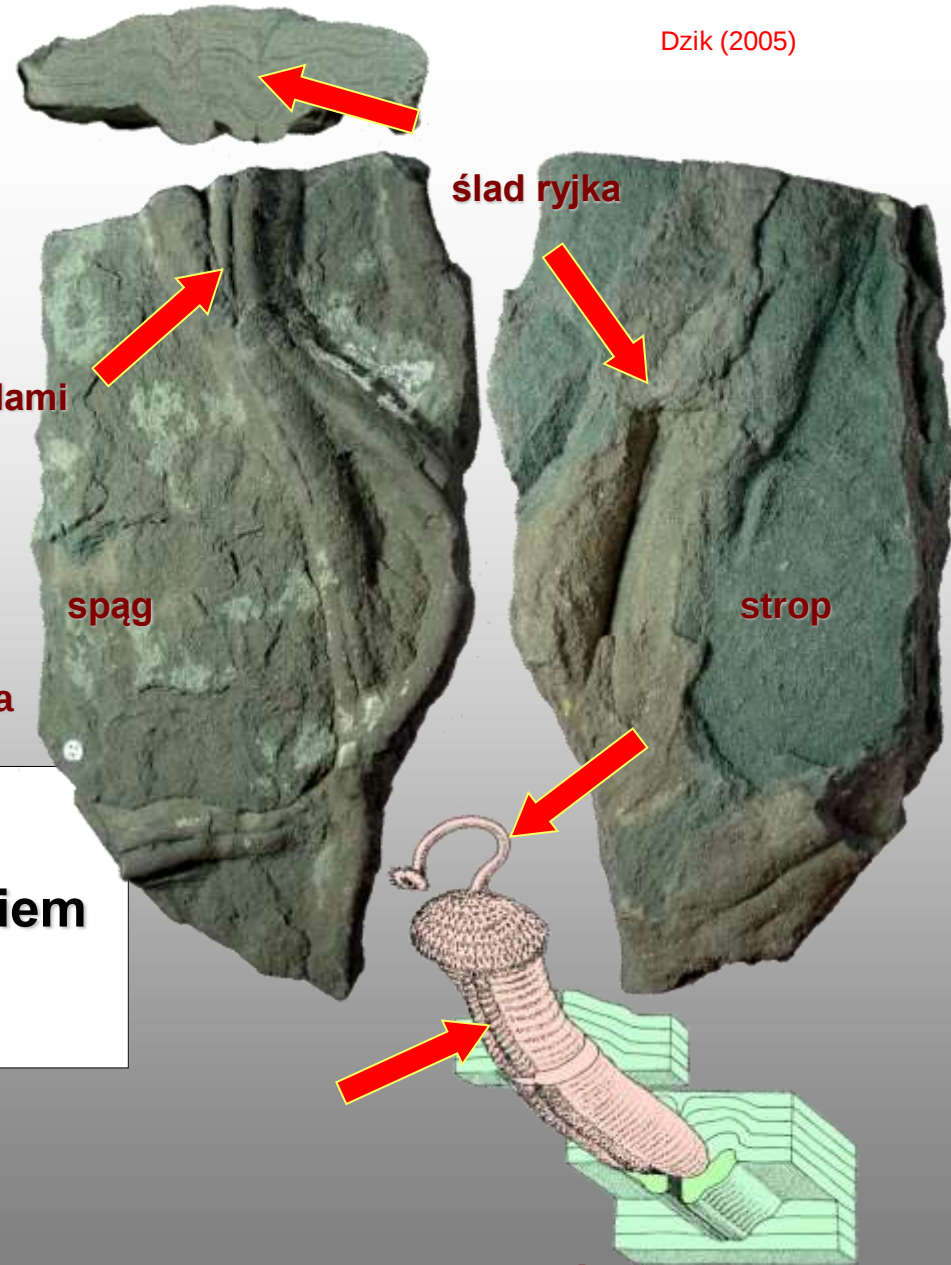
spąg

strop

Mattaia wend 545 Ma

- nie było nor do 545 Ma
- początkowo tylko schronieniem
- odżywanie ponad osadem

skrycie się w mule lub osłonięcie pancerzem przed drapieżnikami



WYNALAZEK

mechanizmu rycia

Chen et al. (2018)

rzekome ślady
kroczenia



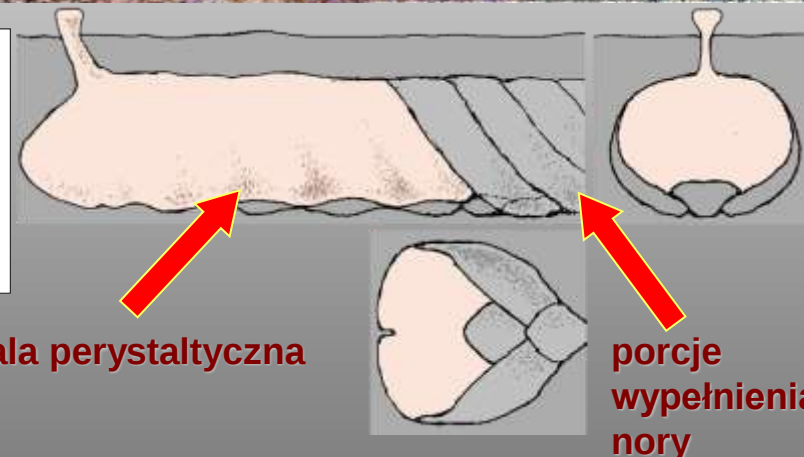
Lamonte
formacja Dengying wend
545 Ma
Chen et al. (2020) Yilingia

pusta nora



wypełnienie nory (rzekome segmenty ciała)

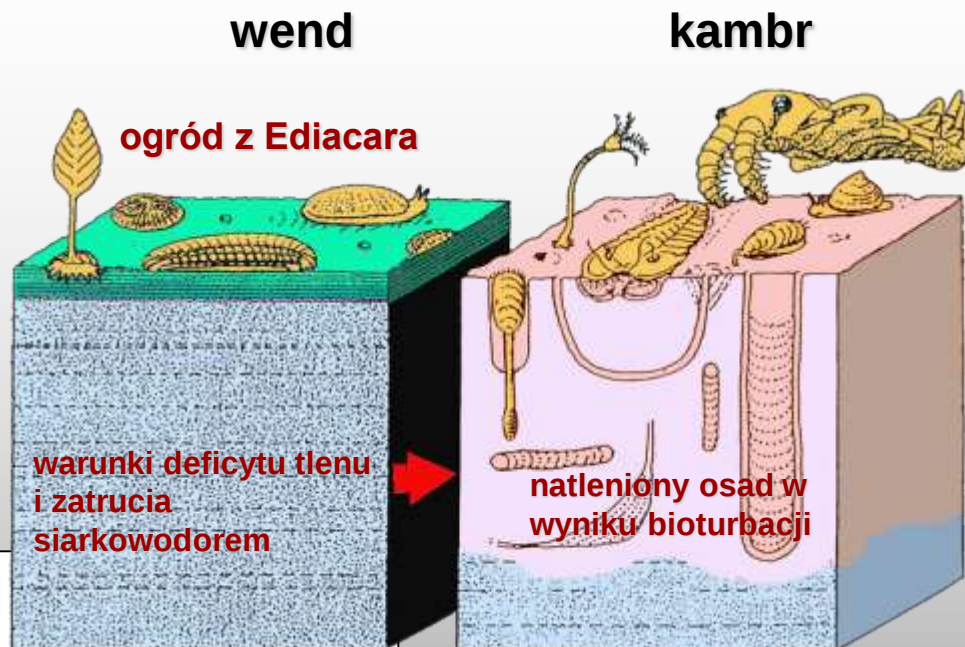
- perystaltyczne drażnienie osadu
- hydraulika jamy ciała priapulów dzięki mięśniom okrężnym



niezadkie nieodróżnianie „trace fossils” od „body fossils”

REWOLUCJA agronomiczna

- bioturbacja natleniła osad
- coraz głębiej w trakcie paleozoiku
- tworząc nowy rodzaj ekosystemu
- jego częścią psammon z udziałem coraz mniejszych zwierząt wielokomórkowych



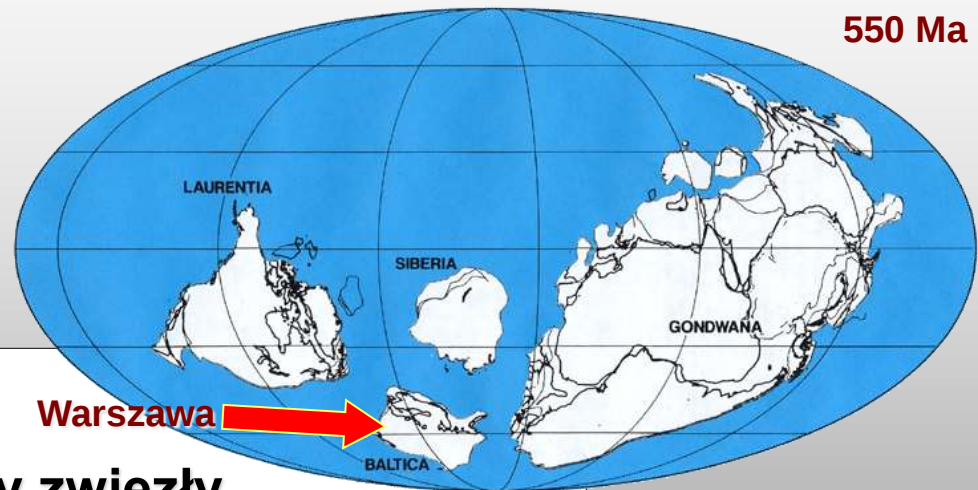
Seilacher (1999)

świat przed bioturbacją był nieaktualistyczny

WEND

środowisko przedkambryjskie

- częste maty mikrobialne
- bez bioturbacji osad ilasty związane
- rezultatem nieaktualistyczne warunki fosylizacji
- „eksplozja kambryjska” to artefakt tafonomii



skamieniałości ediakarskie niepodobne do późniejszych

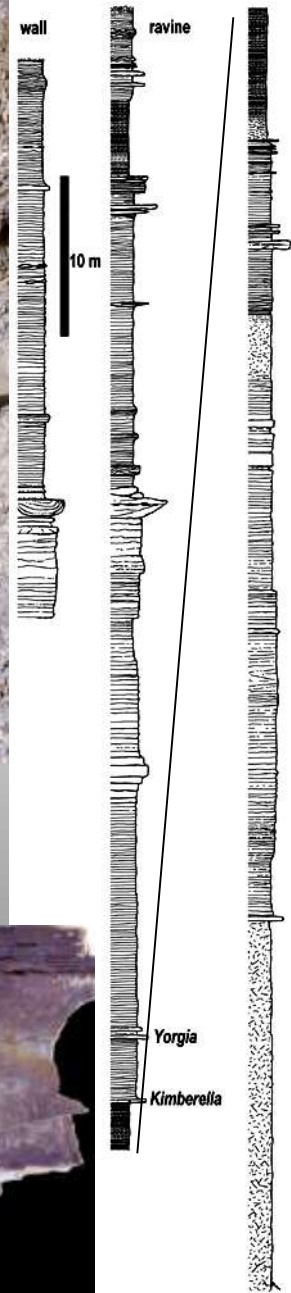
FOSYLIZACJA

"fauny z Ediacara"

formacja Mezen
Zimnie Gory
Morze Białe

- odciski na dolnej powierzchni ławic i soczewek piaskowcowych
- synsedymencyjne deformacje uwodnionego iłu obciążonego piaskiem

soczewka *in situ*



wklęsłe warstwowanie



spąg pokryty "rozstępami"

MATA MIKROBIALNA

na powierzchni z odciskami

formacja Mezen
Zimnie Gory
Morze Białe

- zachowana laminowana mata
- kurzawka przeciekała przez jej rozdarcia

piasek wyciekający
przez rozdarcie

rozdarcie

Dzik (2003)

mata in situ

piasek wyciekający
przez rozdarcie

spirytyzowane
filamenty bakterii

występowanie maty przewidywane przed jej znalezieniem

DWOJAKIE ODCISKI

na spągu ławicy

młodociana Yorgia

- albo pozytywowe odlewy odcisku brzucha w macie
- albo negatywowe grzbietu w nadległym piaskowcu
- serie od jednego osobnika



CZYNNIKI utrwalające odciski

Paracharnia
formacja Dengying
Hubei

Yorgia
formacja Mezen
Morze Białe

- śluz stabilizuje matę mikrobialną ("całun ediakarski")
- nadległy piasek lub wapień stabilizowany siarczkami żelaza ("ediakarska maska pośmiertna")



Dzik (2003)

cement pirytowy na powierzchni skamieniałości



Dzik (2002)

ZACHOWANIE trójwymiarowe

- mata nie ma związku z cementacją
- piasek (a nie mata czy ił)
był źródłem jonów żelaza

Andiva
Zimnie Gory

pirytowe naskorupienie



Dickinsonia
Zimnie Gory

Dzik (2003)

pirytowe
naskorupienie
w piasku



struktury elastyczne w trakcie cementacji

CEMENTACJA

poprzedzała rozkład

rozdarcie maty
wypełnione piaskiem

"Dickinsonia"
Zimnie Gory

Ivantsov in Dzik (2003)

- "rozstępy" przebiegają przez odciski ciał ediakarskich zwierząt
- kolagenowe błony podstawne? tworzą worki wypełnione piaskiem
- które mogą przenikać w głąb osadu



Ernietta
Namibia

elastyczny worek wypełniony
piaskiem cięższym od otaczającego

działo się na powierzchni maty mikrobialnej



Dzik (1999)

DŁUGOTRWAŁOŚĆ ekspozycji maty

Ivantsov & Malakhovskaya (2002)

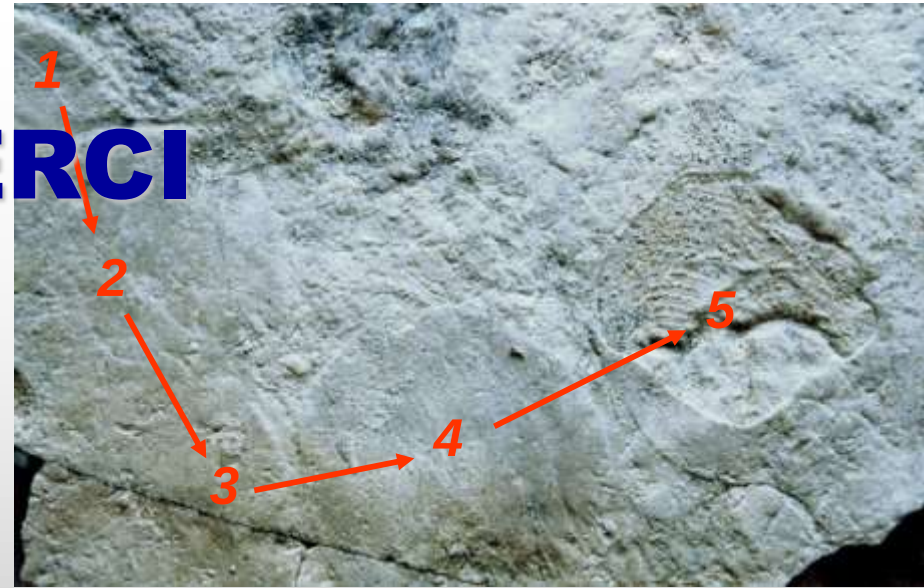
- współwystępowanie tropów z ich twórcami niezwykle



SPIRALE ŚMIERCI

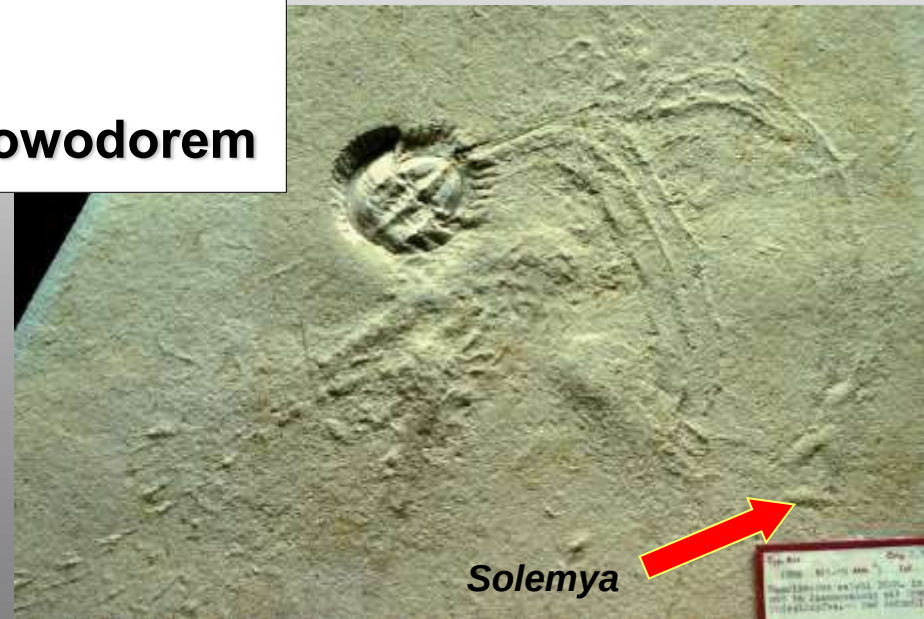
z wendu i jury

Yorgia
wend 555 Ma
Morze Białe



- toksyczne środowisko
- małż *Solemya* żywi się siarkowodorem

Mesolimulus
jura 145 Ma
Solnhofen



negatywowe odciski różnią się głębokością

ZRÓŻNICOWANIE

odporności na zgniatanie

'Dickinsonia' Zimnie Gory

Dzik & Ivantsov (2002)



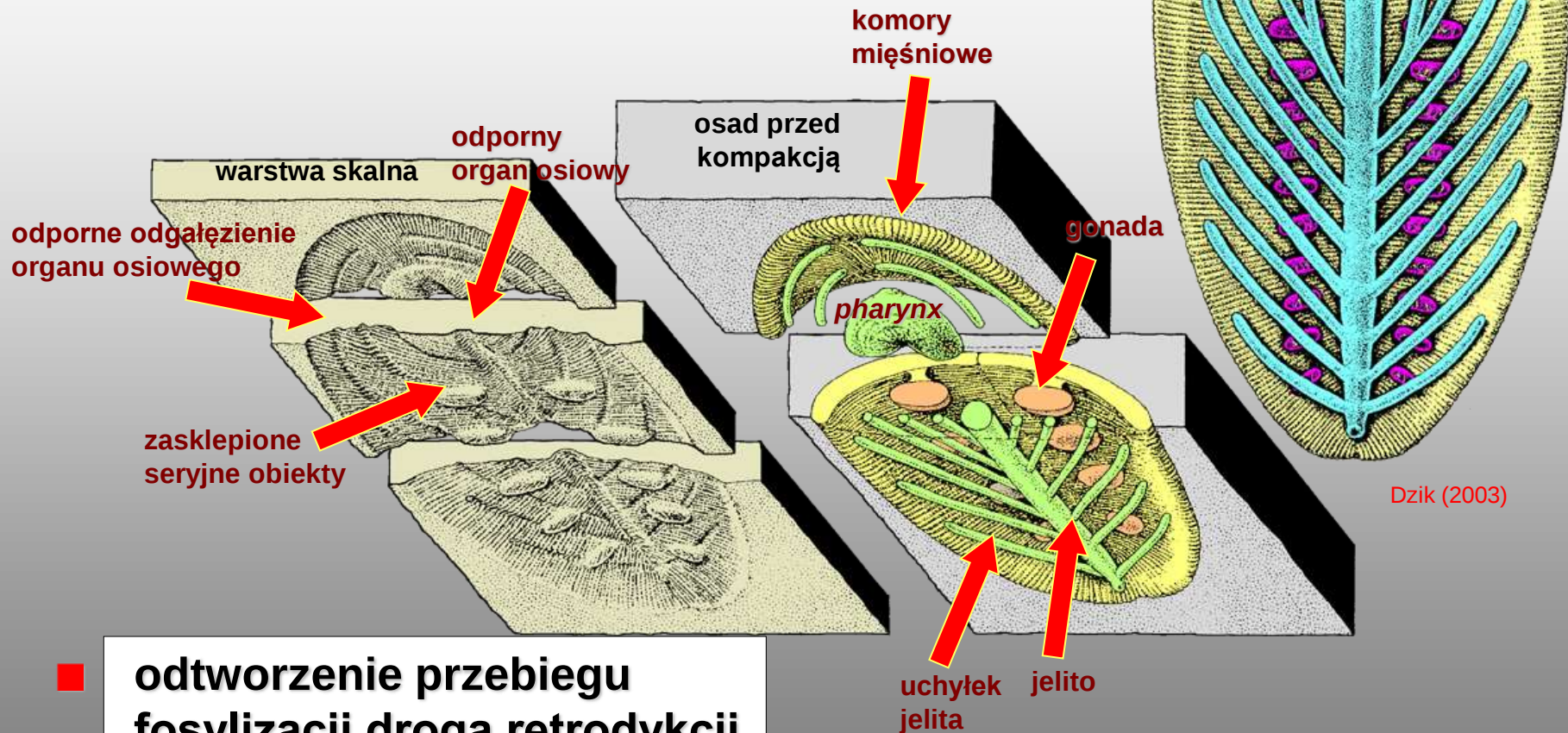
- rozkład poszczególnych organów wewnętrznych postępował w różnym tempie, zależnie od ich odporności

można odtworzyć przebieg deformacji

TAFONOMICZNA

historia deformacji

'Dickinsonia'
Zimnie Gory



Dzik (2003)

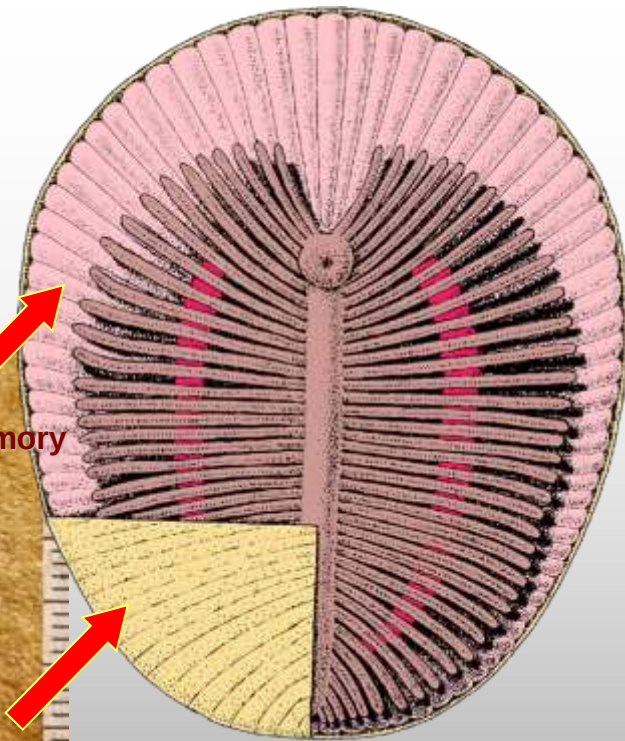
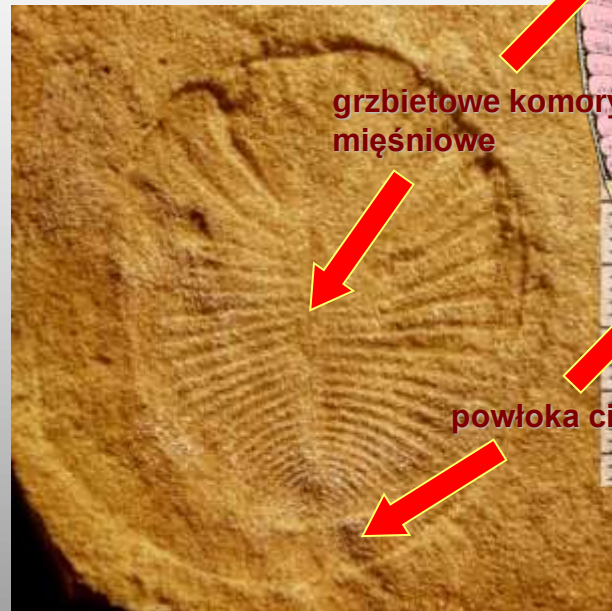
inne stany zachowania potwierdzają rekonstrukcję anatomii

DIPLEUROZOA

plan budowy



Long (1996)



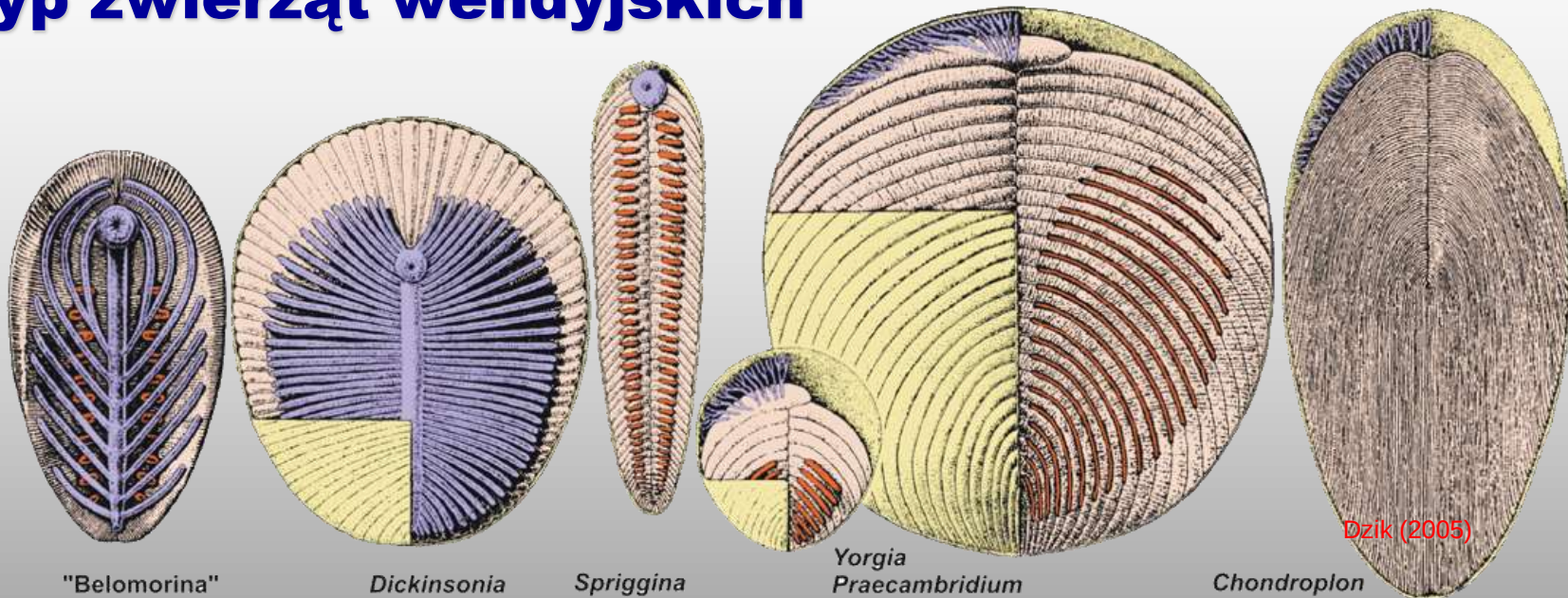
Dickinsonia
Ediacara

- grzbietowe komory mięśniowe,
- cylindryczne jelito z seryjnymi uchylkami,
- i seryjne gonady

plan budowy przypomina strunowce

DIPLEUROZOA

typ zwierząt wendyjskich



Dzik (2005)

"Belomorina"

Dickinsonia

Spriggina

Yorgia
Praecambridium
Vendia

Chondroplon
Andiva

caeca wygięte
do przodu

wydłużone ciało

złożone caeca

wąskie
komory mięśniowe

■ miomery, seryjne gonady i uchyłki jelita pierwotne?

PETALONAMAE

środkowa komora
zagięta na prawo

osiadłe
symetria osiowa

metameryczne
kolumny mięśniowe
swobodnie żyjące
symetria dwuboczna

plan budowy podobny do wtóroustych

UCIECZKA w rozmiar

'Dickinsonia'
Morze Białe

Dzik & Ivantsov (2002)



Dickinsonia
Morze Białe

- ciało *Dickinsonia* wyjedzone na brzegach
- czyżby presja drapieżnictwa wymusiła powstanie wielkich ediakarskich zwierząt?

a jakie były pokrewieństwa tych ediakarskich drapieżników?

PRA-MIĘCZAKI z wendu Morza Białego



Ivantsov & Malakhovskaya (2005) ślad tarki?

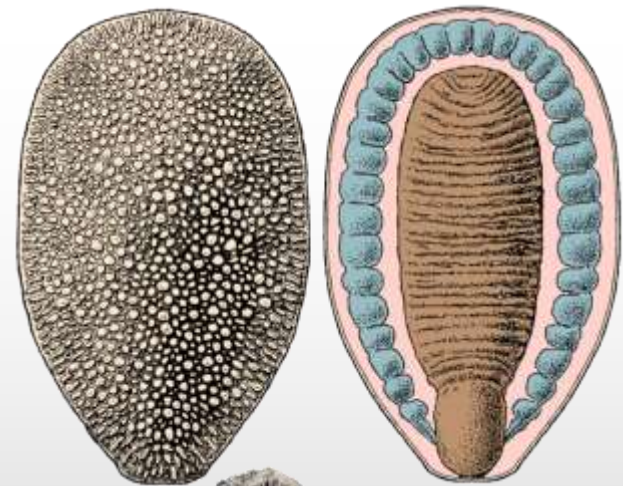


Kimberella
węd 555 Ma

- nieregularne wypustki grzbietowej kutikuli
- wentralnie orientowana tarka

Fedonkin *et al.* (2007)

ale najpierwotniejsze są żebroplawy



5 mm



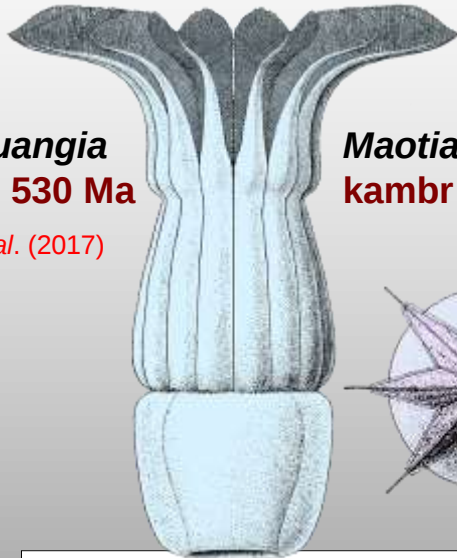
stadia zgniatania

Dzik (2011)

ŻEBROPLĄWY kambryjskie

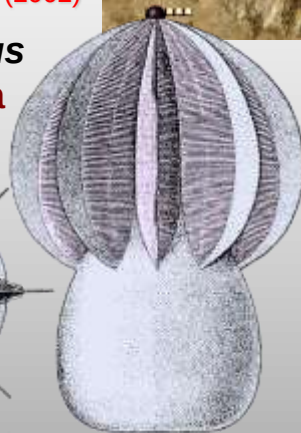
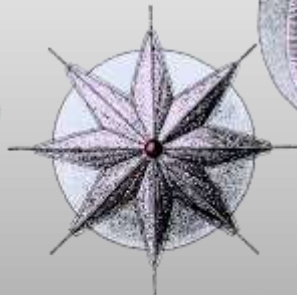
Xianguangia
kambr 530 Ma

Ou et al. (2017)



Maotianoascus
kambr 530 Ma

Dzik (2002)



Ctenorhabdodus
kambr 520 Ma

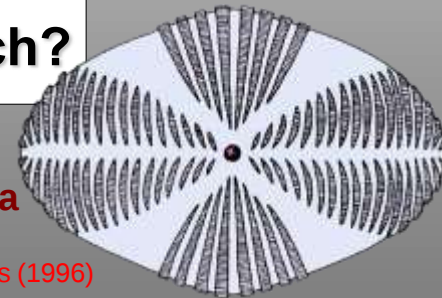
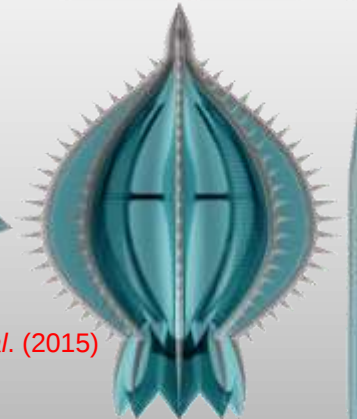
Conway Morris & Collins (1996)



Ou et al. (2015)

Gemmactena *Batofasciculus*
kambr 530 Ma

Thaumactena



Fasciculus
kambr 520 Ma

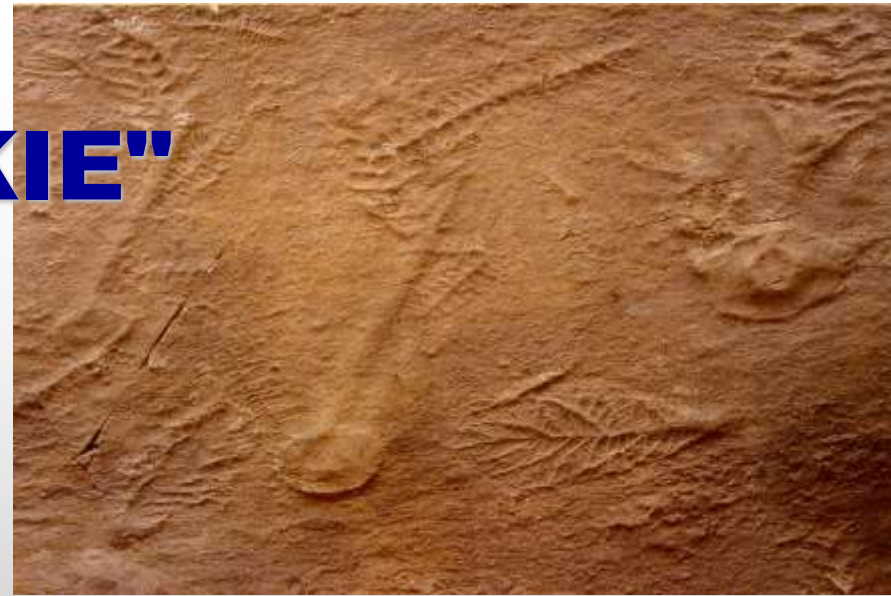
Conway Morris & Collins (1996)

- bardziej złożone i różnorodne niż dziś
- aparaty grzebykowe także na ramionach?

skoro bazalne na drzewie molekularnym, powinny być w wendzie

"PIÓRA MORSKIE"

"ogrodu z Ediacara"



zespół Petalonamae *in situ* pod tufem
Mistaken Point, Nowa Funlandia
560 Ma

- piórokształtne Petalonamae ukorzenione w macie sinicowej tworzyły zarośla
- nie miały otworu gębowego a dyski bazalne z palczastymi wypustkami
- symbioza z chemoautotrofami?



dysk bazalny *in situ* w macie sinicowej
Zimnie Gory, Morze Białe
555 Ma

Petalonamae to bentosowe żebroplawy wendy?

Petalonamae

Vickers-Rich et al. (2013)



Pteridinia trójpromienne

BŁONY w piasku

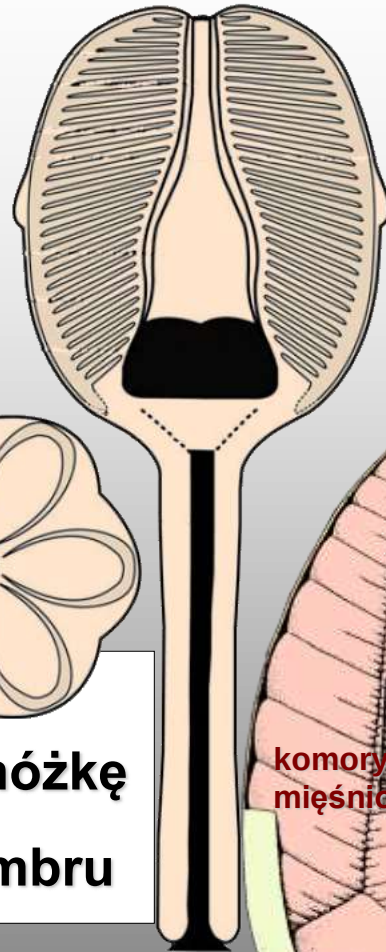
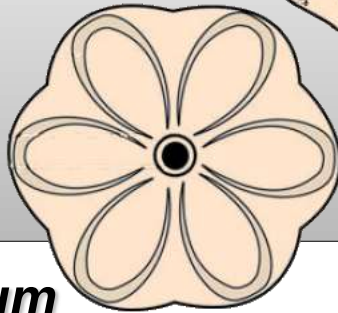
Seilacher (1995)

Pteridinium
wend 550 Ma Namibia

O'Brien & Caron (2012)

Siphusauctum
kambr 520 Ma
łupki Burgess

- *Pteridinium*
być może miało nóżkę
- przetrwały do kambru



komory
mięśniowe

naczynia
krwionośne

Ventogyrus
wend 550 Ma Morze Białe

trójpromienna symetria częsta w wendzie

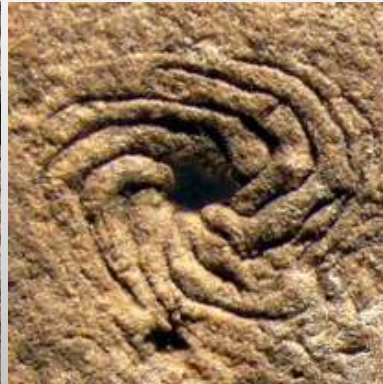
Ivantsov (2001)



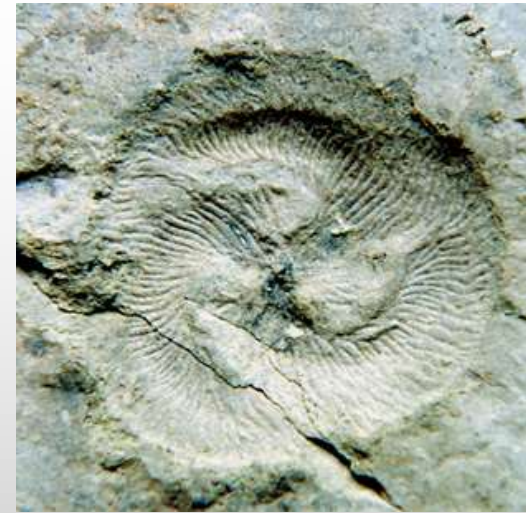
naczynia
krwionośne

TRÓJPROMIENNY bentos?

Teng et al. (2011)

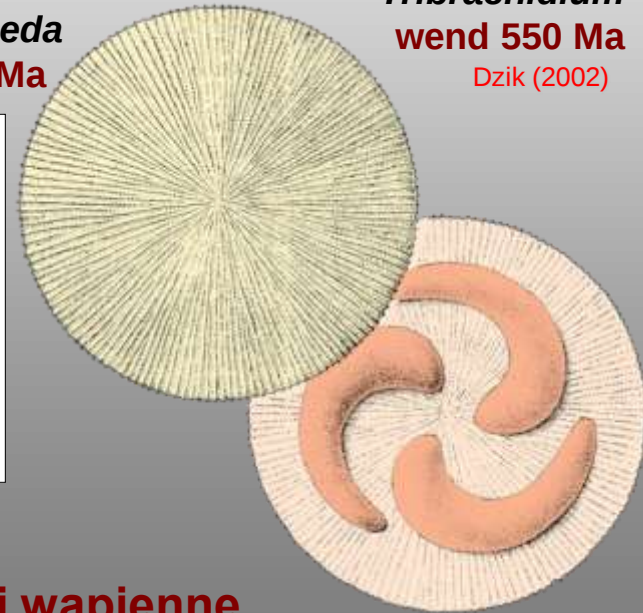


Eoandromeda
węd 550 Ma



Tribrachidium
węd 550 Ma
Dzik (2002)

- *Tribrachidium* nie miało ramion
- być może osiadłe; wydzielalo kutikulę?
- *Eoandromeda* helikoidalna również zewnętrznie, ale 8-krotna

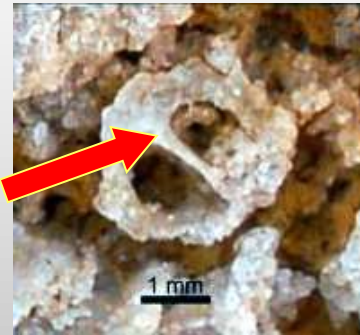


promienistą symetrię mają też skamieniałości wapienne

EDIACARSKIE rurki wapienne

Cortijo *et al.* (2010)

podział rurki



Hiszpania

Cloudina
wend 550 Ma

Namibia

- w późnym wendzie skamieniałości wapienne różnorodne i skałotwórcze
- pokrewieństwa niejasne — może rośliny?



odróżnienie skamieniałych zwierząt od roślin bywa niełatwe

PREKAMBRYJSKIE rzekome embriony

"blastomery"



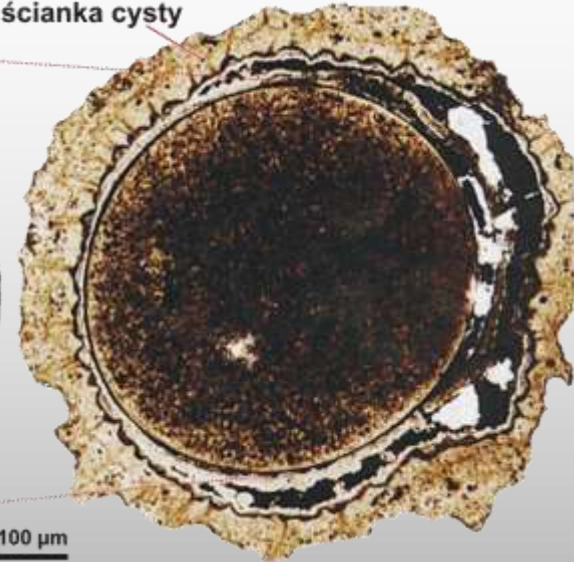
Tianzhushania ornata (Xiao & Knoll, 2000)
formacja Doushantuo Chiny 635 Ma

Yuan *et al.* (2002)

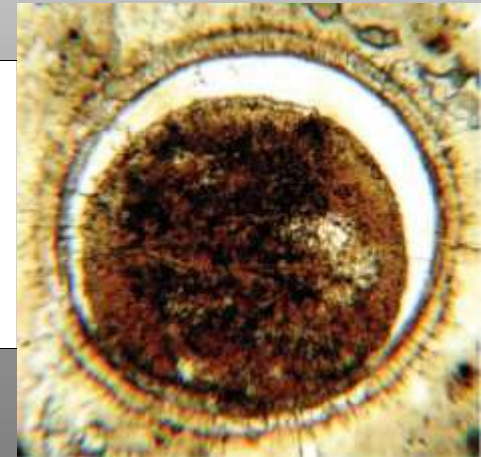


ścianka cysty

100 μ m



- podziały komórek bez zwiększania rozmiarów
- jak embriony zwierzęce albo zielenice
- czy podobnych rozmiarów bakterie siarkowe



przetrwalnikowe cysty nierozpoznanych eukariotów – akritarchy

AKRITARCHY zielenic

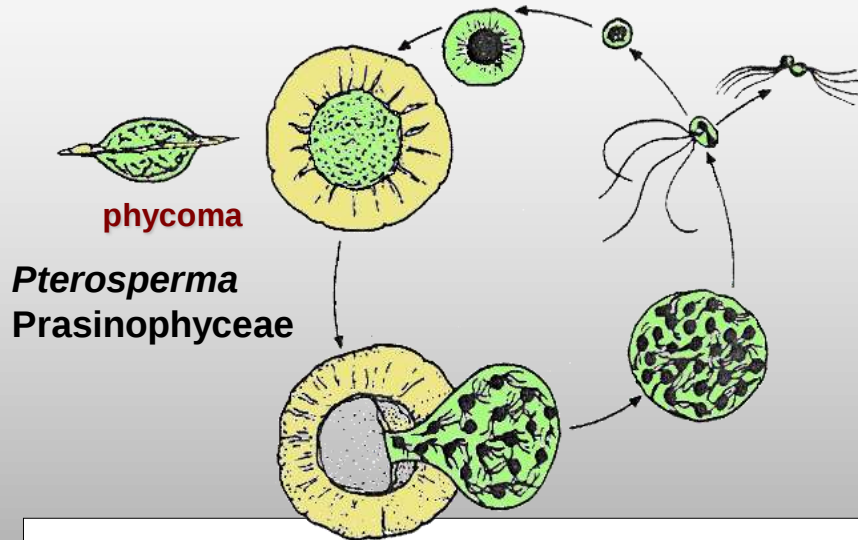
Micrhystridium
sylur 410 Ma

Stricanne (2008)

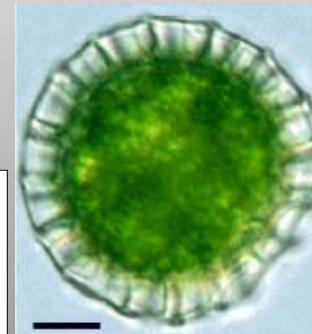
phycoma

Kaźmierczak & Kremer (2009)

cysta

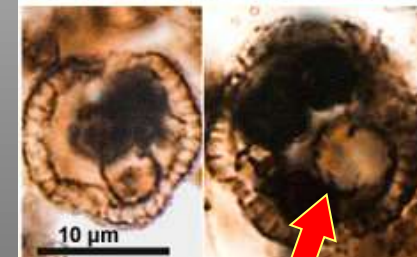


Trochiscia
Trebouxiphyceae



Shang *et al.* (2020)

Yurtusia
kambr 540 Ma

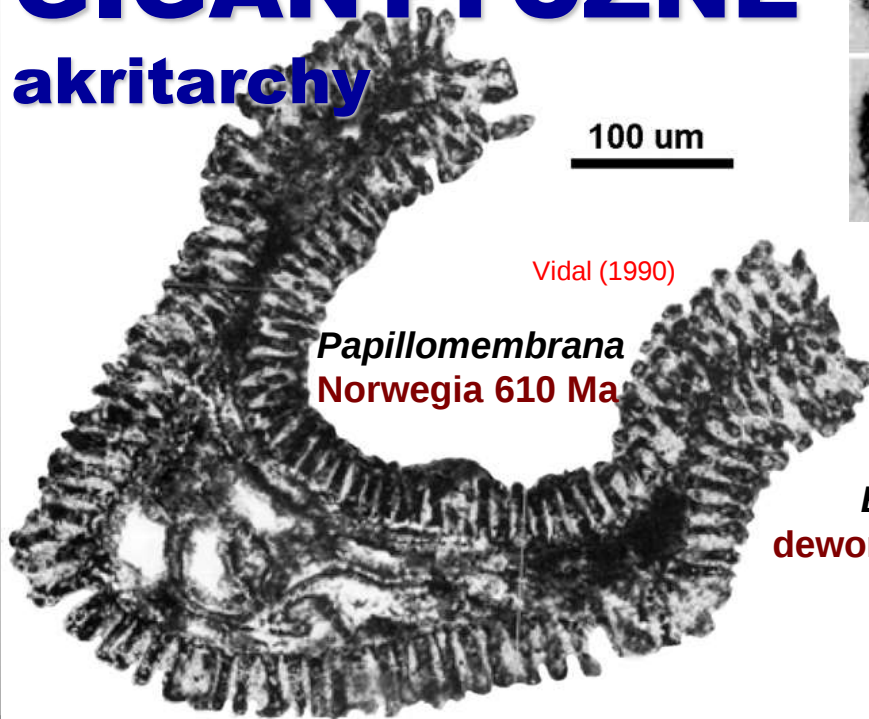


■ gruba sporopolleninowa ścianka
sugeruje stadium *phycoma*

■ ale wewnątrz cysty lub liczne
potomne komórki (autospory)

być może wyjściowe dla wielu dzisiejszych protistów

GIGANTYCZNE akritarchy



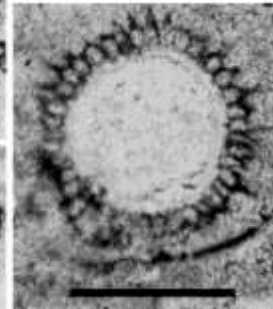
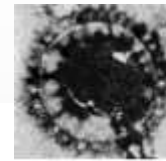
Vidal (1990)

Papillomembrana
Norwegia 610 Ma

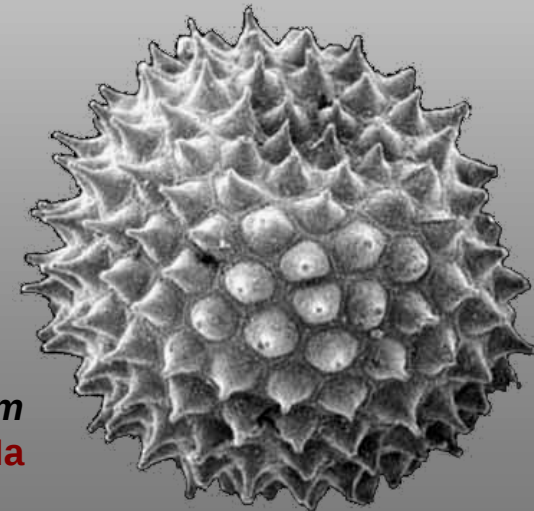
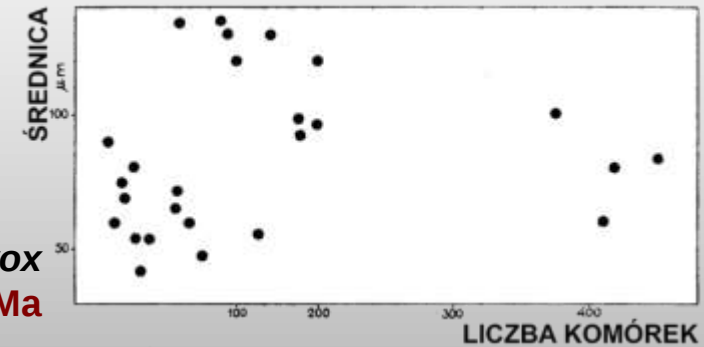
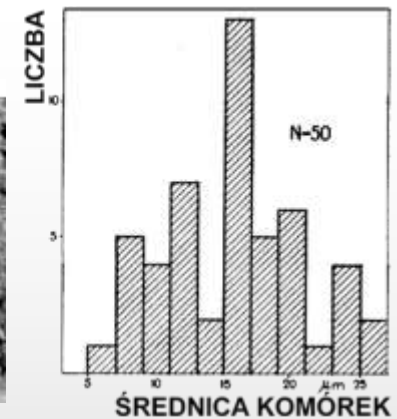
Eovolvox
dewon 370 Ma

- sporopolleninowa ścianka o złożonej strukturze
- przetrwały do dewonu?

nie tylko zielenice tworzą cysty



Kaźmierczak (1975)



Meghystrichosphaeridium
Doushantuo 600 Ma

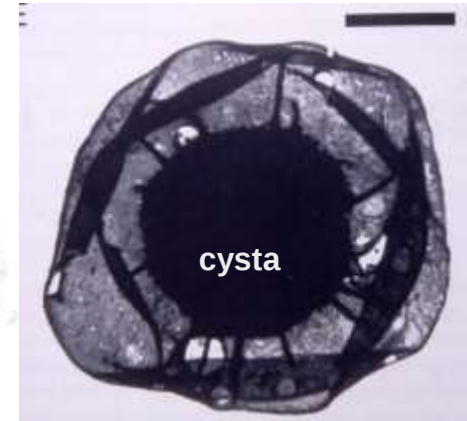
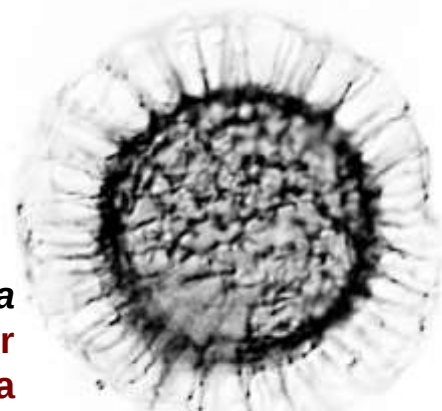
Yuan et al. (2002)

100 μm

AKRITARCHY

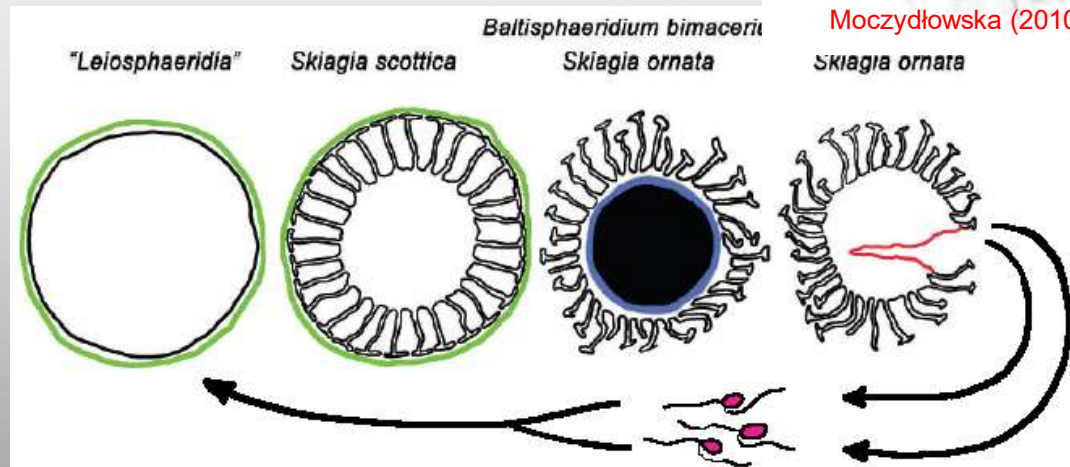
pra-bruzdnic?

Skiagia
kambr
540 Ma



Butterfield et al. (1994)

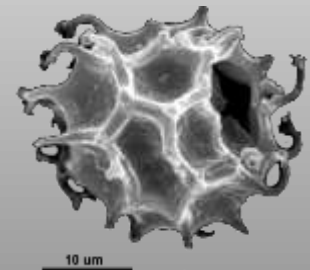
Svanbergfjellet
Spitsbergen
600 Ma



Moczyłowska (2010)

15 um

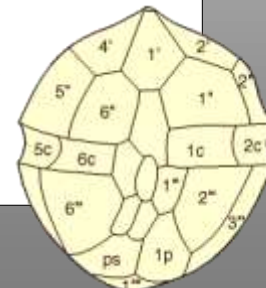
Palits (2011)



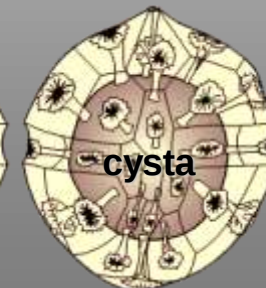
Timofeevia
ordowik
490 Ma

10 um

- cysty wewnątrz komórki z cienką ścianą
- sugerują związek z Dinoflagellata
- ale nie ma regularnej tabulacji



Dinoflagellata



Evitt (1985)

różnorodność w prekambrze zmienna