



Kryogenní procesy a tvary



Kryogenní pochody

kryosféra

1923 Dobrowolski

- **nivace** = destrukční působení sněhu
sněžná čára - hranice, která omezuje plochu ZP se souvislou sněhovou pokrývkou
sněžníky (trvalé, tzn. min 2 roky) → nivační deprese
- **glaciální pochody** = modelace ledovci
- **periglaciální pochody** - v kryosféře
 - v nezaledněných oblastech
 - mrazové zvětrávání
 - tvary v permafrostu

Ledovcový led

- vzniká ze sněhu

→ zvyšující se statický tlak vyvolaný vahou nadložních poloh → zvýšení objemové hmotnosti v hrubozrnný agregát: **firn** (0,55 - 0,84 g/cm³)

→ **diageneze** (zhutňování)

→ **regelace** (tání tlakem a mrznutí)

objemová hmotnost: 0,85 g/cm³ = **ledovcový led**

obvykle při mocnosti 35 - 75 m sněhové pokrývky

! průměrná roční teplota < 0 °C + aktivní hydrologická bilance

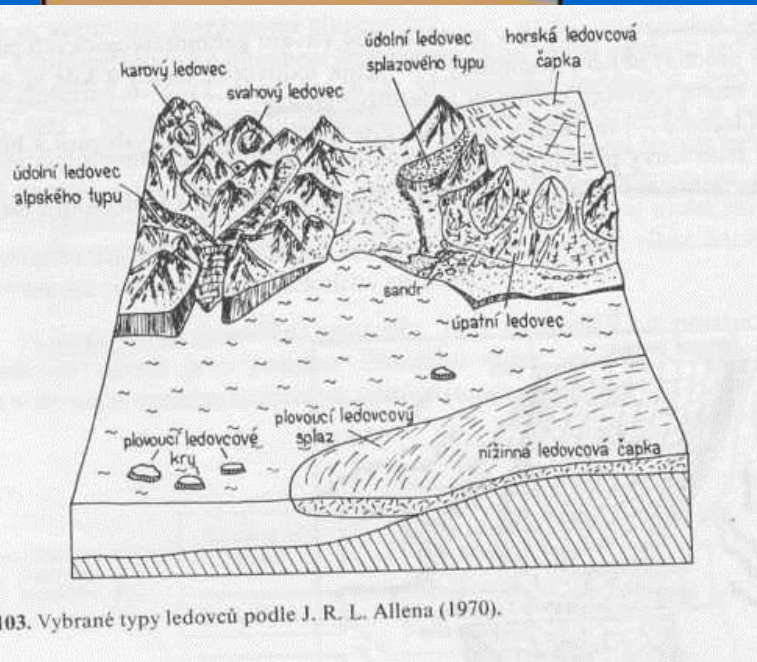
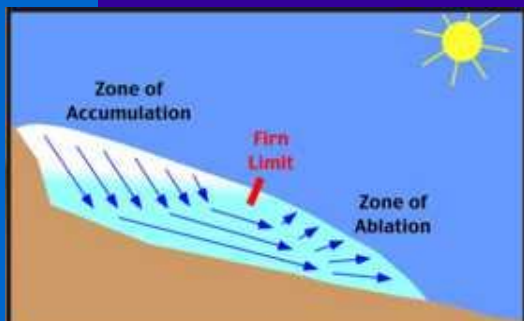
Typologie ledovců

- **horské** - jednosměrný pohyb
- **pevninské** (kontinentální) - všesměrný pohyb (odstředivě se roztéká)
 - tvar klenby \Rightarrow štítový ledovec

zaledněná území:

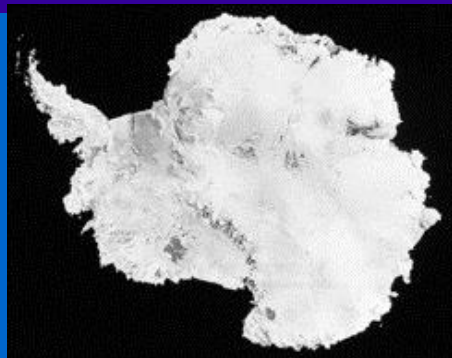
Antarktida	13 802 tis. km ² (97,5 % území)
Grónsko	1 802 tis. km ² (82,9 % území)
Island	11 tis. km ² (10,9 % území)
Himálaje.....	33 tis. km ² (35,2 % území)

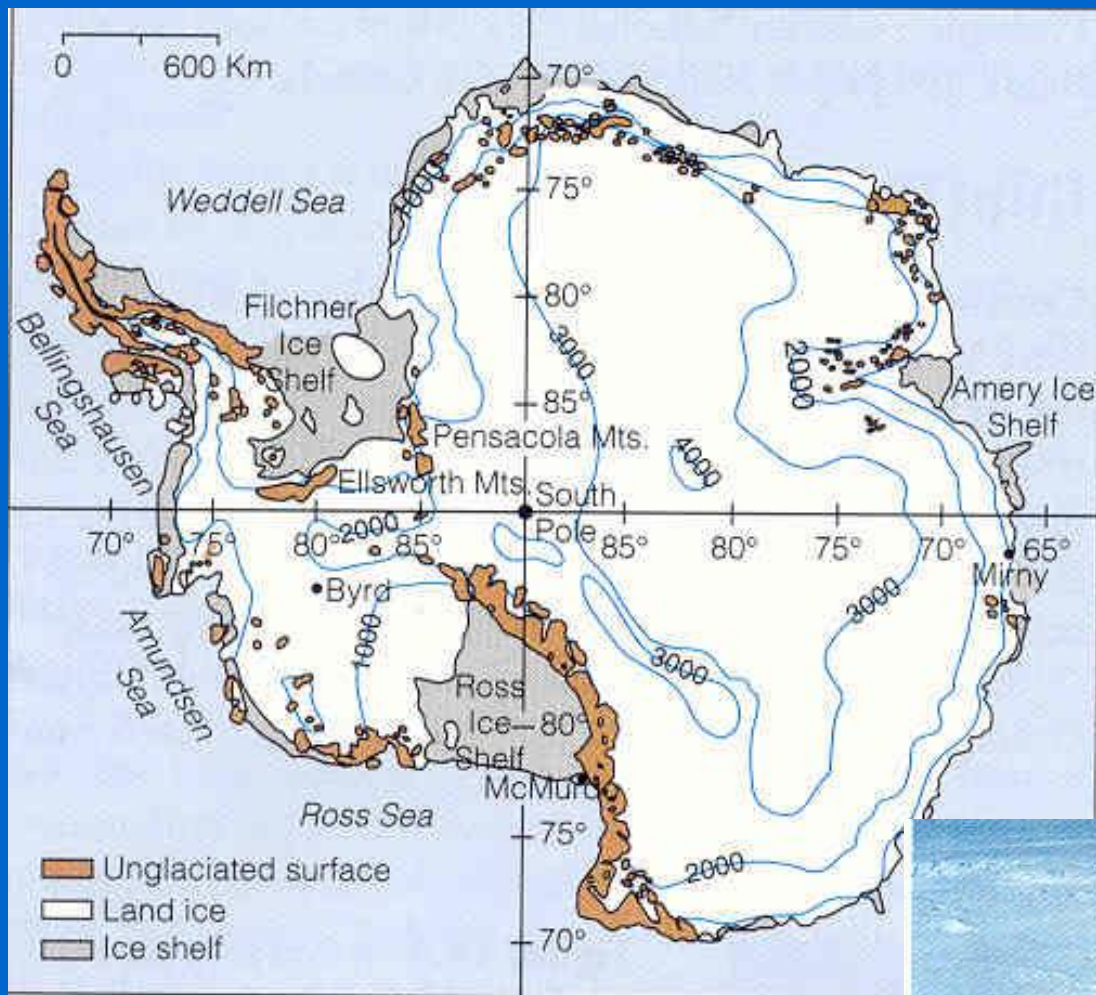
- **pevninské** (kontinentální) - všesměrný pohyb (odstředivě se roztéká)
- **horské** - jednosměrný pohyb



103. Vybrané typy ledovců podle J. R. L. Allena (1970).

- svahový
- karový
- údolní - alpského typu
- údolní – splazového typu
- ledovcové čapky
- radiální ledovce
- piedmontní (úpatní)





vce

v ČR: v pleistocénu
 minimálně 2x
 (mindel, riss)

nunataky

loby - proudy pohybující se
 různou rychlostí



Glaciizostatické pohyby

- průměrná rychlost: 1 - 10 mm/rok

↓ zatížení ZK ledovcem

↑ odlehčení ZK při odtávání

izolinie zdvihu - nejrychlejší v centru

(př. na březích Botnického zálivu) - max. 10 mm/rok

S. Amerika - oblast Velkých jezer (max 5 mm/rok)

- Kanadské arktické souostroví (1 - 10 mm/rok)

Grónsko - západní pobřeží (extrémně 105 mm/rok)

Modelace - eroze, transport, akumulace

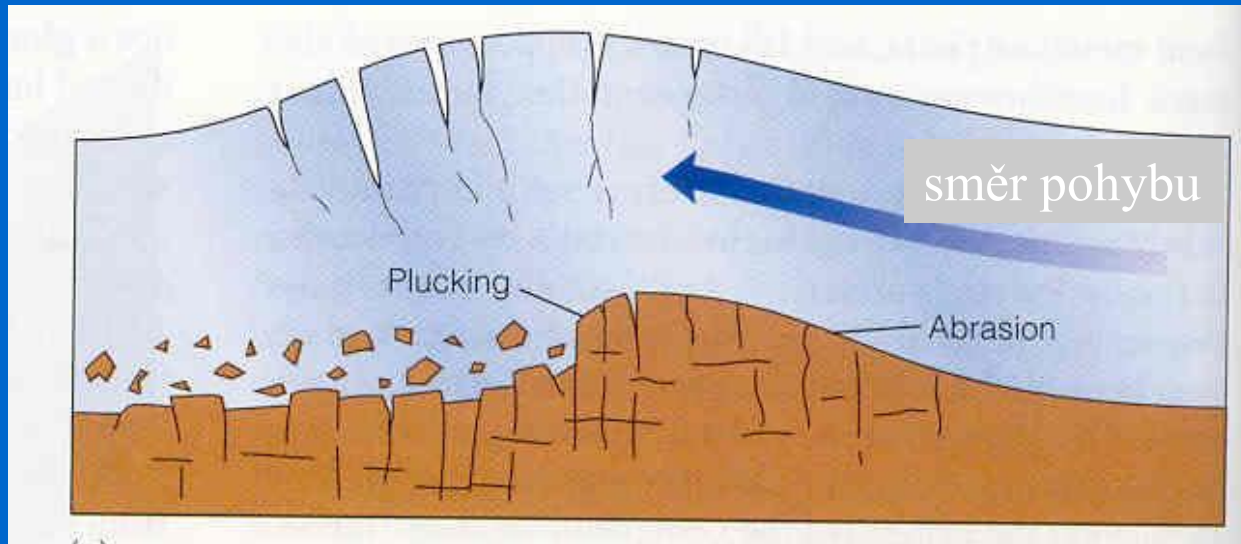
glaciální eroze

- spočívá v abrazi

- DETERZE = ohlazování
 - EXARACE = brázdění → souvky
 - DETRAKCE = odlamování
 - PLUCKING = rozvolňování
- plošná detrakce a deterze pevninských ledovců → zcela odstraní zvětralinový plášť → typické tvary:
- oblíky**

Oblíky

- asymetrický profil



J: Finsko: sníženiny mezi oblíky jsou zaplaveny jezery nebo mělkým mořem

- oblíky vyčnívající nad hladinu = **skjären**

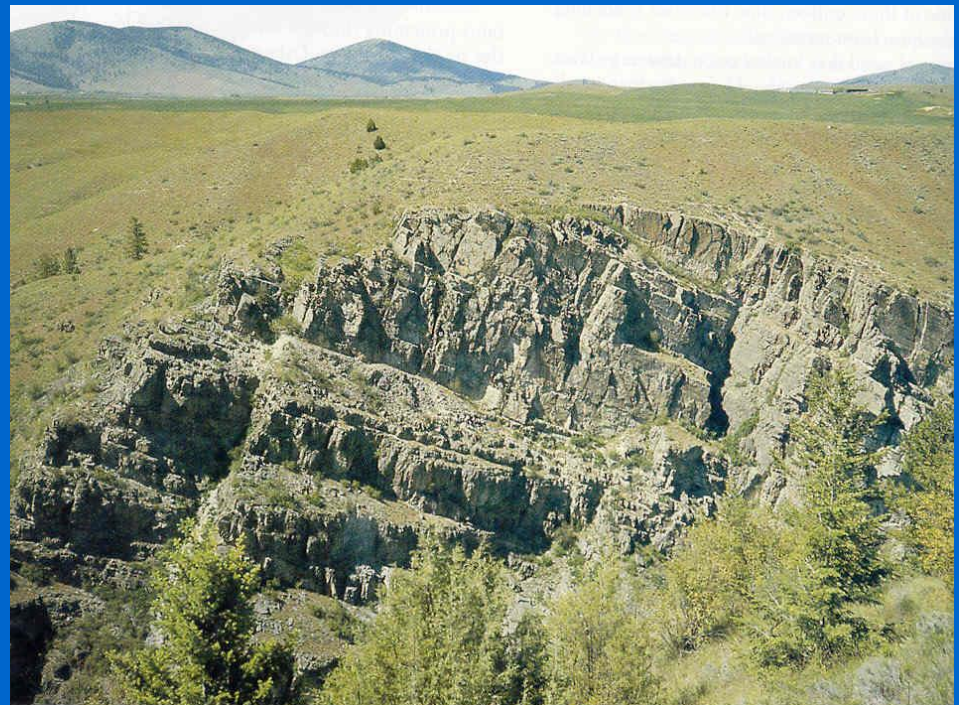
-
-
-

Oblíková krajina v ČR:

Žulovská pahorkatina

- nízké exfoliační klenby
(ruware) → oblíky

- vysoké exfoliační
klenby (borndhardty) →
nunataky



-
-
-

glaciální transport

till = materiál transportovaný ledovcem; netříděný a nevrstvený

místo transportu: na povrchu

na okrajích

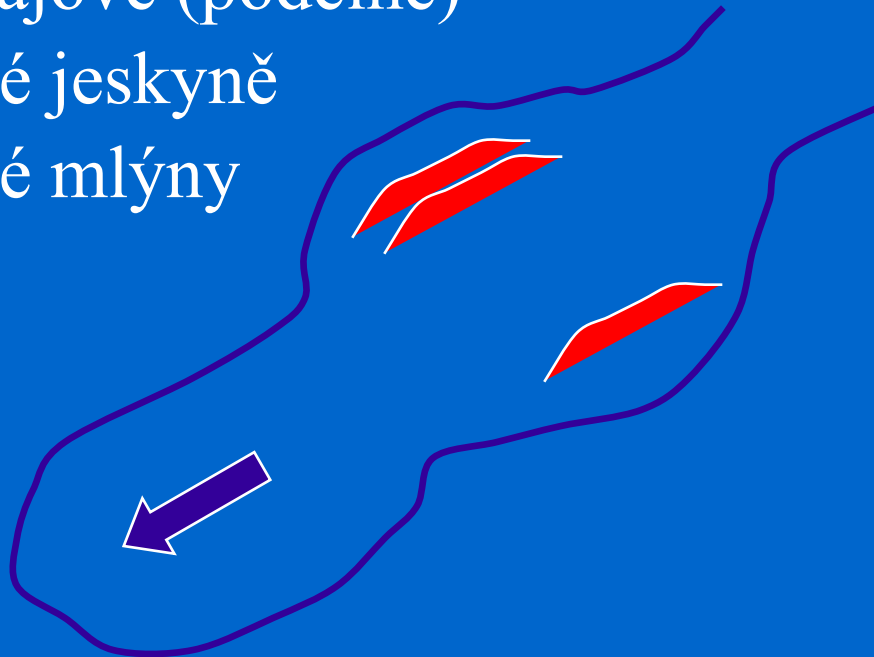
vlečení pod ledovcem

glaciální akumulace

- základní tvar: **MORÉNY**

Horské ledovce - povrch

- nerovný
- na povrchu: vrstva suti (svrchní moréna)
- **trhliny** - příčné → mohou vést k **ledopádu**
 - okrajové (podélné)
 - ledové jeskyně
 - ledové mlýny

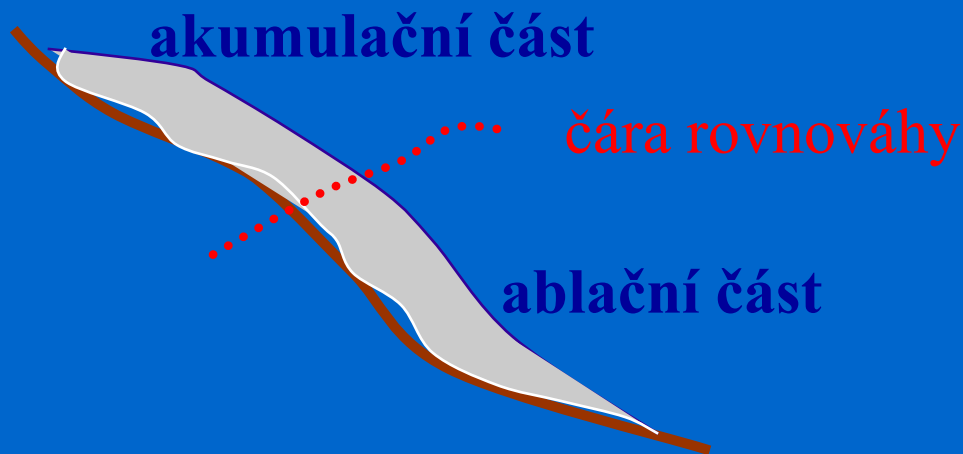


-
-
-

Pohyb ledovce

- gravitační
- průměrná: metry až desítky metrů/rok
- extrém: 120 m/den (Himálaje)

Bilance ledovce



typy ledovců:

s chladnou bází - pohybuje se po smykové ploše uvnitř ledovce \Rightarrow nemodeluje

s teplou bází

- tání ledu vlivem tlaku - pohybuje se po hranici hornina - led \Rightarrow modeluje (podloží není zmrzlé, tzv. vlhká báze)

Modelace reliéfu horskými ledovci

X od pevninských: koncentrace splazů do údolí
předledovcové sítě (např. říční) \Rightarrow soustředěná
modelace

základní tvary:

KAR

TROG

FJORD

DRUMLINY



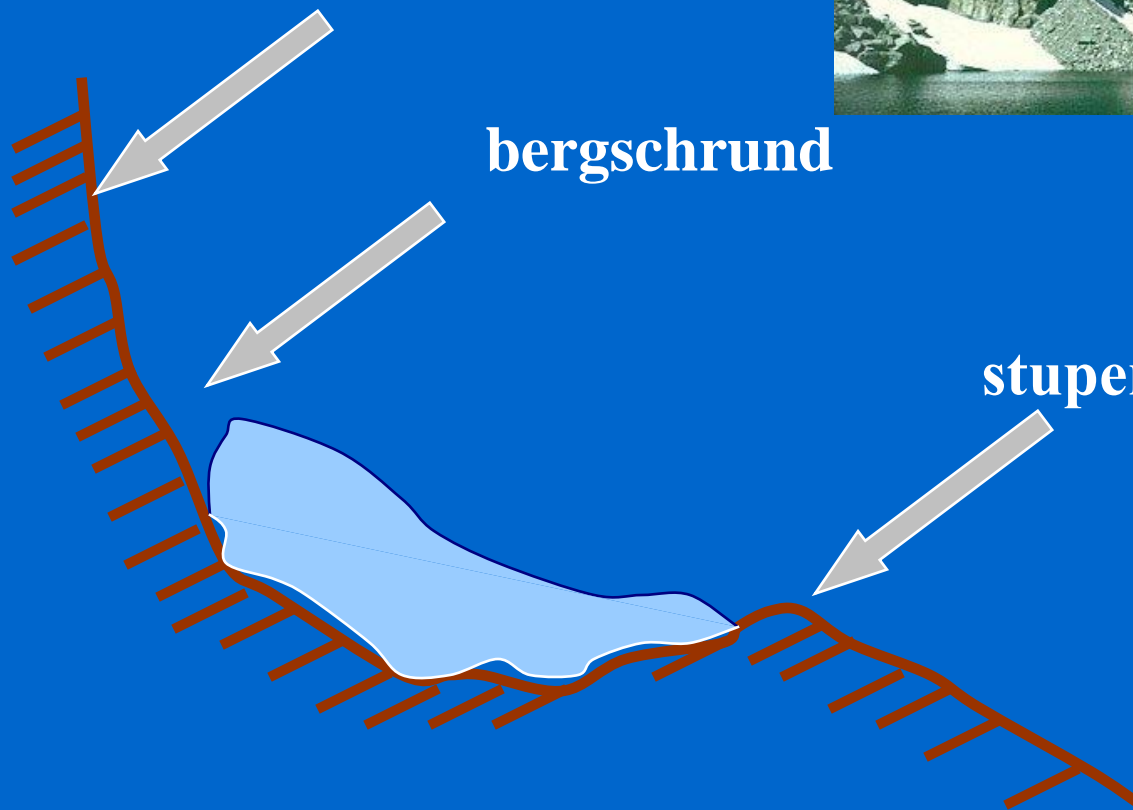
kar



stěna karu

bergschrund

stupeň karu



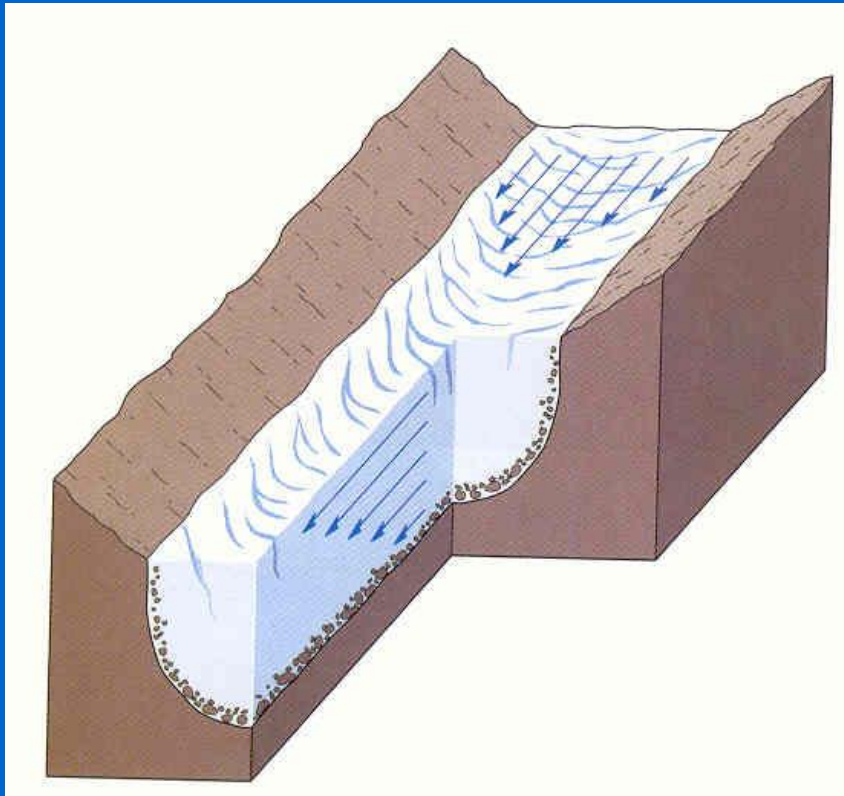
-
-
-

kar



trog

- ledovcové údolí profilu „U“



Akumulační tvary

Morény - špatně tříděný nebo netříděný úlomkovitý materiál, který se pohyboval činností ledovce (till) + byl ledovcem akumulován

kamy - vyplněný prostor mezi ledovcem a údolní stěnou

- po ústupu ledovce mají charakter teras na úpatí údolních svahů



Vysoké Tatry

•
•
•
podle místa uložení:

boční

střední

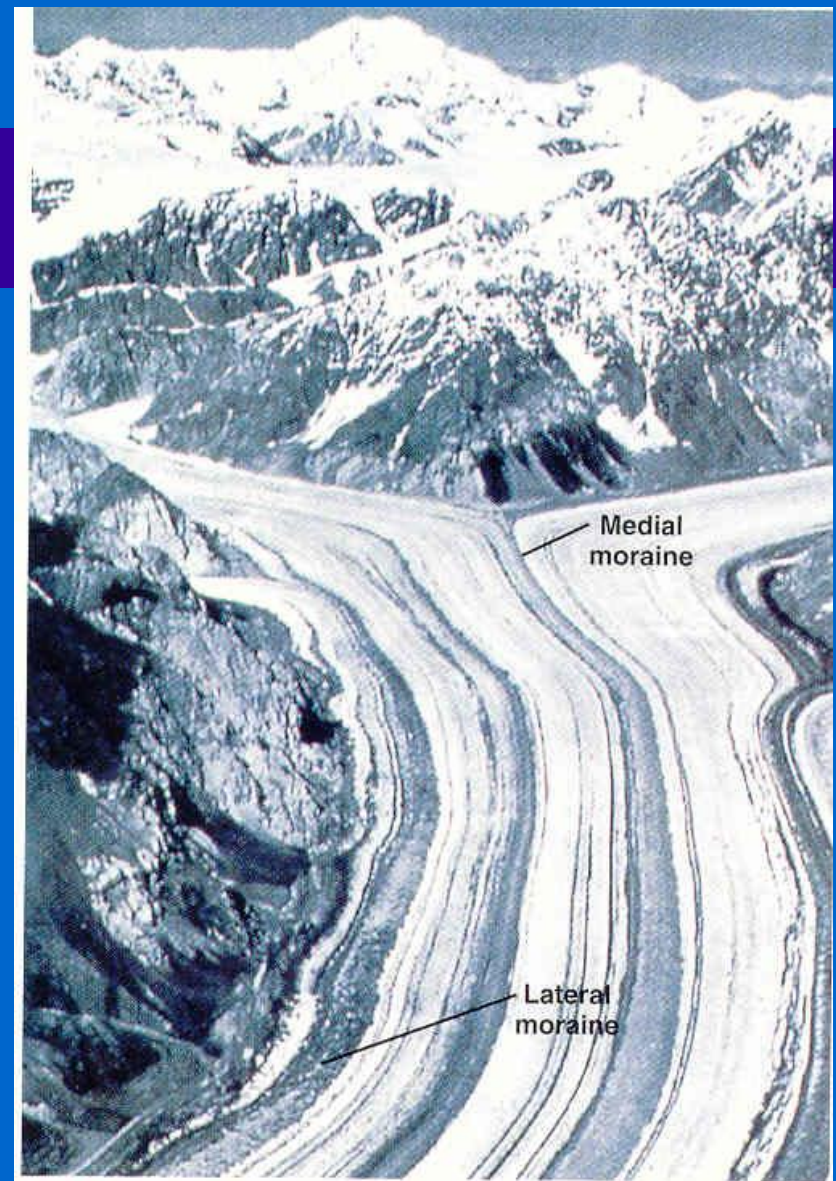
vnitřní

spodní → souvky

čelní - výšky 5 - 250 m;

často zahrazují jezera

ústupová



Fluvioglaciální sedimentace

eskery (osary) = valy (agradáční) vzniklé sedimentací materiálu podledovcových vodních toků

tvar: úzké vlnité valy (L až 30 km, výška i 30 m)

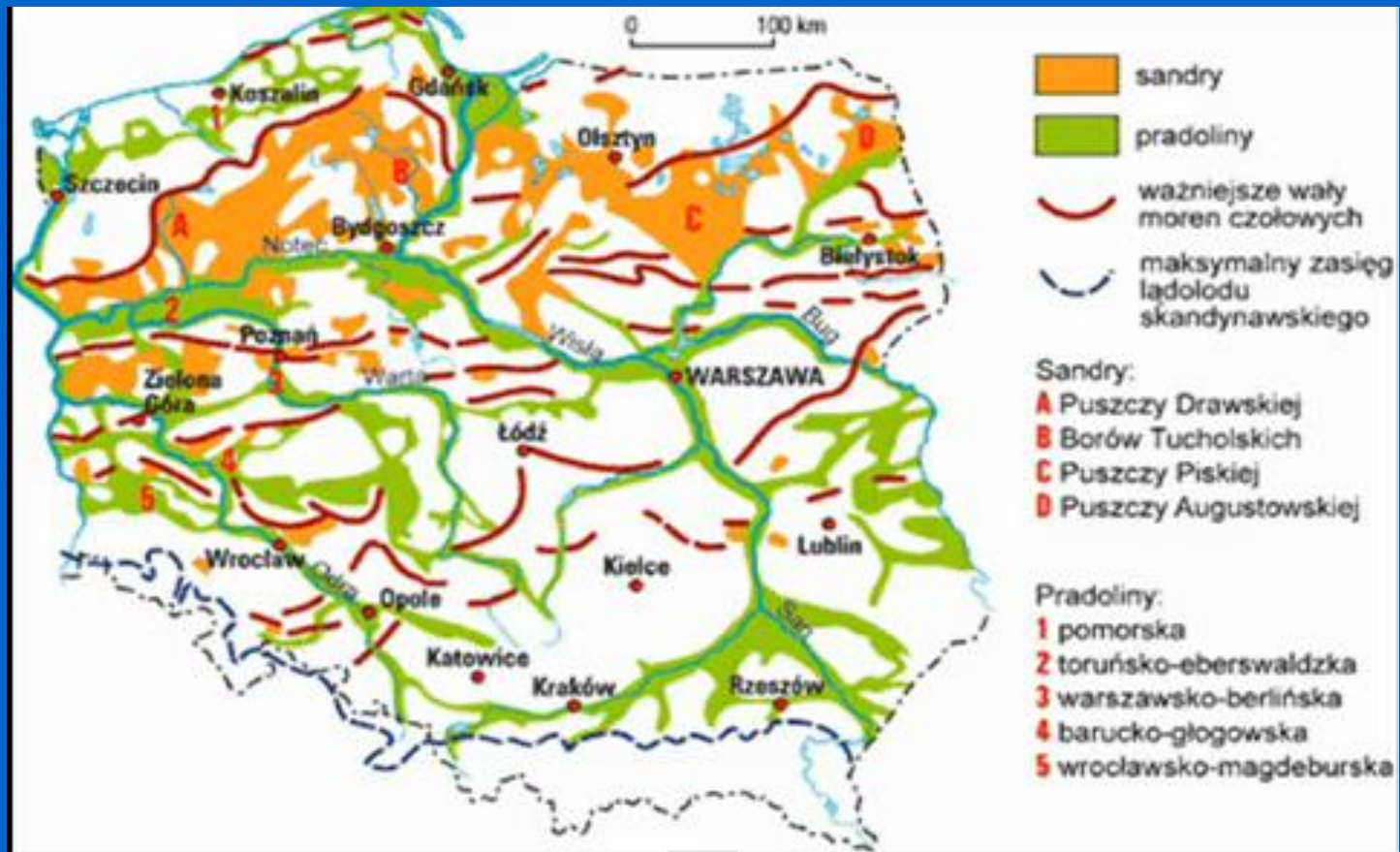
na povrchu: hluboké trychtýře = osarové kotle (po odtání fosilního ledu)



sandr = výplavová rovina (kužel), divočící vodní toky

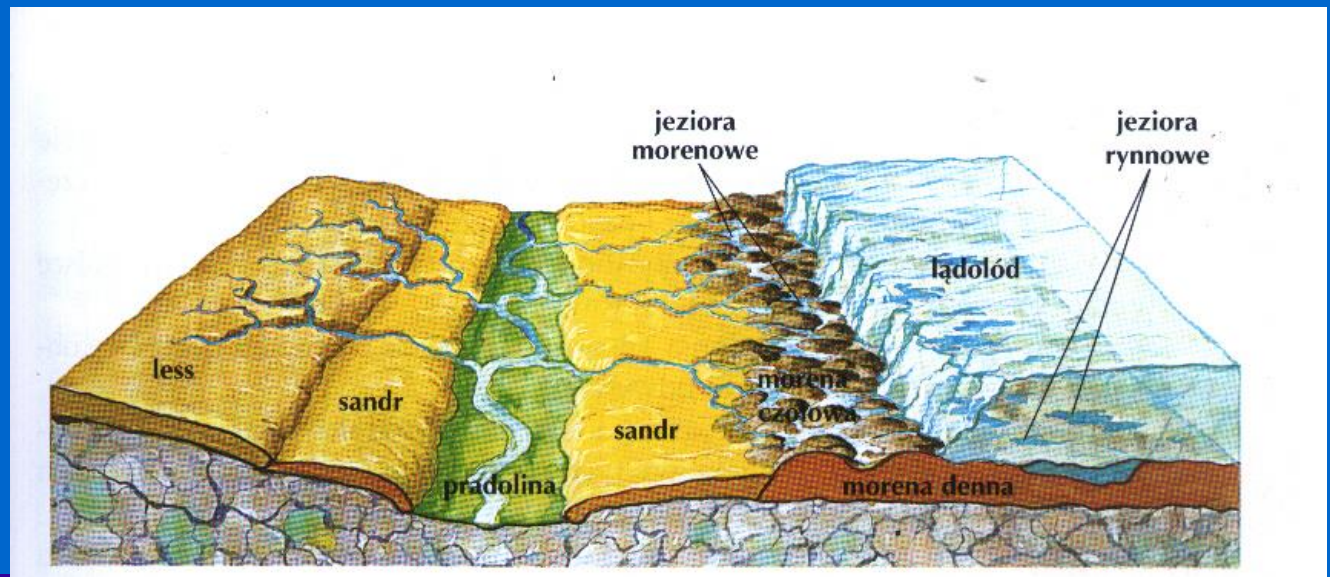
eskery

Sandry + pradoliny = typický reliéf Polska



Pradoliny (praúdolí)

- velmi široká údolí – fluviální
- vytvořené tavnými vodami z ledovce – v jeho předpolí
- voda s mísila s vodu řek neledovcových
- V důsledku postupu ledovce – nebylo možné odvodňování na S/SZ – do Baltu – výrazná změna systému odvodňování





Pradolina Pilicy-Wieprza-Krzny

- Ve střední a východní části Polska
- V době zalednění Warty (středopolské zalednění)
- tavné vody – odtok k SV – do povodí Dněpru



-
-
-



Pradolina wrocławsko-magdeburska

- V SZ Polsku
- V době zalednění Warty
- odvod vody do Severního moře

Pradolina warszawsko-berlinská

- V SZ Polsku
- V době zalednění Wisly (fáze poznanská)
- V linii Warsawa – Berlín
- Odtok do Labe

- -
 -
- Některá praúdolí – vysoká vodnost
 - průtoky 300-400 tis. m³/s
 - Srovnání - Wisla (v ústí 1 080 m³/s, Odra 575 m³/s)



Eskery



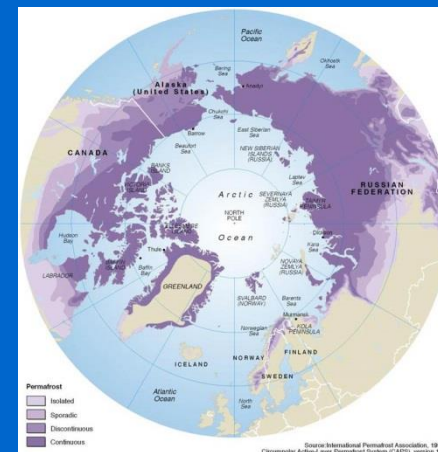


1985

08.07.2003

permafrost

- **Permafrost** /dlouhodobě zmrzlá půda/ jsou horniny a zeminy zemské kůry, jejichž teplota je více než 2 roky pod bodem mrazu
- **činná vrstva** = povrchová vrstva permafrostu, kde během roku dochází aspoň jednou k vzestupu teploty nad 0°C
 - vysoce dynamická s intenzivními periglaciálními procesy.
 - mocnost činné vrstvy závisí kromě teploty na charakteru substrátu a vegetace (rašeliniště 10-20 cm, tundra 30-50 cm, suché štěrky 2-3 m /max.10 m/).
- Agradace permafrostu
- Degradace permafrostu - termokras





Source: International Permafrost Association, 1998. Circumpolar Active-Layer Permafrost System (CAPS), version 1.0.

Permafrost /dlouhodobě zmrzlá půda/ jsou horniny a zeminy zemské

- kůry, jejichž teplota je více než 2 roky pod bodem mrazu.

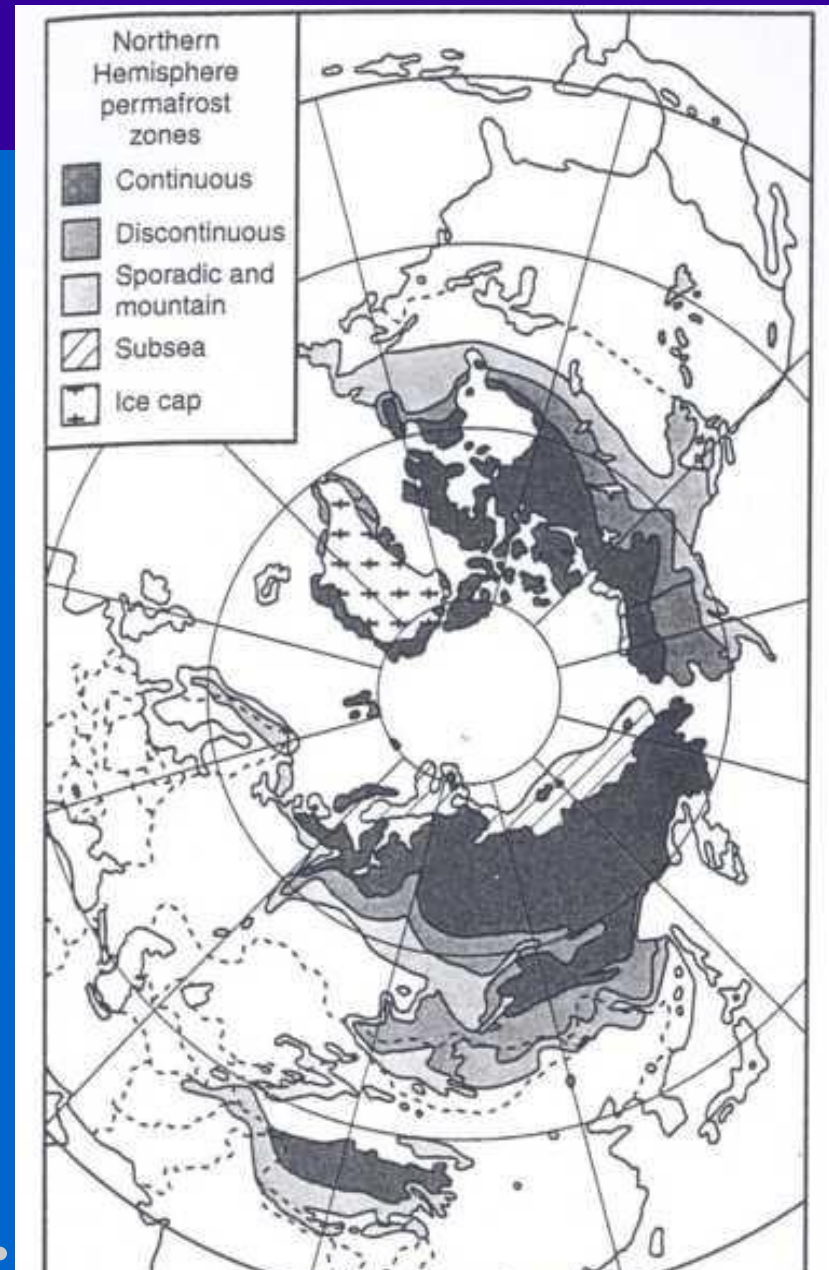
Maximální mocnost permafrostu:

- pohoří Udokan 1600 m,
- Aljaška 400 – 500 m,
- na území ČR v pleistocénu kolem 300 m (Moravská brána 220 m).

V hloubce 15 m má permafrost nejnižší teplotu; je blízká průměrné roční teplotě a během roku se nemění

– např. v hloubce 15 m: Aljaška: -10°C ,
SV Sibiř u Sev. ledového oceánu: 13°C .

Permafrost může být produktem současného podnebí – **recentní permafrost** nebo **permafrost fosilní** /Západosibiřská nížina/.



Periglaciální zóna v horském reliéfu

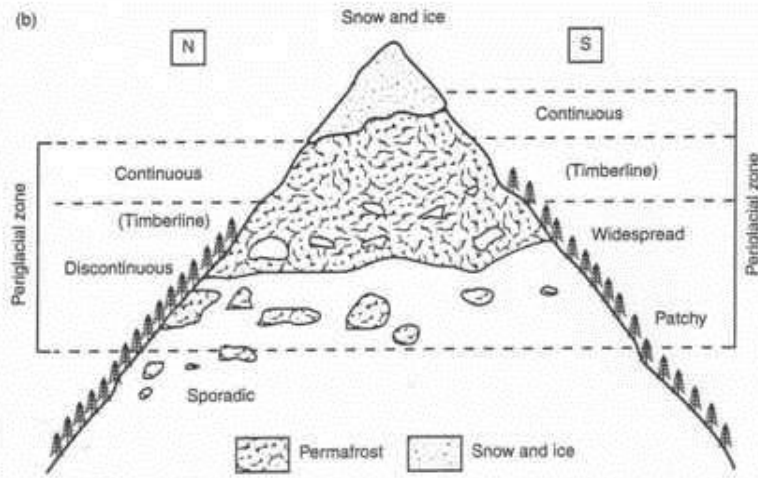


Figure 1.2 Diagram illustrating limits of the periglacial domain: (a) high-latitude domain; (b) alpine domain.

Periglaciální zóna v nížinném reliéfu

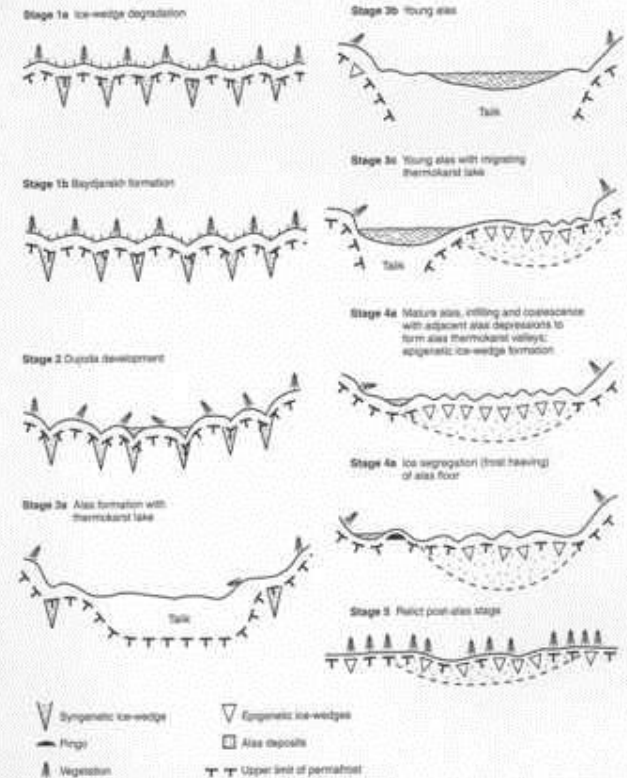
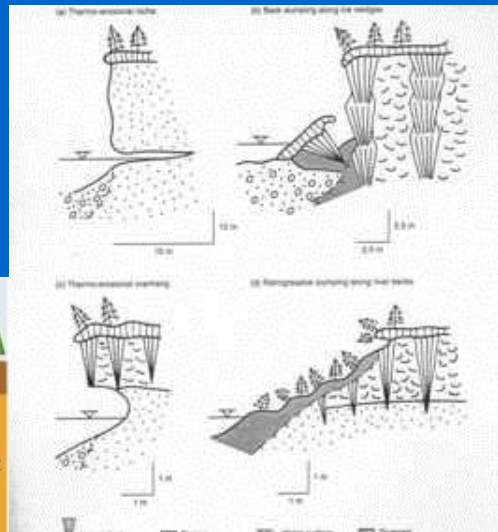


Figure 7.3 The sequence of development of ice thermokarst relief in central Yakutia, according to P. A. Soloviev (1973)

-
-
-

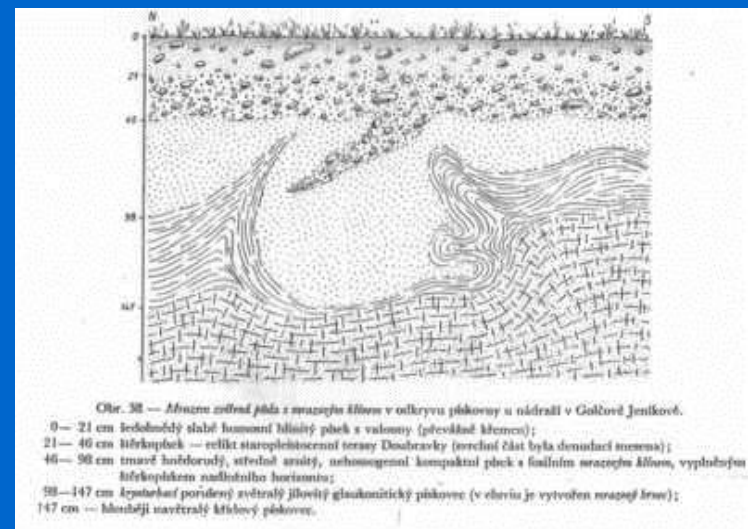
Pro periglaciální zónu typické: **mrazové zvětrávání** (kongelifrakce) - způsobeno střídavým mrznutím a táním vody, tzv. **regelací**, která je obsažena v horninách a zeminách.

Voda při změně skupenství z tekutého na pevné zvětší objem o **1/11** (cca 9%).



Voda hraje, kromě vzniku zvětralin, důležitou roli při pohybu zvětralin.

Kryoturpace – pohyby vertikálního a horizontálního směru v činné vrstvě, typické jsou pro nehomogenní sedimenty, výsledkem jsou zvířené půdy

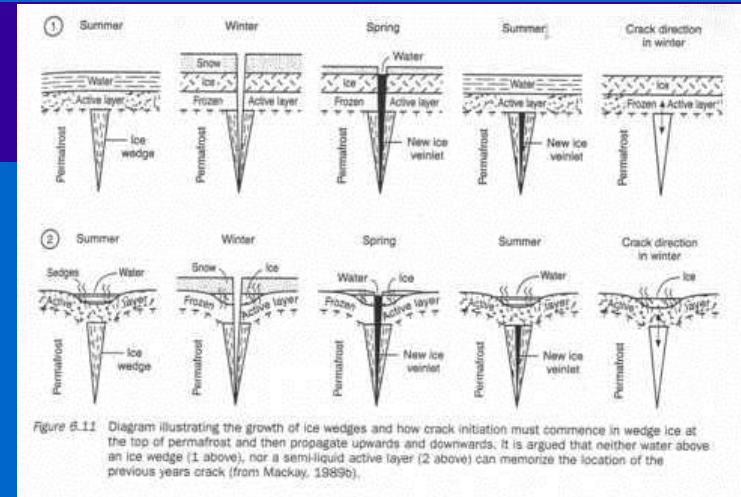


Mrazové klíny

- V ČR velmi rozšířené pleistocenní kryogenní struktury
- Typické: nížiny a pahorkatiny
např. lokalita Bystřany u Teplic – ve sprašových hlínách

26 mrazových klínů (hloubka: 2,2 – 2,4 m)

- výskyt: v nezpevněných pleistocenních, terciálních a křídových sedimentech
- Na téměř rovných površích (do 5°)
- První je u nás popsal Jahn (1896) SZ. od Pardubic
- 1889 je zjistil Zahálka (1901) u Roudnice nad Labem a Loun



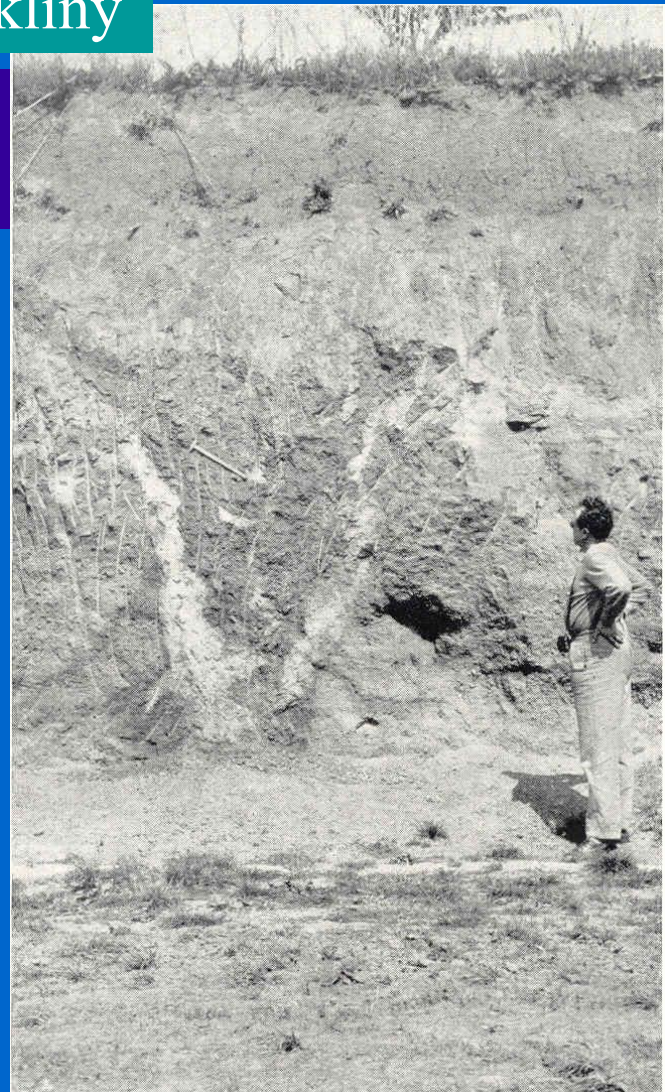
Ledové klíny se mohou spojovat v polygony ledových klínů o průměru 3-20m (jejich vznik je typický pro oblasti s prům. roční teplotou -7° až - 8°C)

- -
 -
- Význam: indikátory klimatických podmínek
 - Ledové klíny s primární výplní eolickým pískem se tvoří ve velmi suchém aridním podnebí při teplotě (průměrné roční) menší než -12 až -20 °C
 - Roční úhrny srážek do 100 mm
 - Mrazové klíny v ČR: hloubka nejčastěji 2 – 3 m (ojediněle 4 metry); šířka: cm až 1,5 m

ledové klíny



jižně od Lodze; v křídových opukách v výplni navátého písku



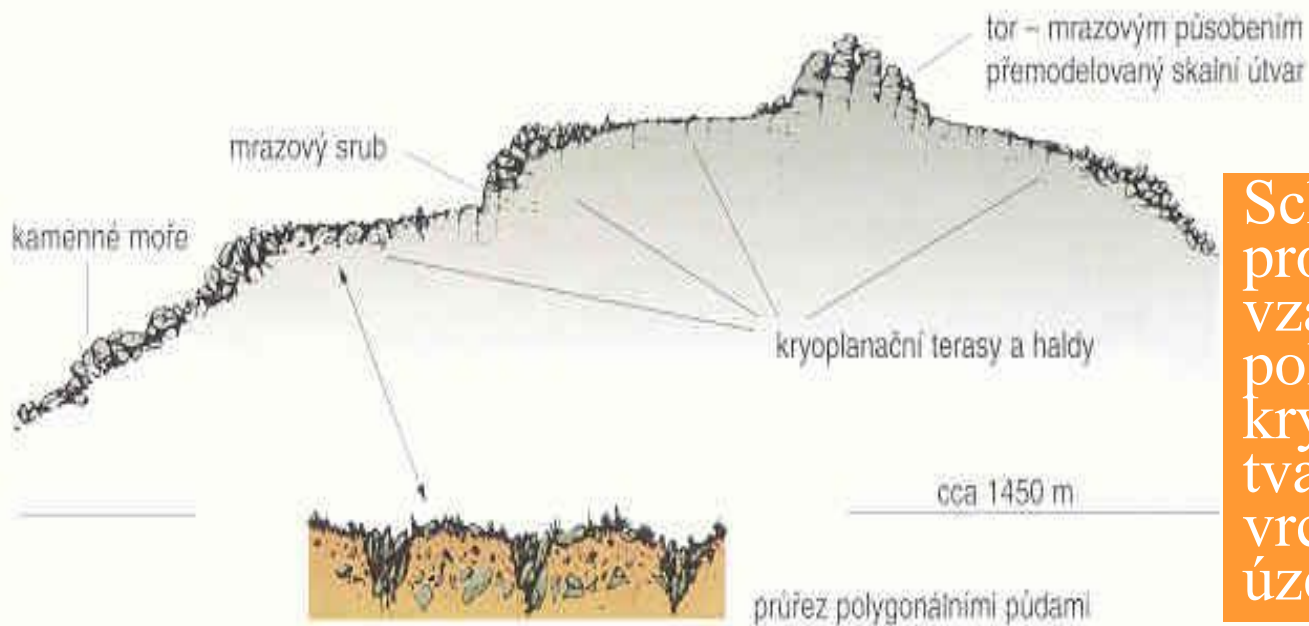
v terasových píscích u Hrubčic na Moravě; v podloží: sprašové sedimenty

-
-
-
- Největší v ČR:
- Jeden z největších v Evropě
- Objeven 1962 (T. Czudek)
- 3,5 km SV od Slavkova u Brna
- Severní okraj obce Němčany (v opuštěné pískovně)
- Hloubka: 6,5 m; šířka v horní části 11,5 m
- Klín tvoří trhlinu rovnoběžnou se směrem rozvodního hřbetu
- Délka: 62 m (+30 m)

Pleistocenní zvětrávání

- Vznikají různě velké úlomky
- Jemnozrnný materiál - významná komponenta sprašových pokryvů, svahových sedimentů a eluvií
- Podkrušnohorské pánve: příklady mrazového zvětrávání uhelných slojí uhlí v nejsvrchnější části přeměněné v mour (mourové uhlí) do hloubky 10 – 15 m (ojediněle až 20 m)
- Pevné horniny: kryogenní eluvia na rozvodních částech terénu
- Mocnost kryoeluvia max. 2 metry
- Lokalita u Náměště na Hané – kulmské břidlice mrazově rozvolněné do hloubky 3,2 metrů

Kryogenní modelace



Schematický profil a vzájemná poloha kryogenní tvarů ve vrcholových územích hor

Mrazový srub

- Skalní stupeň vzniklý ve svahu mrazovým zvětráváním a následným odnosem.
- Stěny mrazových srubů jsou v závislosti na struktuře horniny (zejména puklinách a vrstevních plochách) svislé nebo téměř svislé, případně převislé.
- vznik mrazových srubů - vyvolán intenzivním mrazovým zvětráváním, jehož největší intenzita byla v chladných obdobích pleistocénních glaciálů
- významný faktor: srážková nebo tavná voda, která vniká do puklin nebo mezivrstevních spár



Kryoplananční terasy

- mírně ukloněný až téměř horizontální erozní tvar na svazích
- vznikly v periglaciálním prostředí pleistocénu
- Jsou typické pro středních a horní úseky svahů.
- V horních částech svahů a na úzkých meziúdolních rozsochách často postupně přecházejí v náhorní kryoplananční plošiny.
- Kryoplananční terasy sečou různě odolné horniny. Nejlépe jsou vyvinuté v masivních horninách s blokovým rozpadem, prostoupených hustou sítí puklin.
- Kryoplananční terasa je tvořena skalním výchozem a mírně skloněnou kryoplananční plošinou (sklon 1 - 12°), která je často překrytá sutí. Termín kryoplanace je převzat z řečtiny (kryos = chladný, mrazivý; planare = zarovnávat).

tor

- Tor je izolovaná skála vyčnívající výrazně na všech stranách nad okolní terén.
- Plošně je obvykle méně rozsáhlá a její výška většinou převažuje nad rozlohou, čímž se liší od skalní hradby.



Tory a skalní hradby

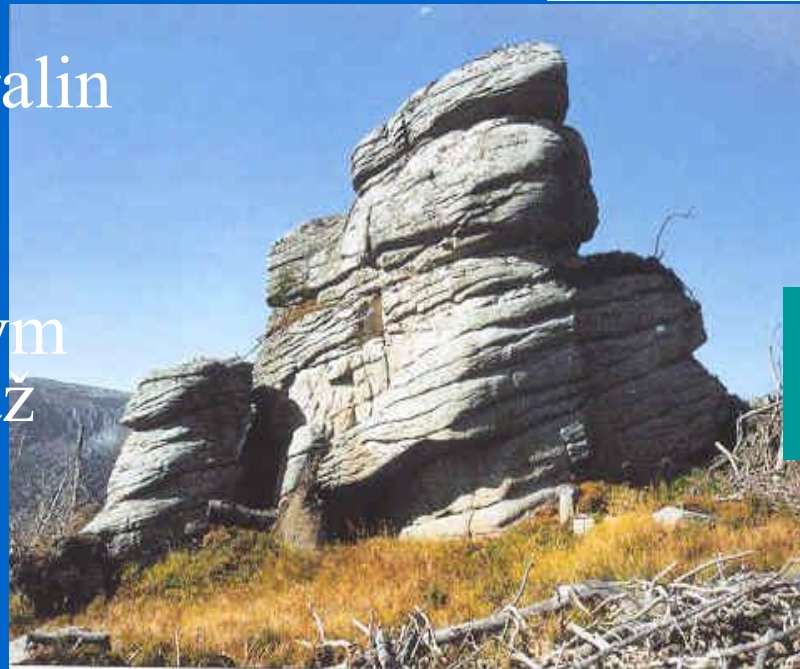
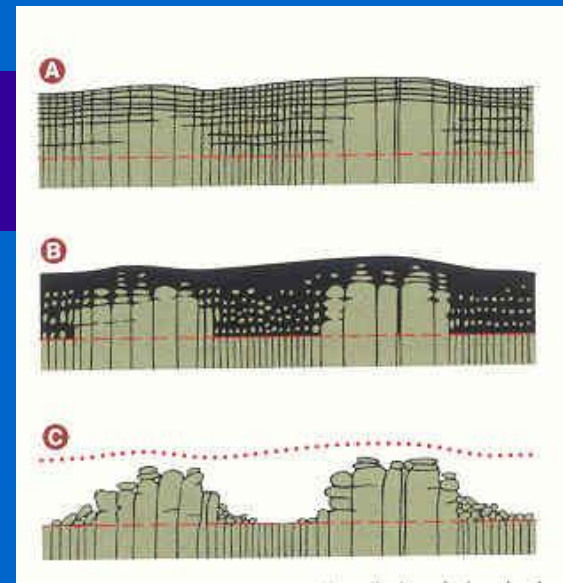
etapy vzniku:

1. zvětrání horniny chemicky do hloubky (mladší 3H)

Odolnější partie odolaly zvětrávání a zůstaly v podobě skalních suků ve zvětralině

2. Erozní odnos zvětralin (starší 4H), skály se dostaly na povrch

3. Modelace mrazovým zvětráváním, někdy až destrukce, vznik balvanových moří a proudů

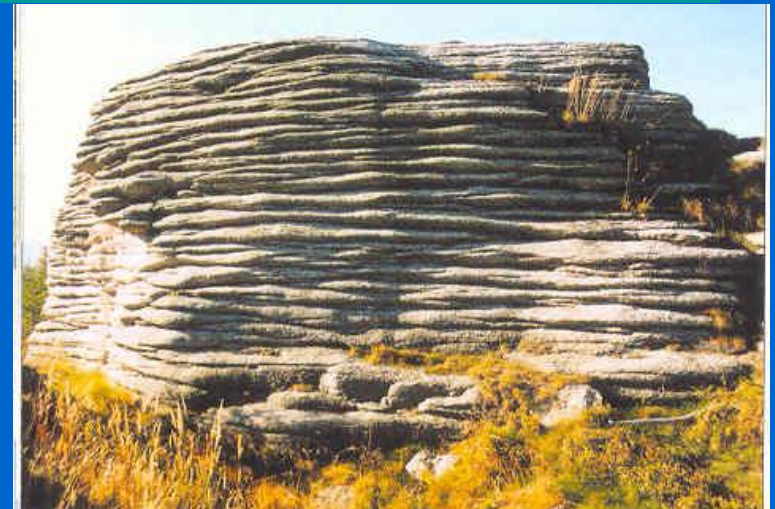


Pudlavský
hřbet

Tory

- Hustota rozpukání žuly výrazně ovlivňuje způsob zvětrávání horniny

Pevnost nad Dívčími lávkami



Kamenná (balvanová) moře

- pokryv (nahromadění) ostrohranných až slabě zaoblených úlomků hrubé velikosti na svazích a plochých vrcholových partiích terénu, pokrývající více než 50% plochy daného místa
- Vznik - zpravidla mrazovým zvětráváním skalních výchozů, nebo podpovrchovým chemickým zvětráváním a následným odnosem jemných zvětralin.
- plošné akumulace na temenech horských hřbetů a na mírných svazích; většinou zde dochází téměř k úplnému odstranění jemných částic vyvátím nebo splachem z prostorů mezi balvany.

-
-
-
- Většina kamenných moří vznikla v periglaciálním klimatu starších čtvrtohor
- pomaleji se vytváří i v současné době
- Jejich vznik závisí zejména na geologických podmínkách a sklonu svahu.
- Za kamenná moře se označují takové akumulace skalních bloků, které pokrývají minimálně 50% celkové plochy svahu.
- Podle velikosti sklaních úlomků se rozlišují: balvanová moře a suťová moře (pole)
- **Autochtonní kamenná moře** se vyskytují víceméně na místě svého vzniku nebo v bezprostřední blízkosti a dosahují mocnosti až desítek metrů.
- **Alochtonní kamenná moře** tvoří zvětraliny již přemístěné svahovými pochody

Čertova stěna

- tvoří ji na kvádry rozpukané žulové skály nad hlubokým údolím Vltavy
- pod vlastní stěnou najdeme rozsáhlá suťoviska a kamenné moře
- balvanitý úsek pod Čertovou skálou = Čertovy proudy, v některých balvanech najdeme tzv. obří hrnce

