

Petrografie pro analytické geochemiky

Sedimentární horniny

Jak poznat sedimentární horniny?

- **Sedimentární** – zkameněliny, vrstevnatost, klastické sedimenty mají viditelné úlomky nebo jsou velmi jemné (jíl), často málo zpevněné, sedimentární struktury (bahenní praskliny, čeřiny apod.)
- **Magmatické** – sklo, bubliny, omezené krystalky, tabulky živců, víceméně všesměrné, nebo usměrněné (dle toku tavenin)
- **Metamorfované** – mají foliaci \approx břidličnatost (vzniklou deformací), specifické minerály (granát, staurolit, kyanit)

Sedimentární stavby

Vrstevnatost = bedding



Střídání vrstev

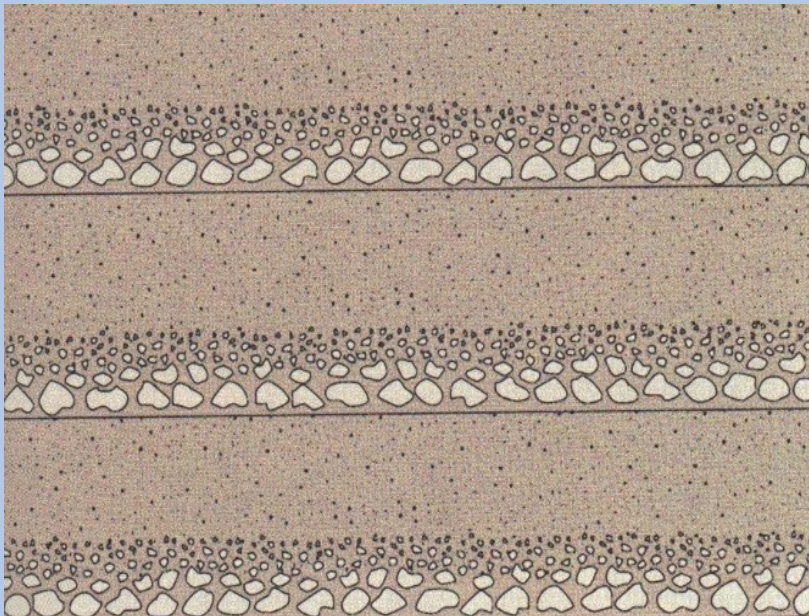


Sedimentární stavby

Gradační zvrstvení (turbidity) - sedimentace na aktivních okrajích kontinentů;

období tektonického neklidu = sedimentace z hustých proudů; od hrubších sedimentů po jemnozrné, zdola nahoru: štěrk, písek, prach;

období tektonického klidu - jílovitá vrstva, sedimentace jemných částic z vodního sloupce



Sedimentární stavby

Čeřiny, vodní, větrné



Duny

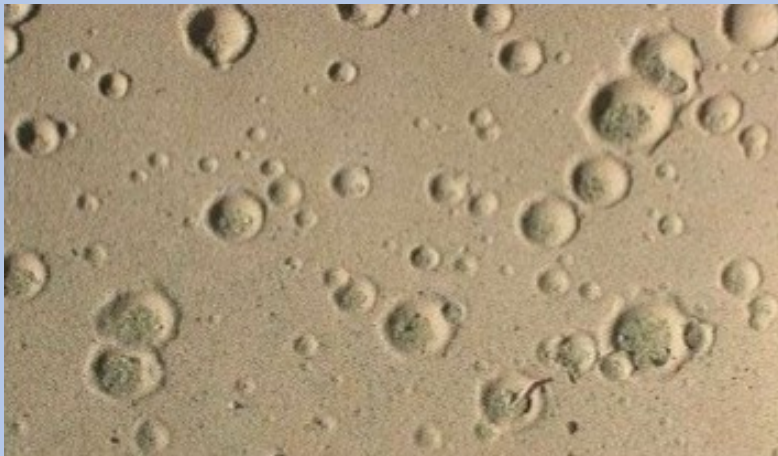


Sedimentární stavby

Bahenní praskliny, jemnozrnné sedimenty



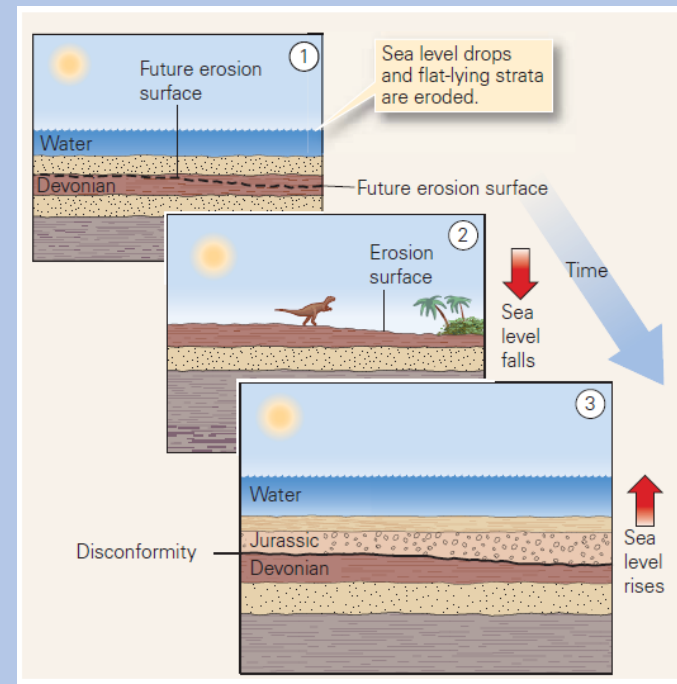
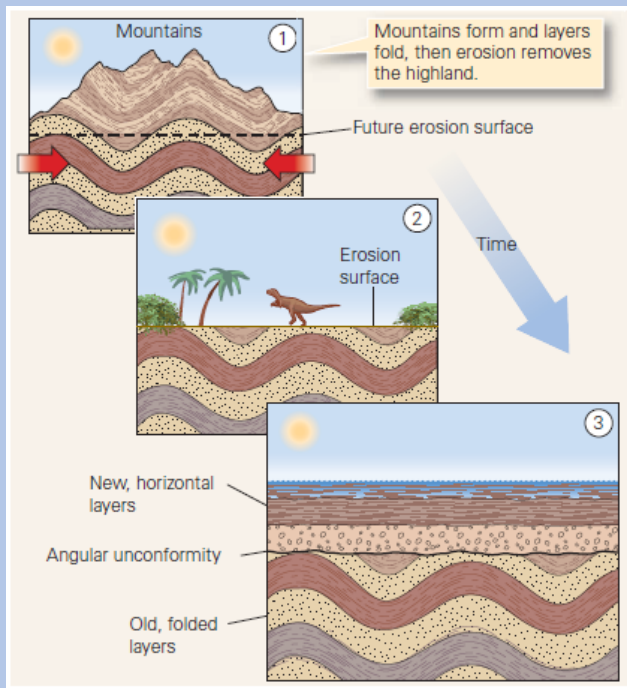
Otisky dešťových kapek, jemnozrnné sedimenty



Bioglyfy, stopy po prolézání



Diskordance = Hiát = mezera



Plocha diskordance = starý povrch země!!!

Sedimentární stavby

Co z nich vyčteme:

- Směr do nadloží („facing“)
- Směr proudění
- Zda to bylo vynořeno

Principy:

- Původně vodorovné vrstvy
- Superpozice
 - Mladší nahoře („younging“)
 - Narušení = něco se dělo (vrásnění)

Zvětrávání minerálů

- Odolnost vůči zvětrávání je přesně obrácená Bowenovu schématu krystalizace
- Tmavé minerály (Fe, Mg)
 - Železo → limonit (hematit) – všechny půdy („hlíny“) u nás jsou hnědé
 - Nejméně pohyblivé jsou v přírodě trojmocné kovy (Fe^{3+} , Al^{3+})
 - V redukčním kyselém prostředí je dvojmocné železo rozpustné (v archaiku byly oceány plné dvojmocného železa)
 - Hořčík → do moře
- Světlé minerály
 - Draselný živec → illit → kaolinit → hydroxidy Al (böhmit)
 - Plagioklas → montmorillonit → kaolinit → hydroxidy Al (böhmit)
 - Křemen – je stabilní
 - Výjimečně v zásaditém prostředí migruje (vápence, laterity)

Sedimenty klastické

Klastické sedimenty = Clastic

Usazením úlomků (klastů) zvětralých hornin přinesených do sedimentární pánve

- Zrna = klasty
- Základní hmota = matrix

Zrna uložená v základní hmotě

Nejčastější klastické sedimenty

- Štěrk (gravel) → slepenec (conglomerate)
- Písek (sand) → pískovec (sandstone)
- Prach (silt) → prachovec (siltstone) →
- Jíl (clay) → jílovec (claystone/mudstone) → jílová břidlice (shale)
- Ale i např. organoklastické vápence – úlomky schránek organismů



Sedimenty chemogenní

Vysrážením z roztoků v sedimentární pánvi

- Karbonáty – vápenec, dolomit
- Silicity – převaha SiO_2
- Evapority – soli (sůl, sádrovec)
- Ferolity – sedimentární Fe rudy
- Manganolity – sedimentární Mn rudy
- Fosfority – fosfáty bohaté sedimentární horniny
- Ality – bauxit (je přeplavený)

Sedimenty vzniklé zvětráváním in-situ

- Mechanicky rozrušené („zemní písek“)
- Jílová zvětralina – „hlína“ (illit, montmorillonit), obvykle barvená limonitem
- Kaolin – kaolinit (+ křemen), obvykle vybělené, bez Fe
- Laterit – oxidy hliníku ± oxidy železa (tropické zvětrávání)

Diageneze

Diageneze: soubor procesů, převážně chemických, při nichž dochází ke zpevnění (**litifikaci**) uložených nezpevněných sedimentů (změna na horninu) obvykle **s rostoucí hloubkou pohřbení** (tedy rostoucí mocností nadložních sedimentů). Obvykle provázeno alterací jednoho či více usazených minerálů (např. živců, biotitu) a vzniku minerálů nových (růst tmele = zpevnění). Nejčastěji vzniká křemitý, vápenatý, železitý, jílovitý tmel. Probíhá za nízkých PT, za teplot **do 200°C**.

Za teplot 200-350°C se hovoří již o anchimetamorfóze.

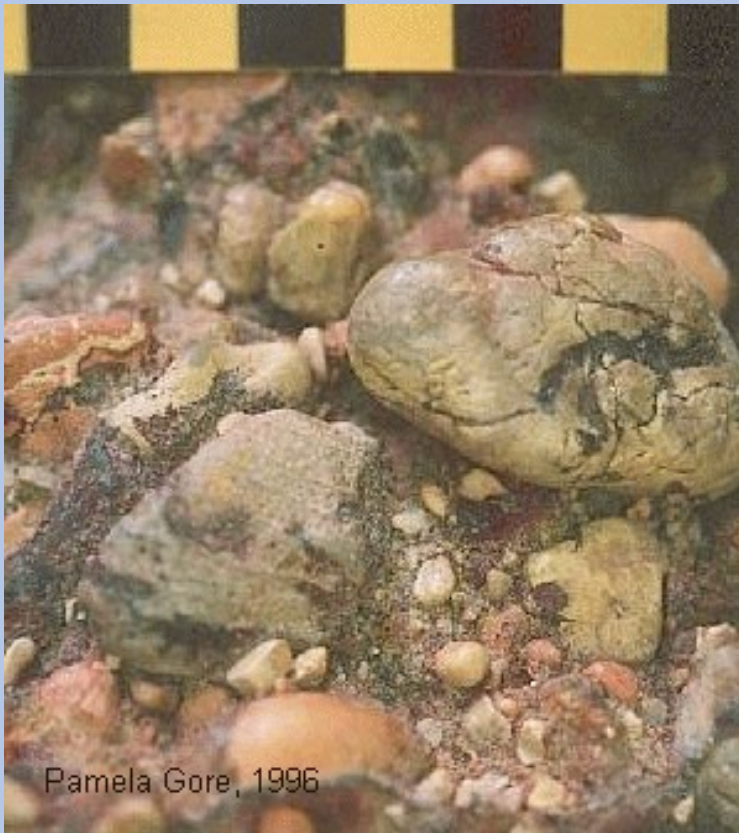
Studium diagenetické historie – stanovení T vývoje – **odraznost vitrinitu** (růst odraznosti organického materiálu), **krystalinita illitu** (sk. slíd), **fission track** metoda na apatitech.

Klastické sedimenty - psefity

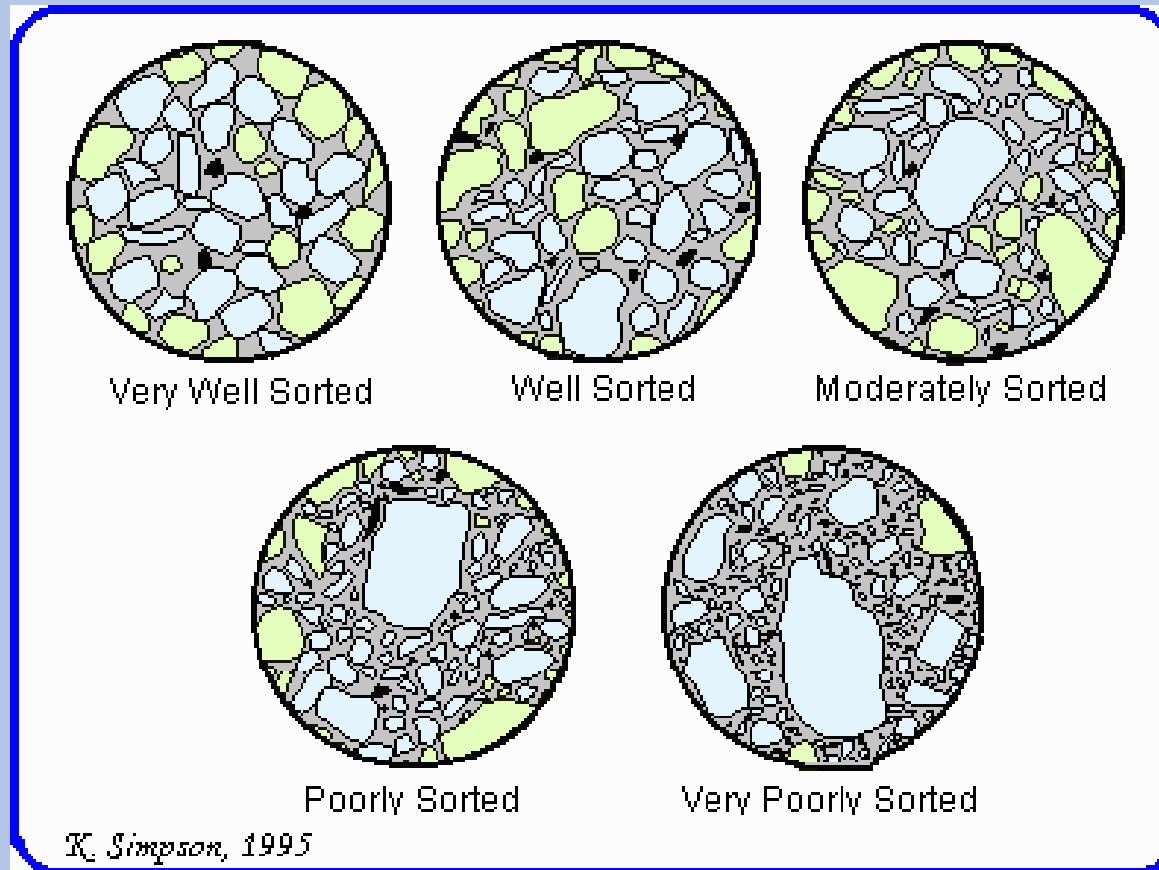
Akumulace klastů o velikosti nad 2 mm

Nezpevněné: štěrky

Zpevněné: slepence, brekcie



Vytrídění a zaoblení klastů – odraz zralosti sedimentů



Psefity (rudity)

podpůrná struktura valounů
ortokonglomeráty (< 15% matrix)
matrix)



podpůrná struktura matrix
parakonglomeráty (> 15%
matrix)



Psefity (rudity)

- Monomiktní – valouny jednoho horninového druhu (křemenné, vápencové)
- Oligomiktní
- Polymiktní – pestrý materiál valounů

- Extraklasty (extraformační slepenec): transport valounu do pánve
- Intraklasty (intraformační slepenec): materiál vlastní pánve erodovaný

Slepenec vs. brekcie

- **brekcie** je tvořena klasty ostrohrannými, $>1/3$ ostrohranných úlomků
- Slepenec – je tvořen klasty zaoblenými
- brekcie - sedimentární
 - tektonická
 - vulkanická

Terminologie sedimentů řady slepenec - pískovec

% klastů >2mm	100	50	25	10
zpevněné	slepenec	písčítý	valounový	pískovec
		slepenec	pískovec	
nezpevněné	štěrk	písčítý	valounový	písek
		štěrk	písek	

Psamity

- převaha klastů 0,063 – 2 mm
- nezpevněné – **písek**
- zpevněné – **pískovec** (křemenný pískovec, arkóza, droba)

- Podle minerálního složení klastů

siliciklastické

karbonátové (kalciarenity)

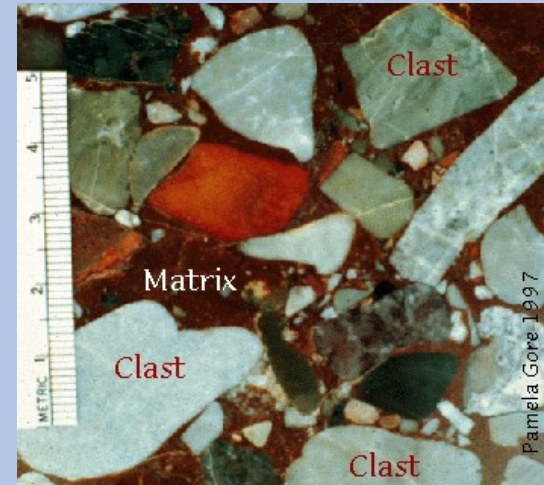
pyroklastické (vulkanoklastické)

Terminologie sedimentů řady pískovec - jílovec

% klastů 0,63 - 2mm	100	50/90	25/50	10
zpevněné	pískovec	jílovitý	písčitý	jílovec
		pískovec	jílovec	
nezpevněné	písek	jílovitý	písčitý	jíl
		písek	jíl	

Strukturní znaky psamitů

- Primární: velikost klastů a jejich vytrídění a zaoblení
- Sekundární: stupeň a způsob zpevnění, tmel a jeho rekrystalizační projevy
- Struktura psamitická

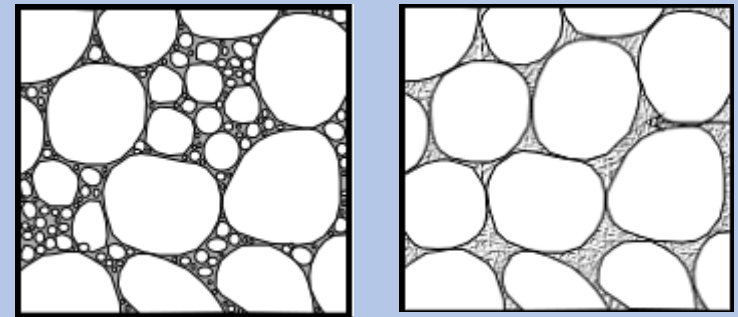


Zralost sedimentů

Strukturní: odstranění matrix
velikostní vytrídění
zaoblení zrn

Mineralogická: rozpadem nestabilních klastů
(živců a nestabilních horninových úlomků)

Chemická: nárůst stabilních oxidů, úbytek nestabilních
nejčastěji užíván poměr Al_2O_3/Na_2O (s rostoucí zralosti sedimentu se poměr zvyšuje)



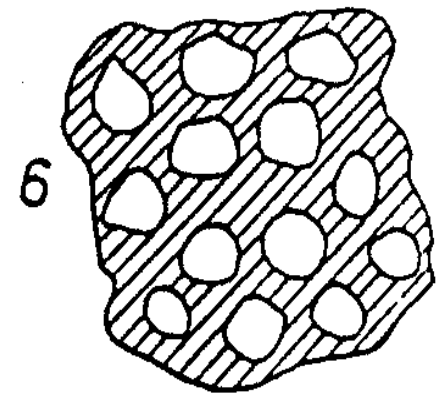
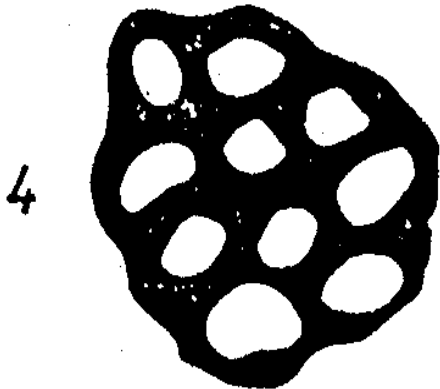
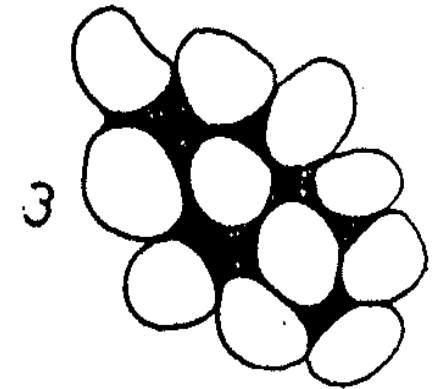
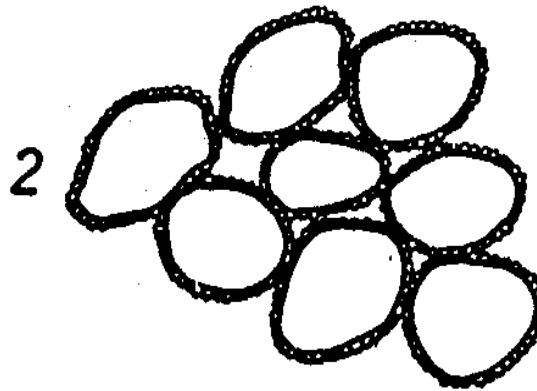
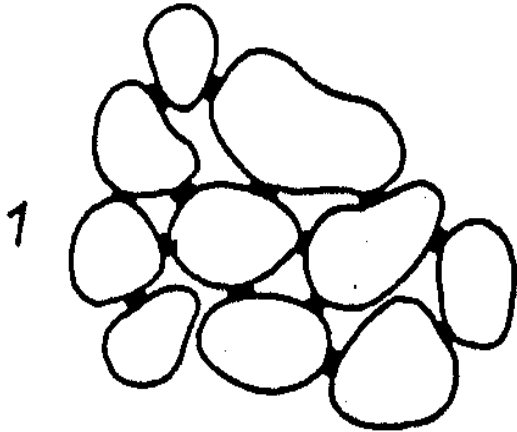
Růst strukturní zralosti klast. sedimentů

Podle charakteru pojiva

kontaktní
bazální

povlakové
korozní

pórové
poikilitická



Ovlivňuje míru zpevnění

Klasifikace pískovců

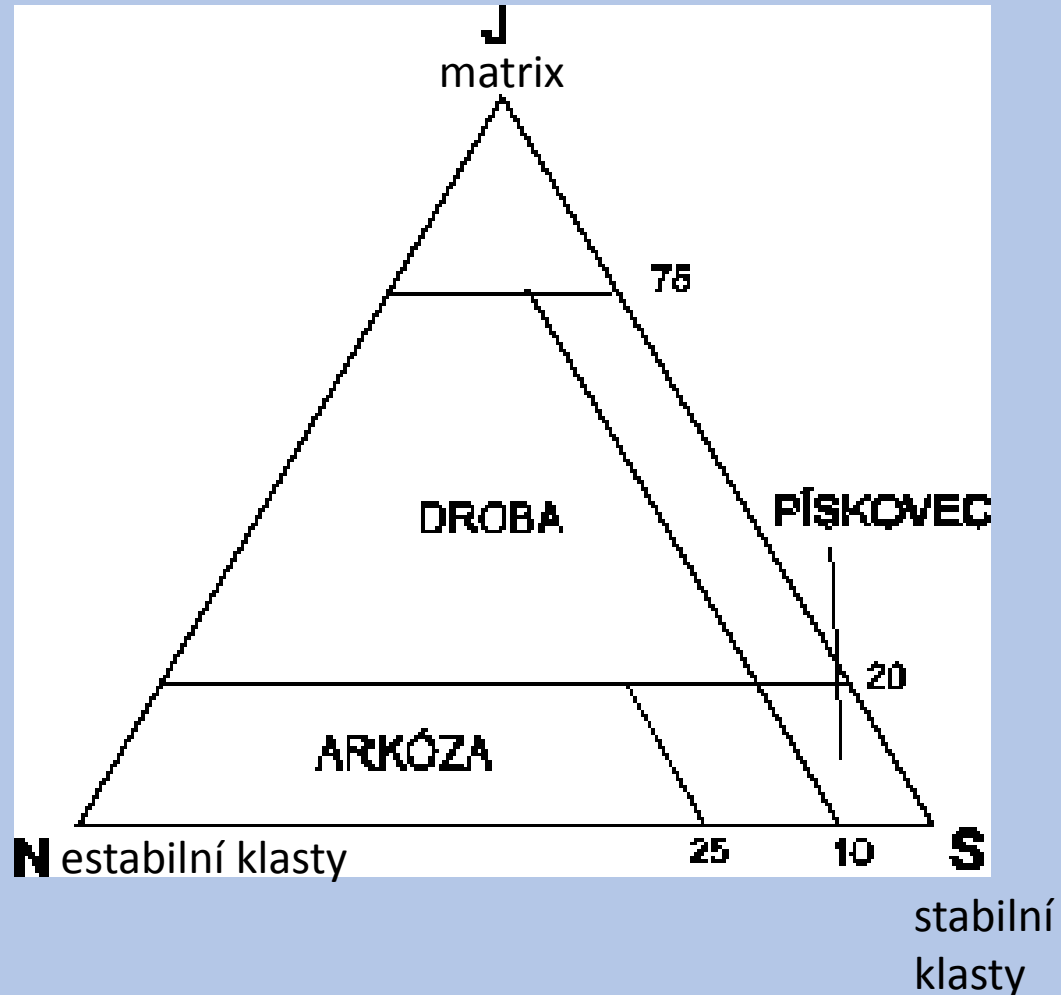
základem je procento matrix a procento nestabilních klastů

matrix < 20 %

- křemenný pískovec
- arkózový pískovec
- arkóza (živcová, litická)

matrix > 20 %

- drobový pískovec
- droba (živcová, litická)



Křemenný pískovec

- **zralé** (velikostně i mineralogicky vytríděné, zaoblené)
- tektonicky stabilní oblasti
- dlouhý transport či resedimentace nebo přeplavování v mělkých pánvích
- **tmel** křemitý (postupné dorůstání, až vznik mozaikovitě str.)

kalcitový

železitý (možnost koroze)



Arkózy

- převážně kontinentální (aridní, periglaciální klima)
- intenzivní eroze bez chemického zvětrávání
- velký podíl nestabilních klastů
- velikostně vytríděné, málo základní hmoty
- klasty neopracované
- tmel křemitý
železitý



Droby

- převážně mořské
- tektonicky nestabilní oblasti; sedimenty turbiditních proudů
- rychlá eroze, krátký transport
- nezralé (slabé vytřídění a zaoblení, nestabilní klasty, vysoký podíl matrix)
- matrix: chlorit, sericit, illit, křemen, biotit, živce



Aleurity (prachovce, siltovce)

- klastické sedimenty s převahou frakce 0,004 – 0,063 mm
- prachová frakce tvoří samostatné sedimenty vzácně, obvykle je stálá příměs jílových sedimentů, tyto sedimenty se spojují pod název **aleuropelity**

Podle stupně zpevnění

- nezpevněné
 - **spraše** – eolický původ

- zpevněné

prachovce

prachovité břidlice

Podle minerálního složení

- křemenné prachovce
- polymiktní prachovce: > 10 % nestabilního materiálu, nezralé

Pelity (jílovce)

- klastické sedimenty s převahou částic pod 0,004 mm
- Na přechodu mezi klastickými a chemogenními sed.
- mineralogicky jíl – jílové minerály vs. fyzikálně jíl – klastické částice menší než 0,004 mm

minerály pelitů

- kaolín, smektity, illit, chlorit, (příměs muskovitu, křemene, karbonátů, organických látek)

- **nezpevněné:** jíly (ve vodě rozplavitelné)

- **zpevněné:** jílovce (nerozplavitelnost)

jílovité břidlice (rekrytalizace min. nad 0,08 mm)

břidličnatost (uspořádání jílových min.), malá pórovitost

- řada **jíl – jílovec – jílovitá břidlice – fylitická břidlice – fylit** je dána rostoucím zpevněním a intenzitou **diagenetických** (až **metamorfních**) změn

- **reziduální horniny**

kaolín: teplé, vlhké klima, zvětr. kyselých hornin

přeplavením vznikají kaolinitické jíly

bentonity: přeměnou bazických tufů, tufitů, vulkanitů, přeplavením vznikají montmorillonitické jíly

stavební znaky - zvrstvení

- laminace
- homogenní textura
 - primární – nepříliš hojná, klidná sedimentace
ze suspenze
 - sekundární – bioturbací
- mázdřité, vlnité, čočkovité
(proměnlivý poměr psamity/aleurity/pelity)



Slítné horniny

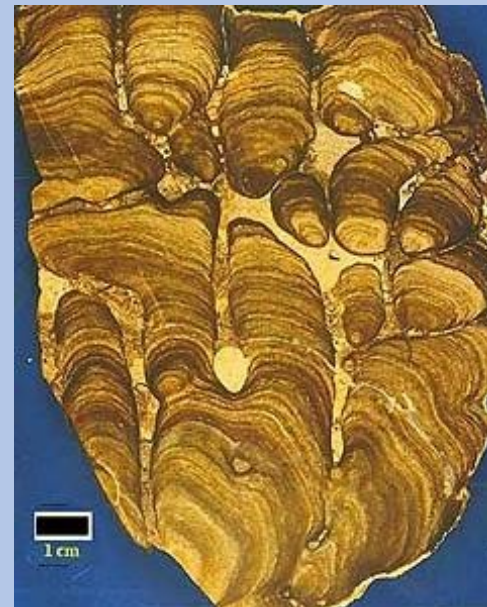
- přechod mezi jílovitými a karbonátovými horninami (25 – 75% jílu)
- převážně mořský původ
- nezpevněné: **slíny** (mořské neogenní pánve)
- zpevněné: **slínovce** (střídání s jílovcem nebo vápencem)
 - slítné břidlice**
 - opuky** – písčité slínovce s hojnou příměsí org. zbytků (jehlice hub, foraminifery) a glaukonitu

Karbonáty

- vznik převážně v mořském prostředí

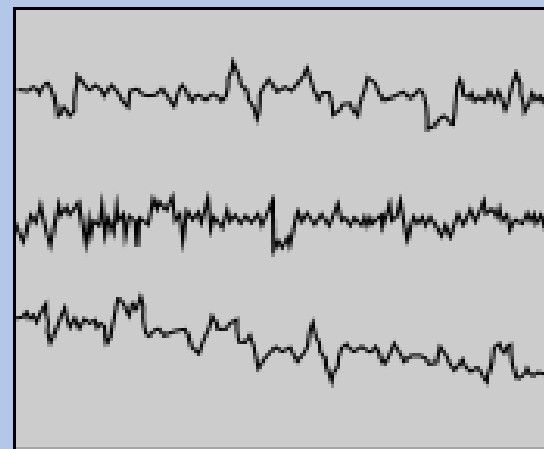
Z pohledu geneze

- nahromadění schránek a koster organismů
- chemické vysrážení: přímé chemické vysrážení nebo za účasti organismů
- stmelení úlomků starších karbonátových hornin – klastický původ



Texturní znaky karbonátů

- shodné s text. znaky v klastických sedimentech (šikmé, křížové zvrstvení apod.) ovlivněné charakterem sedimentačního prostředí
- laminace: nejhojnější text. znak, obvykle vzniká v souvislosti s ukládáním vápnatého kalu či růstem organismů (např. stromatolity)
- stylolity: nepravidelné sutury vzniklé v souvislosti s rozpouštěním karbonátů podél nichž je nakoncentrován nerozpustný podíl (mohou představovat 25-90% chybějícího rozpuštěného karbonátu)



Folkova klasifikace karbonátů

Alochemické vápence: složeny z **alochemů** (klastů), **pojivo** tvoří **mikrit** nebo **sparit**

- **mikrit:** jemnozrný karbonátový kal (frakce do 20 μm)
- **sparit:** krystaly kalcitu, rekrystalizací mikritu či růstem ve volných prostorech diagenese

alochemy

intraklasty: úlomky karbonátového sedimentu z vlastní pánve

extraklasty: úlomky karb. erodované ze starších geol. jednotek

oolity: kulovitá tělíška < 2mm, koncentrické nebo radiálně paprscité, mořské

pisolity: kulovitá tělíška > 2mm, mořské i kontinentální (vřídlovec, jeskynní perly)

peloidy: drobné mikritové částice různé geneze (např. mikritizované ooidy)

pelety: válečkovitý tvar, např. fekální pelety

bioklasty: úlomky schránek a koster organismů

Ortochemické vápence

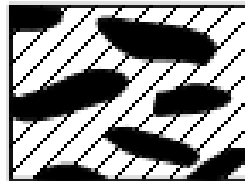
- mikritové
- dismikritové: tvořené mikritem s hnízdy hrubšího čirého kalcitu

Biolitové vápence: tvořeny na místě rostoucími a přerůstajícími se organismy

Allochemical Rocks

I

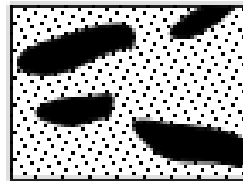
Sparry Calcite
Cement



Intrasparrite

II

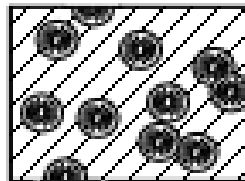
Microcrystalline
calcite matrix



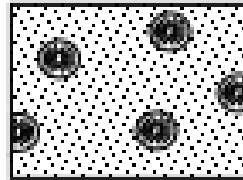
Intramicrite

Intracrystals

Ooids

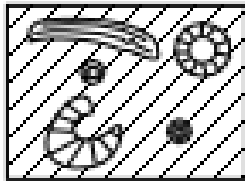


Oosparrite

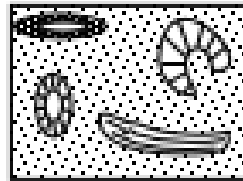


Oomicrite

Fossils

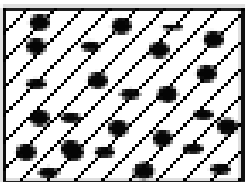


Biosparrite

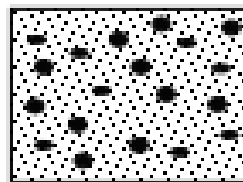


Biomicrite

Pellets



Pelsparrite

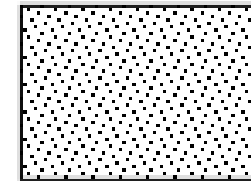


Pelmicrite

Orthochemical Rocks

III

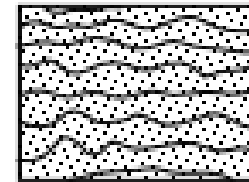
Microcrystalline
calcite lacking allochems



Micrite

IV

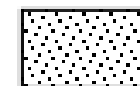
Autochthonous
reef rocks



Biolithite



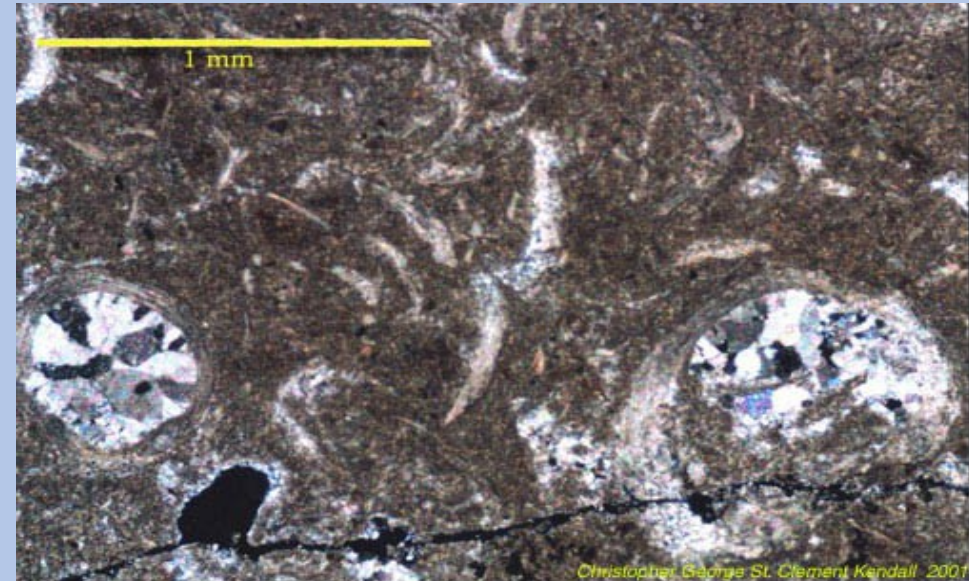
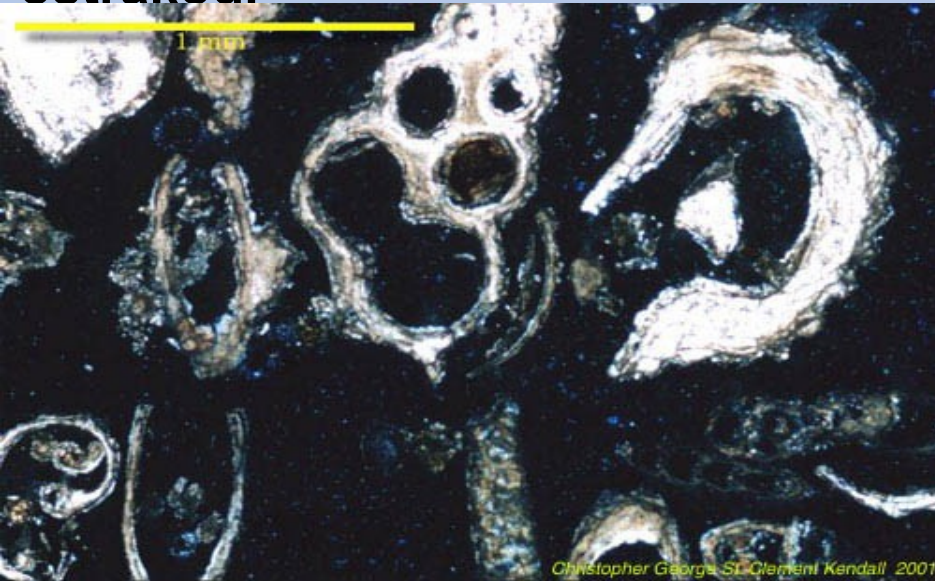
Sparry Calcite



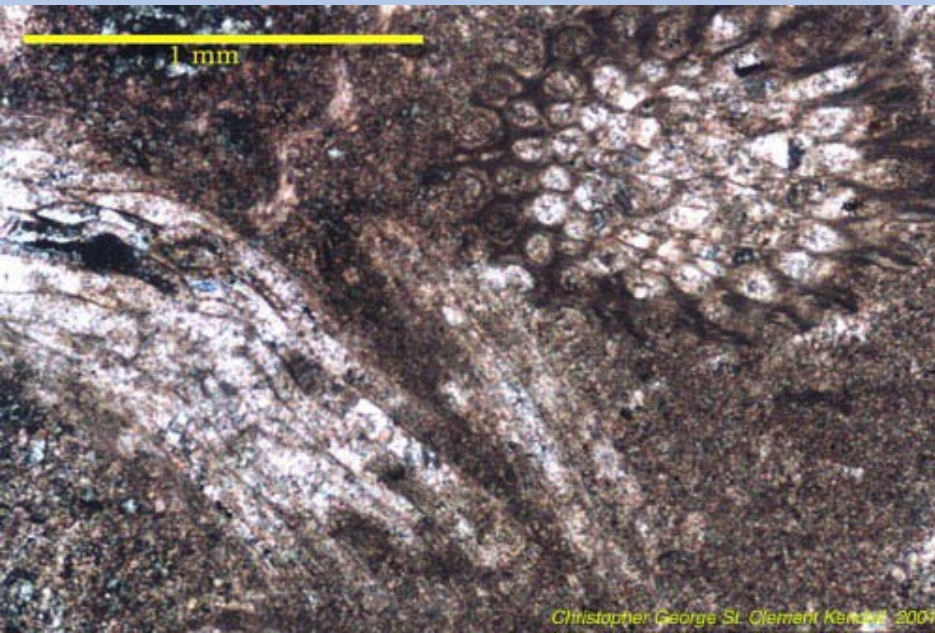
Microcrystalline
Calcite

biomikritové vápence

foraminifery, ramenonožci
ostrakodi



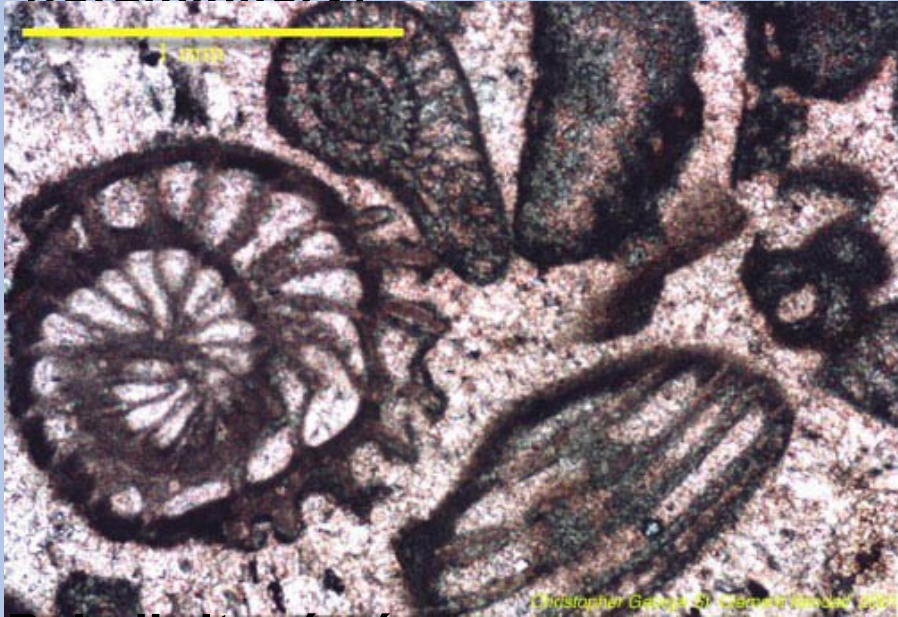
mechovky



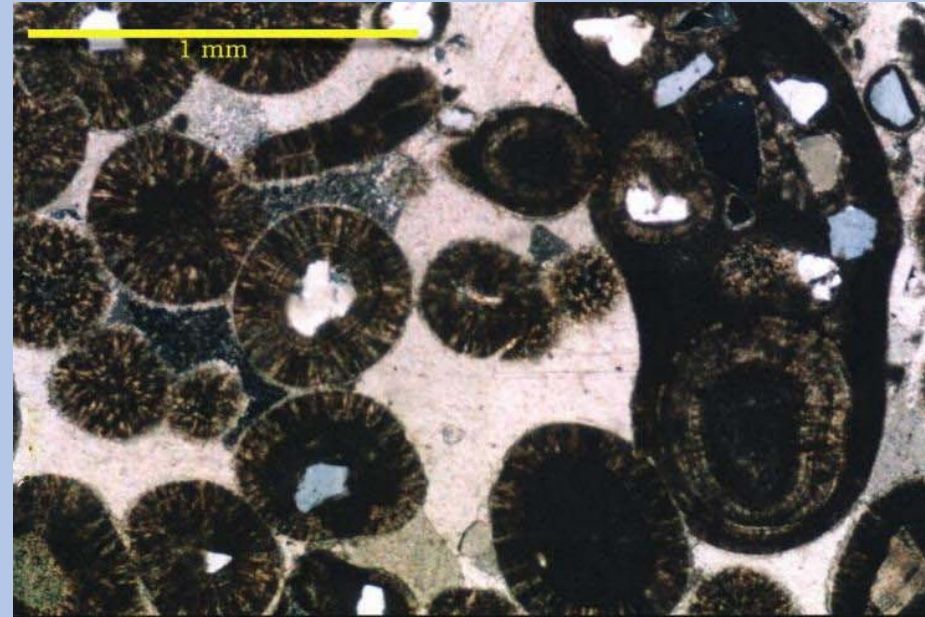
rasy, mlži



**Biosparitový vápenec,
(foraminifery)**



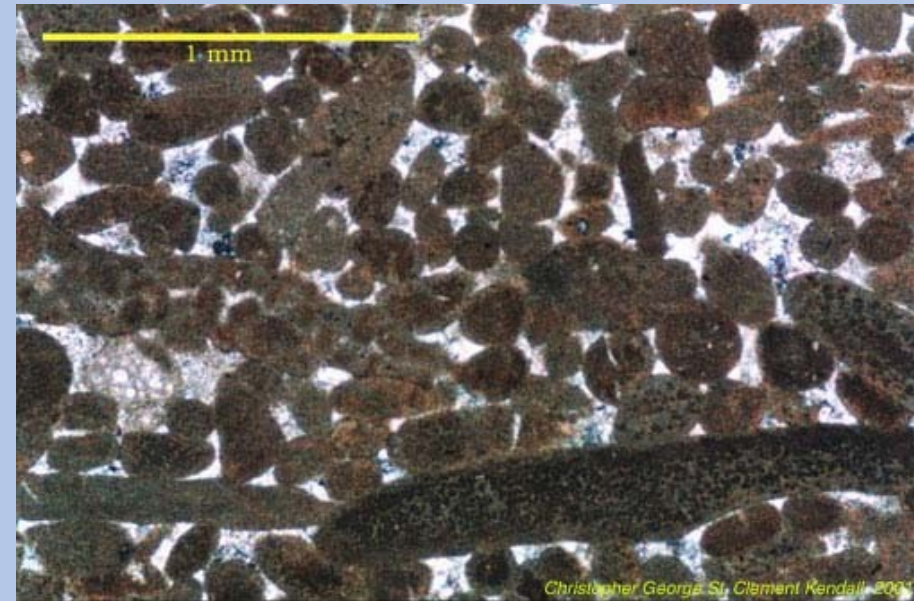
oosparitový vápenec

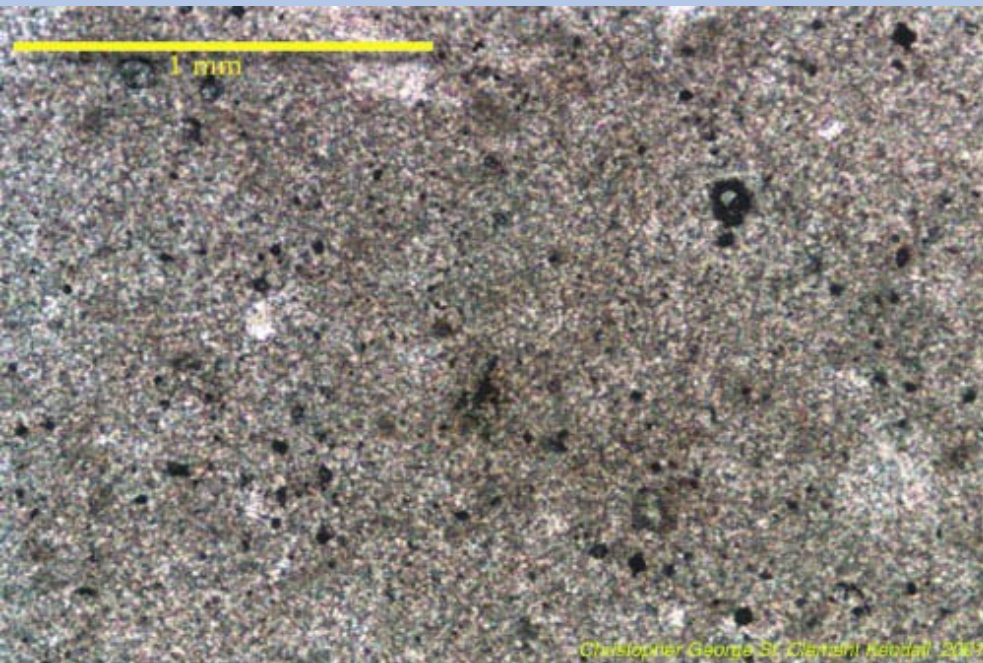


**Pelmikritový vápenec,
(mikritizované ooidy)**



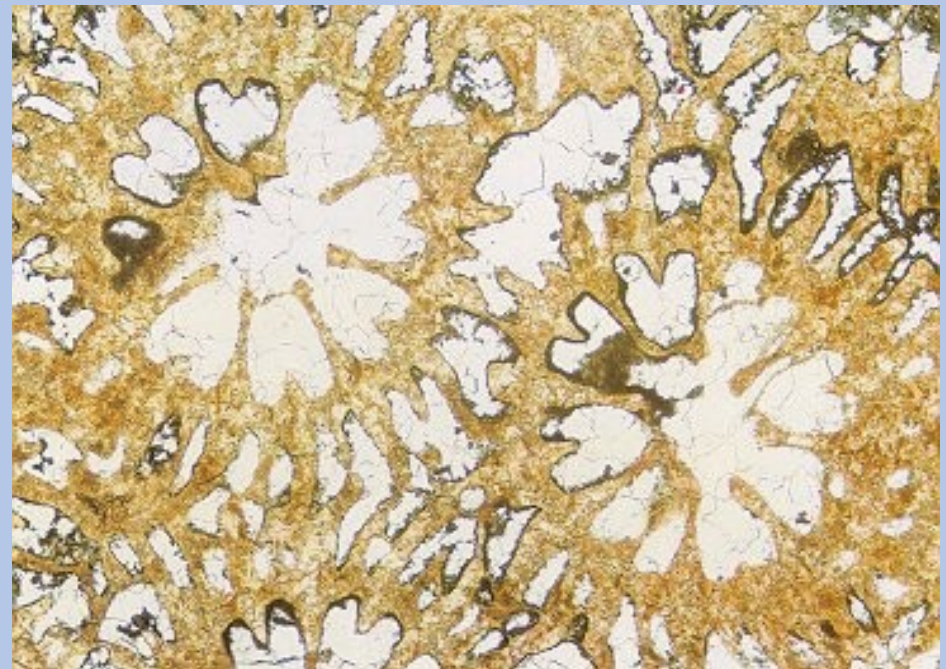
pelsparitový vápenec, (fekální hlízky)





mikritový vápenec

biolitový vápenec



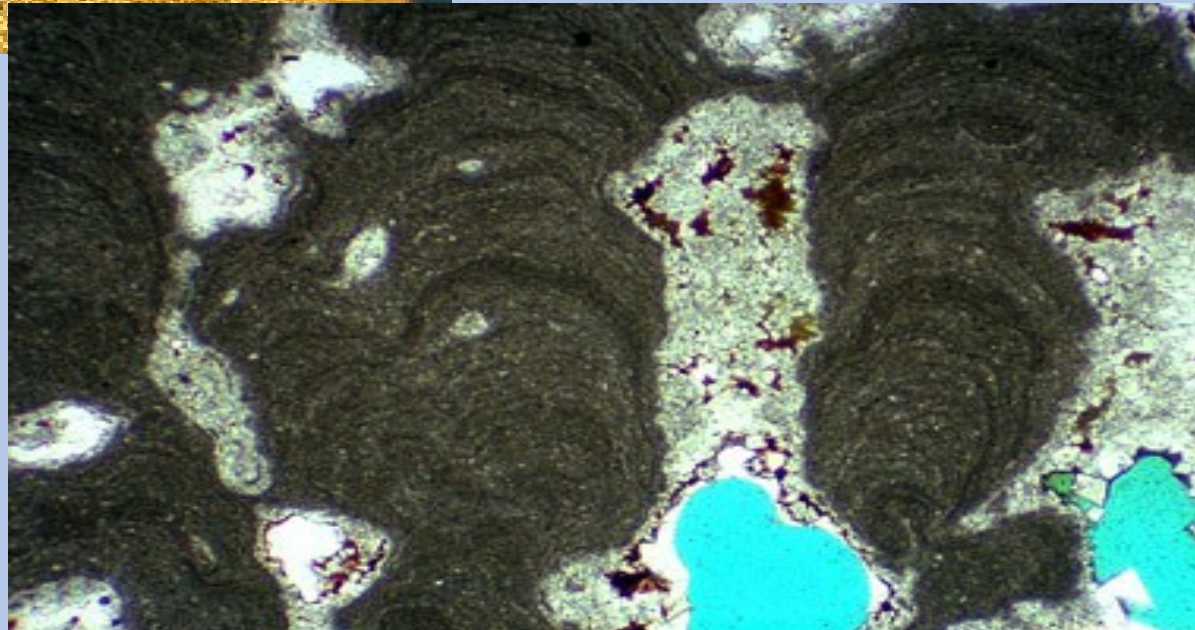
Biolitový vápenec

pevná konstrukce z na sebe přirůstajících skeletů, tvořena rifogenními organismy

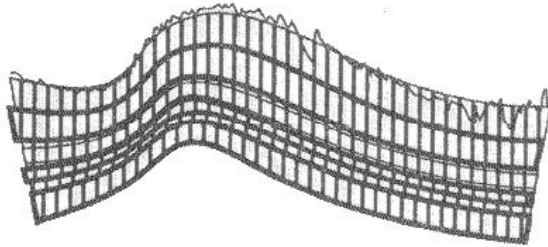
korálový vápenec



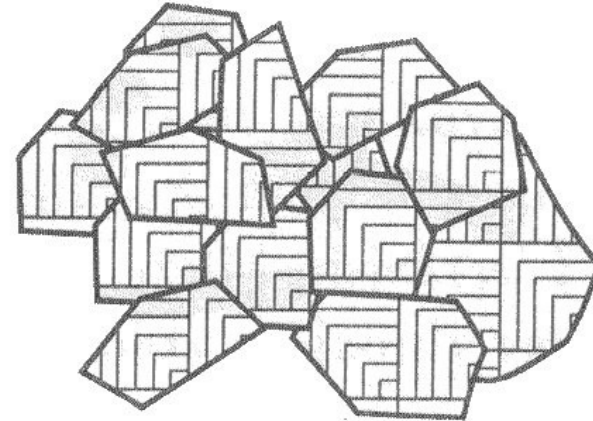
stromatolit
volné prostory ve
stromatolitu jsou
vyplněné dolomitem



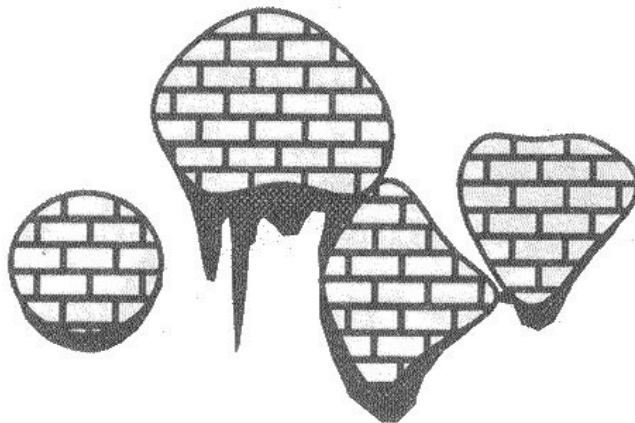
tmel v karbonátech



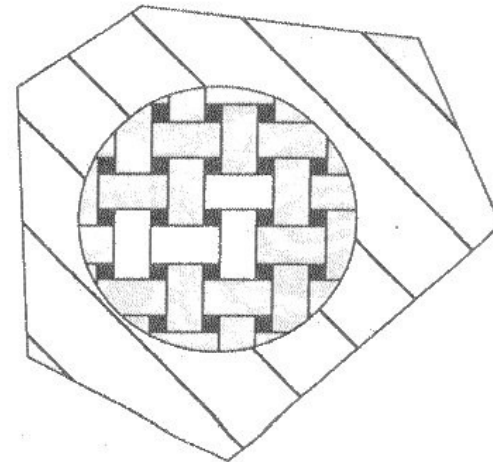
FIBRÁLNÍ TMEL



MOZAIKOVÝ TMEL



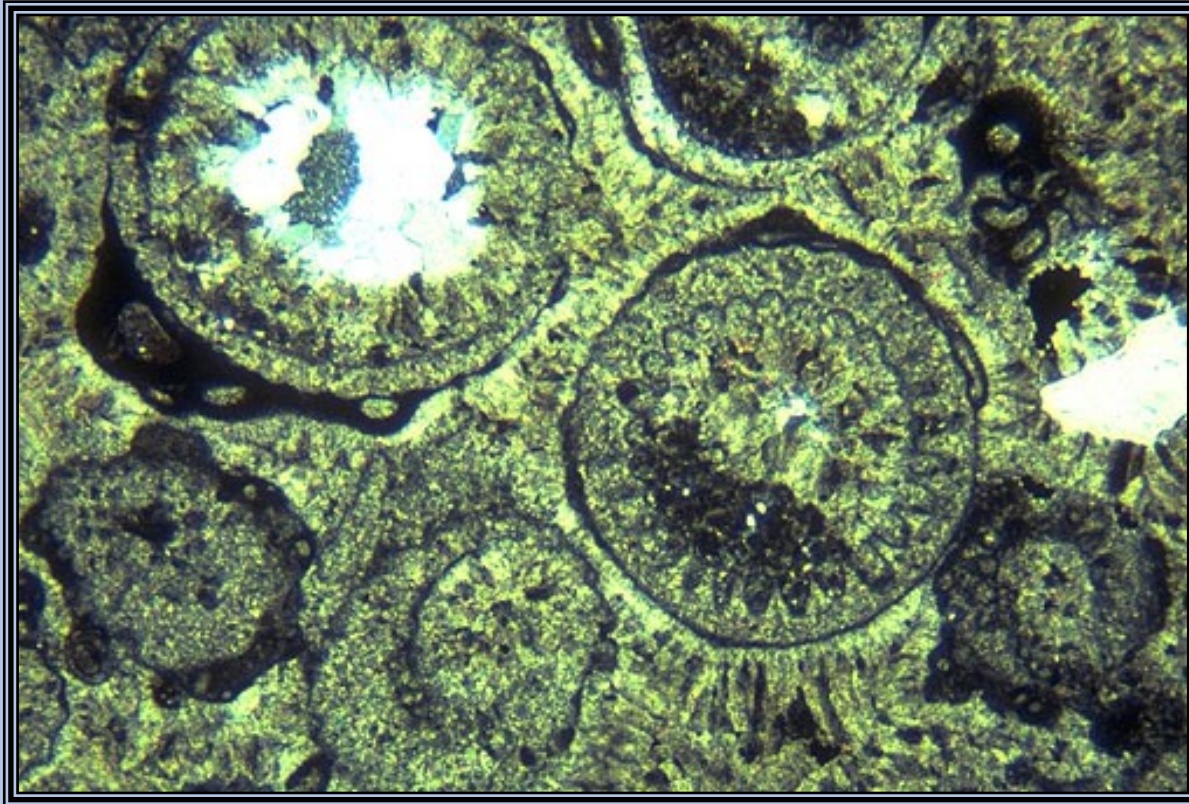
KRÁPNÍKOVÝ TMEL



BLOKOVÝ SYNTAXIÁLNÍ

Fibrální tmel

zelené řasy, foraminifera



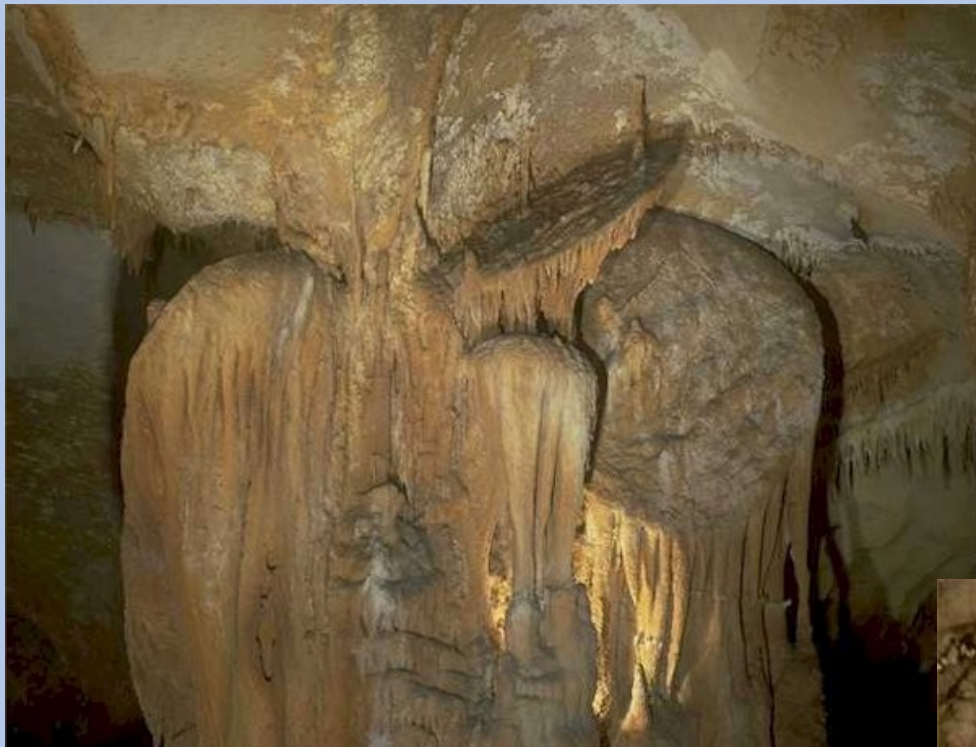
Karbonáty kontinentálního prostředí

- **travertin** – kupy, pórovitý, vysrážený v okolí pramenů
- **pěnovce** - karb. tekoucích vod blízké travertinům
- **sintry** - deskovité útvary v jeskyních, srážení z tekoucích vod
- **vřídlovec** (hrachovec)- vysrážením z horkých pramenů, tvořený aragonitem, pisolitický
- **jezerní křída** - karbonát stojatých vod

Vznik travertinu



sintr



Jeskyňní perly



Silicity

- SiO₂ bohaté horniny (v čistých silicitech 90-95% SiO₂)
- kontinentální i mořské prostředí

Podle způsobu vzniku

organogenní: nahromadění schránek rozsivek, mřížovců, jehlic hub

Chemogenní - vysrážení z roztoků

gejziritý: vysrážení opálu z horkých pramenů, vrstevnaté

jaspilitý: silicity s pásy hematitu nebo skvrny hematitu, doprovodná hornina submarinně-exhalačních ložisek

druhotně diagenetickými procesy: rozpuštění opálu a jeho opětovné vysrážení a zatlačování původního sedimentu (karbonátů, evaporitů)

Termín **rohovce**

- V širším smyslu představují zpevněné silicity různého původu (radiolarity, buližníky, ...), často již špatně identifikovatelné geneze
- v užším smyslu se jedná o křemité hlízy, konkrece, čočky a polohy převážně v karbonátech vzniklé v souvislosti s diagenézí

Silicity organogenního původu

- **Organogenní původ:**

diatomity: schránky jednobuněčných řas rozsivek

vznik v chladnějších oblastech v mořích i jezerech, pórovité, lehké horniny
po zpevnění tzv. diatomové břidlice

radiolarity: opálové schránky mřížovců - radiolárií, mořské

spongolity: jehlice mořských hub

Původní opálové schránky organismů většinou rekrystalizované na chalcedon
či křemen

- **Neurčitý původ:**

buližníky: v mladším proterozoiku barrandienu, nelze již rozlišit genezi

Strukturní a texturní znaky silicitů

Velice různorodé v závislosti na vzniku a diagenetické historii

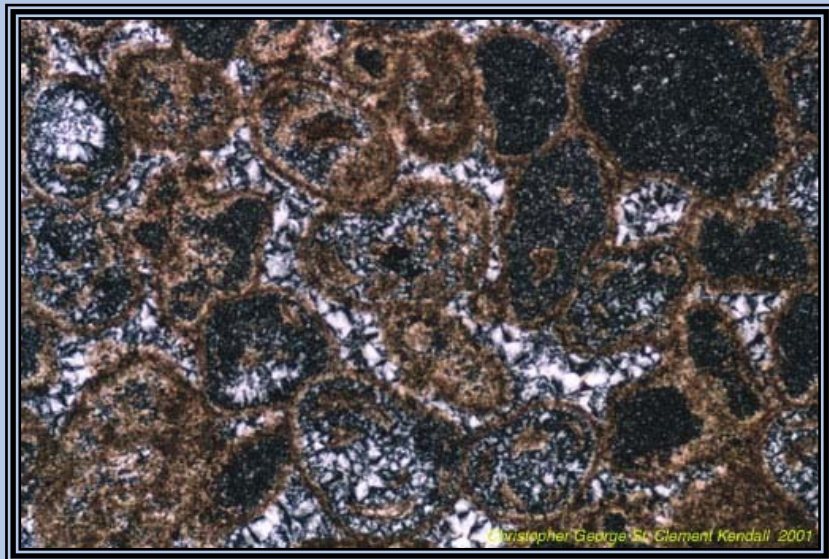
- amorfní, mikrokrytalické,...
- sférolitické

- laminované, vrstevnaté
- nodulární
- pórovité
- brekciovité
- hlízy, konkrerce

Laminovaný rohovec



Silicifikace matrix i klastů karbonátu



Rohovec vzniklý zatlačením evaporitů; několik generací SiO_2



Silicifikace evaporitů



Evapority - chemogenní sedimenty

- chemickým vysrážením z mořské či jezerní vody – **teplé klima (salinita > 35g/l)**
- souvislé polohy (příměsi karbonáty, jílové minerály, klastická zrna)
- Často jen shluky a krystaly v jílovitých, slinitých a karbonátových horninách či jiných evaporitech
- nejčastěji v přírodě zastoupené **halit, sádrovec a anhyrit**
- Posloupnost vysrážení z vody: karbonáty – sádrovec – anhydrit – sůl kamenná – draselné a hořečnaté soli

Strukturní a texturní znaky: různorodé, ovlivněné rozpustností a plasticitou

- **primární struktury:** krystalické, vláknité, tabulkovité, krustifikační

v důsledku vysoké rozpustnosti jsou často zatlačovány jinými minerály – silicifikace, karbonatizace a vznikají sekundární strukturní a texturní znaky

- **sekundární struktury:** rekrystalizační, kataklastické
- **primární textury:** masívní, laminované, vrstevnaté
- **sekundární textury:** síťovité, hlízovité, nodulární, brekciovité

Krystalická struktura - růžicovitá stavba – krystaly sádrovce rostou při dně v mělkých salinách



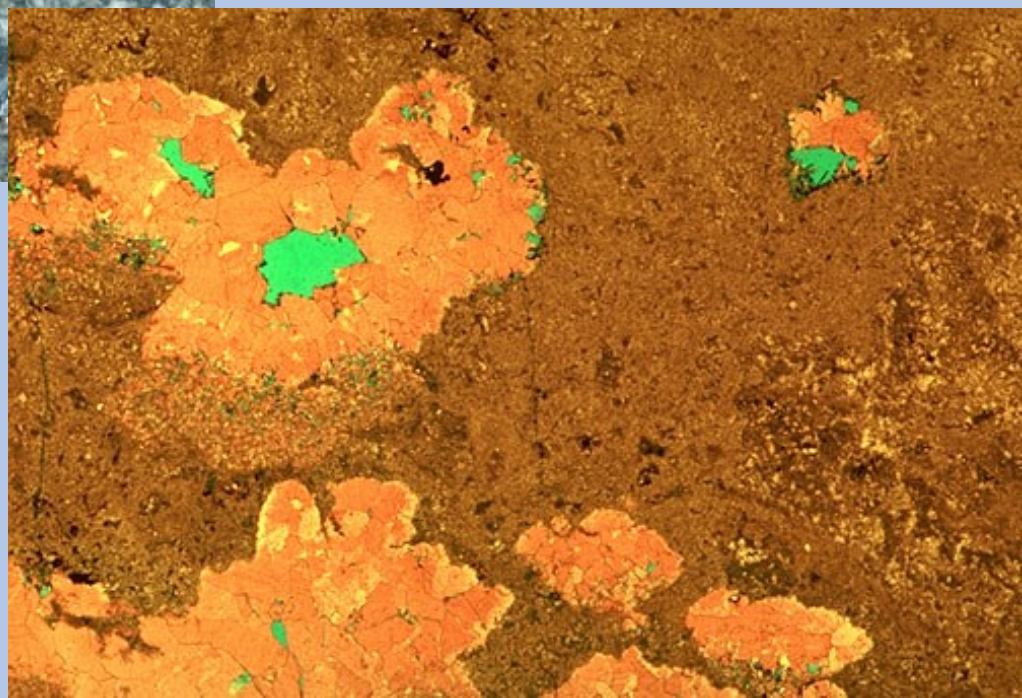
Dutiny po krystalech evaporitů v dolomikritu



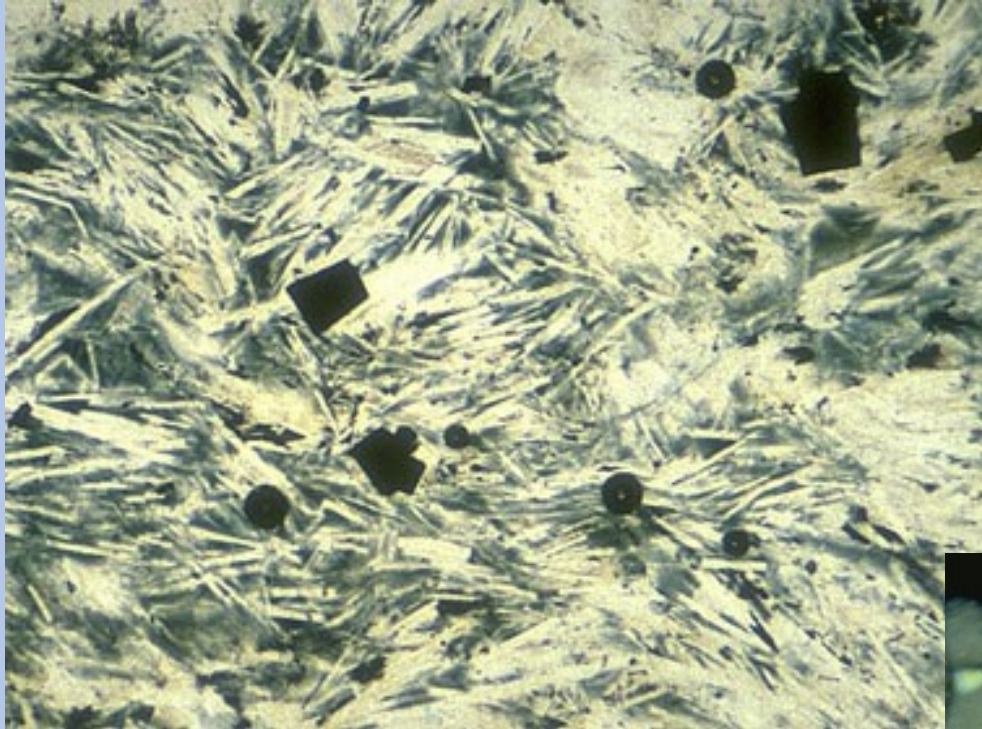
Nodulární textura - vznik nodulární textury při přechodu anhydritu na sádrovec



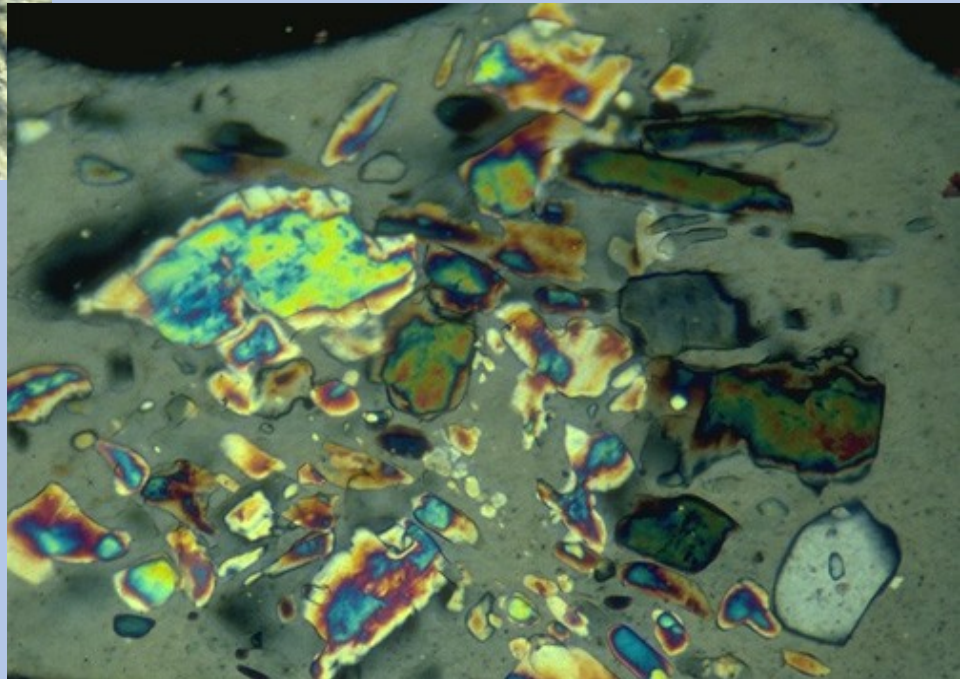
Nodulární textura evaporitů způsobená zatlačováním kalcitem (barvený - narůžovělý)

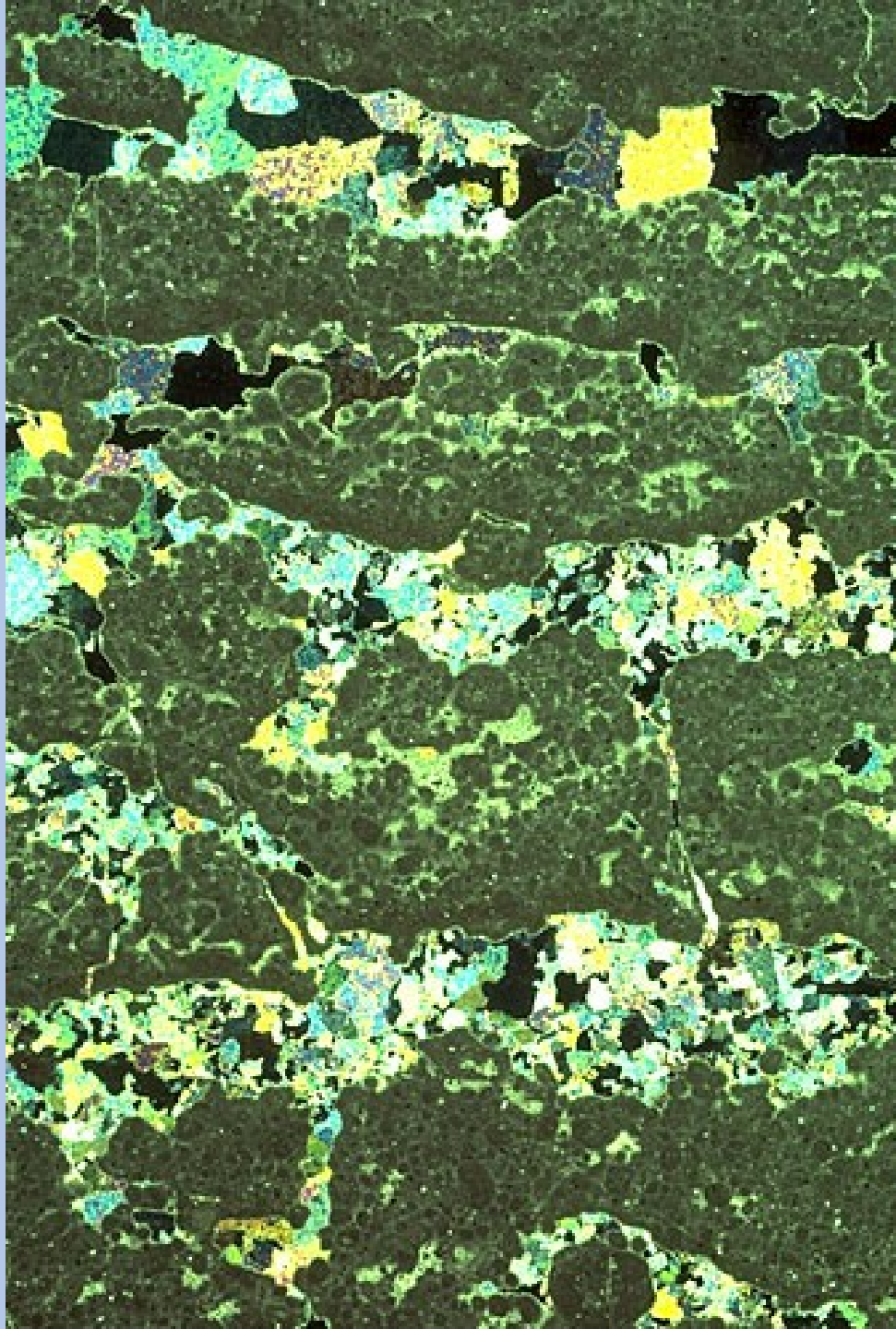


Jehličkovitý anhydrit
silicifikovaný
s krystalv kubického pyritu



Silicifikace anhydritu (jasné barvy)-
křemen zatlačující anhydrit





Sádrovec vyplňující dutiny ve stromatolitu

Fosfority – chemogenní i organogenní vznik

- Sedimenty, kde podstatné množství fosfátů

minerály sk. apatitu: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$

nejčastěji **fluorapatit**; dále **hydroxylapatit**, **karbonáthydroxylapatit**; **karbonátfluorapatit**;

tzv. frankolit – varieta hojná ve fosforitech obvykle se zvýšeným obsahem karbonátové komponenty aj. minoritních prvků – není uznáný minerál

$(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Sr}, \text{Na})_{10}(\text{PO}_4, \text{SO}_4, \text{CO}_3)_6\text{F}_{2-3}$.

další minerály: **vivianit** $\text{Fe}^{2+}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$, **xenotim** apod.

- převážně **mořský původ** (s vápenci, slíinitými a jílovitými horninami) v obdobích **pomalé klastické sedimentace** či **přerušení sedimentace**
- příměs: jílové minerály, karbonáty, glaukonit, křemen, chalcedon, opál, pyrit, oxidy Fe, organika

Fosfority

Primární výskyty

- nahromadění **fosfátických organických zbytků** (kostí, zubů, schránek ramenonožců)
- nahromadění **živočišných exkrementů** (ptačí trus, netopýří guáno, koprolity mořských živočichů)
- vrstevnaté fosfority: celistvé, zrnité, oolitické
- povlaky, náteky: infiltrací roztoků do puklin a trhlin

Sekundární výskyty

- pseudomorfózy po organických zbytcích
- konkrece v jiných sedimentech
- fosfority zatlačující jiné horniny, zejména vápence
- tmel jiných sedimentů (často krustifikační)

Střídající se fosfority, fosfátické dolomity a břidlice



Fosforitová čočka s kostní brekcií

Photo taken: January 2000



Quartzose phosphorite lens

Photo by: Xavier Middleton

Fosforitové nodule



Ferolity

- železem bohatý sediment
- původ Fe terigenní (z hornin kontinentů) a vulkanický
- slabá klastická sedimentace a nevhodné podmínky pro tvorbu karbonátů

minerály Fe – velká rozmanitost

- oxidy a hydroxidy – hematit Fe_2O_3 , magnetit $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$, goethit $\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$, lepidokrokit $\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$, hydrogoethit $3\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- silikáty – chamozit (sk. chloritů), glaukonit (sk. slíd)
- karbonáty – siderit (FeCO_3); ankerit $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$
- sulfidy – pyrit FeS_2 , markazit FeS_2

- tvorba minerálů ovlivněna silně Eh a pH prostředí
- vznik v mořích (mělká i hluboká) i na kontinentech
- příměsi – SiO_2 , oxidy Mn, Al, P_2O_5 , V, As, Co, Ni, Cr, Cu, organika

Ferolity

mořské

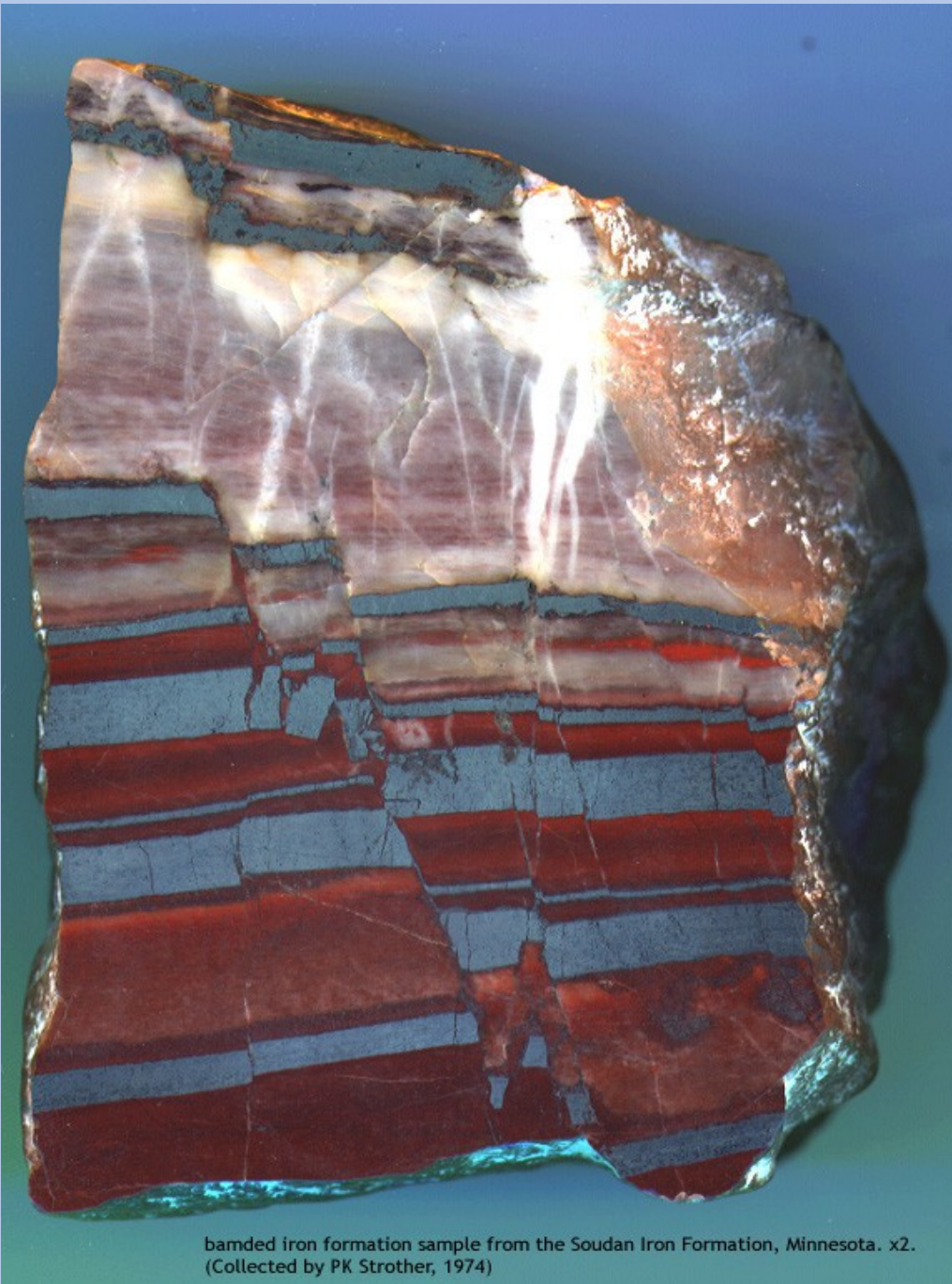
- oolitické Fe rudy – oxidy, hydroxidy Fe, chamozit; mělkovodní prostředí
- ferolity submarinně-exhalačních ložisek (hematit v křemičité hornině – jaspility)
- BIF – hematit, magnetit, SiO_2 , proterozoikum
- Fe konkrce – mělká moře i hlubokovodní prostředí
- pyritové sedimenty vázané na černé břidlice (s vysokým podílem organiky)

kontinentální

- zvětrávací kůry obohacené o Fe – reziduální, tropické oblasti tvorby lateritů, silné vyluhování, hromadění oxidů a hydroxidů Al, Fe, Mn
- bahenní a jezerní rudy
- pelosiderity (karbonáty Fe) v uhlonosných sedimentech

BIF - banded iron formation páskované Fe rudy

- proterozikum
- oxidace Fe rozpuštěného v mořské vodě
- Fe dodáváno do oceánu z vulkanické činnosti a zvětráváním z kontinentů
- střídání pásku bohatých hematitem či magnetitem s pásky kryptokrystalického křemene



banded iron formation sample from the Soudan Iron Formation, Minnesota. x2.
(Collected by PK Strother, 1974)

Oolitické Fe ruda

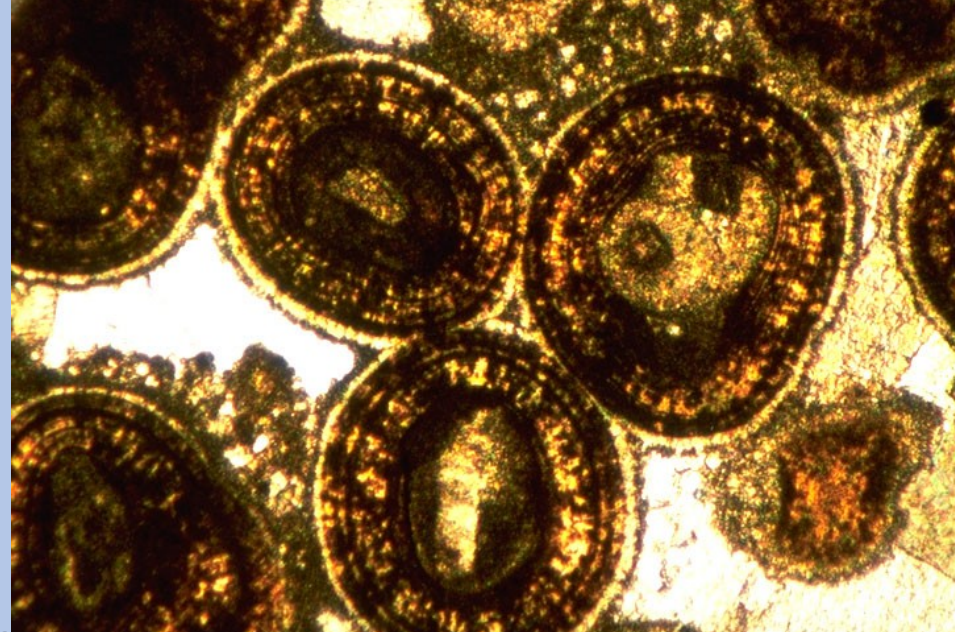
Oolity
hematitové



Oolity
chamositové



Oolity sideritové (makrovzorek a ve
výbrusu)



Sideritová konrece



Manganolity

- obvyklá příměs oxidů Mn i ve ferolitech
- manganolity - černá barva

mořské

- **Oxidické:** oxidy - **pyroluzit** (Mn^{4+}O_2);
oxid-hydroxidy – tzv. manganomelany (**manganit** – MnOOH ;
psilomelan - masivní, **wad** - dendrity – oba poslední blízké
amorfním látkám)
- **Karbonatické:** **kutnohorit** - $\text{CaMn}(\text{CO}_3)_2$; **rodochrozit** - MnCO_3
- konkrce – mělkovodní i hlubokovodní
- kůry a vrstvičky

kontinentální

- v tropických oblastech v souvislosti s tvorbou lateritů (tropické zvětrávání)
– pyroluzit, psilomelan
- v močálech a jezerech – pyroluzit, psilomelan; tvoří konkrce, kůry

wad – dendritický povlak; oxid-hydroxidy Mn



psilomelan – oxid-hydroxidy Mn



Manganolity

Zdroje Mn pro vznik manganolitů:

- **Zvětrávání silikátů** granitických hornin. Mn^{2+} ve většině minerálů magmatických hornin (substituce za Fe^{2+}). Mn^{2+} vysoce rozpustné (více než Fe).
- Dalším významným zdrojem Mn^{2+} is je podmořská hydrotermální aktivita (kuřáci)

Vznik sedimentárních hornin Mn-bohatých

- Buďto oxidací Mn^{2+} na Mn^{3+} či Mn^{4+} , které jsou nerozpustné. A vznik **oxyhydroxidů Mn**, které tvoří sedimentární Mn rudy
- Pokud dochází ke krystalizaci karbonátů v sedimentární pánvi a je dostatek rozpuštěného Mn^{2+} , potom Mn^{2+} substituje Ca^{2+} v autigenních **karbonátech - kutnohorit** ($CaMn(CO_3)_2$) and Ca- bohatý **rodochrozit** ($MnCO_3$) = ranně diagenetické fáze. Rodochrozit a braunit ($Mn^{2+}Mn^{3+}_6SiO_{12}$) potom vznikají obvykle sekundárně a při metamorfních procesech Mn-silikáty.
- Na rozdíl od Fe, Mn^{2+} obvykle netvoří sulfidy.

Manganolity

- Vysoké koncentrace Mn^{2+} v Archaické mořské vodě souvisely s nízkou koncentrací O_2 v období před 2.3 miliardy let (a tedy malou možností oxidace Mn) .
- Největší ložiska sedimentárních Mn rud vznikaly po tom, co došlo ke zvýšení koncentrace O_2 v atmosféře a vodách v období cca 2.3 miliardy let.