

Glacigenní sedimenty

Oblasti pevninského ledovcového systému

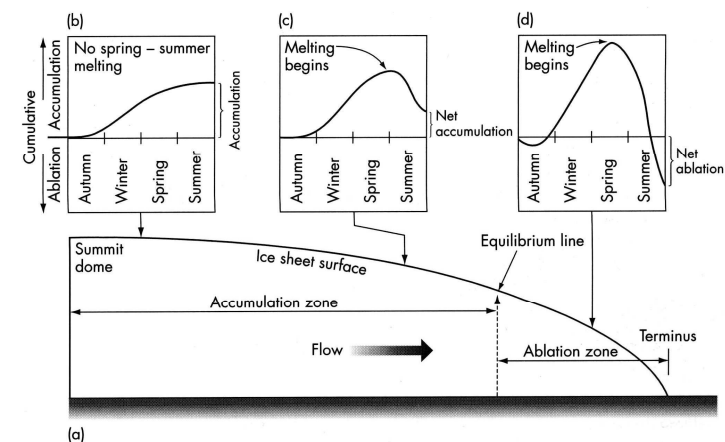
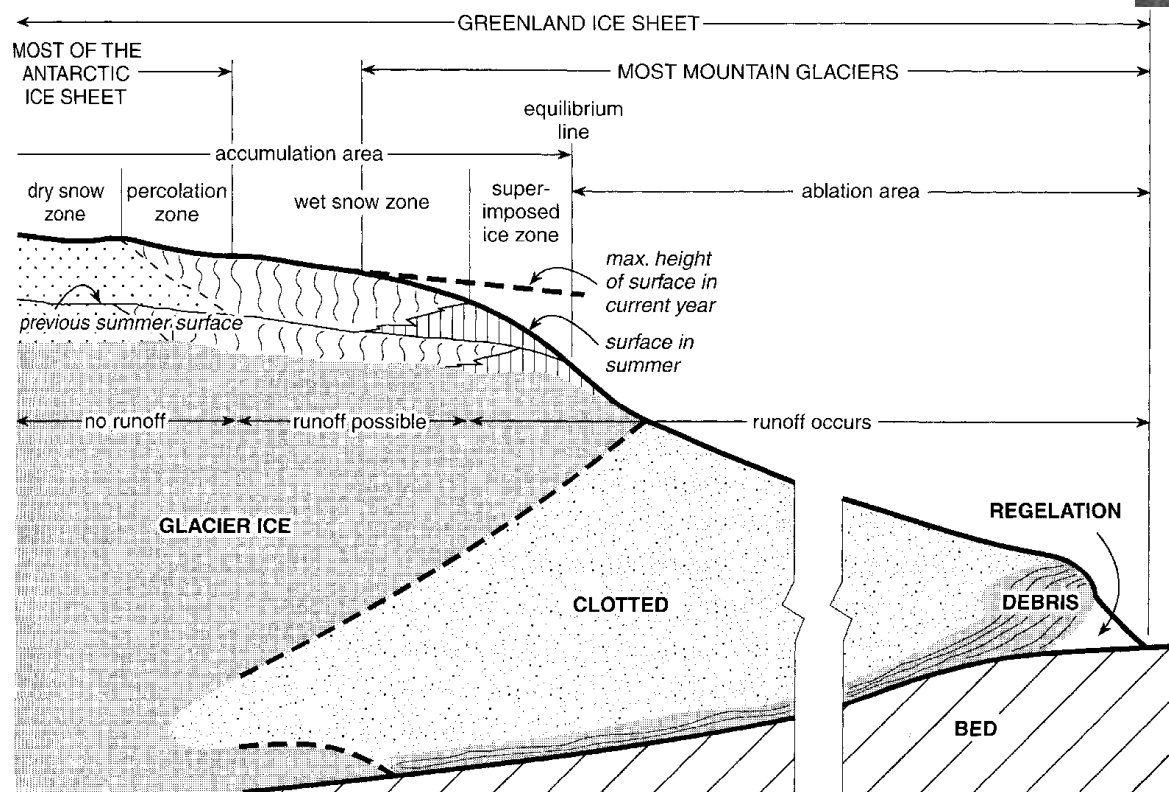
Horizontální členění

1. Ledovcová oblast

- **akumulační zóna** (nedochází k ukládání ledovcem transportovaného materiálu)
- **ablační zóna** (sedimentace ledovcem transportovaného materiálu)



Nevytříděný tillový materiál, lokalita Brown (USA).



Oblasti pevninského ledovcového systému

2. Oblast ledovcového okraje (terminoglaciacíální oblast)

- čelní zóna
- boční zóna (horské zalednění)

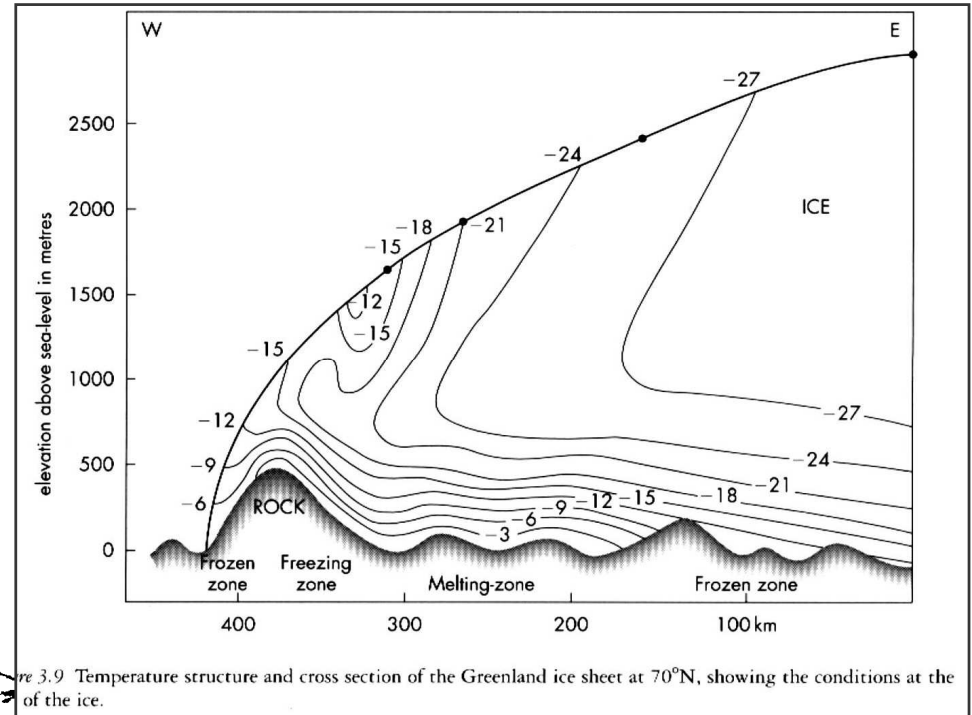
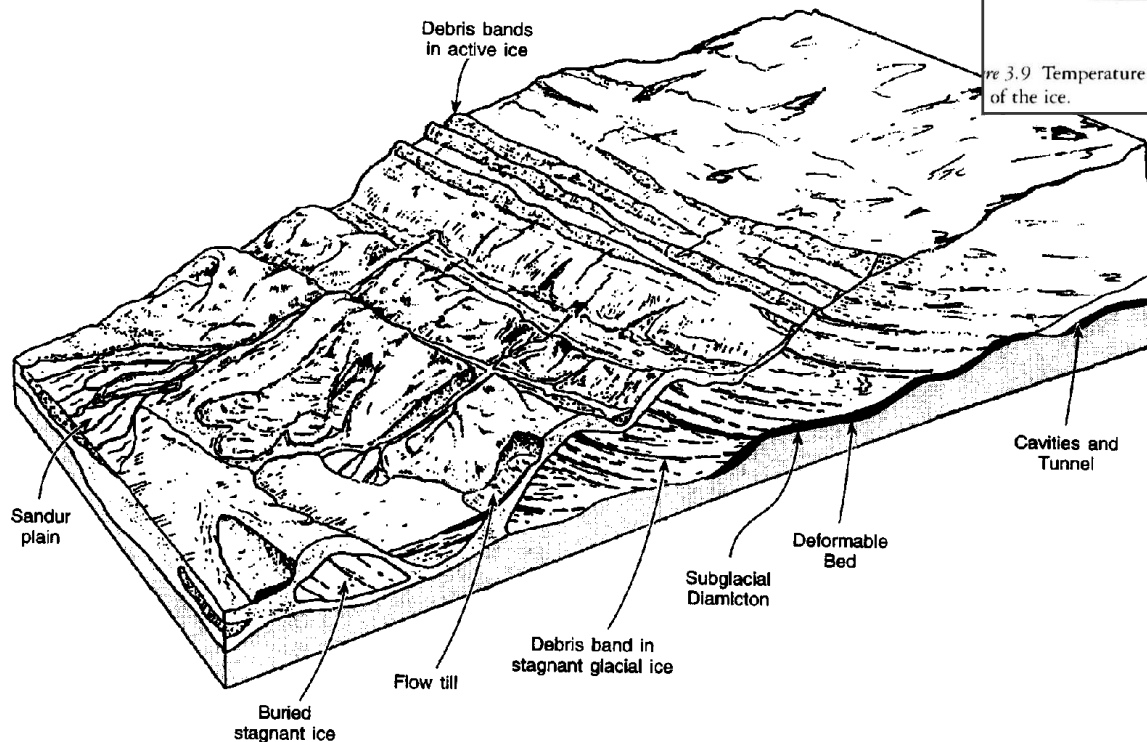


Figure 3.9 Temperature structure and cross section of the Greenland ice sheet at 70°N, showing the conditions at the base of the ice.

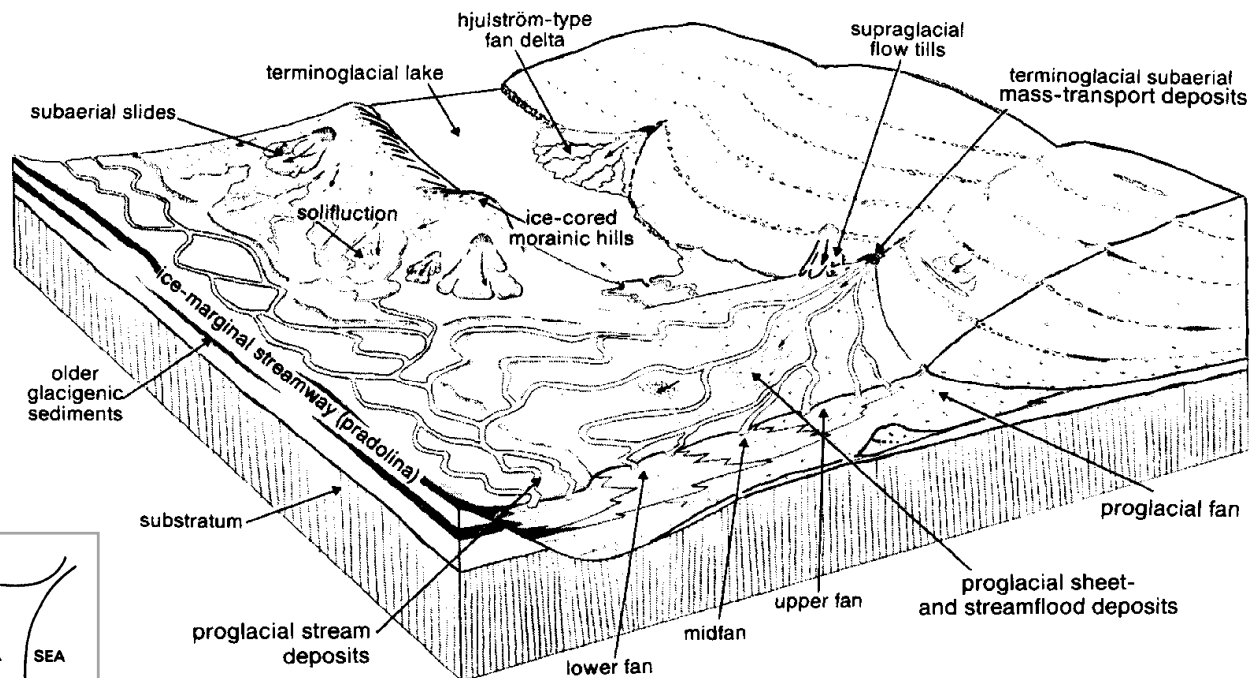


Oblasti pevninského ledovcového systému

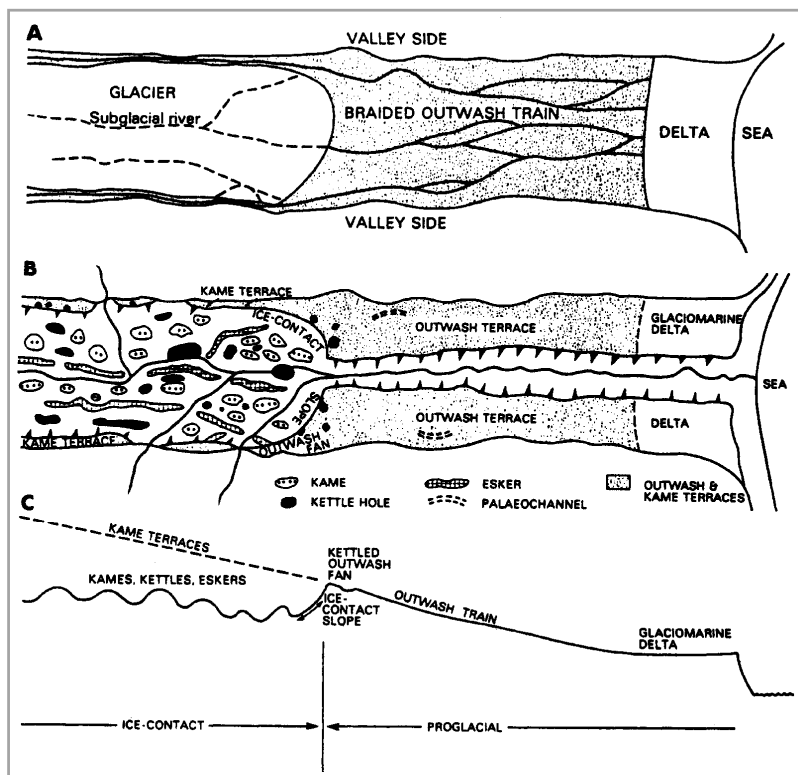
3. Proglaciální oblast

(vně vlastního ledovce)

- proximální zóna
- střední zóna
- distální zóna

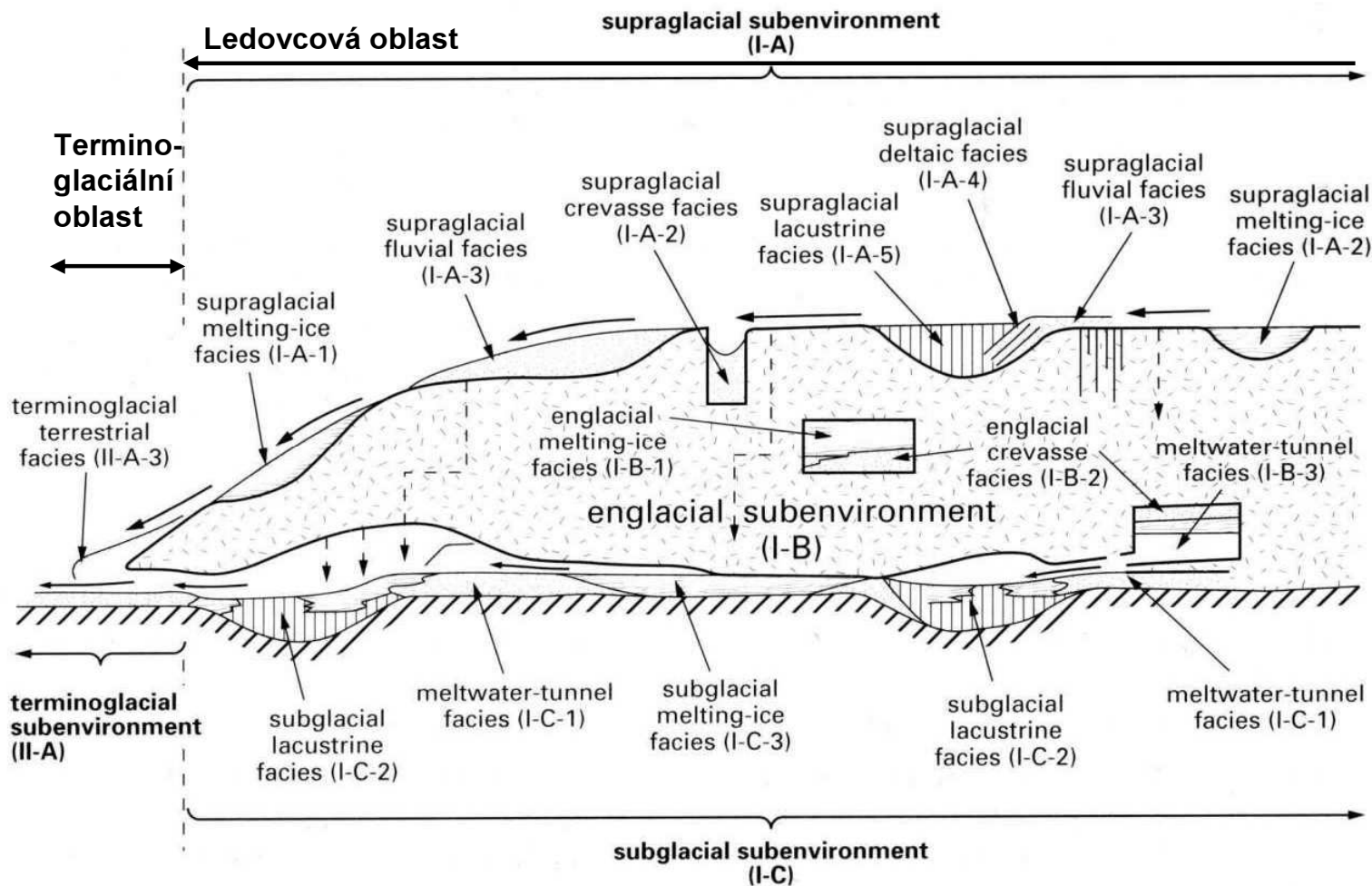


The proglacial subenvironment with some of the most common features.



4. periglaciální oblast (nad ledovcem - extraglaciální)

Vertikální členění



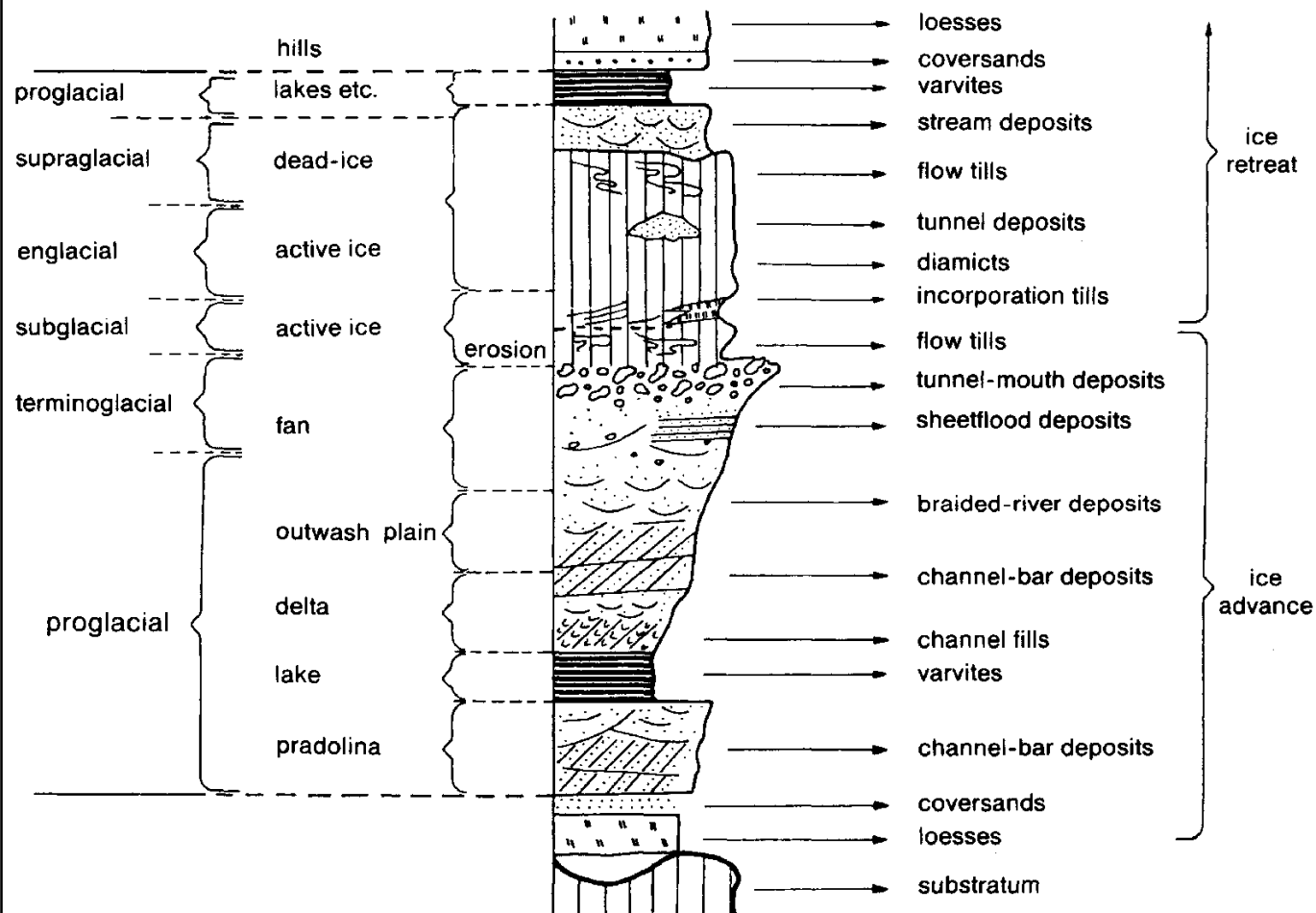
Schematický model supra-, en- a subglaciálního prostředí s okrajovou zónou kontinentální ledové masy.

- **subglaciální prostředí** (pod ledovcá)
- **englaciální prostředí** (uvnitř ledovce)
- **supraglaciální prostředí** (na povrchu ledovce)

Sedimenty pevninských ledovců - genetické členění

(děleny podle prostředí a typického mechanismu sedimentace):

- **glacigenní sedimenty - tilly** (vzniklé uložením přímo ledovcem)
- **glacifluviální sedimenty** (uložené tavnými ledovcovými vodami v ledovcové, terminoglaciální a proglaciální oblasti)



- **glacilakustrinní sedimenty** (ukládáné v supraglaciální a subglaciální části ledovcové oblasti a v proglaciální oblasti)

Idealised glacial sequence, formed as a result of gradual facies shifts during successive periods of ice advance and retreat.

Glacigenní sedimenty - tilly

Materiál erodovaný ledovcem ze starších hornin nebo zvětralinového pláště

Definice: Till je sediment uložený přímo ledovcovým ledem, který neprošel žádným následným rozpadem a resedimentací

- typická je **nevytříděnost zrnitostní frakce**, tzn. horninové úlomky nejrůznějších velikostí v jednom akumulacním tělese
- různý stupeň opracování horninového materiálu, častý výskyt rýhovaných valounů - **souvků**



Genetické členění

Primární till

Vznik přímým uvolňováním z ledovce a uložení primárně ledovcovými procesy (odtávání, nalepování, sublimace nebo deformace způsobená ledovcem)

Sekundární till

Vznik resedimentací ledovcem dříve transportovaného materiálu, malé nebo žádné vytřídění vodou

Glacigenní sedimenty - tilly

Dělení podle vzniku

Typy tillů dle vzniku

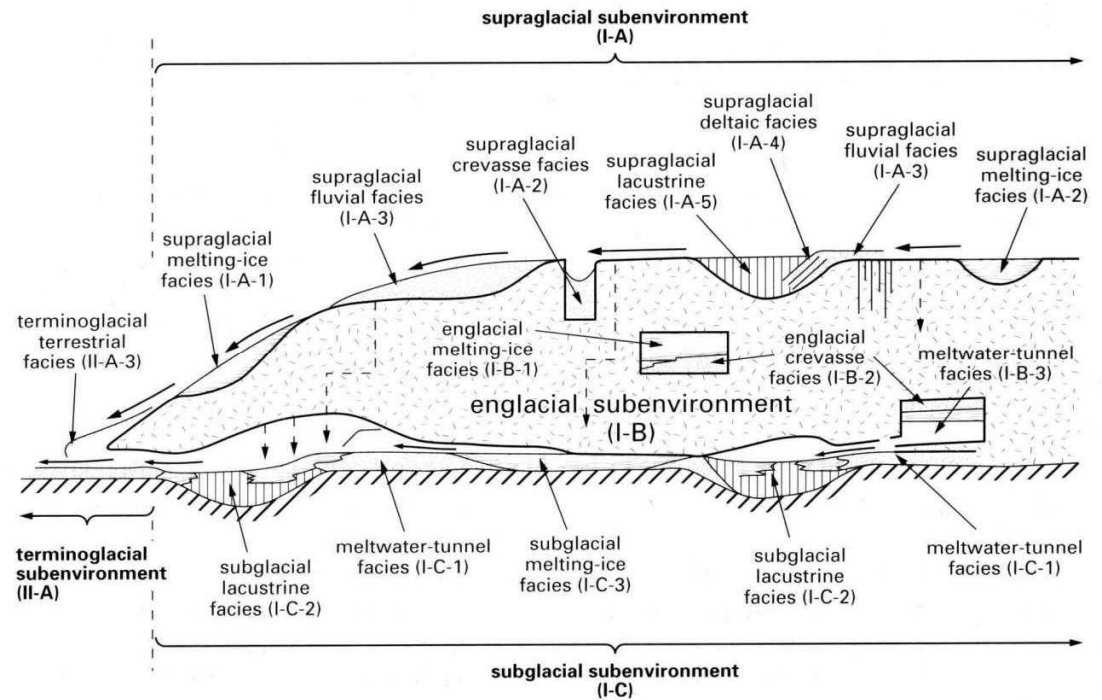
Supraglaciální till - vznik ve svrchní zóně ledovce, usazovaný jako vodou nasycená masa tillu tekoucí nejčastěji ze svahu ledovce („flow till“).



Englaciální till - obsah valounů uvolněných odtáním ledu nad bází ledovce nebo na jeho povrchu.



Subglaciální till - bazální till vzniklý pod aktivním ledovcem („lodgement till“).



Schematický model supra-, en- a subglaciálního prostředí s okrajovou zónou kontinentální ledové masy.

- **deformační till** („deformation till“) - měkký bazální till postižený subglaciálními deformačními procesy, matrix mezi valouny je tlakově deformována
- potíže s odlišením post-depozičních deformací vzniklých novým postupem ledovců

Glacigenní štěrky

Glacigenní štěrky

Transportované v ledu vyšších pater ledovce - nezaoblené, bez rýhování, různá sféricita.

Transportované ve spodních částech ledovce - mírně zaoblené, vyšší sféricita, vlivem drčení často ostré hrany, na povrchu různosměrné rýhování.

Transportované v bazálním tillu - značně zaoblené, různá sféricita, na povrchu paralelní rýhování.

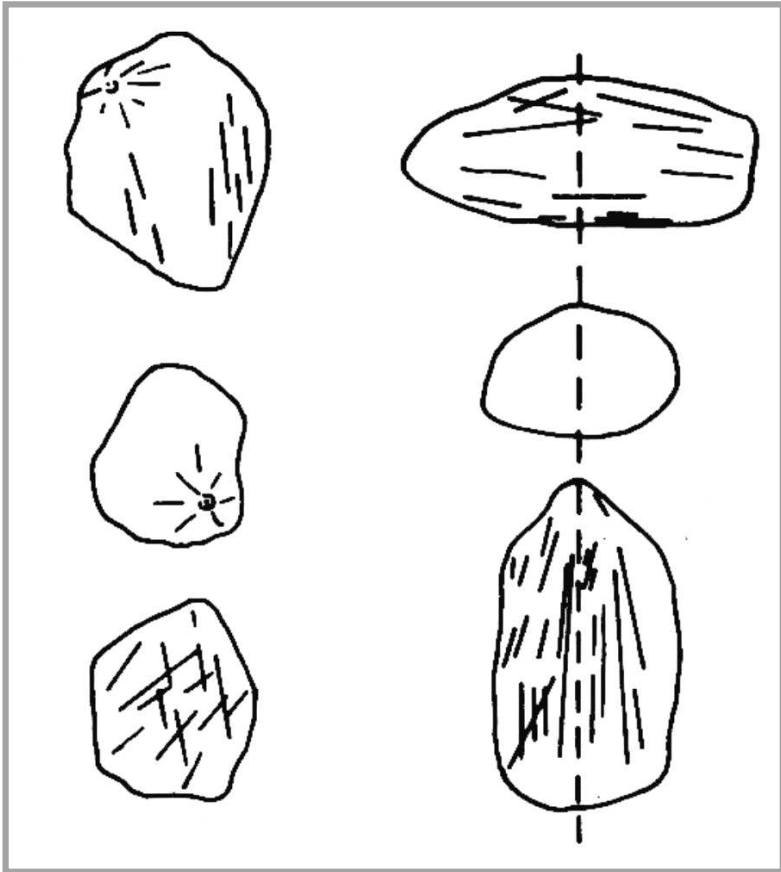
Klasy	Frakce (mm)	$\Phi = -\log_2 d$
drobné valouny	2 - 4	-1,0 až -2,0
střední valouny	4 - 64	-2,0 až -6,0
hrubé valouny	64 - 256	-6,0 až -8,0
balvany	> 256	méně než -8,0

Wentworthova klasifikace zrnitostní frakce (d = průměr částice v mm).



Hrubozrnny materiál z morény horského ledovce, Kazachstán.

- > 25 km - 50 km - většina štěrkové frakce redukována na psamitickou
- transport valounů štěrkové frakce - až 1200 km
- protáhlé částice subglaciálního tillu - paralelně se směrem transportu
- rýhované valouny - pouze měkčí horniny (vápence, dolomity, slínovce), dále facety, radiální trhliny
- odhady procentuálního zastoupení rýhovaných valounů všech glacigenních sedimentů se liší - 1 % až 7 %



Rýhy na souvku felzitického porfyru



Ledovcové rýhy na prachovci

Glacigenní písky - písčítá frakce tillu

Vznik abrazí podložních hornin nebo materiálu unášeného ledem

Charakteristika

- značná nevytříděnost
- vysoký poměr živce/Q + mnoho amfiboly + pyroxeny
- převaha v glaci-fluviálních i glaci-lakustrinních sedimentech
- průměrné složení prvocyklových písků: křemen 21 %, živce 6 %, úlomky hornin 73 %

Frakce (mm)	Křemen + živce (%)	Úlomky hornin (%)
2 - 1	22	78
1 - 0,5	33	67
0,5 - 0,25	49	51
0,25 - 0,125	61	39
0,125 - 0,0625	68	32

Složení pleistocenních glacigenních písků a jeho změny se zrnitostí (Slatt, Eyles 1981).

- zastoupení úlomků hornin klesá se zmenšující se frakcí glacigenních písků, stejně jako je tomu u písků jiné geneze

Glacigenní písky

Prvocyklové - uloženy v blízkosti ledovce.

Druhocyklové - uloženy ve větší vzdálenosti, dvakrát nebo vícekrát přeplavené.

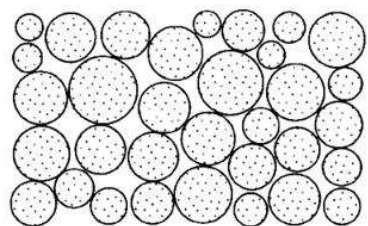
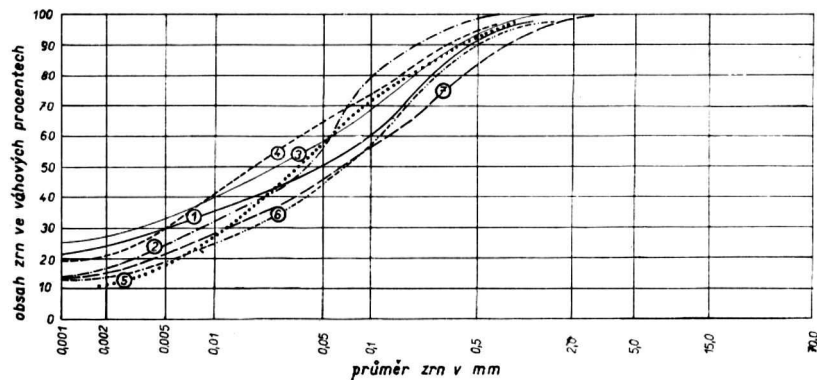
- průměrné složení druhocyklových písků: křemen 19 %, živce 40 %, úlomky hornin 41 %

Křemenná a granátová zrna

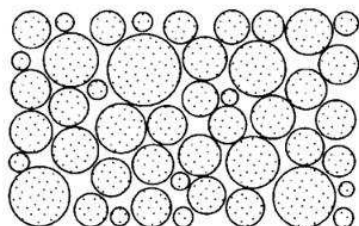
- povrch glacigenních křemenů - vysoký reliéf, semiparalelní stupně, paralelní rýhování, intendace (stopy po vtlačování tvrdších objektů), výčnělky
- granáty - rýhované - považováno za typický znak glacigenních sedimentů

Zrnitost, vytrídění, tvar klastů

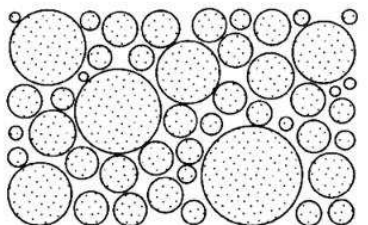
Kumulační křivka



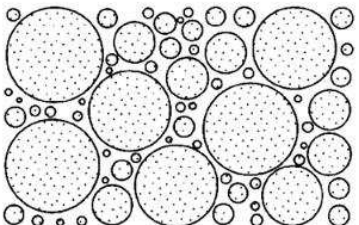
Very well sorted/well sorted <0.5



Moderately well sorted/moderately sorted 0.5-1



Poorly sorted 1-2



Very poorly sorted 2-4

Grain size		Descriptive terminology		
phi (φ)	mm/μm	Udden (1914) and Wentworth (1922)	Friedman and Sanders (1978)	Blott and Pye (2001)
-11	2048 mm		Very large boulders	Very large Large Medium Small Very small } Boulders
-10	1024	Cobbles	Large boulders	
-9	512		Medium boulders	
-8	256		Small boulders	
-7	128		Large cobbles	
-6	64		Small cobbles	
-5	32	Pebbles	Very coarse cobbles	Very coarse Coarse Medium Fine Very fine } Gravel
-4	16		Coarse pebbles	
-3	8		Medium pebbles	
-2	4		Fine pebbles	
-1	2		Granules	
0	1	Very coarse sand	Very coarse sand	Very coarse Coarse Medium Fine Very fine } Sand
1	500 μm	Coarse sand	Coarse sand	
2	250	Medium sand	Medium sand	
3	125	Fine sand	Fine sand	
4	63	Very fine sand	Very fine sand	
5	31	Silt	Very coarse silt	Very coarse Coarse Medium Fine Very fine } Silt
6	16		Coarse silt	
7	8		Medium silt	
8	4		Fine silt	
9	2		Very fine silt	
		Clay	Clay	Clay

Průměrná velikost zrna

$$M_z = \frac{P_{16} + P_{50} + P_{84}}{3}$$

Koeficient vytrídění

$$\sigma_I = \frac{P_{84} - P_{16}}{4} + \frac{P_{95} - P_5}{6,6}$$

Koeficient symetrie

$$sk_I = \frac{P_5 + P_{95} - 2P_{50}}{P_{75} - P_{25}}$$

Zrnitost, vytrídění, tvar klastů

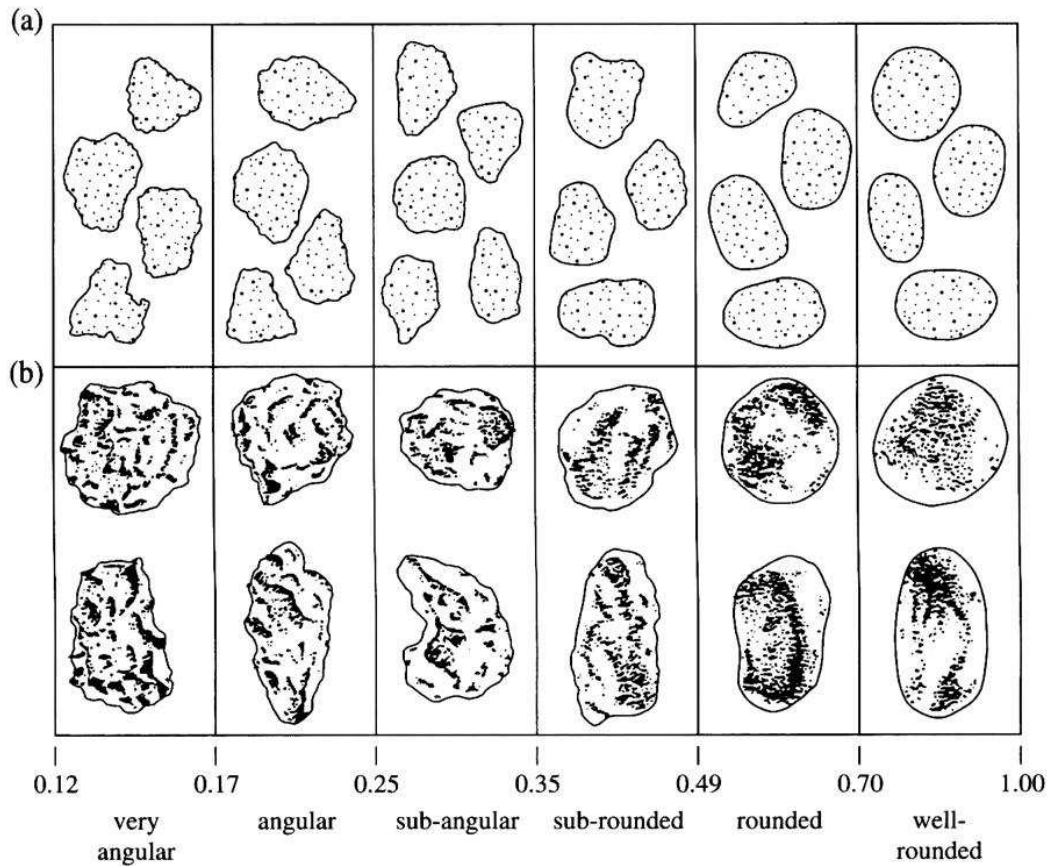


Table 8.4 Roundness grades (modified from Powers, 1953)

Grade term	Abbreviation	Class interval	Geometric mean
Very angular	VA	0.12–0.17	0.14
Angular	A	0.17–0.25	0.21
Sub-angular	SA	0.25–0.35	0.30
Sub-rounded	SR	0.35–0.49	0.41
Rounded	R	0.49–0.70	0.59
Well-rounded	WR	0.70–1.00	0.84

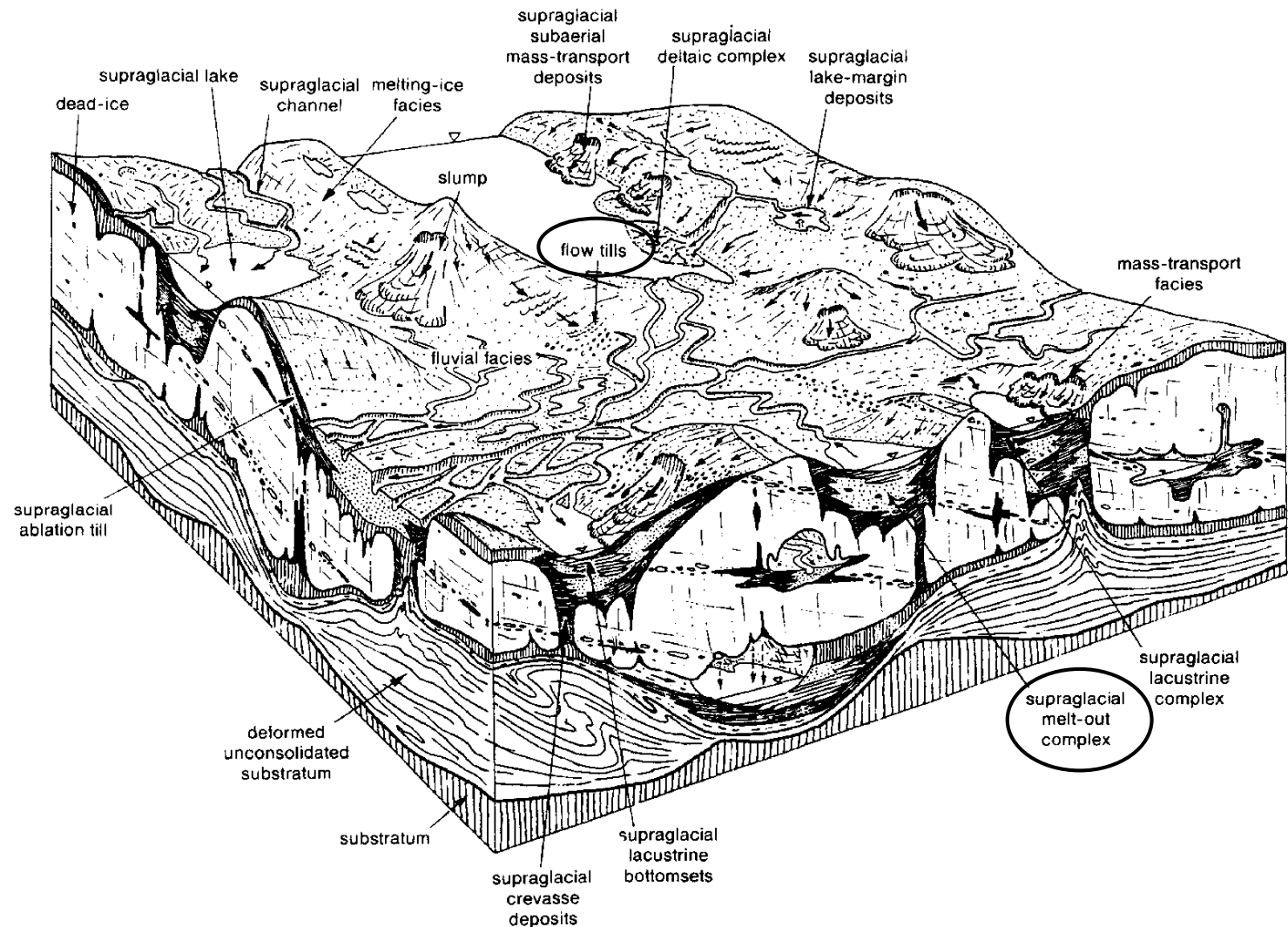
Ledovcová oblast - supraglaciální prostředí

1. Primární tilly

- Melt-out till

2. Sekundární tilly

- Flow till



Supraglaciální
fluviální
sedimenty

Supraglaciální
lakustrinní
sedimenty

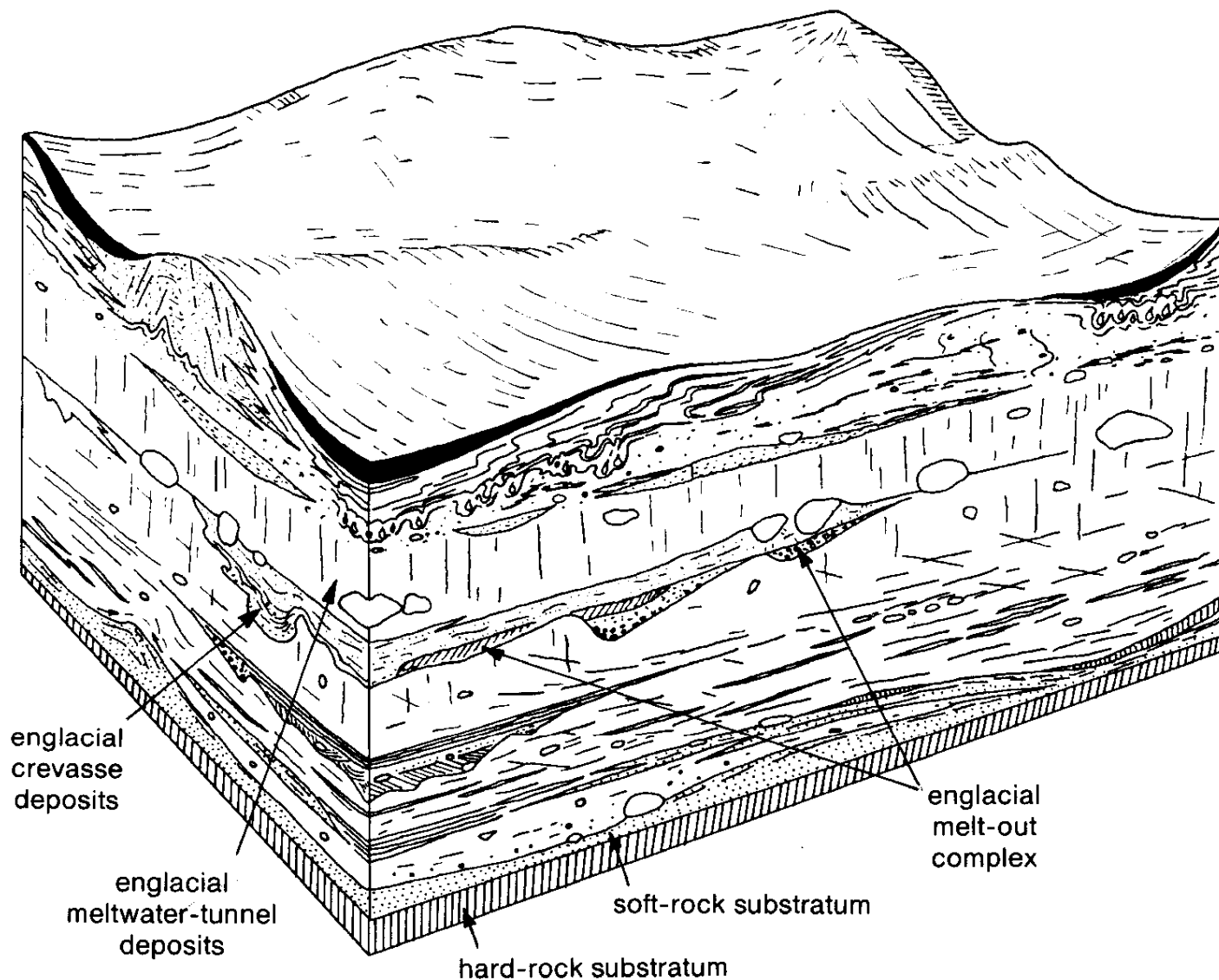
The supraglacial subenvironment under passive-ice conditions during a stage of advanced deglaciation (modified after Brodzikowski and Van Loon, 1987).

Ledovcová oblast - englaciální prostředí

1. Primární tilly

- Melt-out till

Englaciální fluviální sedimenty



Schematic model of the spatial relationship between sediments of the englacial subenvironment. Based on Eyles et al. (1982, 1983) and Van Loon and Brodzikowski (1987).

Ledovcová oblast - subglaciální prostředí

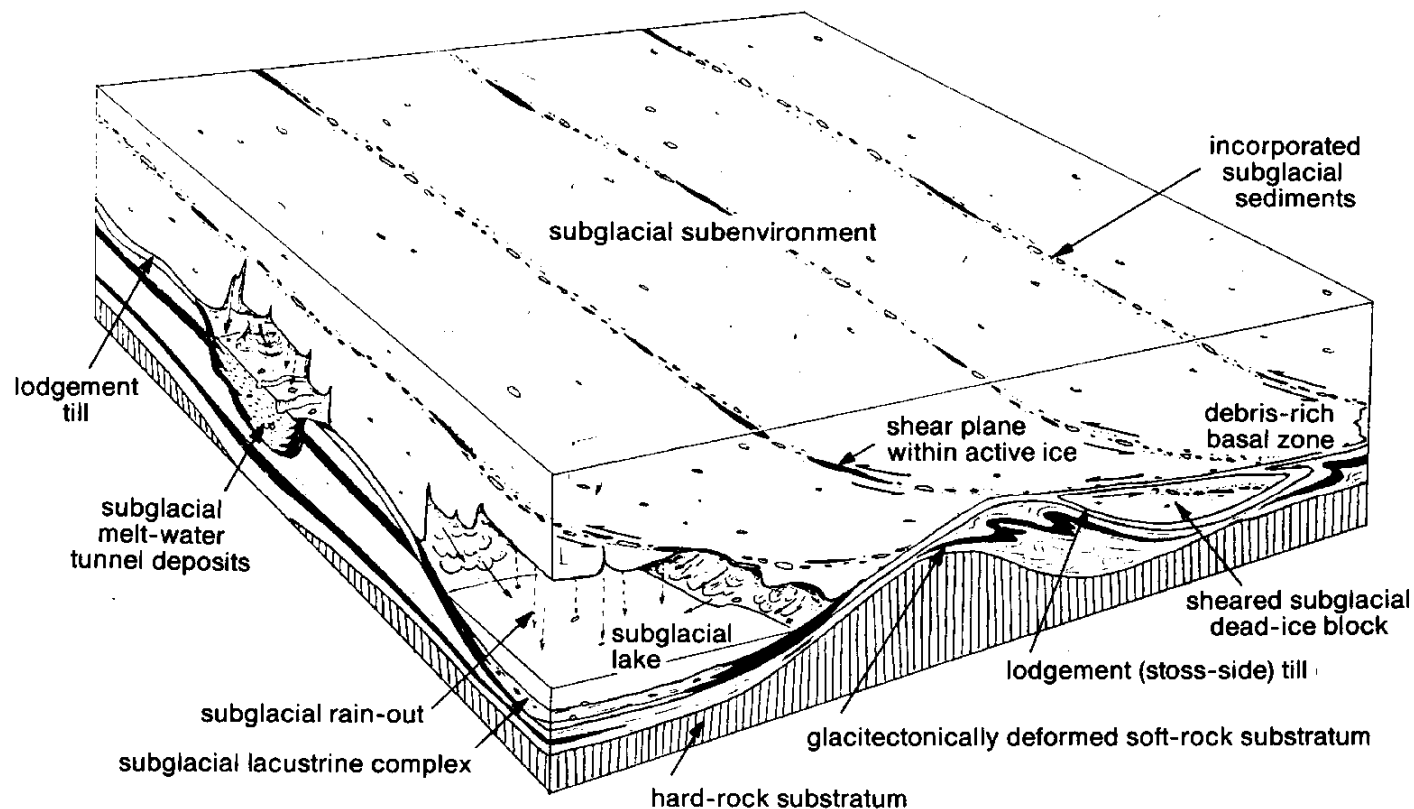
1. Primární tilly

- Lodgement till
- Melt-out till
- Deformační till
- Glacitektonit
- Sublimační till

2. Sekundární tilly

- Flow till
- Waterlain till

Subglaciální fluviální
lakustrinní
sedimenty



Schematic model of the subglacial subenvironment with its deposits. The model is characteristic of the situation in the ablation zone of temperate glaciers and ice sheets with a substratum consisting of unconsolidated sediments.

Subglaciální procesy závisejí na vlastnostech ledovce
(ledovce s teplou a chladnou bází, polytermální ledovce)

Terminoglaciální oblast

1. Primární tilly

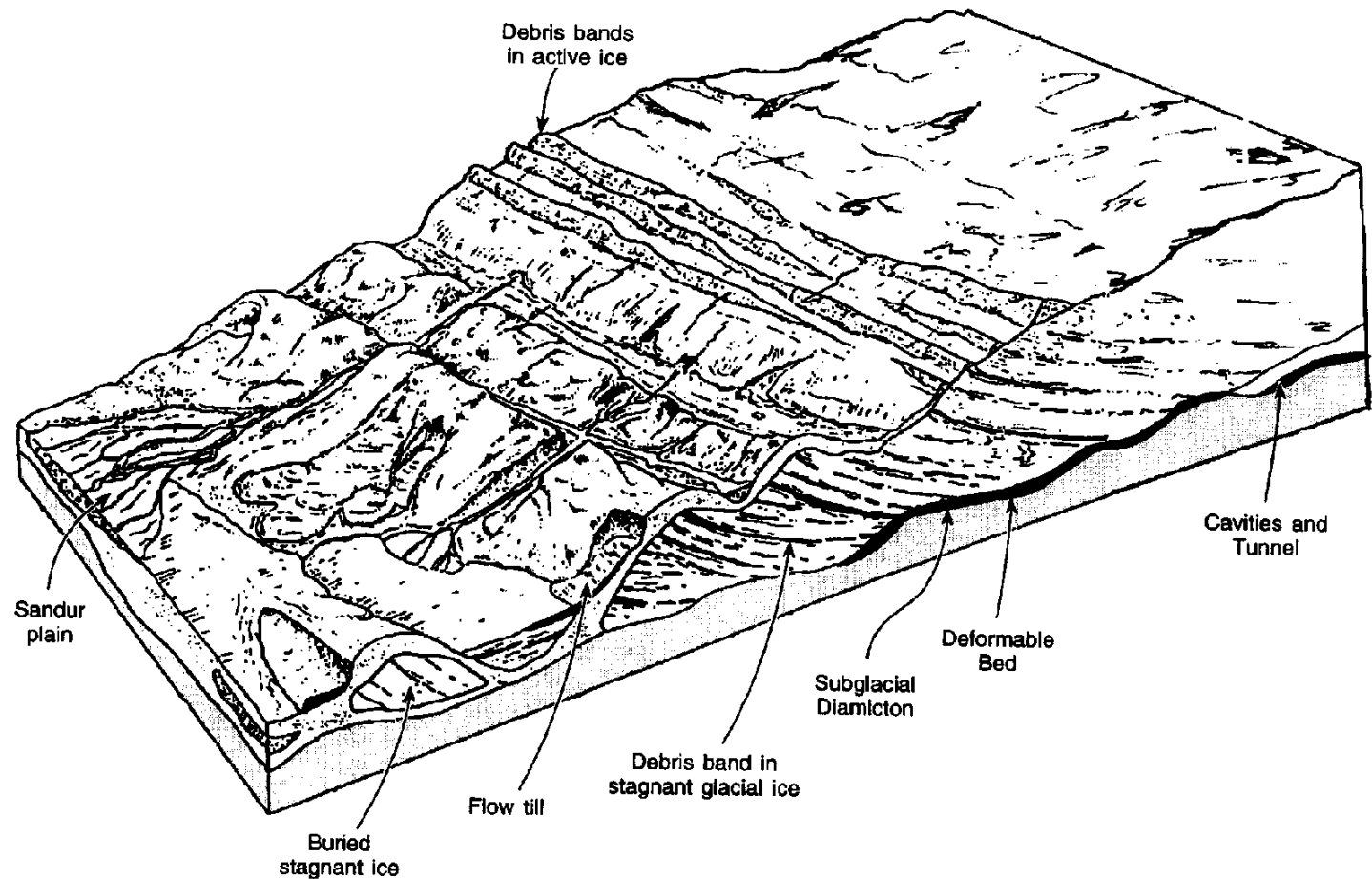
- Melt-out till
- Lodgement till

2. Sekundární tilly

- Flow till

Glacifluviální sedimenty

Glacilakustrinní sedimenty



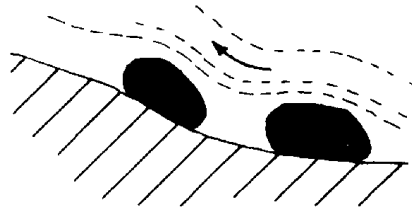
Klasifikace tillů (nejdůležitější typy)

1. Primární tilly

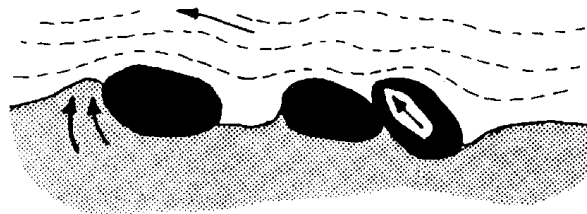
Lodgement till

Definice: Lodgement till - sediment uložený nalepením ledovcového materiálu uvolněného z klouzající ledovcové báze tlakovým táním nebo jinými mechanickými procesy.

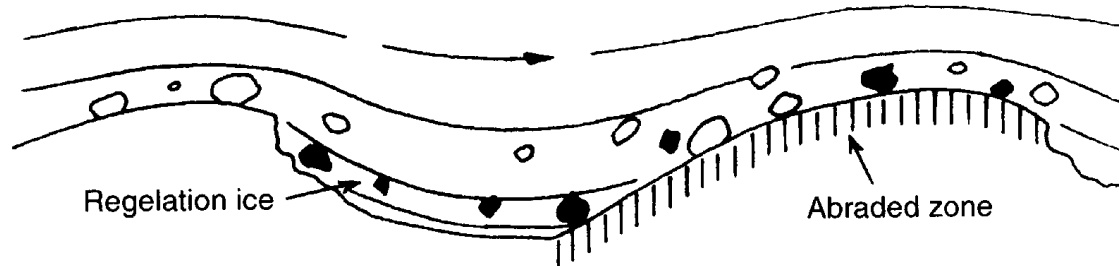
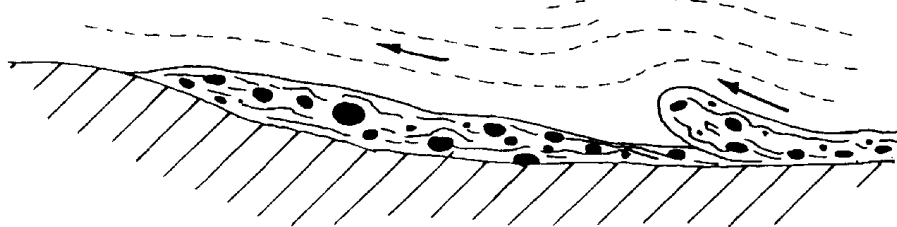
(a) Frictional retardation against bed



(b) Prow of soft sediment or clast provides obstacle



(c) Lodgement of debris-rich ice mass



Ice flow lines Freshly plucked debris Debris from upglacier

Vznik:

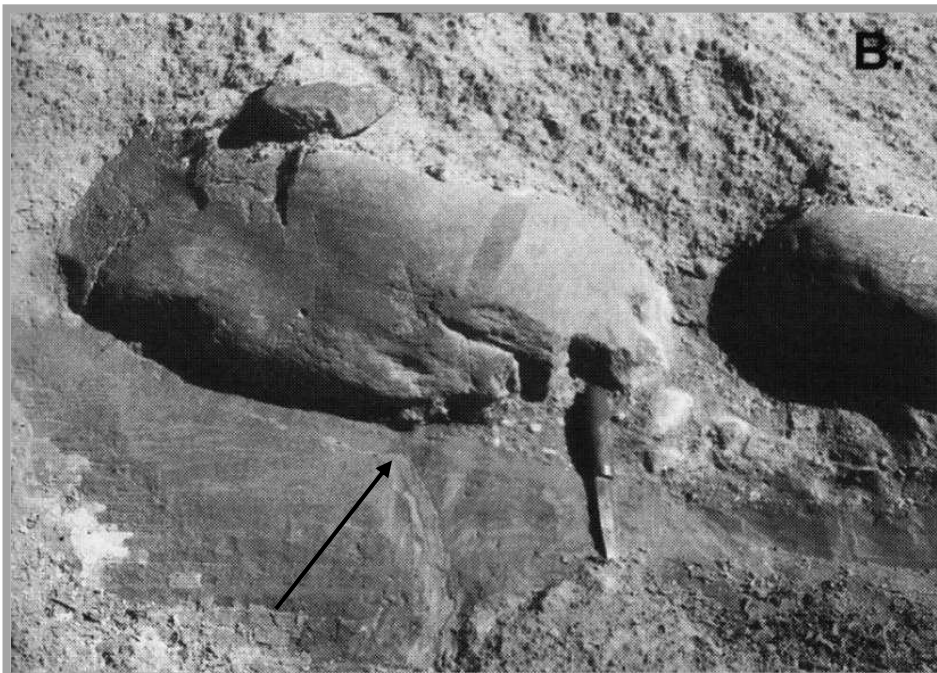
- Typický pro subglaciální prostředí, v ablační zóně ledovce, v menší míře také terminoglaciální oblasti. Geneticky primární till, nejrozšířenější typ na světě
- Tlakové tání (regelace) - kontakt ledu a podloží + teplo z tření
- Spodní vrstvy ledu - odpadávání materiálu do kontaktní zóny mezi ledem a jeho podložím - na náběžných stranách nerovností podloží
- uchycení uvolněného materiálu na podloží
- akumulace lodgement tillu + zarovnání = snadnější pohyb ledovce

Lodgement till

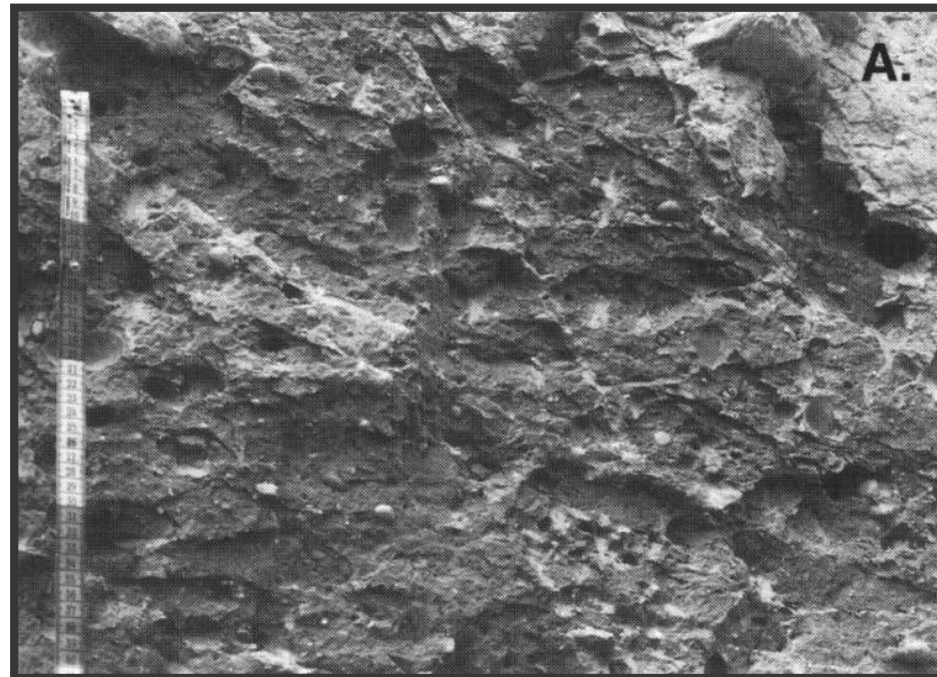
Charakteristika:

Textura - základem je **masivní textura s podpůrnou strukturou matrix**

Makro- + mikrotextury - deformační procesy - běžné u subglaciálních tillů (Británie, kontinentální Evropa, Severní Amerika, Himálaj, Antarktida)



Deformace na bázi subglaciálního tillu. Imbrikátně uložené balvany jsou v nadloží stříhové zóny. Klastická žíla pod velkým balvanem je porušena stříhem, San Martin de los Andes, Argentina



Typický subglaciální till s řídkce roztroušenými úlomky a valouny hornin v jemnozrnné matrix, Müntscheimer, Švýcarsko.

Pukliny - subhorizontální, připomínají zvrstvení, puklinové plochy **ohlazené** nebo **rýhované**

Stříhové textury - postupem ledovce přes nezpevněný sediment

Bazální kontakt - **erozní + ostrý**, častá je **přítomnost nahromaděných klastů**. Orientace erozních prvků v podloží tillu a klastů nad kontaktem - **stejná**

Lodgement till

Sediment:

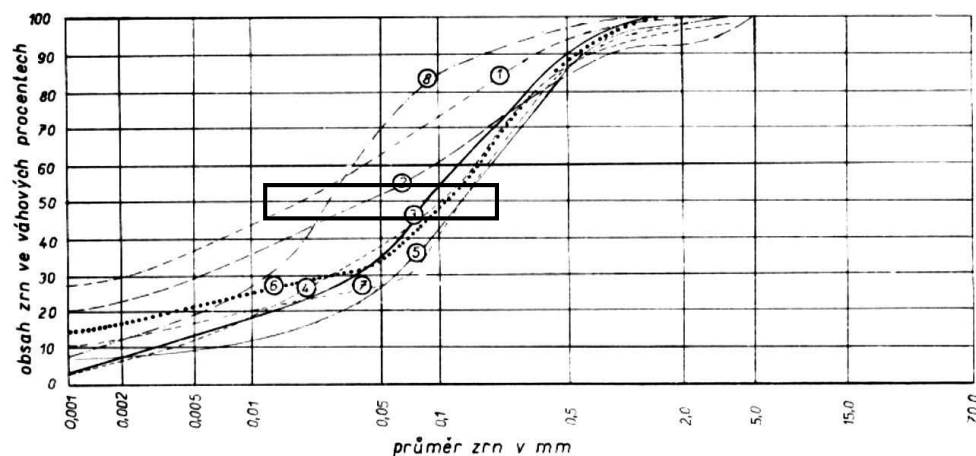
Mocnost - příliš plošně nekolísá, max. do několika metrů

Zrnitostní složení - bimodální až multimodální, maxima v štěrkové až písčito-prachové frakci. Na bázi (do 1 m) - značný vliv místního podloží

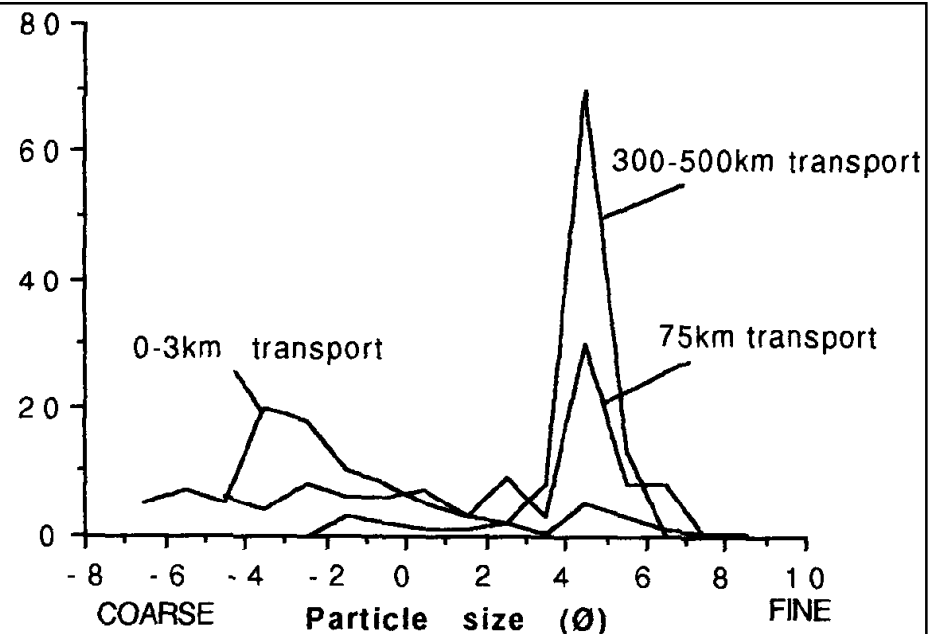
Vytrídění - špatné až extrémně špatné ($\sigma_I = 2$ až 7)

Šikmost - skoro symetrická až mírně negativní ($Sk_I = -0,3$ až 0,2)

Medián - u nás středně zrnité silty až jemnozrné písky ($Mz = 3$ až 6 Φ)



Zrnitostní křivka tillů elsterského zalednění, vrty - Hlučínsko



Klasy:

Tvar - pentagonální, žehličkovité, projektilové

Sféricita - vyšší hodnoty ($c/a > 0,35$)

Rýhování - ojedinělé (max. do několika %)

Orientace klastů - souhlasná se směrem pohybu ledovce, někdy slabá imbrikace

Převaha subangulárních až suboválných klastů ($KVR = 0,25-0,5$), u vícečtyřlůvkových klastů - suboválné až oválné ($KVR = 0,35-0,7$)

Subglaciální melt-out till



Definice: Subglaciální melt-out till - sediment ukládaný odtáváním na místě přímo z ledovce bez další deformace či transportu vodou.

Vznik:

- odtáváním ve stagnujících částech aktivně se pohybujícího ledovce
- z pasivního nepohyblivého ledovce
- typické pro stagnaci nebo ústup ledovce

Charakteristika:

Relativně zpevněné oproti lodgement tillům (odvodnění v důsledku tlaku ledovce), většinou v **nadloží lodgement tillů**

Textura - **masivní** nebo **vrstevnatá** (početné úlomky v bazální části ledovce) + **čočky měkkých** (laminovaných) **sedimentů** a výplně **englaciálních koryt**

Skluzové deformace, **odvodňovací kanálky**, **diapiry**, **zlomy** (častější než u lodgement tillů)

Bazální kontakt - **erozní** + **ostrý**, odtávající voda může vytvořit **korytové výplně** nebo **erozní výmoly**

Subglaciální melt-out tilly přecházejí do deformačních tillů - obtíže s odlišením

Subglaciální melt-out till

Sediment:

Mocnost - malá, několik dm až max 2 m, malý plošný rozsah

Zrnitostní složení - **hrubší než lodgement till**, variabilita zrnitostní frakce, plošně se rychle mění

Vytrídění - **špatné až velmi špatné** ($\sigma_1 = 2$ až 5)

Medián - odpovídá **pískům** ($M_z = 0$ až 4 Φ) díky odnosu jemné frakce

Klasy:

Tvar - nerozlišuje se

Rýhování - **velmi vzácně**

Orientace klastů - **souhlasná se směrem pohybu ledovce**, často slabá imbrikace

Převaha **subangulárních až suboválních klastů** ($KVR = 0,25-0,5$), u vícecyklových klastů - **suboválné až oválné** ($KVR = 0,35-0,7$)



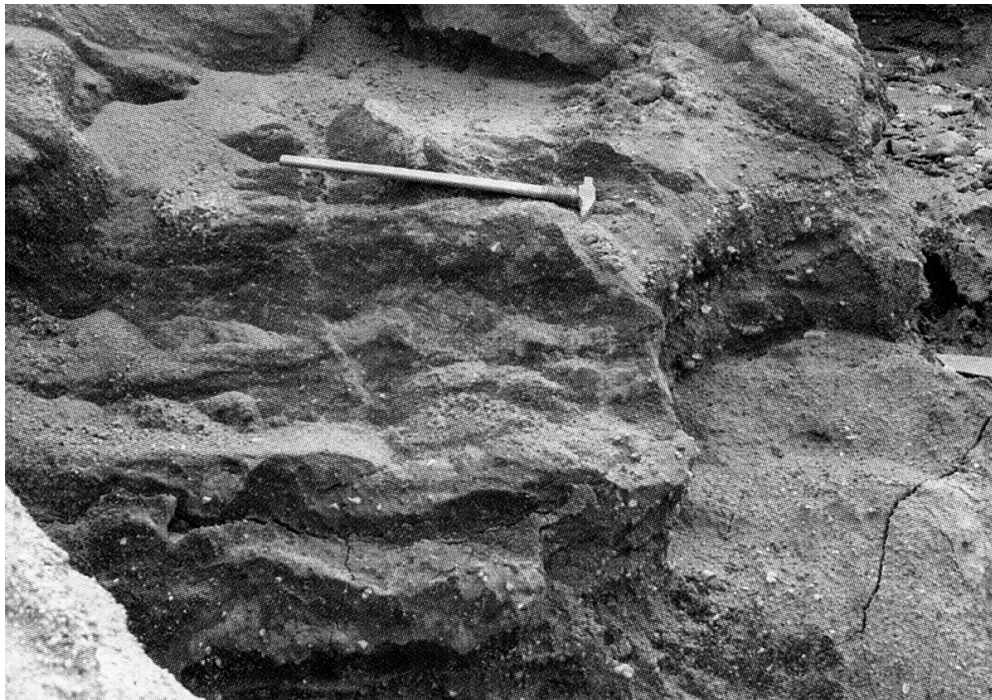
Subglaciální melt-out till pod subglaciálními glacifluviálními písky

Glacitektonit

Definice: Glacitektonit - subglaciálně duktilně deformované a křehkou deformací postižené podložní horniny (zpevněné i nezpevněné) s jasně viditelnými poruchami, které stále vykazují primární textury mateřského materiálu v nadloží tlakově neporušeného mateřského materiálu a pod deformačním tillem již bez zachovaných primárních textur.

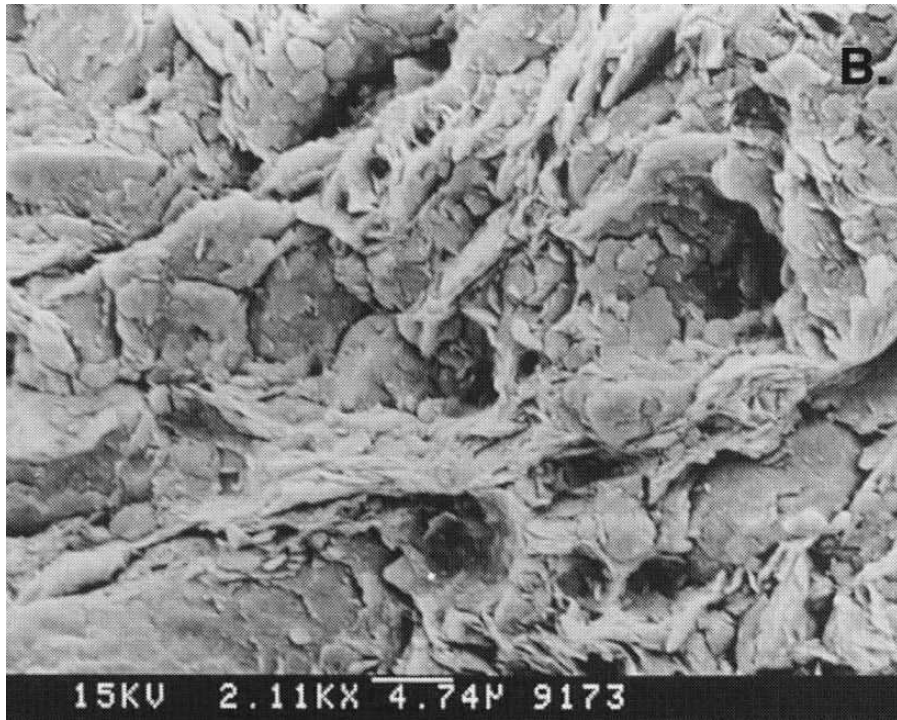
Deformační till

Definice: Deformační till - homogenní nevytříděný sediment vytvořený ledovcem způsobený střižnými pohyby podložního materiálu v subglaciálním prostředí, ve kterém se již nezachovávají primární textury původních (zpevněných či nezpevněných) hornin.



- ❖ deformační till bez zachovaných primárních textur
- ❖ křehká deformace glacitektonitu s jasně viditelnými poruchami, primární textury přítomny
- ❖ duktilně deformovaný glacitektonit (neporušený glacitektonit)
- ❖ nepostižený mateřský materiál

Porušený glacitektonit (se zbytky primárních textur původního lodgement tillu staršího zalednění)



Vlevo ukloněné střižné zóny v matrix písčitého deformačního tillu indikují pohyb ledovce směrem doprava.

Z mikroskopické struktury jemnozrné matrix tillu lze prostřednictvím orientovaných vzorků určit směr pohybu ledovce



Deformační till (primární textury jsou již setřeny; v nadloží již neporušený lodgement till)



Břidličnatá struktura matrix s prodlouženými klasy ukloněnými doprava indikuje pohyb ledovce směrem doleva.

Supraglaciální melt-out till (ablační till)

Definice: Supraglaciální melt-out till - sediment ukládaný odtáváním na povrchu ledovce nebo za chladných podmínek i sublimací v ledovcové a terminoglaciální oblasti a to bez další deformace či transportu vodou.

Vznik:

- během stagnace nebo ústupu ledovce, proto v nadloží lodgement nebo subglaciálního melt-out tillu

Sediment:

Mocnost - až první desítky metrů, zachování je limitováno glacifluviální erozí

Textura - **masivní** někdy subparalelní zvrstvení

Zrnitost - převaha štěrkové frakce ($M_z = 5$ až 2Φ), **bloky hornin**

Vytrídění - **špatné až extrémně špatné** ($\sigma_I = 2$ až 6)

Orientace klastů **slabá** nebo **bez orientace**



Ledovcové štíty - relativně vyšší podíl nordik (z englaciálních nebo supraglaciálních poloh); převaha subangulárních až suboválných klastů ($KVR=0,25-0,5$)

Horské zalednění - významný obsah materiálu z okolních nunataků; převaha angulárních až subangulárních klastů.

2. Sekundární tilly

Subglaciální flow till

Definice: Flow till - sekundární till vznikající gravitačně (skluzem, sesouváním) podmíněnou re sedimentací materiálu uloženého ledovcem.

Sediment:

Mocnost - do prvních metrů, omezený plošný rozsah

Textura - **podpůrná struktura matrix** (bahnotoky), kumulace větších klastů v bazálních částech. Často tvoří **čočky** nebo **vrstvičky** v glaci fluviálních písčích

Zrnitost - převaha **šterkové a písčité frakce** ($M_z = -3$ až 3Φ)

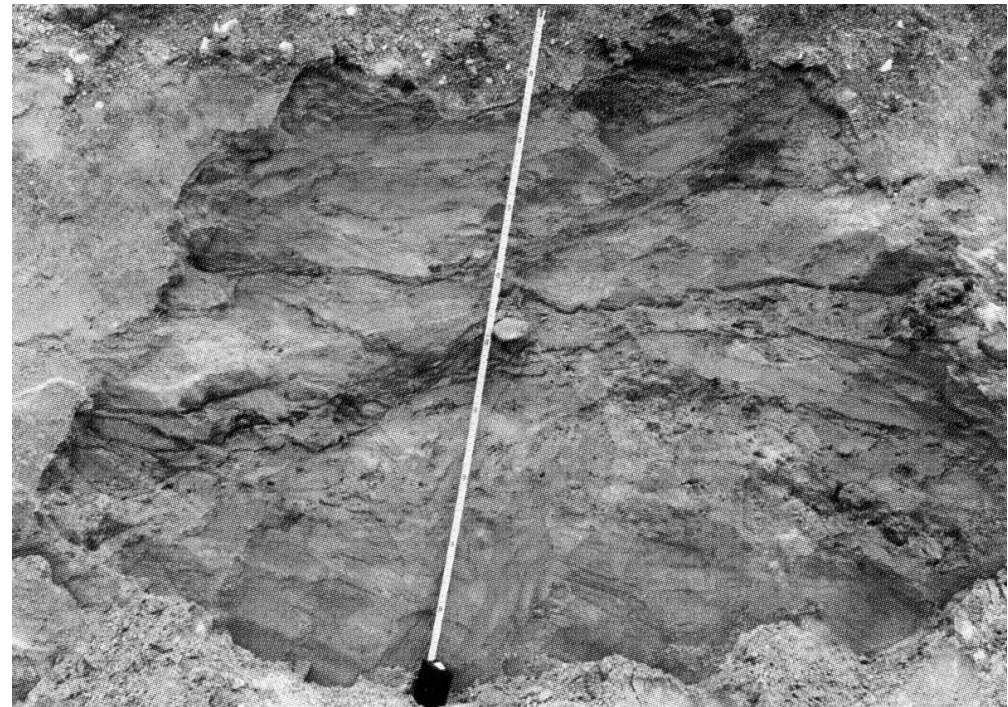
Vytřídění - **špatné až velmi špatné** ($\sigma_I = 2$ až 5)

Orientace klastů - **bez orientace** nebo **ve směru skluzu** (tj. bez vztahu k pohybu ledovce)

Ostatní parametry - podobně jako supraglaciální melt-out till.

Vznik:

- v subglaciální a supraglaciální části ledovcové oblasti a v terminoglaciální oblasti ledovcového systému.



Poloha subglaciálního flow tillu uvnitř glaci fluviálních písčů

Glacifluviální sedimenty

Definice: Proglaciální sedimenty uložené tekoucí vodou, které jsou složeny převážně z písku a štěrku. Prachová komponenta (jíl) - odnesena v suspenzi

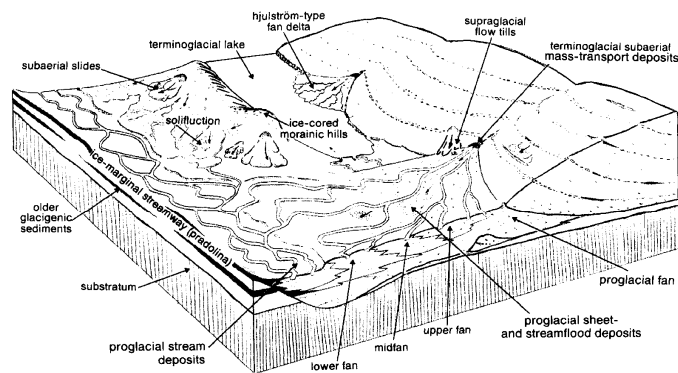
Vznik:

- po proudu od ledovce a koncových morén
- vytváří ploché akumulční povrchy s mírnými svahy

Sediment:

Zrnitost - převaha štěrkové a písčité frakce ($M_z = -3$ až 3Φ)

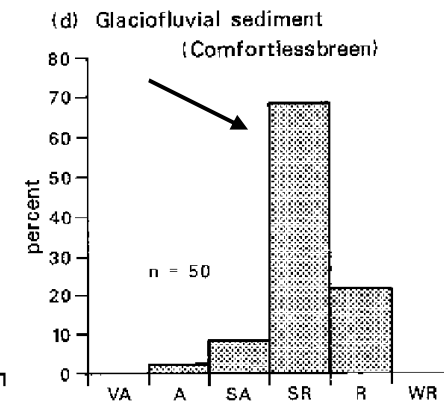
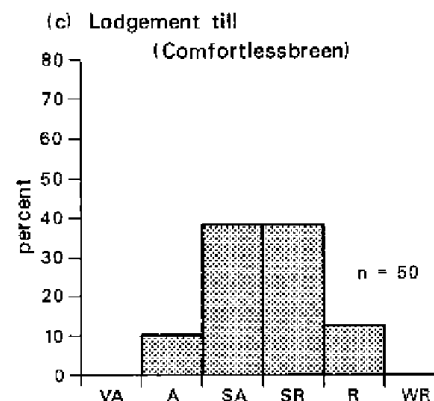
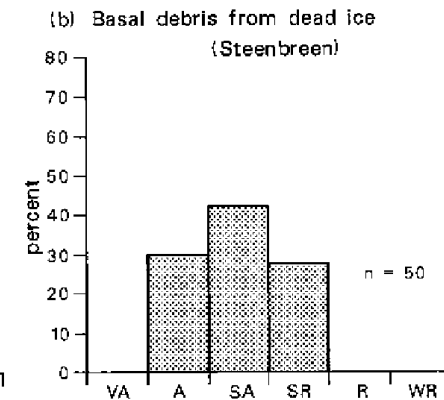
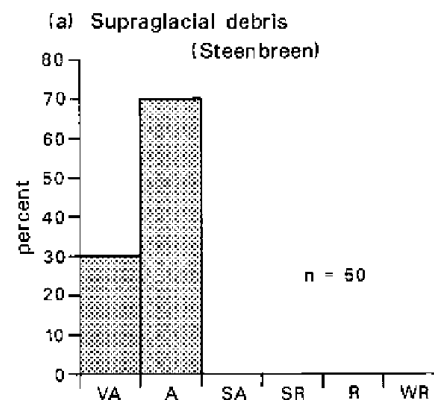
Vytrídění - špatné až velmi špatné ($\sigma_I = 1,40$ až $2,60$ pro středně až jemnozrnné písky; $\sigma_I = 2$ až $2,60$ pro mnohé hrubozrnné písky $\sigma_I = 2,60$)



The proglacial subenvironment with some of the most common features.

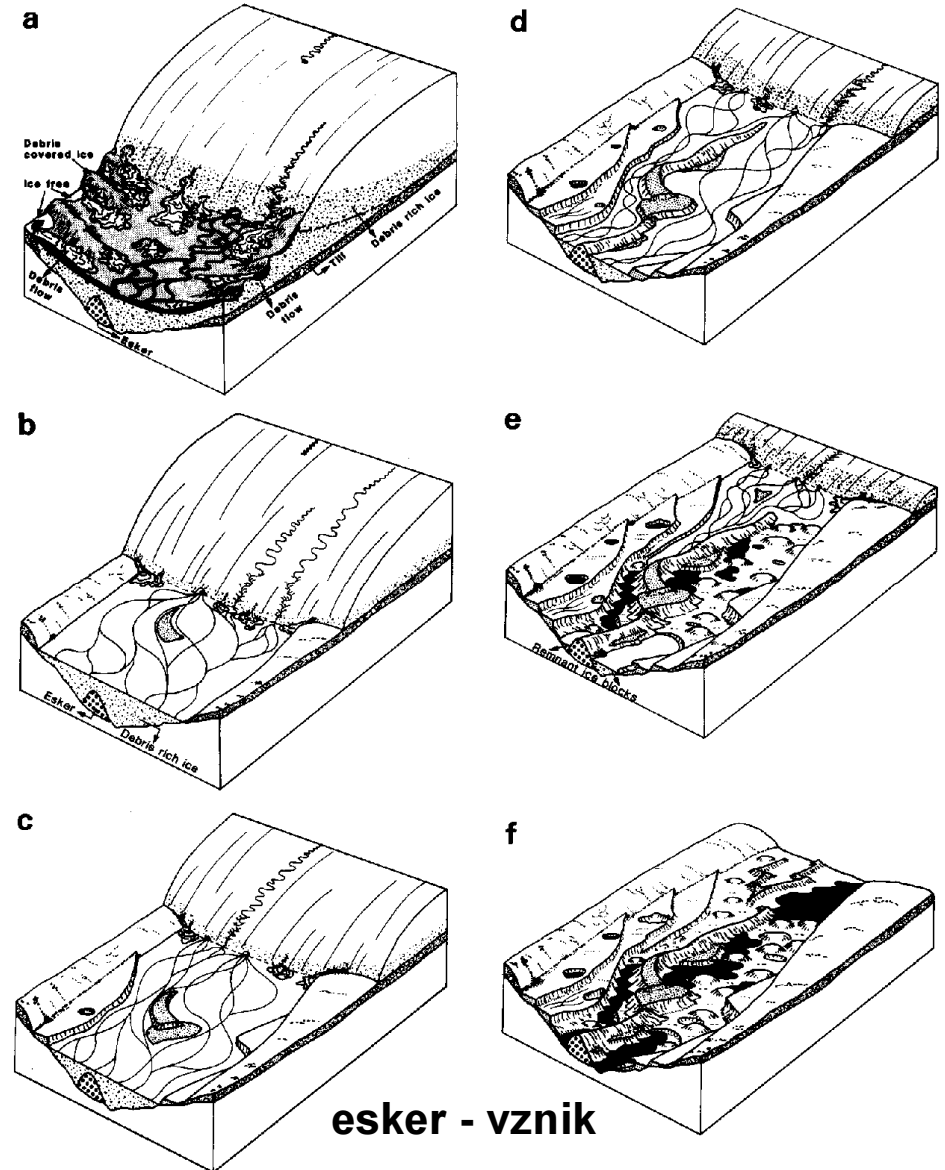
Svrchní část - chaotické zvrstvení, žádné vytrídění

Spodní část - relativně jemnozrnnější, uložení tokem se stálým průtočným množstvím, jemná komponenta odplavena, slabé vytrídění



Subglaciální oblast

Eskery - dlouhé valy podobné morénám vzniklé vyplněním subglaciálních koryt glacifluviálními sedimenty. Směřují k čelním morénám kolmo a materiál je zrnitostně vytríděný.



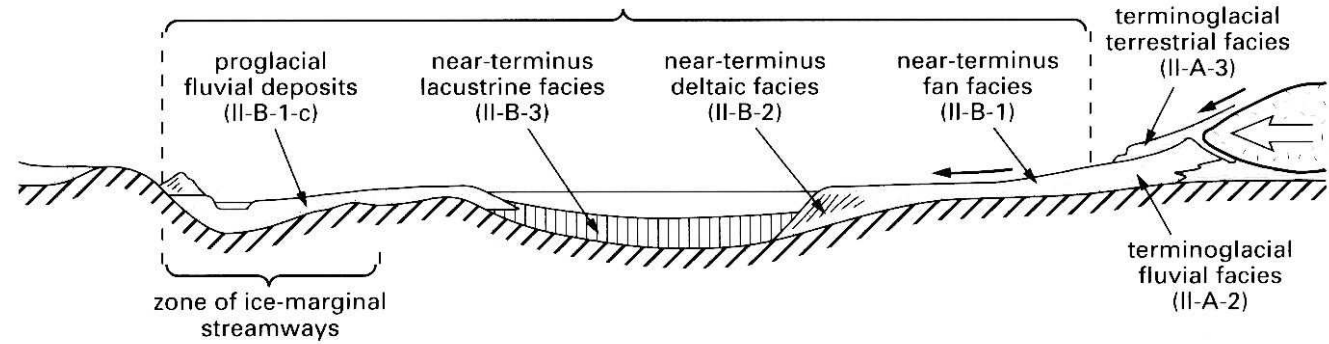
esker - vznik



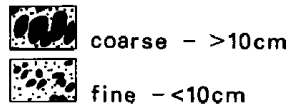


Proglaciální oblast

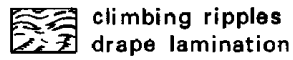
- proximální zóna
- střední zóna
- distální zóna



Gravel



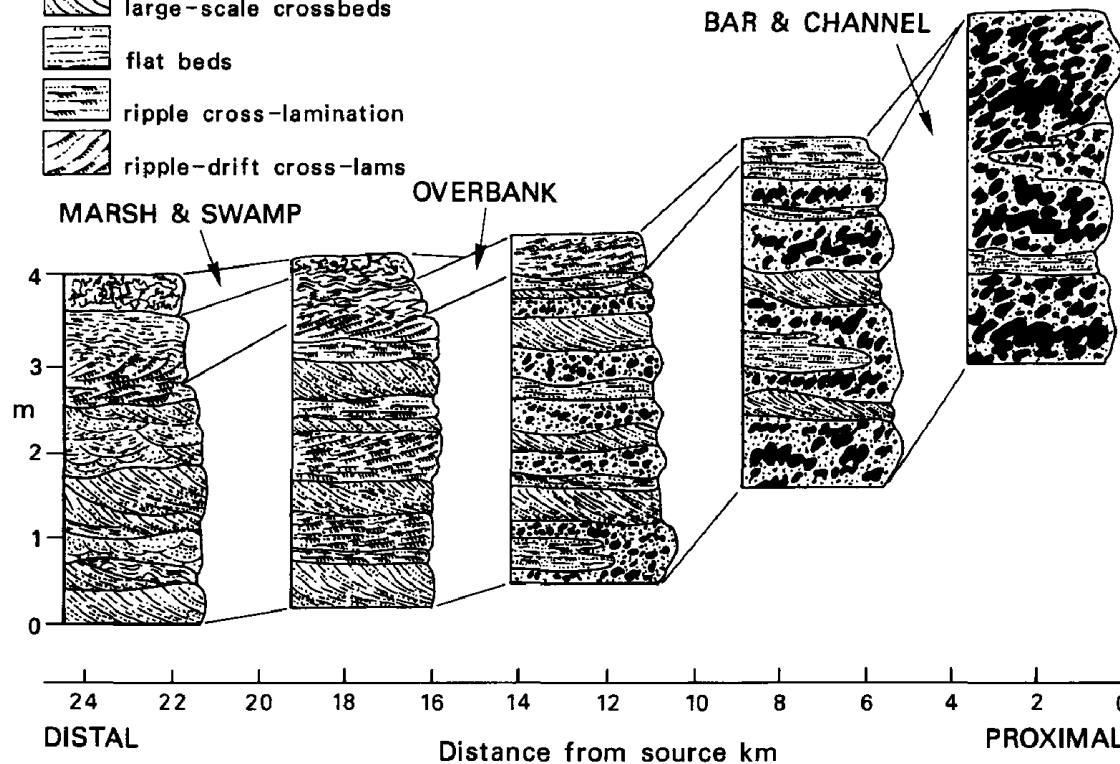
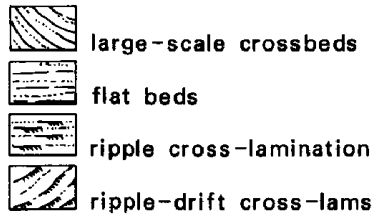
Silt & clay



Peat



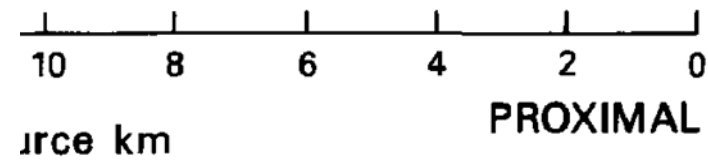
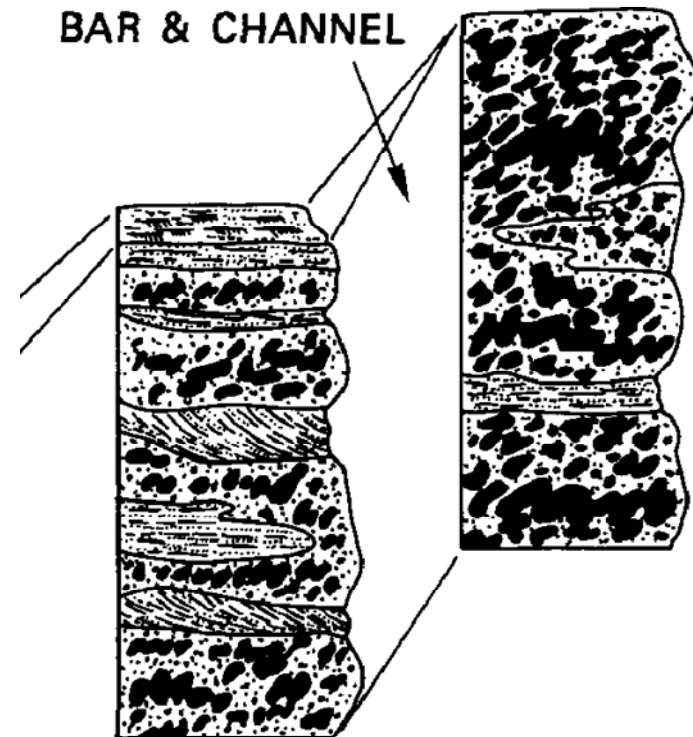
Sand



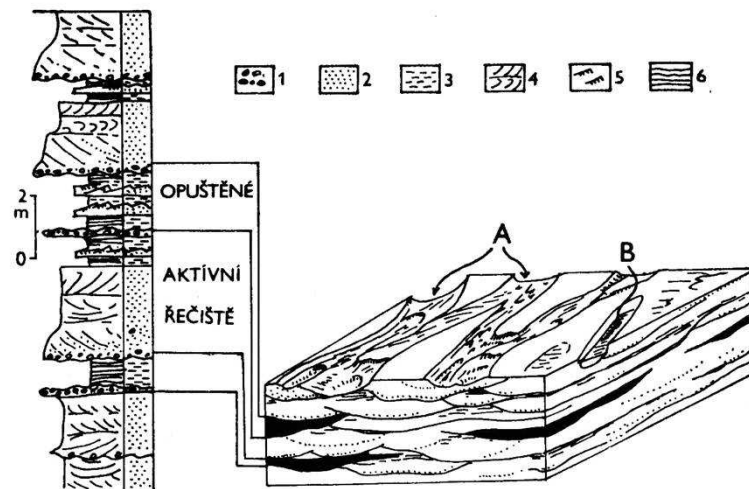
sandry - mocné výplavové kužele na okrajích ledovců



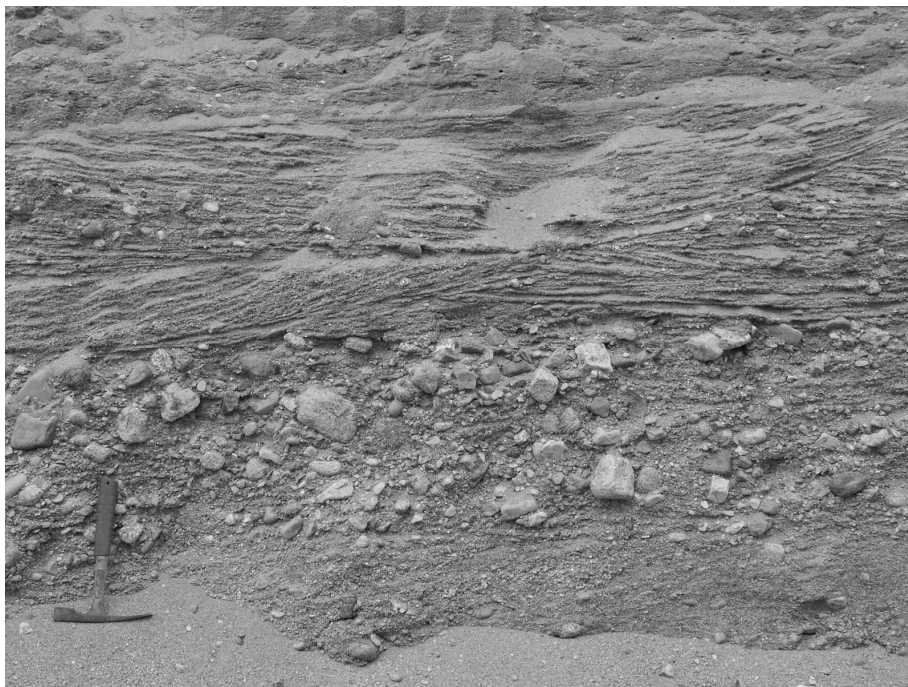
Proglaciální oblast - proximální zóna, fluviální + aluviální sedimentace



Proglaciální oblast - střední zóna, sedimenty divočicích řek



90. Schéma divočicí řeky a výsledného sledu sedimentů: A – aktivní řečiště, B – opuštěné řečiště. Jemné sedimenty se usazují v opuštěných řečištích, niva není vyvinuta. 1 – slepence, 2 – pískovce, 3 – prachovce a jílovce, 4 – výmolvé šikmé zvrstvení a deformace vrstev, 5 – jemné čířinovitě zvrstvení, 6 – horizontální zvrstvení. Selley (1976).



Proglaciální oblast - distální zóna, přechod do fluviální sedimentace



Glacilakustrinní sedimenty

Definice: Proglaciální usazeniny charakteristické páskovanými sedimenty (varvy, páskované písky, jíly)

Vznik:

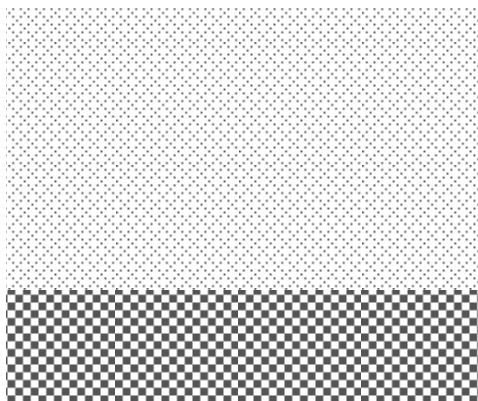
- z tajících ledovců v předpolí kontinentálního ledovce
- většinou sedimentace materiálu do relativně klidných stojatých vod

Sediment:

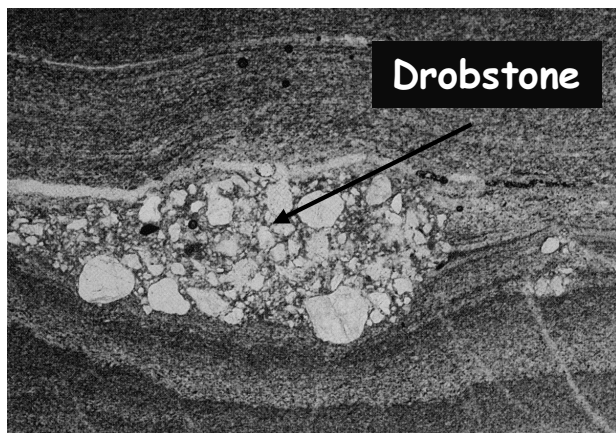
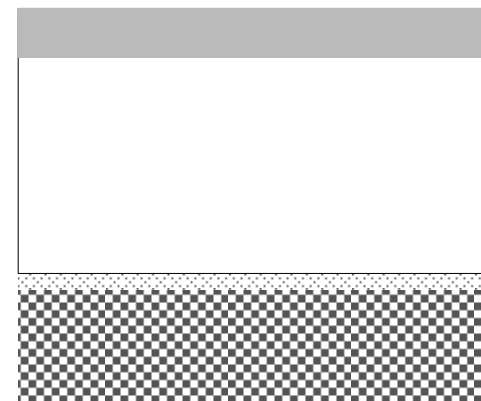
Zrnitost - jemný písek, silt nebo jíl

Varvy - laminace vzrůstá v důsledku ročního kolísání přísunu materiálu - každoroční ukládání → datování, možno vztáhnout i ke kalendářní časové škále

jaro + léto

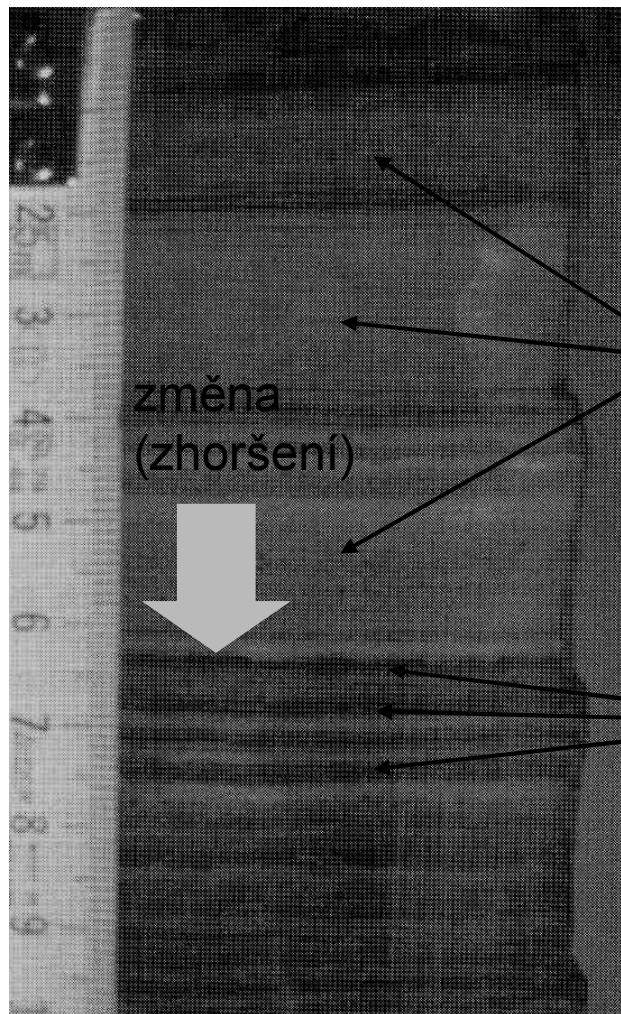


zima



Glacilakustrinní sedimenty

Jezero Heinälampi, Finsko



změna
(zhoršení)

léto –
planktonické
diatomity

podzim, zima,
jaro – bez
diatomitů



Ledovcové tvary reliéfu

Definice: Moréna - akumulační tvar vytvořený kontinentálním nebo horským ledovcem při jeho progresivním nebo regresivním vývoji

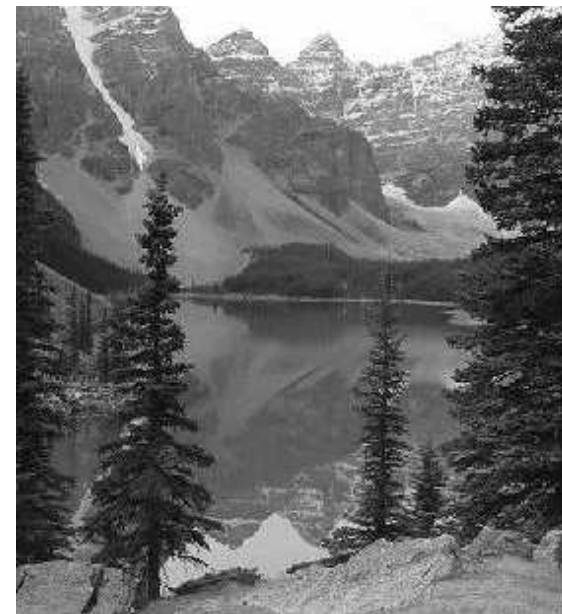
Morény - geomorfologické členění

Čelní morény - na spodním okraji ledovce, tvoří výrazné valy, lze je sledovat až na stovky kilometrů, vyznačují nejzazší hranici zalednění.

Boční morény - po stranách údolního splazu horských ledovců.

Bazální (základní) - na bázi ledovcové hmoty - výskyt na velkých plochách, význam stratigrafický.

Náporové - podložní sedimenty, které jsou tlakem ledovce silně porušené, někdy až prohnětené. Kusy podložních sedimentů mohou být odtrženy a přemístěny na velké vzdálenosti.

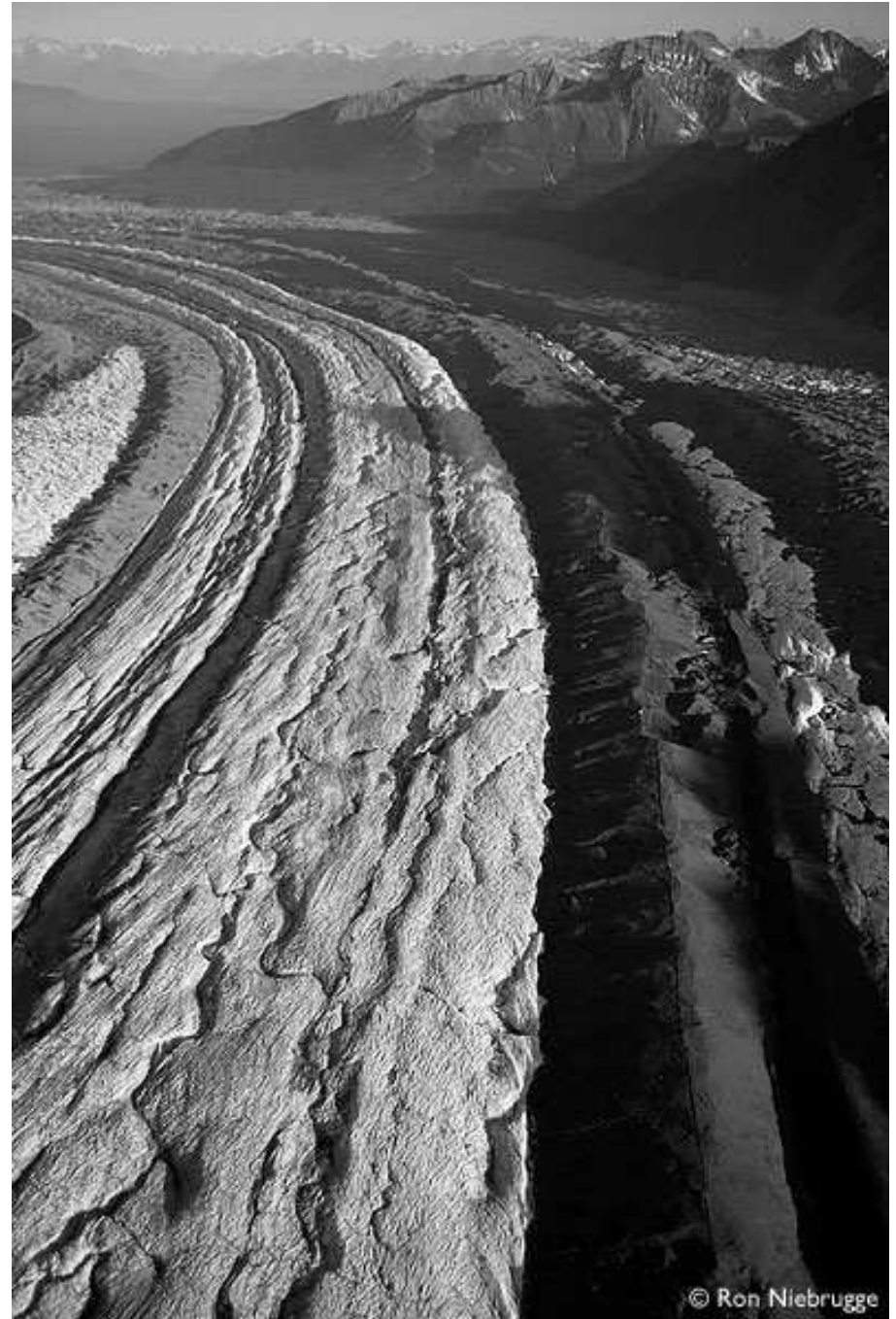
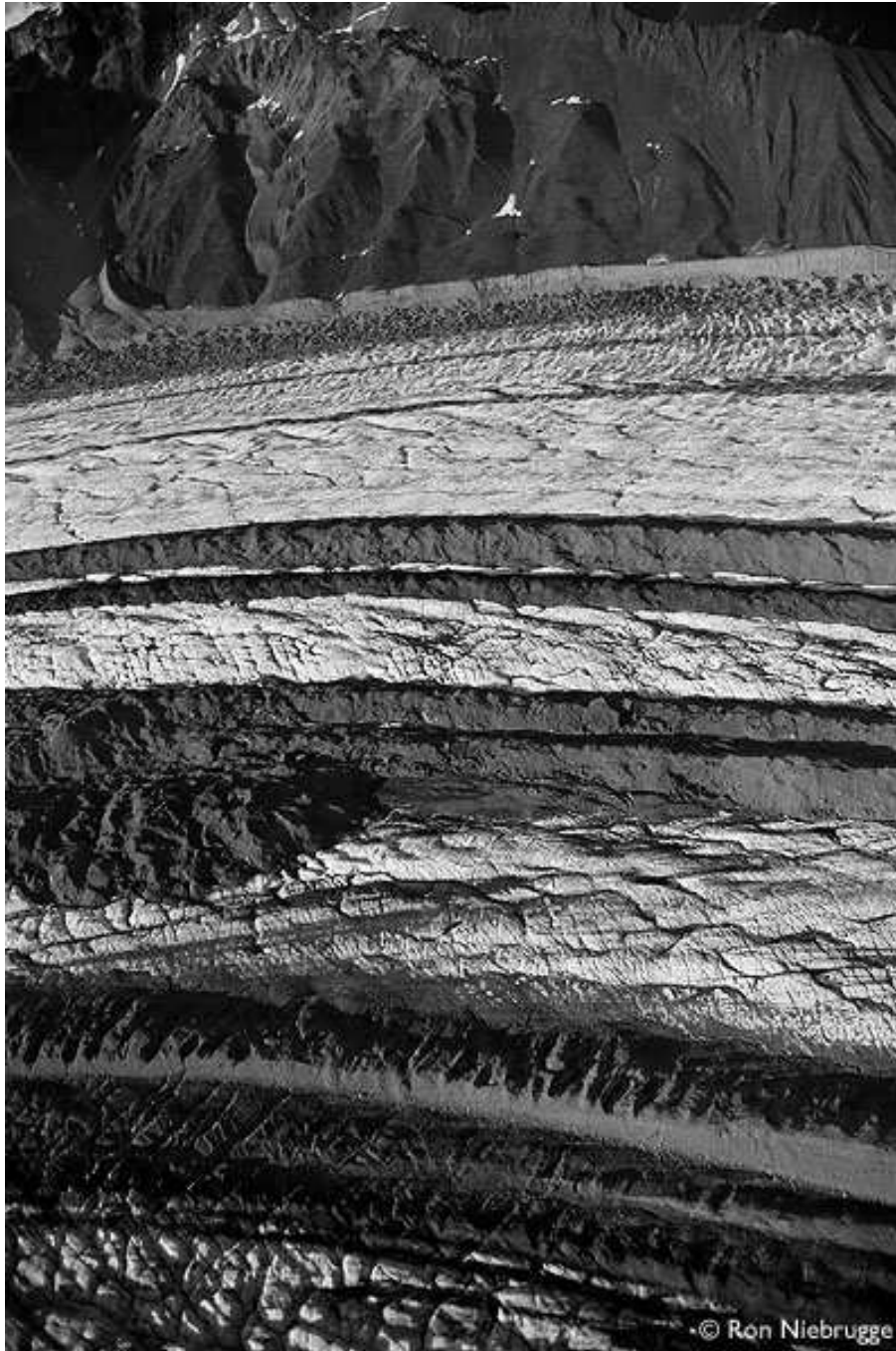


Ledovcové jezero, které vzniklo ústupem ledovce - Lake Moraine (USA).

Čelní moréna



Boční a střední moréna

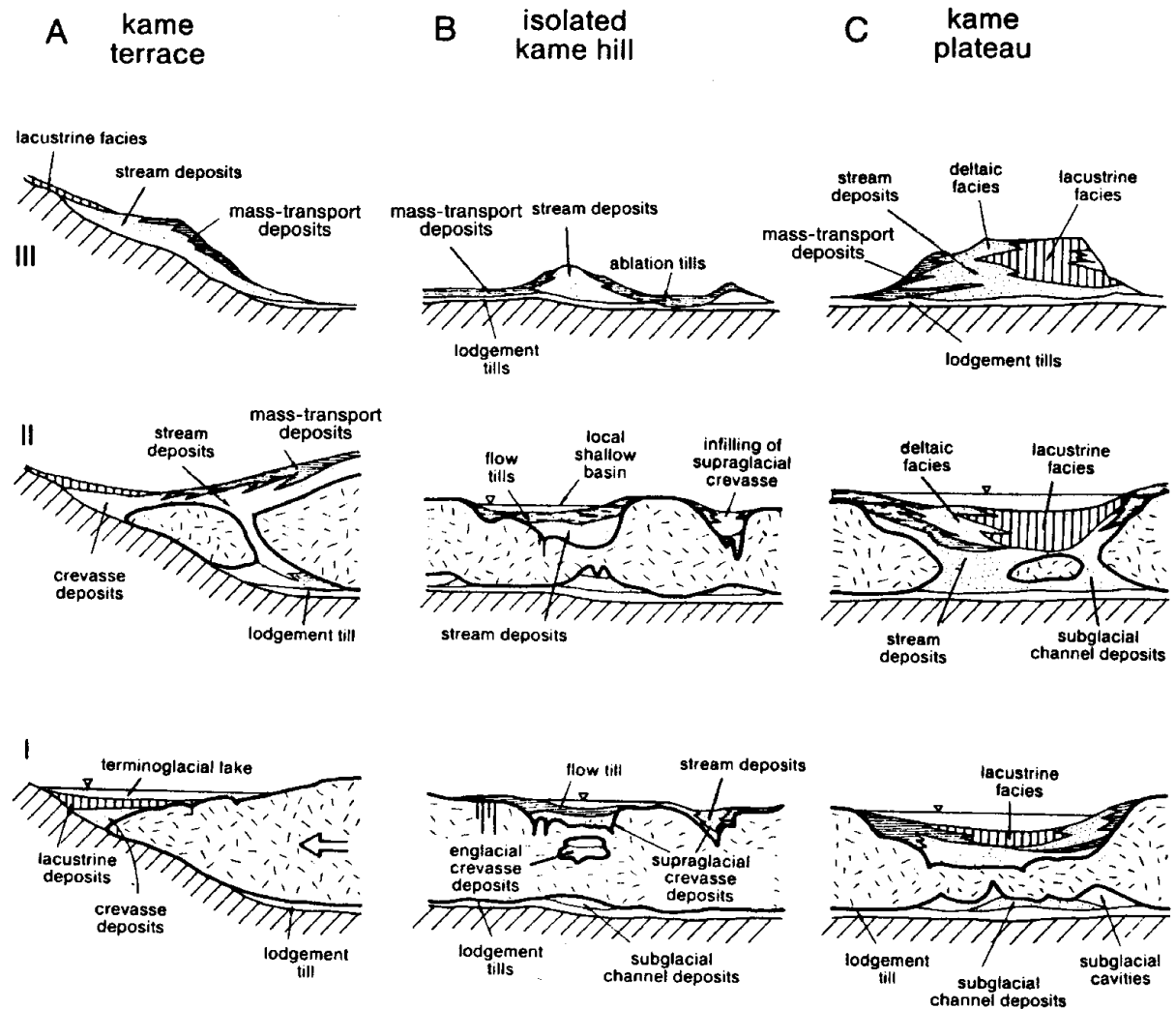


Kam

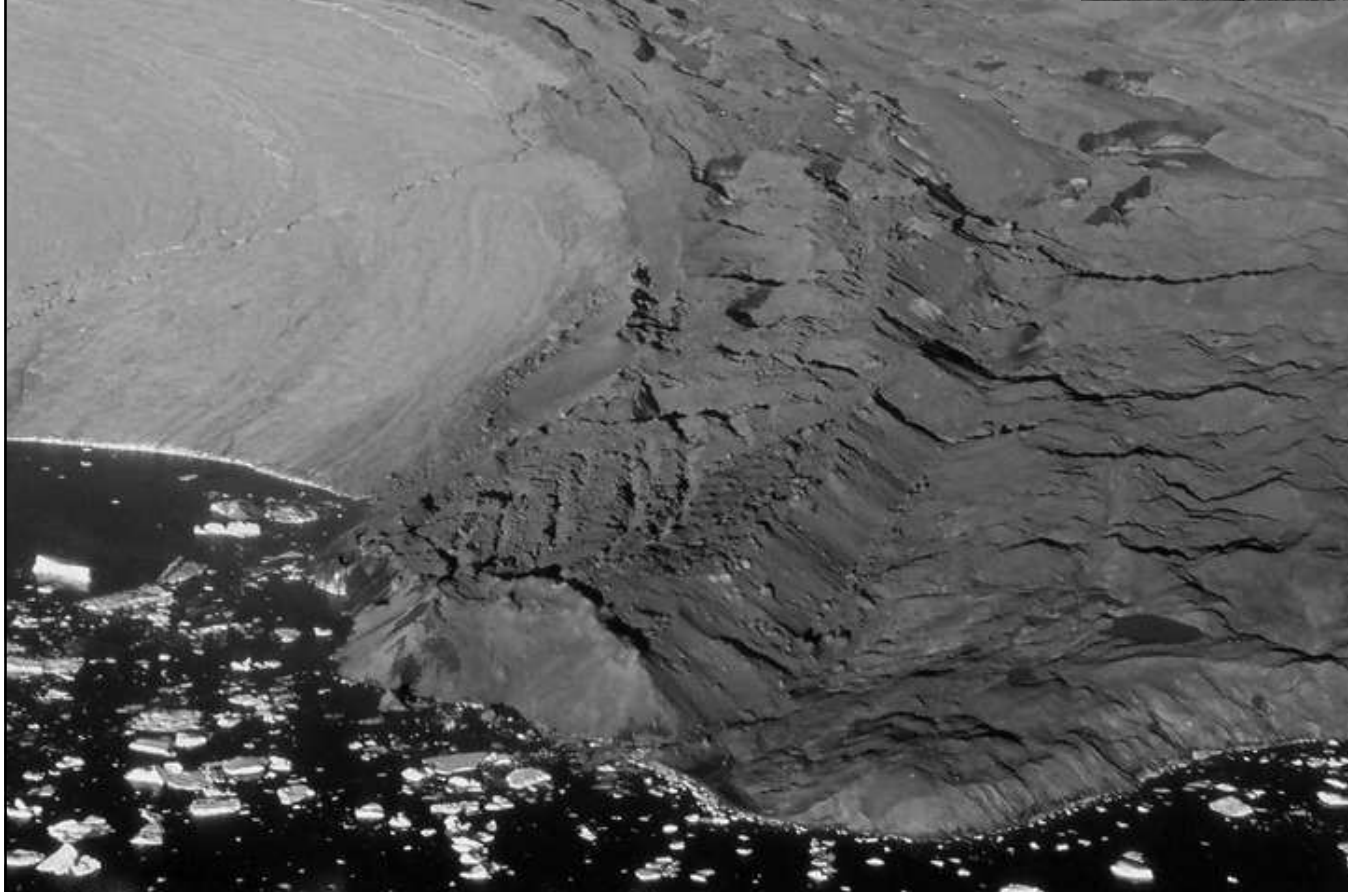
Definice: Nepravidelně rozestavěné pahorky špatně vytríděných glacifluviálních štěrků a písků, vznikají na místě, kde subglaciální tunely ústí v čele ledovce na povrch, jsou kopulovitě

Kamová terasa

Definice: Plošina, která vzniká mezi bokem ledovce a úpatím svahu (nebo boční morénou). Tvořeny jsou málo vytríděným pískovým a štěrkovým materiálem. Terasový svah je obrácen k bývalému boku ledovce.



Schematic model for the formation of (A) kame terraces, (B) kame hills and (C) kame plateaus. Stages I-III indicate subsequent steps in the development. Unless indicated to the contrary, all facies and deposits are from the supraglacial subenvironment.



Boční moréna s kamy a kamovými terasami
(kombinace supraglaciálního flow a melt-out tillu a glaci-fluviální, příp. glacialakustrinní sedimentace)

Čelní moréna s ledovým jádrem



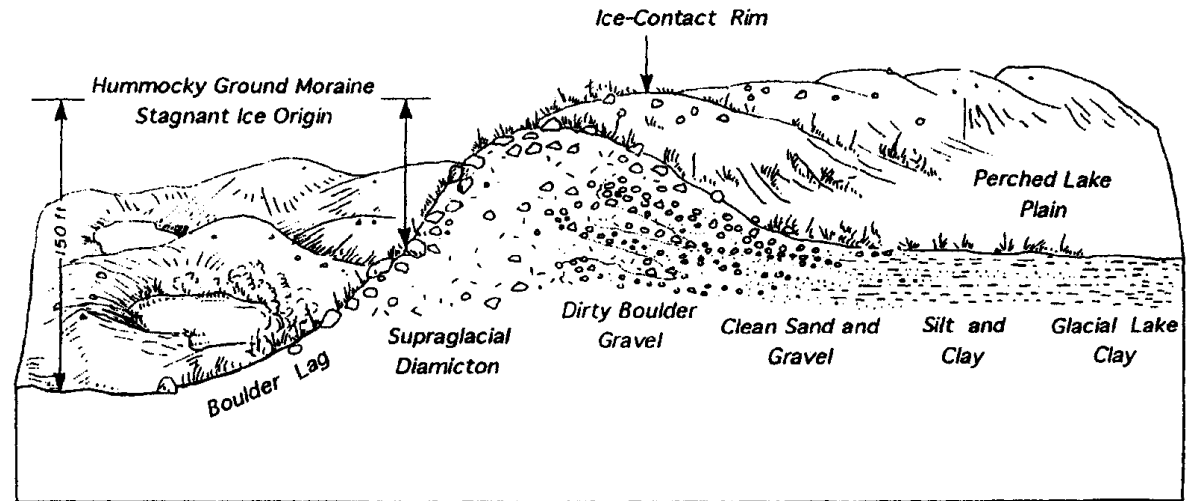
Kamenný ledovec

Definice: Protáhlý tvar s nerovným povrchem a zřetelným čelem, tvořený akumulací úlomků hornin balvanité velikosti s podzemním ledem. Pohyb po svahu nebo v údolním dně.

Výskyt - horské a vrchovinné periglaciální oblasti, přímý geomorfologický důkaz permafrostu

Kopečková („Hummocky“) moréna

Definice: Moréna vzniklá stagnací ledovce, tvořená je kombinací supraglaciálního flow a subglaciálního melt-out tillu



Mrtvý led

Definice: Led, který se oddělil od ledovce a nepohybuje se. Nejčastěji vznik při rychlém ústupu ledovců

Vznik:

- nejčastěji při rychlém ústupu ledovců, překrytí ledovcovými sedimenty
- po roztátí vzniká kotlinovitý reliéf (kopečkové morény) s prohlubněmi + jezírky



Mrtvý led



Mrtvý led



Kary

Definice: Okrouhlé deprese zadních konců horských údolí s příkrými až svislými stěnami vzniklé erozí karových ledovců. Jsou jednoduché nebo složené.

Vlastnosti:

- dno karu - vyhloubená, mělká i hluboká pánev vyplněná jezerem
- vnější okraj karu - v místě čela bývalého ledovce je zvýšen v skalní karový práh



Kary



Typický ledovcový terén

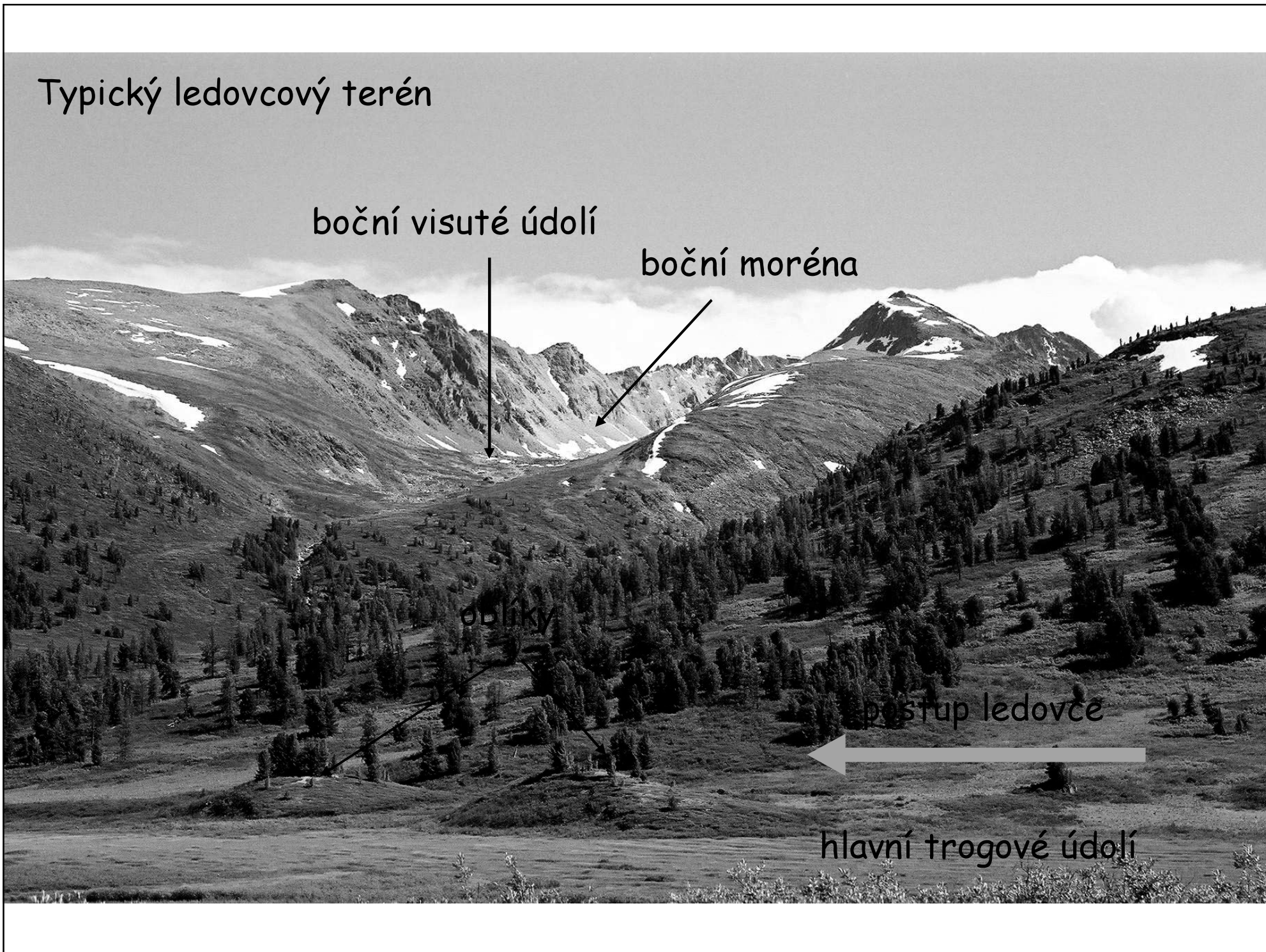
boční visuté údolí

boční moréna

obříky

postup ledovce

hlavní trogové údolí



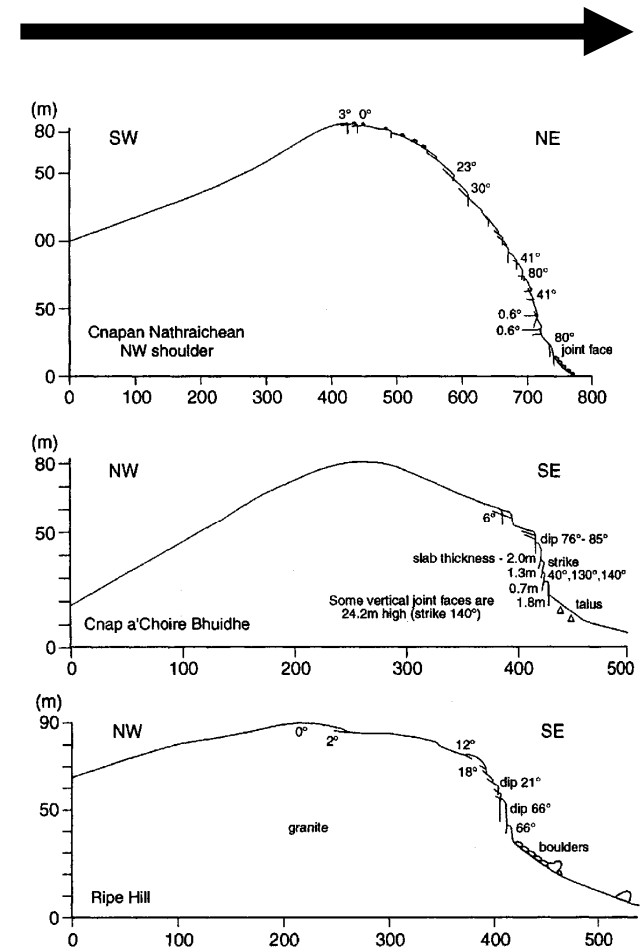
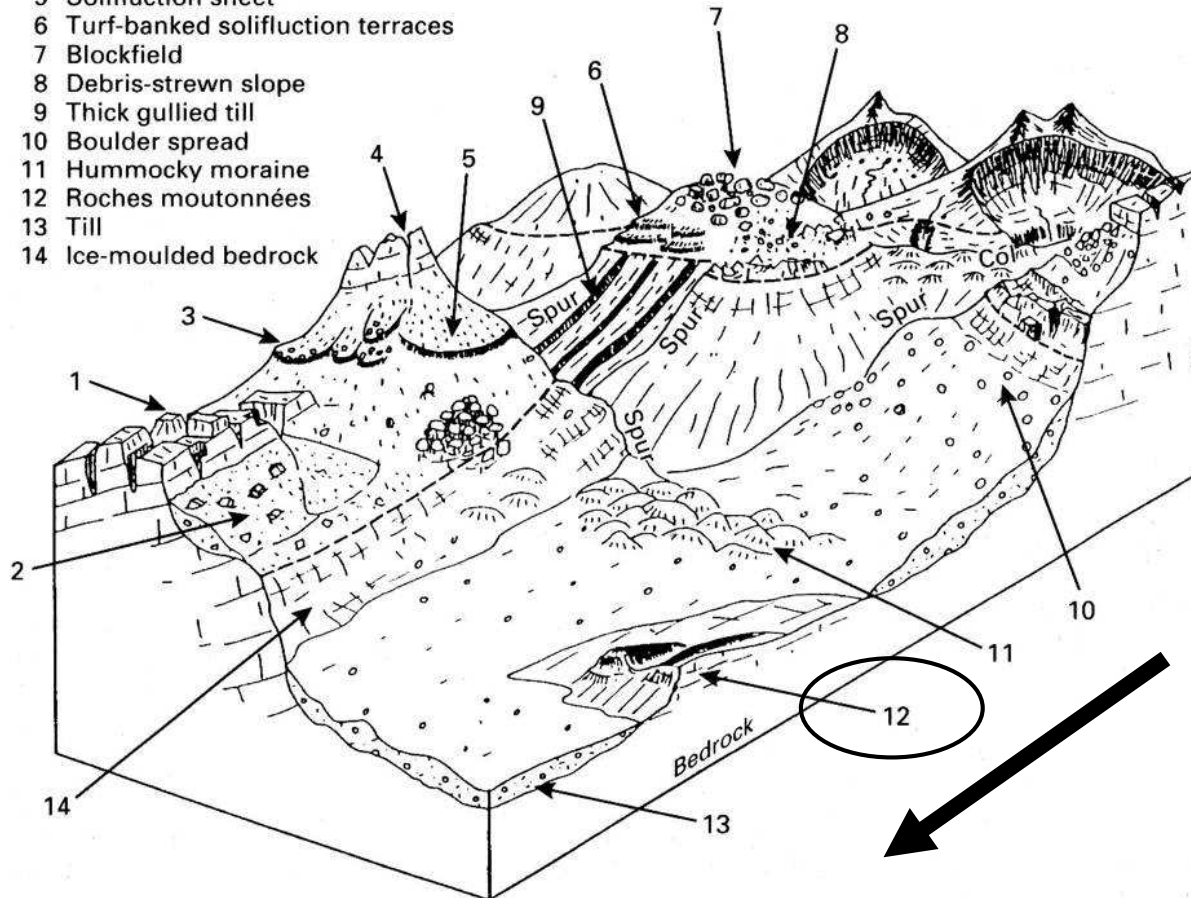
Oblíky (roches moutonnées)

Definice: Pohybem postupujícího ledovce (deterzí) zaoblený skalní hřbet jdoucí paralelně se směrem pohybu ledovce.

Vlastnosti

- výrazná asymetrie
- výška několik metrů, ojediněle až 50 m i více, šířka 2x až 3x větší

- 1 Frost-riven bedrock
- 2 Fossil scree
- 3 Stone-banked solifluction lobes
- 4 Tor-like summit
- 5 Solifluction sheet
- 6 Turf-banked solifluction terraces
- 7 Blockfield
- 8 Debris-strewn slope
- 9 Thick gullied till
- 10 Boulder spread
- 11 Hummocky moraine
- 12 Roches moutonnées
- 13 Till
- 14 Ice-moulded bedrock



Oblík (roche moutonnée)

postup ledovce

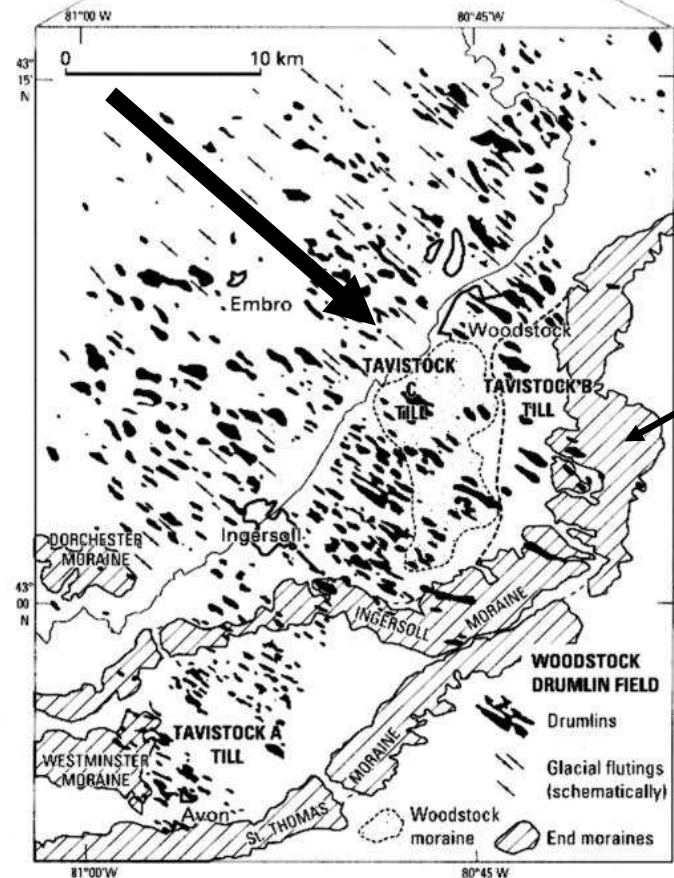
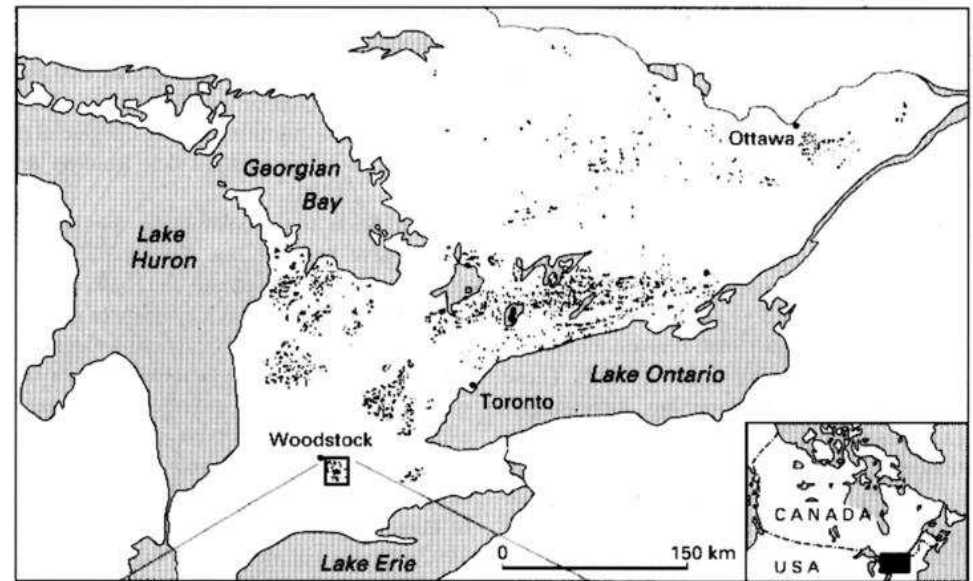
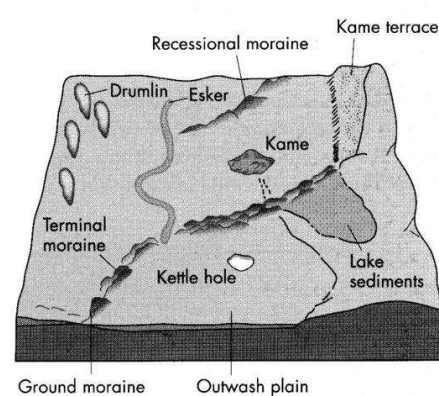
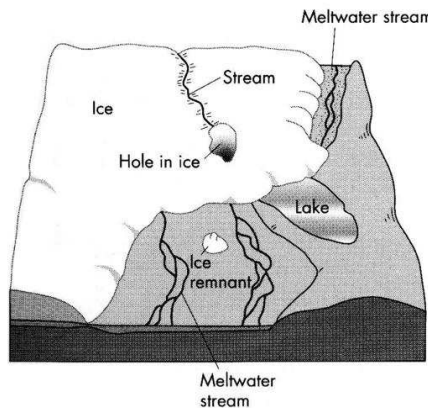
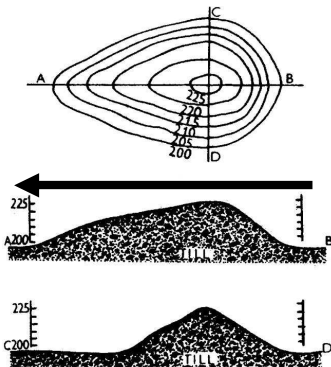


Drumliny

Definice: Eliptické, čočkovité nebo vejčité pahrbky tvořené úlomky na bázi ledovce

Vznik:

- v subglaciálním prostředí jako výsledek kolísajícího tlaku a napětí uvnitř deformovaného sedimentu mezi rigidním horninovým podkladem a pohybujícím se ledovcem



Čelní moréna

Nunataky

Ledovcový splaz

Definice: Nezaledněný skalní ostrov, který ze skalního podkladu proniká na povrch ledovce

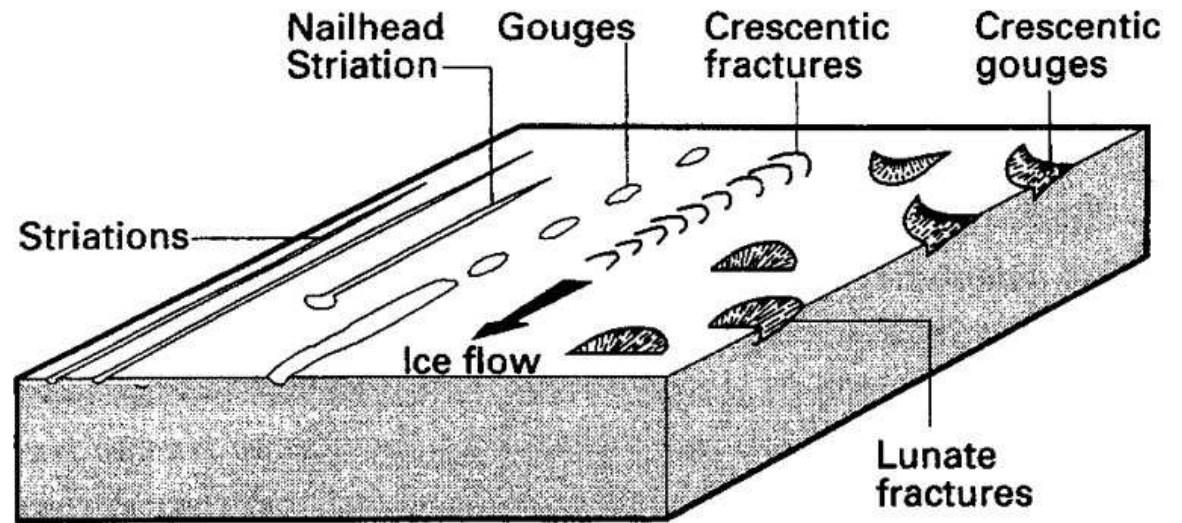
Vlastnosti:

- povrch modelovaný mrazovým zvětráváním

Typy glaciální abraze (mikrotvary)

Glaciální abraze - působením mikročástic (minerální zrna) často do 100 μm

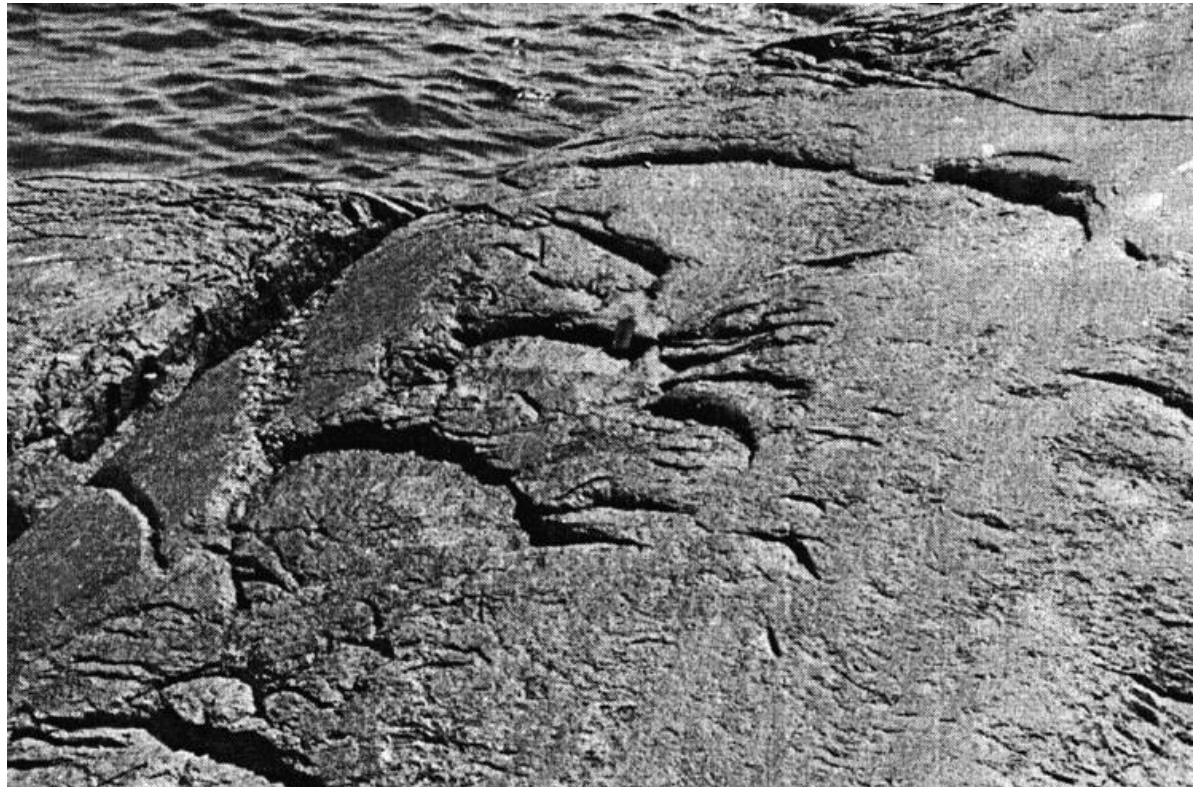
Výsledek - ohlazení, rýhování, zvlnění povrchu



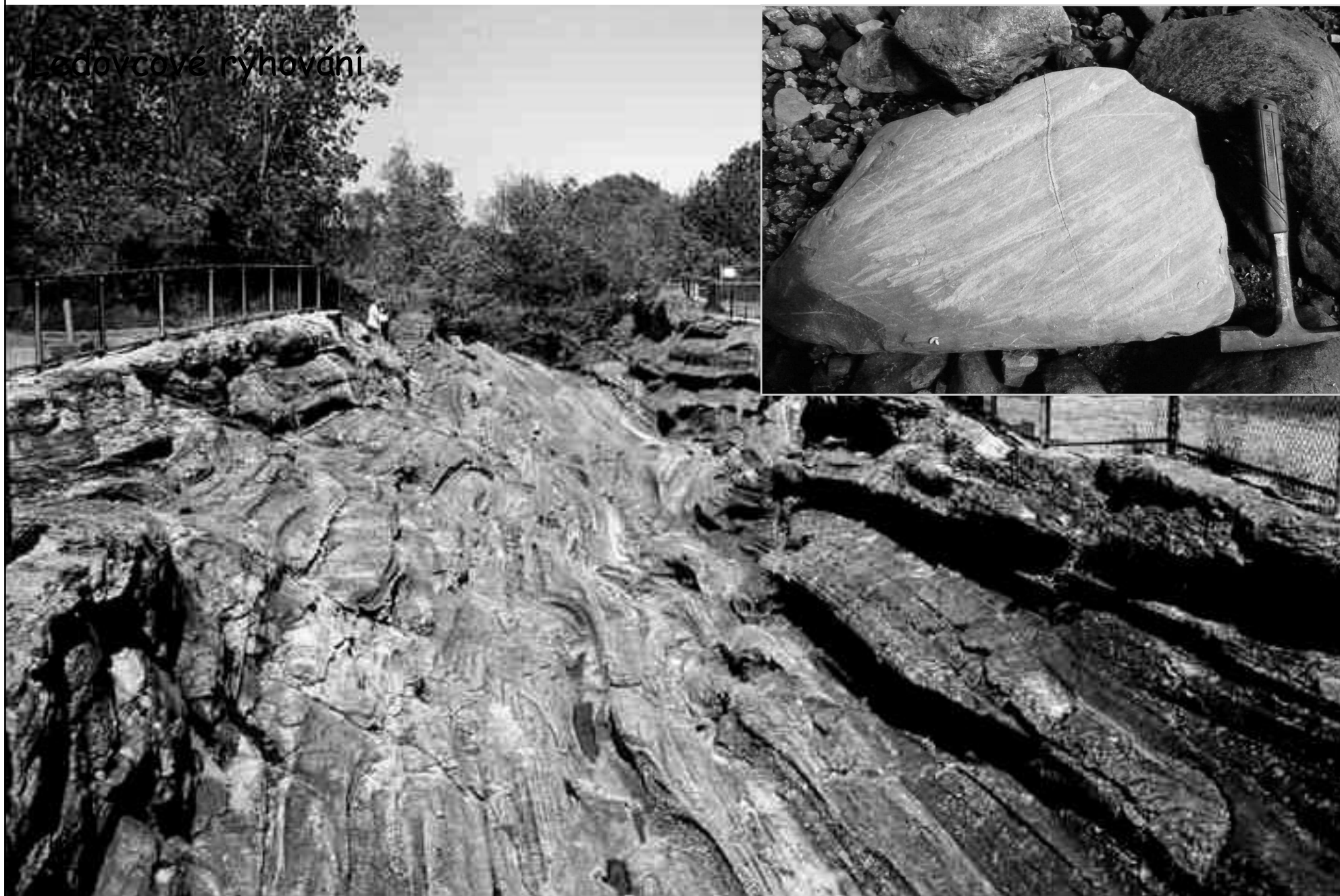
Směrové indikátory

- **striace** - ledovcové rýhování
- **hřebíkovité striace**
- **vhlobeniny, žlábký**
- **měsíčkovité praskliny**
- **srpovité výlomy**

Srpovité výlomy na ostrově Lauttasaari v Helsinkách.



Ledovcové rýhování



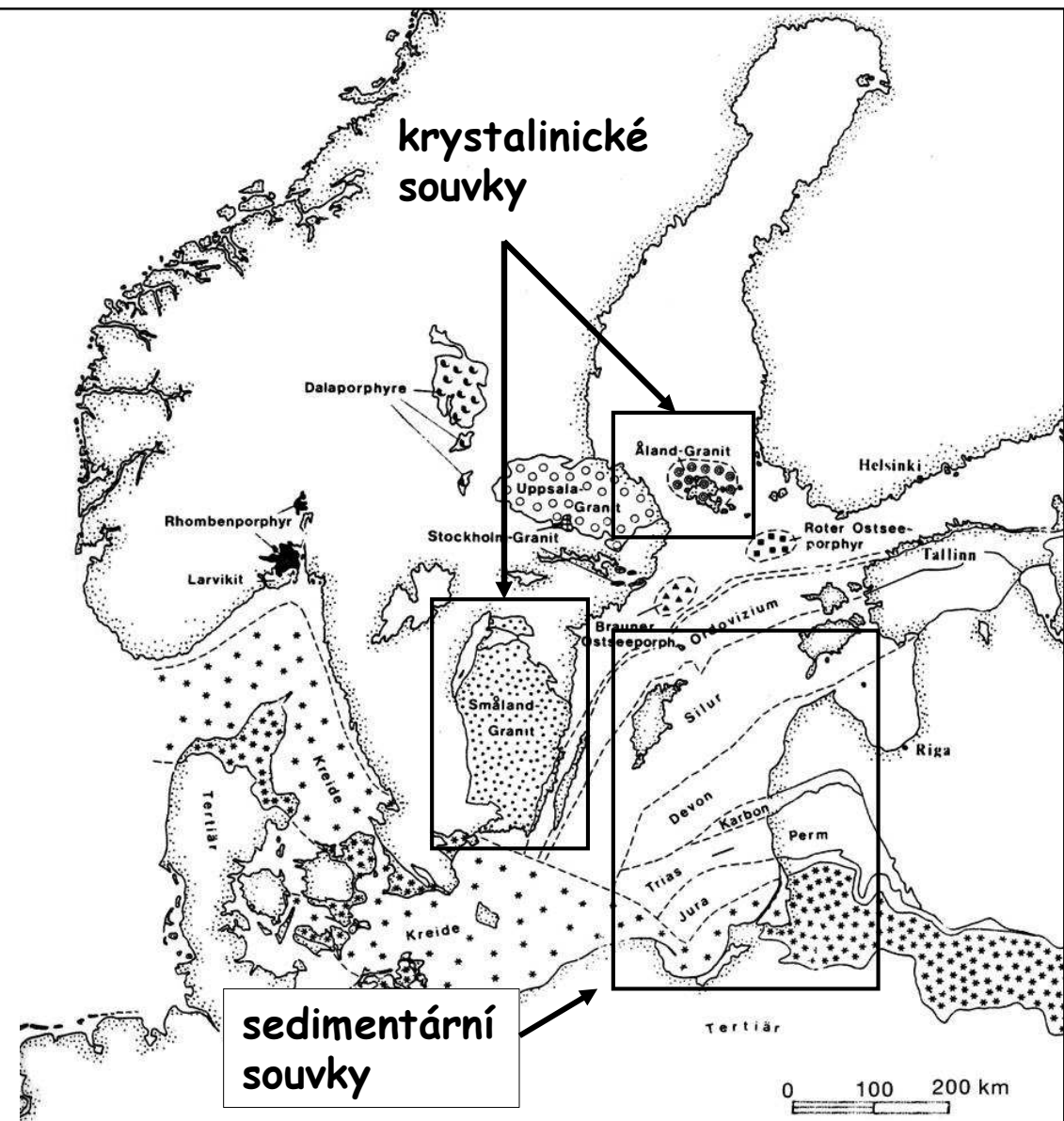
Ledovcové rýhy v Kelleys Island (Ohio, USA).

Ledovcové souvky

Definice: Ledovcové souvky jsou horninové částice, transportované horským nebo pevninským ledovcem, o rozměrech nad 1 cm.

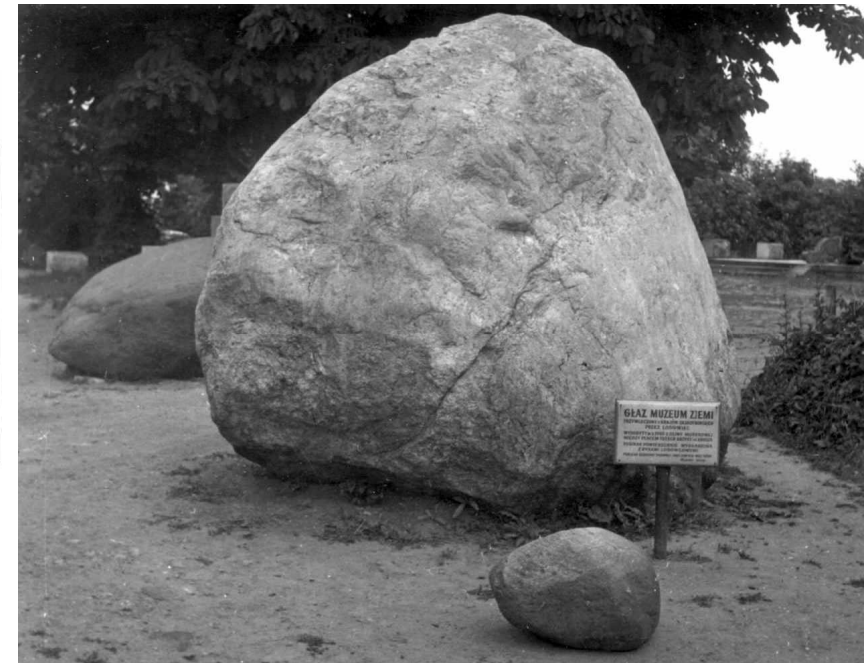
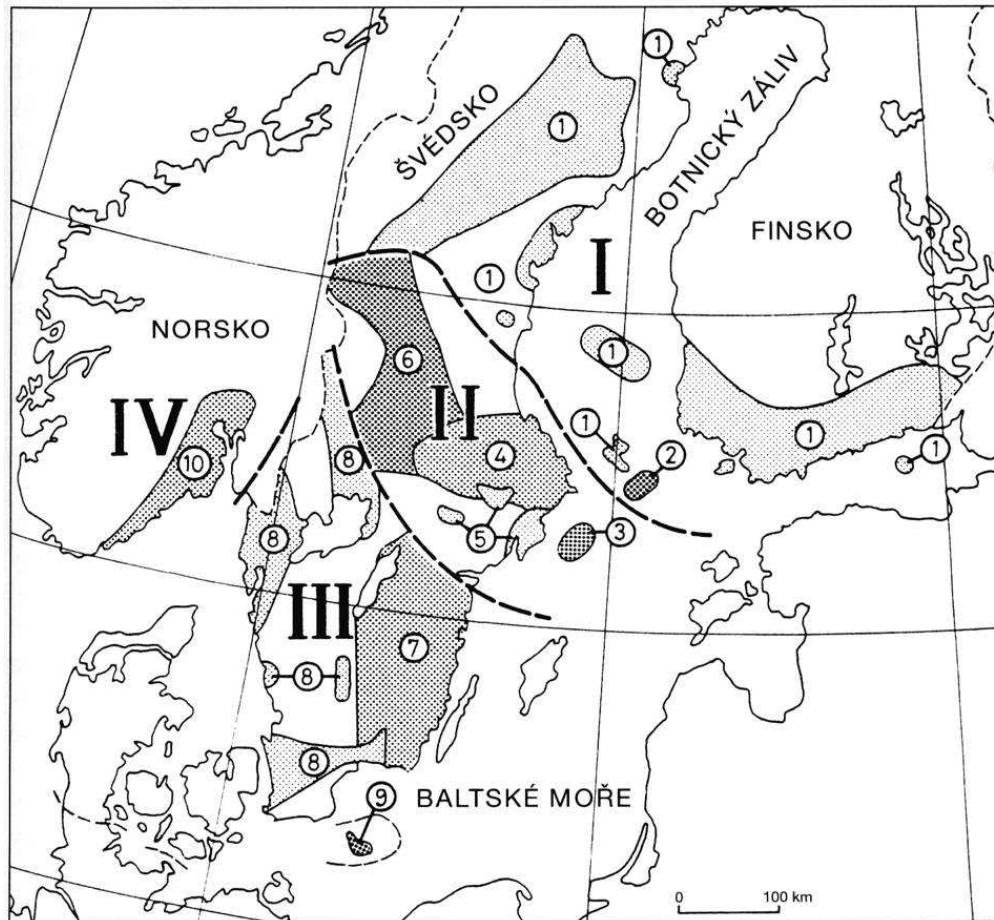
Základní rozdělení (naše území)

- **nordické souvky** - původ ve Skandinávii, Finsku, na dně Baltského moře, severoněmecká + polská plošina
- **blízké souvky** - z oblasti polského Dolního a Horního Slezska
- **lokální souvky** - původ na našem území. V oderské oblasti i přes 90% všech souvků

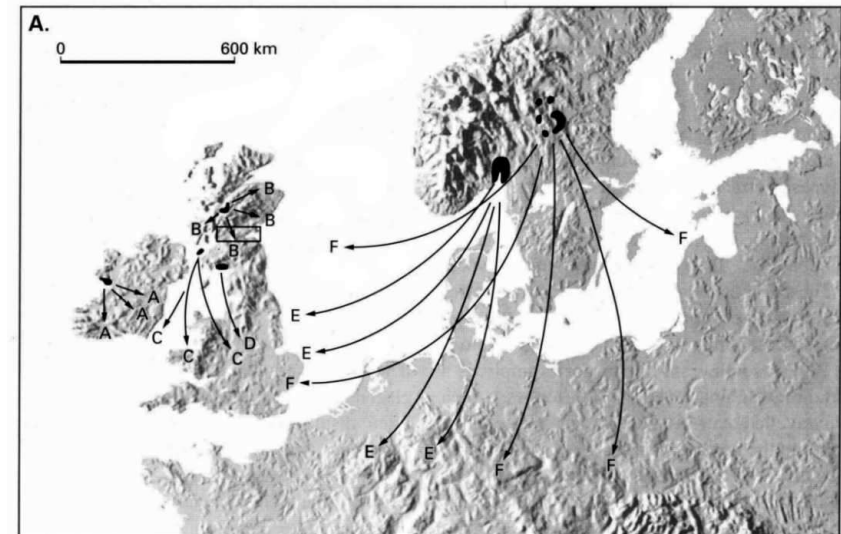


Vúdčí souvky - dělení

Skupiny podle Hesemanna	Skupiny podle Zandstry	
I Východobaltská	1 Východobaltská oblast 2 Baltské moře j. Alandů	v. – baltská
II Středošvédská	3 Baltské moře v. Stockholmu	v. – středobaltská
	4 Uppland	
	5 Okolí Stockholmu	
III Jihošvédská	6 Dalarna	z. – středobaltská
	7 Småland	
IV Norská	8 Bohuslän – Skåne	j. – baltská
	9 Bornholm	
	10 Okolí Osla	j. – norská



Eratický balvan před Muzeem Země ve Varšavě.

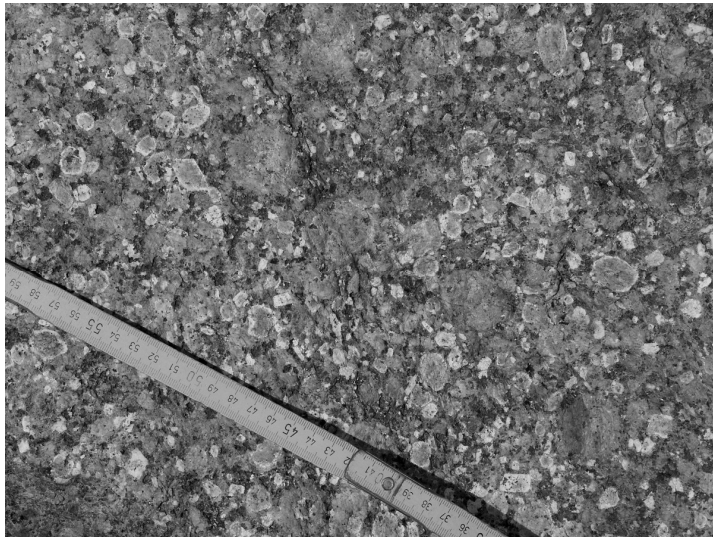


Indikace směru pohybů kontinentálního ledovce.

Nejčastější krystalinické souvky



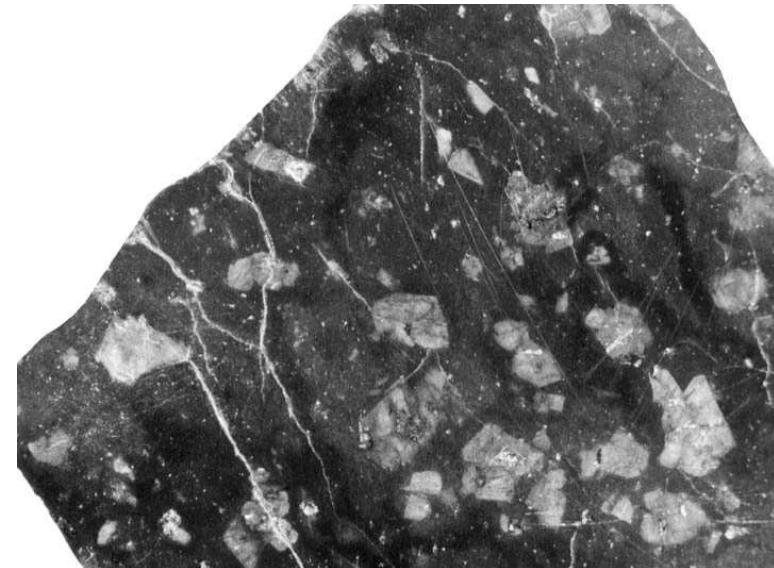
Småland granit (jižní Švédsko) – středně až hrubozrnné, růžové až červené, vysoký obsah Q namodralého odstínu.



Åland rapakivi (východobaltská oblast) – vejčité vyrostlice ortoklasu (2-20 mm) s oligoklasovým lemem a přítomností amfibolu. Balvany až 1m.



Småland granit v Opavě.



Dala porfyr (střední Švédsko, Dalarna) – paleopyroclity až paleotrachyty, velmi jemnozrnné, vyrostlice živce většinou do 5 mm, za čerstva červené až hnědé.

Příklady sedimentární souvky



Amonit v jurském souvku.



Trilobit v beyrichiovém vápenci (devon).

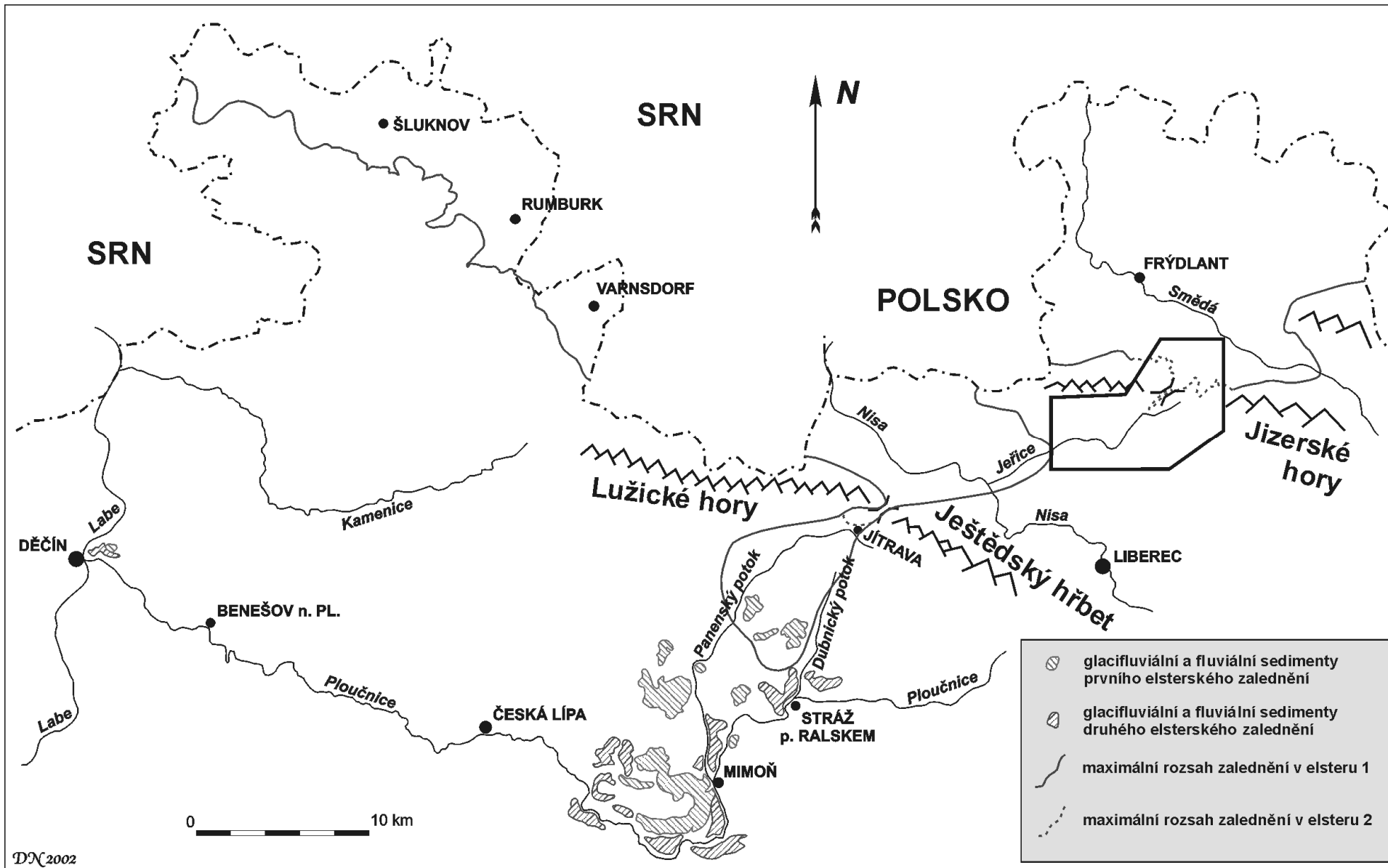


Tentakulit a trilobit v baltském souvku.

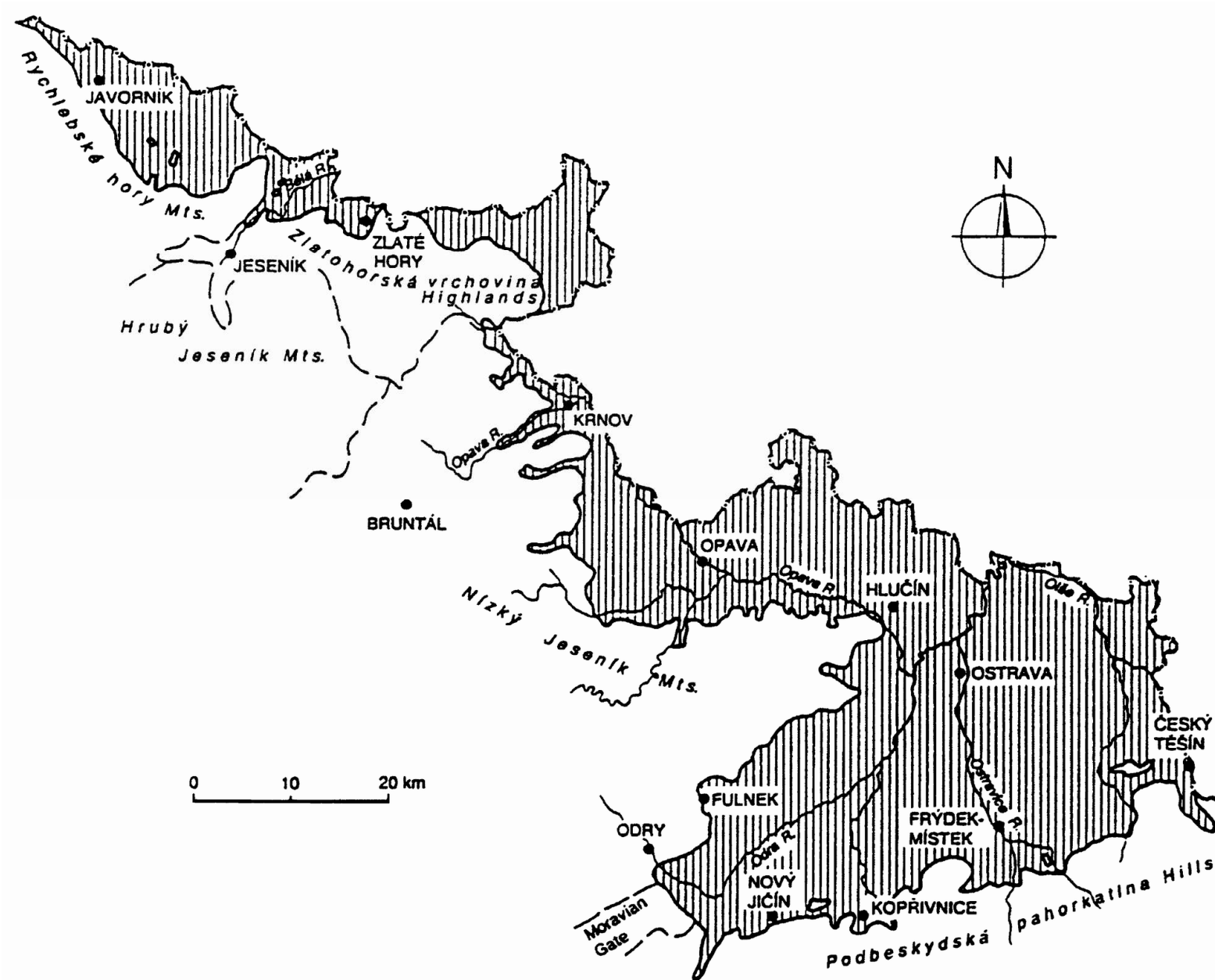


Baltský pazourek.

Maximální rozsah zalednění v oblasti severních Čech



Maximální rozsah ledovcových sedimentů na severní Moravě a ve Slezsku



Použitá literatura

Bezvodová, B., Demek, J., Zeman, A., 1985: Metody kvartérně geologického a geomorfologického výzkumu. – 1-207, SPN, Praha.

Ehlers, J., Gibbard, P.L., 2004: Quaternary Glaciations – Extent and Chronology. – Developments in Quaternary Science 2, 1-475, Elsevier.

Gába, Z., Pek, I., 1999: Ledovcové souvky moravskoslezské oblasti. – 1-110, I-VIII tab., Okresní vlastivědné muzeum v Šumperku. Šumperk.

Karásek, J., 2001: Základy obecné geomorfologie. - 1-216. Učební texty, PřF MU, Brno.

Kukal, Z., 1986: Základy sedimentologie. - 1-466. Academia, Praha.

Lowe, J. J., 1997: Reconstructing Quaternary Environment. - 1-446. Prentice Hall, Harlow, Essex.

Ložek, V., 1973: Příroda ve čtvrtohorách. - 1-372. Academia, Praha.

Musil, R., 2000: Natural Environment. - Anthropologie, 38, 3, 307-310.

Nývlt, D. – poskytnuty některé fotografie a obrázky