

Periglaciální procesy a tvary reliéfu

Periglaciální oblast

Definice: všechny extraglaciální oblasti s průměrnou roční teplotou vzduch (MAAT) nižší než $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Základní dělení:

- oblasti s převahou mrazových jevů - MAAT je nižší než $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- oblasti kde mrazové jevy působí, ale nemusí převažovat - MAAT mezi $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$

Permafrost

Definice: Nejsvrchnější část litosféry, která má nejméně po dobu dvou let teplotu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nižší.

Rozsah: Dnes asi 24 % povrchu souše (36,2 mil. km²), na sev. polokouli 22,7 mil. km²). Zhruba 49 % bývalého SSSR a 50 % Kanady, 22,4 % rozlohy Číny.



- **Mocnost** - od několika cm do 1450 m

- **Epigenetický permafrost** - vznik promrzním hornin často podstatně starších než je samotné promrznání - **značná mocnost** (např. Jakutsko, povodí Marchy)
- **Syngenetický permafrost** - vznik během promrznání litosféry současně se vznikem nebo nedlouho po uložení sedimentů (ještě před výraznější diagenézí). Obsah ledu v celé mocnosti přibližně stejný, více než v epigenetickém permafrostu. Celková mocnost však výrazně menší než u předešlého typu



Dělení permafrostu podle teplotního režimu

- **souvislý permafrost** - dlouhodobě zmrzlá půda se vyskytuje **na celém území** (více než 80 % plochy) s výjimkou taliků pod většími jezery a řekami. Obvykle se vyskytuje **severně od severního polárního kruhu**, kde **MAAT: -5 až -6 °C**
- **nesouvislý permafrost** - území s permafrostem jsou **oddělena územími bez permafrostu** (30 % až 80 % plochy), **MAAT: -3 °C až -4 °C**
- **ostrovní permafrost** - pouze **ostrůvky permafrostu** v krajině (méně než 30 % plochy), kde **MAAT: 0 °C až -1 °C**

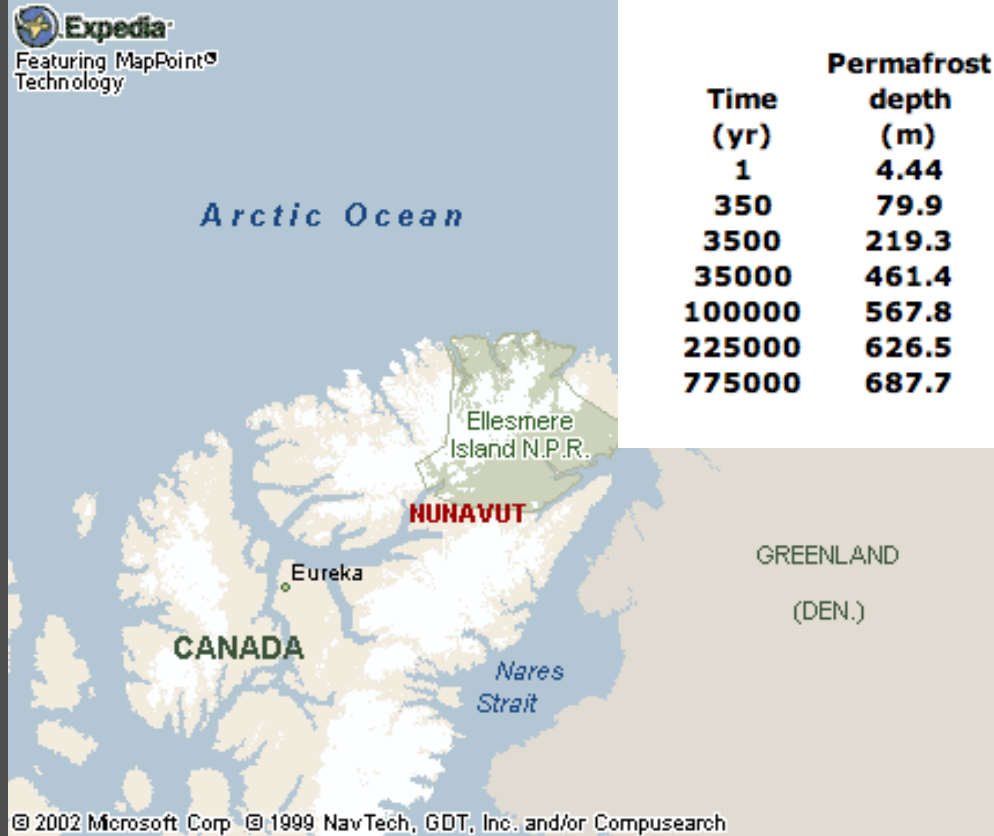
Aktivní vrstva - sezónně roztávající nebo zamrzávající vrstva nad permafrostem. Vrstvy, které nerozmrazí - **inaktivní**

- **Mocnost aktivní vrstvy** - 10 cm, letní teploty pouze mírně nad 0 °C (Ellesmere Island, Kanada); 2,5 m v létě tepleji (Jakutsko), někdy až 5 m (Yellowknife)

Přímé a nepřímé doklady existence permafrostu

Přímé:

- epigenetické a syngenetické textury v hloubce pod aktivní vrstvou
- pseudomorfozy po ledových klínech, mrazové klíny s výplní eolických písků
- kryogenní rozvolnění pevných hornin podél puklin do hloubky 40-60 m pod povrch terénu
- deformace původního uložení vrstev (včetně mrazových diapirů) pod aktivní vrstvou



Neřímé:

- zemní klíny - vznik v činné vrstvě nebo zasahují do permafrostu
- kryogenní zvětrávání hornin (kryogenní eluvium)
- tříděné polygony, pruhy a kruhy
- pleistocenní sedimenty (spraše, sprašové hlíny)

Výskyt permafrostu u nás

- **spodní pleistocén** - málo dokladů, např. mrazové klíny, které jsou pseudomorfózami po ledových klínech + mrazové klíny vyplněné eolickými písky - před Brunhes/Matuyama (Boršice u Buchlovic)
- předpoklad **ostrovního až nesouvislého permafrostu** na většině území v chladných výkyvech, ve vyšších polohách i souvislý permafrost
- **střední pleistocén** - elsterský i sálský kontinentální ledovec v nejsevernějších částech území, horské ledovce již v rissu (Krkonoše)
- doložen **souvislý permafrost** - pseudomorfózy po ledových klínech. V interglaciálech permafrost zcela roztál v **interstadiálech mohl přetrvat**
- **svrchní pleistocén** - ve svrchním pleniglaciálu (OIS 2) mocnost až 50 m, výjimečně až 250 m. MAAT vzduchu o 2 °C až 3 °C nižší než povrch terénu pod sněhem
- sv. část Moravské brány - **postkryogenní textury** (např. mrazové mikrotrhliny) **z hloubky až 220 m** (vrt Blahutovice)
- v údolních nivách podél řek a v blízkosti teplých minerálních pramenů - taliky

Taliky (nezmrzlé horniny uvnitř permafrostu) v blízkosti řeky Yukon.

Lokalita	Nadmořská výška (m)	Při dané prům. roční teplotě povrchu terénu (°C) ve svrchním pleniglaciálu	Maximální mocnost permafrostu (m) ve svrchním pleniglaciálu
Hrušky - Dolnomoravský úval	172	-2 -3	60 85
Nová Ves u Ml. Vozice - Vlašimská pahorkatina	440	-3 -4 -5	120 160 215
Cínovec - Krušné hory	859	-5 -6 -7	160 200 230
Chotětice - Vlašimská pahorkatina	248	-2 -3 -4	70 100 130
Vizovice - Vizovická vrchovina	394	-2 -3 -4	80 110 140
Praděd - Hrubý Jeseník	1491	-7 -8	220 245

Tab. 1. Předpokládaná mocnost permafrostu ve svrchním viselském pleniglaciálu v České republice. Podle V. T. Balobajeva - L. I. Šipiciny - T. Czudka.



Kryogenní struktury

Zahrnují:

- postkryogenní textury
- mrazové klíny
- kryoturpace zvětralin
- kryosegregační projevy

Postkryogenní textury

Definice: Textury indikující bývalé rozložení podzemního ledu v nezpevněných sedimentech, jakož i obsah a tvar ledové komponenty.

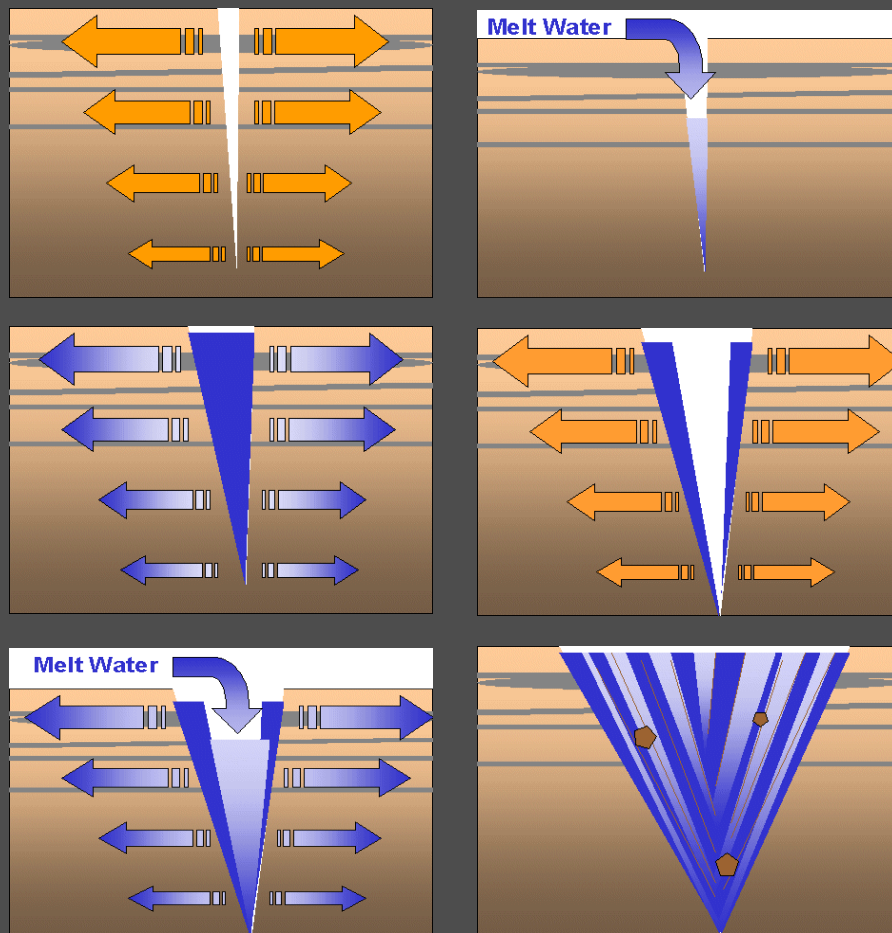
Typy postkryogenních textur

- **čockovitá** - původní obsah ledu do 10 %, známá ze spraší a sprašových hlín na svazích
- **čockovito-páskovitá** - původní obsah ledu do 20 % až 30 % - spraše a sprašové hlíny na svazích a na rovných terénech v místech **navátí spraší do vlhčího prostředí**
- **sítovitá** - výrazný kostkový rozpad, výskyt v jílovitých sedimentech (např. Mostecko)

Mrazové klíny

Definice: Obecné označení klínovité struktury vzniklé vyplněním na stejném místě opakující se mrazové kontrakční trhliny buď vodou (ledem) nebo zeminou

- vyplnění pískem, štěrkokopískem, spraší, fosilní půdou, svahovou hlínou



Mrazové klíny - rozdělení

Ledové klíny: Klínovitý tvar tvořený podzemním ledem s vertikální laminací, vyplňující na daném místě opakující se mrazové kontrakční trhliny zasahující do permafrostu.

- indikace permafrostu a prudkých poklesů teplot, šířka až 3 m, hloubka až 10 m (Polsko), někdy až 40, resp. 50 m.



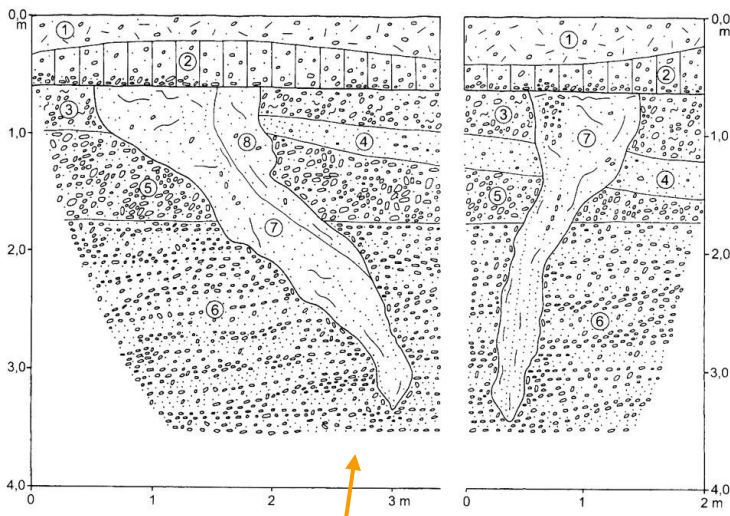
epigenetické

syngenetické

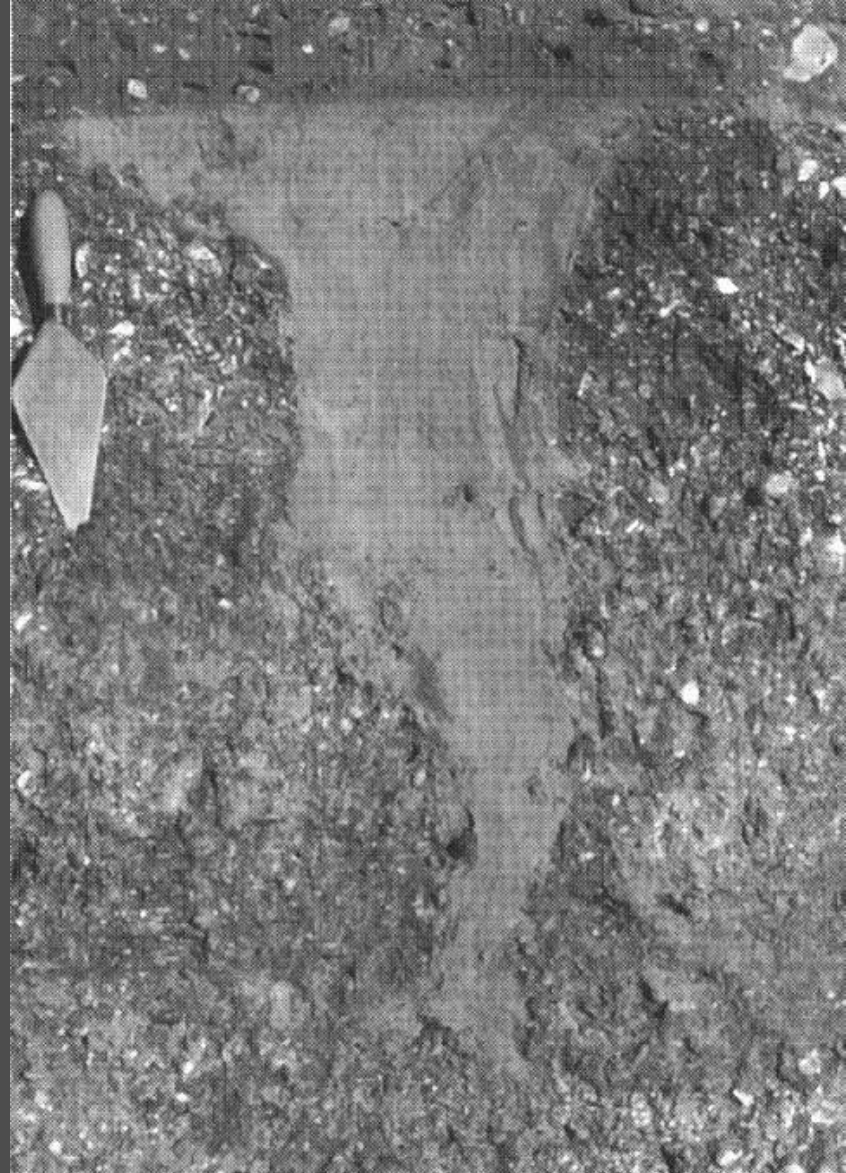
Písčité klíny: Klíny s primární výplní eolickým pískem

Synsedimentární písčité klín ve spraších, Priobskoe plató, Bijsk, Rusko

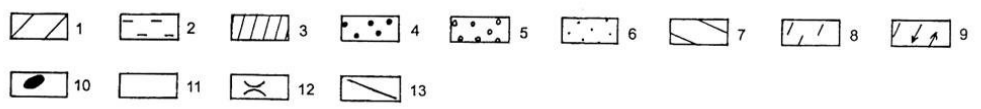
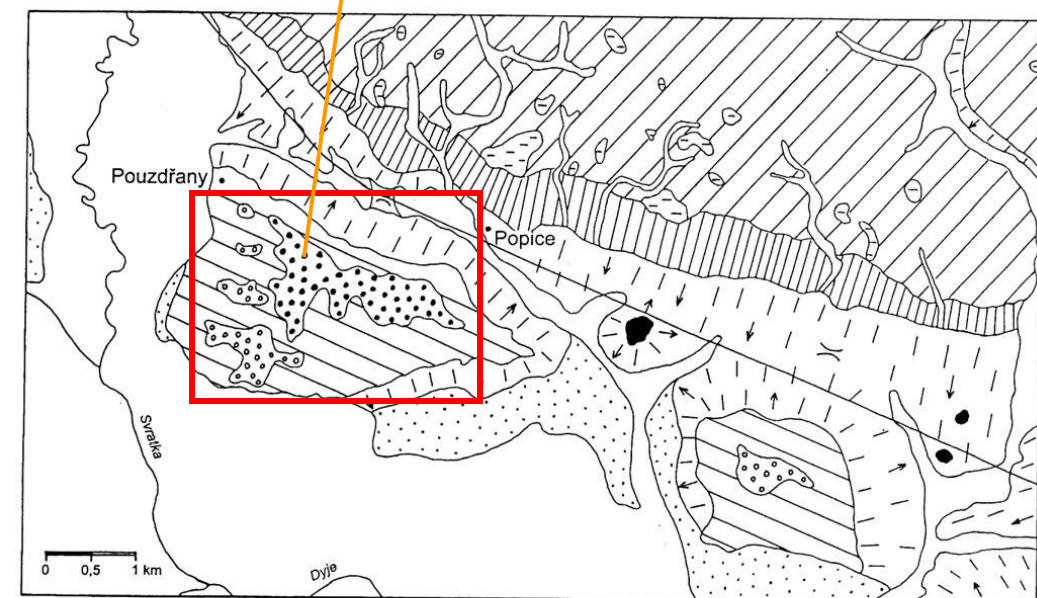




Obr. 26. Mrazové klíny ve štěrčích pouzdřanské terasy zjz. od Popic v Dolnomoravském úvalu. 1 - antropogenní sedimenty; 2 - silně písčité humózní hlina s valouny (holocenní půda); 3 - rezavěhnědý štěrč s valouny průměrné velikosti 3-5 cm; 4 - hnědý, narezivělý jilovitý střední až hrubý písek s ojed. valouny do 3 cm; 5 - světlehnědý štěrč s valouny průměrné velikosti 3-5 cm; 6 - světlehnědý štěrč s valouny průměrné velikosti 2-3 cm; 7 - světlehnědý, místy výrazně vertikálně zvrstvený převážně střední eolický písek s ojed. valouny v horní levé části pravého klínu (mladší vloženy klín) do 6 cm, s černými, čokoládověhnědými a rezavými pruhy; 8 - rezavěhnědý střední jilovitý deluviální písek s ojed. valouny do 4 cm, s černými, čokoládověhnědými a rezavými pruhy. 3-6 = spodní pleistocén, 7-8 pleistocén, mladší než mindel. Podle T. Czudka et al. 1992.



Písčité klíny vytvořené eolickým písčitém sedimentem v průběhu elsterského zalednění, Broomfield, Essex, Anglie.



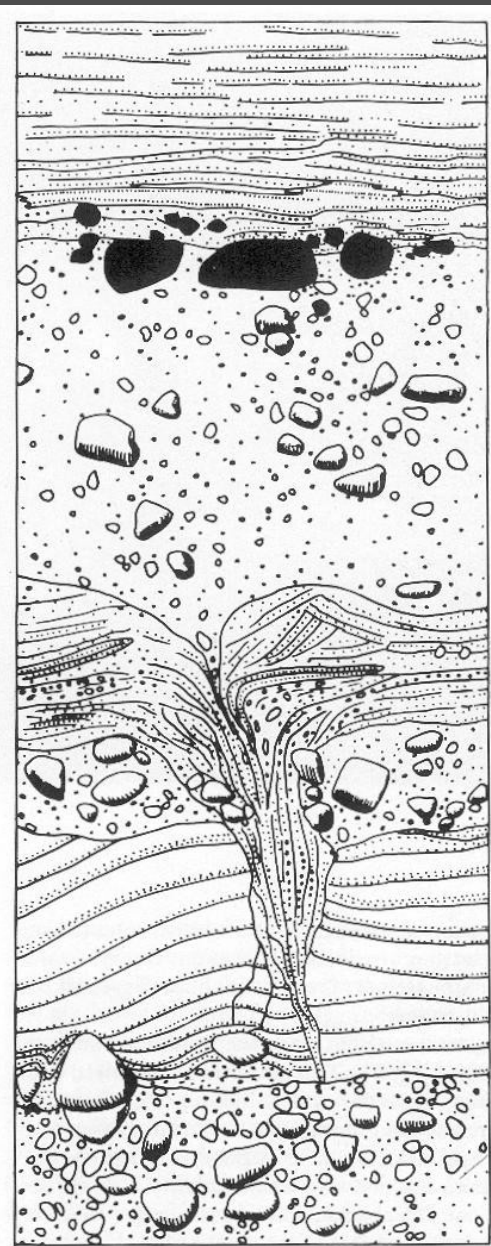
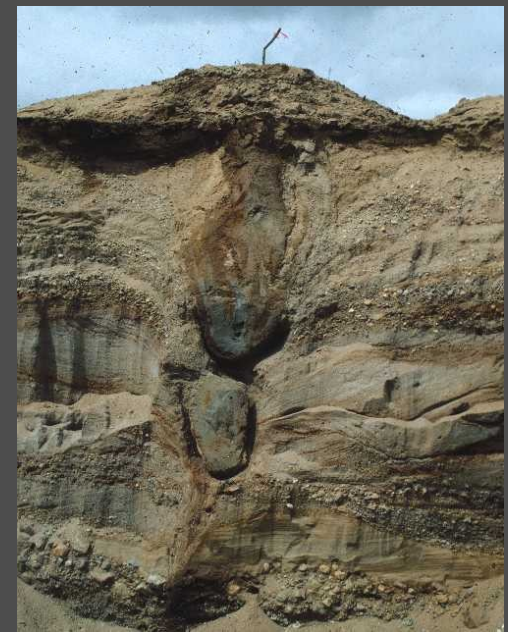
Obr. 41. Geomorfologická pozice kryopedimentů jv. od Pouzdřan a Popic na jižní Moravě. 1 - zvlňný reliéf jz. části Ždánického lesa; 2 - plošiny předkvartérního zarovnaného povrchu; 3 - jz. okrajový svah Ždánického lesa; 4 - spodnopleistocenní (donau?) pouzdřanská terasa; 5 - spodnopleistocenní (günz?) šavčická terasa; 6 - středopleistocenní (riss) strachotinská terasa; 7 - převážně mírné svahy v Dolnomoravském úvalu; 8 - kryopedimenty; 9 - směr sklonu kryopedimentů; 10 - ostrovní hory (inselbergy); 11 - údolní nivy a dna suchých údolí; 12 - sedla; 13 - železnice Brno - Břeclav. Sestavil T. Czudek.

Zemní klíny: Klíny s primární výplní půdou (např. fosilními půdami).

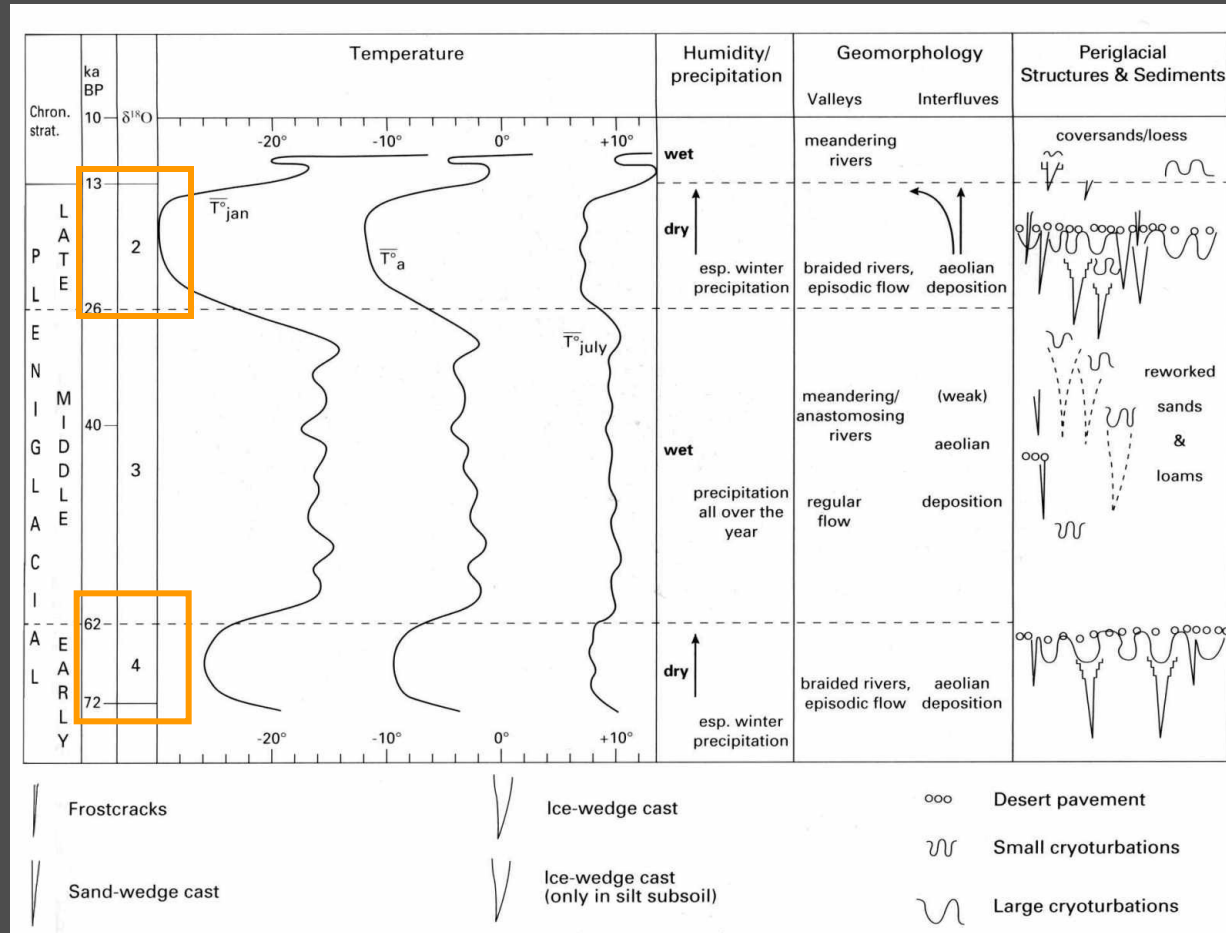


Písčítý klín vytvořený v tillu, ve spodní části prorážející glaci-fluviální sedimenty. Černé balvany – balvany abradované větrem, Švédsko.

Složené mrazové klíny: Klíny s primární výplní půdou (např. fosilními půdami).



Paleoklimatický význam mrazových klínů



Ledové klíny v jemnozrnném sedimentu - prům. roč. teplota: $-3^{\circ}C$ až $-4^{\circ}C$, **zřejmě se vyskytuje souvislý permafrost.**

Ledové klíny v píscích a štěrcích - prům. roč. teplota: $-6^{\circ}C$, téměř jistý výskyt souvislého permafrostu.

Píscité klíny - prům. roč. teplota: $-12^{\circ}C$ až $-20^{\circ}C$.

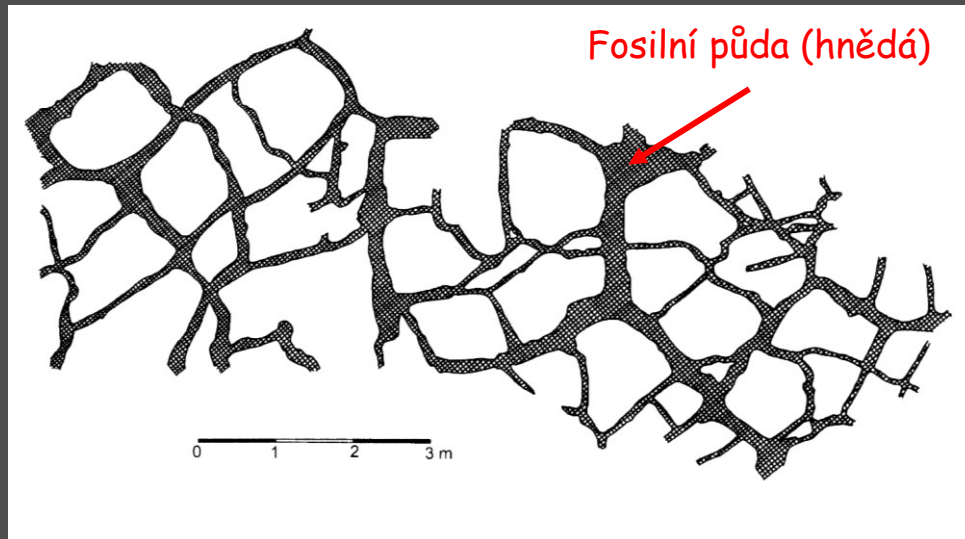
Půdní klíny - prům. roč. teplota: $+1^{\circ}C$ (jemnozrnné sedimenty) až $-1^{\circ}C$ (písky, štěrky).

Schematický diagram stratigrafického výskytu periglaciálních jevů a odvozené klimatické podmínky během posledního studeného cyklu (T_a = průměrná roční teplota; T_{jan} = průměrná zimní teplota; T_{july} = průměrná letní teplota).

- **západní Evropa** - převaha ledových klínů + vlhkých eolických facií
- **východní Evropa** - převaha písčitých klínů + suchých eolických facií

Mrazové klíny - výskyty v ČR

- u nás - hloubka nejčastěji 2-3 m, místy 4 m. Sokolovská pánev - hloubka 5-7 m. Šířka v ČR - od několika cm do 1,5 m, vzácně do 2 m.
- netříděné polygony, většinou průměr 2-5 m, místy 10 m. Výplň - písek, štěrk, půdní sedimenty, spraš. Styk s okolními sedimenty - ostrý, vrstvy ohnuty na kontaktu s klíny směrem dolů



Polygony mrazových klínů v Loučanech v Hornomoravském úvalu.

- hlavní oblasti výskytu mrazových klínů - křídové sedimenty Čech (okolí Nymburka, Hradce Králové), jižní Morava (Popice, Šakvice, Nové Mlýny, Němčany - největší mrazový klín - šířka nahoře 11,5 m, nejstarší půdy v klínů - předholsteinské)

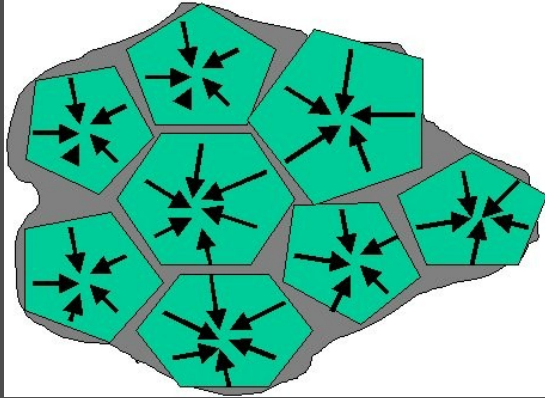


Mrazový klín ve fluvialních sedimentech, Holešov, Česko

Kryosegregační struktury

a) Tříděné polygony

Definice: Polygony s výrazně tříděným materiálem tak, že hrubé úlomky tvoří lem polygonů, jemnější materiál je v jeho středu



- velikost - nejčastěji do 10 m, vzácně až 30 m



Tříděné polygony.



Mrazově tříděné polygony, James Ross Island, Antarctic Peninsula

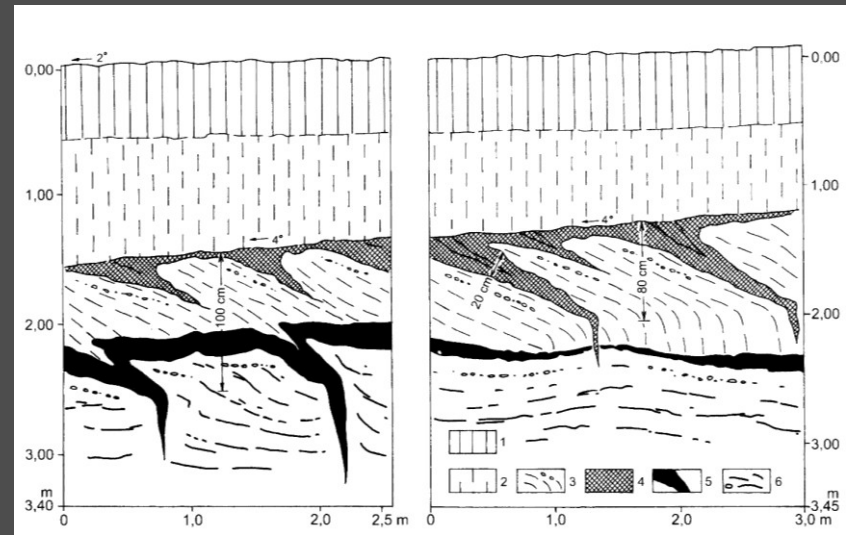
b) Neříděné polygony

Definice: Polygony bez morfologických znaků mrazového třídění materiálu. Typické jsou netříděné polygony pleistocenních mrazových klínů (**pseudomorfózy**) v pískovnách, štěrkovnách a sprašových odkryvech.

- velikost - od 1m do okolo 30 m, vzácně až 100 m
- **pseudomorfózy** - vznik odtáním ledu a vyplněním původního tvaru materiálem napadaným do klínů shora a ze stran



Ve střední části vyklenuté polygony, materiál je tvořen rašelinami



Geliflukcí deformované mrazové klíny vyplněné fosilními půdami v Praze-Čakovicích, Čechy.

c) Tříděné pruhy

Definice: Paralelní pruhy ostrohranných úlomků na mírných svazích s tříděným vzhledem. Střídání pruhů s většími a menšími úlomky protažených ve směru největšího sklonu svahu

d) Netříděné pruhy

- pruhy ostrohranných úlomků **bez znaků mrazového třídění**

Kryosegregační struktury - výskyty v ČR

- v ČR nejlépe vyvinuty tříděné polygony a pruhy - zpravidla v nejvyšších partiích horských oblastí

Krkonoše

- Krkonoše - tříděné polygony - Luční hora (1555 m), Studniční hora (1554 m), Obří hřeben (1436 m). Velikost polygonů - 1 až 2 m, maximálně 6 m
- Tříděné pruhy - na svazích sklonu 6° až 12° - typicky vyvinuty na jv. a sz. svahu Luční hory (1555 m)



Jeseníky

- Hrubý Jeseník - tříděné polygony - Břidličná hora (1358 m), Petrovy kameny (1448 m). Jádra polygonů jsou vyklenutá, tam, kde svah má sklon větší než 5° - kamenné pruhy (Břidličná hora)



Tvorba kryosegregačních struktur - do počátku atlantiku (holocén)



Netříděné pruhy.



Ve střední části nevyklenuté polygony ledových klínů (vpředu), vyklenuté (vzadu), pingo (zcela vzadu), Yukon

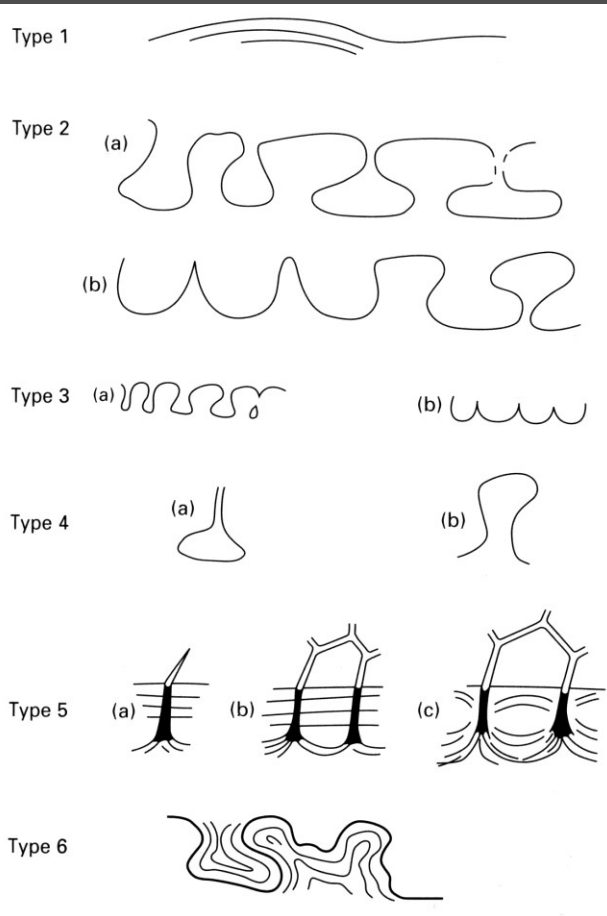
Kryoturpace

Definice: Deformace původního uložení sedimentů nebo zvětralin vzniklá při střídavém zamrzání a tání vody v činné vrstvě.



Kryoturbační struktury ve fluviálních sedimentech, mladší dryas, NL .

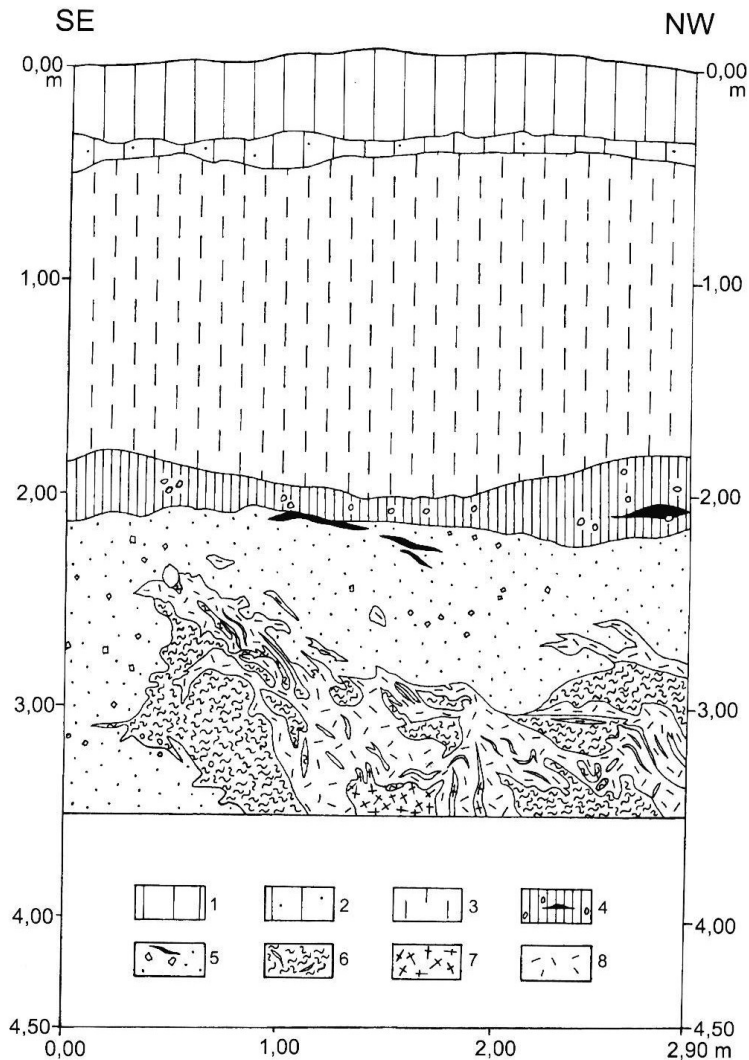
- v terénech o sklonu do 2° , vznik především v heterogenních materiálech



Klasifikace kryoturbačních struktur podle jejich tvaru.

Kryoturpace

- 1) izolované vrásky malých amplitud a velkých vlnových délek
- 2) pravidelné, symetrické, dobře vyvinuté s amplitudou 0,6-2 m
- 3) typ 2, avšak v malém měřítku
- 4) struktury kapkovité nebo v podobě diapirů
- 5) nahoru injektovaný sediment, vznik polygonálních púd
- 6) nepravidelné deformační struktury



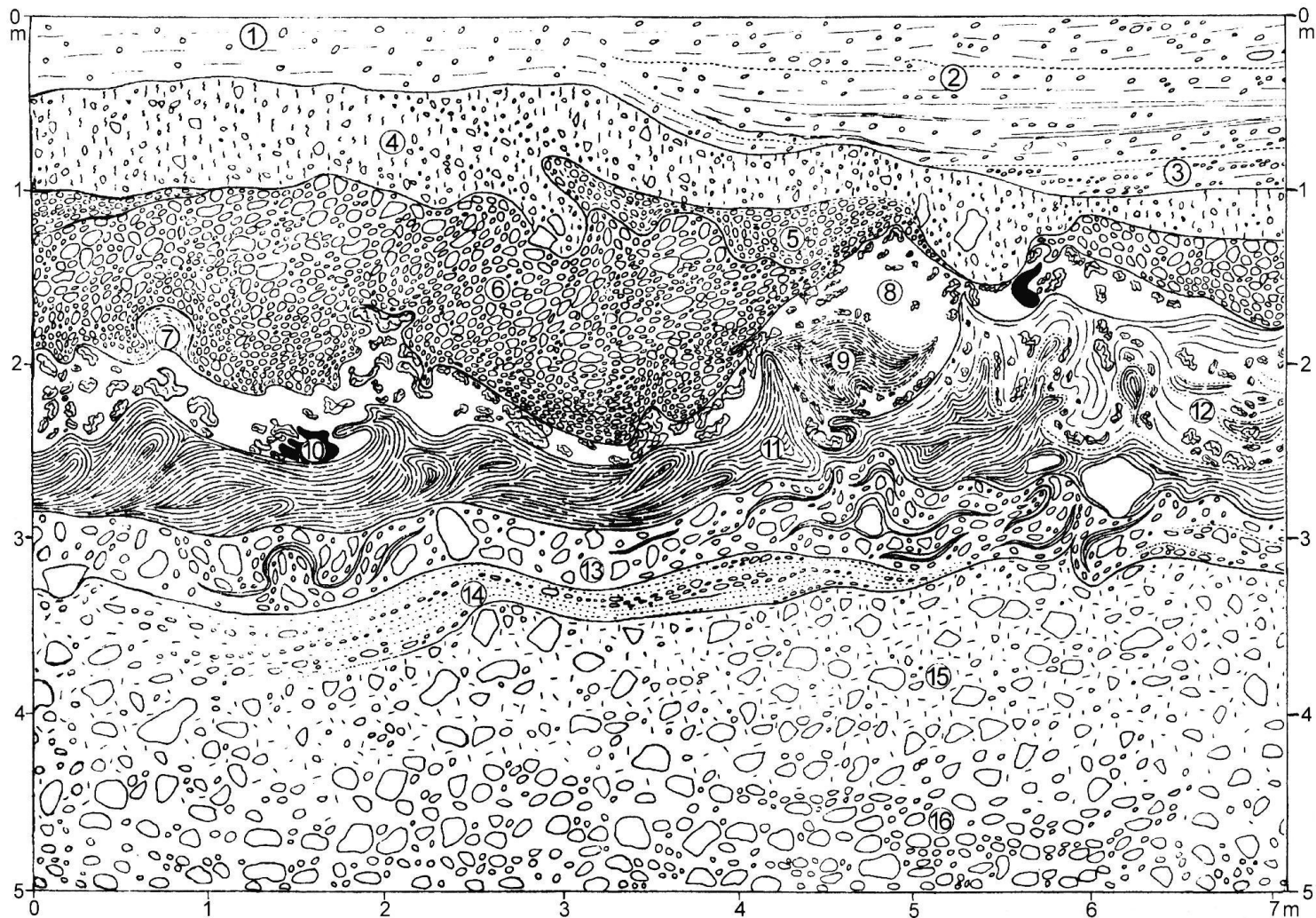
Obr. 27. Svrchnopleistocenní kryoturpace a geliflukce v profilu IIIe na vrcholové části Stránské skály (310 m) v Brně. 1 - černozem (holocén); 2 - tmavě žlutohnědá až hnědá sprašová hlína (svrchní pleistocén); 3 - světle žlutohnědá písčité spraš s cívčarý do 1-3 cm (svrchní pleistocén); 4 - hnědě žlutošedá pararendzina s ojed. úlomky vápenců (svrchní pleistocén); 5 - hlinopisky s úlomky vápenců (svrchní pleistocén); 6 - světle žlutohnědá spraš (svrchní pleistocén); 7 - červenohnědý půdní sediment (pleistocén); 8 - běložlutý až naředlý vápnitý jíl (spodní baden). Černé pruhy ve vrstvě 4 a 5 označují místa nahromadění uhlíků. Vrstva 4 a nej-svrchnější poloha vrstvy 5 jsou postiženy geliflukcí, vrstvy 6-8 jsou výrazně kryoturbovány. Podle T. Czudka - J. Svobody in: T. Czudek 2001a.

Kryoturpace - výskyty v ČR

- nejčastěji do hloubky 2 m až 2,5 m - ve všech typech nezpevněných sedimentů různého stáří i geneze
- Podkrušnohorské pánve - **Mostecká pánev** - deformace terasových štěrků Ohře a terciálních jíílů, **Žitavská pánev** - deformace uhelných slojí (**mrazové diapiry**), **Sokolovská pánev** (Vintířov) - mrazové diapiry 18 m vysoké
- na Moravě - **deformace terasových štěrků a písků** a povrchu podložních miocenních sedimentů (Bělotín - Hranice)



Involuce ve fluvialních sedimentech, Sojovice, Česko



Obr. 28. Kryoturpace u obce Podsedice jz. od Lovosic na sz. okraji Dolnooharské tabule (stav podzim 1958). 1 - žlutohnědá silně vápnitá sprašová hlina s četnými pseudomyceliemi a subangulárními čedičovými valouny; 2 - šedohnědá vápnitá hlina s četnými pseudomyceliemi a malými valouny; 3 - žlutohnědá sprašová hlina s četnými valouny orientovanými delšími osami po svahu; 4 - hnědošedý hrubší silně vápnitý štěrkopísek (valouny subangulární); 5 - hrubý štěrk částečně nepravidelně promíšený silně vápnitou hlinou; 6 - tmavě hnědošedý hrubý štěrkopísek; 7 - hnědá písčitá hlina s ojed. valouny; 8 - světlešedý slín s velmi četnými velkými vápnitými kryoturbační usměrněnými konkrécemi; 9 - dtto 8 s nahnědlými hlinitějšími polohami; 10 - černošedé deformované čočky vápnité humózní hlíny s ojed. čedičovými valouny a úlomky; 11 - rezavý až oranžověhnědý písčitý slín s četnými kryoturbační usměrněnými čedičovými valouny; 12 - rezavěhnědý slín s četnými většími nepravidelně orientovanými vápnitými konkrécemi a ojed. drobnými valouny; 13 - šedohnědý štěrkopísek, některé čedičové úlomky jsou svisle orientovány, četné jsou slinité vložky a stopy kryoturpace; 14 - hnědošedý hlinitý hrubý písek s četnými horizontálně usměrněnými valouny; 15 - šedohnědý až světle hnědý částečně hlinitý štěrkopísek místy s velkými (až 40 cm) úlomky se zaoblenými hranami a vápnitými konkrécemi; 16 - stejný štěrkopísek ale písčitejší a bez vápnitých konkrécí ale s četnými rezavě zbarvenými polohami. Podle V. Ložka 1963a zjednodušeno.



Kryoturbace fluviálních sedimentů, Yukon.

Použitá literatura

Czudek, T., 2005: Vývoj reliéfu krajiny České republiky v kvartéru. – 1-238, Moraské zemské muzeum. Brno

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.

Růžičková, E., Růžička, M., 1998: Základní klasifikace svahových sedimentů. – Zprávy o geologických výzkumech v r. 1997, 158-161.

Růžičková, E., Růžička, M., 1998: Strukturní a texturní znaky svahových sedimentů. – Zprávy o geologických výzkumech v r. 1997, 161-163.

<http://seis.natsci.csulb.edu/bperry/Mass%20Wasting/Slides.htm>

http://images.google.com/imgres?imgurl=http://http://www.uni-jena.de/Eccursion_route.html
www.indiana.edu

uregina.ca/~sauchyn/geog323/periglacial.html

http://www.agu.org/pubs/sample_articles/cr/2002JE001864/2.shtml

<http://sis.agr.gc.ca/cansis/taxa/landscape/ground/yukon.html>

<http://www.hi.is/~oi/Siberia>

<http://sis.agr.gc.ca/cansis/taxa/landscape/ground>

www.gvc.gu.se/.../Dosebacka/doesebacka.htm

http://www.crrel.usace.army.mil/permafrosttunnel/1q3g_Wedge_Formation.htm

Nyvt, D. – použity některé fotografie.

Vraný, D. – použity některé fotografie.