

Vulkanizmus a jeho následky

III. Produkty vulkanické aktivity

David Buriánek

C) podvodní výlevy

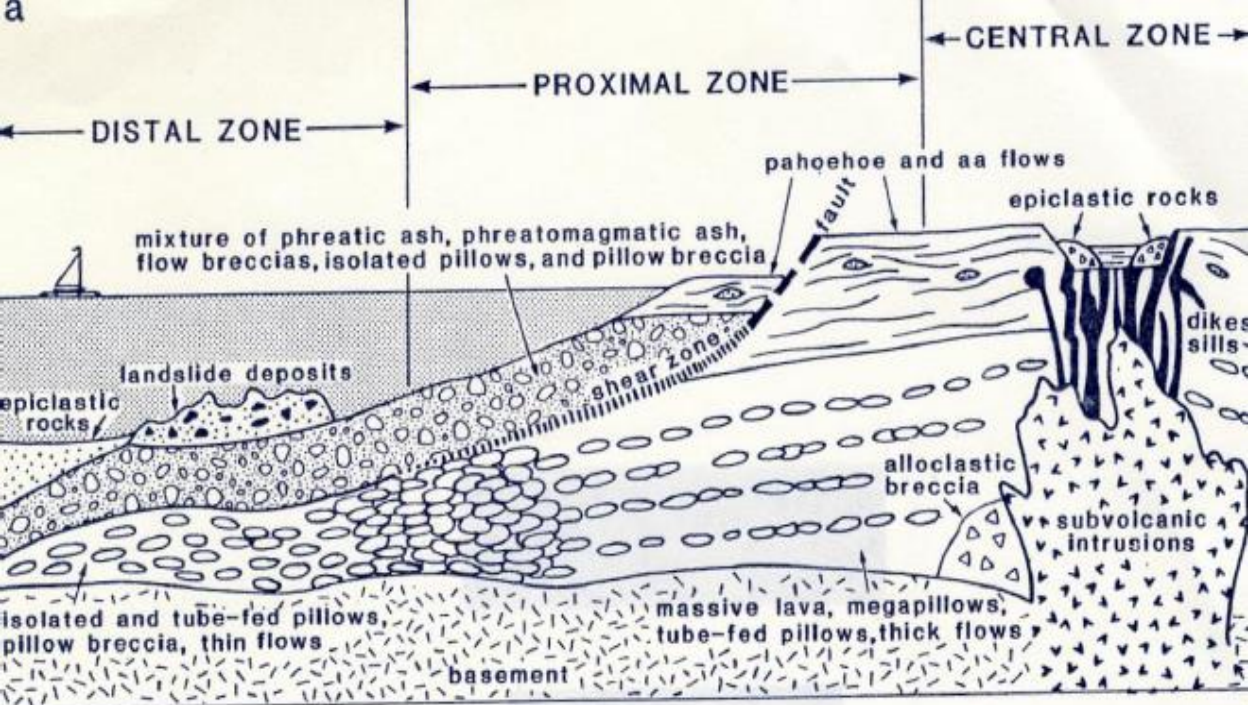
- lávové proudy tuhnou rychle (vzniká velké množství skla)
- častá hydrotermální alterace
- hojné autoklastické horniny – vznikly fragmentací lávy
- polštářové lávy

Hyaloklastit

- výlevná hornina brekciovitého vzhledu
- vzniká při rychlém ochlazení láv vlévajících se do vody
- je tvořena granulovanými kousky lávy
- tmelenými nejčastěji kalcitem nebo jiným minerálem (zeolity)

Peperit

- hybridní mořský sediment složený z materiálu pyroklastického a sedimentárního
- obsahuje úlomky a granule sklovitých láv ve slinitém nebo vápnitém pojivu



Distální část (>15km)

- polštářové lávy hyaloklastity
- peperity
- úlomkotoky
- jílovce
- vrstvy popela deponovaného na mořském dně

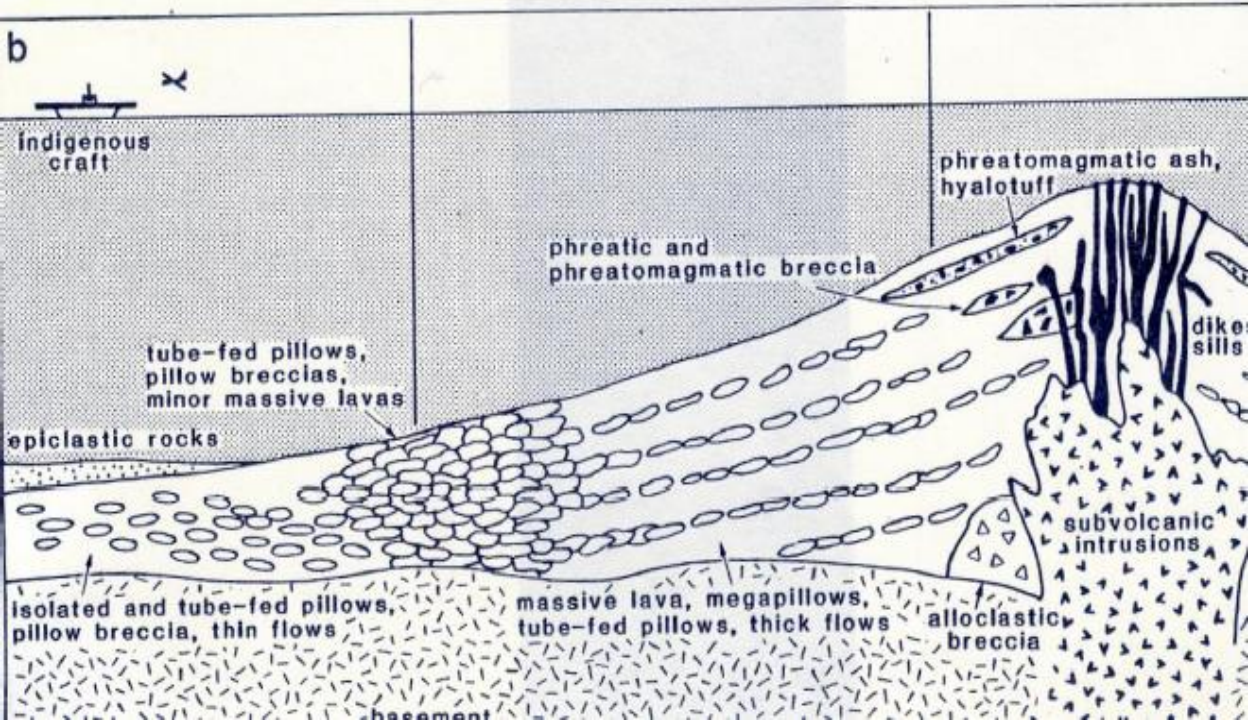
Proximální část (2-15km)

1) Vulkanický ostrov

- AA a pahohoe lávy
- zvrstvené pyroklastické uložení
- epiklastické horniny

2) Podmořský vulkány

- brekcie vzniklé podmořskými sesuvy (Landslide breccias)
- polštářové lávy
- hyaloklastity
- úlomkotoky
- sedimenty (vápence, vulkanoklastika)



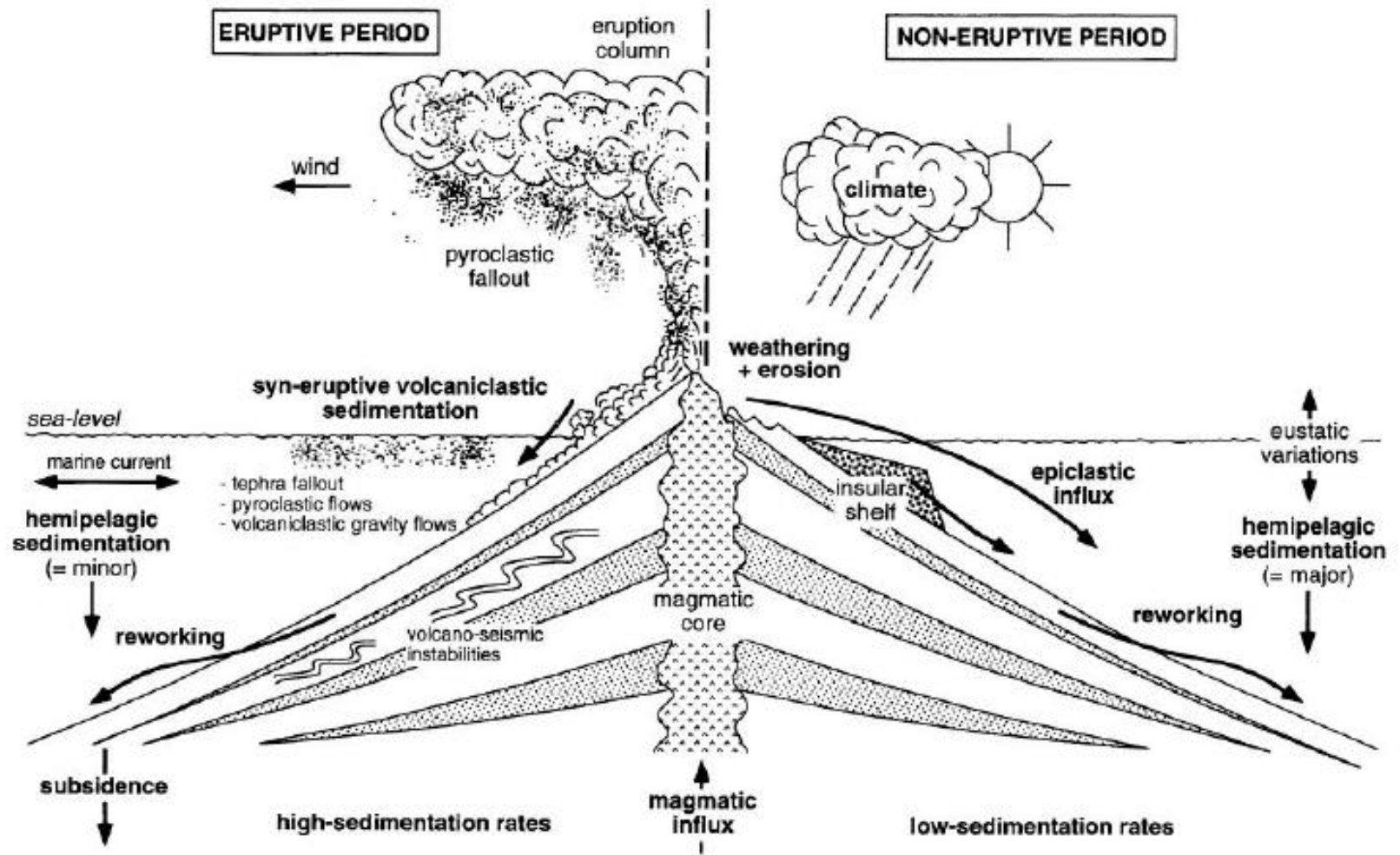


polštářové lávy

masivní láva

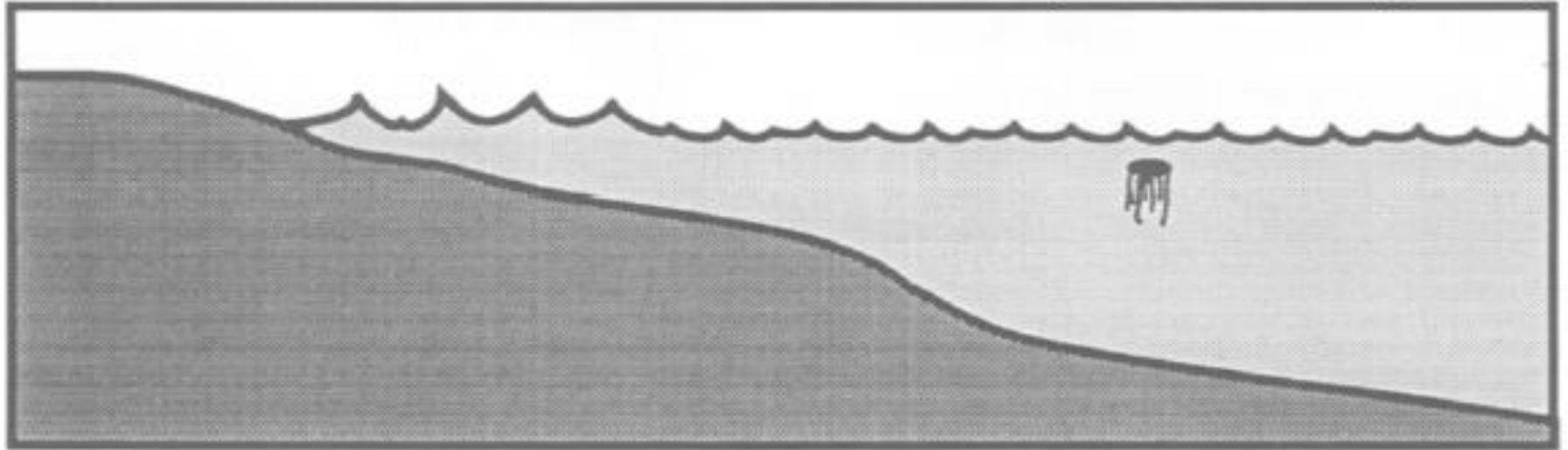
pyroklastika

Petrkovice



(from Schneider, 2000)

subaerial shore shallow deep very deep



"dry" eruptions

phreatomagmatic explosions

autobrecciation

quench fragmentation

pillows

mass wasting + resedimentation

weathering + oxidation

wave erosion

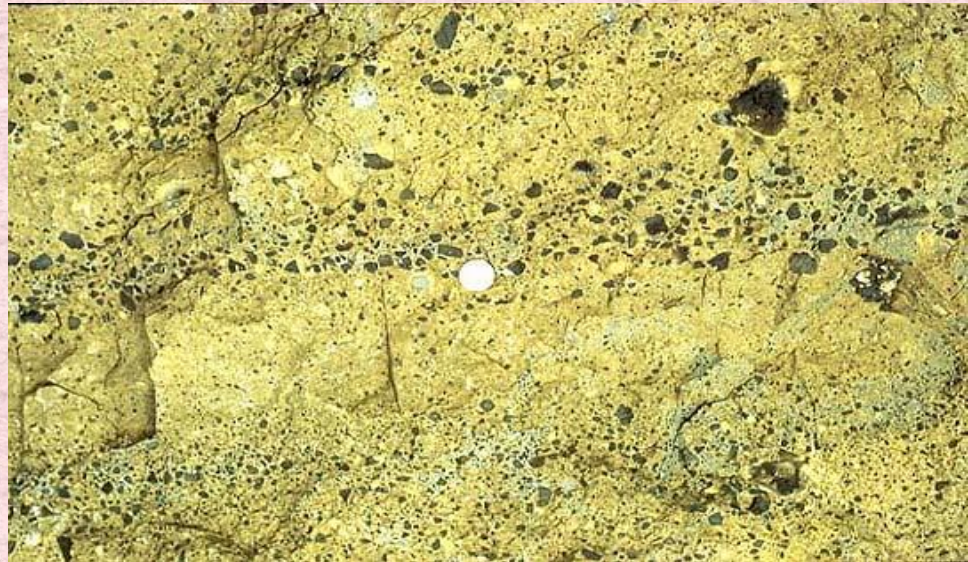
Hyaloklastit (Hyaloclastite)

- pyroklastická hornina převážně složená z úlomků skla
- často jde o bazické vulkanické sklo (siderlomelane) a okolní hmotu tvoří alterované a hydratované bazické sklo (palagonit)



Columbia River basalt flows near Lewiston, Idaho. Photo by Vic Camp

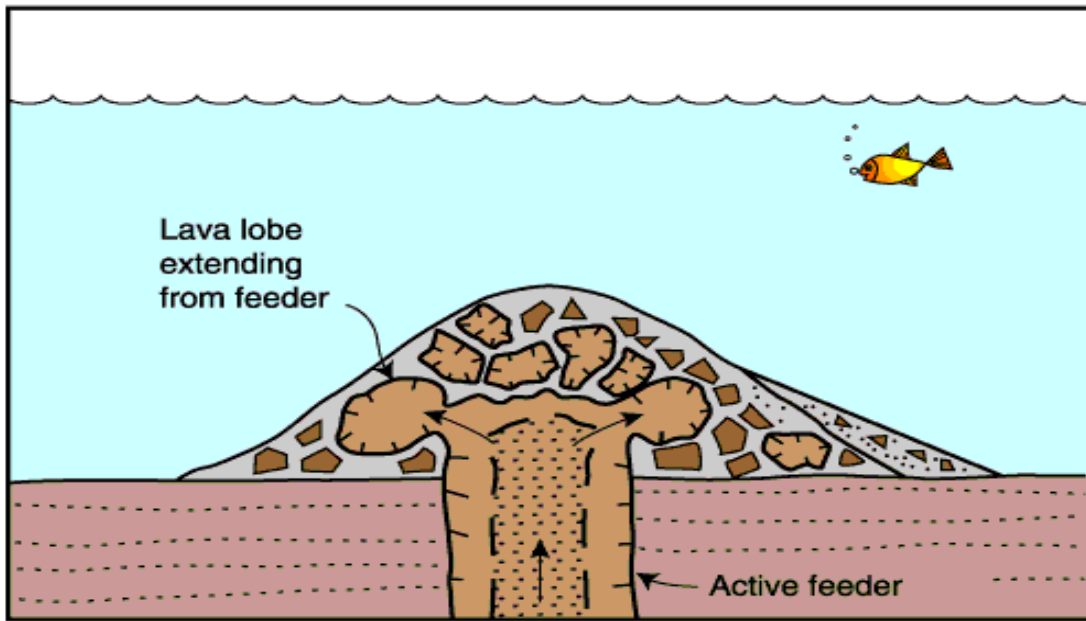
- hyaloklastity vzniká během erupcí pod vodou nebo pod ledem
- obsahuje ostrohranné úlomky sklovité horniny od několika mm do několika cm
- vznikly rychlým schlazením při styku s vodou (lávový proud, nebo pyroklastika)



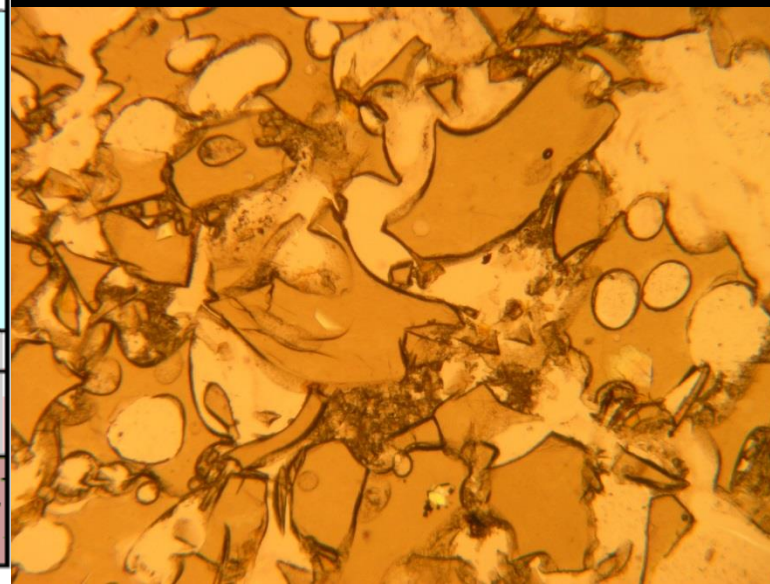
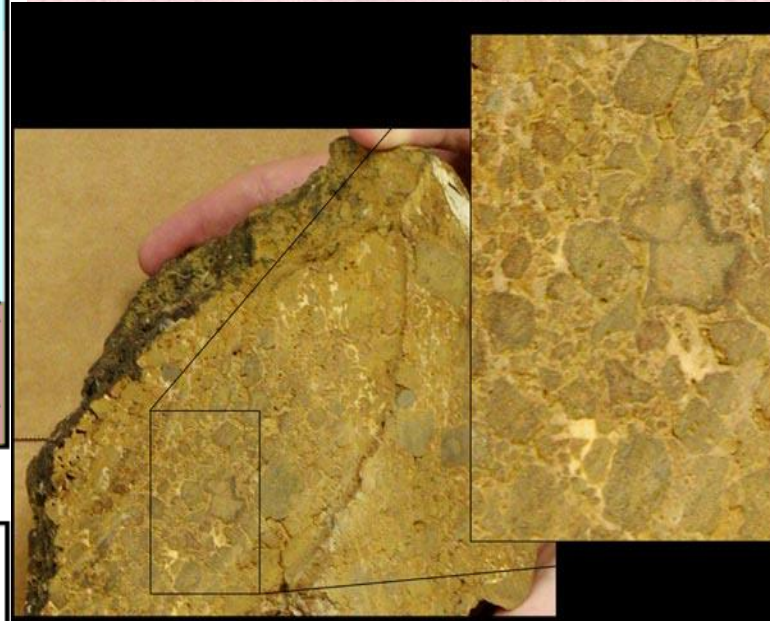
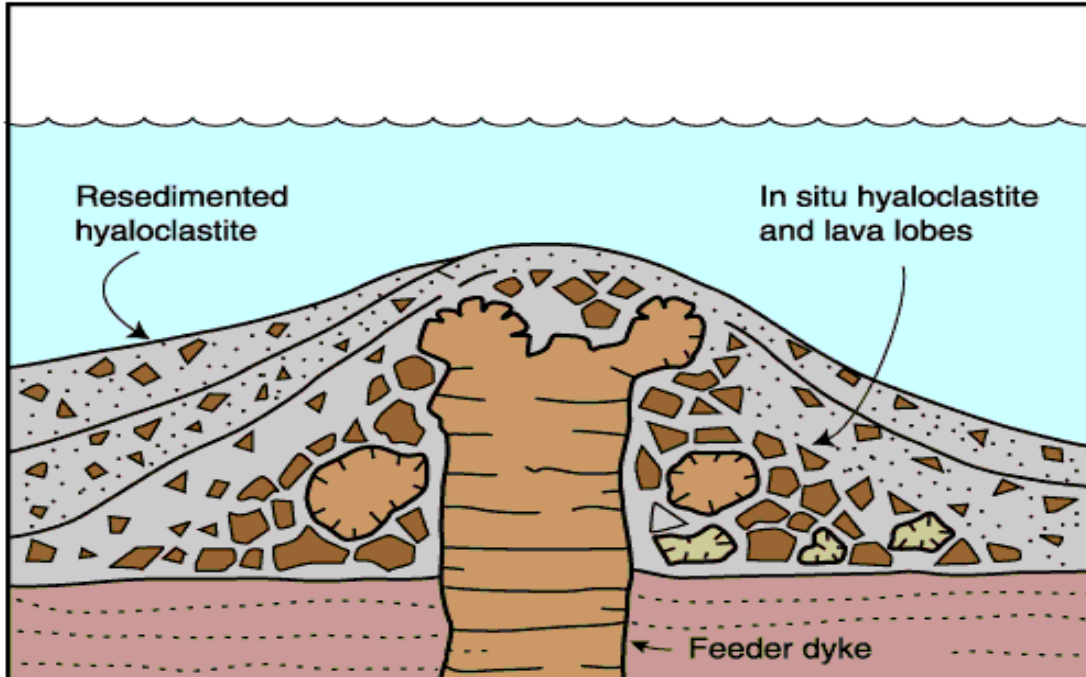
Palagonite tuff -- This palagonite tuff contains very small small fragments of basalt glass together with larger fragments of broken basaltic rock in a matrix of yellow-brown palagonite. The deposit forms the walls of a tuff ring located on Tenerite, the Canary Islands. The distinct bedding (layering) of the deposit most likely represents specific eruption cycles from the adacent tuff ring. Courtesy of Peter Francis.

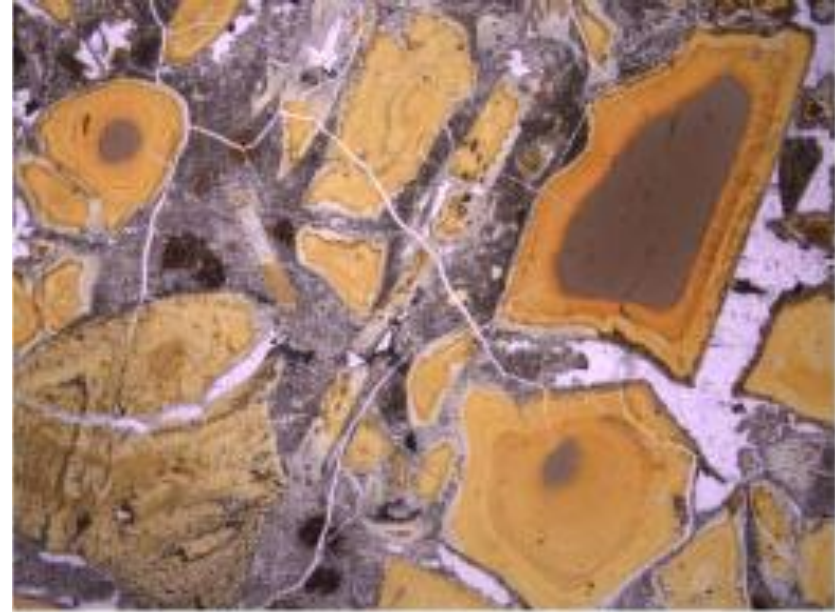
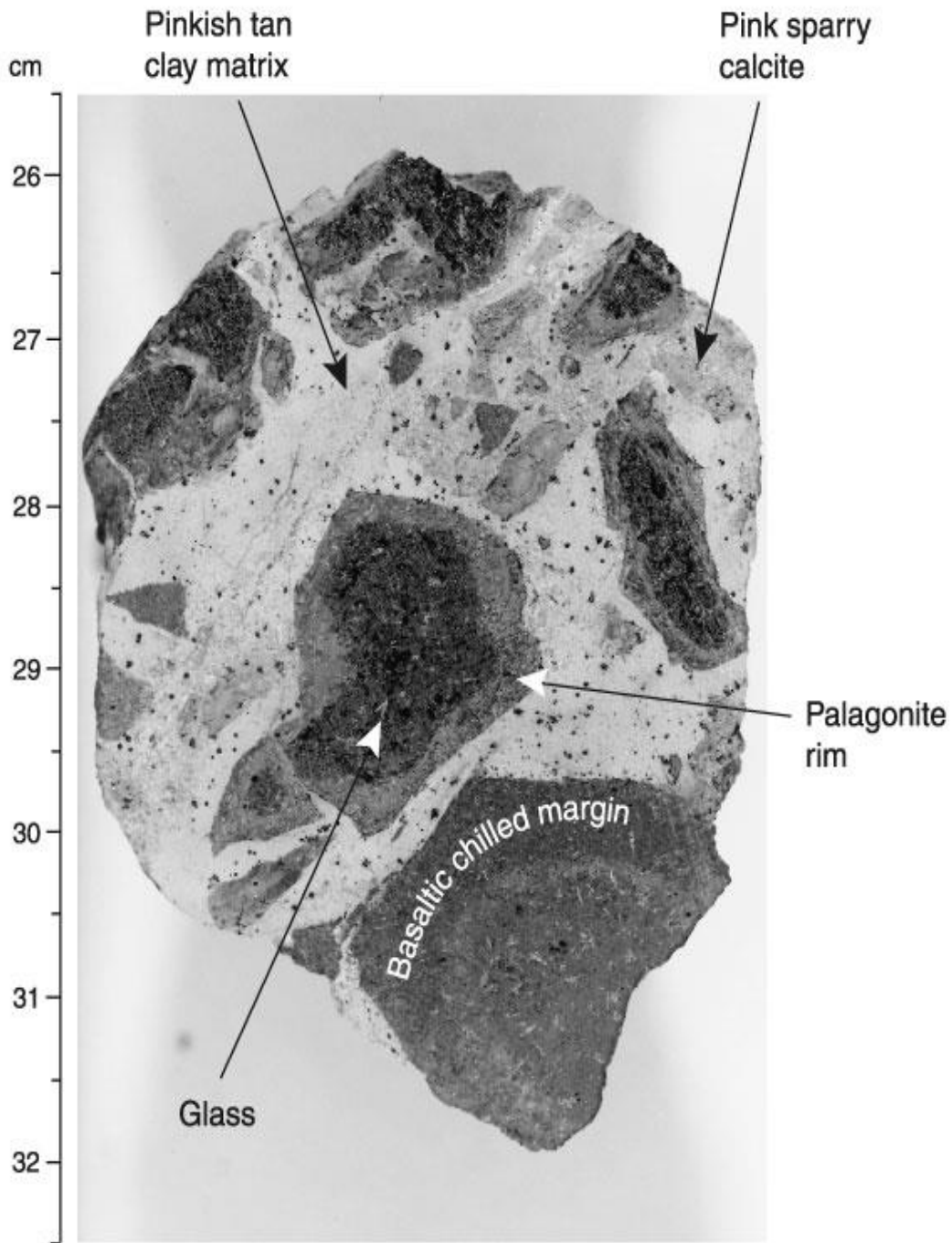
Vznik in-situ a resedimentovaných
hyaloklastitů (McPhie et al., 1993)

A



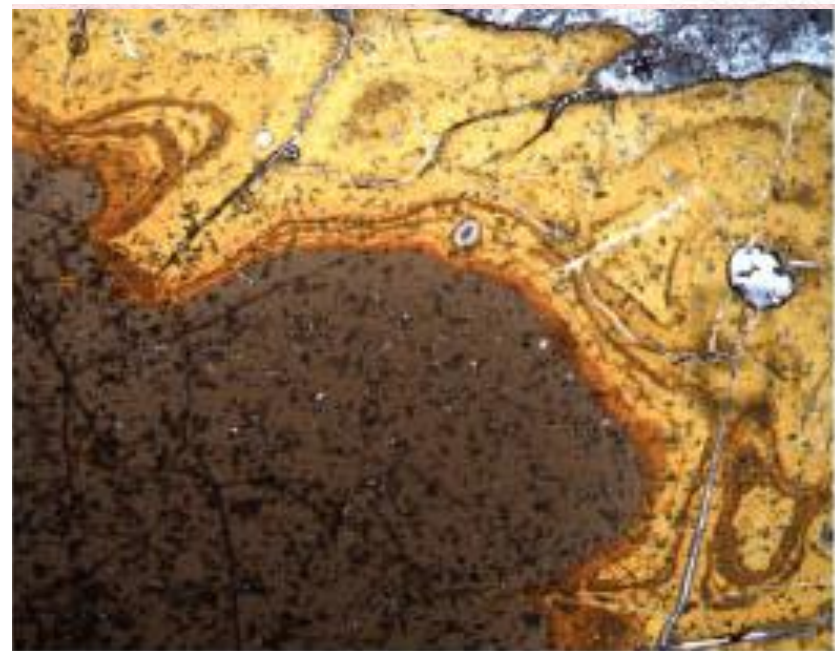
B





Úlomek bazaltového skla obklopený palagonitem

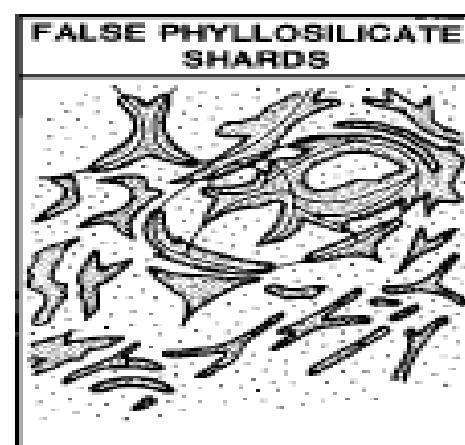
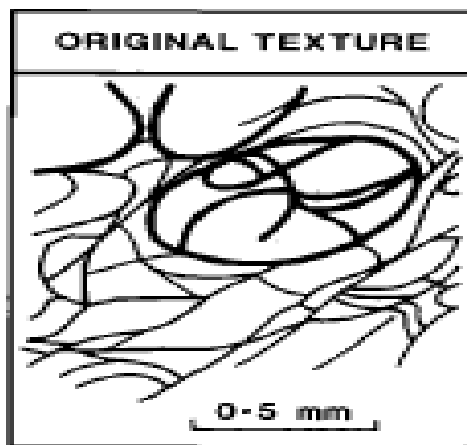
1.0 mm



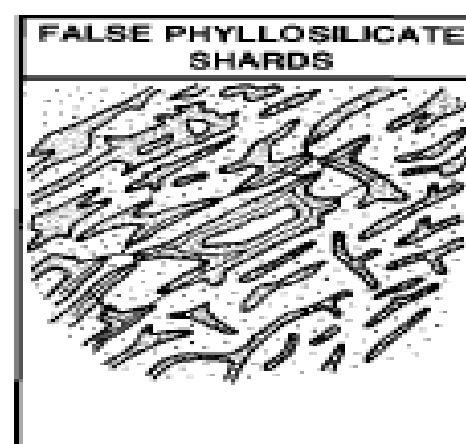
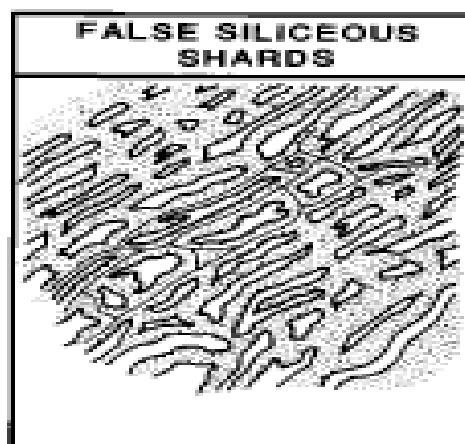
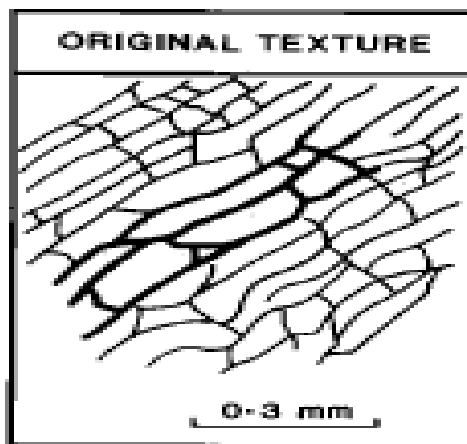
Úlomky bazaltového skla zatlačené palagonitem

1.0 mm

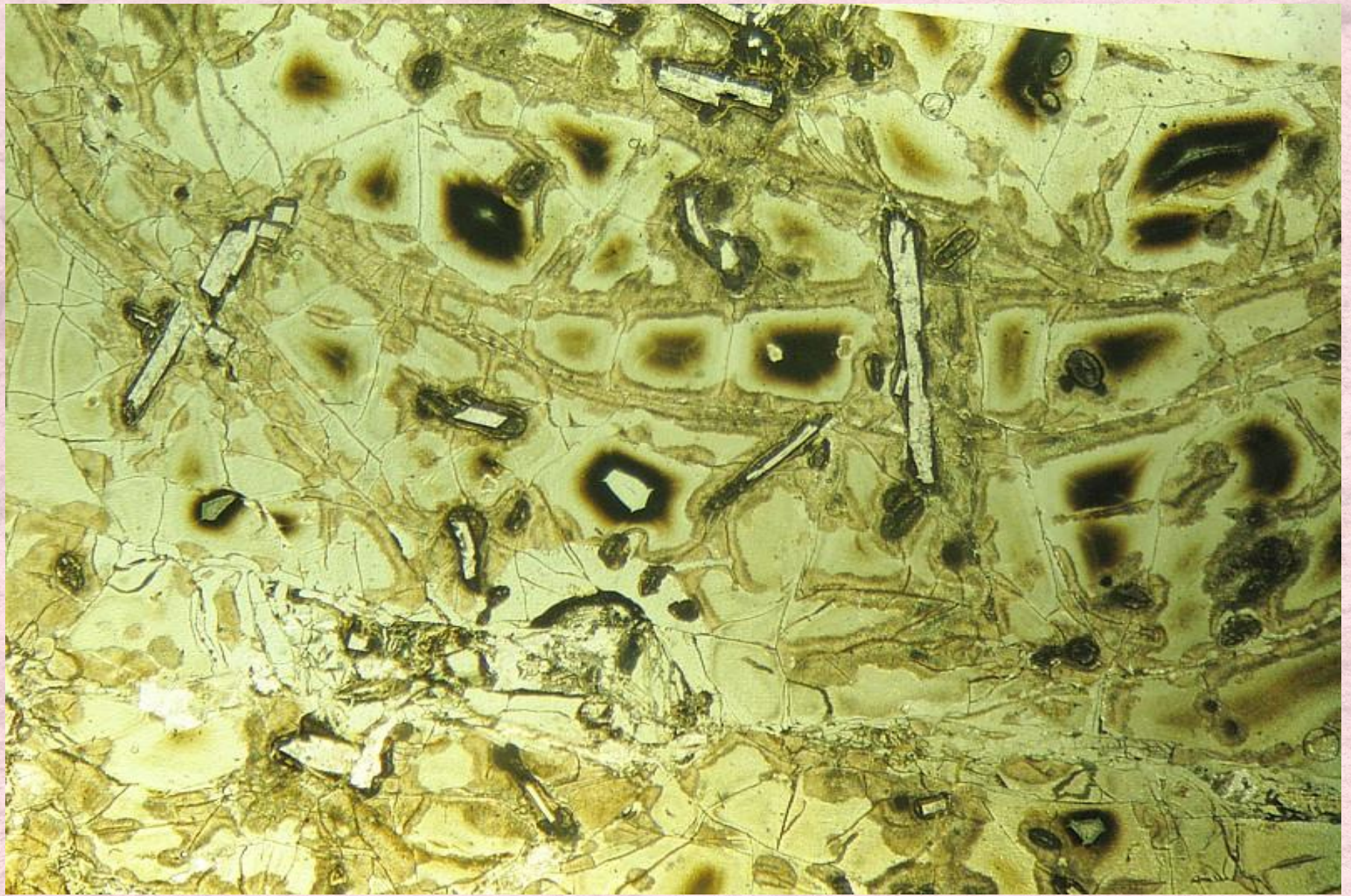
(a) CLASSICAL PERLITE



(b) BANDED PERLITE



Vznik falešných spečených a nespečených skelných střípků (typické pro ignimbrity) v důsledku alterace vulkanického skla



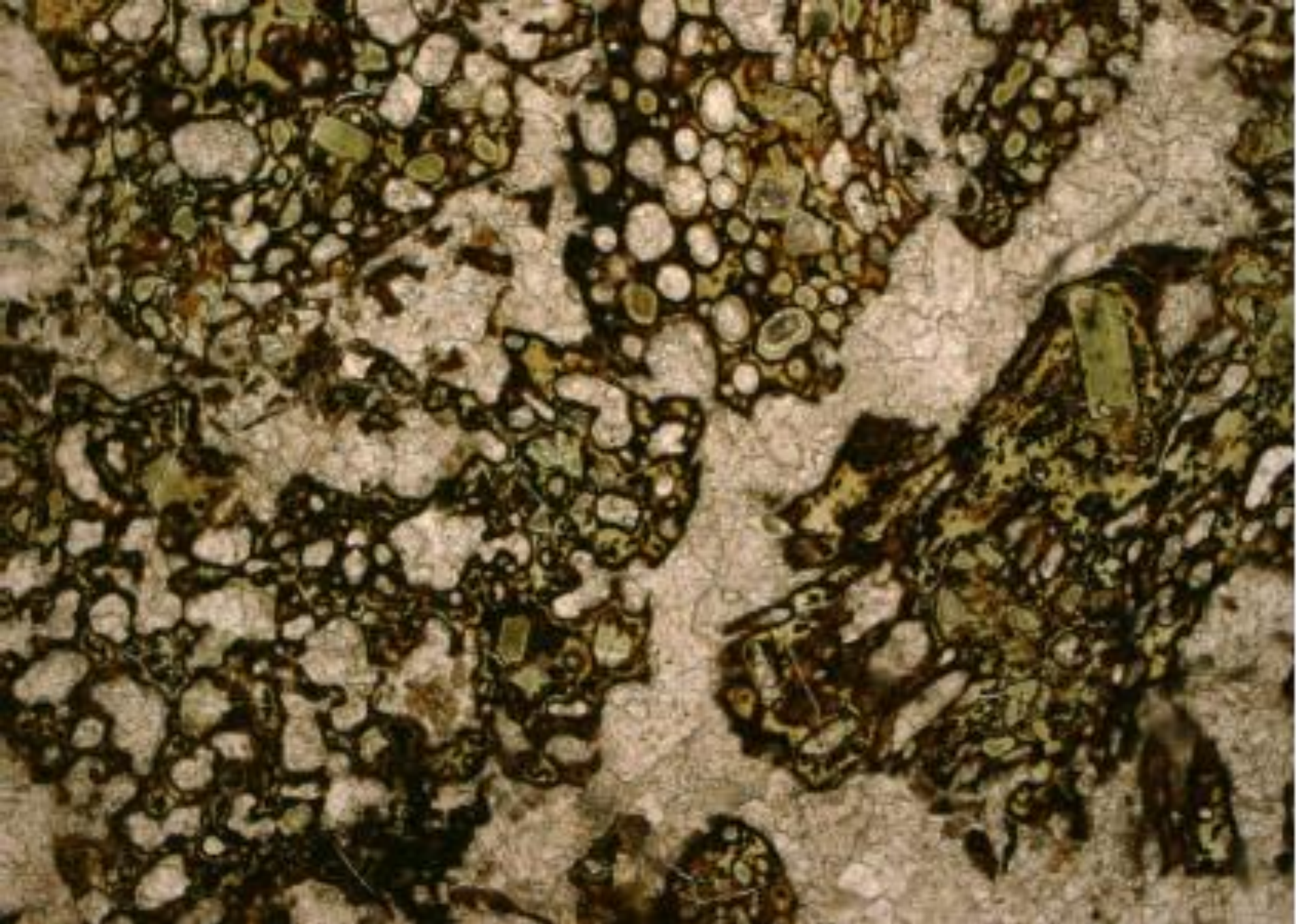
Prudce schlazená bazaltová láva = hyaloklastit - jemnozrnná hyalinní základní hmota obsahuje vyrostlice plagioklasu (<5 obj.%), lištovité až kostrovité. Sklo je částečně devitrifikováno (chlority a minerály serpentínové skupiny).



Hyaloklastit (Mongolsko)



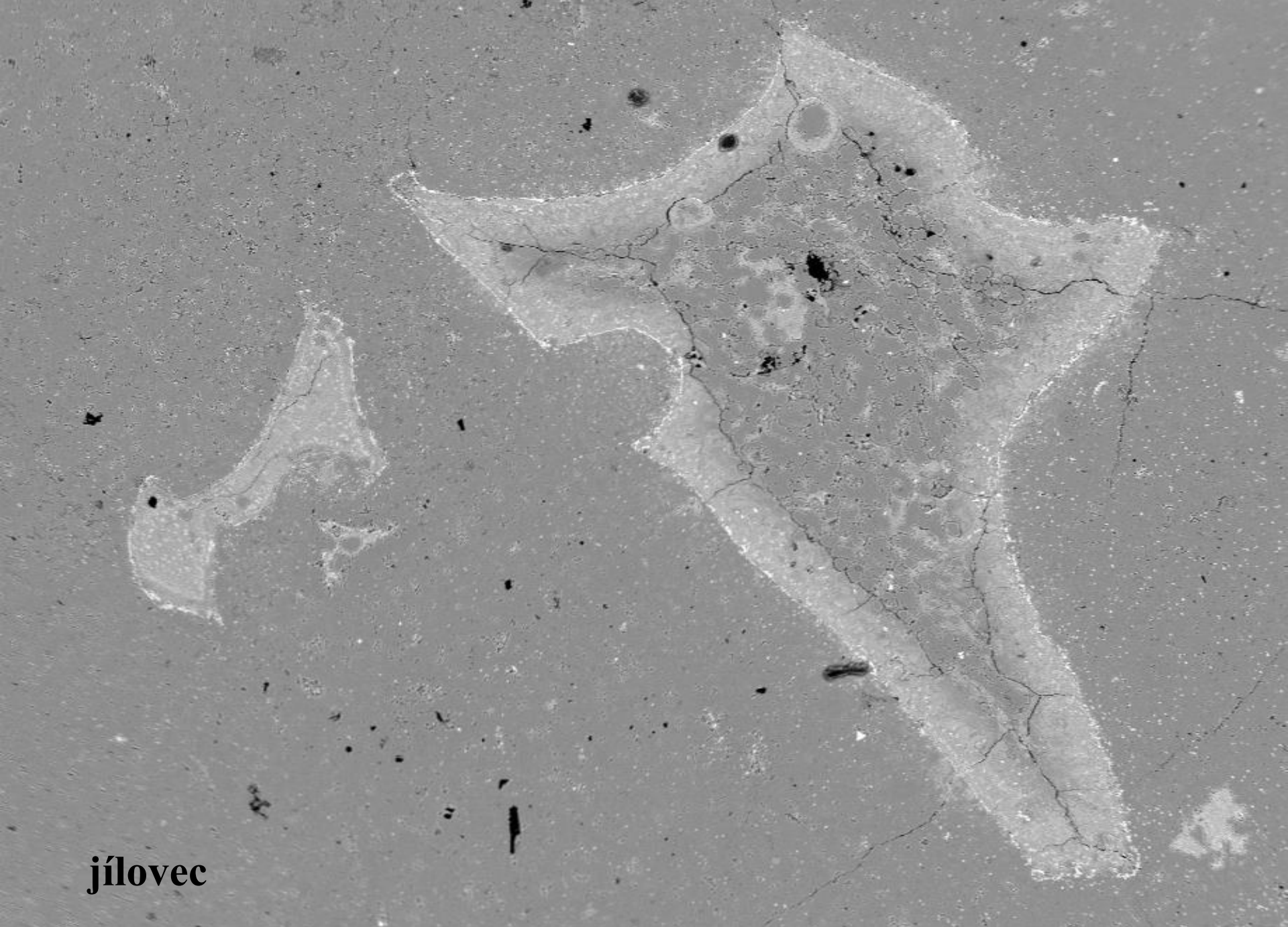
hyaloklastit (Straník)



Hyaloklastit (Beskydy)



0.5 mm



jílovec

1000. μm BSE 15.kV

Stavby připomínající skládačku (Jigsaw-fit texture)

- Vznikají rozpadem lávy na místě v důsledku interakce s vodou (autobrekciace).
- Ostrohranné úlomky až bloky které do sebe vzájemně zapadají
- Klasy mohou mít fluidální texturu.
- Stavba je typická pro hyaloklastity

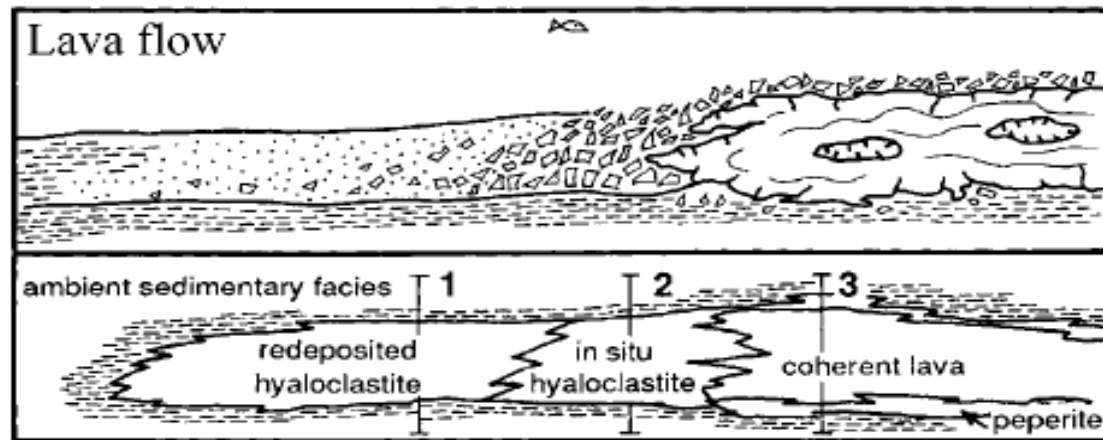


Hyaloklastický okraj
dacitového bloku
(Quichagua lakolit),
dacitové fragmenty
připomínají skládačku –
jigsaw-fit texture (B.
Coira a B. Peérez 2002)

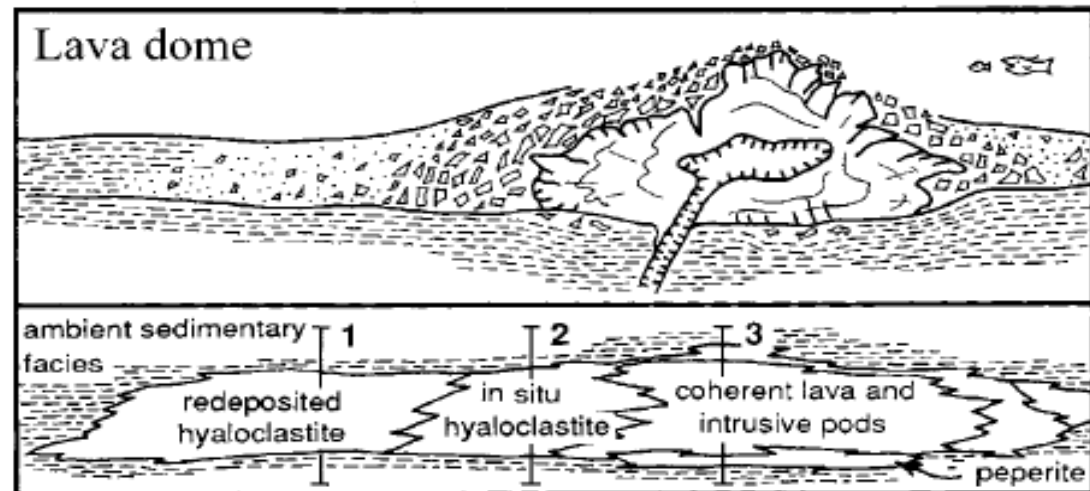
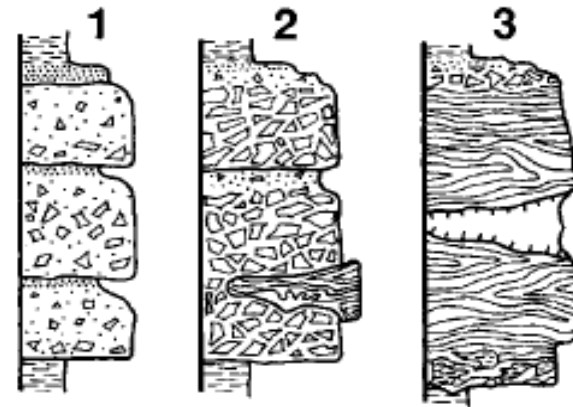
Podvodní výlevy a dómy ryolitů – mělkovodní prostředí





- lávové proudy rychle expanduje do zvodnělých nezpevněných sedimentů a dochází k míšení sedimentů a sklovité lávy (1)
- lávový proud se při svém pohybu na povrchu rozpadá a dochází k prudkému schlazení a vzniku hyalokalstitů (2)
- v centru lávového proudu nebo dómu (3) zůstává zachován ryolit (na okrajích sklovitý a v centru krystalovaný)

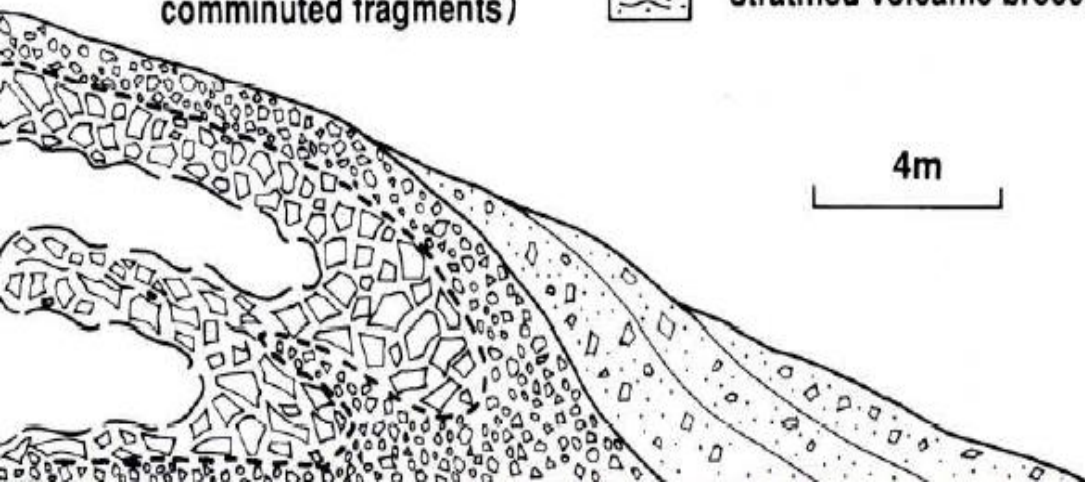
Znázornění hlavních facií při mělkovodním výlevu lávového proudu nebo vzniku lávového dómu v obou případech jsou faciie podobné (McPhine et al. 1993). Numbers represent theoretical sections across the lava



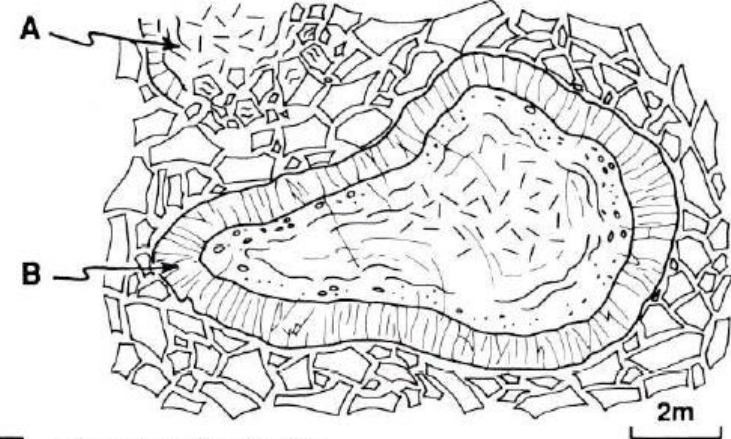
Sections:







-  coherent rhyolite lava
-  in situ volcanic breccia (jigsaw-fit blocks and comminuted fragments)
-  massive volcanic breccia (disorganised blocks and comminuted fragments)
-  stratified volcanic breccia



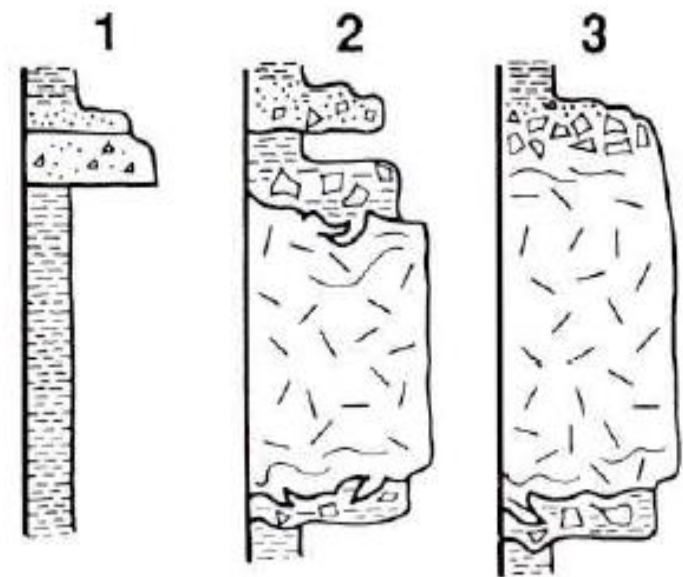
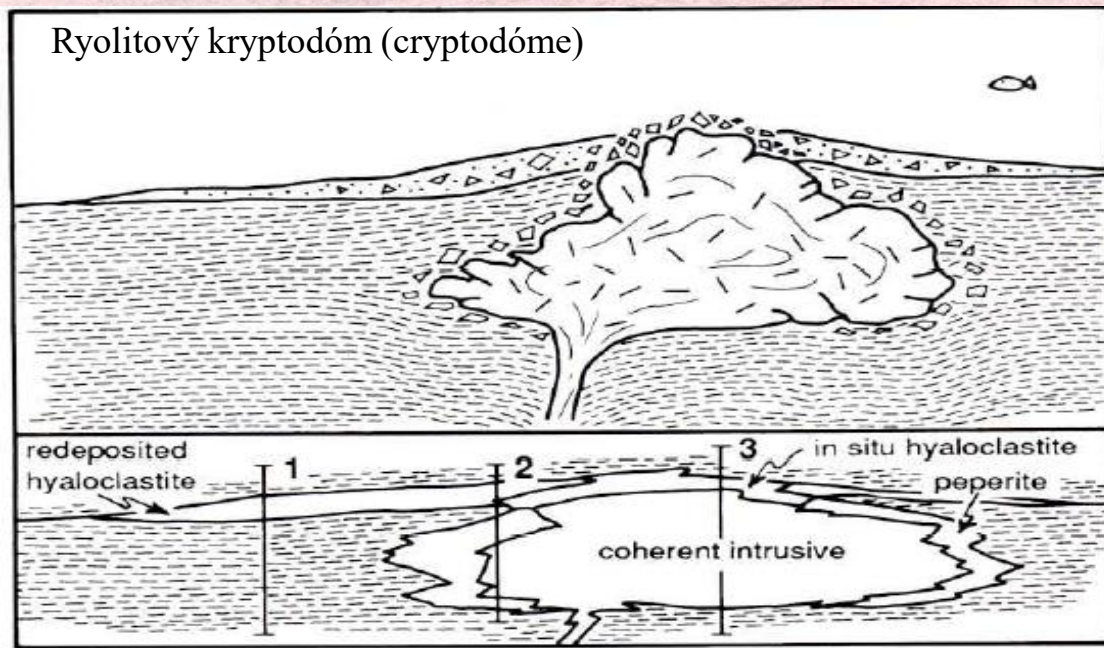
Ryolitový lávový proud pod vodní hladinou

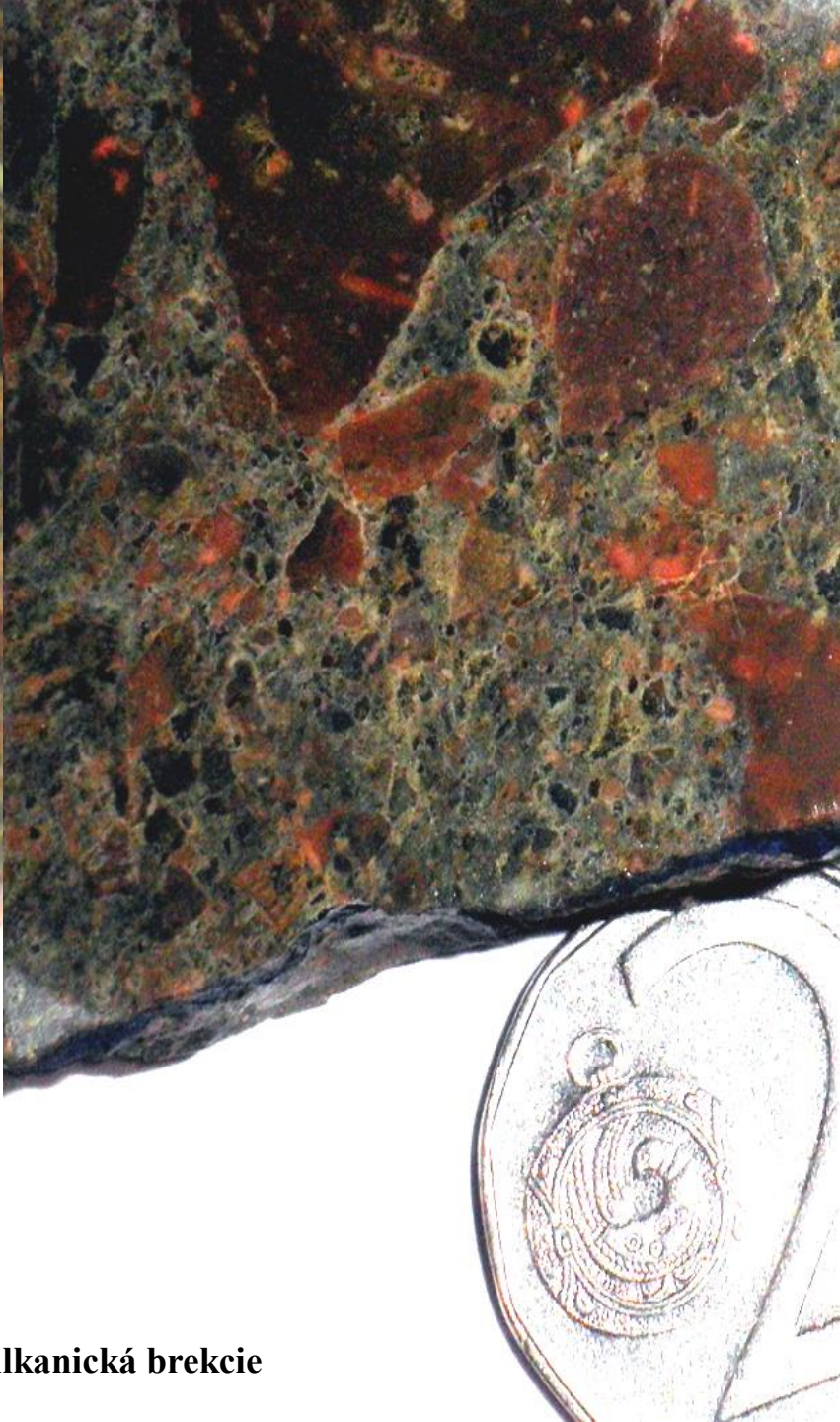


-  microcrystalline rhyolite
-  flow banded, vesicular, glassy to microcrystalline rhyolite
-  jointed non-vesicular glassy rhyolite
-  in situ hyaloclastite

Průřez lalokem ryolitové lávy v podvodním výlevu: (A) dobře zachovalý průřez lávovým lalokem (lobe), (B) hyaloklastity

Ryolitový kryptodóm (cryptodóme)



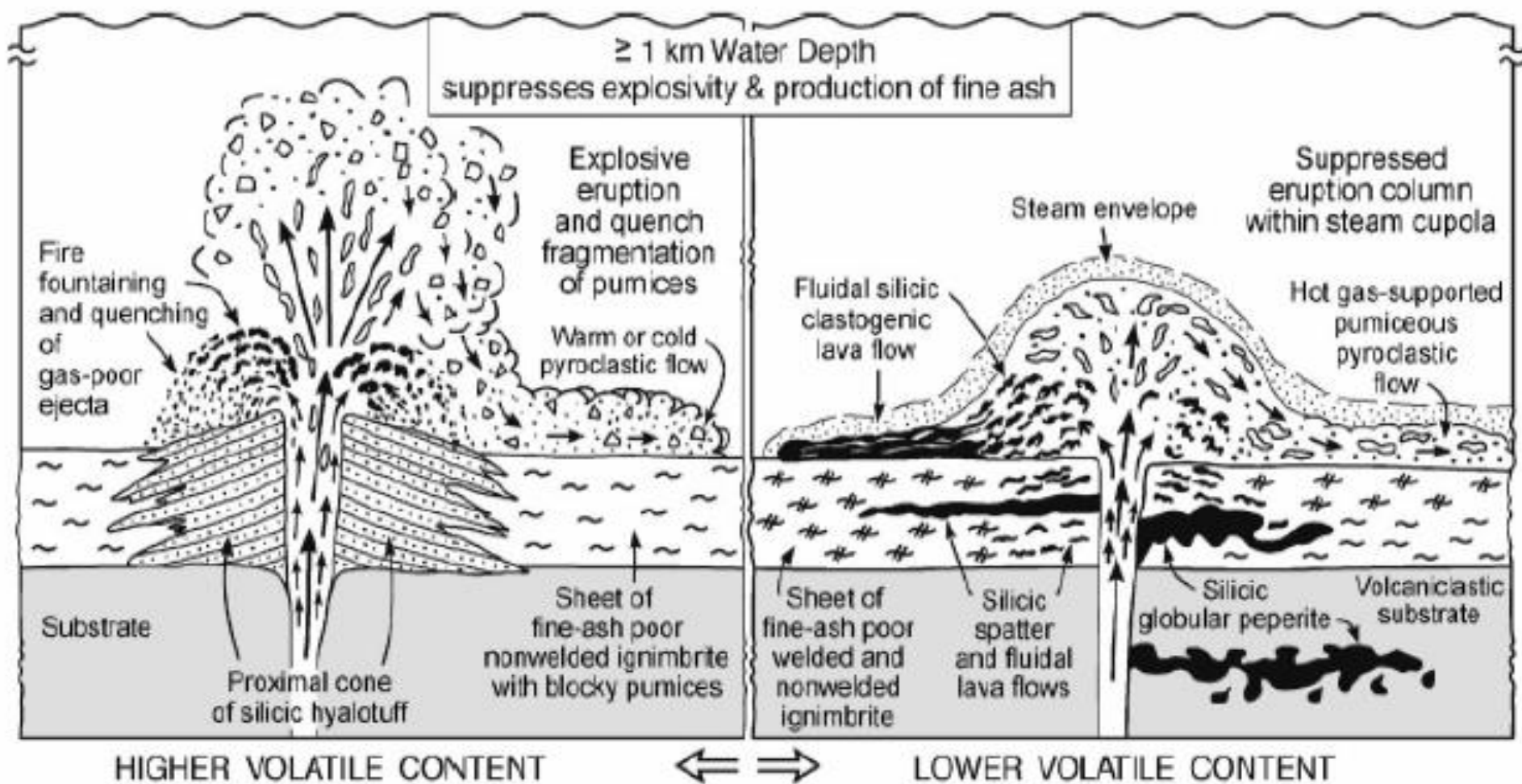


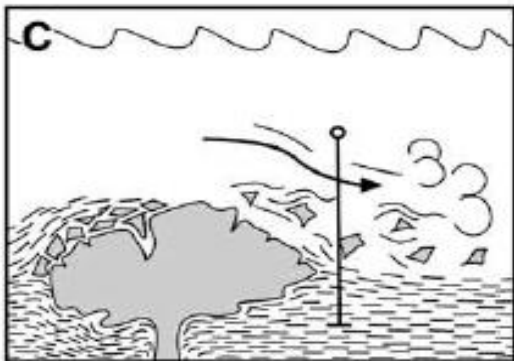
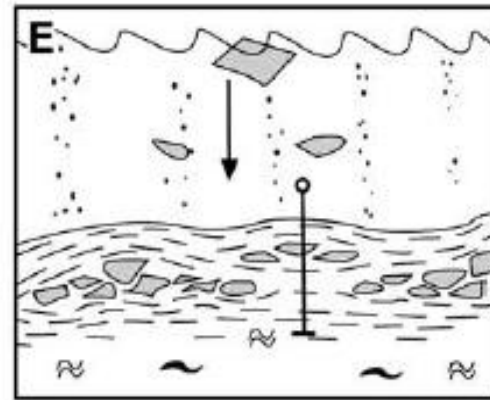
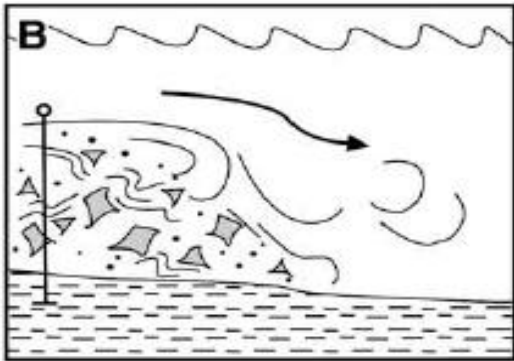
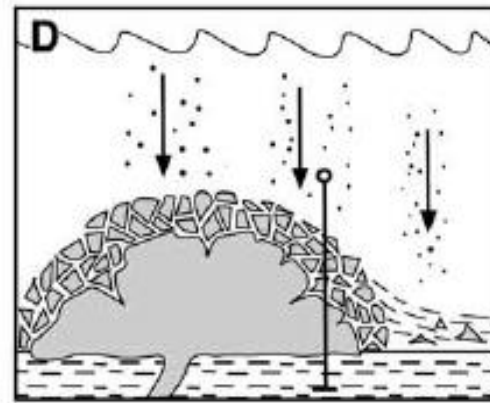
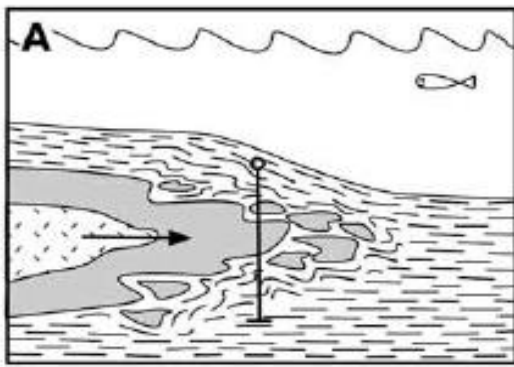
Vulkanická breccie

Ryolitový vulkanizmus

Při nízkém obsahu fluid v tavenině se magma vylévá v podobě kopule obalené lemem z páry.

Při vysokém obsahu fluid v tavenině dojde k erupci která produkuje velké množství pemzy.



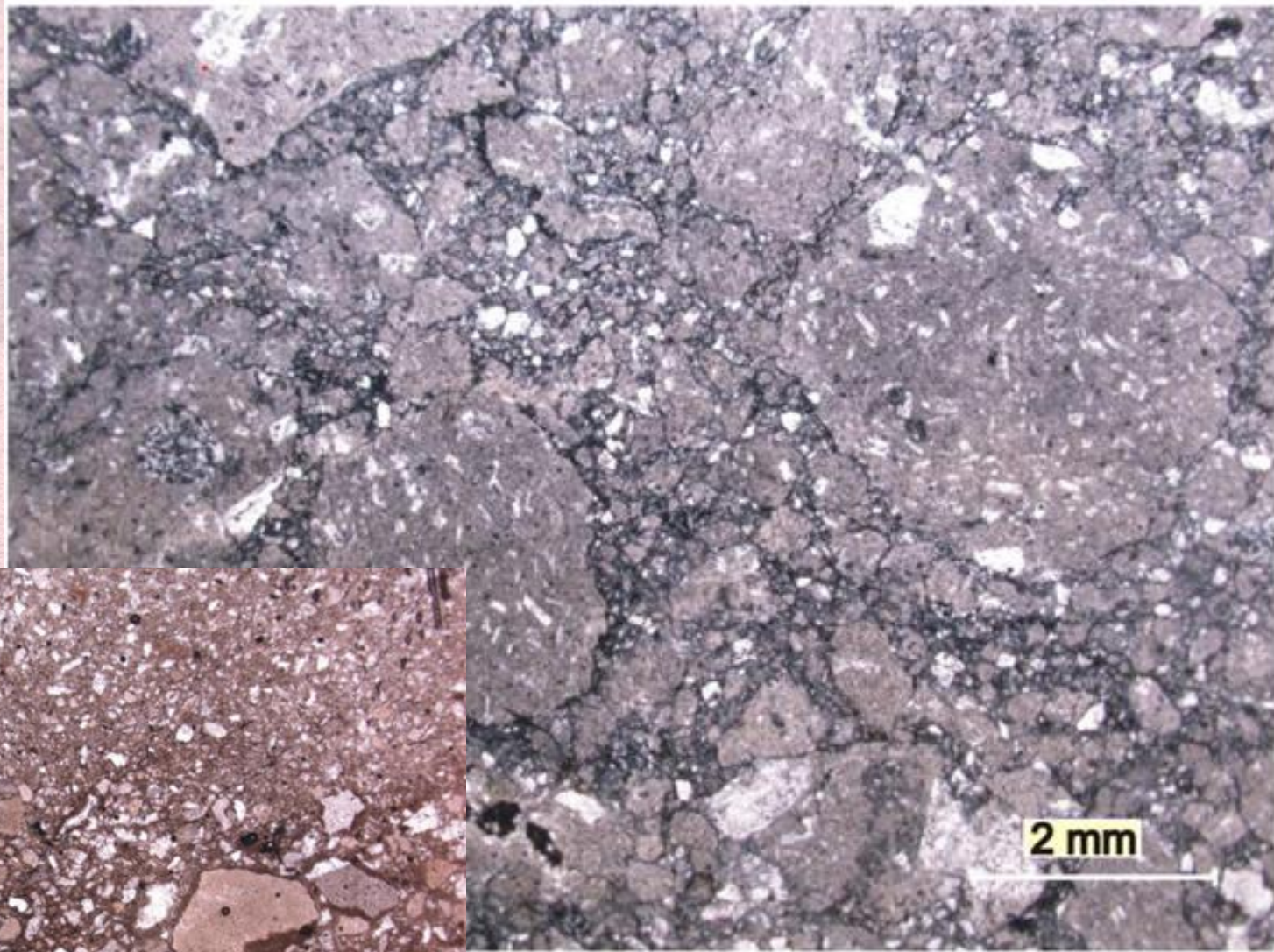


Vznik mořských sedimentů s pemzou:

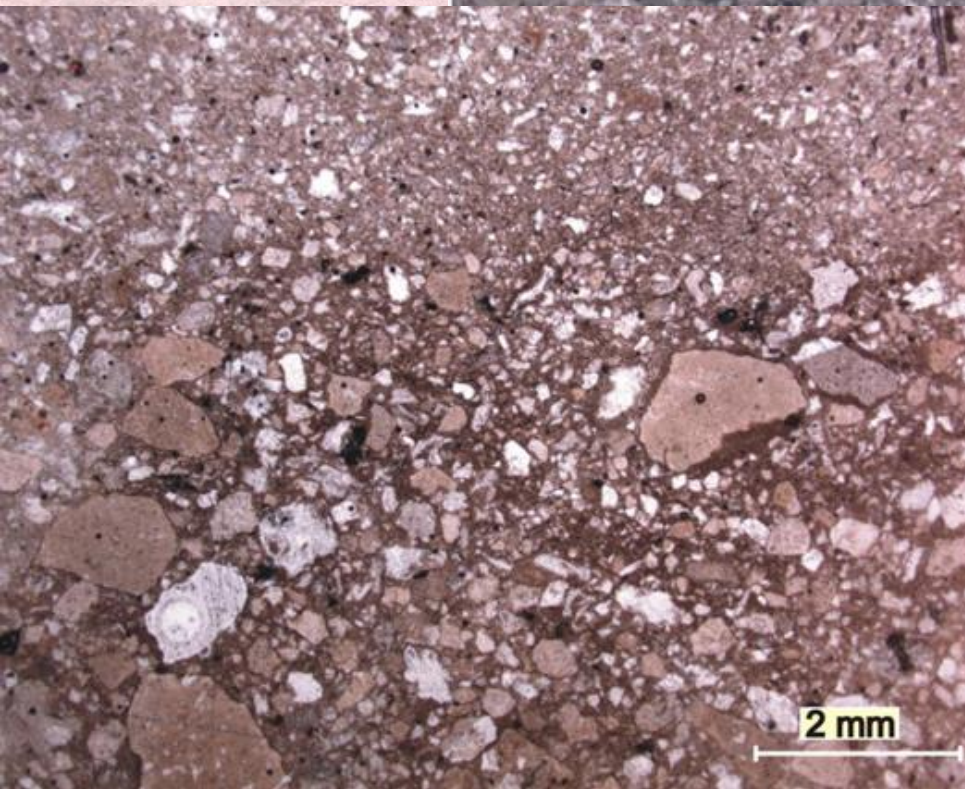
- (A) intruze ryolitů do nezpevněných sedimentů,
- (B) podmořský sesuv vulkanického materiálu,
- (C) resedimentace okrajové části ryolitového dómu,
- (D) infiltrace sedimentů do hyaloklastitů a ryolitové brekcie
- (E) sedimentace úlomků plovoucí pemzy.

C.C. Gifkins et al. / Journal of Volcanology and Geothermal Research 114 (2002)

**Hyaloclastitová
brekcie: litické
klasty a řada
menších fragmentů
křemene a
plagioklasu (Ioan
Seghedi 2011)**



2 mm



2 mm

**Vytříděná microbrekcie procházející z
turbiditního proudu – podmořský sesuv
(Ioan Seghedi 2011)**



Vulkanická ryolitová brekcie (Monglosko)



Resedimentovaná vulkanická ryolitová brekcie (Monglosko)



Ryolitový hyaloklastit (Monglosko)



Perlit - Mađarsko

Hornina: **obsidián**

Minerály:

Lokalita: Čarencavan (mezi Jerevanem a jezerem Sevan)

Poznámka:



Hornina: **smolek**

Minerály:

Lokalita: Garsebach u Mišně, Německo

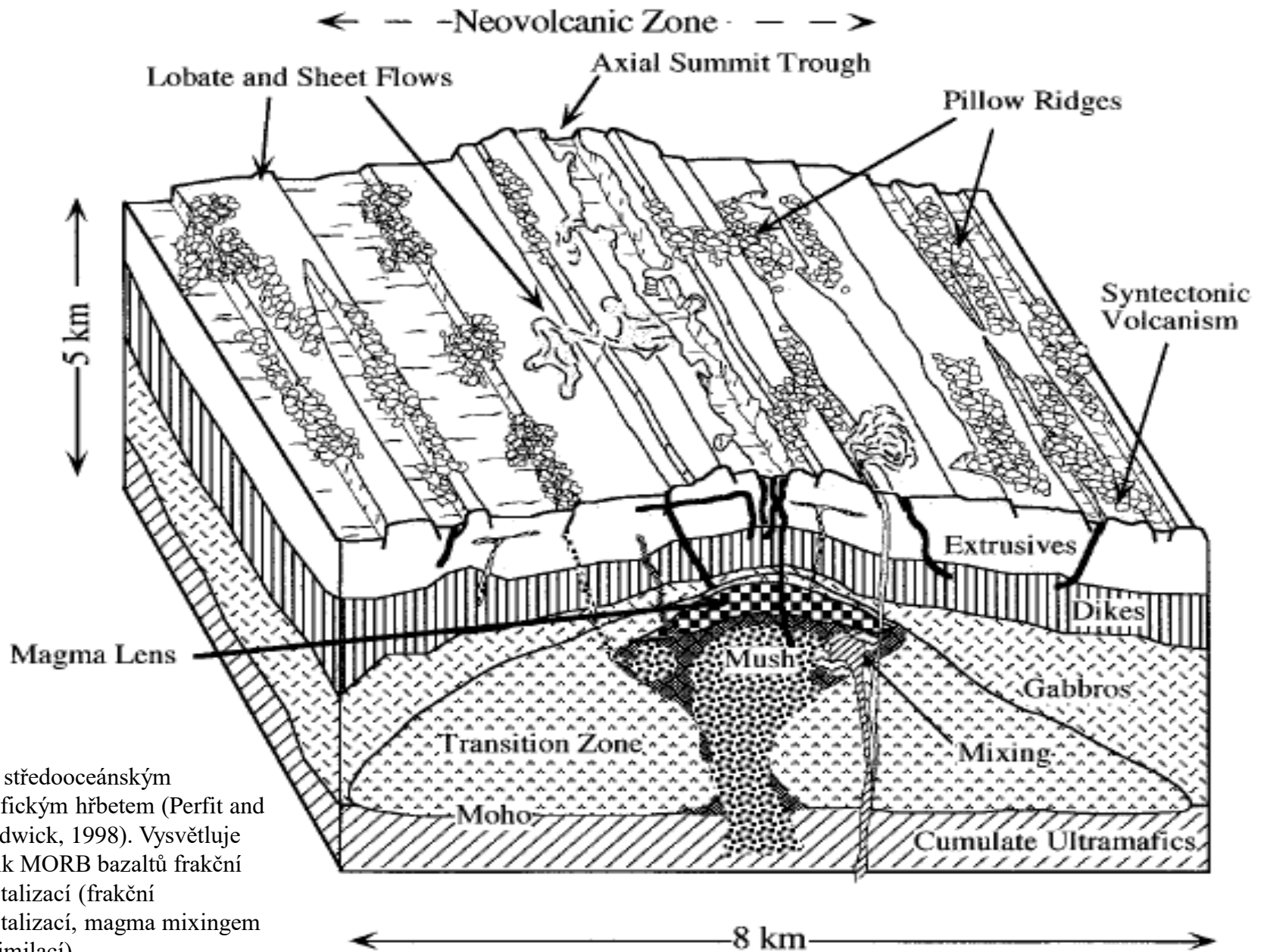
Poznámka: č. 40





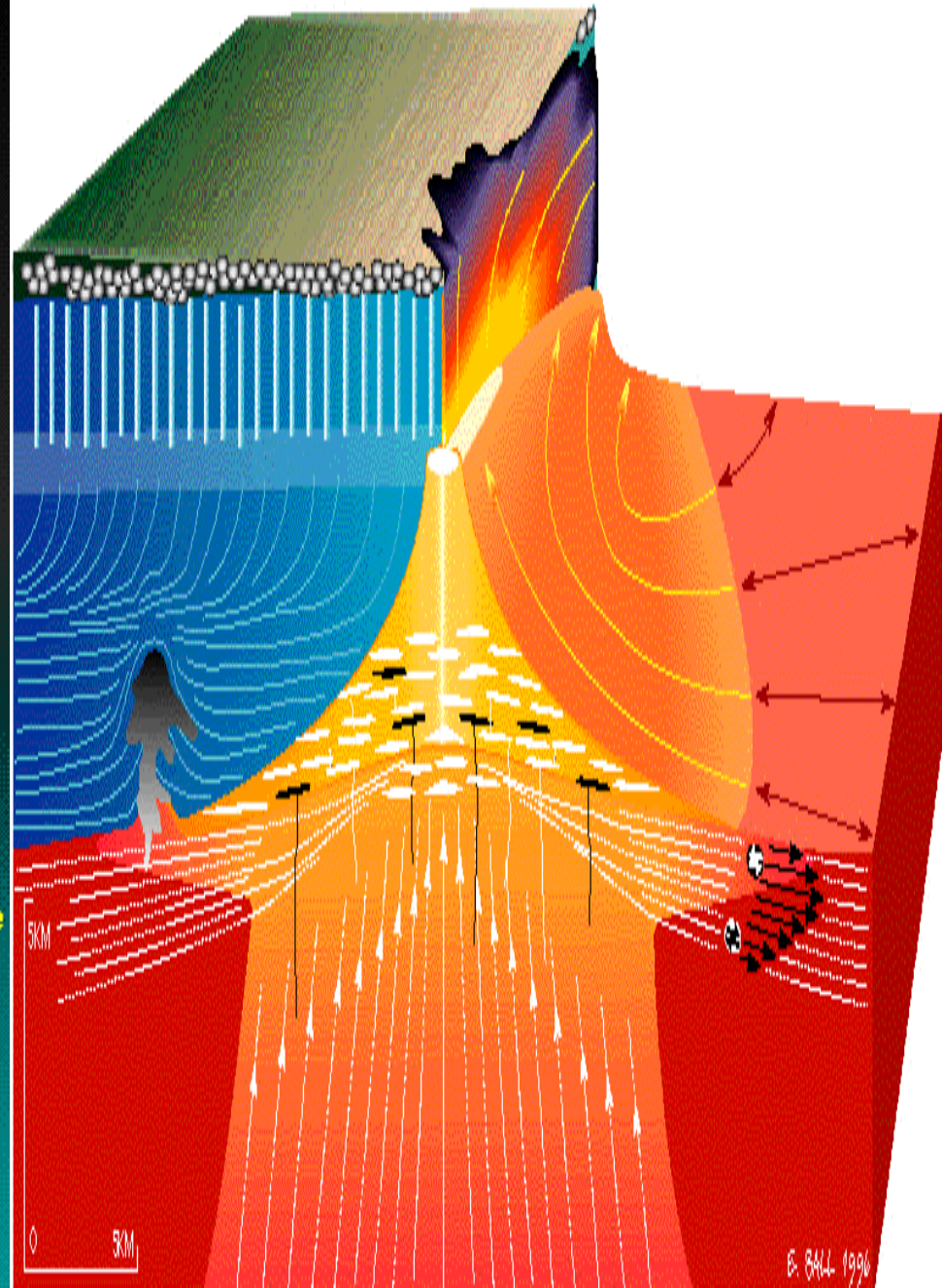
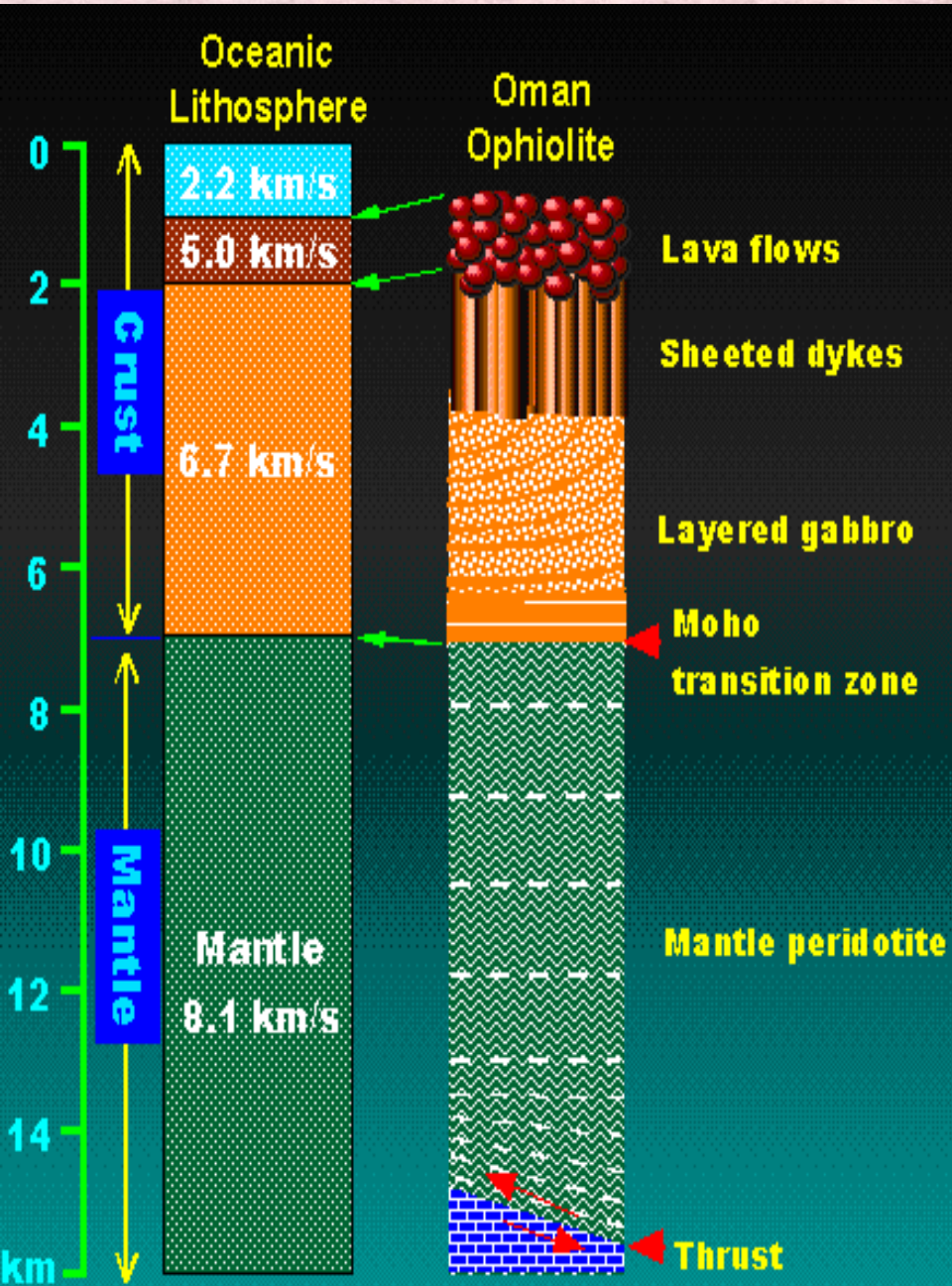
Pemza

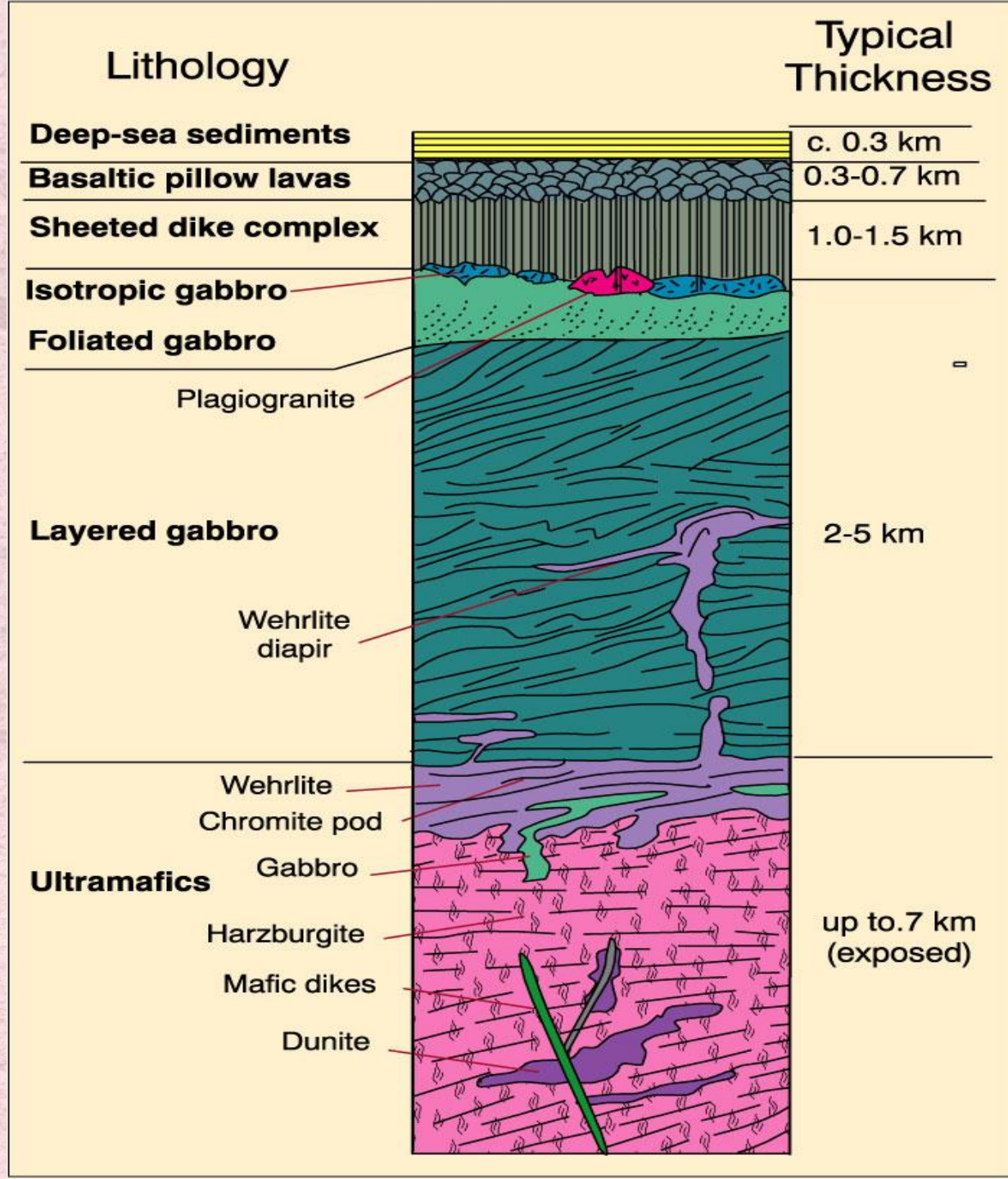
Středoocéánské hřbety – hlubokovodní prostředí



Řez středoocéánským pacifickým hřbetem (Perfit and Chadwick, 1998). Vysvětluje vznik MORB bazaltů frakční krystalizací (frakční krystalizací, magma mixingem a asimilací).

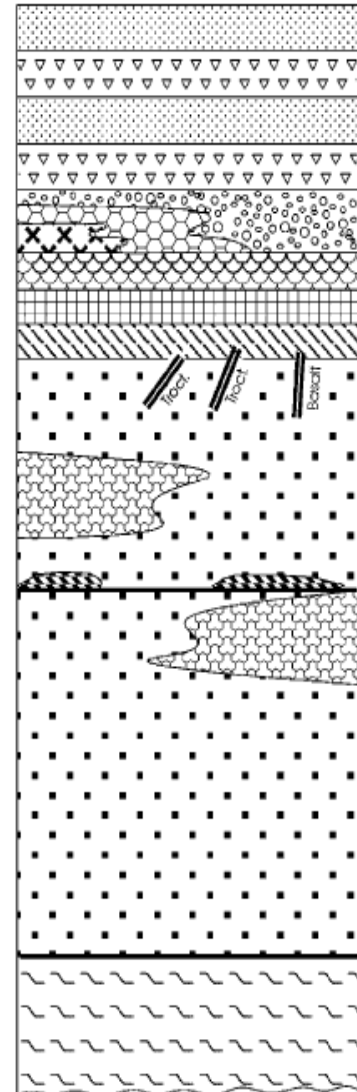
Stavba oceánskeho dna - ofiolity





Voskopoja

- vulkanická brekcie
- polohy vulkanitů



- / Dykes
- ▽ Sedimentary Breccia
- Sandstone
- Basaltic Breccias
- ✕ CPX - Gabbro
- Massive Basalts
- Olivinegabbro
- Melagabbro
- Amphibolite
- Wherlite
- Lherzolite
- Harzburgite
- ~ Melange

- gabra s polohami ultrabazických hornin

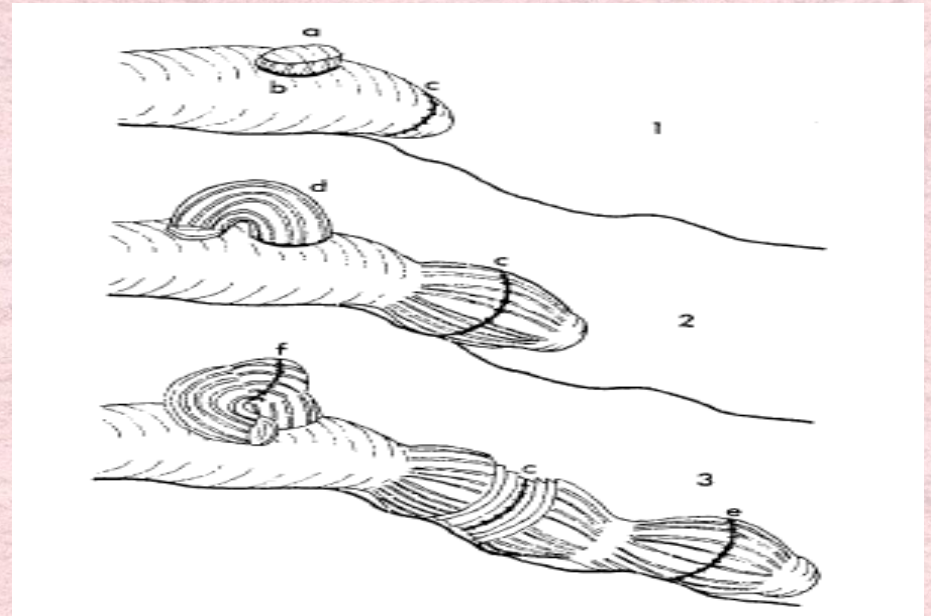




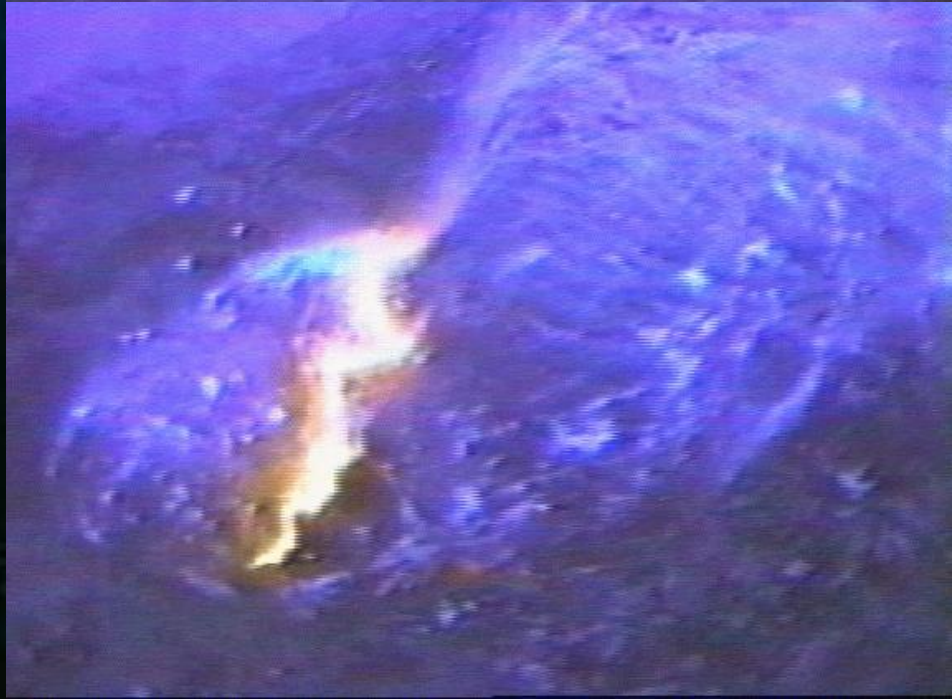
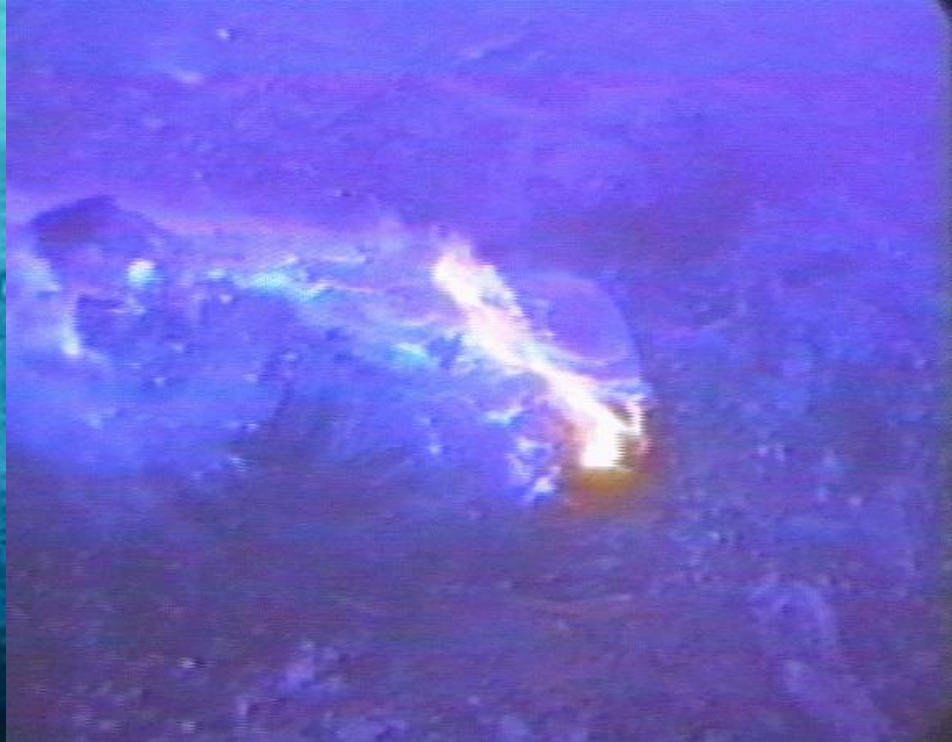


Polštářová láva (pillow lava)

- vzniká na kontaktu se vodou
- voda okamžitě lávu ochlazuje a vytvoří se tak „polštáře“ s typicky sklovitou strukturou na povrchu
- uvnitř polštáře narůstá tlak lávy až se na nějakém místě opětovně prolomí a vytlačí se další polštář
- to se opakuje dokud je dostatečný tlak přicházející lávy takže vzniká pole s polštářovou lávou
- tento druh lávy je nejtypičtější pro oblasti oceánský riftů
- v současnosti je na většině míst oceánské kůry vrstva tvořená polštářovou lávou
- podobné struktury mohou vznikat i v jezerech



Schematic diagram to show growth of pillow lava. Growth from a circular crack (b) produces a trap door pillow (a), which eventually grows to a toothpaste pillow (d) with a spreading crack (f) producing another lobe. Spreading at tension crack (c) produces corrugated pillow lobes, then slows down and stops, after which a new crack develops at (e). [Reproduced with permission from Ballard, R. D., and Moore, J. G. (1977). "Photographic Atlas of the Mid-Atlantic Ridge Rift Valley." Springer-Verlag, Berlin.]

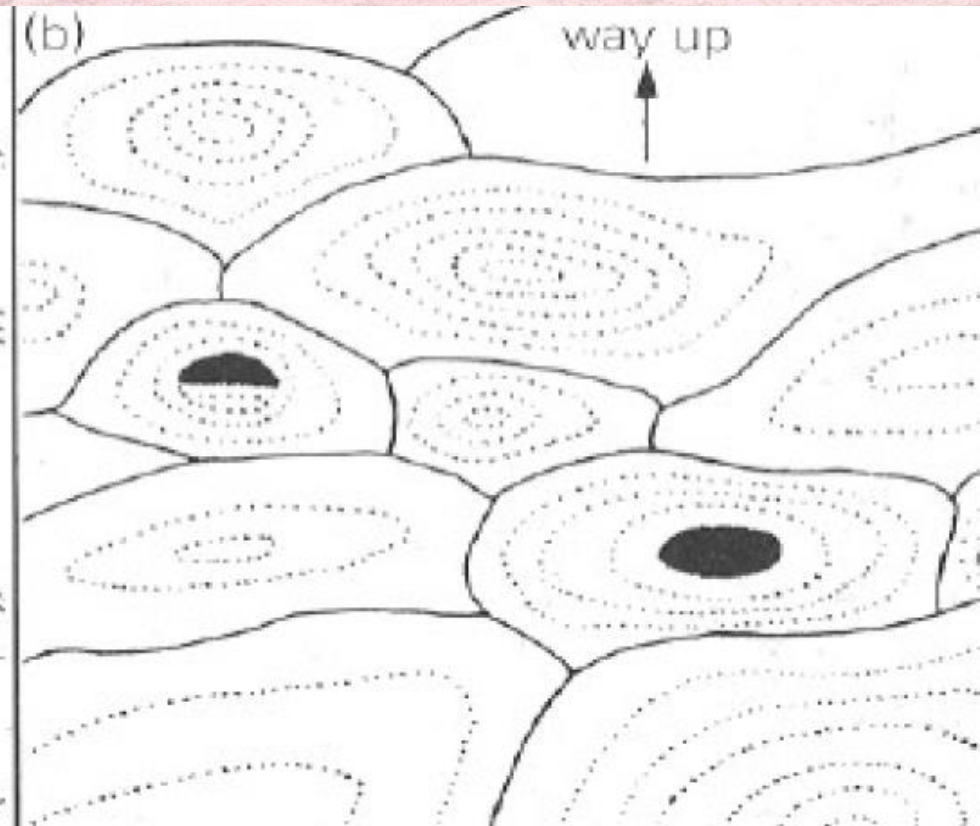
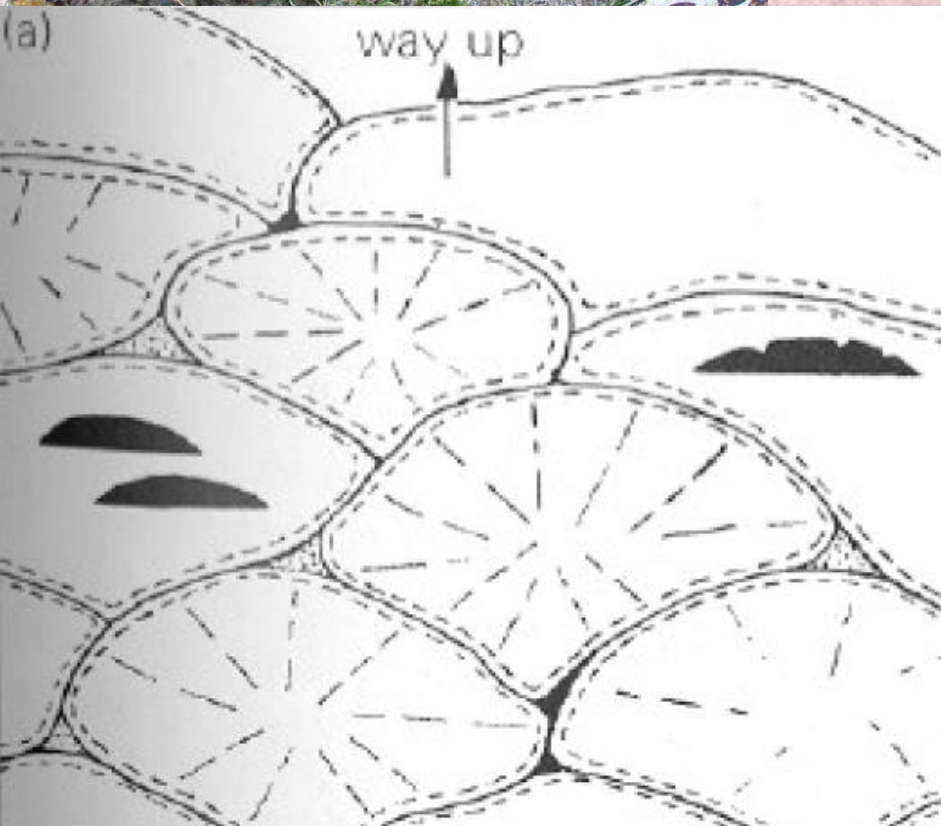






- rozdíl mezi polštářovou lávou a lávou pahoehoe
- (a) čerchované linie omezují okraj bohatý sklem radiální linie ukazují pukliny vzniklé při chladnutí
- tečkovaná plocha je vyplněna sedimentem
- (b) tečkovaná linie vyznačuje koncentricko stavbu vzniklou při chladnutí
- černý prostor (a, b) označuje dutiny po plynech
- ve starších lávových proudech bývají vyplněny sekundárními minerály

Polštářová láva, Mongolsko



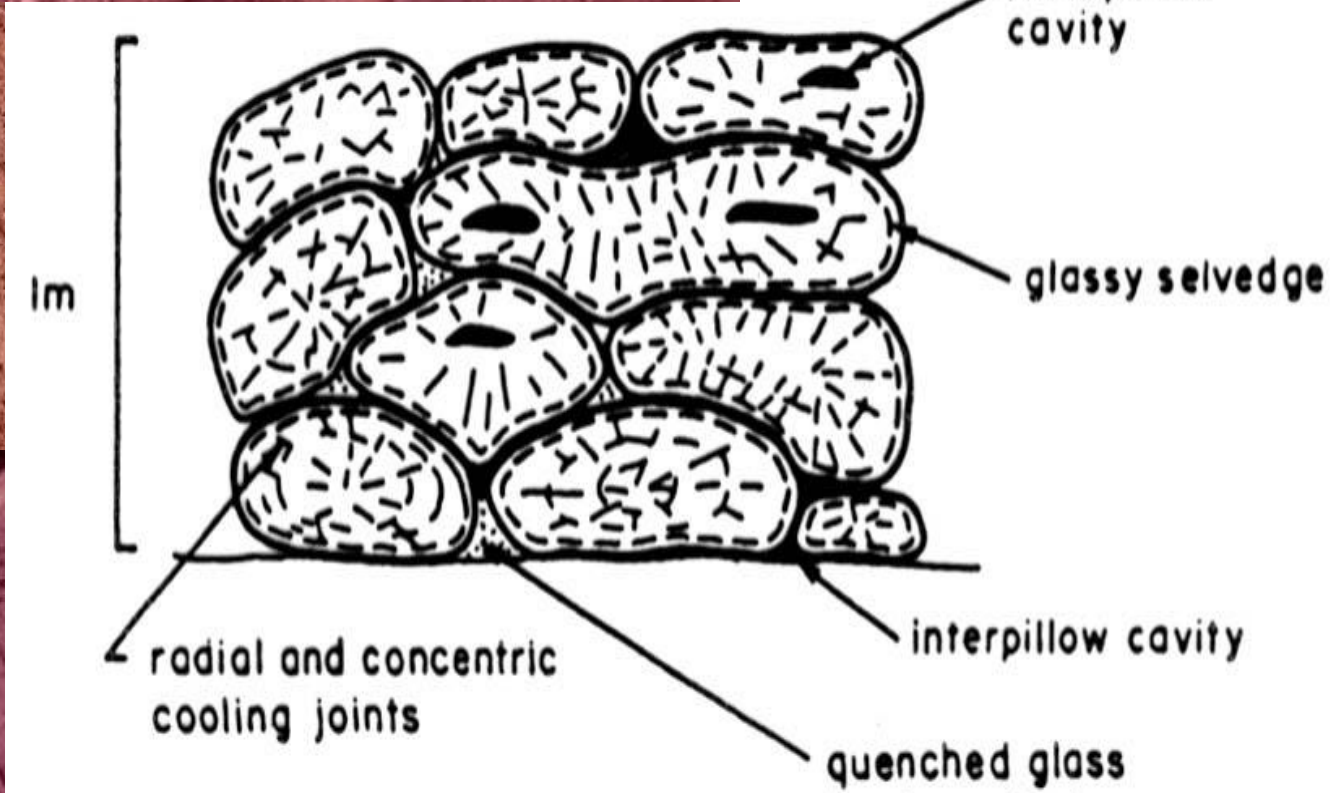
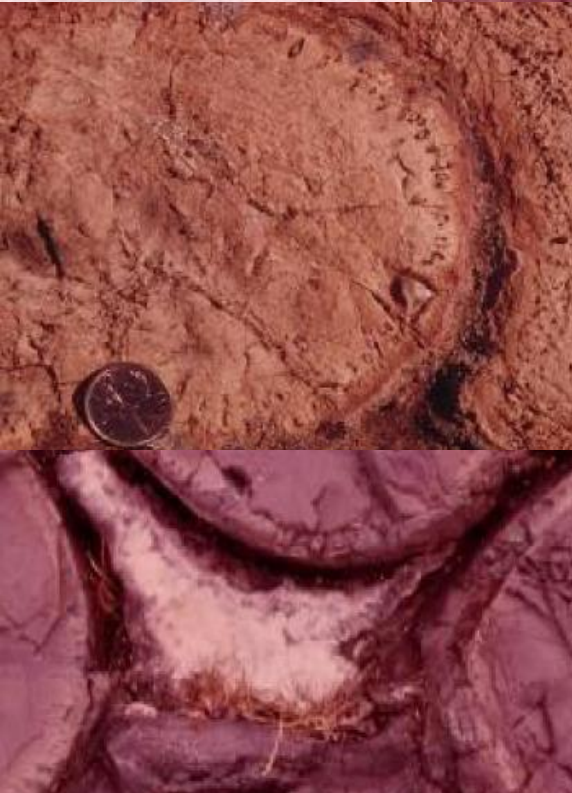


Polštářová láva, Mongolsko



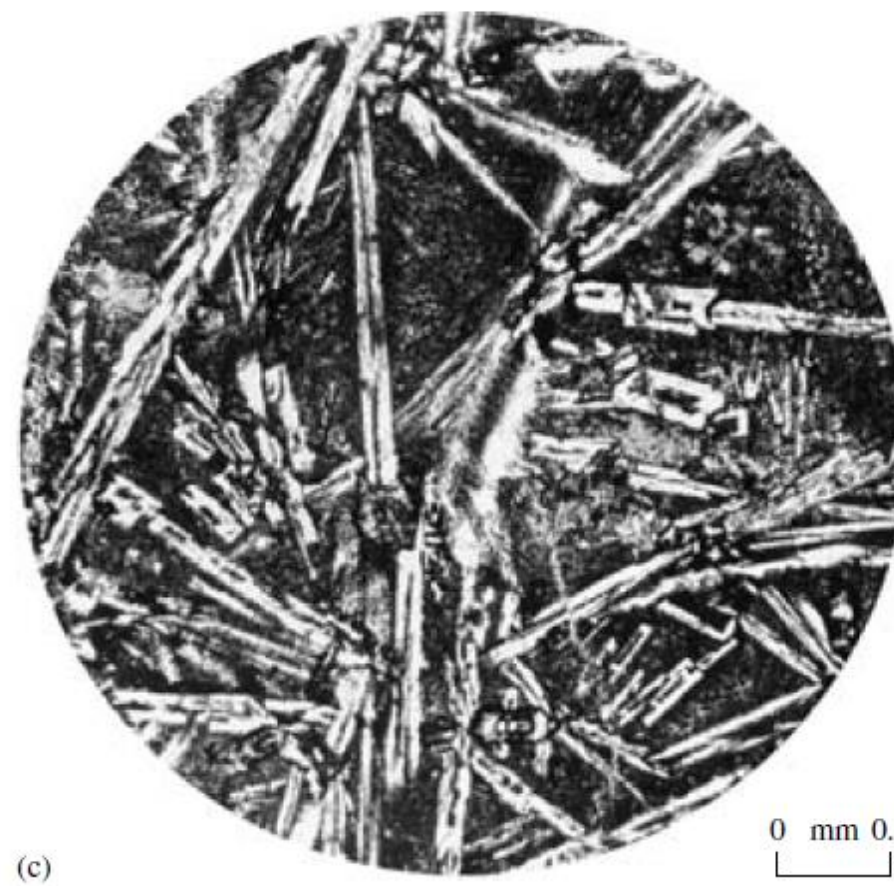
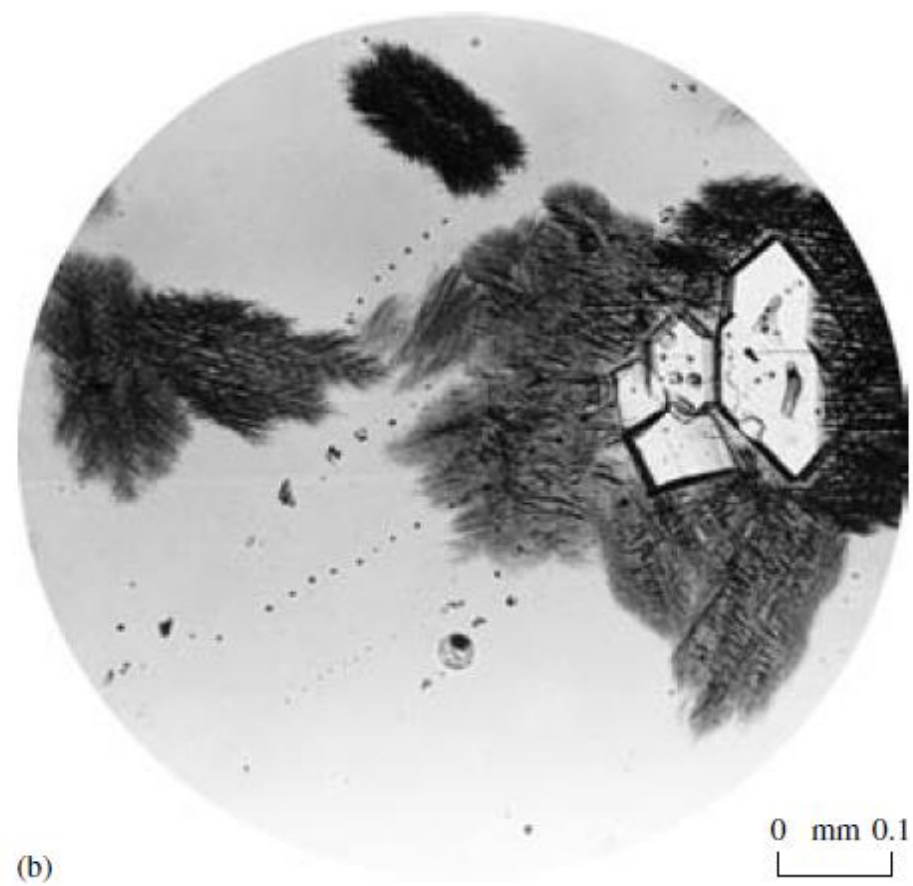
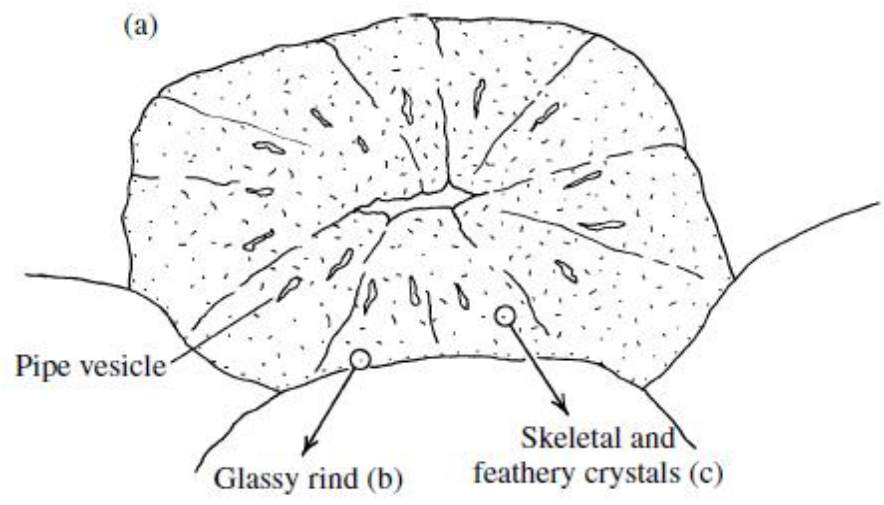
schlazený okraj polštáře

dutiny uvnitř polštáře intrapillow cavity



výplň mezi polštáři (silicity-radiolarity, karbonáty, sulfidy, sedimenty, chlorit, epidot, palagonit), tvoří < 5% výlevu

quenched glass (palagonite) filling interstitial cavity





Schlazený okraj, Mongolsko



Polštářové lávy (Petrkovice)



Polštářové lávy (Mongolsko)



Polštářové lávy (Mongolsko)



hyaloklastity

sedimenty

hyalokalstity

polštářové lávy





Polštářové lávy (Mongolsko)

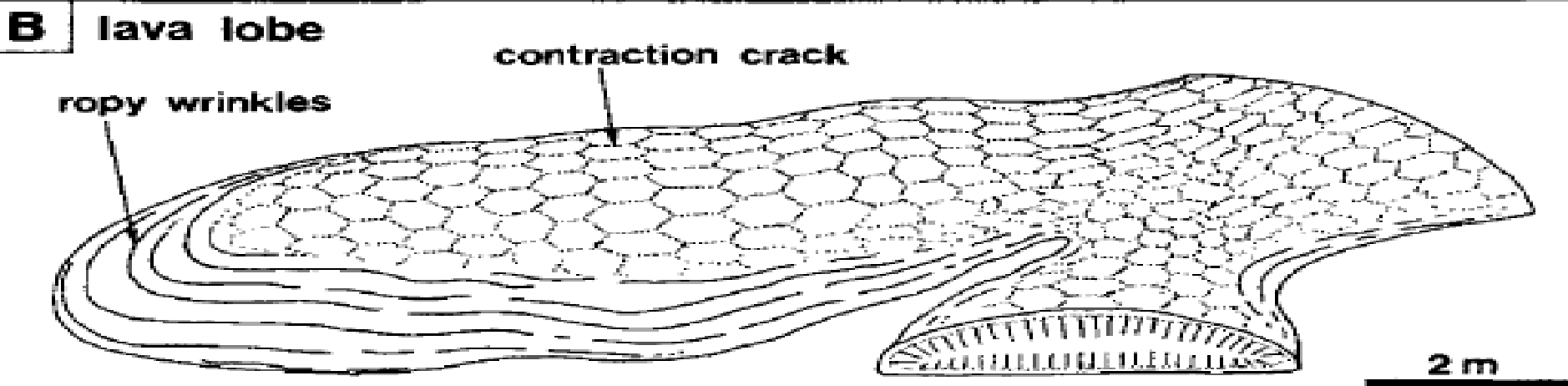
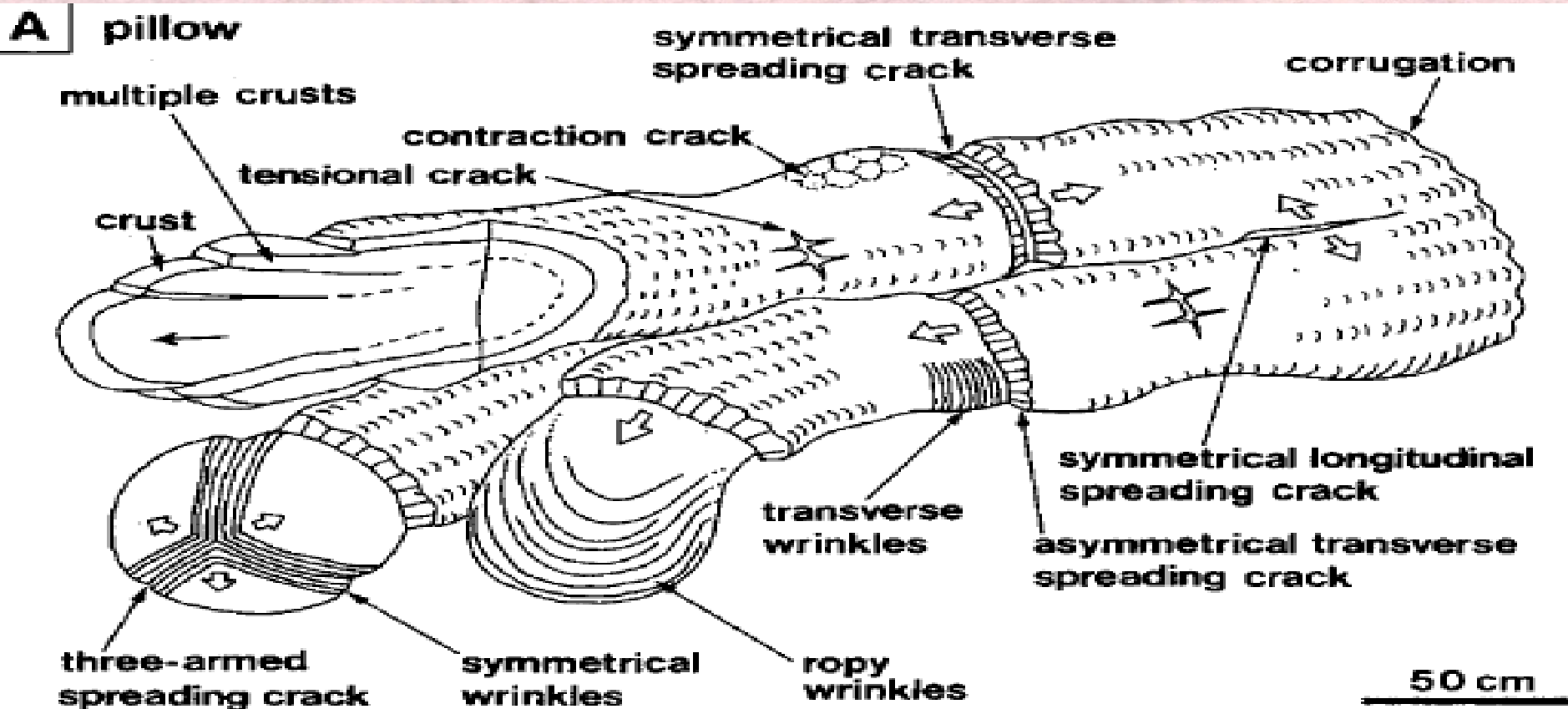


Polštářové lávy (Mongolsko)



**Polštářová láva v horní části varioly,
Monchiquit, Straník**

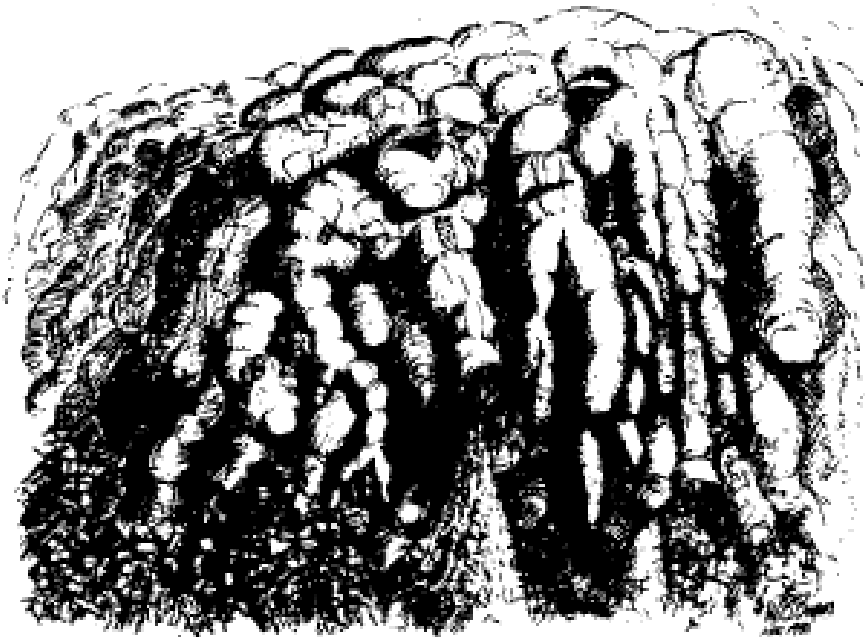
Laločnaté polštářové lávy



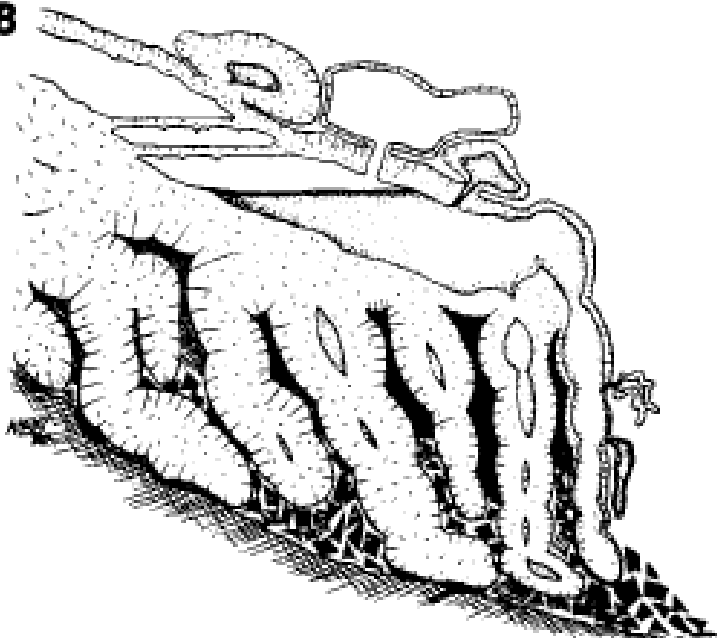




A



B

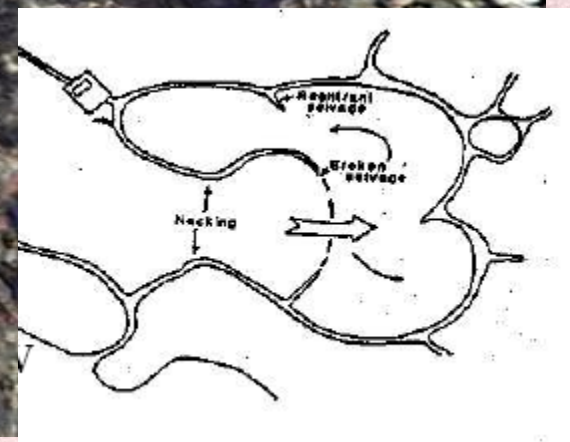
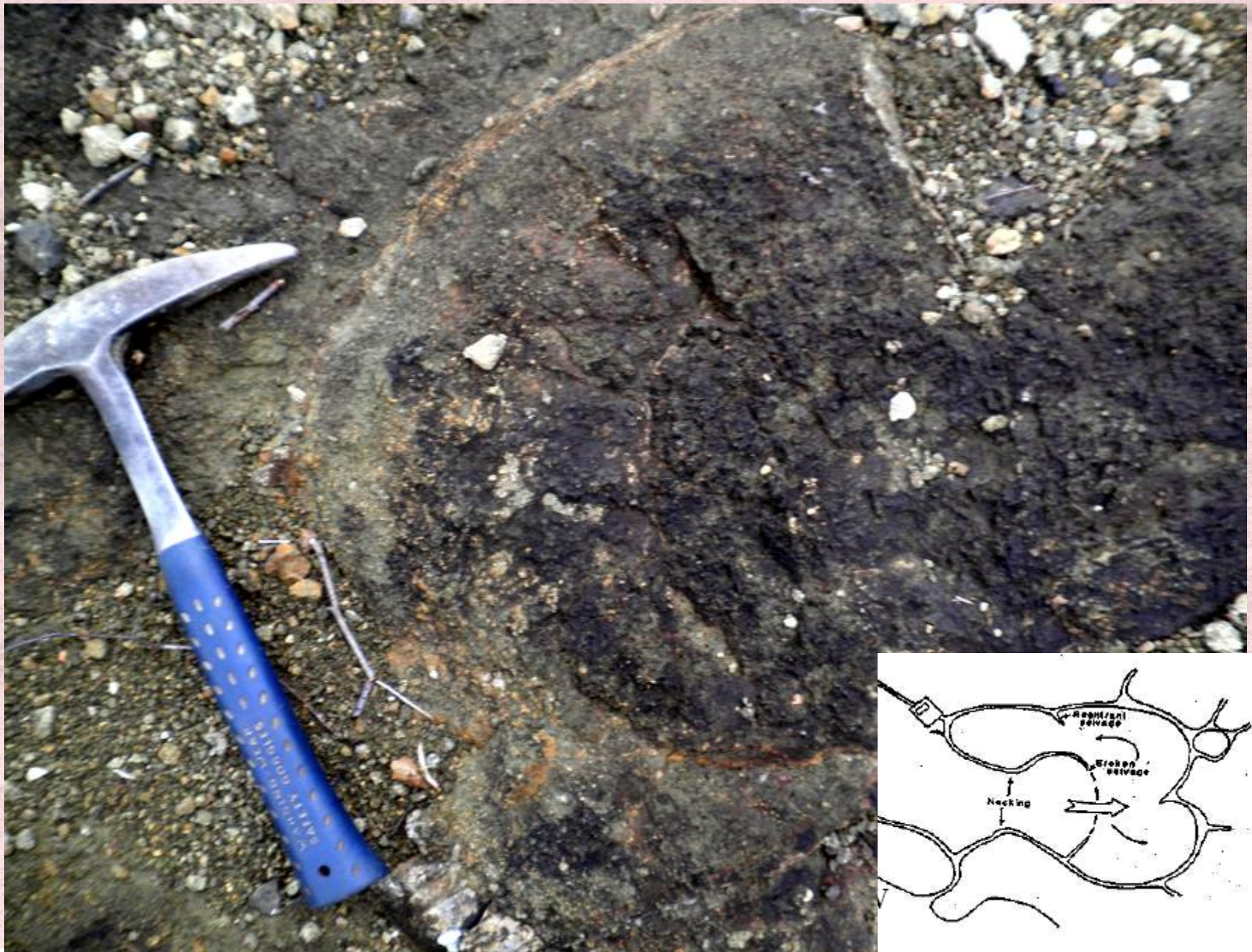


Podmořský výlev bazaltů (Mongolsko) pillow tubes

Drawing, by W. B. Bryan, of (A) pillow tubes flowing down a steep flow front and (B) a schematic cross section showing prograding of pillow tubes and flow-foot breccia. [Reproduced with permission from Basaltic Volcanism Study Project (1981). "Basaltic Volcanism on the Terrestrial Planets." Pergamon Press, New York.

Podmořský výlev bazaltů (Mongolsko) pillow tubes



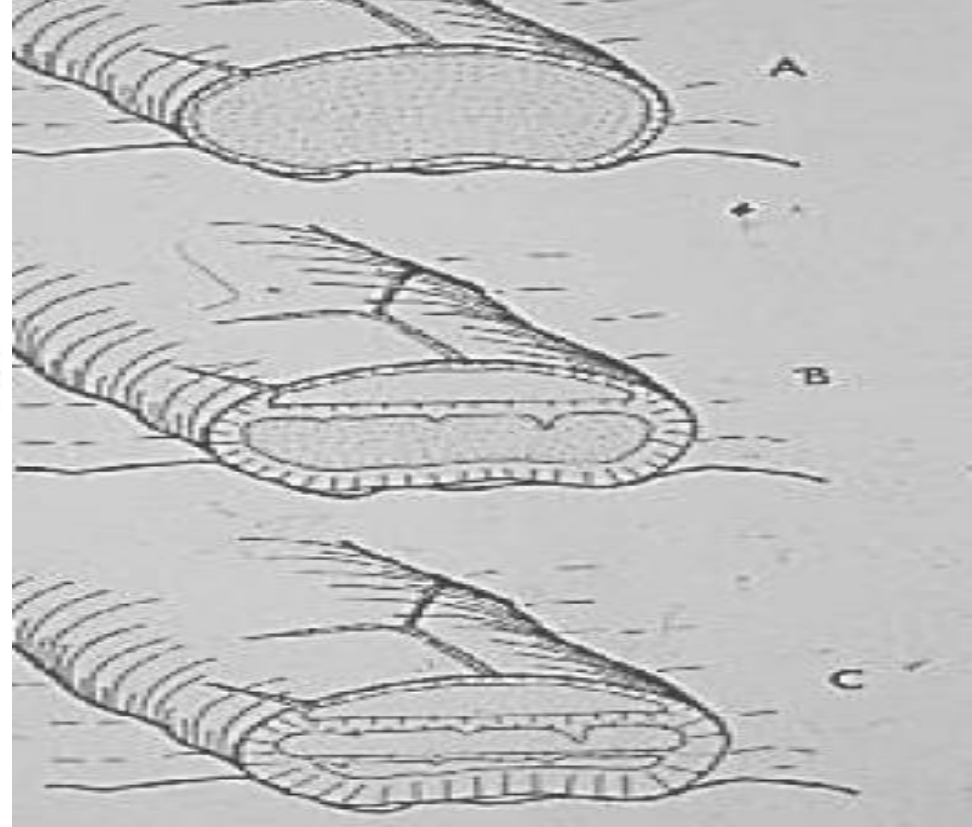
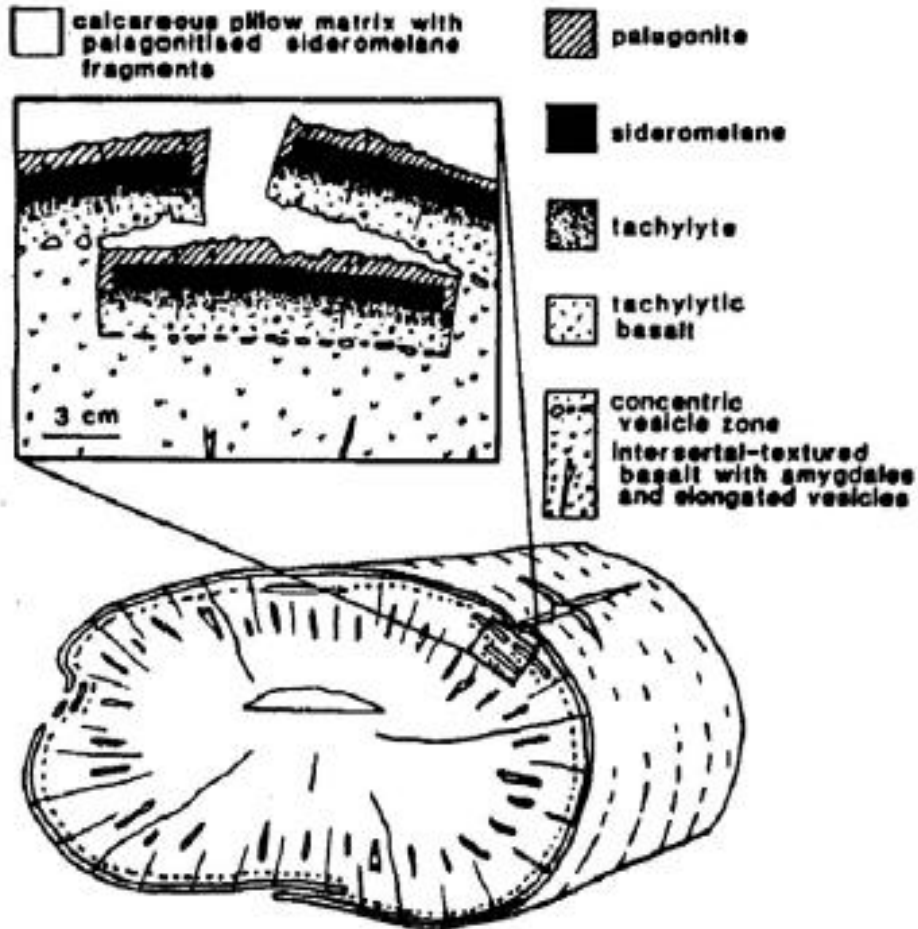


Podmořský lávový proud (Hončova hůrka, Skotnice)

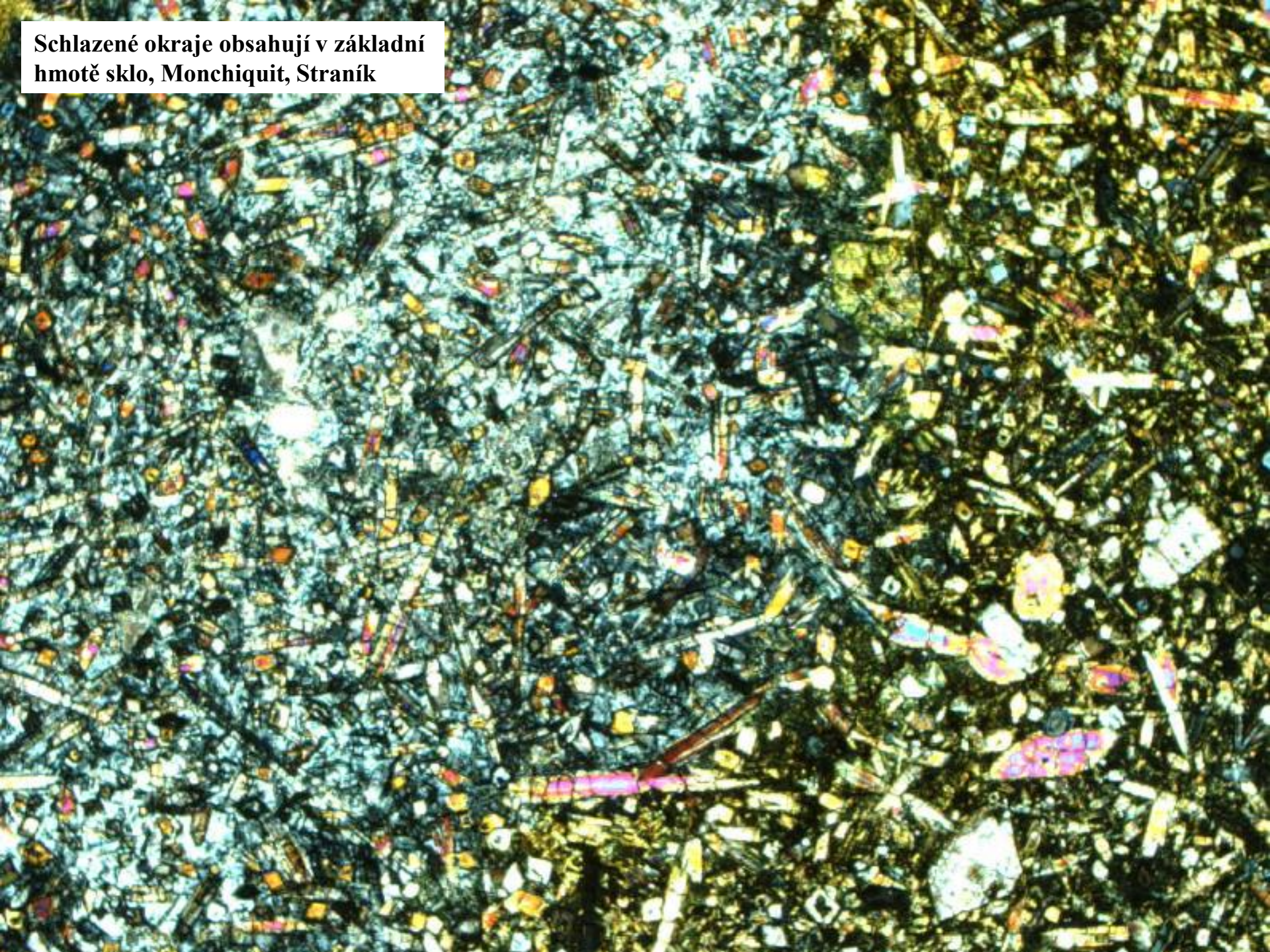


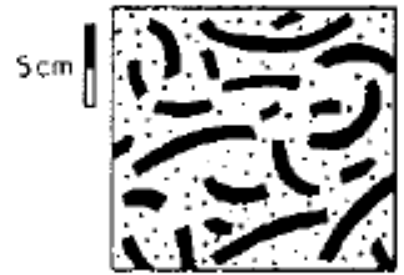
Podmořský lavový proud (Hončova hůrka, Skotnice)

Pillow Shelves (poličky) vznikají podobně jako lávové tunely při vzniku podmořských výlevů - (laločnaté lávy)

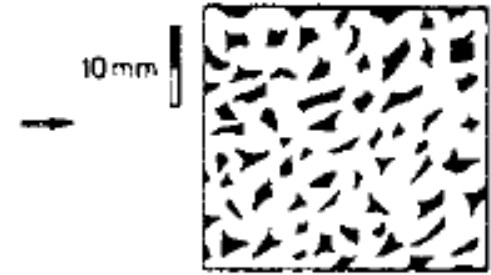


Schlazené okraje obsahují v základní hmotě sklo, Monchiquit, Straník

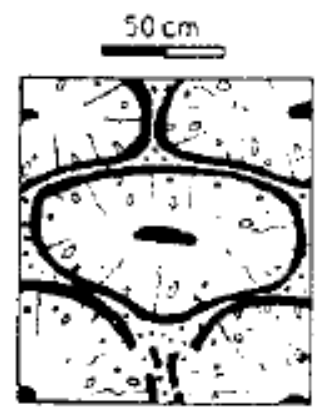




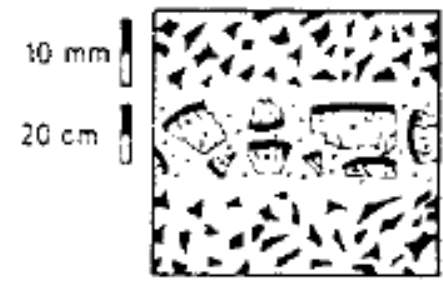
Pillow-rind-breccia



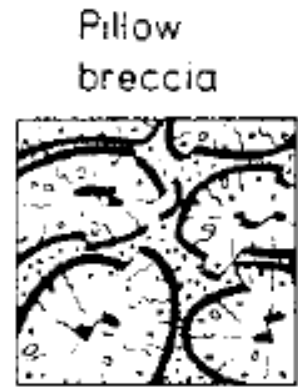
Hyaloclastite



Pillow lava



Hyaloclastite
Pillow-fragment-breccia
Hyaloclastite

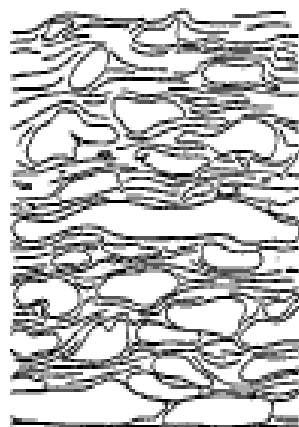
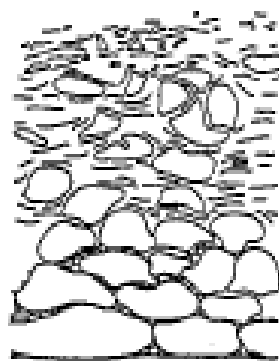
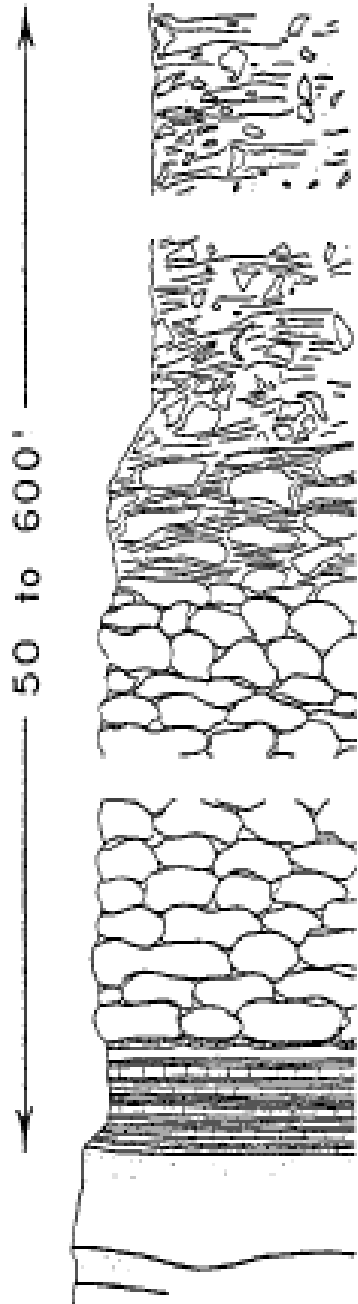








Pillow breccia



Pillow-fragment-breccia





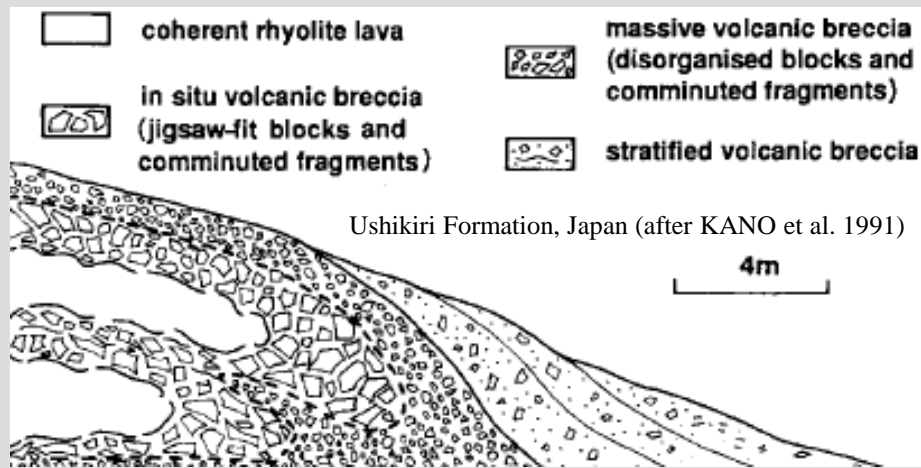
-  Laminated tuff
-  Broken-pillow breccia
-  Isolated-pillow breccia
-  Close-packed pillow lava
-  Carbonaceous cherty limestone
-  Massive lava flow

Pillow lava and related breccias typical of the ancient submarine plateau forming the Wrangellia terrane. Pillow breccia consists of whole and broken pillows with or without a finer-grained matrix of polyhedral glass fragments. It forms when pillows break loose and avalanche downslope during extrusion, breaking apart as they travel. Isolated pillow breccia contains a large hyaloclastite component that may include vesicular clasts. [Reproduced with permission from Carlisle, H. (1963). Pillow breccias and their aquagene tuffs, Quadra Island, B. C. *J. Geol.* **71**, 48–71, University of Chicago Press.]



Kontaktně metamorfované sedimenty mezi dvěma podmořskými výlevy (Petrkovice)

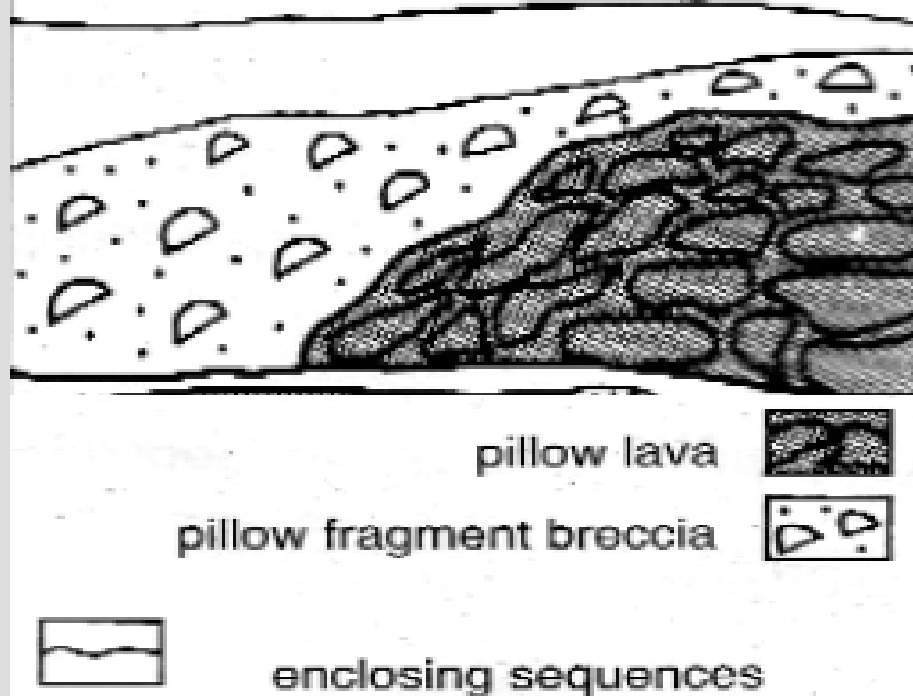
Výlev ryolitů do mělké vodní pánve



Hyaloklastická facie

- Bloky a klasty mají sklovitý okraj a sklovitý nebo krystalovaný střed
- Pukliny podél okraje klastů
- Velmi běžné jsou hrubě písčité až granulové matrix (1-4 mm)
- Izolované úlomky krystalů jsou hojné
- Pemzové a struskové klasty mohou být přítomny

Hlubokovodní bazické výlevy



Hlubokovodní facie

- Polštářové lávy a jejich fragmenty
- Schlazené okraje
- Radiální pukliny
- Sedimentární výplně mezi polštáři

Podmořské vulkány

┌───┐
Approx. 50 m

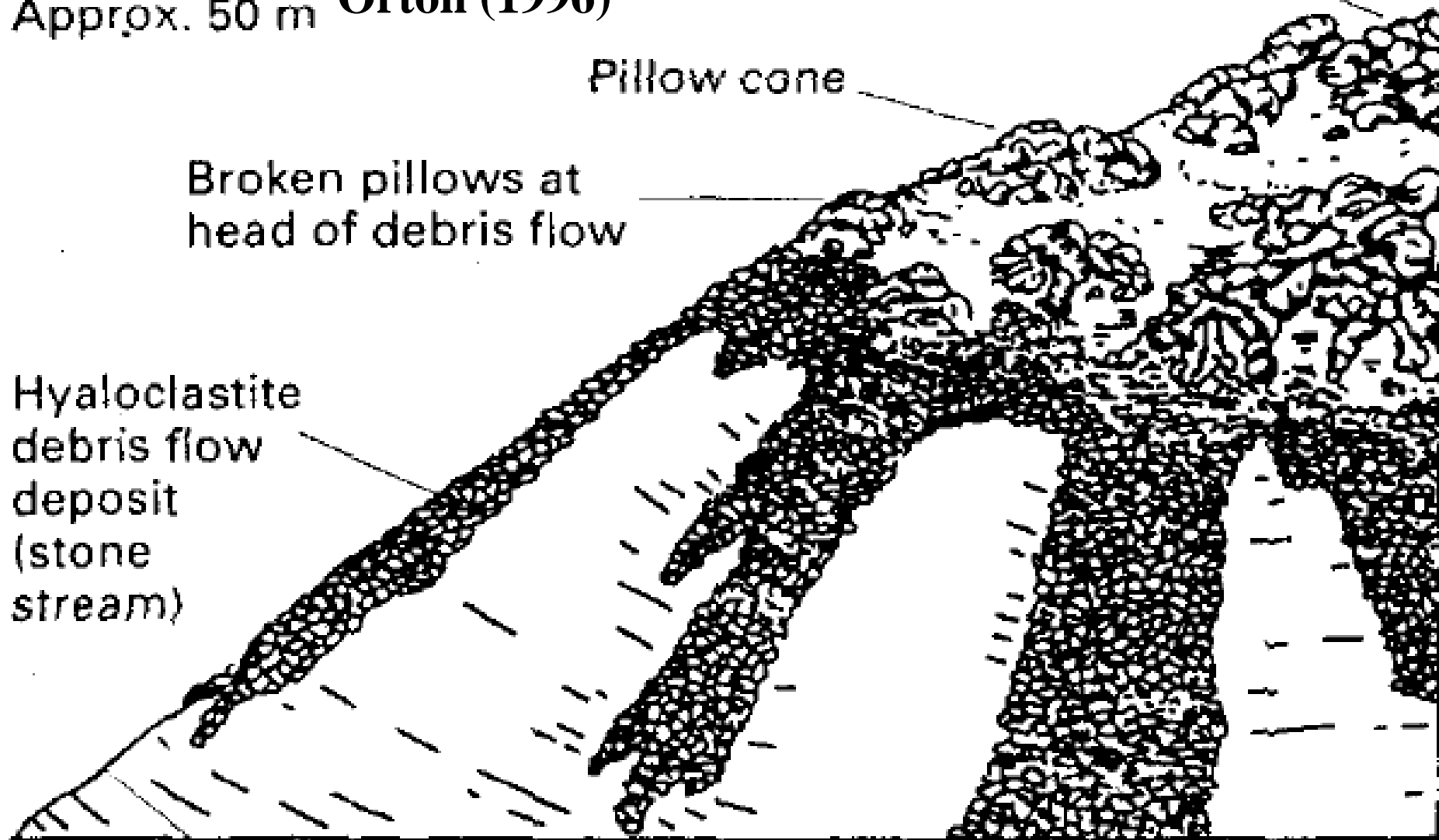
Orton (1996)

Summit of seamount

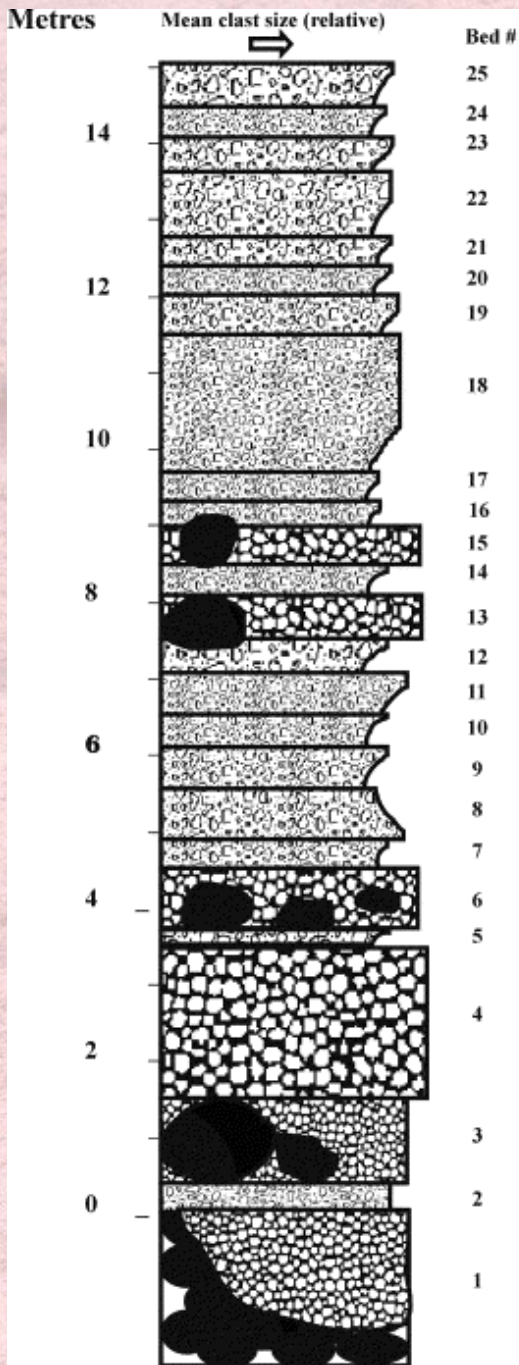
Pillow cone



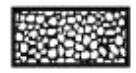

Broken pillows at
head of debris flow

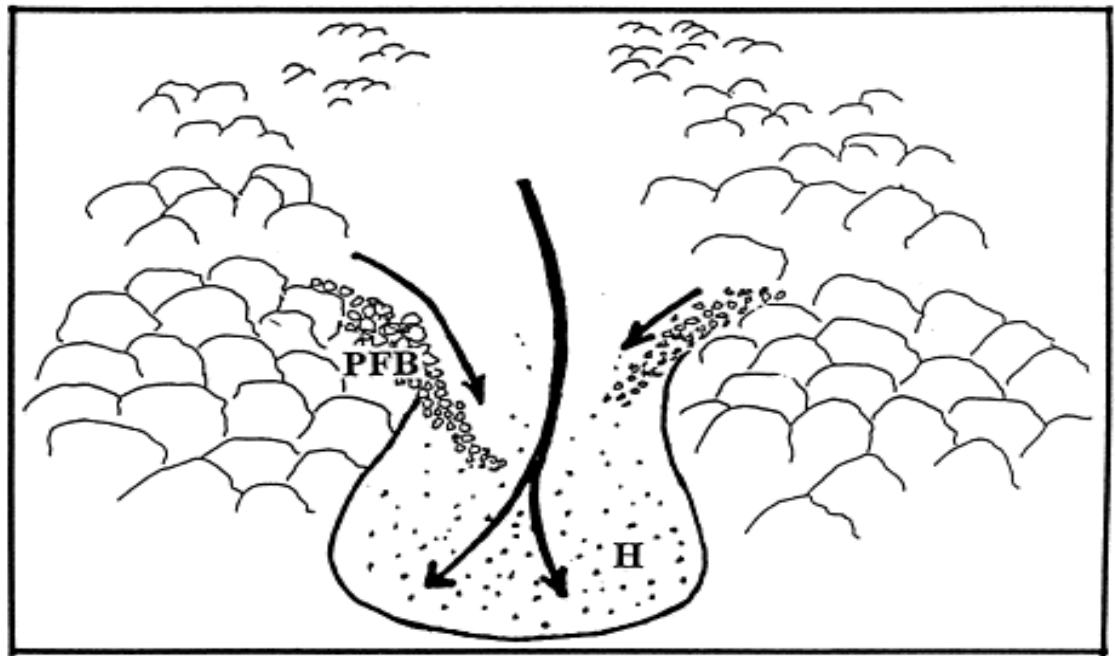
Hyaloclastite
debris flow
deposit
(stone
stream)



20–30° side slope, mainly ooze-covered



-  Pillow lavas
-  Hyaloclastite Facies
-  Pillow Fragment Breccia Facies
-  Boulder-size pillow fragments (to scale)



Interpreted model for deposition of hyaloclastite and pillow-fragment breccia facies. The hyaloclastite facies was deposited by cohesionless debris flows following troughs or channels between pillow-lava buildups. Interfingering wedges of pillow-fragment breccia were deposited by accumulation of falling blocks of broken pillows derived from laterally adjacent pillow ridges. (Lawrence H. Tanner, Sonia Calvari, 1999)



Polštářové lávy (Mongolsko)



Kontakt hyaloklastitů a vulkanoklastických sedimentů pod polštářovými lávami (Mongolsko)



Kontakt hyaloklastitů a vulkanoklastických sedimentů pod polštářovými lávami (Mongolsko)



Kontakt podmořského lávového proudu se sedimenty (Mongolsko)



Hyaloklastit (Mongolsko)



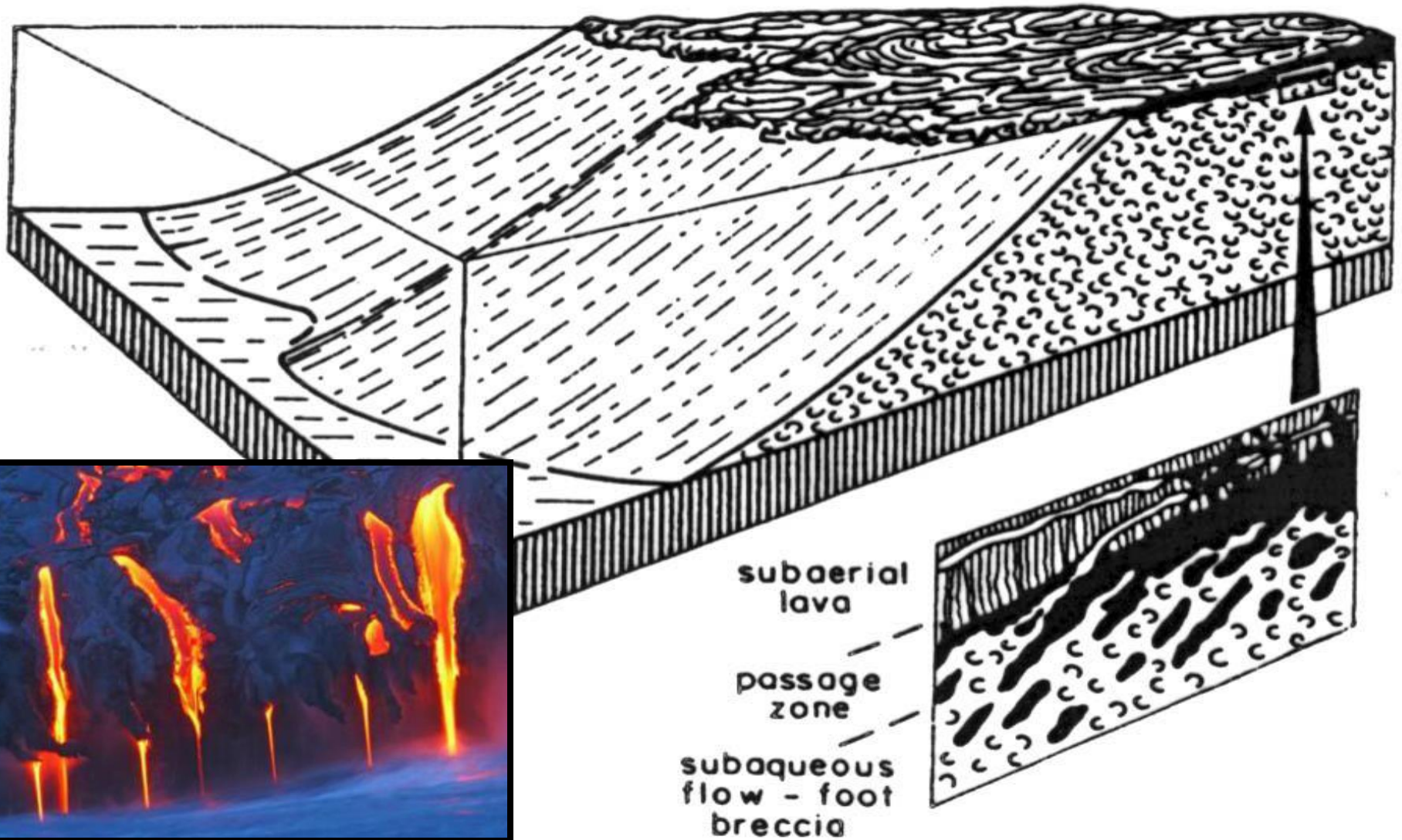
Poloha pyroklastik a turbiditů ve vápencích (Mongolsko)



Poloha pyroklastik a turbiditů ve vápencích (Mongolsko)

Hyaloclastitové delty (Pillow-Hyaloclastite Deltas)

- výlevy lávy na souši nebo ledovci pokračují do moře nebo do jezera
- polštářové lávy jsou obklopeny hyaloklastity



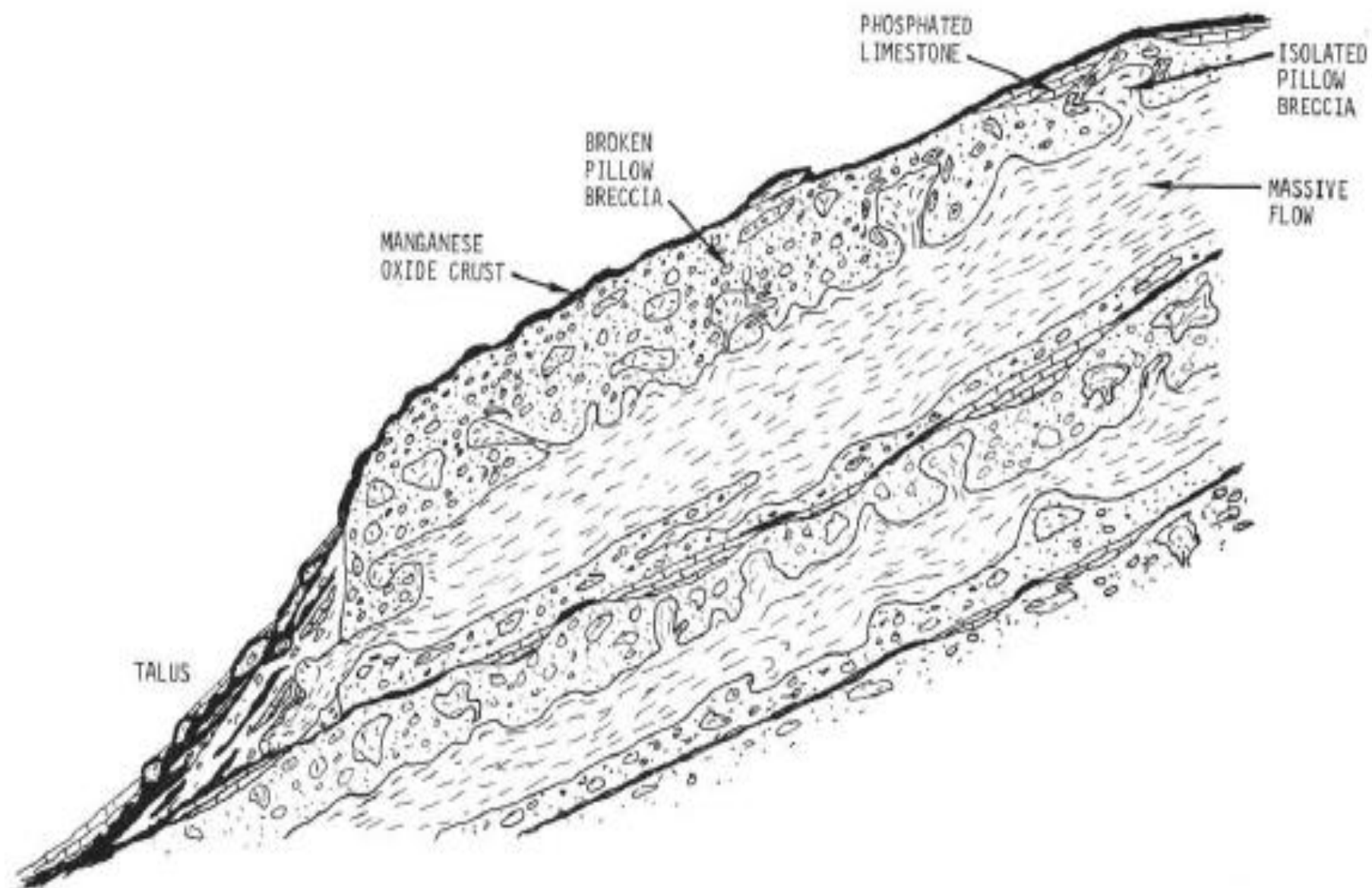


Výlev permského lávového proudu do mělké vodní pánve (lom Studenec)



Výlev permského lávového proudu do mělké vodní pánve (lom Studenec)

J. H. NATLAND





Výlev permského lávového proudu do mělké vodní pánve (Mongolsko)



Výlev permského lávového proudu do mělké vodní pánve (Mongolsko)



hyaloklastit (lom Studenec)

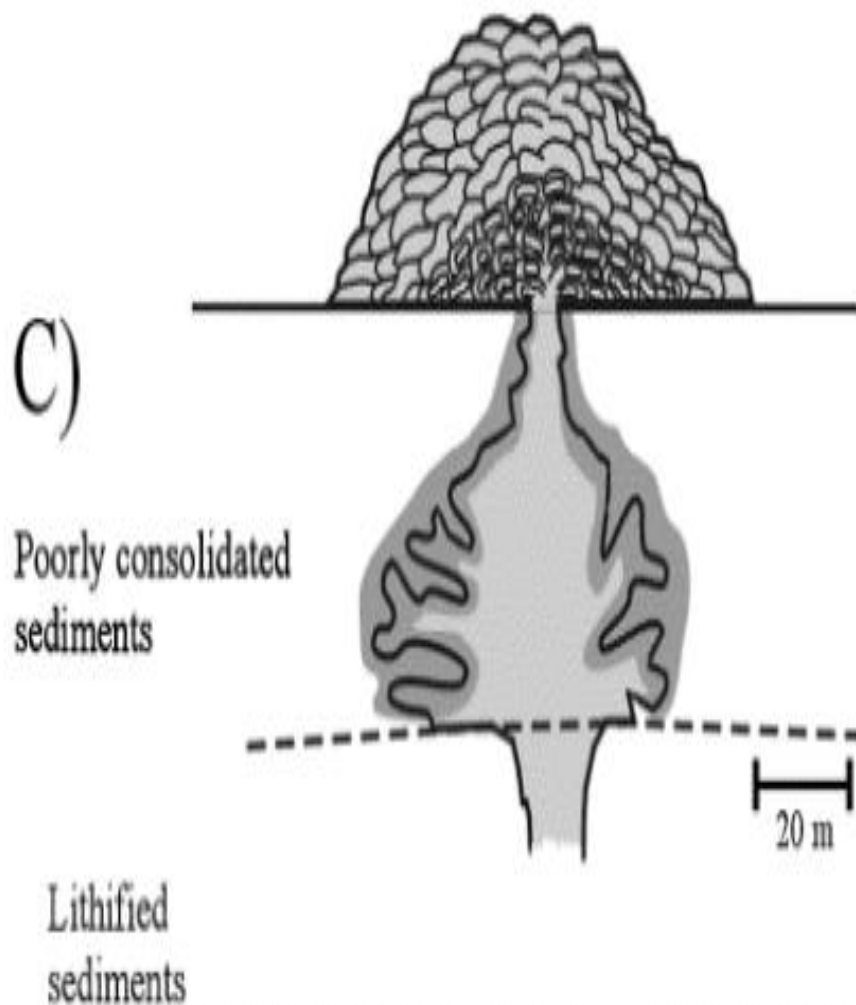
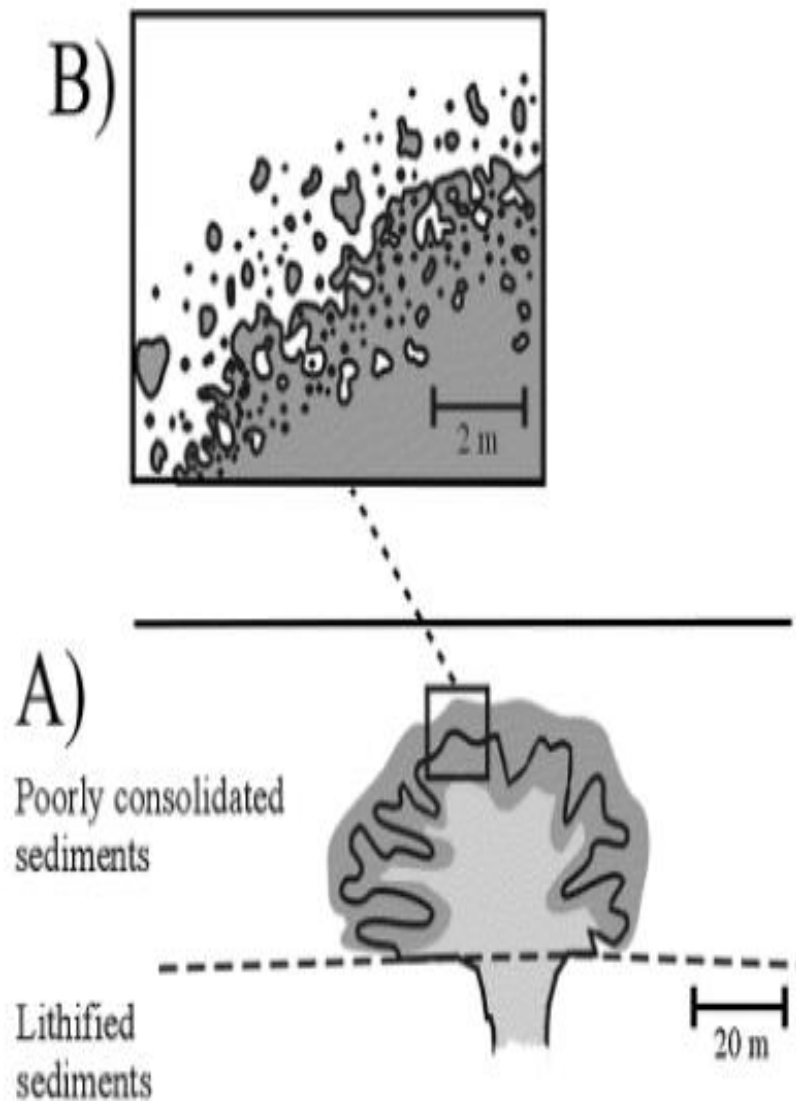


hyaloklastit (lom Studenec)



Kontakt lávy a jezerních sedimentů (Mongolsko, perm)

Intruze lávy do nezpevněného sedimentu



(a) During sill emplacement

Lateral intrusion, stepping down and following palaeodip

Thick sedimentary sequence

Feeder propagates to shallow level

100s of metres?

(b)

10s of metres

Fragmentation and mixing driven by expansion of heated pore fluid and/or steam

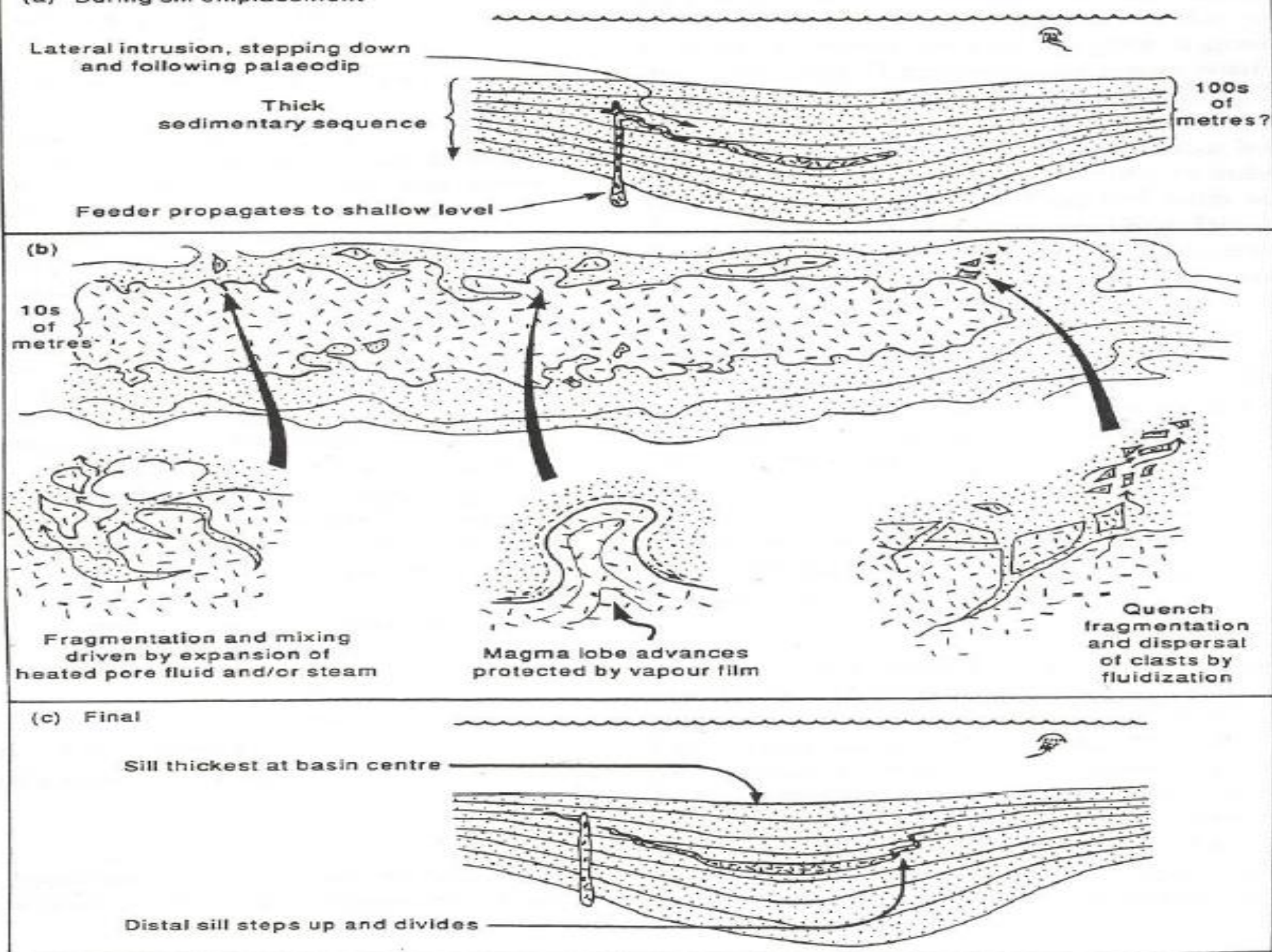
Magma lobe advances protected by vapour film

Quench fragmentation and dispersal of clasts by fluidization

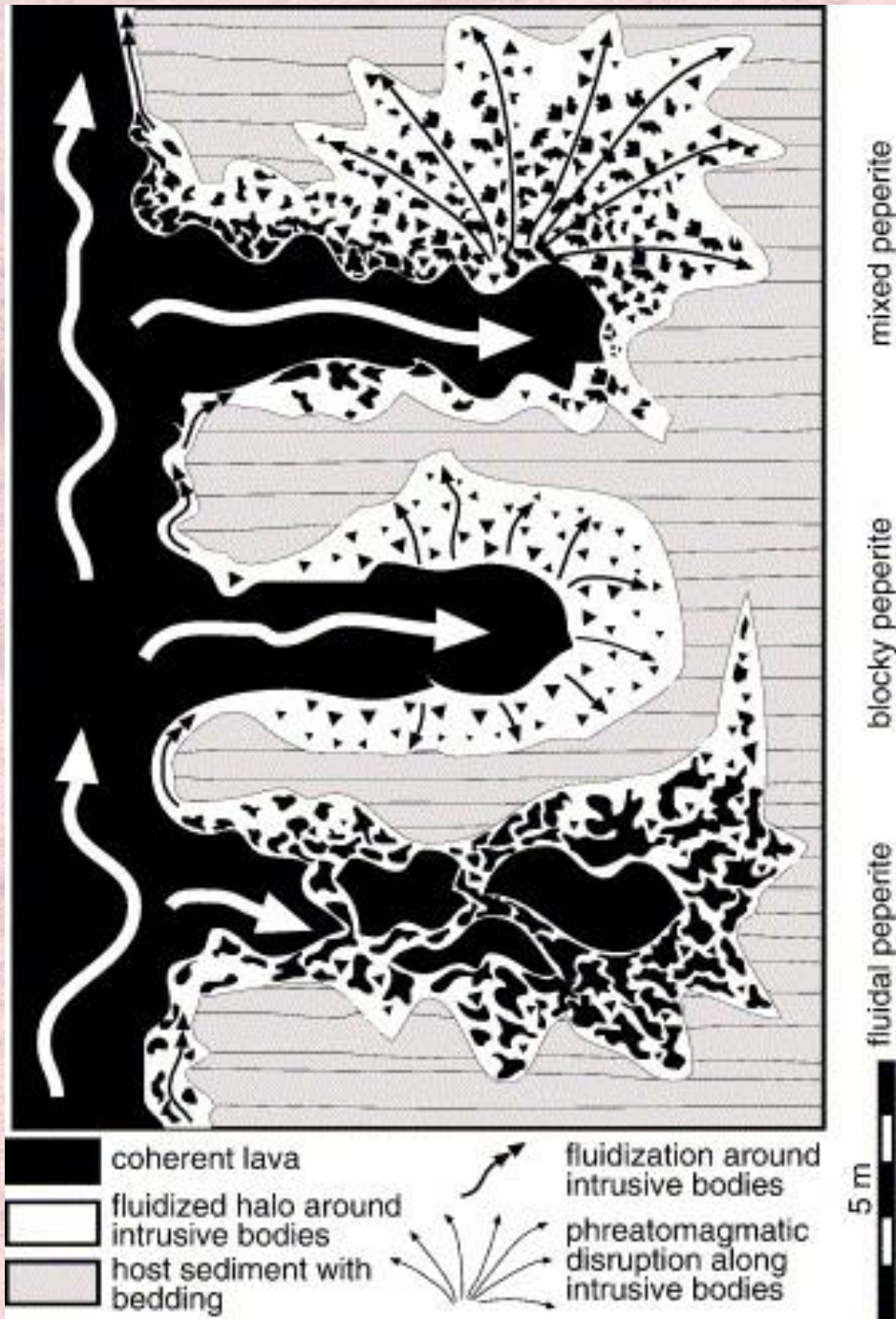
(c) Final

Sill thickest at basin centre

Distal sill steps up and divides



Peperity



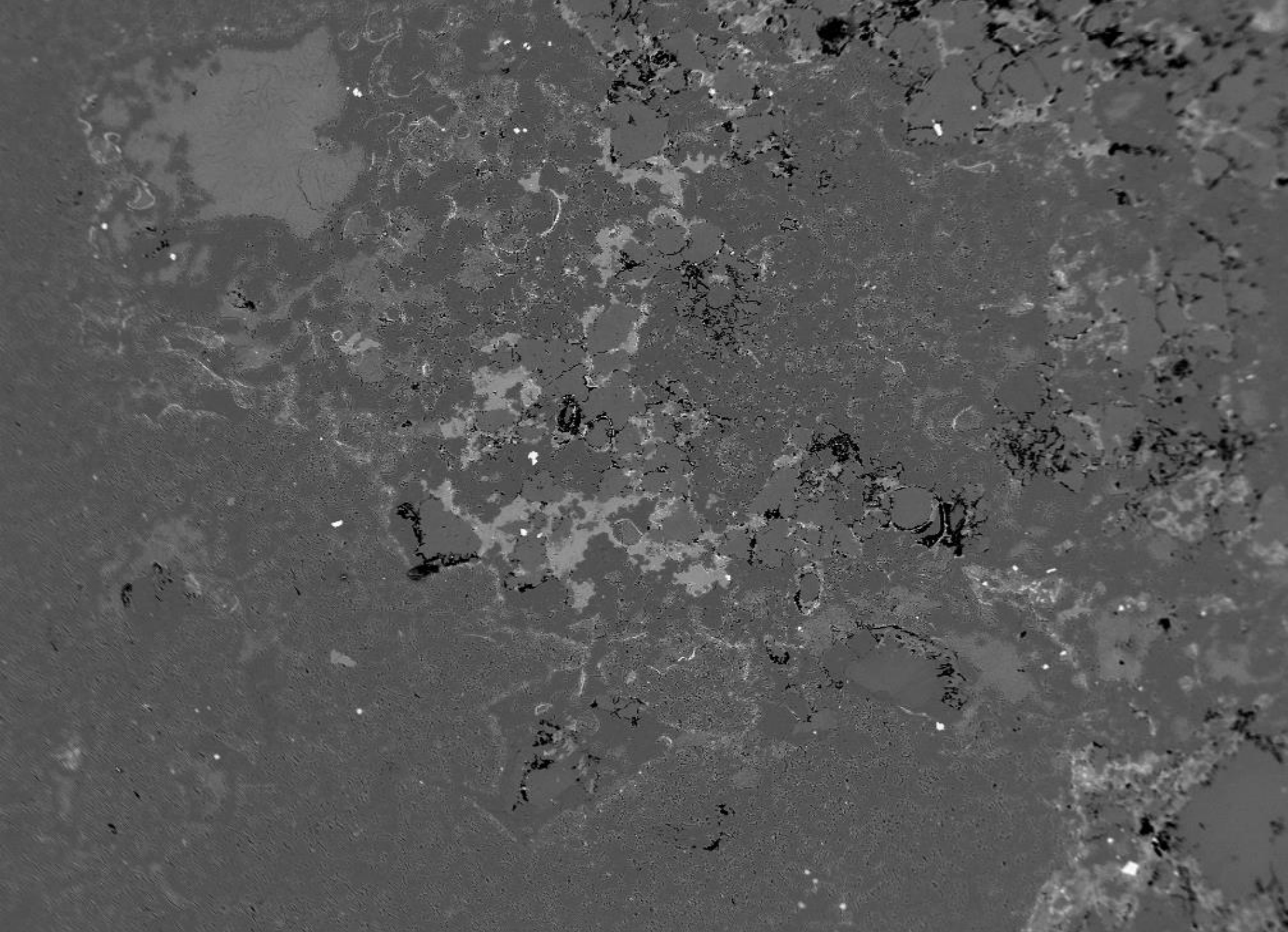
Model vzniku peperitů kolem žíly bazanitu (Martin a Németh 2007)



Peperit tvořený klasty bazanitu v jílovcí (Maďarsko, Martin a Németh 2007)

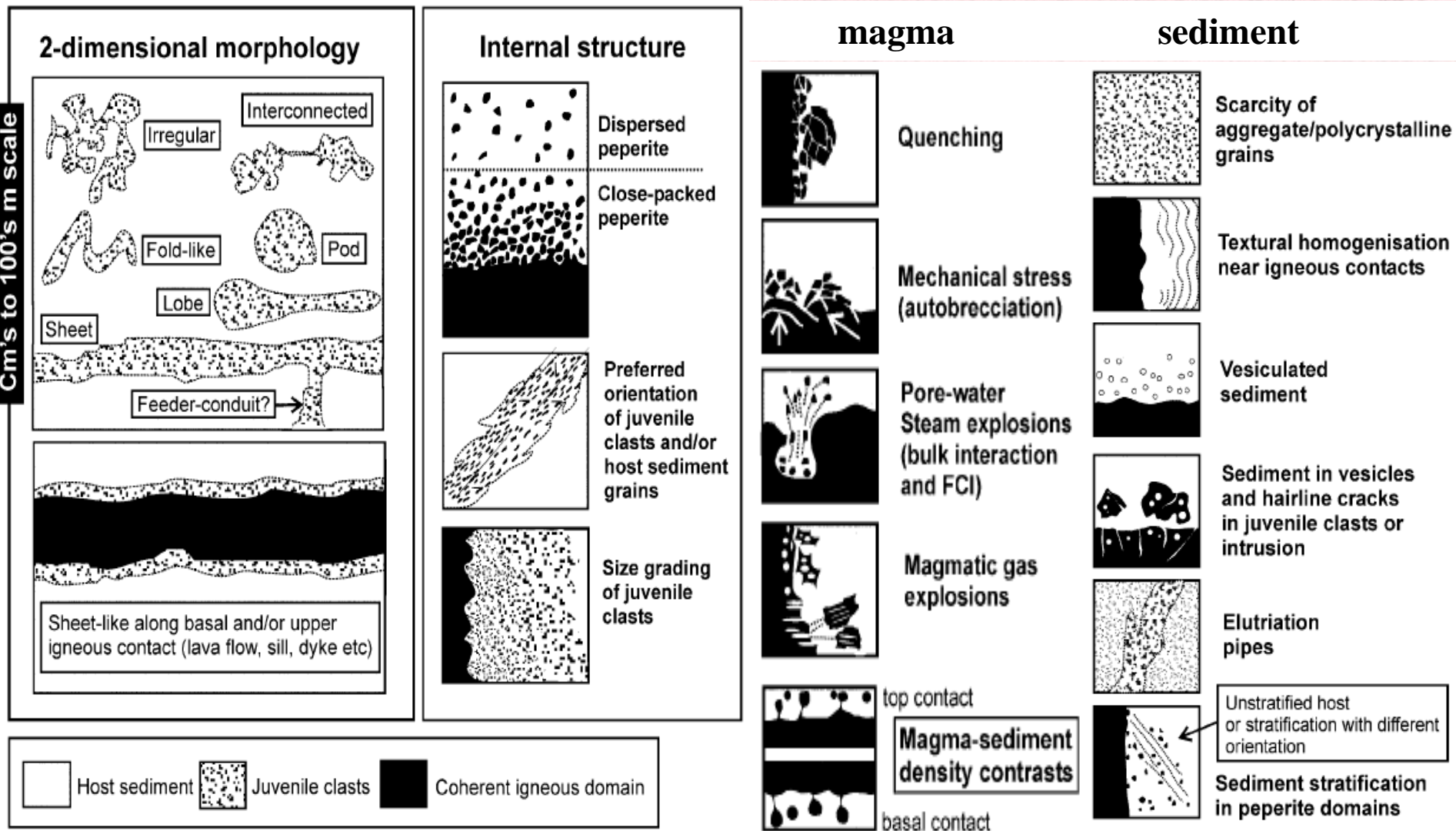
Herðubreiður, Island



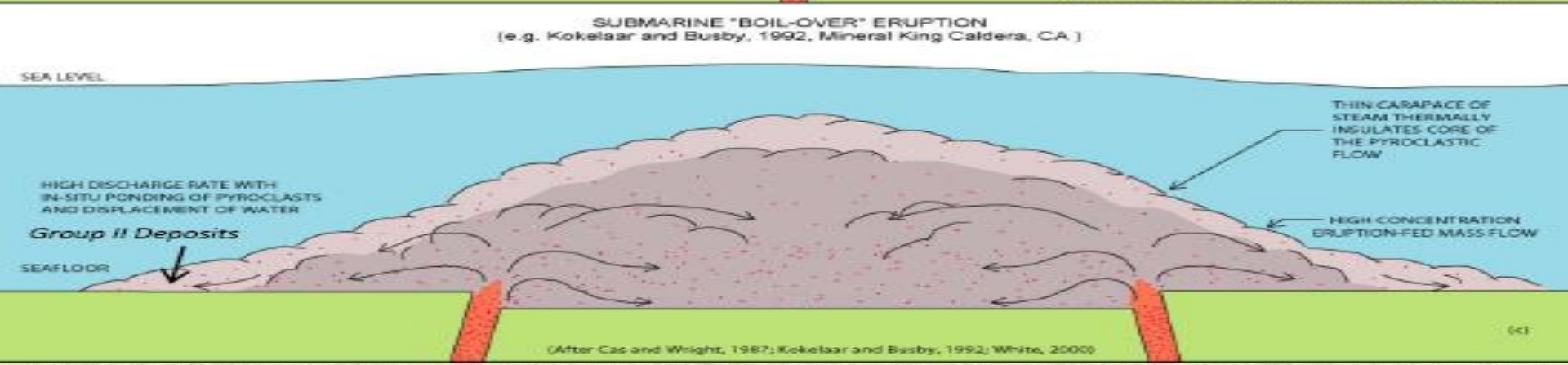
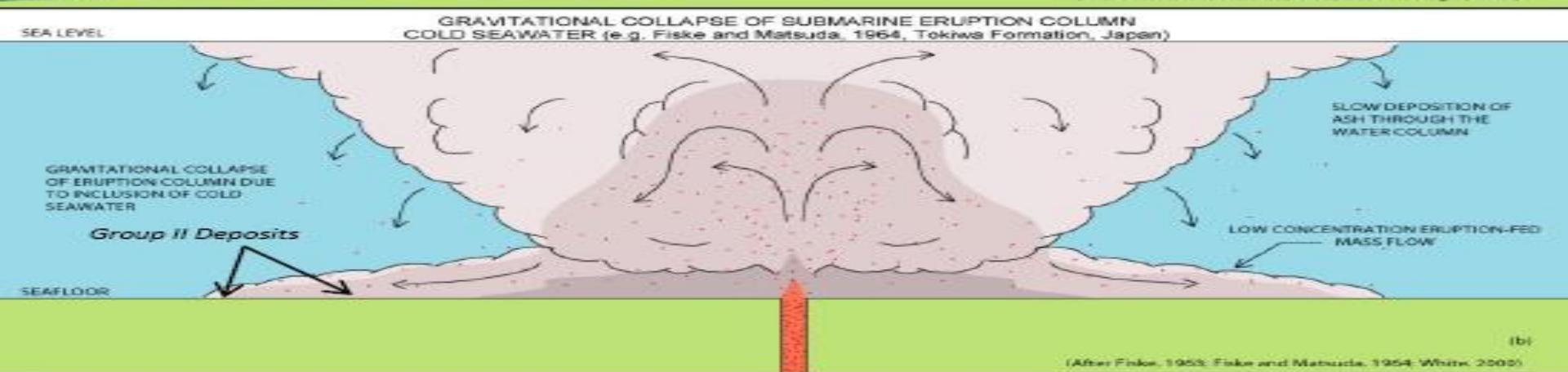
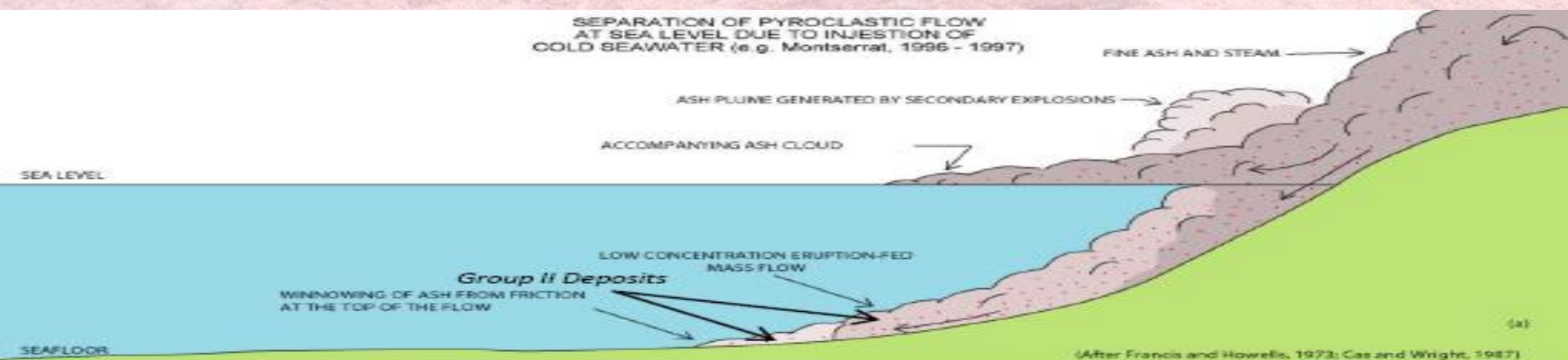


1000. μm BSE 15. kV

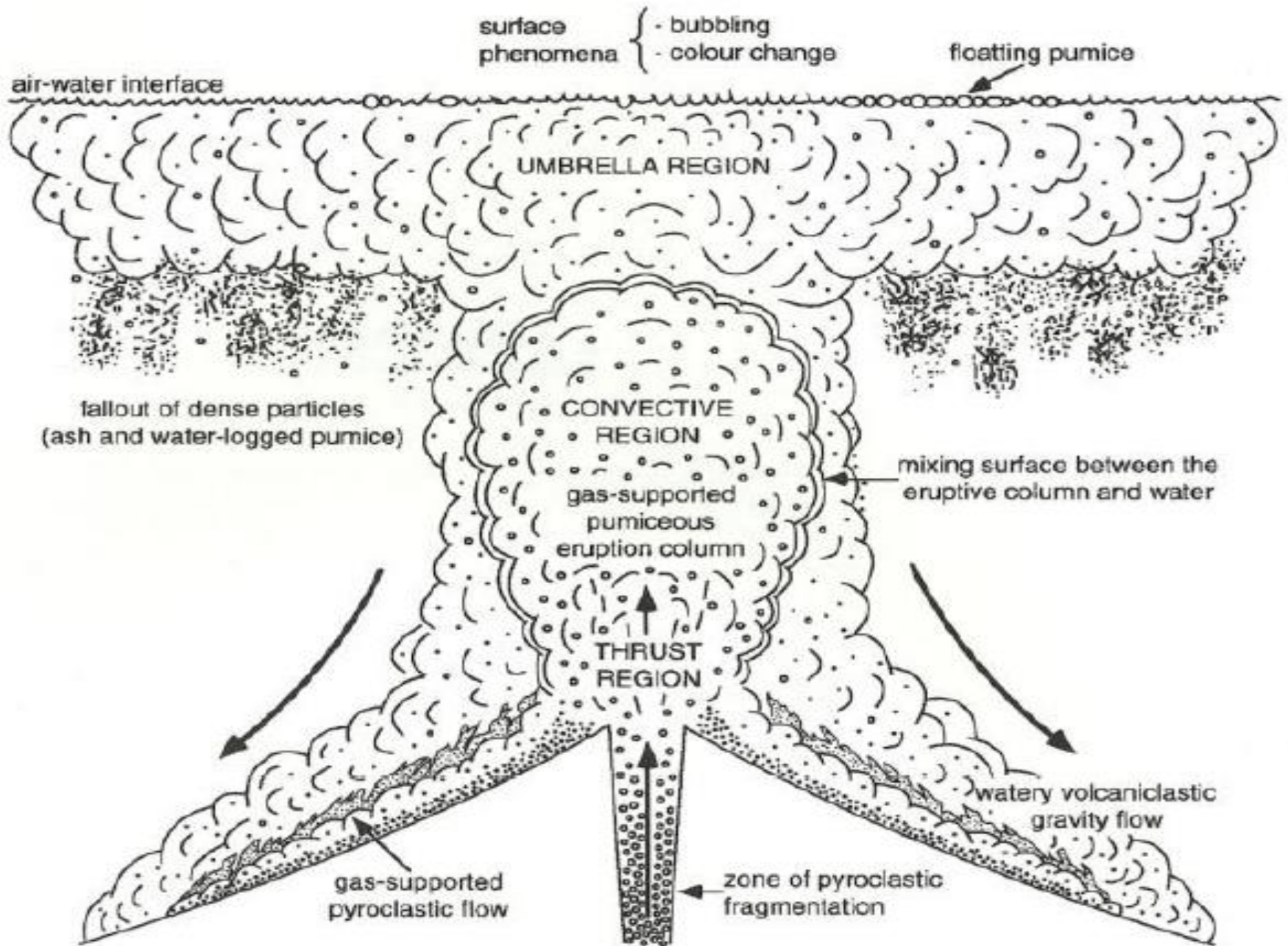
- peperity vznikají v důsledku intruze horké lávy do vlhkého sedimentu (jíly, pyroklastické horniny)
- výsledkem je řada fragmatů schlazené taveniny promíšené se sedimentem
- v mělkovodním prostředí vznikají vesikuly a může dojít k erupci
- v hlubokovodním mohou takto vznikat rozsáhlé komplexy (peperite-hypabyssal complexes)

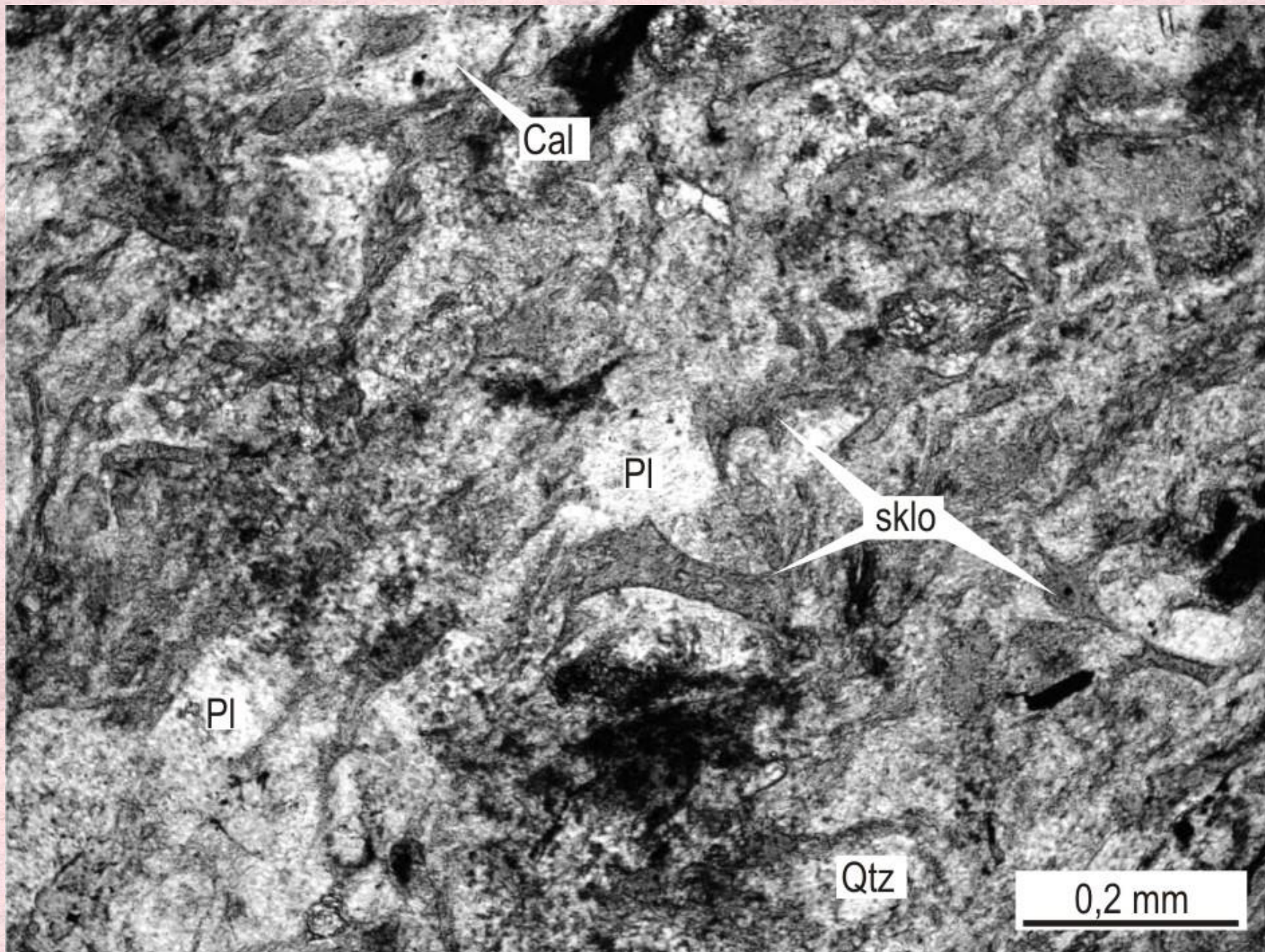


Hlavní procesy vedoucí k vzniku podmorských pyroklastik a vulkanoklastik



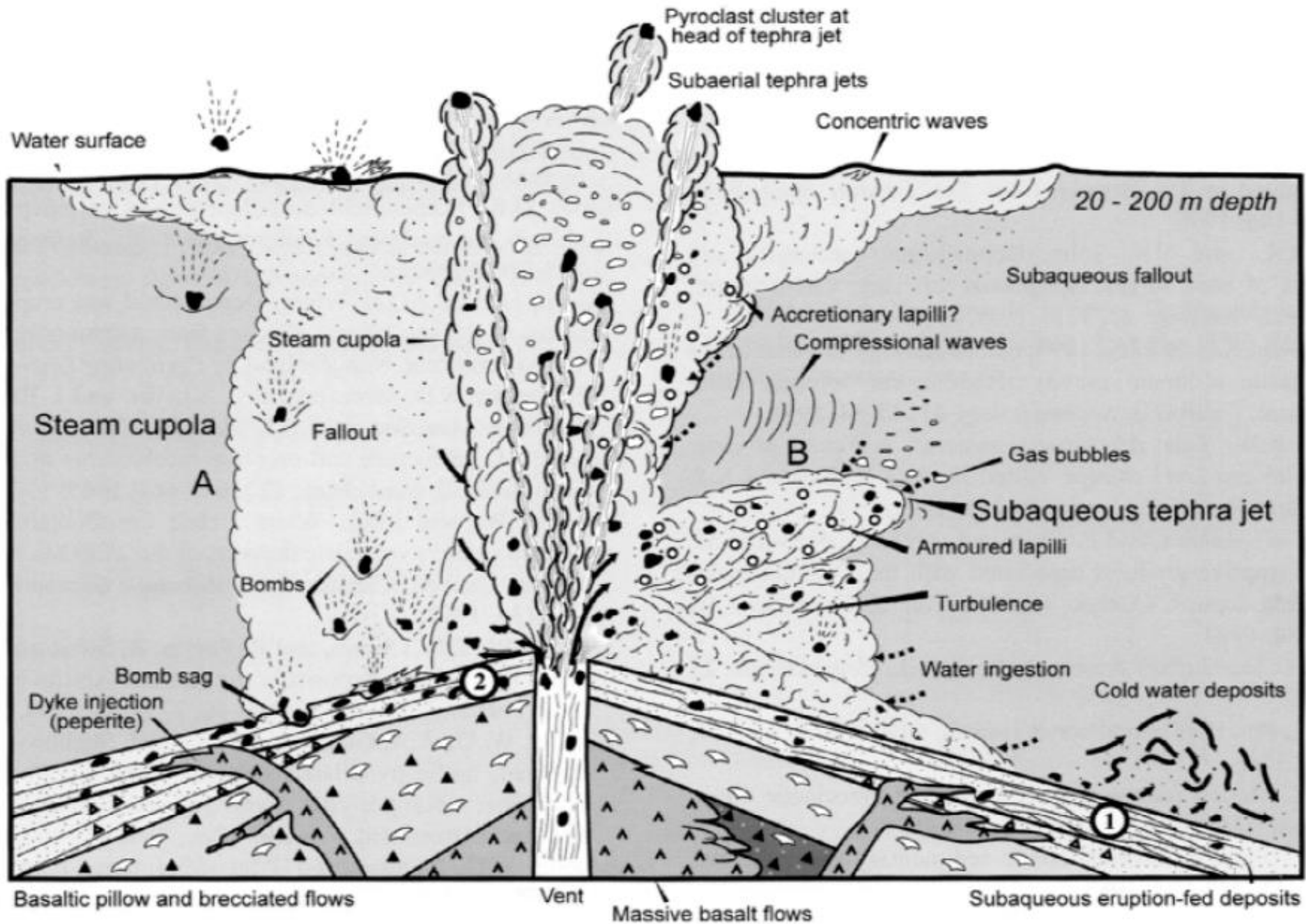
podmořská erupce v malé hloubce





Mikrofotografie vulkanoklastické horniny v březinské břidlici (bez analyzátoru)

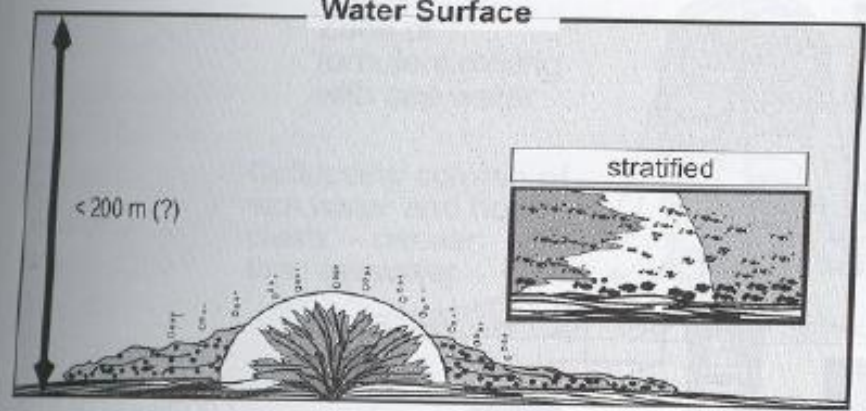




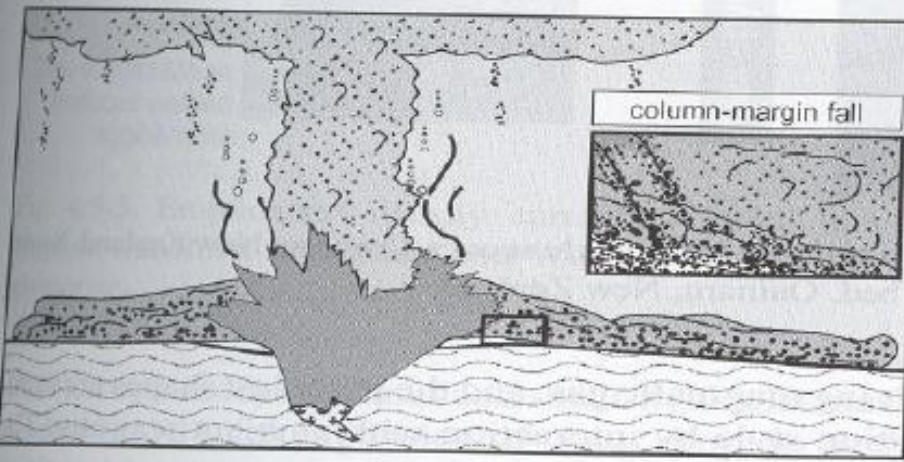
Model erupce v mělkém mořském prostředí (Surtseyan-type eruption) MUELLER (2003)



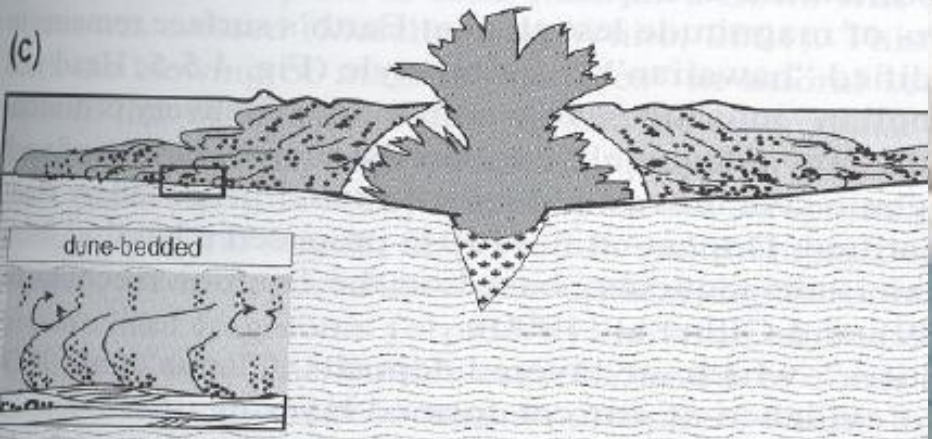
Water Surface



(b)

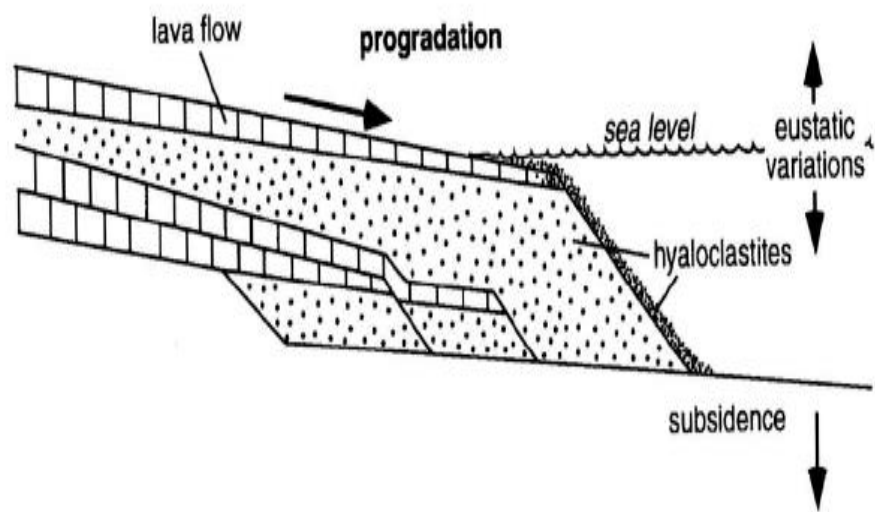


(c)

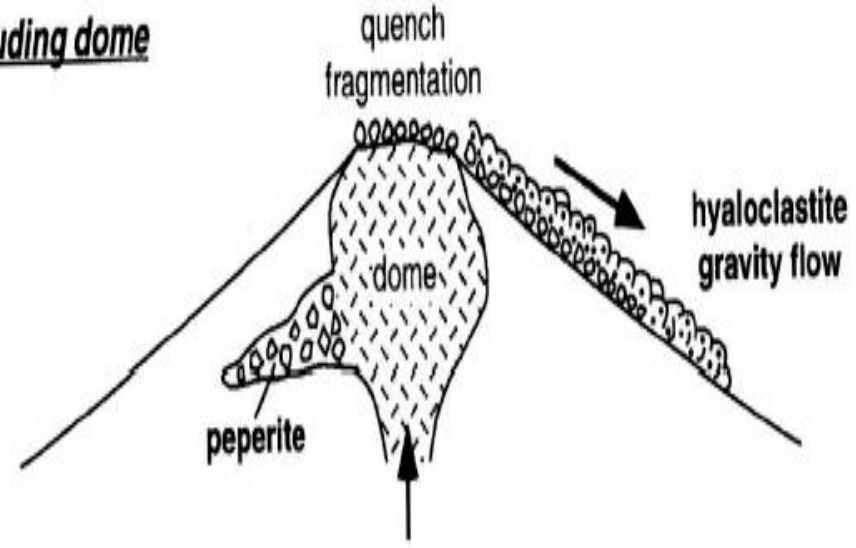


Schematický model vzniku hyaloklastitů (Schneider, 2000)

A SUBAERIAL LAVA FLOW INTO THE SEA

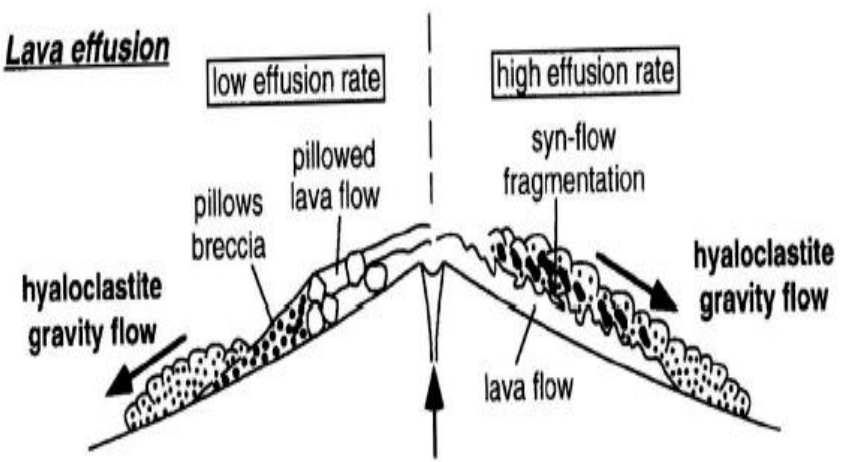


Extruding dome

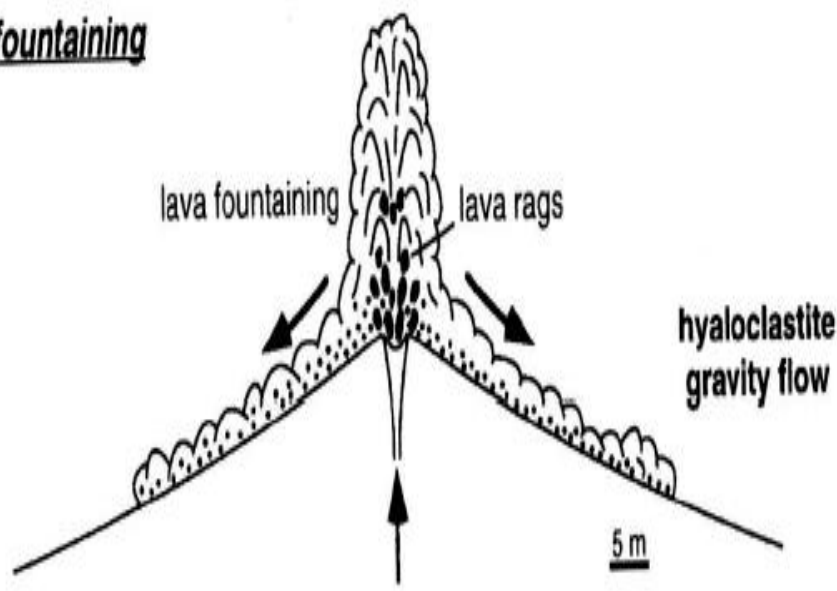


B SUBMARINE HYDROCLASTIC ERUPTIONS

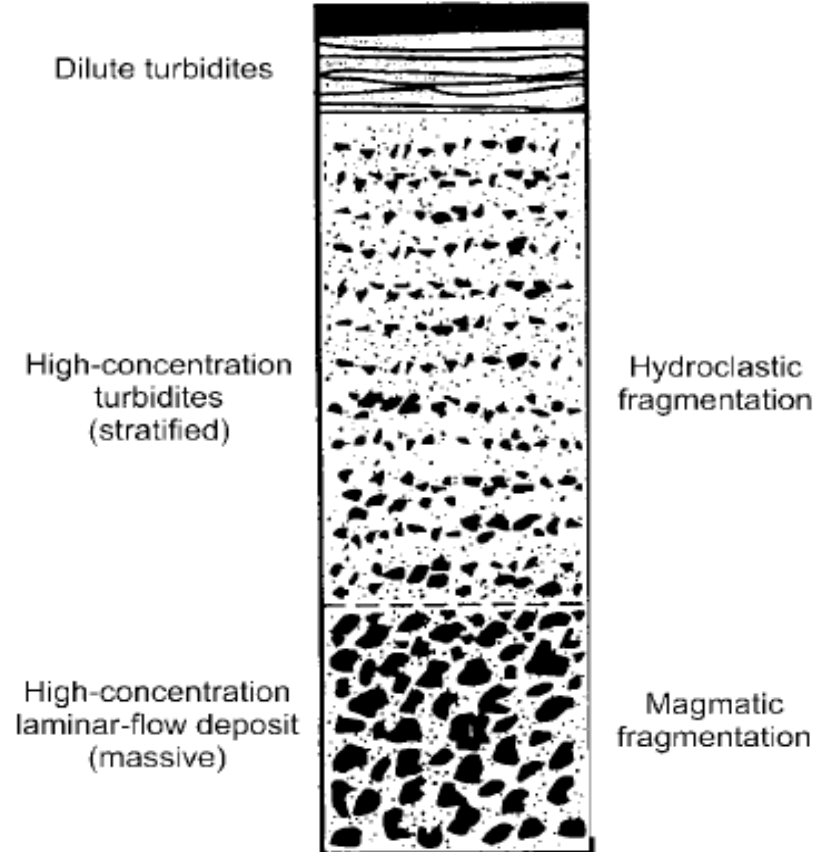
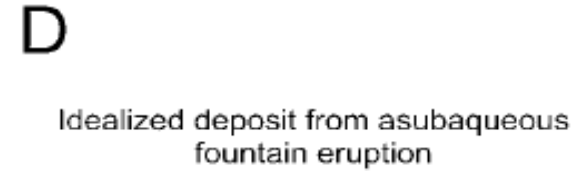
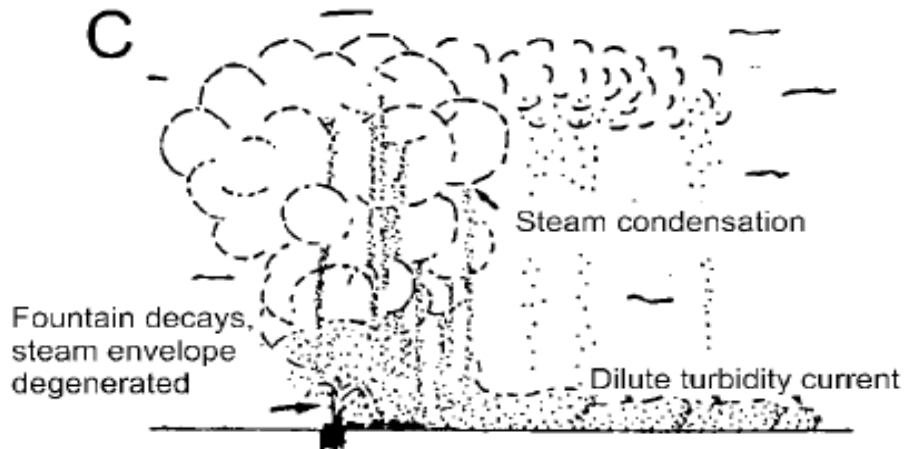
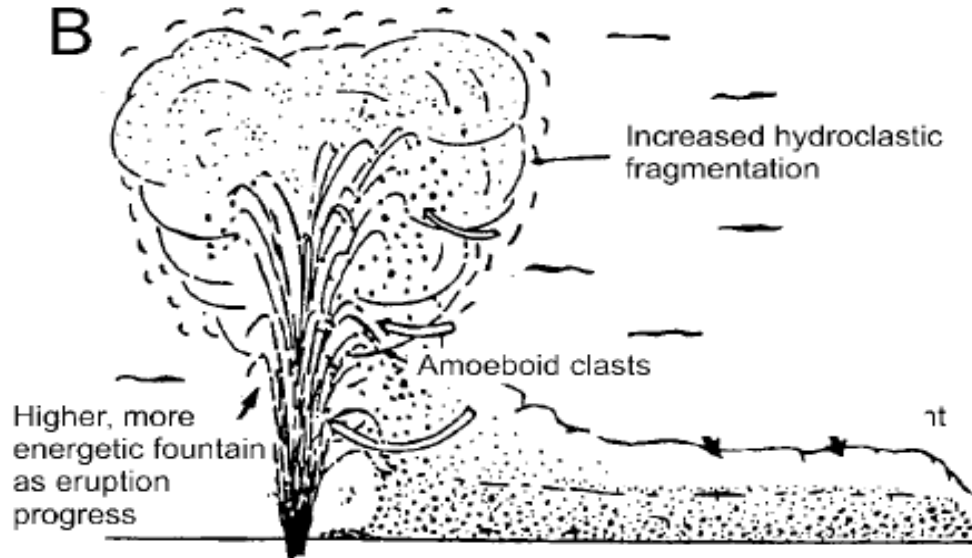
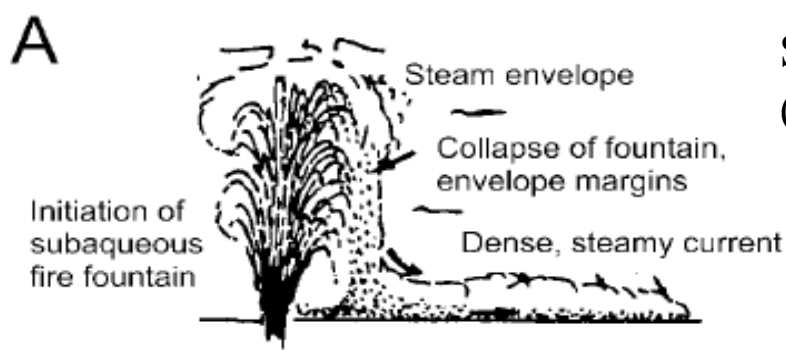
Lava effusion



Lava fountaining

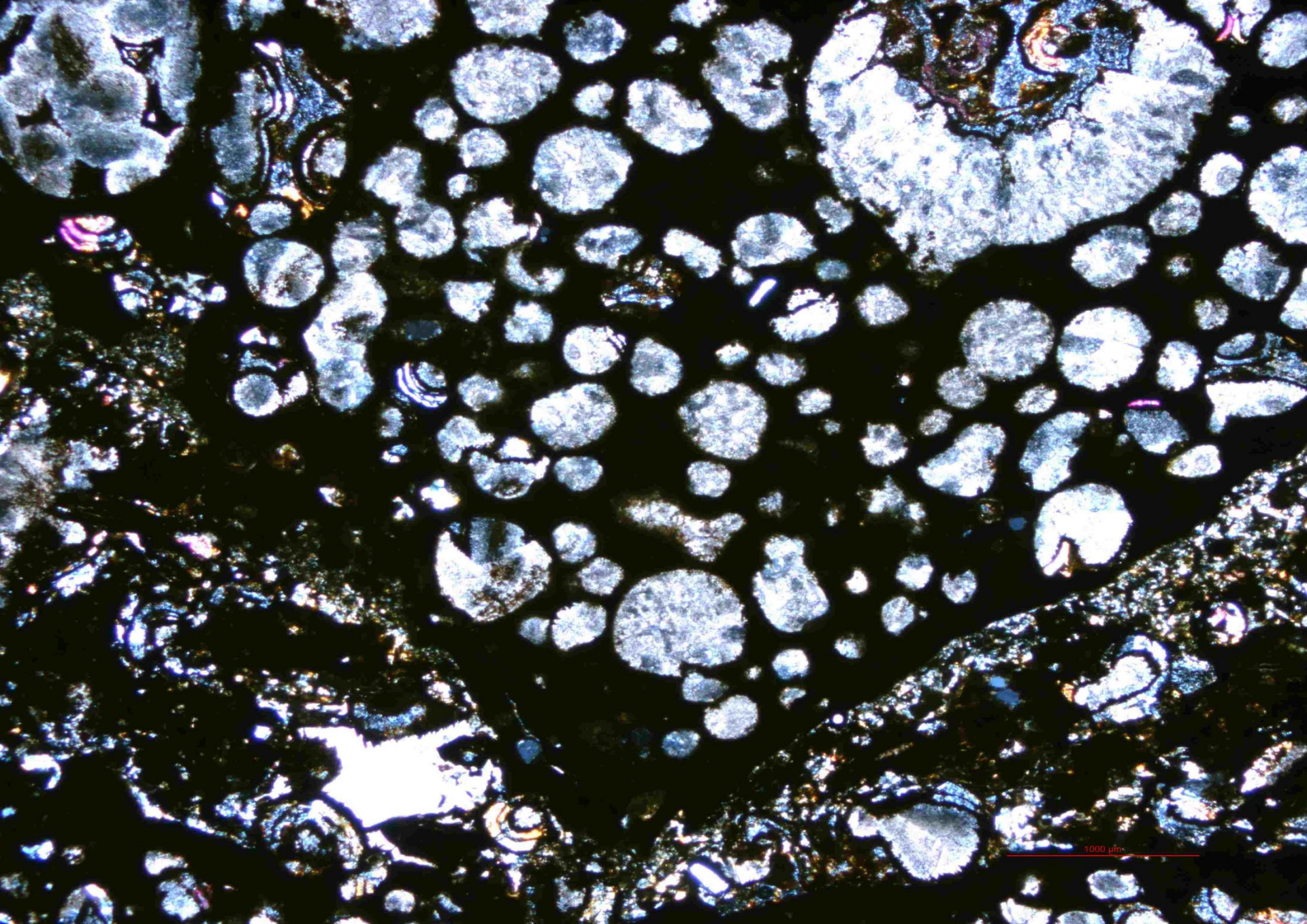


Schematický model podvodní fontánové erupce (MUELLER a WHITE 1992)

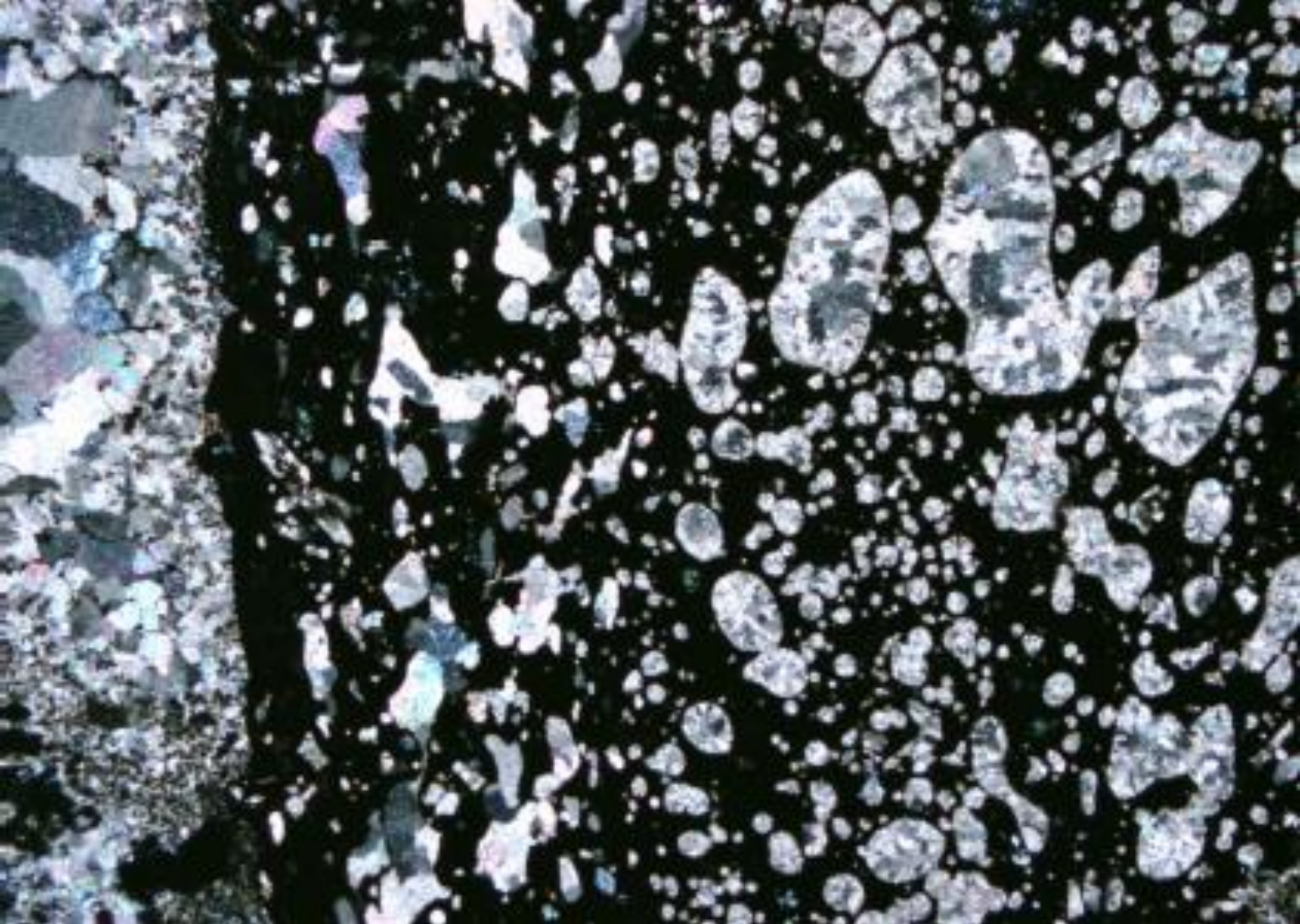




Vulkanoklastika (Kojetín)



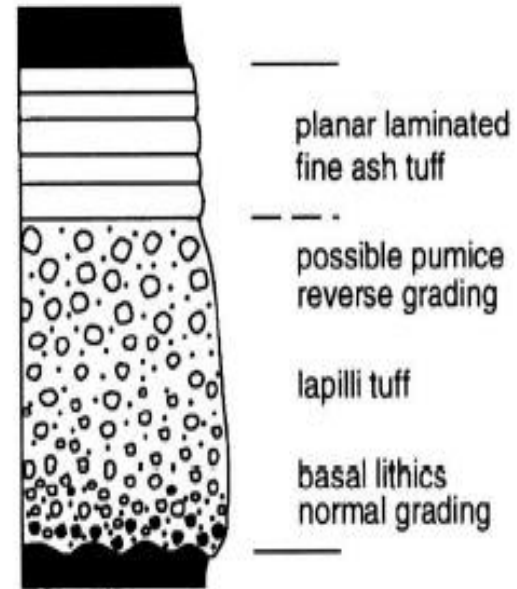
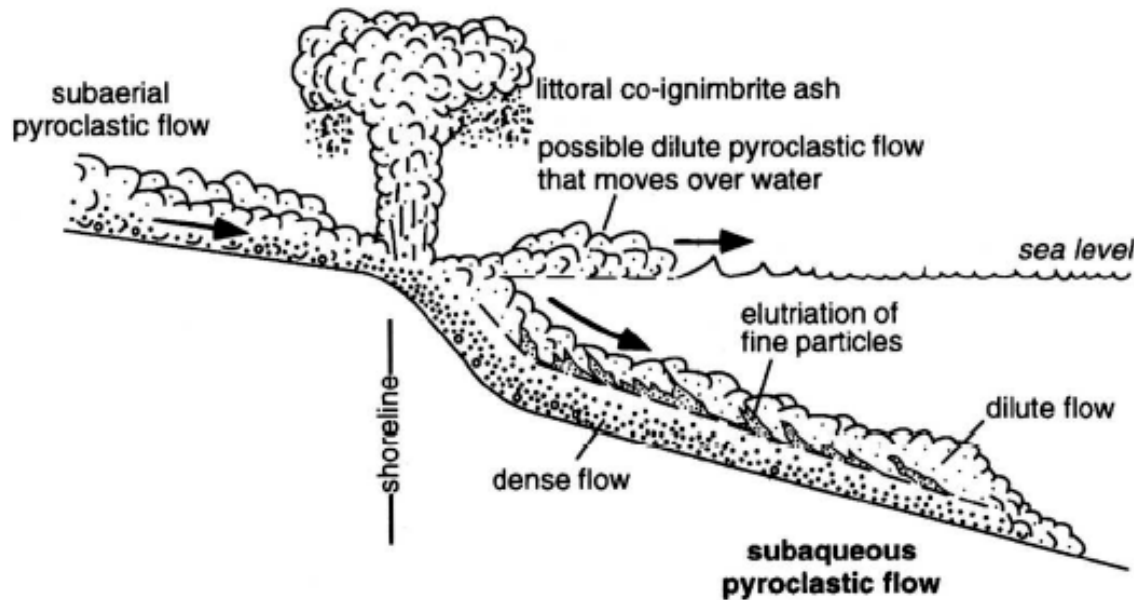
Vulkanoklastika (Kojetín)



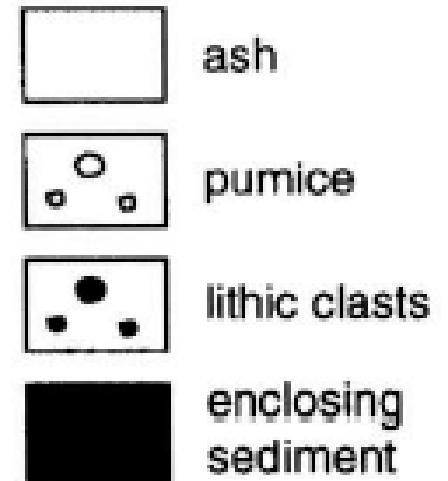
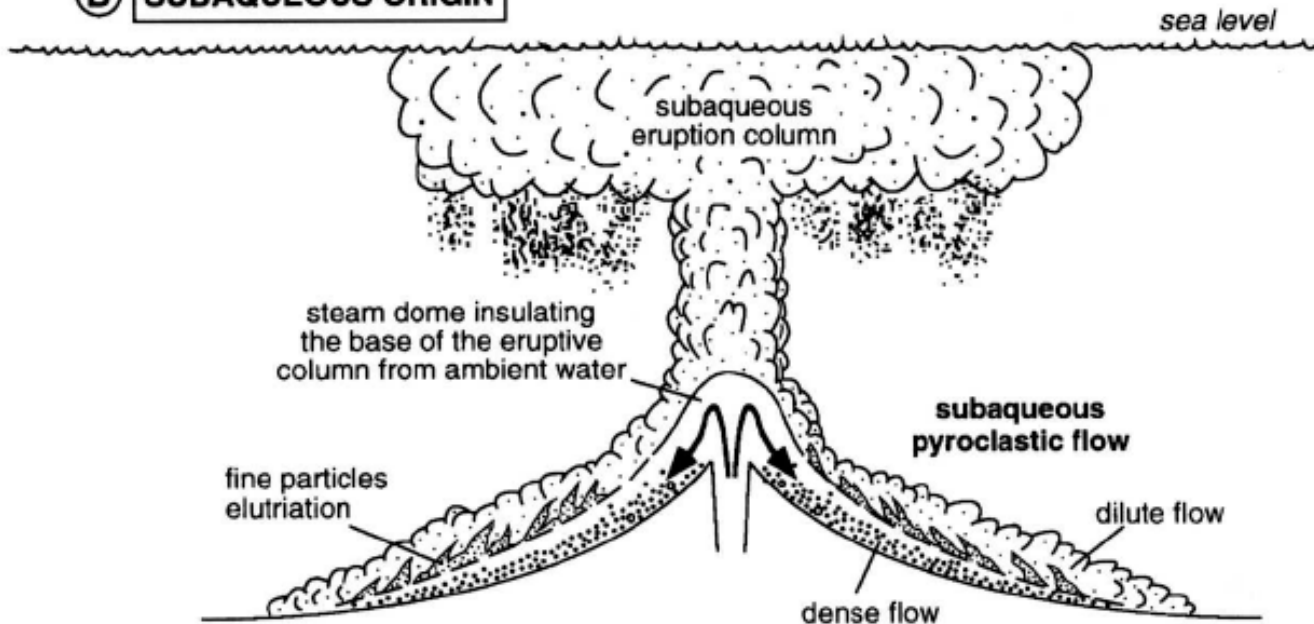
Vulkanoklastika (Petřkovice)

Schematický model podvodního pyroklastického proudu

(A) SUBAERIAL ORIGIN



(B) SUBAQUEOUS ORIGIN







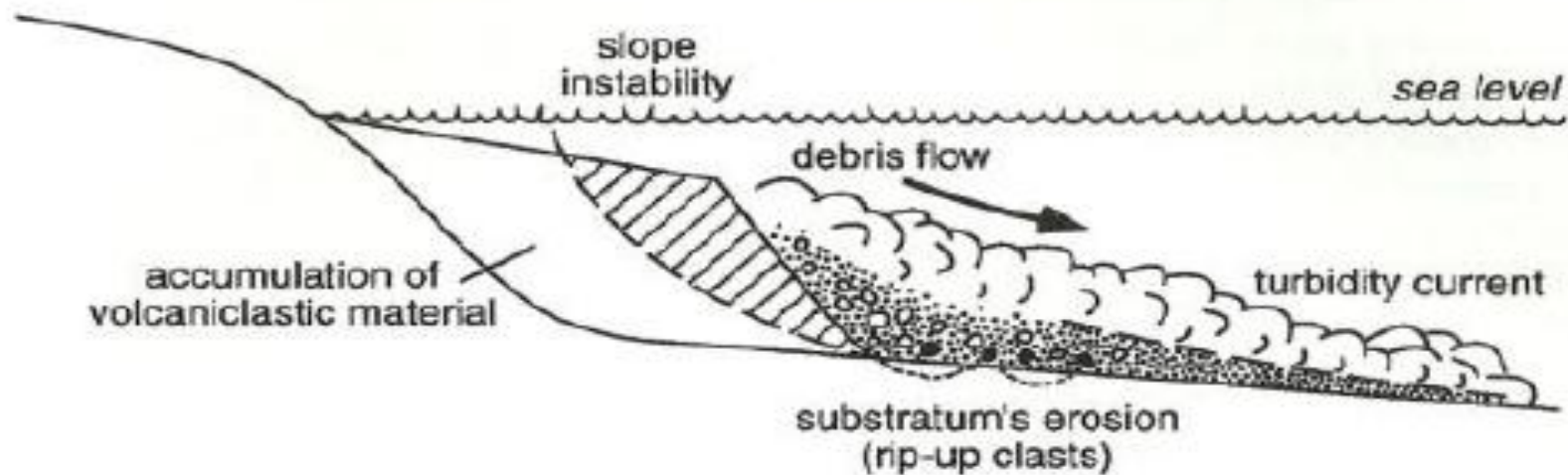
hama.

Perm, Mongolsko

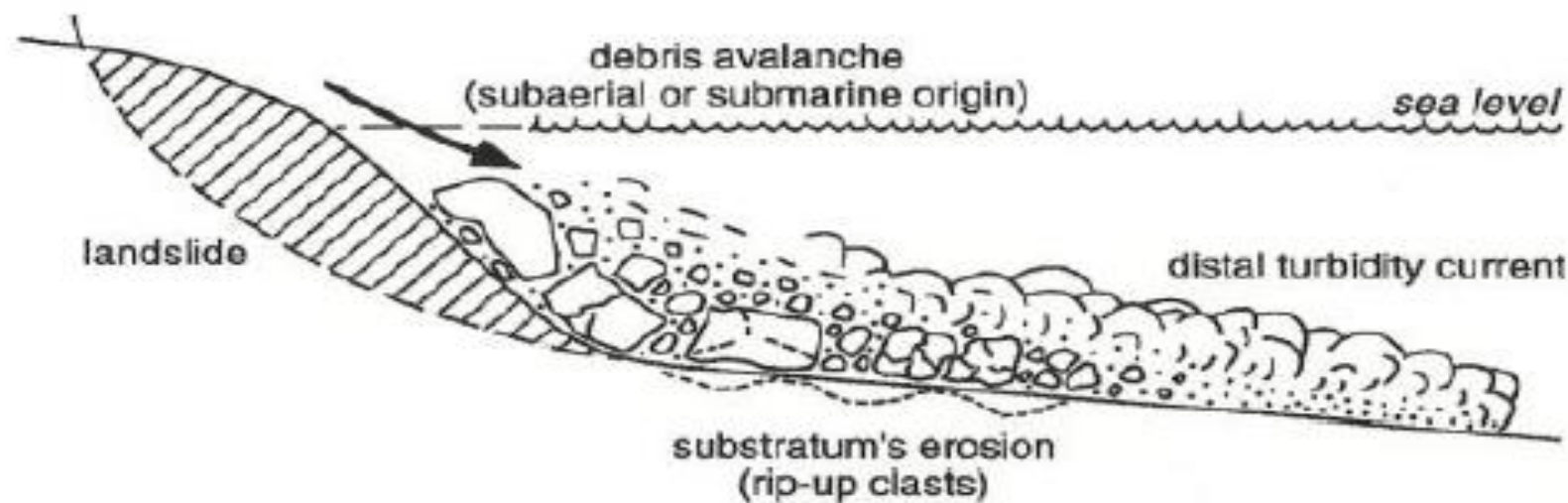


Perm, Mongolsko


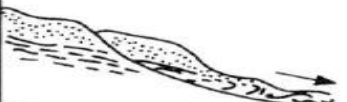




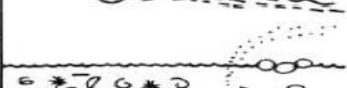

(A) GRAVITY FLOWS



(B) DEBRIS AVALANCHE



Podmořské sesuvy

PROCESSES:	CHARACTERISTICS:	DEPOSITS:
resedimentation		talus deposit
rockfall		
slide/slump		debris avalanche deposit
debris flow		debris flow deposit
grain flow		grain flow deposit
fluidised flow		
liquefied flow		
turbidity current (high/low density)		turbidite
normal bottom currents		normal current deposit
internal tides waves		
canyon currents		contourite
bottom (contour currents)		
surface currents and pelagic settling		pelagite, hemipelagite, water-settled fall deposit
flocculation		
pelletisation		
flotation		



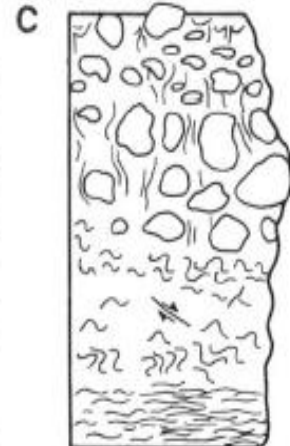
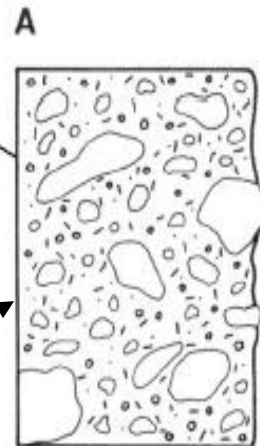
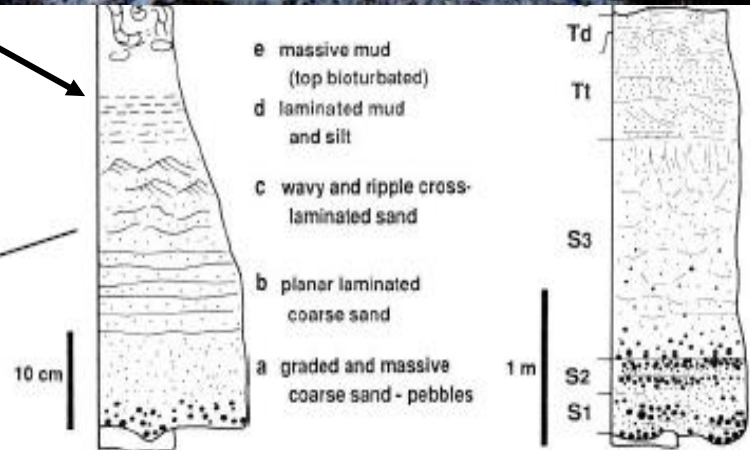
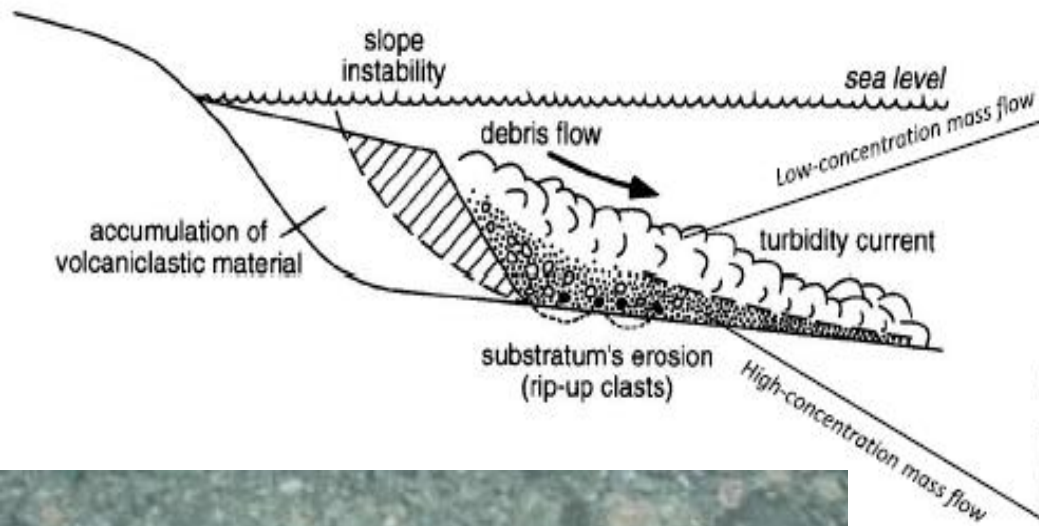
GENETIC CATEGORY	DOMINANT TRANSPORT		
	Mass-flow	Traction	Suspension
primary pyroclastic deposits	<ul style="list-style-type: none"> pyroclastic flows 	<ul style="list-style-type: none"> pyroclastic surges 	<ul style="list-style-type: none"> fallout water-settled fallout
resedimented syn-eruptive volcanoclastic deposits and volcanogenic sedimentary deposits	<ul style="list-style-type: none"> turbidity currents debris flows, mud flows grain flows density-modified grain flows slides, debris avalanches 	<ul style="list-style-type: none"> fluvial and shallow subaqueous currents waves 	<ul style="list-style-type: none"> suspension associated with mass flows hemipelagic suspension

Vulkanoklastické gravitační proudy

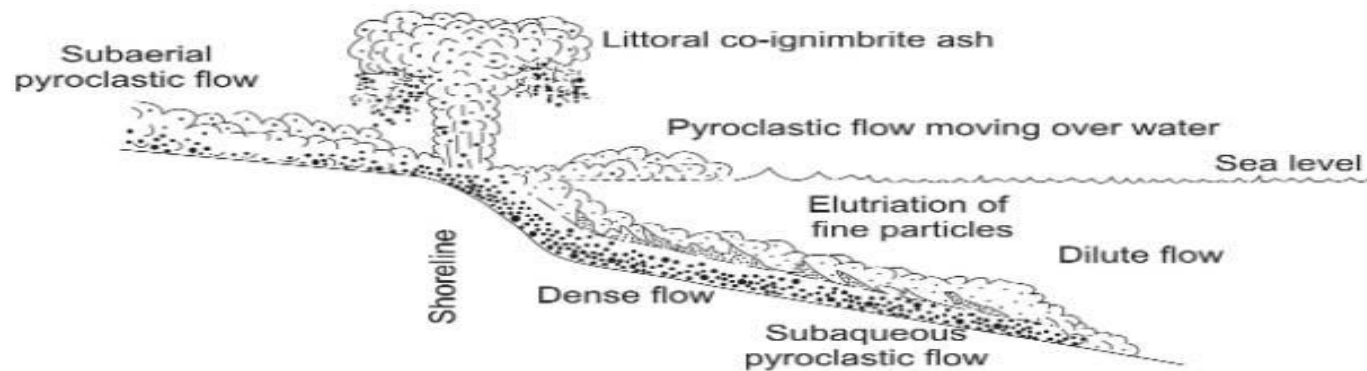


GRAVITY FLOWS

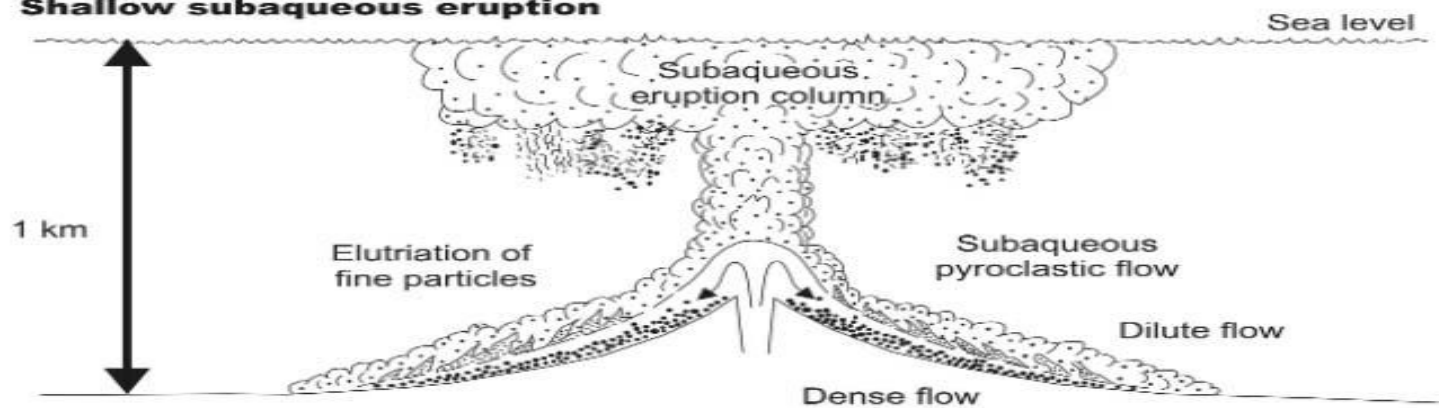
(from Schneider, 2000)



(a) **Subaerial eruption**



(b) **Shallow subaqueous eruption**



(c) **Deep subaqueous eruption**

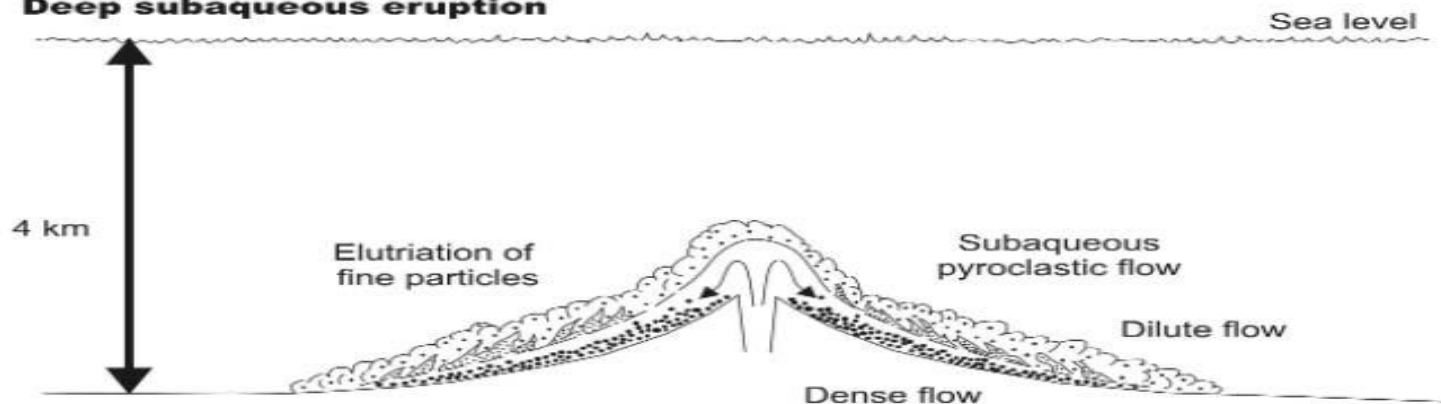
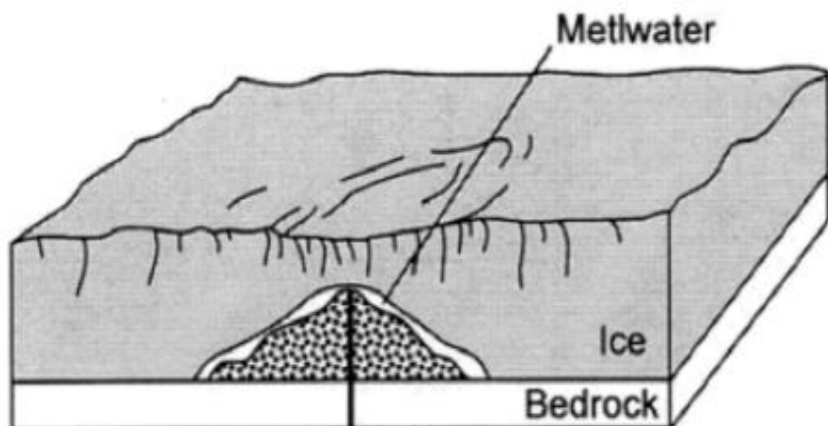


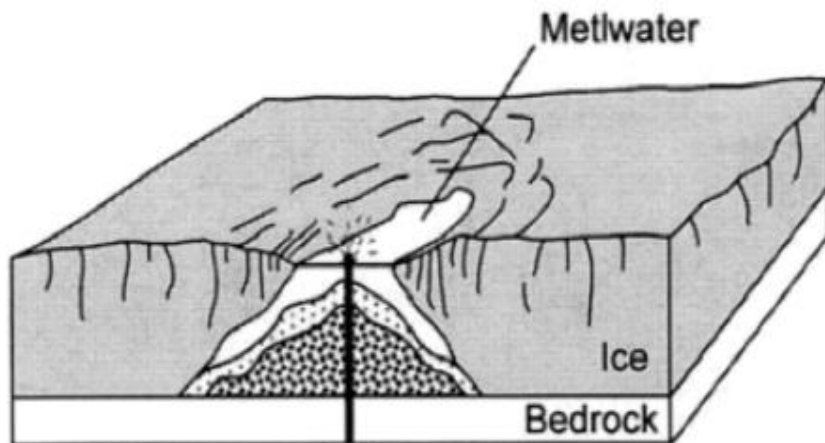
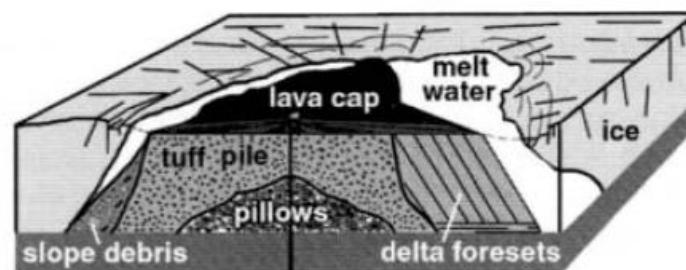
Figure 4. Models for subaqueously deposited pyroclastic flows. (a) Pyroclastic flows of subaerial origin. (b) Pyroclastic flows of subaqueous origin at shallow depths (up to 1 km). (c) Pyroclastic flows of subaqueous origin in deep water (4 km) (modified after Schneider, 2000).

Erupce pod ledem

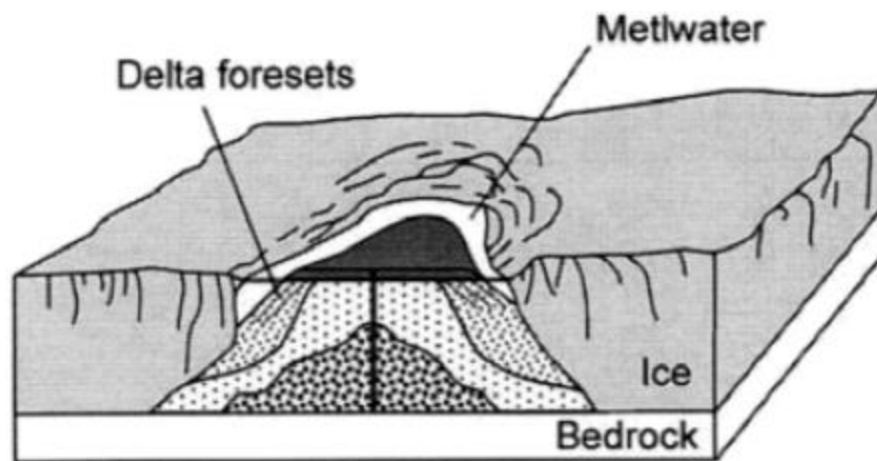


Stage 1

- Subaerial lava flows
- Hyaloclastite / pillow breccia
- Hyaloclastite
- Pillow lava / pillow breccia



Stage 2



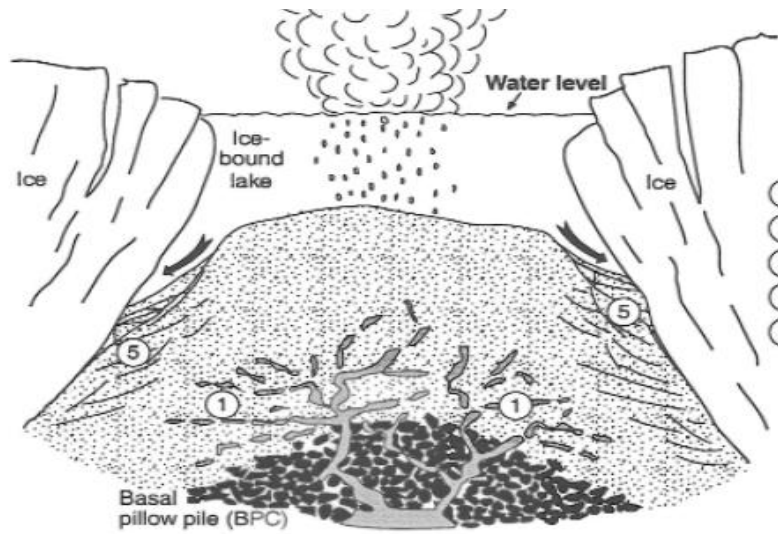
Stage 3

Model subglaciální erupce a vzniku tabulové hory (KOMATSU et al. 2007)



Herðubreiður, Island (Christoph Breitkreuz)

A Efuzivní/intruzivní erupce v hluboké vodě a polštářové lávy

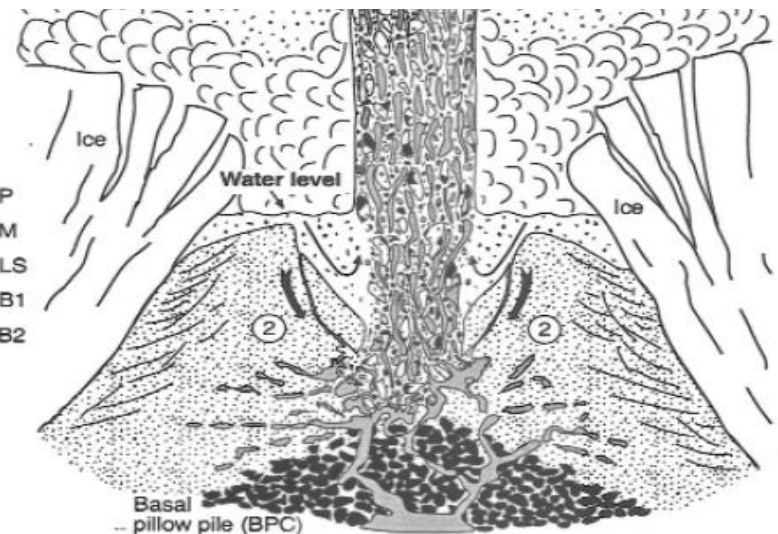


- ① Subfacies CH-P
- ② Subfacies CH-M
- ③ Subfacies CH-LS
- ④ Subfacies CH-B1
- ⑤ Subfacies CH-B2

"Effusive/intrusive deep water stage" → subfacies CH-P

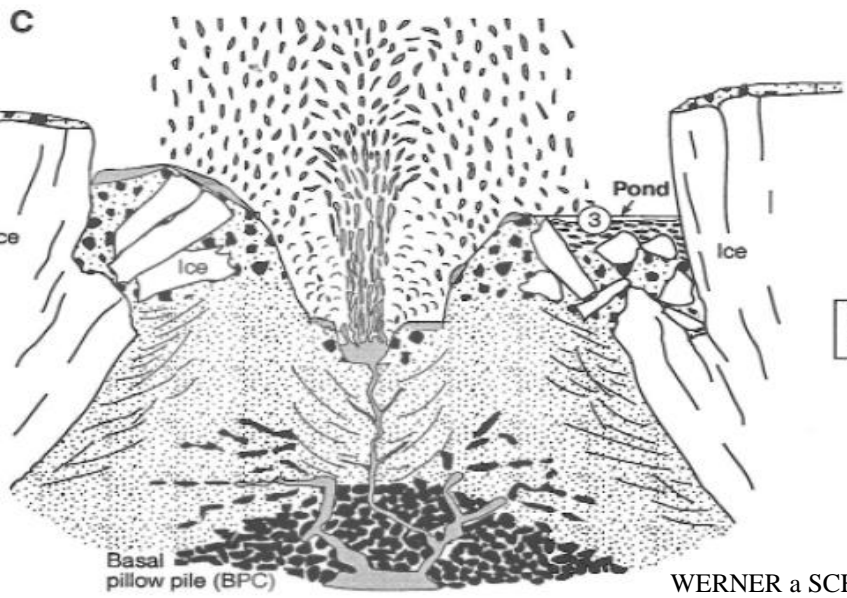
Strombolský - Hawaiský style erupce, intenzivní magmatická fragmentace

B Surtseyský styl erupce, hydroklastická fragmentace v mělké vodě



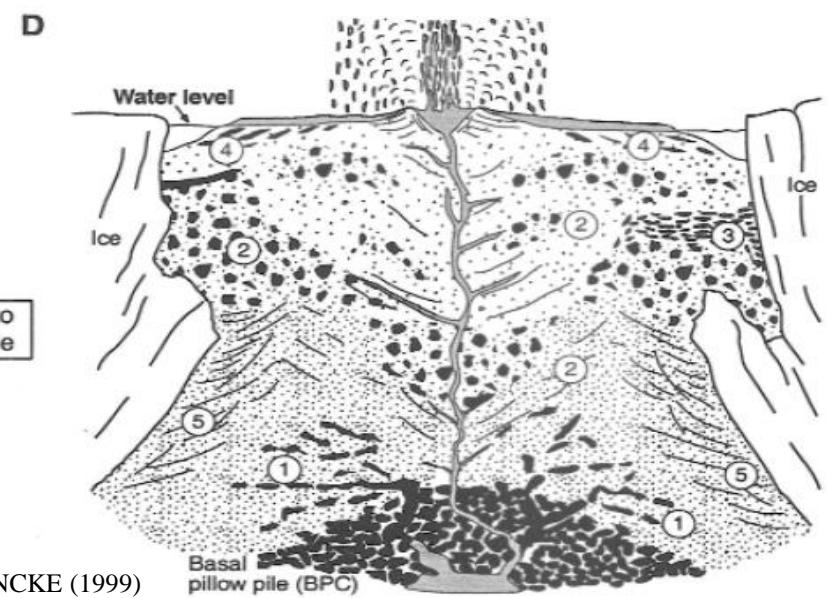
"Hydroclastic shallow water stage" → subfacies CH-M

Efuzivní stádium produkuje lávové výlevy překrývající vulkán



not to scale

"Pyroclastic emergent stage" → subfacies CH-LS



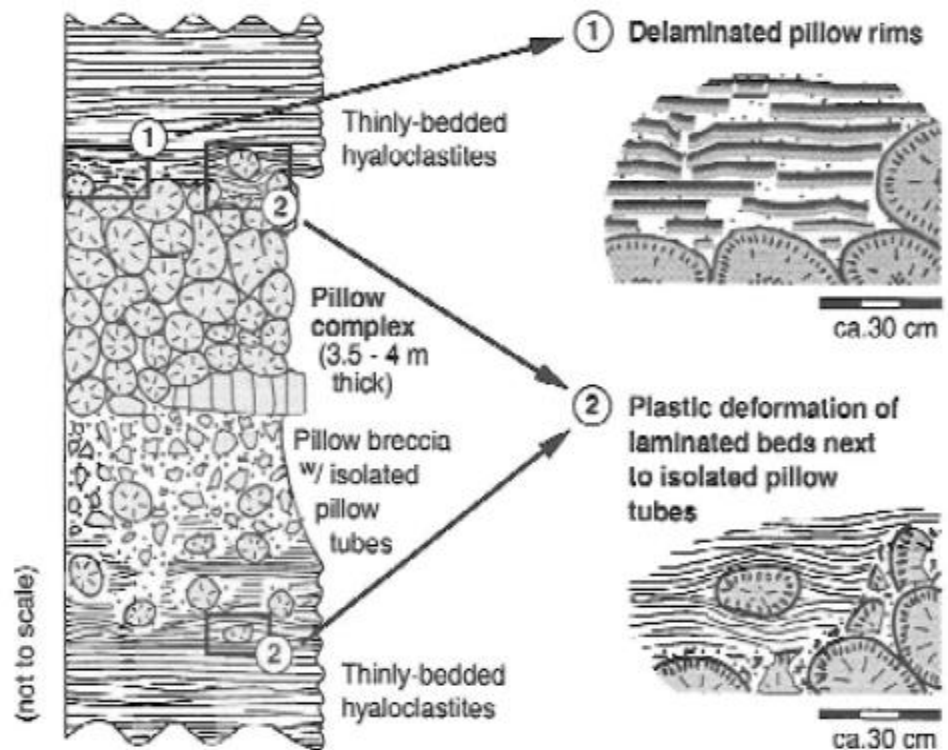
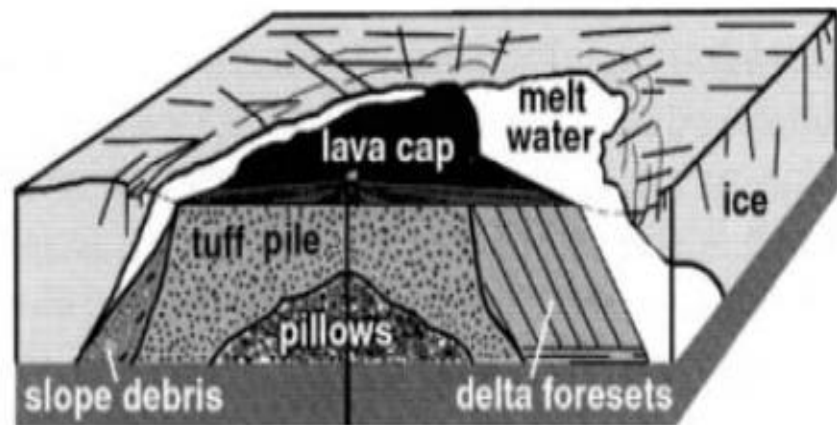
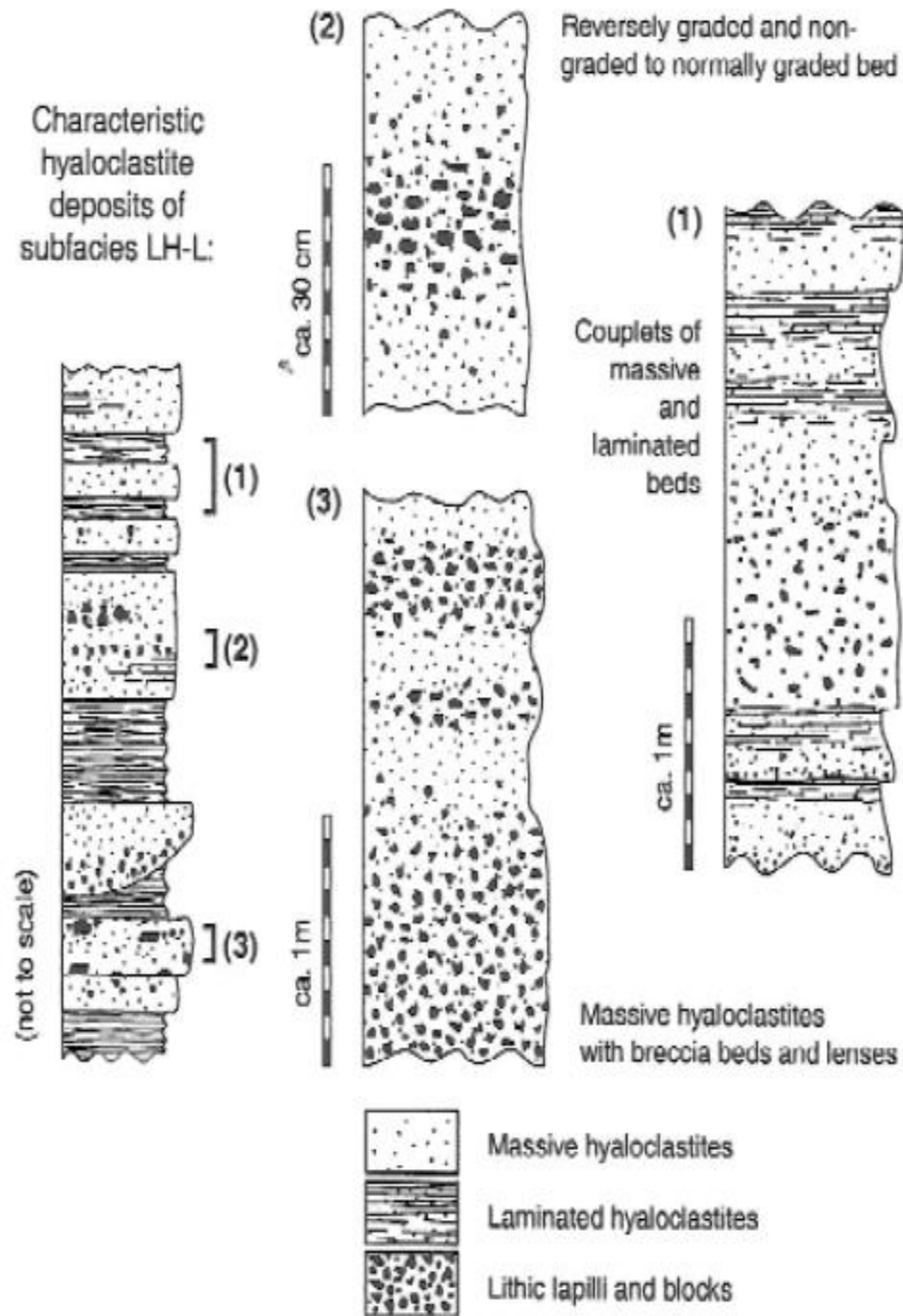
"Effusive emergent stage" → subfacies CH-B1

WERNER a SCHMINCKE (1999)

- | | | | | | |
|--|-------------------------------------|--|---------------------------------|--|----------------------|
| | Massive hyaloclastites | | Bedded hyaloclastites | | Lavas and intrusives |
| | Massive hyaloclastites (clast-rich) | | Hyaloclastites w/ lava spatters | | Pillow pile |

Herðubreiður, Island

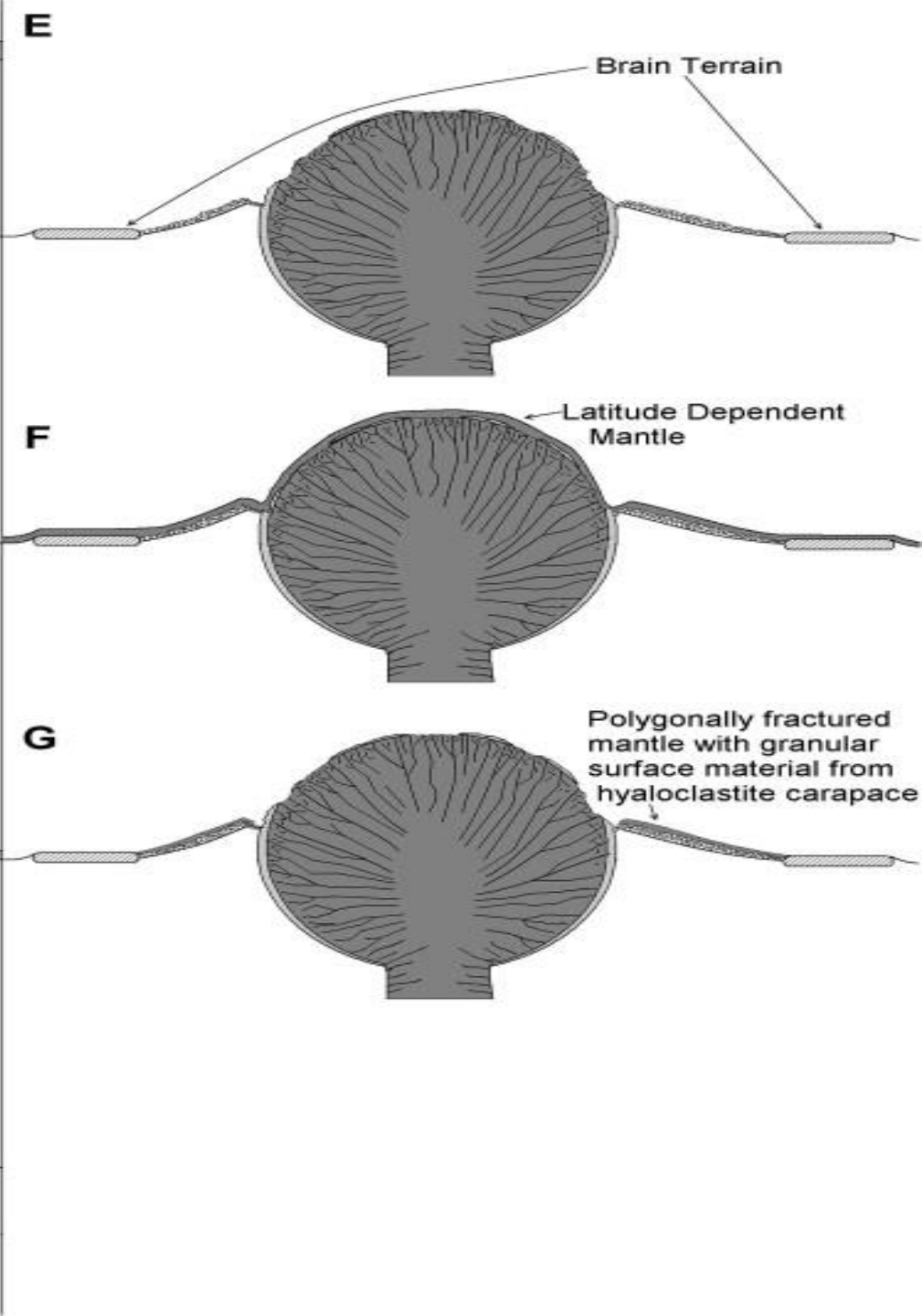
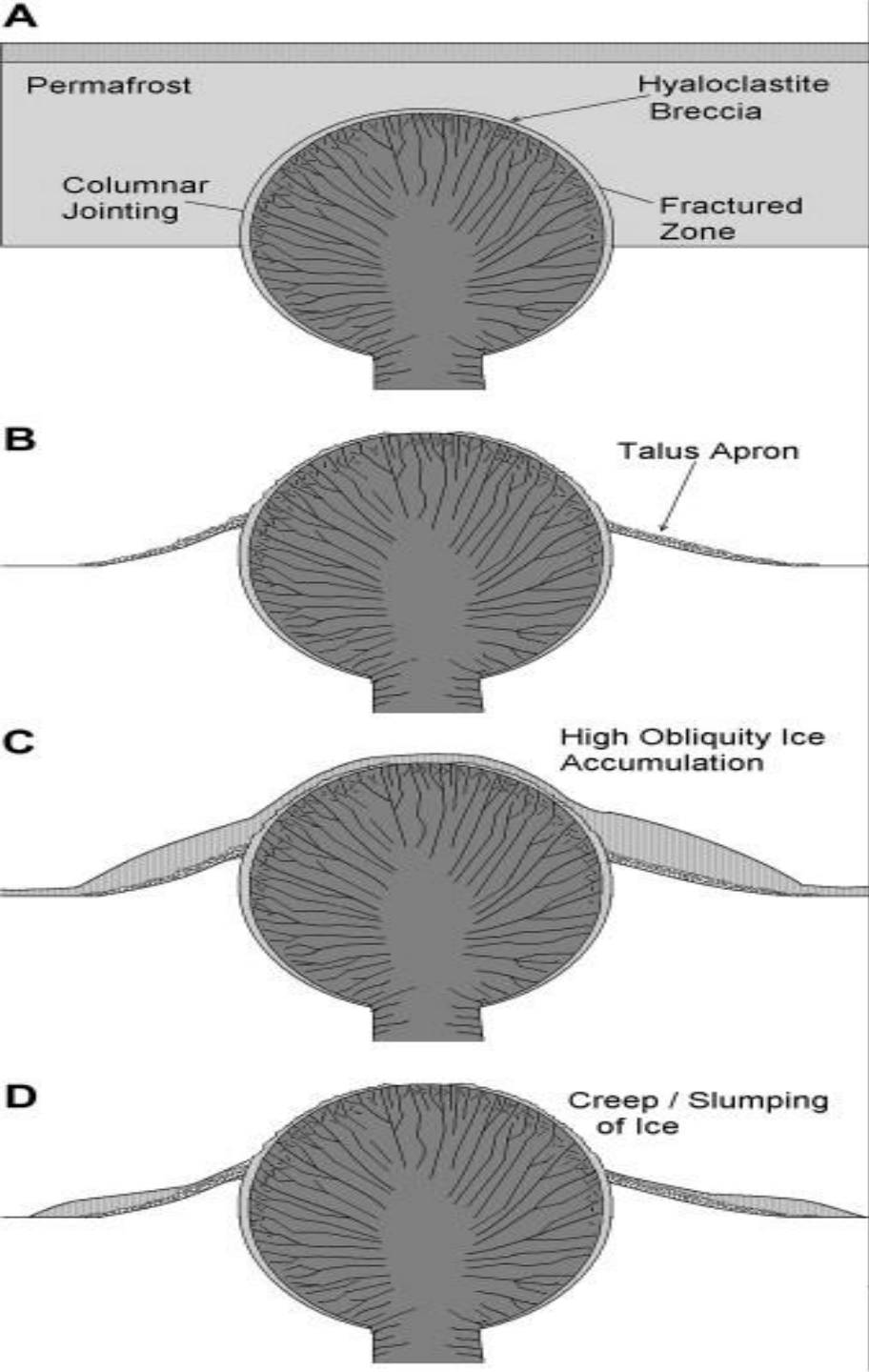




Schematický řez produkty subglaciálního vulkánu (WERNER a SCHMINCKE 1999)



Herðubreiður, Island



Použitá literatura

- řada prezentací volně dostupná na internetu
- Strahler, A. (1999): *Introducing Physical Geography*. Wiley, New York
- Karásek, J. (2001): *Základy obecné geomorfologie*. Přírodovědecká fakulta MU, Brno, 216 s.
- Demek, J. (1987): *Obecná geomorfologie*. Academia, Praha, 476 s.
- <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie>
- http://www.geology.sdsu.edu/how_volcanoes_work/
- <http://volcanoes.usgs.gov/>
- <http://en.wikipedia.org/>
- <http://volcano.und.nodak.edu>
- <http://www.sopky.cz/>