

Eolické sedimenty

Eolické sedimenty

Definice: Eolické sedimenty - sedimenty, které vznikají převážně činností větru. Transport prachových a pískových zrn, méně štěrků. Závislost na síle větru.

Vznik:

- v oblastech s nedostatkem rostlinného pokryvu
- aridní a semiaridní oblasti, aluviální náplavy, morény

Sediment:

pelitická frakce (0,002-0,063 mm) - 90 %, dlouhý eolický transport ve vznosu

psamitická frakce - pohyb saltací

psefitická frakce - pouze extrémně silný vítr, např. bouře

Selektivní ukládání - blíže u zdroje hrubší materiál (váté písky), nejdále pak spraše

Druhy transportu

1 - vznos; 2 - saltace; 3 - vlečení

Základní dělení

Eolické sedimenty

Deflační reziduum - eolic. rezid. štěrky a hrub. písky.

Váté písky - větší velikost zrn než spraše.

Spraše + příbuzné uloženiny - menší velikost zrn než váté písky.

Smíšené sedimenty



Charakteristické písečné přesypy a duny v pouštích.

Spraše a příbuzné sedimenty

Definice: Spraš - nezpevněný, pórovitý, slabě propustný eolický sediment, tvořený zrny pelitické frakce

Vznik spraší

Transport a usazování větrem - ovlivňuje vytrídění zrna, úložné poměry, tvar sprašových nakupenin.

Zesprašení - dává spraši charakteristickou skladbu (poréznost), určuje formu (+ barvu) sloučenin železa a vápnitost + formu CaCO_3 .

Sediment:

Mocnost - zpravidla do 30 m, v Číně až okolo 100 m

Textura - **masivní**, vznik kompakcí a smršťováním usazeného materiálu, na profilech svislá, hrubě hranolovitá odlučnost

Vertikální puklinky vyplněné CaCO_3

Mineralogicky obsah Q (40%-80%), živců (10%-20%), uhličitanů (0%-35%)

barva okrově hnědá až šedavě žlutá, podmíněná železitými sloučeninami, jemně rozptýleným CaCO_3 a porézní stavbou

Běžné **cicváry, pseudomycélie a rhizolity**

Zrnitost - převážně silt (tj. částicemi 20 μm - 60 μm , 70-95%) s nízkým podílem jílu (1-8%) a písku (200 μm - 500 μm , 5-17%), bez hrubších částic

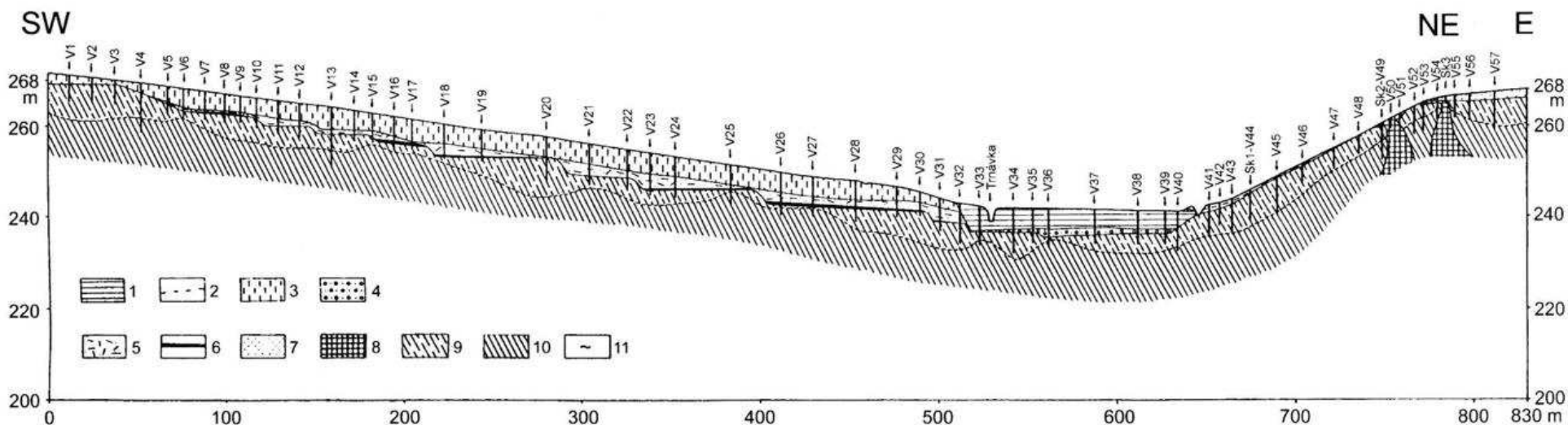
Dolní Věstonice.



Výskyt:

- do 350 m n.m., výše pak **sprašové hlíny**. Rozsah se kryje zhruba s rozsahem původních stepních oblastí
- většinou souvislé pokryvy, závěje, výplně terénních nerovností. Mocné zvláště na **svazích jižní expozice**. **Vliv větrů ze Z a SZ**

Obrovské rozšíření spraší především na severní polokouli, z hlediska plošného výskytu jedny z nejrozšířenějších hornin na zemském povrchu.



Obr. 37. Sklonově asymetrické údolí Trnávky u severního okraje obce Trnávka na styku Moravské brány a Příborské pahorkatiny. 1 – povodňové sedimenty (holocén); 2 – hlíny a jily (holocén); 3 – sprašové hlíny (svrchní pleistocén); 4 – šterky, pisky a polohy jilu (svrchní pleistocén až holocén); 5 – jily, pisky a šterky (pleistocén); 6 – terasové šterky (pleistocén); 7 – pisky, jily, ojed. šterky (glaciáluální sedimenty); 8 – těšinit (spodní křída); 9 – jily s ojed. polohami pisku (spodní křída); 10 – silně navětralé jílovce s ojed. polohami piskovců (spodní křída); 11 – antropogenní sedimenty. V 1-V 57 = vrty, Sk 1-Sk 3 = kopané sondy. Podle T. Czudka.

Výskyt u nás:

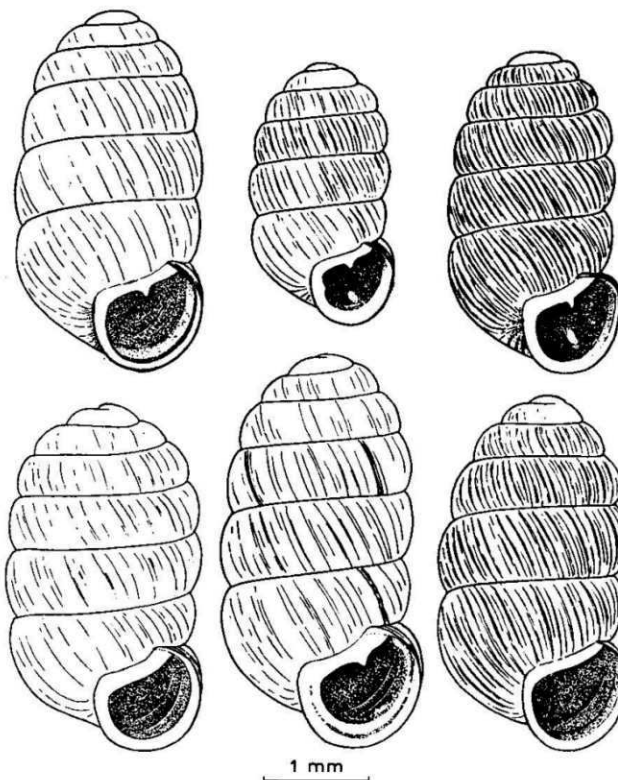
- Polabí, Moravskoslezská oblast, většinou do 10 m, na svazích východní expozice až 40 m
- jz. od Brna - mocnost 15-20 m, většinou kopírují terén, nevytvářejí akumulací tvary, vyrovnávají terénní nerovnosti
- Červený kopec v Brně - překrytí stupňovitých říčních teras sprašemi s fosilními půdami



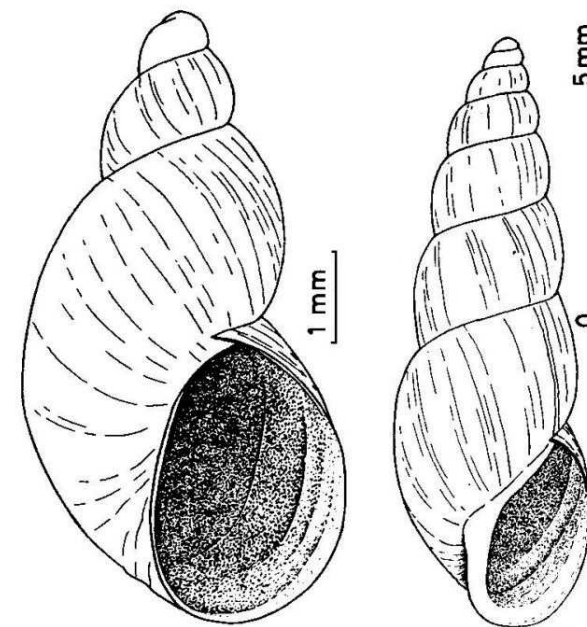
Sprašová série se subfosilní půdou, Hranice.

Vznik spraší

- hlavními podmínkami vzniku spraší - **přítomnost deflačních ploch bez uzavřeného prostoru + příznivé sedimentační prostředí**
- **deflační plochy** (deflace = odnos sypké zvětraliny větrem) - především v pustinách: pouště, ale i místa čerstvě nakupeného sedimentárního materiálu (fluviální, glacigenní, proluviální, vulkanogenní)
- bujná stepní vegetace s tundrovými prvky a značným podílem prvků slanomilných
- absence mulového humusu, CaCO_3 v povrchových vrstvách, minerální zrna pokryta hydroxidy železa okrově hnědé barvy
- vznik ve studeném podnebí s mrazivou, ale suchou zimou, vlhkým jarem, krátkým suchým létem



Pupilly - význační měkkýši spraší. Horní řada představuje žijící druhy, spodní řada představuje druhy vymřelé.



Succinea oblonga - běžný sprašový druh; *Lymnaea glabra* - bažinné spraše (Podunají).

Evropa

Tvorba spraše je vázána na glaciální klima (**sprašová fáze**) a dokládá studená období

Spraši podobný sediment - primární spraš sekundárně přeměněná (přepavení, vliv pedogenních procesů).

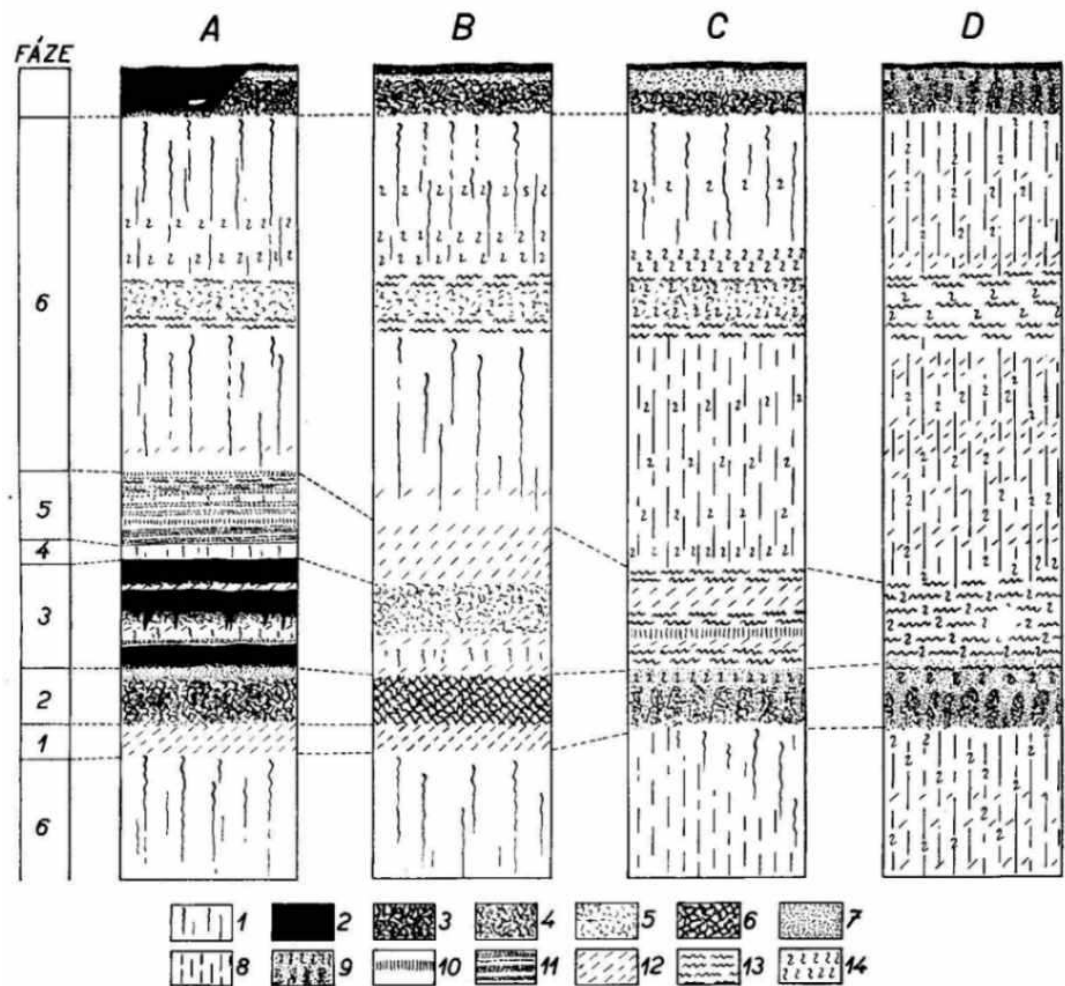
Zonalita spraší, prachovice

- význačná zonalita - souvisí s půdní povahou spraší
- střední Evropa - nízké, teplé a suché polohy, horní hranice 300-400 m n. m.
- střední Evropa - vlhké oblasti - výskyt spraší i pod 200 m n. m.

Prachovice

Definice: Prachovice se od spraší liší nedostatkem CaCO_3 , mírným pseudooglejením, hydroxidy železa zastupují CaCO_3 , vyšší podíl hrubších částic, časté vložky svahovin.

- svisle odlučné stěny prachovic se brzy rozrušují díky náchylnosti k drobným sesuvům
- mechanismy přenosu a akumulace prachovic shodné se spraší, avšak vznik ve vlhčím prostředí
- prachovice lemují zónu spraší, uplatnění svahových pochodů (soliflukce)



Pásemný vývoj sprašových sérií střední Evropy: A - suchá sprašová oblast, B - přechodná oblast, C - vlhká sprašová oblast, D - pásmo prachovic; 1 - spraš, 2 - humózní horizonty (černozemí a pseudočernozemí), 3 - B-horizonty parahnědozemí, 4 - B-horizonty hnědozemí, 5 - slabě vyvinuté B-horizonty (interstadiální „hnědozemě“), 6 - rubefikované B-horizonty, 7 - A_e -horizonty parahnědozemí, 8 - prachovice, 9 - pseudogleje (z parahnědozemí), 10 - slabé humózní horizonty, 11 - hlinopísky, 12 - svahové uloženiny, 13 - soliflukční polohy, 14 - pseudooglejení.

Sprašové série

Dolní Věstonice



Pudní horizont

Spraš

Iniciální půdy

Autochtonní
hnědé půdy (PK I)

Písčité spraš

Spraš

Iniciální půdy

Tři horizonty
černozemě
oddělené spraší
(PK II)

Parahnědozem (PK
III)



Sprašový komplex na lokalitě Dolní Věstonice zachycující sedimenty posledního glaciálu.

- sprašové série vznikají tam, kde se mohly spraše kupit v průběhu několika studených výkyvů, poslední spraše 18 ky BP
- ve složitých souvrstvích zachyceny polohy fosilních půdních komplexů, svahoviny, vše odráží kvartérní klimatický cyklus

Význam sprašových sérií

1. přítomnost fosilních půdních horizontů (klimatický význam)

černozemě - interstadiály; hnědé půdy (kromě PK I) - interglaciály

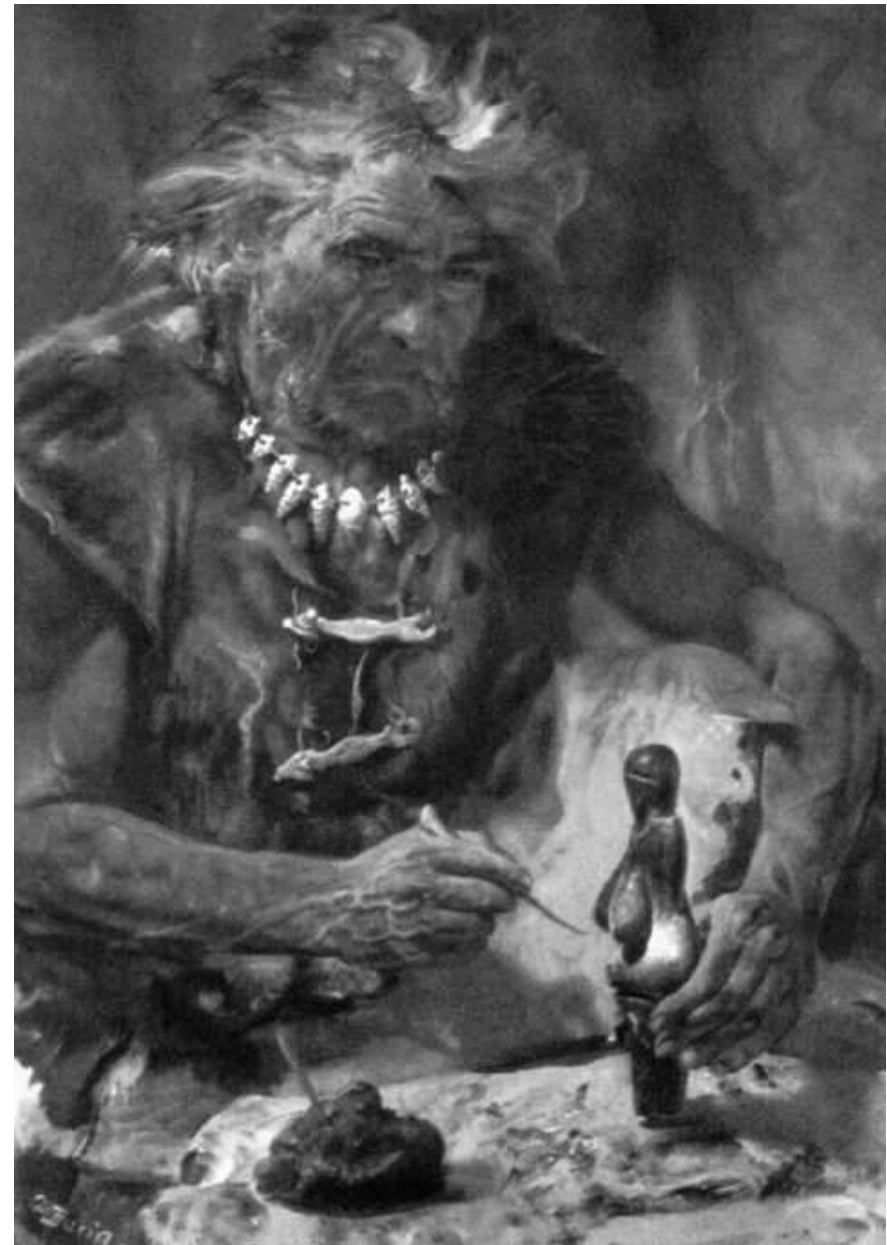
- PK I Stillfried B - hnědozem
- PK II, III Stillfried A - černozemě (interstadiál) a parahnědozemě (R/W)
- PK IV-VI ozemněné a braunlehmovité parahnědozemě
- PK VII-XI braunlehm
- PK XII ? zemitý braunlehm

2. význam kulturní (archeologie)

nálezy kamenné industrie a keramiky, např. gravettienské sídliště, Dolní Věstonice (venuše), Pavlov, Předmostí u Přerova...

3. Hospodářský, ekologický

Cihlářská hlína, hloubené sklepy (vinné) na již. Moravě, výskyt chráněného hmyzu, ptactva



Tvůrce Věstonické venuše v podání Z. Buriana.

Váté (eolické) písky

Definice: Eolické písky - eolický sediment složený ze zrn psamitické frakce

Sediment:

Mocnost - většinou do 10 m, vzácně 20-40 m

Textura - laminovaná - střídání vrstviček siltu (0,06 mm) až středně zrnitého písku (1 mm), na bázi až 2 mm, ojediněle valouny do 1,5 cm.

Mineralogicky - obsah Q (60%-70%), živců (5%-20%), v průměru nejlépe vytríděný sediment, příměs prachových částic snižuje vytríděnost eolických písků

Absence klastické slídy a v tělesech eolických písků nejsou rozesety valouny (bylo by typické pro fluviální sedimenty)

Zrnitost - Mz mezi 0,14 a 0,27 mm

Zaoblení - menší zrna **poloostrohranná**, větší **polooválená**

Hraniční plochy eolických forem jsou mírně ukloněny.

$$V_{cr} = A \sqrt{\left[\frac{(\delta - p)}{p} \cdot gd \right]}$$

V_{cr} - kritická unášecí rychlost, při které se zrna začnou pohybovat

δ - specifická váha písku (2,65 g.cm³ u Q)

P - specifická váha vzduchu

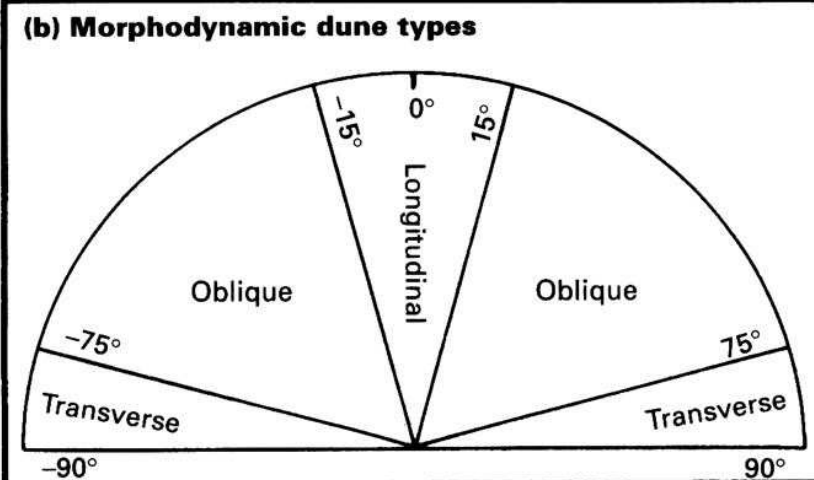
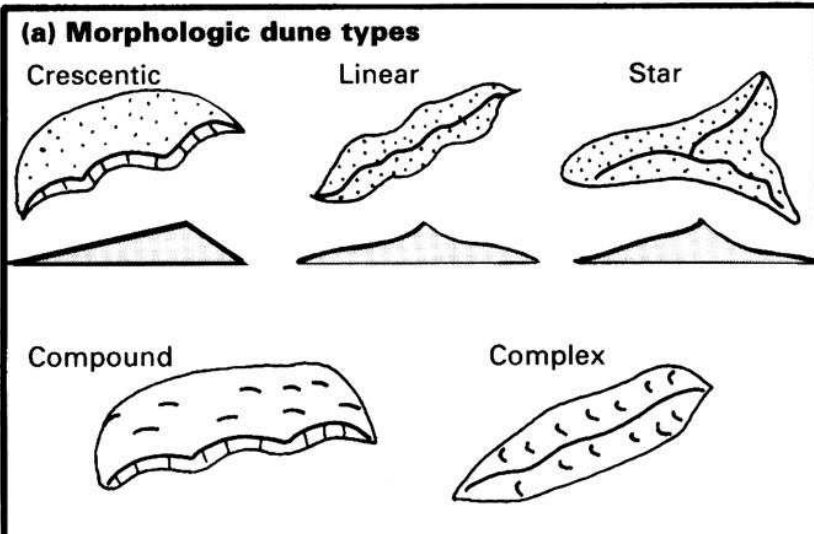
g - gravitační zrychlení

d - průměr zrn

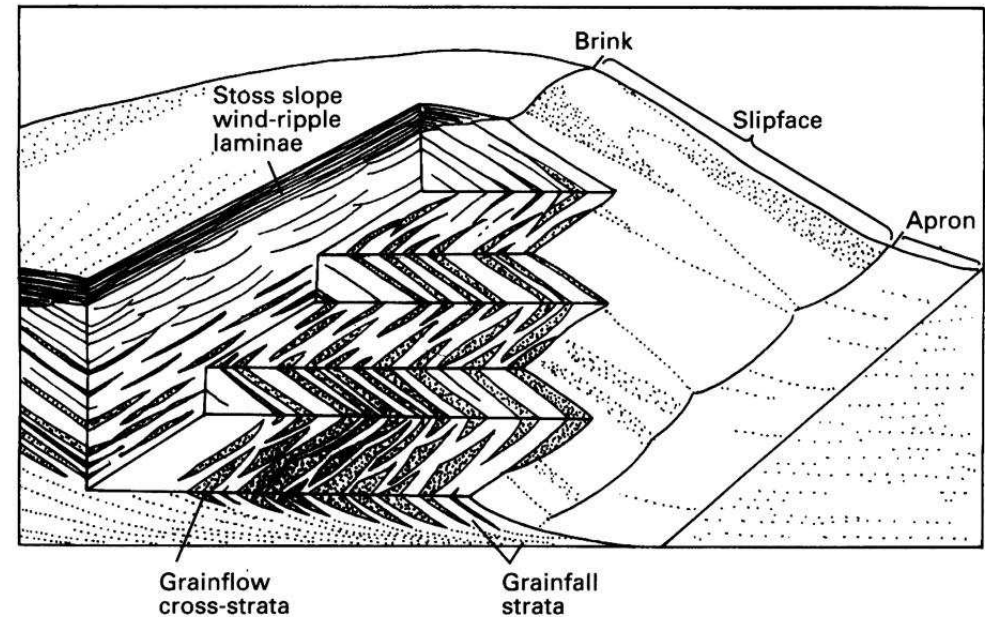
A - konstanta, asi 0,1



Čeřiny, Tumbes, Peru



(c) Transverse	Oblique	Longitudinal
Crescentic		
Linear		
Star		



Morfologické tvary:

- **duny** - akumulace eolického písku vlivem nerovností na povrchu (vegetace, kameny)
- **barchany** - duny půlměsíčitého obrysu, návětrný svah má sklon 12° - 15° , závětrný asi 30° . Výška 1-2 m, max. 10 m.
- **pouštní duny** - výška až 200 m, rychlost pohybu 15-20 m / rok
- barchany, duny podélné (lineární), příčné, složené, hvězdicovité
- **plošné pokryvy**
- mikrorelief - čeřiny, stružky

Výskyt:

- v Evropě průměrně do 300-400 m n.m.
- humidní oblasti - do 200 m n.m.

Výskyt u nás:

- hlavně do výšek 260 m n.m., v již. Čechách do 410-430 m. n.m.
- akumulace na terasách podél Labe, nejvíce střední Polabí (Travičský les jv. od Terezína, přesypová oblast 9 km²)
- Železné hory + jižní Čechy (podél Lužnice, Třeboňská pánev)
- sev. Morava - na glacienních a glaci-fluviálních pískách (Ostravsko, Opavsko, Osoblažsko)
- již. Morava - sv. od Hodonína (Bzenec, Milotice), jz. od Hodonína (Lanžhot, Velké Bílovice)
- navátí větry ze Z a SZ (jako spraše)



Svrchní část výchozu s vátými písky ve Strachotíně již vykazuje nestabilní sedimentační prostředí.

Smíšené sedimenty (vlhké oblasti)

Deluvioeolické a eolickodeluviální sedimenty

Vlastnosti:

- výskyt ve větší nadmořské výšce (300-350 m n.m.), hlavně na sv. svazích v tzv. studené expozici
- pouze menší část eolického materiálu, zbytek tvoří svahové hlíny
- zahrnovány jsou sem spraše pahorkatin (eolická + koluviální složka) a sprašové hlíny (nevápnité pelity)

Niveoeolické sedimenty

Vlastnosti:

- vznik navátím písku a prachu na sních
- málo mocné závěje, netvoří duny, netvoří hřbety
- mocnost 0,5-3 m
- na bázi místy drobný štěrky (3-5 mm)
- textura - střídání prachu, písku a sedimentu ve vrstvách o mocnosti 0,2 až 60 cm
- nízká vytríděnost, pokud odebrán písek z více vrstev
- Mz - 0,5-2 mm, zrna písku jsou zaoblená

Fluvioeolické sedimenty

Vlastnosti:

- vznik přeplavením eolických písků proudící vodou (jižní Morava)

Svahové (koluviální) sedimenty

Definice: Svahové sedimenty - sedimenty, jejichž transport a uložení byly podmíněny gravitací. Různou měrou se spolupodíleli i další činitelé: voda (dešťová, sníh, led), vítr.

Základní dělení

- **gravitační** (transport pádem, válením, posouváním)
- **gravitační sesuvové** (rychlý transport sesouváním za spoluúčasti vody)
- **gravitační plouživé** (transport za spoluúčasti především kryogenních procesů)
- **gravitační proudové** (rychlý transport ve viskózním stavu)
- **splachové**

1. Gravitační sedimenty s.s.

Definice: Sedimenty transportované převážně gravitací (řícení, saltace, posouvání, kutálení)

Hlavní typy

- **balvaniště** - řícením uvolněných bloků ze skalních stěn bez dalšího transportu (např. skalní města)
- **gravitační suché proudy** - další posun řícených hmot
- **kamenná lavina** - rychlé přemístění velkých hmot (např. Obří důl, Krkonoše)
- **sut'ová pole, osypy, sut'ové kužele**



Sediment:

Textura - chaotické uspořádání klastů, ploché bloky uloženy obvykle podle sklonu svahu

Chybí písčité či hlinitá matrix

Největší klasty na okrajích těles (třídění gravitací)

Limitní hodnota sklonu svahu - 35° až 40°

Zrnitost - závislost na zdrojovém materiálu

Klasty - ostrohranné, petrografické složení je uniformní

2. Gravitační sesuvové sedimenty

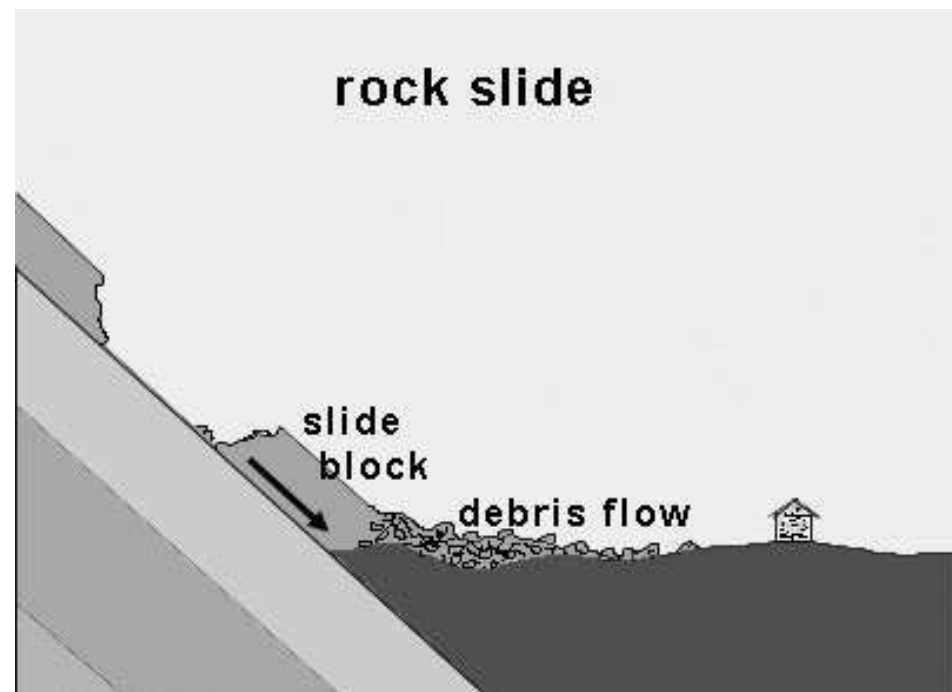
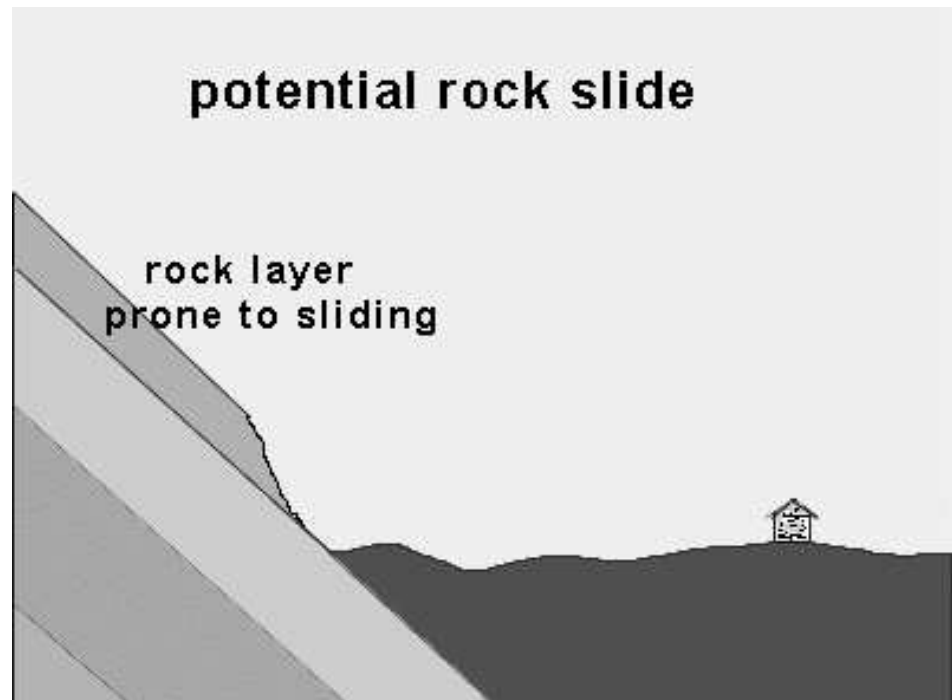
Definice: Sedimenty přemístěné rychlým krátkodobým klouzavým pohybem horninových hmot na svahu podél jedné nebo více průběžných smykových ploch

Sediment:

Textura - chaotické uspořádání bloků

Ploché nebo protažené bloky mohou být orientovány i příčně ke sklonu svahu, popř. i vztyčeny

Zrnitost - závisí na zdroji, bloky (klasty) různé velikosti





3. Gravitační ploužené sedimenty

Definice: Sedimenty vznikající pomalým nezrychlujícím se tečením hmoty („creeping“). Na pohybech se podílí půdní led a voda.

Hlavní typy

- **bloková pole** - bloky pevných hornin sunoucích se po svahu na nesoudržném podloží
- **ploužené sedimenty s.s.** - písčité nebo hlinité kamenové až blokové štěrky
- **sedimenty plošné soliflukce** - plošně jedny z nejrozšířenějších, při vzniku též hákování vrstev
- **sedimenty kamenných ledovců** - kamenitá suť na dně horských údolí v periglaciálním klimatu pohybující se zvolna po svahu vzhledem k velkému obsahu meziprostorového ledu
- **sedimenty pasívních morén** - ostrohranné bloky až 5 m velké, chaoticky uložené tvořící valy (Velká Studniční jáma, Krkonoše).

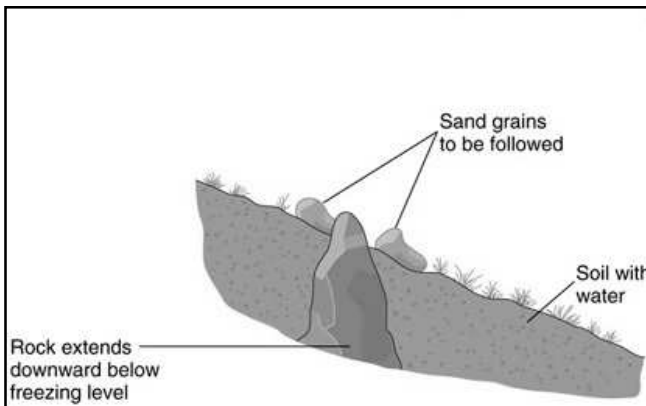
Sediment:

ploužené sedimenty s.s. - chaotické uspořádání klastů, a-osa po spádnicí, chybí vrstevnatost. Zrnitost - psefitové nevytříděné sedimenty, nízký stupeň zaoblení

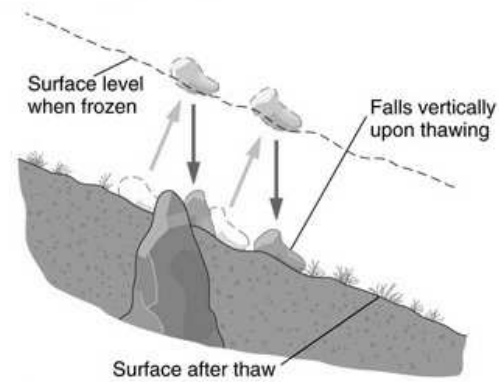
sedimenty plošné soliflukce - paralelní zvrstvení, zvlněné, vrstvy vyklíňují a naduřují se. Zrnitost - převážně pelity, aleurity, ale i psamity, klasty „plavou“ v matrix, u protažených klastů - a-osa ve směru sklonu svahu

kamenné ledovce - chaotické uspořádání klastů, většinou bez zvrstvení. Klasty - blokové štěrky až bloky velikosti několika m³



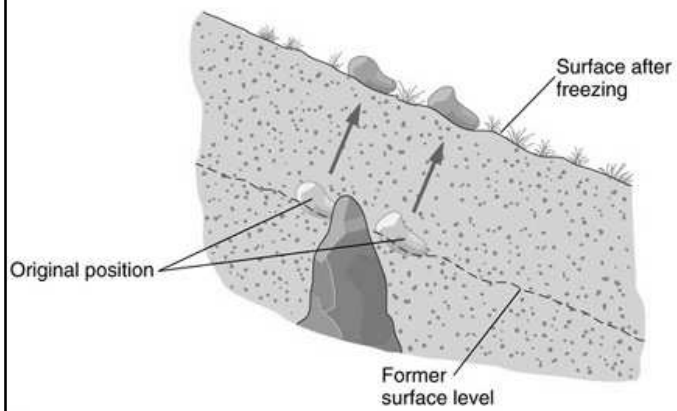


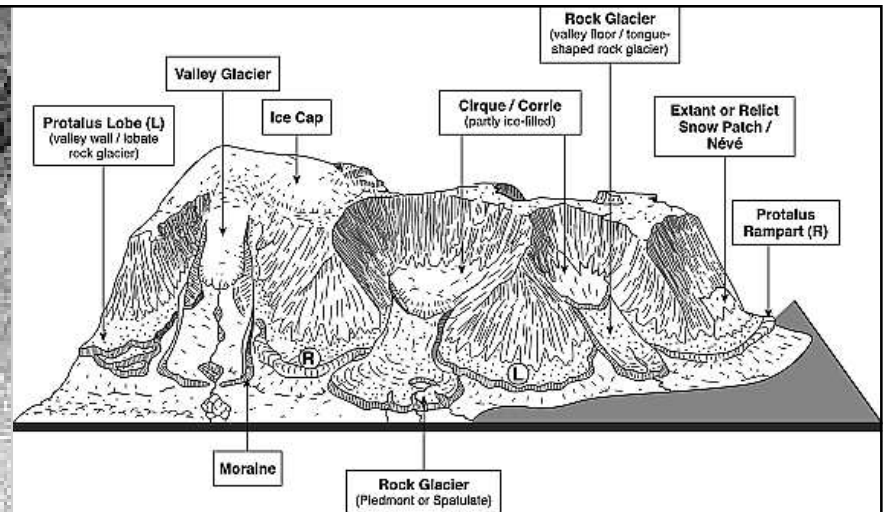
A



C

Soliflukční polohy ve sprašové sérii na břehu Brněnské přehrady.







Kamenné ledovce na dně údolí.

4. Gravitační proudové sedimenty

Definice: Sedimenty transportované nasycené vodou ve viskózním stavu ve formě lineárního tělesa.

Hlavní typy

- **mury** - kamenné proudy v horských terénech, po jarním tání a přívalových deštích (Krkonoše, Hrubý Jeseník)
- **pískové proudy** - pohyb po svazích s menšími sklony než bahnotoky či kamenné proudy
- **soliflukční proudy** - vazba na mělké terénní deprese



Kamenné proudy (mury)

Sediment:

mury - chaotické uspořádání klastické složky, bez orientace klastů, největší bloky na úpatí svahu. Zrnitost - většinou psefitické, nevytříděné kamenové až blokové štěrky s písčito-hlinitou matrix

pískové proudy - subparalelní zvrstvení se sklonem po svahu, obsah jednotlivých psefitických klastů (či poloh), nerovné vrstevní plochy (stopy po hrnutí, zabořování)

soliflukční proudy - výplně depresí v terénu, ostré ohraničení proti podloží, sedimenty nevytříděné. Zrnitost - variabilní, různý tvar klastů (soliflukce neovlivňuje)



5. Splachové sedimenty

Definice: Sedimenty uložené stékajícími dešťovými vodami po povrchu terénu

- **ron** - proces eroze, transportu a ukládání
- **splach** - voda stéká ve větším množství nejdříve v ploše (**plošný splach**), pak se tvoří celé proudy (**stružkový splach**), soustředí se na místa, kam stéká nejvíce vody

Deluviofluviální sedimenty - splachové sedimenty vázané na mělké deprese a jejich vyústění do nivy.

Sediment:

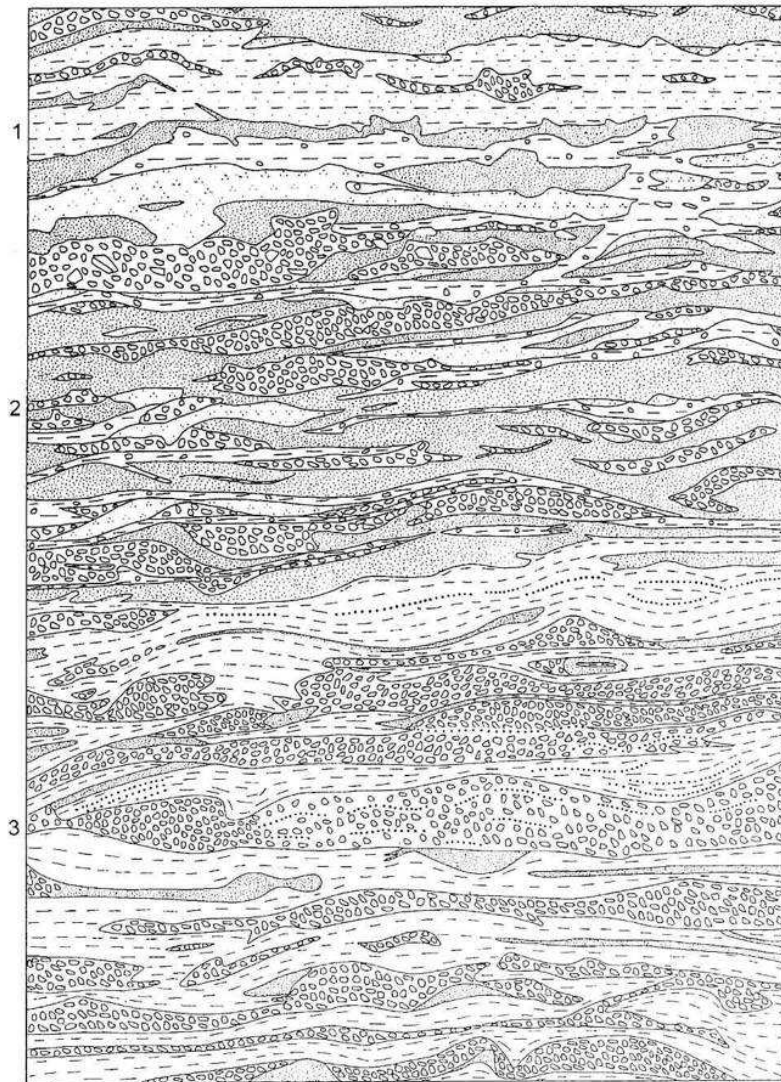
Mocnost - vlastní splachové sedimenty v současných depresích do 2 m, jediná splachová epizoda - do 20 cm

Textura - jemná vrstevnatost až laminace, erozní stružky mohou být vyplněny relativně hrubším sedimentem než okolní sedimenty, mírný sklon po svahu

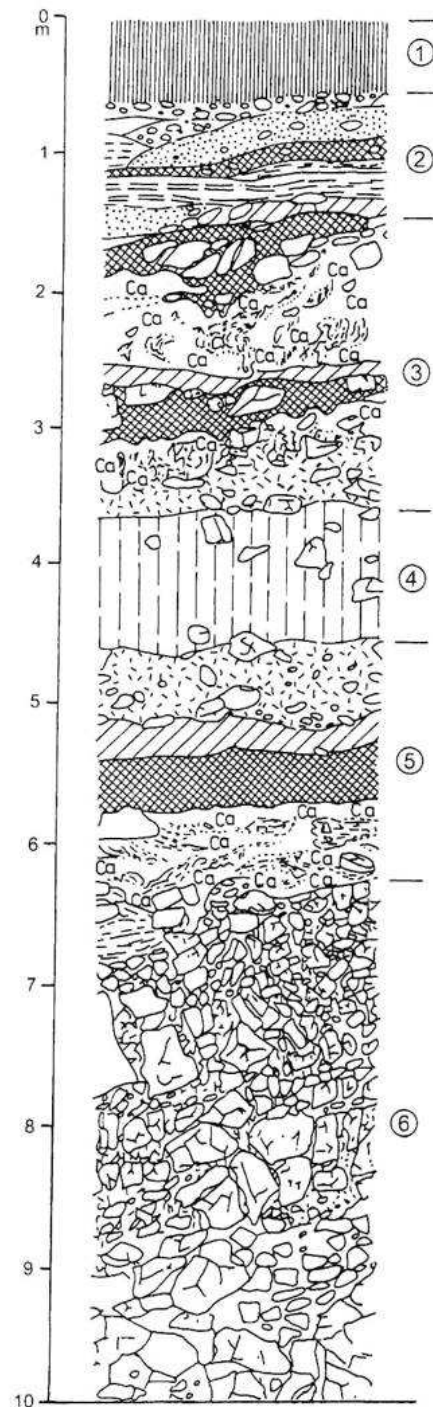
Zrnitost - odpovídá bezprostřednímu okolí

Zaoblení klastů - v procesu splachu nedochází k dalšímu zaoblení, mohou být zachovány i agregáty (hlinopísky, hliňoštěrky)





Obr. 50. Rytmicky zvrstvené svahové sedimenty v dolní části jz. svahu Větrníku (302 m) ve Šternberku v Nížkém Jeseníku. 1 - hlinitá suť, hnědý hlinitý jemný a hrubý písek a hnědá písčité hlína (pleistocén); 2 - hlinitá suť, hnědý až rezavěhnědý jemný písek a hnědý až rezavěhnědý hrubý písek (pleistocén); 3 - hlinitá suť, hnědá hlína, méně hnědý převážně jemný písek (pleistocén). Podle J. Demka - V. Panoše in: T. Czudek et al. 1963.



Obr. 51. Rytmicky zvrstvené svahové sedimenty při úpatí Řípu (459 m) u obce Ctiněves jv. od Roudnice nad Labem v Dolnooharské tabuli. 1 - recentní černozem; 2 - různé suťové sedimenty, ve střední části jsou dvě polohy eolického písku a vrstva půdního sedimentu v nadloží sprašové hlíny s polohami písku; 3 - dvě polohy hlinitých svahových sedimentů s mnohými čedičovými úlomky a bloky; 4 - vápnitá sprašová hlína s ojed. úlomky; 5 - hlinitá suť v nadloží vápnitě hlíny, spodní fosilní půda je opět (jako v poloze 3) silně zvětralá; 6 - hrubá hlinitá suť. Podle V. Ložka 1964 in: J. Tyráček 2001c.

Přechody do jiných genetických typů sedimentů, např. eolických - splachy a soliflukční polohy ve sprašových komplexech.

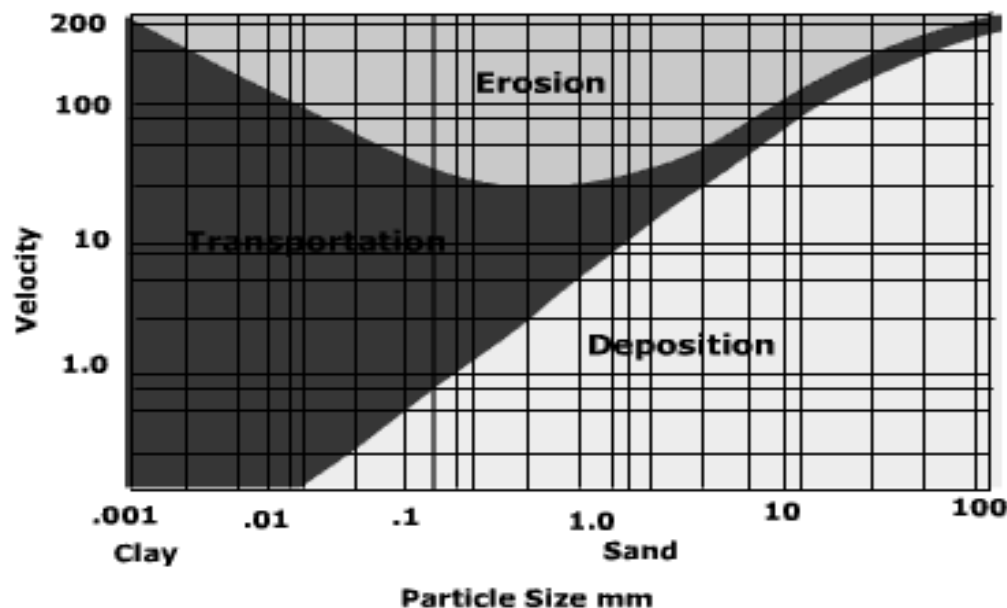
Aluviální sedimenty

Sladkovodní sedimenty

Aluviální - nánosy tekoucích vod (naplaveniny), řadíme sem aluviální (výplavové) kužely a fluviální s.s. (říční) sedimenty.

Jezerní (limnické) - usazeniny stojatých vod.

Pramenné - vysráženiny pramenů a pramenných potoků.



Aluviální sedimenty

- ukládání za převažujícího vlivu říčních procesů, řadíme sem sedimenty od aluviálních kuželů, přes divočící řeky až po meandrující řeky
- mechanismy sedimentace v aluviálním prostředí - nasycené toky (nejhustší) v podobě úlomkotoků nebo bahnotoků; normální vodní toky v podobě plošných toků nebo bystřinných proudů

Typy transportu částic (klastik)

- **v rozotku** - přenos nejjemnějších částic
- **v suspenzi** - v podobě povodňových kalů, doklad rozsahu inundací + povodní
- **saltací** - pohyb poskokem
- **vlečením** - vlečení po dně, imbrikace - doklad směru proudění vody

1. Aluviální kužely (výplavové kužely)

Vznik aluviálních kuželů

- značný vliv reliéfu, hromadění materiálu v místech, kde údolí nebo strže vyústí do hlavních údolí se širokou nivou
- vznik plochého výplavového kužele, připomínajícího deltu - voda ztrácí rychlost a tím i schopnost dále nést klastický materiál
- sedimentace periodická

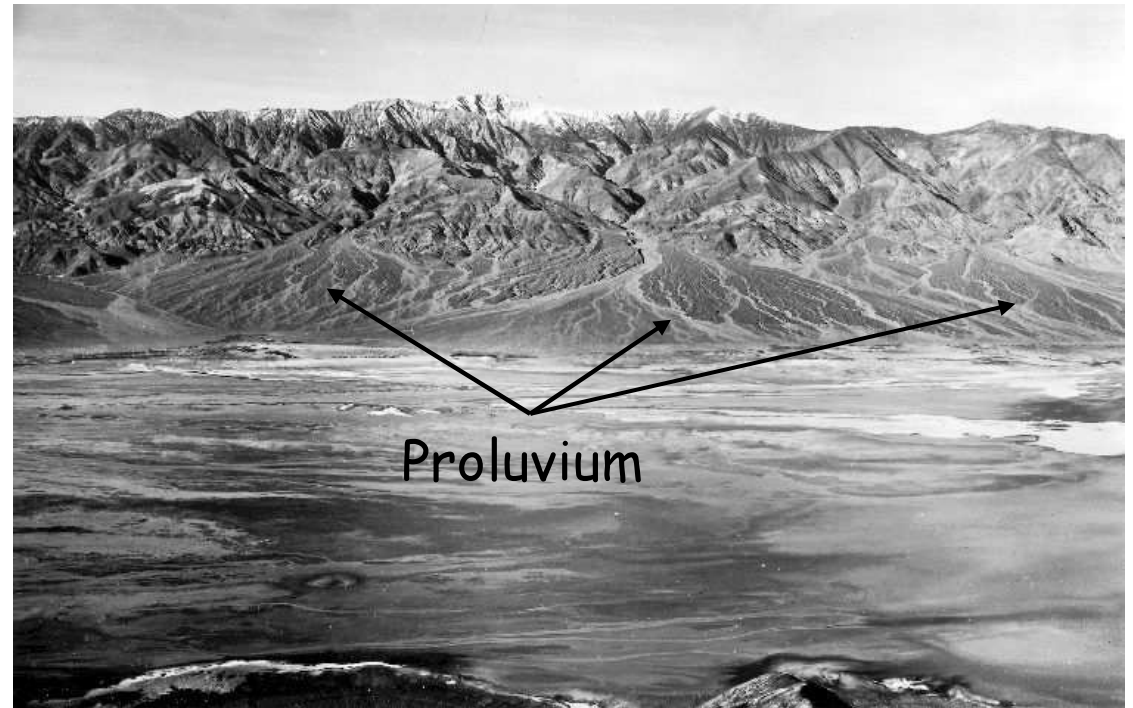
Podhorské kužely

Rozlehlé ploché kužele hrubého nevytříděného materiálu na úpatí hor při ústí údolí a erozních rýh.

Splachové kužely

Vznik při vyústění malých postranních údolí nebo erozních rýh a úpadů do větších údolí, příp. na úpatí terénních stupňů.

Úpady (= úvaly) - menší plochá údolí bez stálých toků s esovitým profilem svahů.



Výrazné výplavové podhorské kužely holého pohoří na okraji hlavního údolí.

- **podhorské kužely** - tvorba zvláště ve studených obdobích bohatých na občasné prudké srážky, dodávka materiálu může být silně ovlivněna soliflukcí
- **splachové kužely** - ve studených obdobích - větší množství drobných bloků, v teplých obdobích - stoupá podíl jemných klastik, ale též i hrubších bloků
- Krušné hory, České středohoří (pyropové štěrky), Malá Fatra, Tatry,

2. Fluviální sedimenty

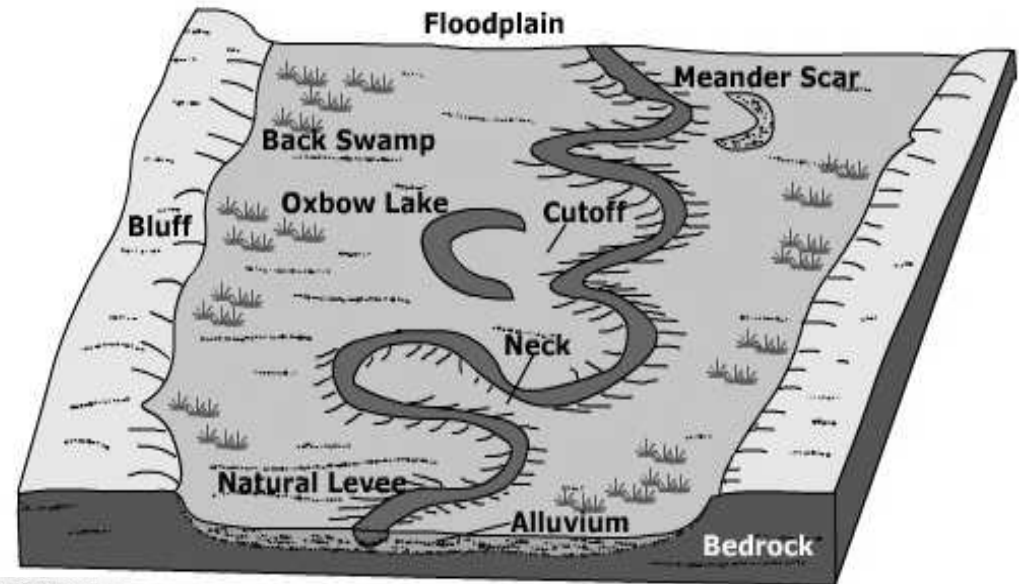
Typy říčního prostředí

Divočící řeky:

soustava větvičích se a znovu slévajících řečišť oddělených podélnými vally, vznik v místech vyústění úzkého údolí do širokého údolí s nižším spádem. Žádná niva, řečiště v celém rozsahu údolí.



Divočící řeka, Peru.



Schematický model meandrující řeky s aluviální nivou, jesepními a agradačními vally a opuštěnými meandry.

Meandrující řeky:

Klikatící se řečiště jediného koryta, kde sedimentace probíhá v konvexních částech - jesepech.

Rozlivové sedimenty

Výskyt v nivě, patří sem agradační vally, rozlivy (crevasse splays), nivní hlíny (plošně mohou být rozsáhlé). Nivní hlíny - významné v holocénu, posledních 1000 až 2000 let - antropogenní vlivy

Fluviální sedimenty

Definice: Fluviální sedimenty - sedimenty naplavené tekoucí vodou řek a potoků.

Hlavní typy

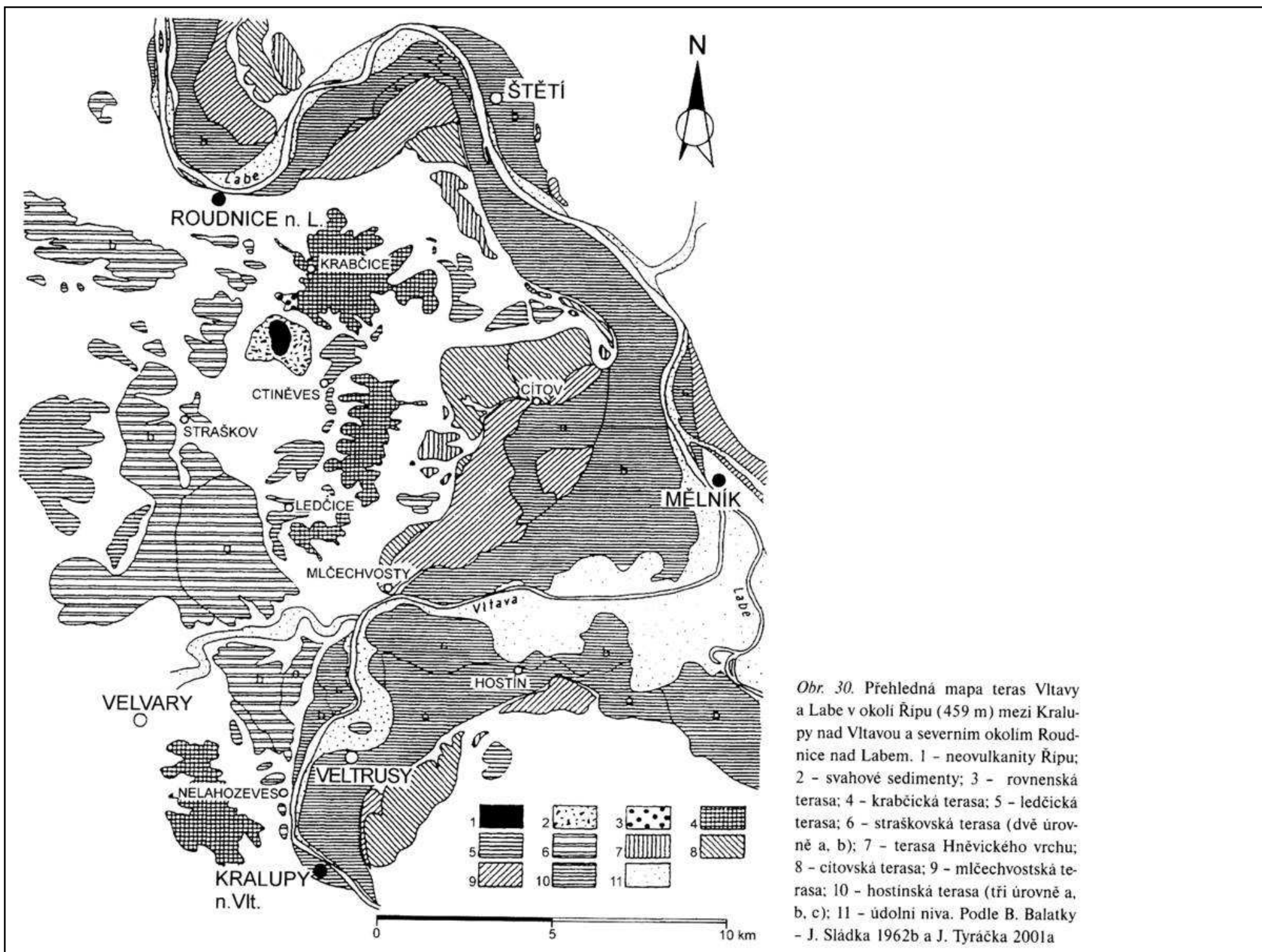
- **říční terasy** - štěrkové a pískové náplavy řek, složení závisí na horninách snosové oblasti. Tvoří bývalé údolní dno. Morfologicky tvoří výrazné stupňoviny
- **sedimenty inundačních území - povodňové hlíny** - sedimenty říčních niv, výsledek sedimentace během záplav

• Říční terasy

Vlastnosti:

- vznik - působení klimatických a tektonických příčin + místních litologických, hydrologických a geomorfologických poměrů
- rozdílný počet teras na zhruba stejně vodných tocích - dáno odlišnými tektonickými pohyby a rozdílnou odolností hornin (např. říčka Trnávka - 10 teras, ale Odra pouze 2 terasy)
- nejvíce 23 teras (Ohře) - souhlas s nejméně 20 fosilními půdami na Červeném kopci
- mocnost - až 40 m, v Čechách 10-20 m (Vltava)
- všechny terasy většinou nelze sledovat po celé délce toku
- terasy ve výšce 100 m a více na hladině řek dosud (počátek kvartéru 1,8 Ma) kladeny do pliocénu

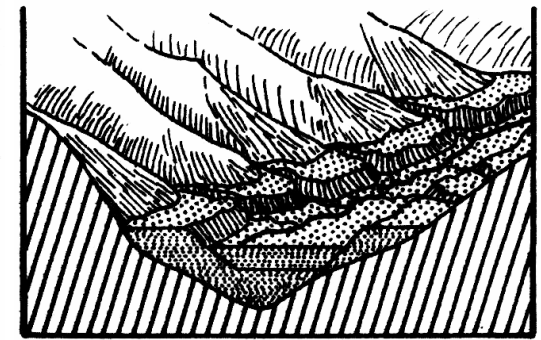
Vodní tok	Území		Pleistocenní terasy				Terasy, resp. fluvialní úrovně považované za předkvartérní				Autor	Poznámky
			Počet	Max. mocnost sedimentů (m)	Max. relativní výška (m)		Počet	Max. mocnost sedimentů (m)	Max. relativní výška (m)			
					Povrch	Báze			Povrch	Báze		
Labe	Krkonošské podhůří, Česká tabule	Vrchlabí - Mělník	15	27	115	106	-	-	-	-	B. Balatka - J. Loučková - J. Sládek 1966	výšky nad nivou
Labe	České středohoří	v Ústí nad Labem	10	27	123	117	2	10	188	183	B. Balatka - J. Kalvoda 1995	
Úpa	Krkonošské podhůří, Orlická tabule	Svoboda nad Úpou - Jaroměř	5	20	125	110	1	10	160	150	V. Král 1950b	výšky nad nivou
Orlice	Orlická tabule	Brandýs nad Orlicí - Hradec Králové	10	20	90	?	1	?	124	105	J. Sládek in: B. Balatka - J. Sládek 1965	Orlice (Tichá Orlice - spojená)
Jizera	Česká tabule	Turnov - soutok s Labem	15	25	118	?	2	20	173*	126*	B. Balatka in: B. Balatka - J. Sládek 1965	* Železný Brod
Vltava	Šumava, Šumavské podhůří	Lipno - Rožmberk nad Vltavou	6	4	75	73	-	-	-	-	V. Příbyl 2001	
Vltava	Pražská plošina	pod Prahou na 204 km	9	20	112	92	2	18	149	106	Q. Záruba - V. Bucha - V. Ložek 1977	
Vltava a Labe	Česká tabule	Kralupy nad Vltavou - Velké Žemoseky	13	25	115	106	2	?	160	?	B. Balatka - J. Sládek 1962b	
Lužnice	Táborská pahorkatina, Třeboňská pánev	Nová Ves nad Lužnicí - Planá nad Lužnicí	7	18	30	20	1	10	50	40	S. Chábera - S. Vojtěch 1972	výšky nad nivou
Berounka	Plzeňská pahorkatina, Brdská oblast	Plzeň - ústí do Vltavy	13	28	101	86	2	44	182	112	B. Balatka - J. Loučková 1991, 1992	
Ohře	Mostecká pánev	Přeskaky - Postoloprty - Obrnice	23	11	125	118	2	7	197	190	B. Balatka - J. Sládek 1975a, 1977d	autoři uvádějí ještě 10 erozních stupňů, tedy celkem 33 teras
Bílina	České středohoří	Obrnice - Ústí nad Labem	12	18	118	112	-	-	-	-	B. Balatka 1995b	výšky nad nivou
Morava	Hornomoravský úval	Hornomoravský úval	5	9	32	?	-	-	-	-	J. Macoun - M. Růžička 1967, M. Růžička 1973	
Morava	Dolnomoravský úval	Dolnomoravský úval - severní část	2	?	12	7	-	-	-	-	D. Minaříková 1982	výšky nad nivou
Bečva	Podbeskydská pahorkatina, Mor. brána	Choryně - Přerov	2	15	30	29	-	-	-	-	J. Tyráček in: J. Macoun et al. 1965	v Moravské bráně jsou ještě vysoké terasy (náplavové kužely) pravostranných přítoků Bečvy
Haná	Vyškovská brána, Hornomoravský úval	Dědice - Stříbmice	4	4	22	18	-	-	-	-	A. Zeman 1973a	
Dyje	Dyjsko-svratecký úval, Dolnomoravský úval	Novosedly - Nové Mlýny	6	10	50	45	-	-	-	-	B. Balatka - T. Czudek - J. Demek - A. Ivan - J. Sládek 1974	
Odra	Moravská brána, Ostravská pánev	okrajový svah Nizkého Jeseníku - státní hranice	2	11	17	6	-	-	-	-	J. Tyráček in: J. Macoun et al. 1965	na přítocích Odry je více teras (např. na Jamníku 4, na Lubíně 6)
Opava	Nizký Jeseník, Opavská pahorkatina	Zátor - Hlučín	4	9	45	?	-	-	-	-	J. Tyráček in: J. Macoun et al. 1965	
Moravice	Nizký Jeseník	Nizký Jeseník	6	?	56	?	-	-	-	-	T. Czudek 1988b	výšky nad nivou
Ostravice	Podbeskydská pahork., Ostravská pánev	ústí Čeladenky - ústí do Odry	4	17	53	36	-	-	-	-	J. Tyráček in: J. Macoun et al. 1965	na Morávce je podle V. Ambrože (1956) 11 teras



Obr. 30. Přehledná mapa teras Vltavy a Labe v okolí Řípu (459 m) mezi Kralupy nad Vltavou a severním okolím Roudnice nad Labem. 1 - neovulkanity Řípu; 2 - svahové sedimenty; 3 - rovnenská terasa; 4 - krabčická terasa; 5 - ledčická terasa; 6 - straškovská terasa (dvě úrovně a, b); 7 - terasa Hněvického vrchu; 8 - citovská terasa; 9 - mlčechvostská terasa; 10 - hostinská terasa (tři úrovně a, b, c); 11 - údolní niva. Podle B. Balatky - J. Sládka 1962b a J. Tyráčka 2001a

Rozdělení teras:

- **akumulační** - akumulací štěrku na starším skalním nebo štěrkovém podkladu, podmíněny tektonicky a/nebo klimaticky
- **erozní** - skalní, snížené akumulační



Model hloubkové eroze a akumulace

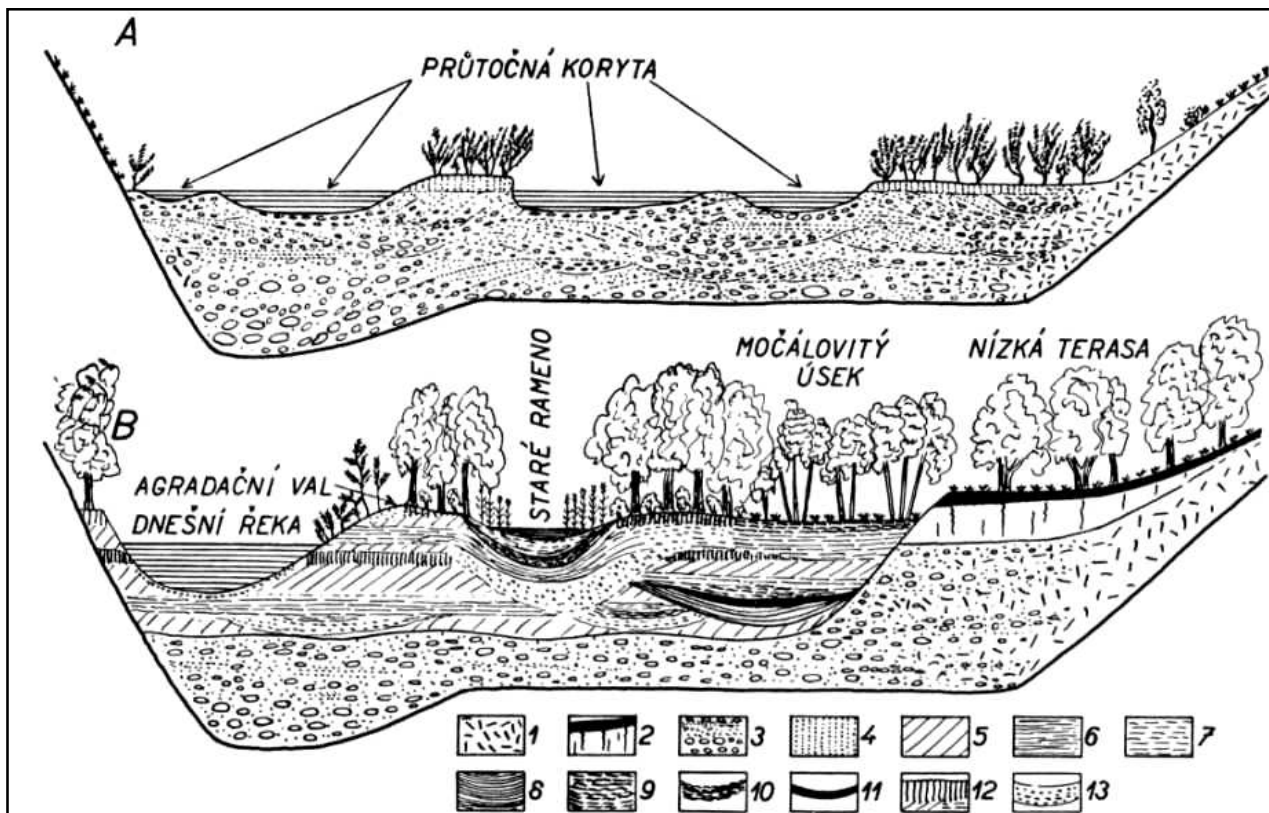
- začátek studeného klimatu - stále bohatá vegetace, pak její ubývání + zvětšování odtoku
- malý přínos materiálu + větší odtok = zahlubování + rozšiřování údolních den vlivem termoeroze (permafrost)
- povrchový odtok + vznik rovné erozní báze
- anaglaciální akumulace fluviálních štěrků a písků + tvorba syngenetických mrazových klínů (permafrost)
- uložení mocných fluviálních štěrků říčních teras
- aridní vrcholová fáze glaciálu - krátká, typická sprašová sedimentace, fluviální akumulace chybí



- kataglaciální fáze - hlavní období hloubkové eroze (nedostatek vegetace, tání)
- interglaciál - klimaticky podmíněná stabilita erozní a akumulační činnosti
- **Sedimenty inundačních území - povodňové hlíny**

Vlastnosti:

- jílovité až hlinitopísčité sedimenty, v horských oblastech štěrky a písky
- zvýšený obsah humusu v celém profilu
- v údolních nivách, přechod do deluviofluv. sed.



Teplé klima

- v meandrujících řekách dochází k výraznému ukládání jemnozrnných usazenin v podobě nivních sedimentů
- velká různorodost - naplavené hlíny, slatiny, sapropely, jílovité výplně starých ramen, nivní půdy
- plně vyvinuté nivní série - především v holocénu

74. Průřez říční nivou ve studeném a teplém období. A — stav v glaciálu: divočící řeka se rozlévá v mělkých a stále se měnících korytech po celé nivě za současného nanášení štěrkopískových náplavů; v klidnějších úsecích se dočasně zachycují jen pionýrské dřeviny (*Hippophae*, *Myricaria* ap.), nivní půdy dosahují nejvýše stadia rambly. B — stav v teplém období: uloženiny jsou vytvořeny v mírném erozním zářezu vložném ve štěrkopískách předcházejícího glaciálu; řeka meandruje v bujně porostlé nivě, v níž nacházíme ramena v různém stadiu zazemnění; v klidných úsecích vznikají výrazné nivní půdy. 1 — svahoviny, 2 — spraš s terestrickou půdou na povrchu, 3 — štěrkopísky, 4 — rambla, 5 — nivní hlíny, 6 — jemné kaly v ramenech, 7 — povodňové okaly, 8 — hnikolaly, 9 — náslatě nivních močálů, 10 — náslatě v ramenech, 11 — slatiny v ramenech, 12 — nivní půdy (vegy, paternie, boroviny atd.), 13 — písčité až jemně štěrkovité řečištní nánosy z teplého období.



Říční niva v podhorské oblasti Rio Chanchamayo, Peru

Fluviální štěrky

Sediment:

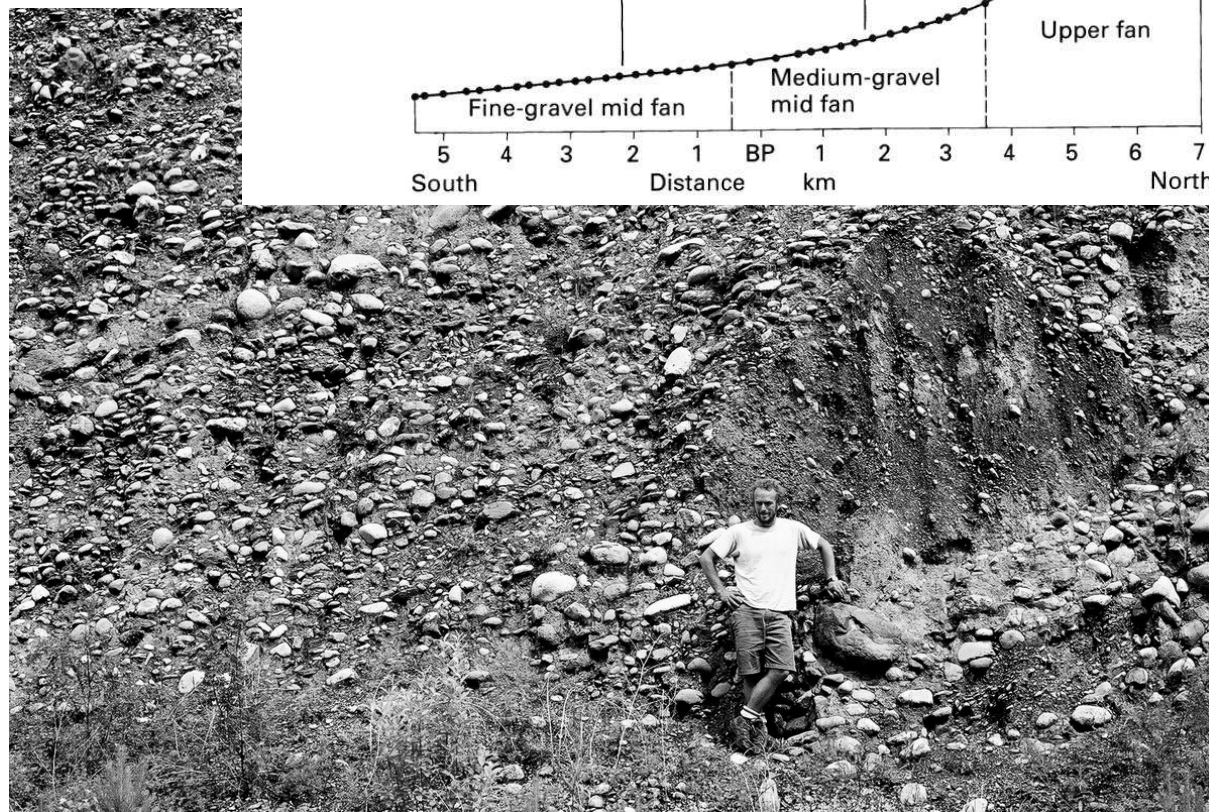
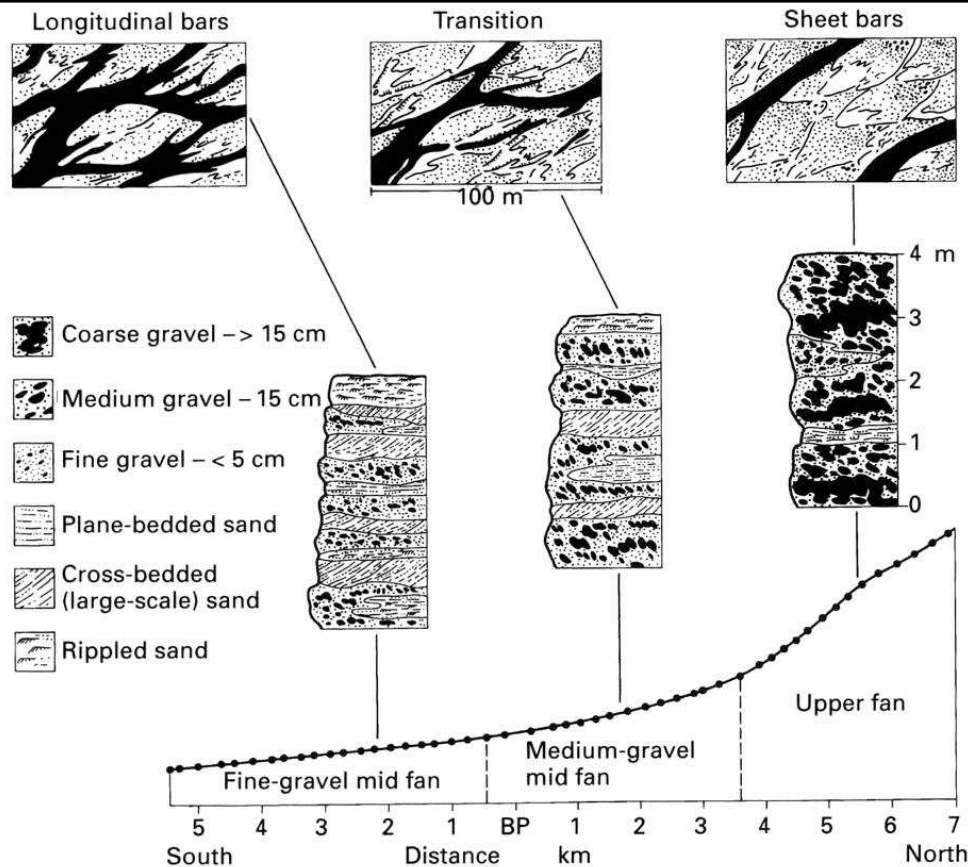
Typické pro prostředí s rychlým prouděním, např. divočící řeky, výplavové plošiny v čele ledovce (glacifluviální), aluviální kužele, proluvia

Tendence k bimodalitě zrnitostní křivky hrubého říčního štěrku

Litologie - závisí na zdrojové oblasti, častá koncentrace rohovce, Q, a kvarcitu (odolné i chemicky); vápence, pískovce, vyvřelé horniny (vysoký reliéf, převažující mechanické zvětrávání)

Tvar klastů - určen počátečním tvarem úlomku, modifikace během transportu, často dvě generace křemenných štěrků (silně zaoblené a subangulární až suboválné)

Častá imbrikace protažených klastů



Imbrikované hrubozrné fluviální štěrky, Katuň, Altaj, Rusko

Fluviální písky

Sediment:

Různé zrnitostní vytrídění v závislosti na délce transportu:

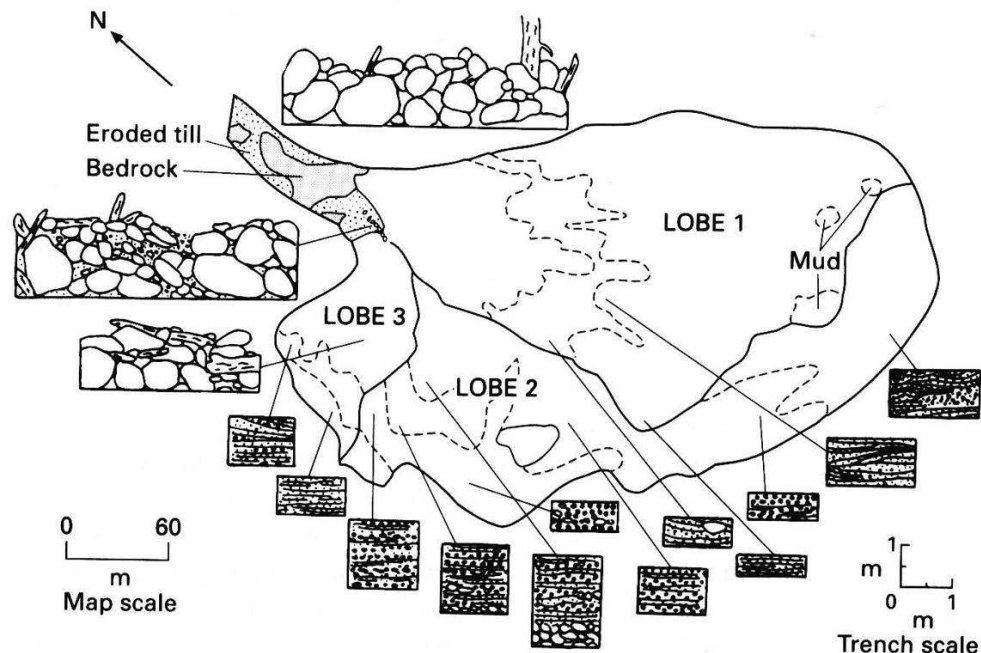
1. Nejhrubší populace - zůstávají in situ jako součást sedimentů dna řečiště
2. Hrubá populace na dně koryta v nižších částech jesepu
3. Jemnější populace - vypadává ze suspenze a saltačního transportu, diferenciacce podle tvaru a hustoty zrn (sférická + těžká zrna dole)
4. Nejjemnější frakce - transport v suspenzi, ukládání především v horních partiích (laminy), velikost zrn 35 až 100 μm

Středně až jemnozrnné písky:

Vytrídění - dobré ($\sigma_I = 0,50$ až $0,80$) až střední ($\sigma_I = 0,80$ až $1,40$)

Hrubozrnné písky:

Vytrídění - střední ($\sigma_I = 0,80$ až $1,40$) až slabé ($\sigma_I = 1,40$ až $2,00$)



Fluviální sedimenty v podloží hornin vulkanického původu (andezity).

Divočící a meandrující řeky - sedimentologie

Kritérium	Divočící řeka	Meandrující řeka
laterální akrece	jesepey, jazykové valy, akrece při nízké vodě	nahoru se zjemňující sled v jesepečních valech
vertikální akrece	omezena hlavně na dno řečiště. Mezi rameny jen plošné splachy a svrchní části valů	silně vyvinutá niva, štěrkové reziduum na dně řečiště
typ rozmyvů	eroze řečiště	rozšiřování meandrů a migrace řečiště
opuštěné řečiště	postupné, po naplnění sedimenty	náhlé, proříznutím meandru
Typy sedimentů		
masívní štěrky	velmi hojné (v podélných valech)	vzácné
výmolvě a planárně zvrstvené štěrky	vzácné i hojné	nepřítomny
výmolvě zvrstvené písky	hojné	hojné
planárně zvrstvené písky	hojné	obvykle vzácné
horizontálně a čeřinovitě zvrstvené písky	hojné	hojné
písky rozmyvových výplní	vzácné i hojné	hojné
laminované písky, prachy a jíly, jílové a prachové povlaky	někdy vzácné, někdy hojné	hojné
mocnost výplně řečiště	zřídka nad 3 m	obvykle nad 3 m

Hlavní rozdíly mezi divočícími a meandrujícími řekami.



Meandrující koryto řeky Mississippi.

- celkový ráz fluviální sedimentace ovlivňují geologické a orografické poměry, místo sedimentace a charakter podnebí (určuje nejen vodní režim, ale i ráz materiálu splachovaného do řek a potoků)

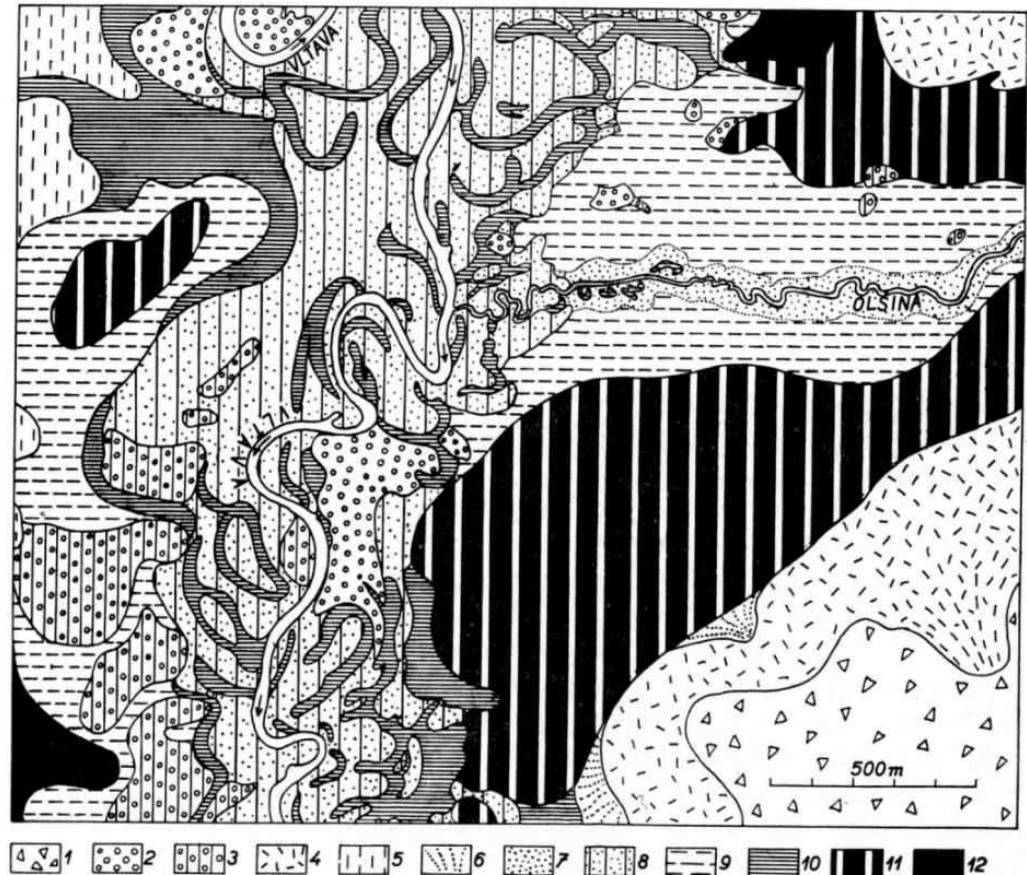
Divočící a meandrující řeky - geomorfologické pojmy

Niva - rovinné údolní dno akumulované při povodňovém stavu vodního toku. Tvoří ji štěrkovité, písčité, hlinité nebo jílovité naplaveniny

- fluviální sedimentace v nivě je silně ovlivněna polohou vzhledem k toku. V blízkosti řeky - ukládání hrubšího hlinito-písčitého materiálu, v okrajových úsecích nivy ukládání hlinito-písčitého kalu (ukládání v mírně tekoucích až stojatých vodách)

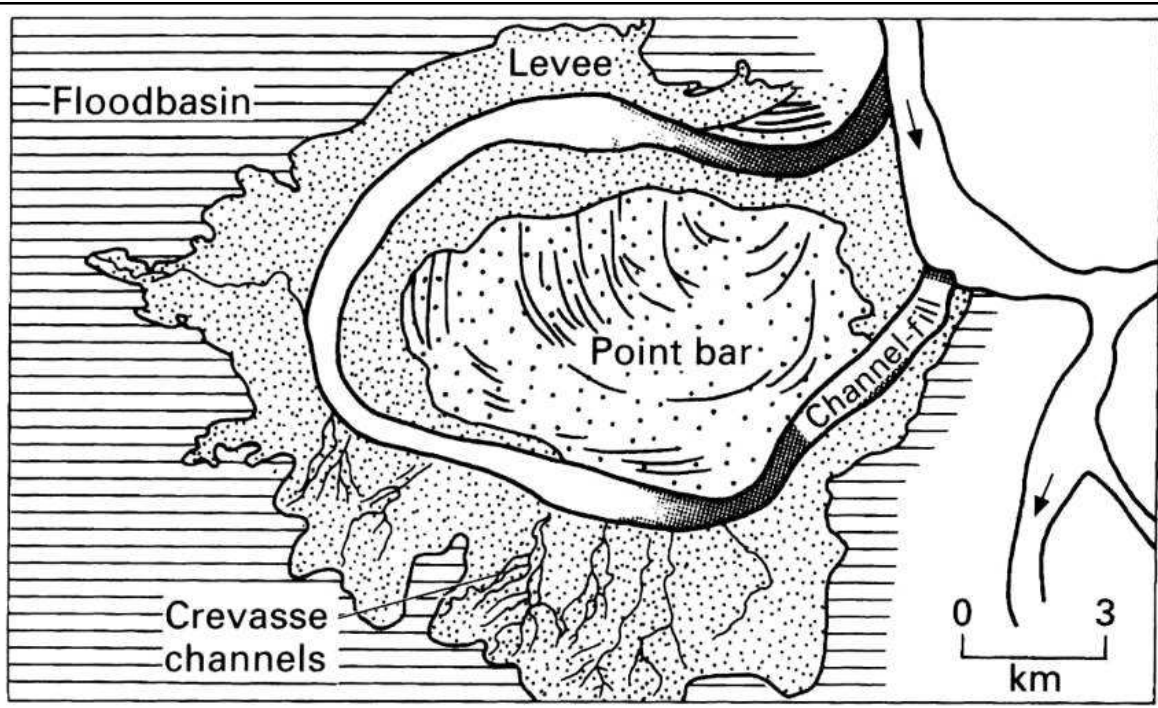
Jesep (nánosový břeh) - mírně skloněný vypouklý břeh řeky v říčním zákrutu, přetnutím zúžené meandrové šíje vzniká **okrouhlík**.

Agradační val (nivní hráz) - podélně naplavené valy lemující při březích koryto a oddělující je od říční nivy. Vznik při vyšších stavech vody, zvýšením hrází se zvyšuje dno koryta vůči okolní nivě.



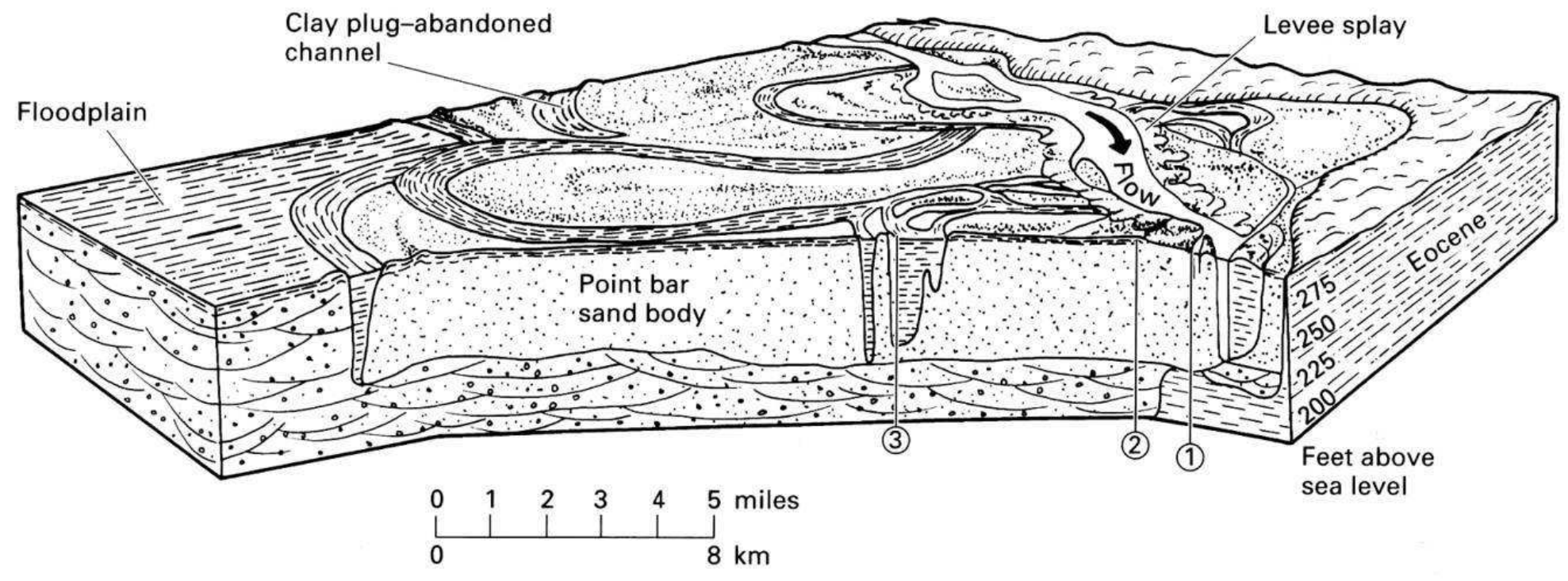
72. Údolí horní Vltavy při ústí Olšiny - příklad nivy bohatě meandrujícího vodního toku. 1 - zvětraliny krystalinika, 2 - štěrkopískové terasy, 3 - snížené terasy, 4 - svahoviny, 5 - nečistě prachovice, 6 - zvlněné svahoviny s násatěmi, 7 - hlinité písky příbřežního valu Olšiny, 8 - hlinité písky povodňových nánosů Vltavy, 9 - slatinné okaly, 10 - slatinné výplně odstavených ramen, 11 - přechodné rašeliny, 12 - vrchoviště.

- teplá období pleistocénu a počátek holocénu - rozvoj bujné nivní vegetace, silný rostlinný pokryv zmírňoval záplavy - rozvoj nivních půd, slatin, vápenatých usazenin



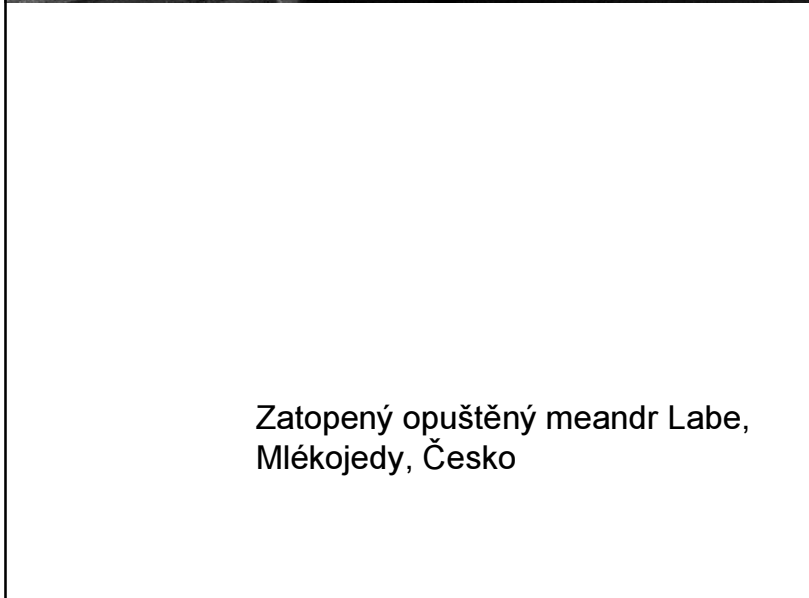
Vznik okrouhlíku, Mississippi.

- agradační val (levee splay)
- jeseň (point bar)
- rozlivy (crevasse channels)
- niva (floodbasin)





Zatopené opuštěné meandry Labe, Kly,
Česko



Zatopený opuštěný meandr Labe,
Mlékojedy, Česko



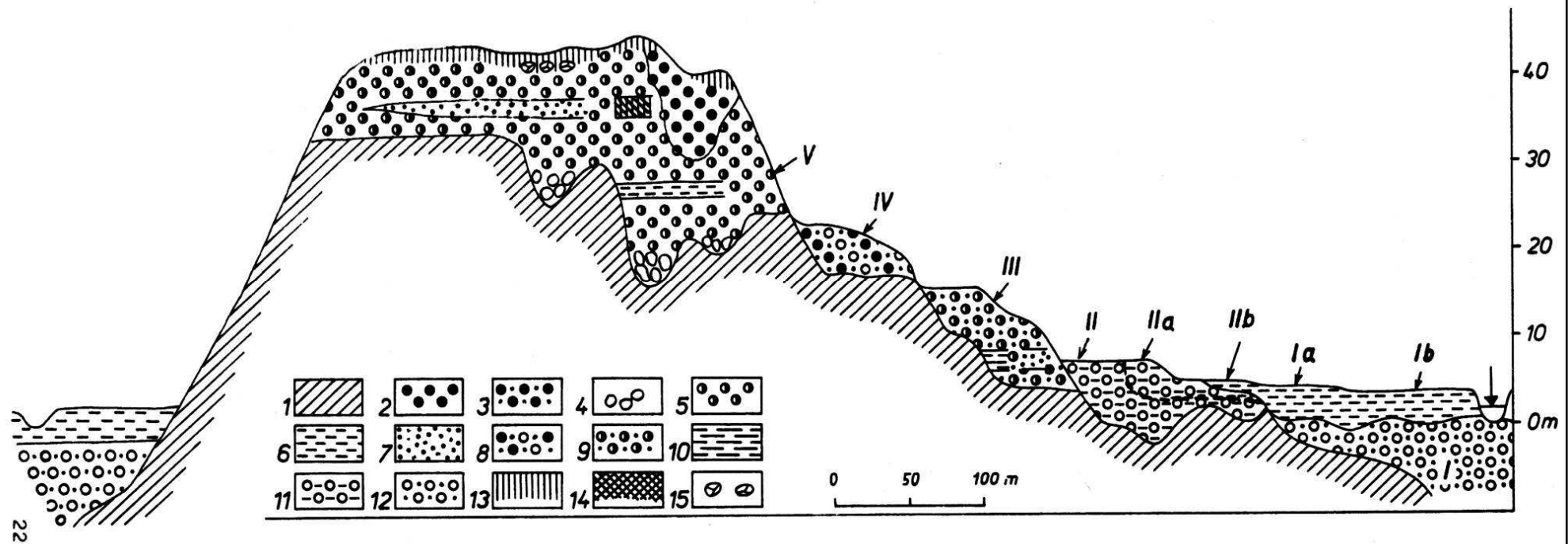


Meandrující řeka Vltava, Mělník, Česko



Divočící řeka
Rio Colorado, plošina Nazca, Peru

Stratigrafický význam fluviálních sedimentů



- klima výrazně ovlivňuje zrnitostní frakci
- chladné klima (doloženo např. malakologicky) - v měnicích se korytech divočících řek dochází k ukládání hrubších štěrkopísků do podoby **teras**
- teplé klima - v meandrujících řekách dochází k výraznému ukládání jemnozrnných usazenin v podobě **nivních sedimentů**

Význam studia teras

Korelace výškové pozice říčních teras s pozicí datovaných půdních komplexů, např. srovnání výskytu říčních teras na Stránské skále s pozicí horizontů fosilních půd na Červeném kopci v Brně.

Jezerní (limnické) sedimenty

Definice: Usazeniny mechanického, chemického nebo organogenního původu v jezerním prostředí.

- výskyt ve všech zeměpisných šířkách, v geologické historii nejhojnější jezera tektonická (na riftových prolomech, v mezihorských depresích i na pokleslých aluviálních plošinách)
- pro jezerní sedimentaci má zásadní význam přínos terigenního materiálu a klima
- jezerní sedimentace - velmi rychlá, obvykle 50-100 cm/1000 let

Jezerní cyklus - laminované jíly větších hloubek, sedimentace končí deltovými a říčními písky, které z okrajů zaplní jezero.

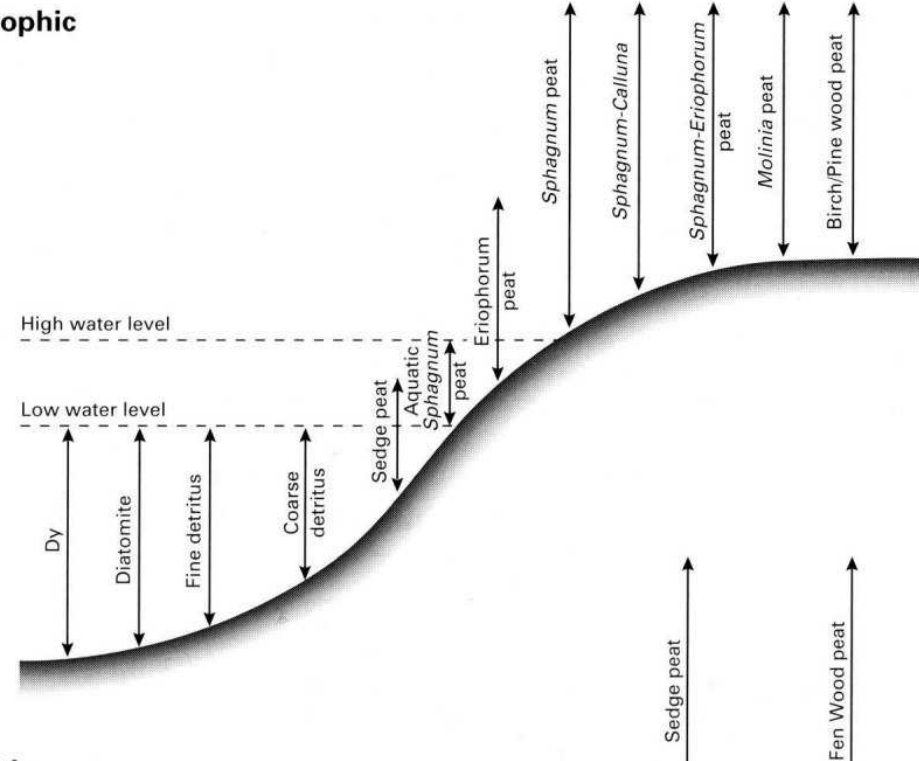
- při dostatku klastického materiálu - zmlččené jezero zarůstá vegetací, vzniká močál, rašelina nebo slatina

A. Oligotrophic

TERRESTRIAL (mires)

TELMATIC (swamps)

LIMNIC (lakes)

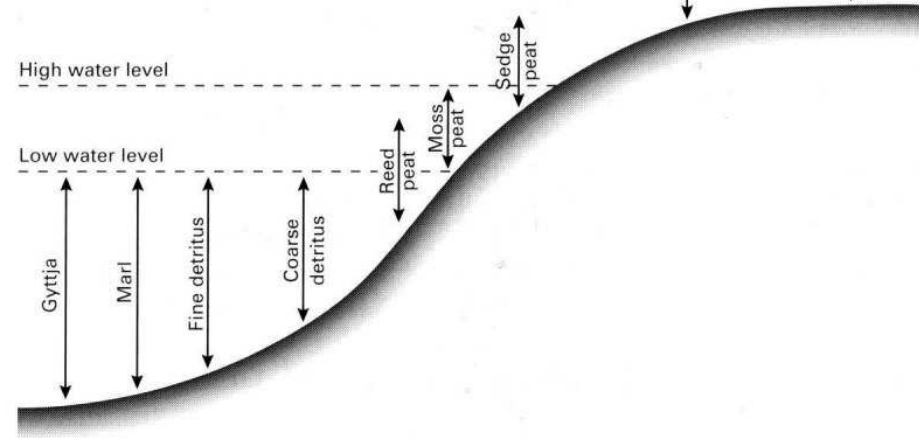


B. Eutrophic

TERRESTRIAL (mires)

TELMATIC (swamps)

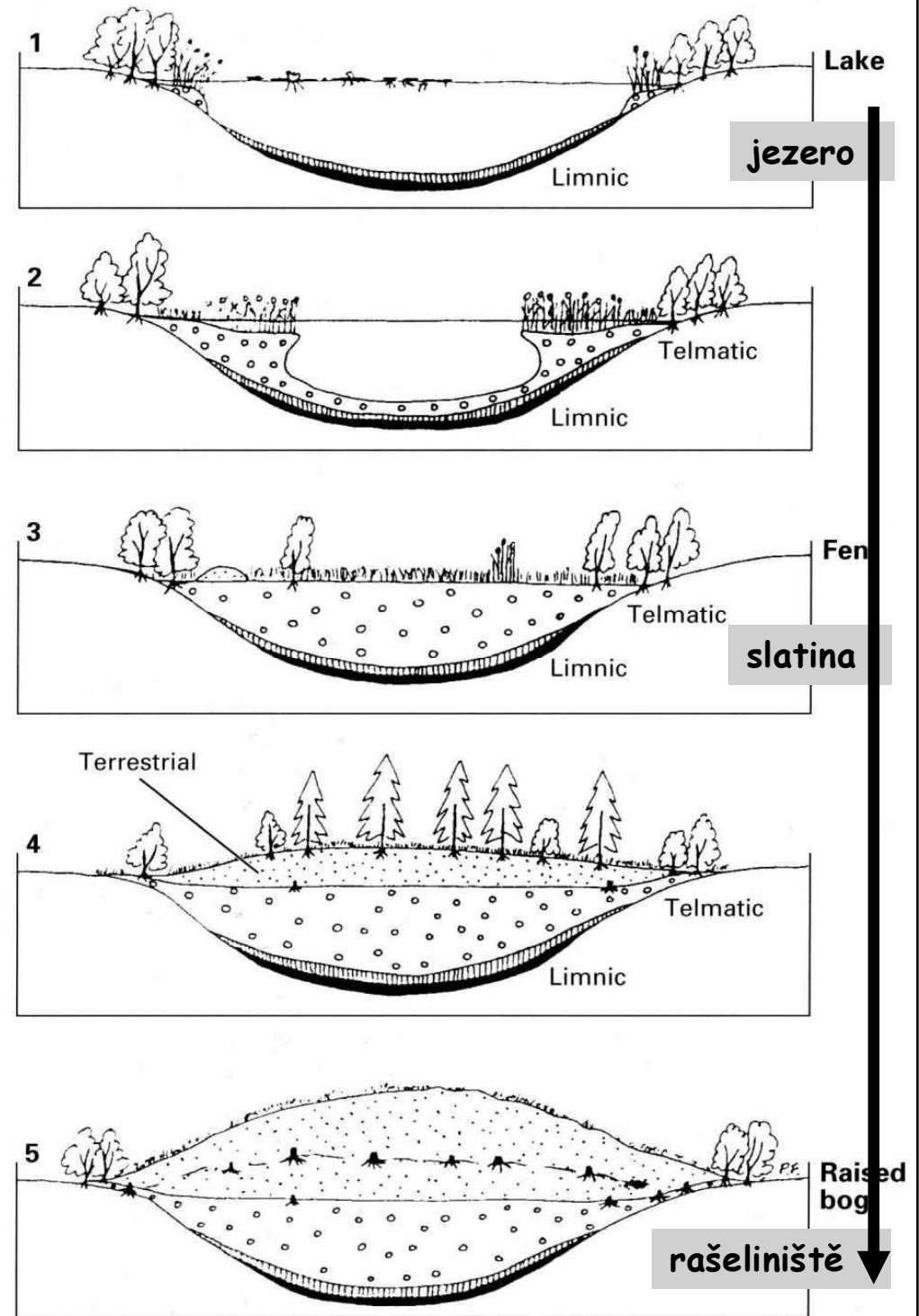
LIMNIC (lakes)



Některé typy sedimentů ukládaných se vzrůstající hloubkou (v oligotrofních (chudých na živinné látky) a eutrofních podmínkách).

Typy limnických sedimentů

- **Terigenní sedimenty** - převážně materiál přemístěný do nádrží z okolí splachem (tj. deluviofluviální sedimenty), vodními toky, větrem, soliflukcí. Tyto usazeniny typické zvláště pro glaciály
- **Chemické sedimenty** - vysrážením různých látek z vodního roztoku, většinou za součinnosti organismů, zvláště rostlin. Většinou jde o CaCO_3 (inkrustace těl vodních rostlin), schránky měkkýšů a lasturnatek. Hromadí se buď jako **jezerní křída** (čistý stav), nebo jako **jezerní slín** (směs s jílovitou složkou)
- **Organické sedimenty** - silný podíl těl odumřelých organismů nebo produktů jejich částečného rozkladu. **Gyttja** - vznik v podmínkách bohatých na živiny (eutrofní vody) s vysokým podílem trusu živočichů. Opakem - **sapropely** (hnilokaly) a **slatinné uloženiny** - vznik v nedostatečně okysličených vodách



Bažinné a rašelinné sedimenty

Bažinné usazeniny

Almy (bažinné vápence) - vznik v močálech se silně vápnatými vodami, karbonátová obdoba slatin. Obsah humusových látek, jejich silnější nahromadění v některých horizontech = **temné pruhování** bělavého almu.

Vznik almů:

- v plochých sníženinách poblíž pramenů s vápnitou vodou, často se klenou nad své okolí jako vrchoviště (způsobeno bující vegetací srážející vápno)

Jíly a slíny - typické silným oglejením, častý výskyt v podloží rašelinných a pěnovcových ložisek.

Rašelinné usazeniny

Slatiny - vznik v zamokřených oblastech s vysokou hladinou spodní vody (sníženiny). Často jsou závěrečným členem zazemňovacích sledů, např v nadloží jezerních kříd. Chemismus od kyselých po zásadité s vysokým podílem vápníku (plynulý přechod do almů).

Vrchoviště - v oblastech s dostatečně vysokými srážkami, vznik i v polohách, kde v sušších oblastech rašelinné uložení nevznikají (svahy a hřebeny hor). Vznik v místech, kde se soustředí stékající voda (svahová prameniště)

- **význam rašelin** - důležité pro poznání vývoje flóry v teplých a v některých chladnějších obdobích.

- **suchá období** - přerušení růstu rašeliny, následuje její rozklad

Sedimenty pramenů a pramenných potoků

Základní rozdělení

- vápenaté - pramenné a potoční vápence
- křemičité - vysrážení SiO_2 z horkých zřídlech - nevýznamné

Vznik pramenných vápenců - ovlivnění:

a) chemismus vody - v závislosti na složení hornin z nichž prameny vytékají

b) podnebí - teplota a vlhkost - ovlivňuje množství vody v horninách a množství uvolňovaného CO_2 (oteplením se CO_2 uvolňuje a sráží se CaCO_3) - vznik hlavně v teplých obdobích

Prameny s CaCO_3

Krasové vývěry - voda vytéká z vápnitých hornin podléhajících krasovění.

Puklinové a vrstevní prameny - z hornin vápnitých, nepodléhajících krasovění (slíny, slínovce, vápnité pískovce a břidlice).

Prameny na hlubokých tektonických liniích - voda z větších hloubek - silně mineralizovaná a teplá. Tyto prameny někdy na horninách zcela bezkarbonátových (Karlovy Vary).

Litologické facie pramenných vápenců

- **pěnovce** - základní typ, tvořený inkrustacemi různé velikosti. Malá odolnost, lze drolit mezi prsty:
a) **sypké pěnovce** - tvořené jednotlivými volnými inkrustacemi; b) **strukturní pěnovce** - inkrustace tvoří soudržnou houbovitou hmotu
- **pramenity** - typické pro minerální zřídla - kompaktní, tenké vrstevnatá, drobně krystalická hornina. Vznik pomalu stékající vodou tvořící zvlhčený povlak
- **travertiny** - pevné horniny vzniklé diagenézí předešlých typů (částičná rekrytalizace, zaplnění některých prostor druhotným kalcitem = vznik pevné skály)



Travertinová kupa v Gánovčích
(Slovensko).



Recentní travertinová kupa v Hot Springs (USA).

Jeskynní sedimenty

Charakteristika jeskynních sedimentů

- vznik v podzemních dutinách v prostředí bez atmosférického vlivu, přítomnost opadového materiálu, příkap vody ze stěn a ze stropu jeskyně, hromadění organických látek

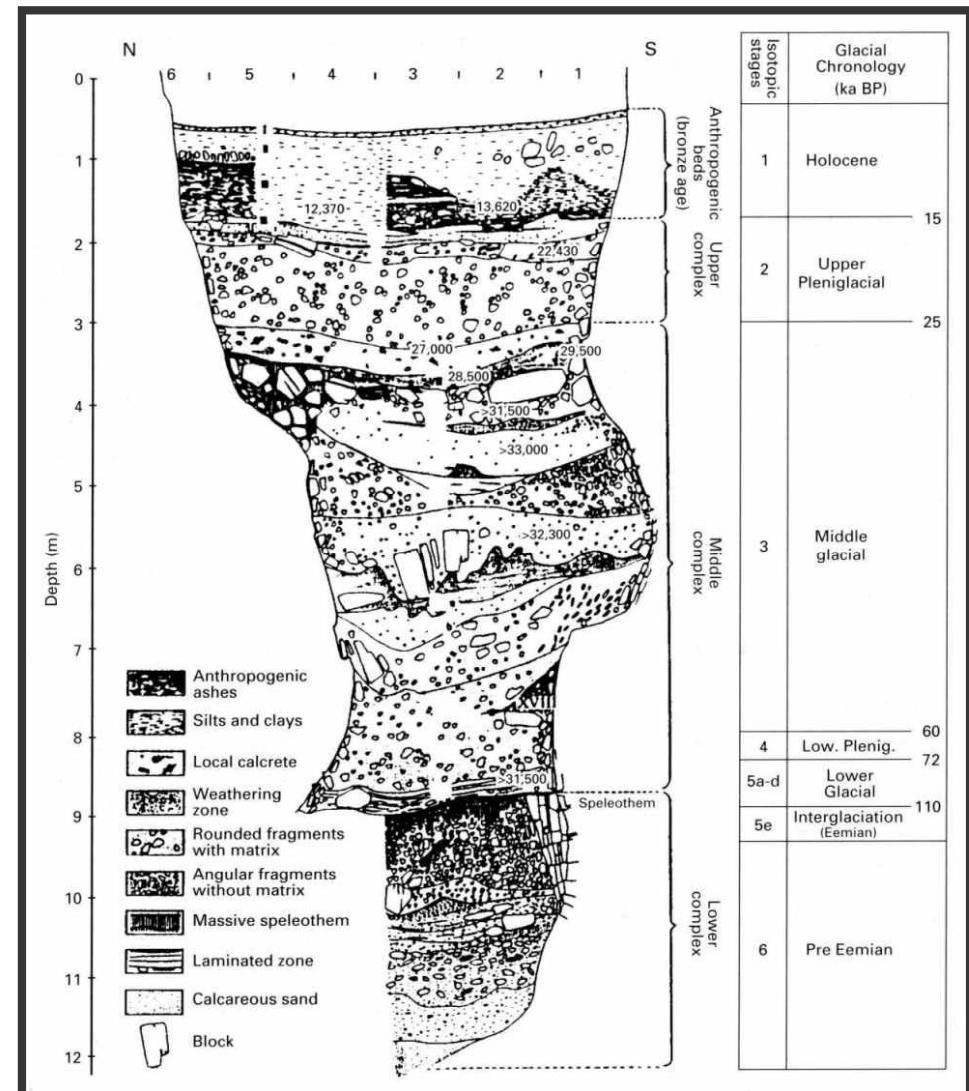
Materiál jeskynních sedimentů

Klastický detrit - horninová suť, jeskynní terestrické a naplavené sedimenty.

Organický detrit - části koster živočichů obývajících jeskyni a koster jejich kořisti.

Vysrážené karbonáty (speleotémy) - karbonátové povlaky v podobě sintrů, tvoří výzdobu jeskyní

- zvláštní význam má paleontologický obsah, především druhotné hromadění kostí, archeologické + antropologické nálezy



Litologický sled sedimentů jeskyně Baume de Gigny (Francie) zachycující střídající se změny ve složení klastické výplně, laminovaných usazenin a antropogenních vrstev zachycujících posledních 145 000 let.

Typy podzemních prostor

Jeskyně: Morfograficky lze chápat jako sníženiny, jejichž dno nemusí být nutně jednosměrně ukloněno a je od zemského povrchu odděleno stropem (extrémně převislým svahem) nejčastěji o maximálně možném sklonu 180° .

Krasové dutiny

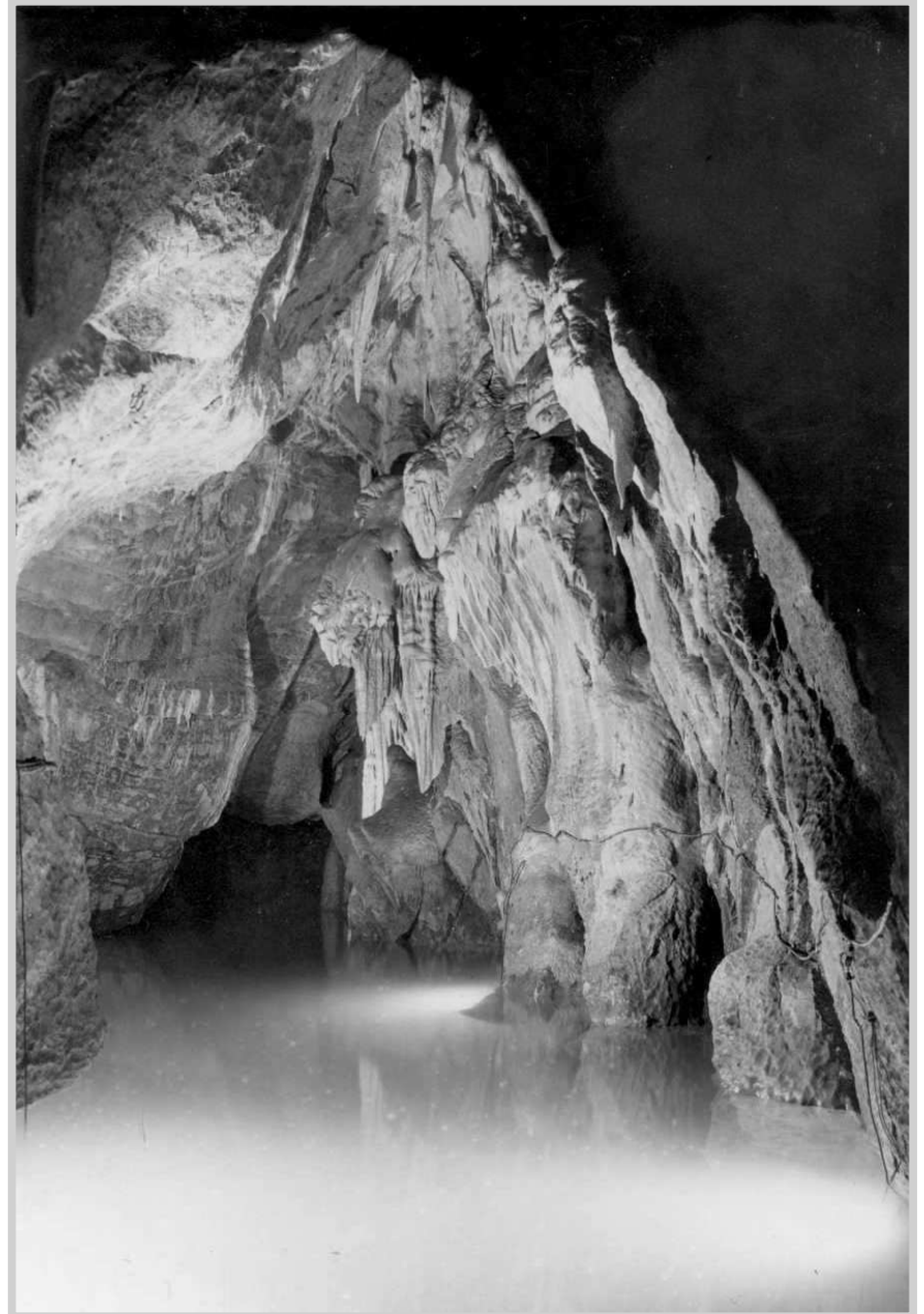
- a) Průtočné (aktivní) jeskyně - s vodními toky a fluviální sedimentací.
- b) Suché jeskyně - stará patra, svahové jeskyně.
- c) Torza jeskyní - komíny, zkrasovělé pukliny, krasové kapsy.

Pseudokrasové dutiny

Vznik převážně selektivním odnosem snadno rozrušitelných partií hornin.

Otevřené pukliny

- a) Trhliny - pukliny rozevřené vlivem tektonických pochodů.
- b) Rozsedliny - pukliny otevřené vlivem druhotných poruch, souvisejících s poruchami stability svahů.

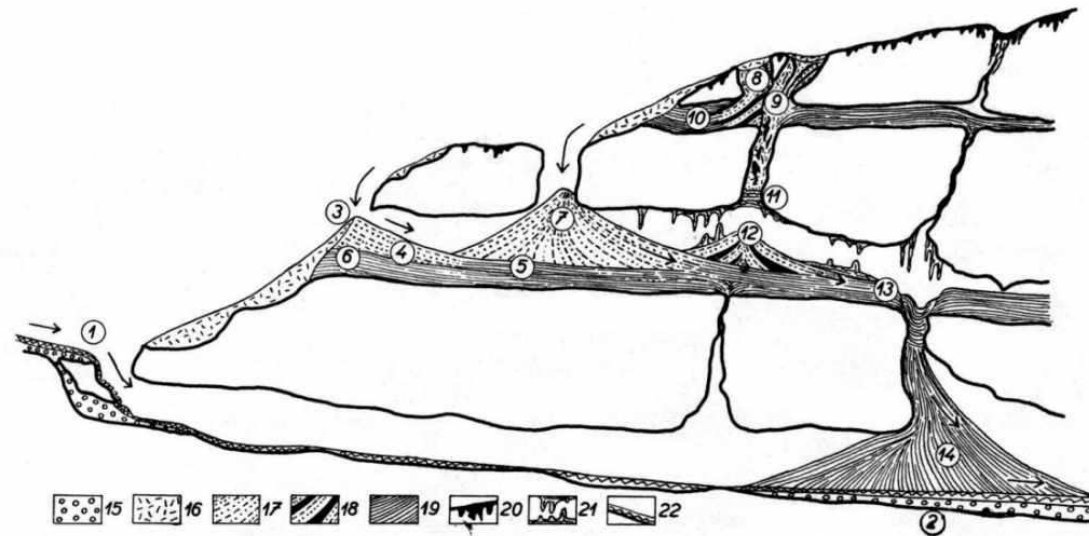
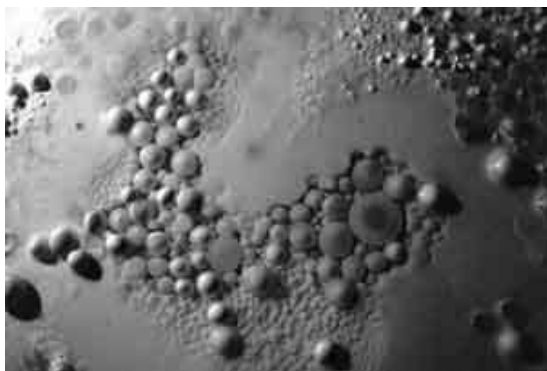


Podzemní prostory v Punkevních jeskyních na toku Punkvy.

Složení jeskynních sedimentů

Aloctonní složka - objemově převládá - povrchové svahoviny, do jeskyně se dostávají vchody nebo stropními okny a komíny. Běžné jsou půdní sedimenty, spraše, náplavy z nekrasových oblastí podzemními toky (např. Moravský kras - kulmské štěrky).

Autoctonní složka - odpad ze stropů a stěn (mechanické zvětrávání), vysrážení sintrů - krápníky, polevy, nickamínky, pěnitce - ve vstupních partiích, organické zbytky (kosterní pozůstatky, netopýří guáno). Význ. paleoklimatický.



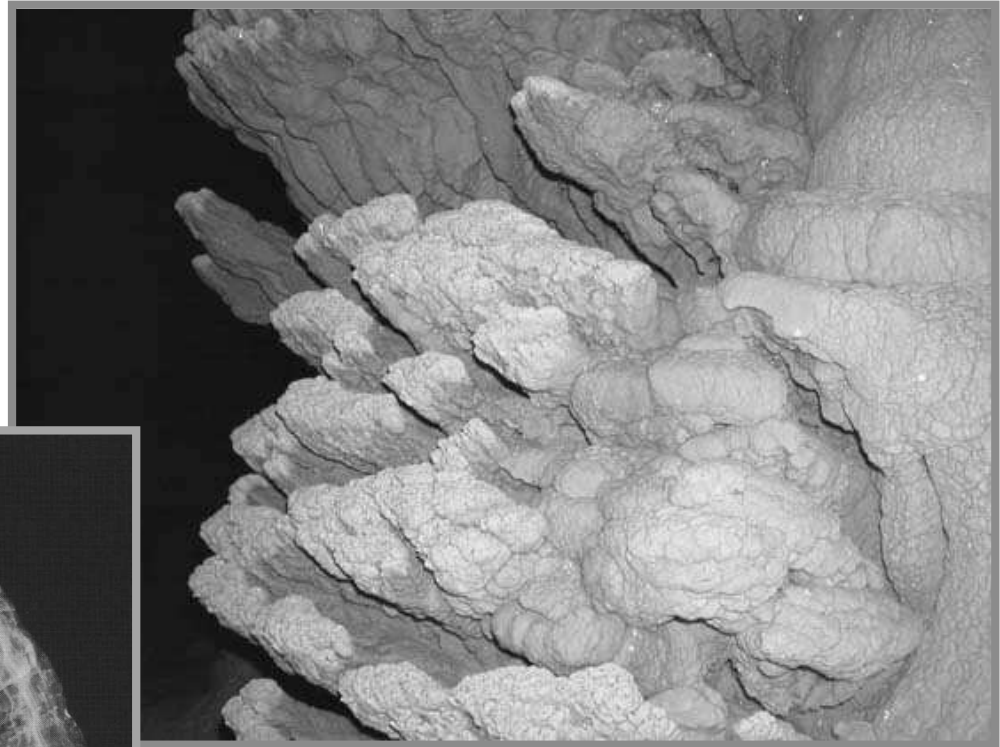
60. Dynamika jeskynní sedimentace (schéma). 1 — ponor, jímž jsou povrchové sedimenty vplavovány do podzemí, 2 — ukládání štěrku podzemním tokem, 3 — suťový val ve vchodu suchého jeskynního patra, 4 — sedimenty vstupní facie na vnitřní straně valu stratigraficky dobře rozčleněné, 5 — promísený materiál hlouběji v jeskyni, 6 — starší část v úseku dnešního valu je rovněž tvořena promísenými uloženinami, jež se původně usadily hlouběji v jeskyni, 7 — suťový kužel pod stropním oknem, 8 — krasová kapsa s uchovaným profilem starých svahových sedimentů, 9 — kapsa komunikující se středním patrem (výplň je druhotně porušena vchlipováním), 10 — staré jeskynní patro ucpané sedimenty, 11 — sintrová zátka tmelící spodní otvor zaplněného komínu, 12 — zbytky starého suťového kužele pod komínem (později ucpaným), 13 — vnitrojeskynní sedimenty zaklesávající do propasti vedoucí k podzemnímu toku, 14 — kužel vnitrojeskynních sedimentů odplavovaný aktivním tokem, 15 — fluviální štěrkopíský, 16 — povrchové svahoviny (hlíny se sutí), 17 — uloženiny vstupní facie (hlíny se sutí), 18 — staré vstupní uloženiny s polohami materiálu terra (terra rossa nebo fusca), 19 — vnitrojeskynní jílovité uloženiny, 20 — terry (terra rossa nebo terra fusca) na povrchu, 21 — sintrová výzdoba, 22 — aktivní tok. (KUKLA-LOŽEK 1958)

- **vstupní facie** - do jeskyně druhotně zavlčené povrchové sedimenty uchovávající si své původní vlastnosti. Autoctonní složka - opad, pěnitec
- **vnitrojeskynní facie** - vliv povrchových pochodů je omezený, povrchový materiál mnohokrát přemístěný - jílovité hlíny. Autoctonní složka - sintry, reziduální uloženiny

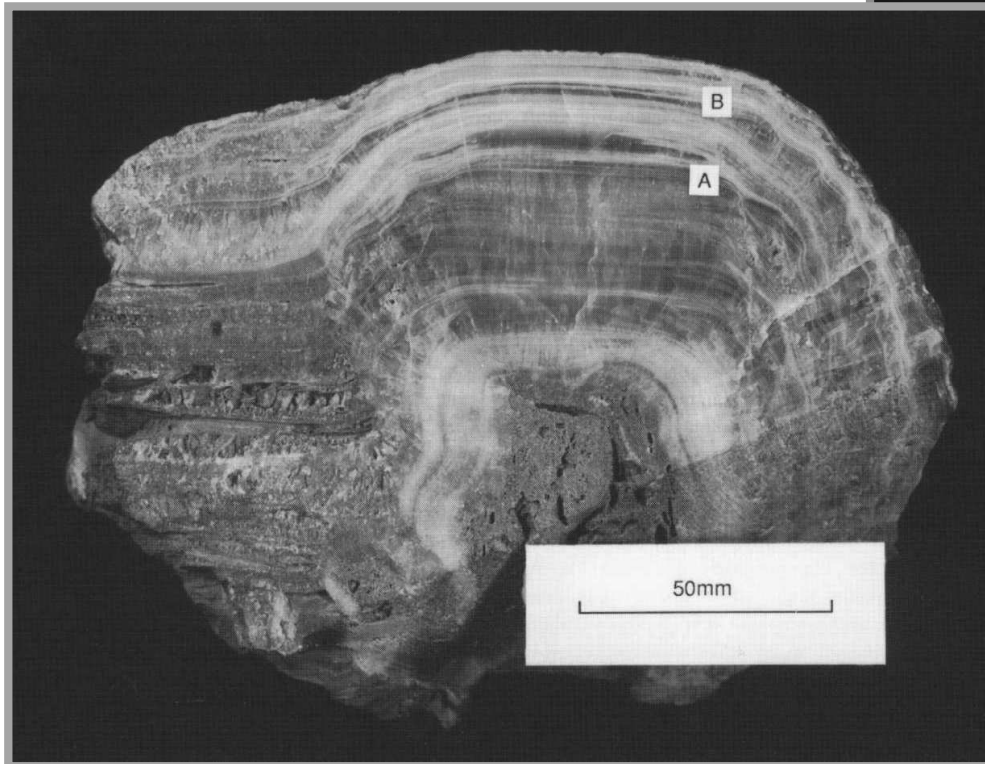
Speleotémy a klima



- značný význam pro rekonstrukci paleoprostředí



Autochtonní speleotémy slouží k radiometrickému datování jeskynních sérií.



Průřez páskovaným krápníkem (stalagmitem) z lokality Mendip Hill (Anglie). Oblast mezi A a B byla datována radiometricky na 277 ka BP (+44 -32 Ka BP). Silné zvětšení ukazuje laminaci odpovídající ročním přírůstkovým liniím ($0,026 \pm 0,01$ mm / rok).

- glaciální klima (permafrost) - růst speleotém je velmi sporadický
- glaciální klima (pod ledovcovou pokrývkou) - růst speleotém zcela zastaven
- interglaciální klima - vyšší srážky, vadózní průnik povrchové vody

Speleotémy a klima

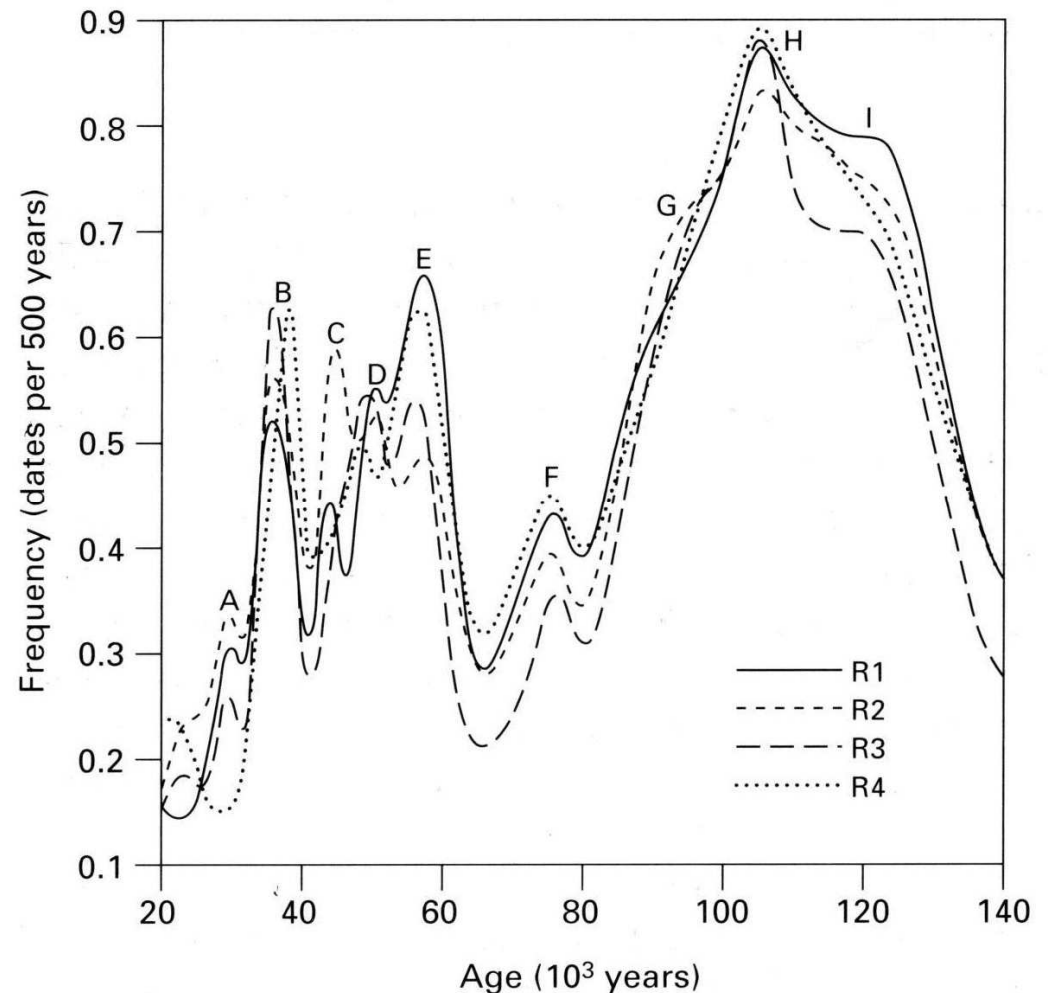
- střední a vyšší zeměpisné šířky - růst speleotém v úzkém vztahu ke glaciálnímu-interglaciálnímu cyklu

Britské ostrovy

- 40 ka BP - 26 ka BP - růst speleotém vzácný
- 26 ka BP - 15 ka BP - růst speleotém zcela zastaven
- 15 ka BP - recent - vzrůst rychlosti růstu speleotém

Epizody rychlého růstu speleotém korelují s izotopovými studii $\delta^{18}\text{O}$. Dokumentováno nejen na jiných místech severní Evropy, ale i v Severní Americe a Tasmánii.

Austrálie - většina speleotém je starších než 400 ka BP, mladší speleotémy jsou jen výjimkou vzhledem k vývoji aridního klimatu v průběhu svrchního pleistocénu a holocénu.

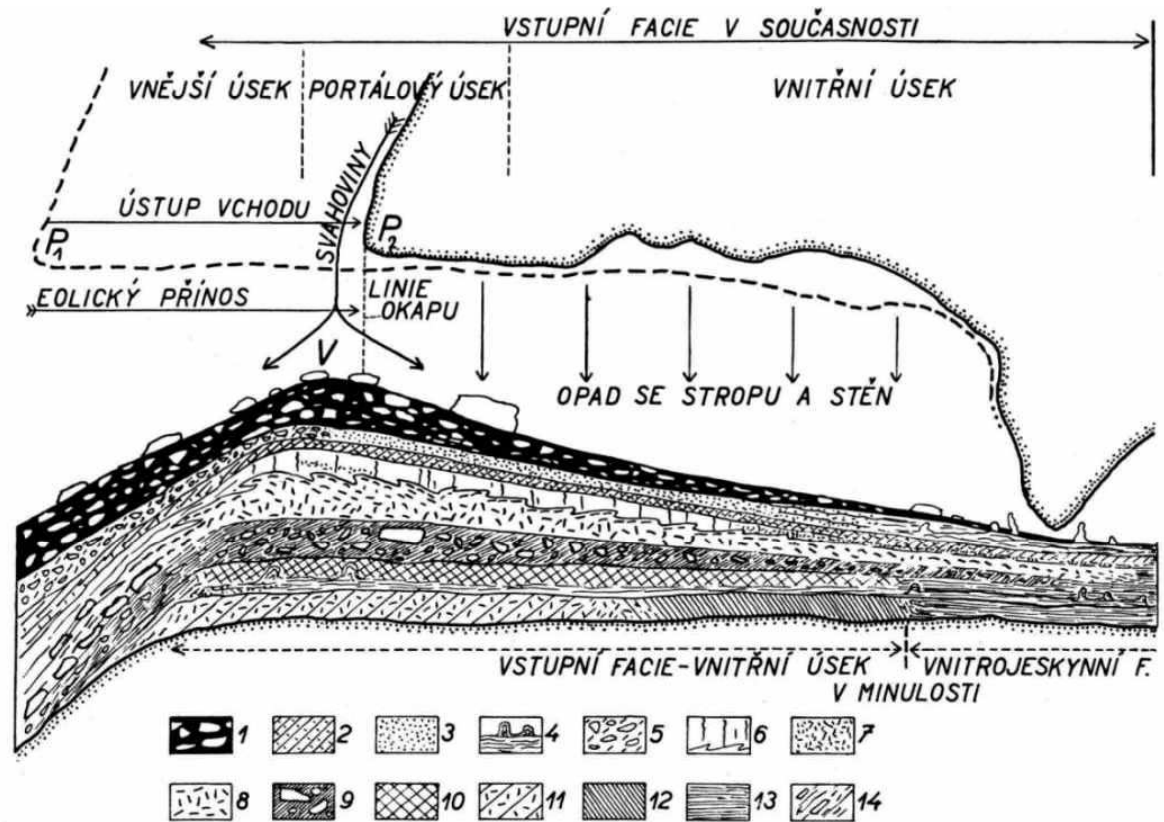


Vývoj růstu speleotém během posledního interglaciálu (eem) a würmského zalednění v jeskyních na Britských ostrovech. H - odpovídá poslepnímu interglaciálu, A-F - série oscilací růstu během posledního zalednění.

- v nízkých zeměpisných šířkách - snížená rychlost růstu speleotém odráží regionální ariditu klimatu

Jeskynní série

- vztah jednotlivých druhů uloženin k podnebí je podobný jako u svahoviny
- studená období - drobné ostrohranné opadavé drtě, přímo veváté spraše i část nahromadění kostí, především drobných hlodavců
- teplá období - charakteristické sintry, hrubší opady, půdní sedimenty



63. Stavba jeskynní výplně (jeskynní série). 1 – humózní hlína s hrubou sutí, 2 – prosintrovaná slabě humózní hlína, 3 – pěnítec, 4 – sintrové polevy a stalagmity, 5 – suť se slabě humózní hlinitou výplní, 6 – spraš (spodní hranice deformována mrazem), 7 – mrazová drť, 8 – ostrohranná suť se sprašovitou výplní, 9 – hrubší suť s mírně humózní výplní, 10 – hnědé až narudlé jílovité hlíny (zčásti materiál terr), 11 – sprašovitá hlína s hojnou sutí, 12 – fosfátové hlíny, 13 – jílovité vnitrojeskynní sedimenty, 14 – rozvlečený materiál výplně před vchodem.

Půdní sedimenty - zvláštní význam, v jeskyních již nejsou ovlivněny dalšími půdotvornými pochody, udržují si svůj původní stav.

- holocenní sedimenty** - slabě humózní, silně vápnité hlinito-kamenité uloženiny, ty přecházejí do polohy pěnítců ve vlhké počáteční fázi klimatického optima, později převaha humózních rendzinových sedimentů, často s hrubou sutí

Periglaciální procesy a tvary reliéfu

Periglaciální oblast

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

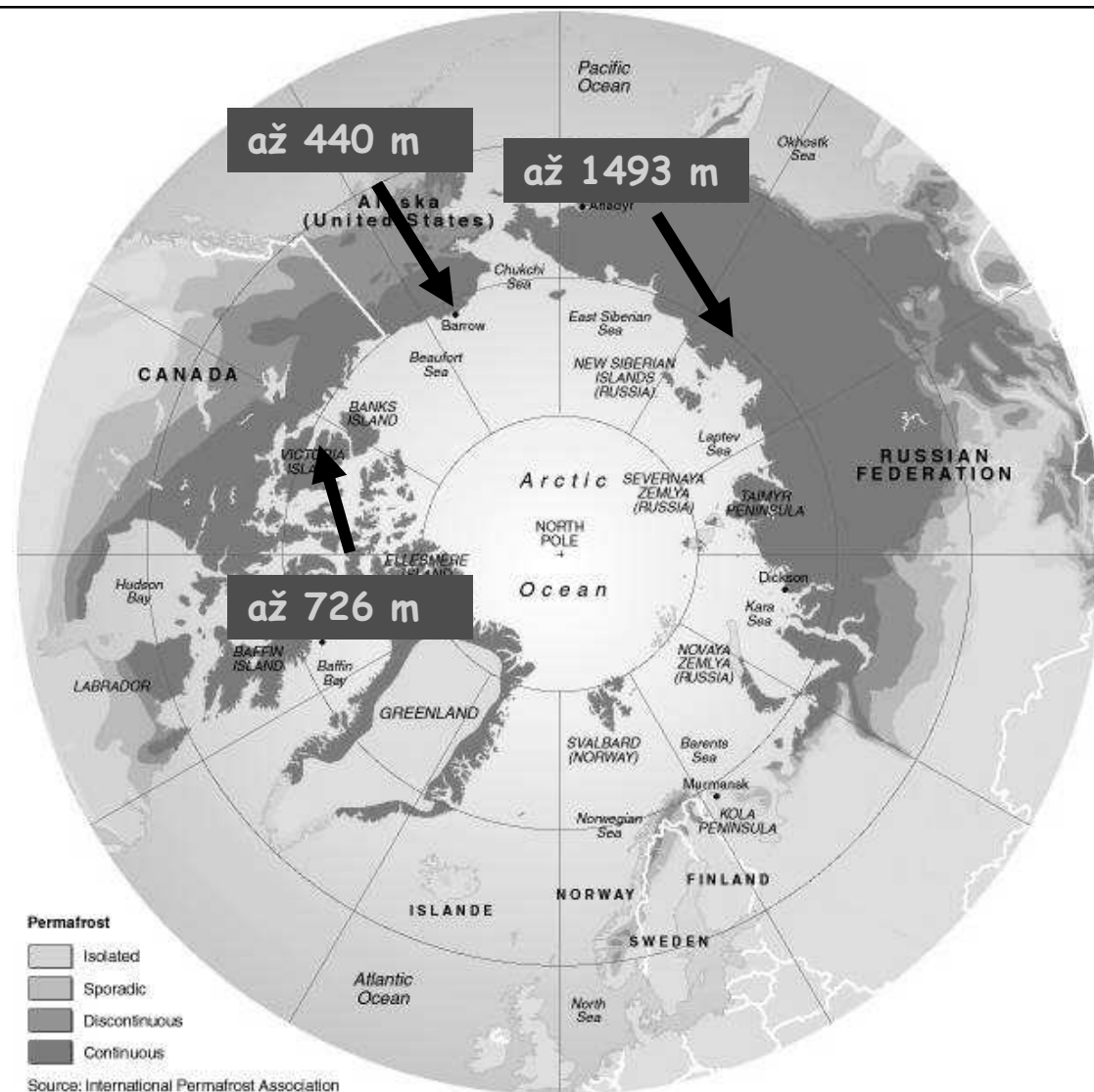
Základní dělení:

- 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 nerozmrazají - inaktivní

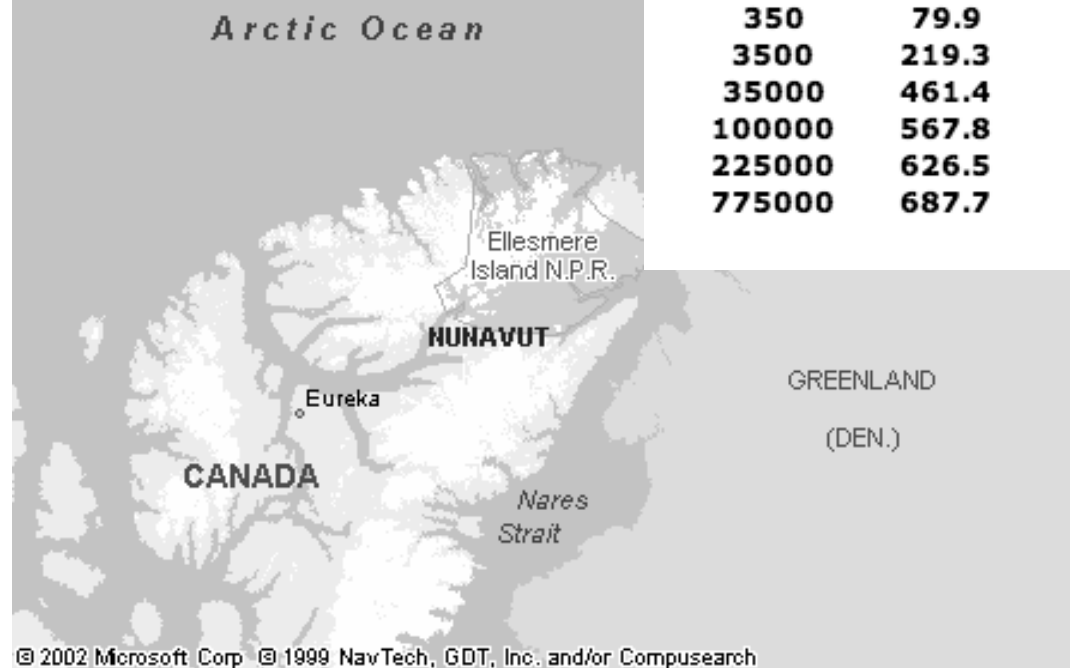
- **Mocnost aktivní vrstvy** - 10 cm, letní teploty pouze mírně nad 0 °C (Ellesmere Island, Kanada); 2,5 m v létě tepleji (Jakutsko), někdy až 5 m (Yellowknife)

Přímé a nepřímé doklady existence permafrostu

Přímé:

- epigenetické a syngenetické textury v hloubce aktivní vrstvou
- pseudomorfózy 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

Expedia
Featuring MapPoint
Technology



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)

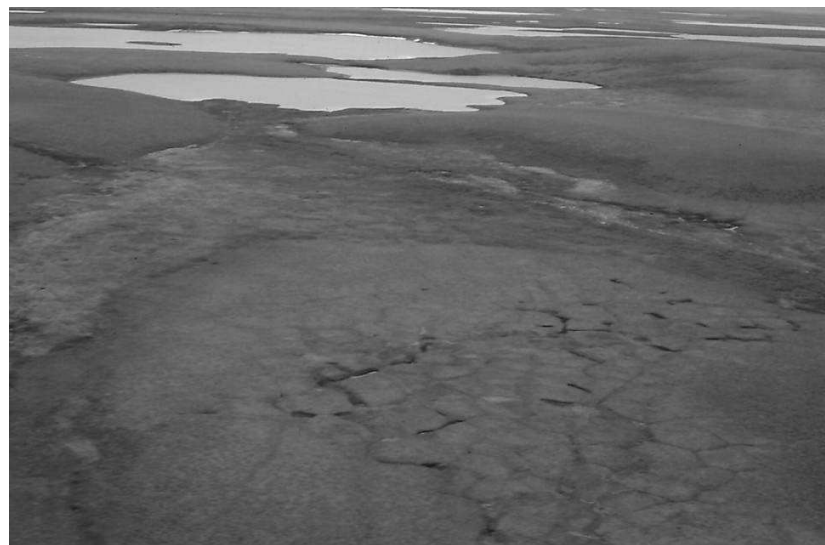
Výskyt permafrostu u nás

- **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 (Krkonose)
- 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	Nadmorská 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. Vožice - 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
- kryoturbace zvětralin
- kryosegregační projevy

Postkryogenní textury

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

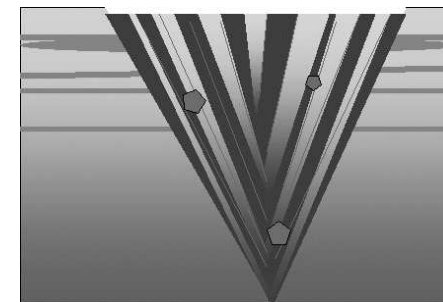
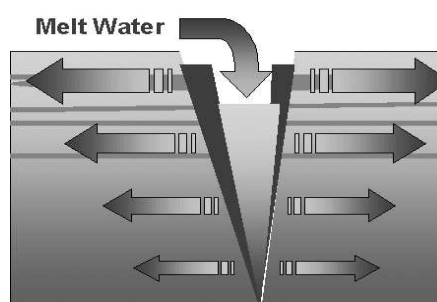
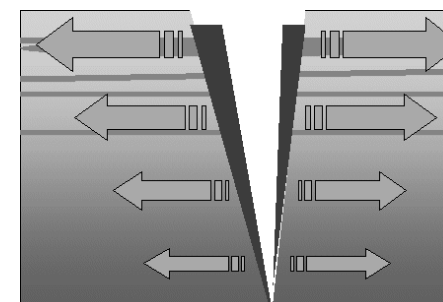
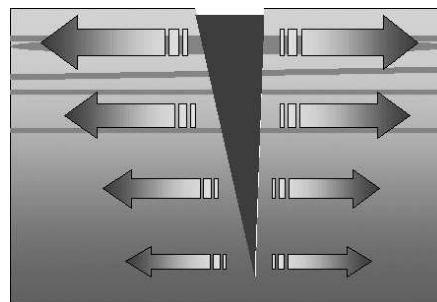
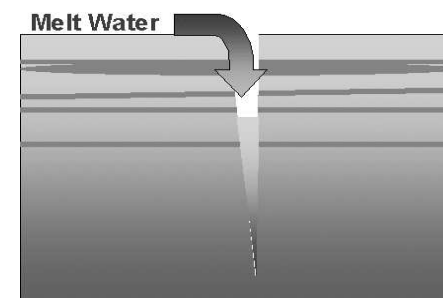
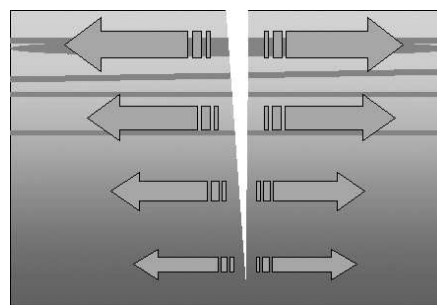
Typy postkryogenních textur

- **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
- **síťovitá** - 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, štěrkopískem, 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

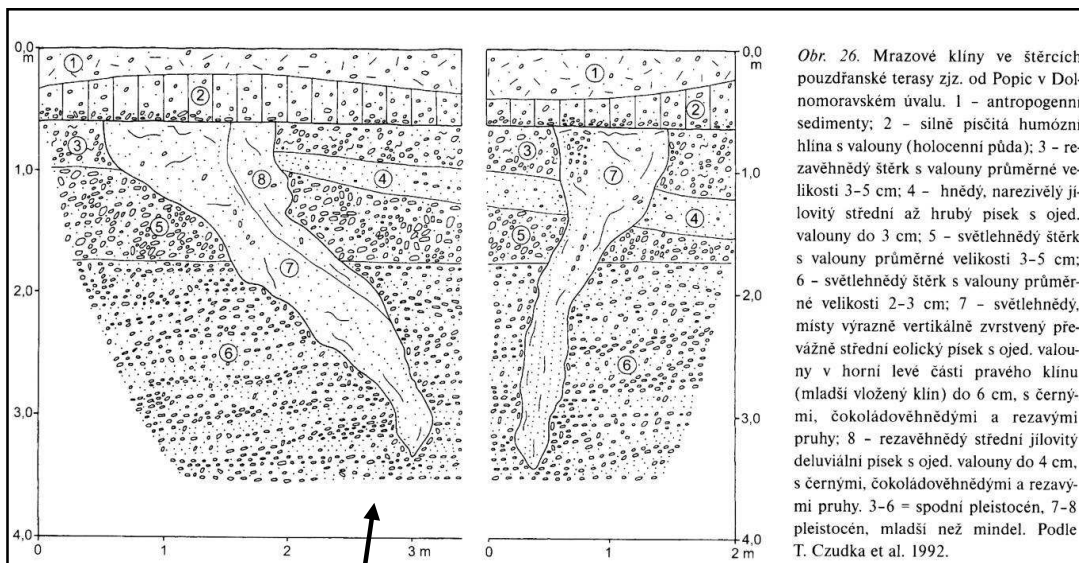


syngenetické

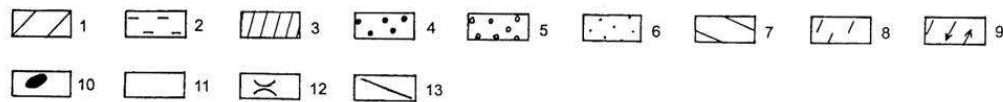
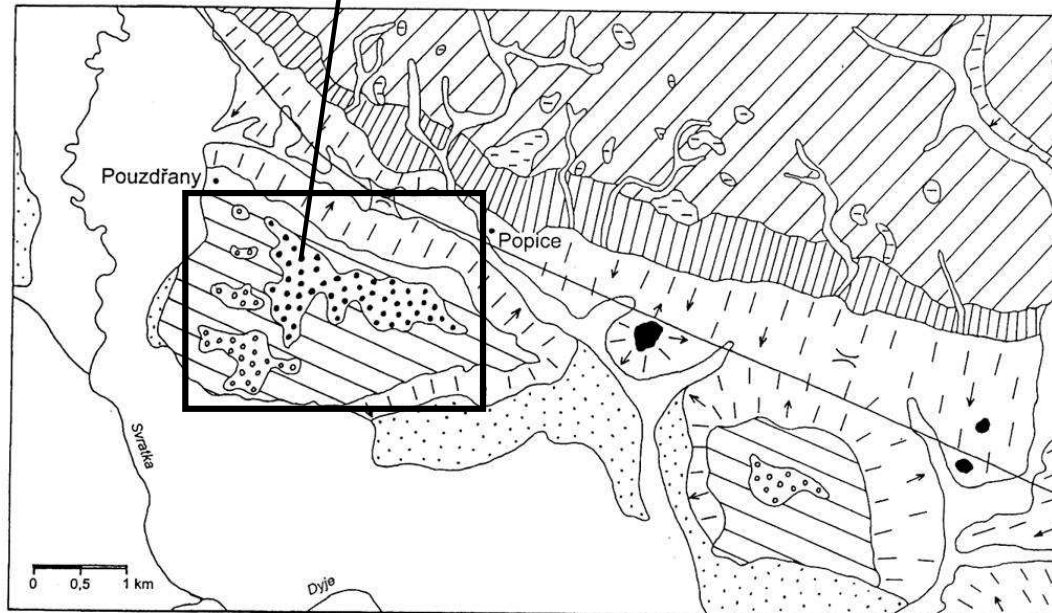
Písčité klíny: Klíny s primární výplní eolickým pískem

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





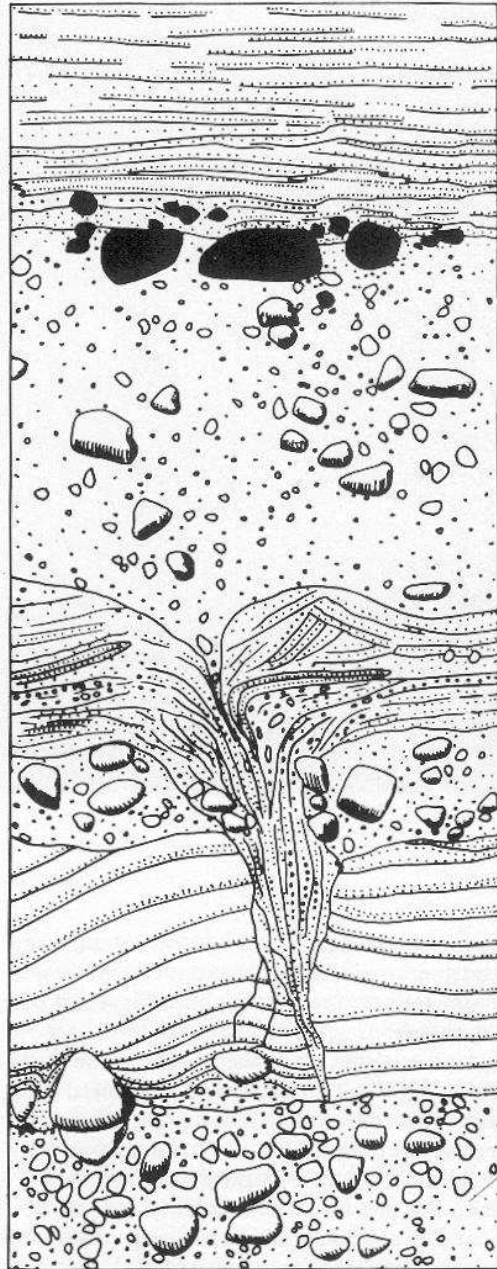
Obr. 26. Mrazové klíny ve štěrčích pouzdřánské terasy zjz. od Popic v Dolnomoravském úvalu. 1 - antropogenní sedimenty; 2 - silně písčita humózní hlína s valouny (holocenní půda); 3 - rezavěhnědý štěrč s valouny průměrné velikosti 3-5 cm; 4 - hnědý, narezivělý jílovitý střední až hrubý písek s ojed. 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 vložený klín) do 6 cm, s černými, čokoládověhnědými a rezavými pruhy; 8 - rezavěhnědý střední jílovitý 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.



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



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

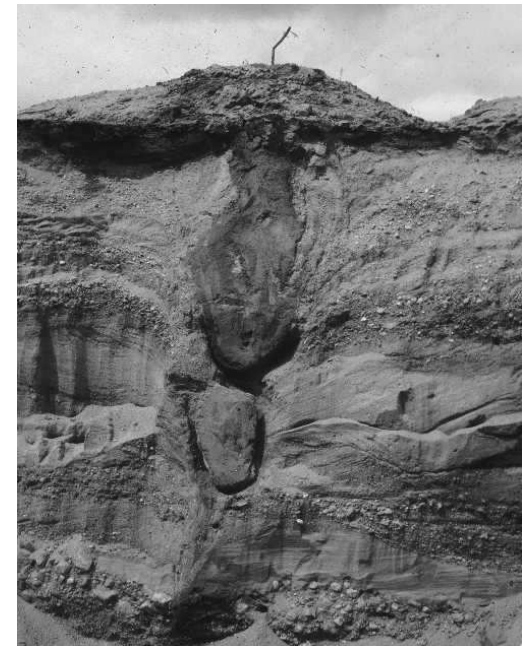


Zemní klíny: Klíny s primární výplní půdou (např. fosilními půdami).



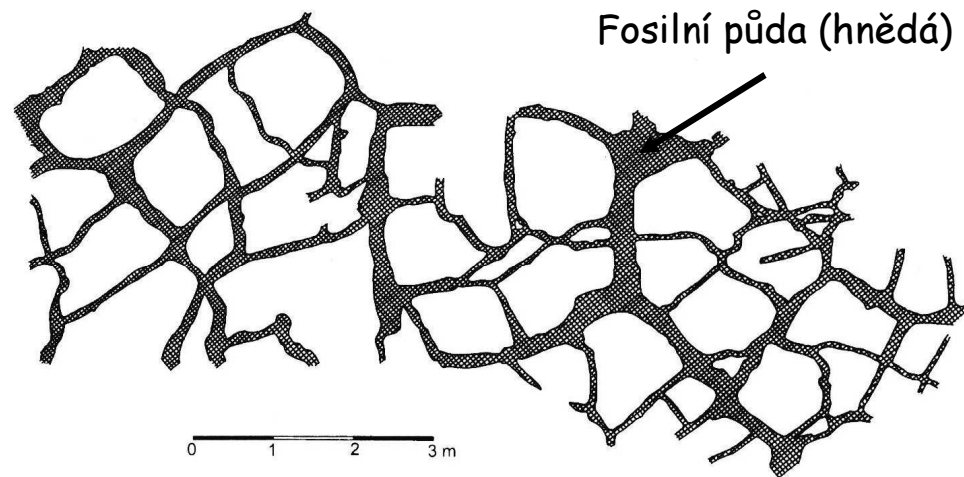
Písčítý klín vytvořený v tillu, ve spodní části prorážející glaciáluviální sedimenty. Černé balvany – balvany abradované větrem, Švédsko.

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



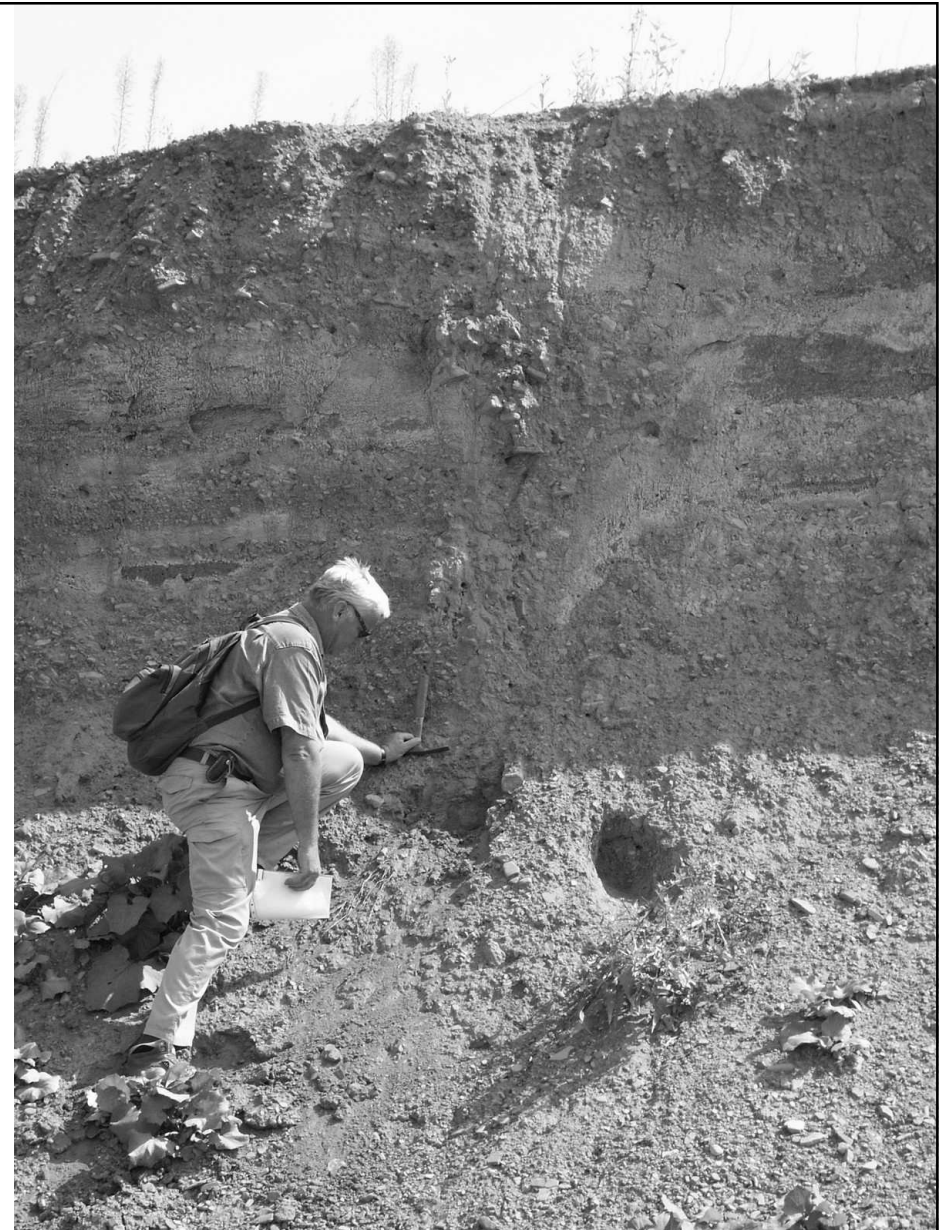
Mrazové klíny - výskyty v ČR

- 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)

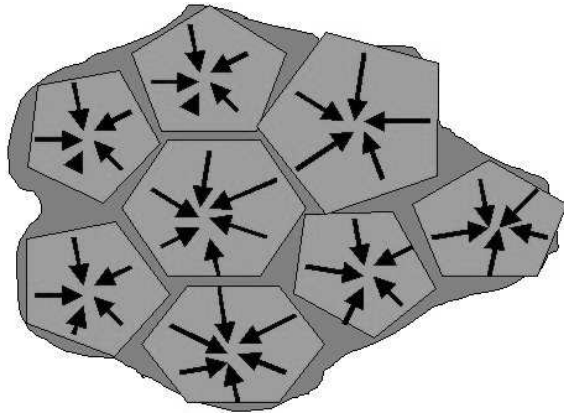


Mrazový klín ve fluvialních sedimentech, Holešov, Česko

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.

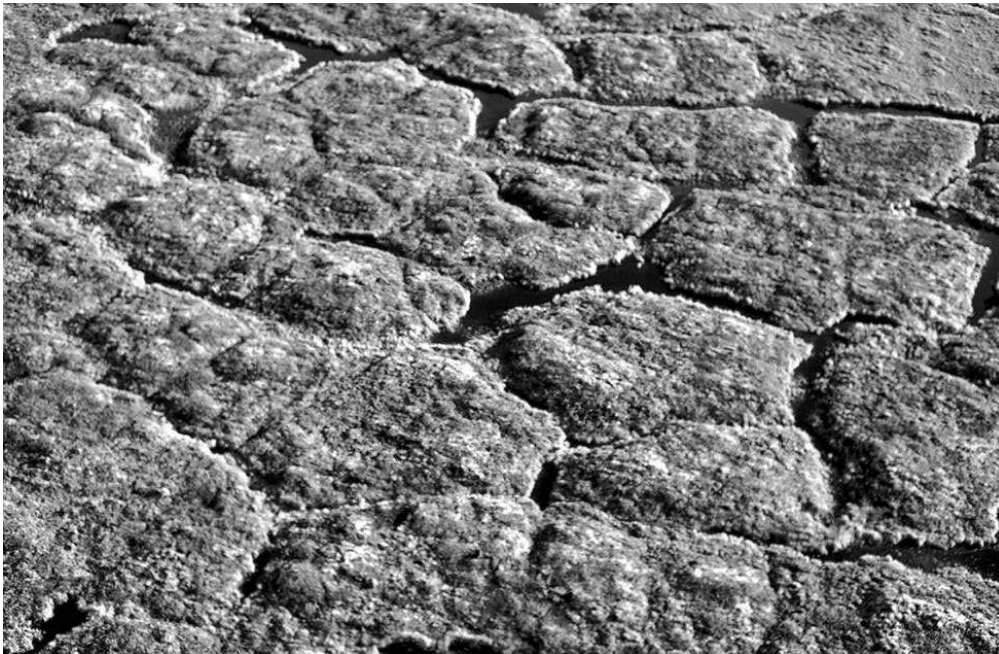


Mrazově tříděné polygony, James Ross Island, Antarctic Peninsula

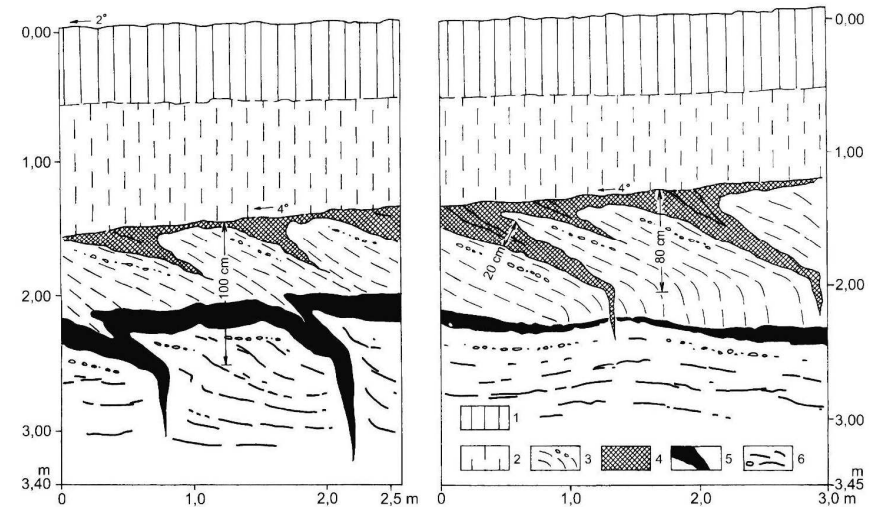
b) Neříděné polygony

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.

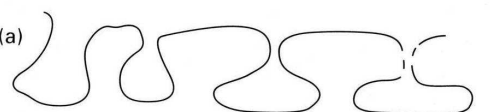
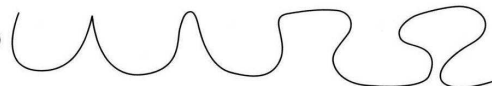


Ve střední části nevyklenuté polygony ledových klínů (vpředu), vyklenuté (vzadu), pingo (zcela vzadu), Yukon

Kryoturpace

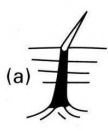
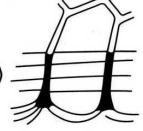

Definice: Deformace původního uložení sedimentů nebo zvětralin vzniklá při střídavém zamrznání a tání vody v činné vrstvě.

Type 1 

Type 2 (a) 
(b) 

Type 3 (a)  (b) 

Type 4 (a)  (b) 

Type 5 (a)  (b)  (c) 

Type 6 

Klasifikace kryoturbačních struktur podle jejich tvaru.



Kryoturbační struktury ve fluvialních sedimentech, mladší dryas, NL .

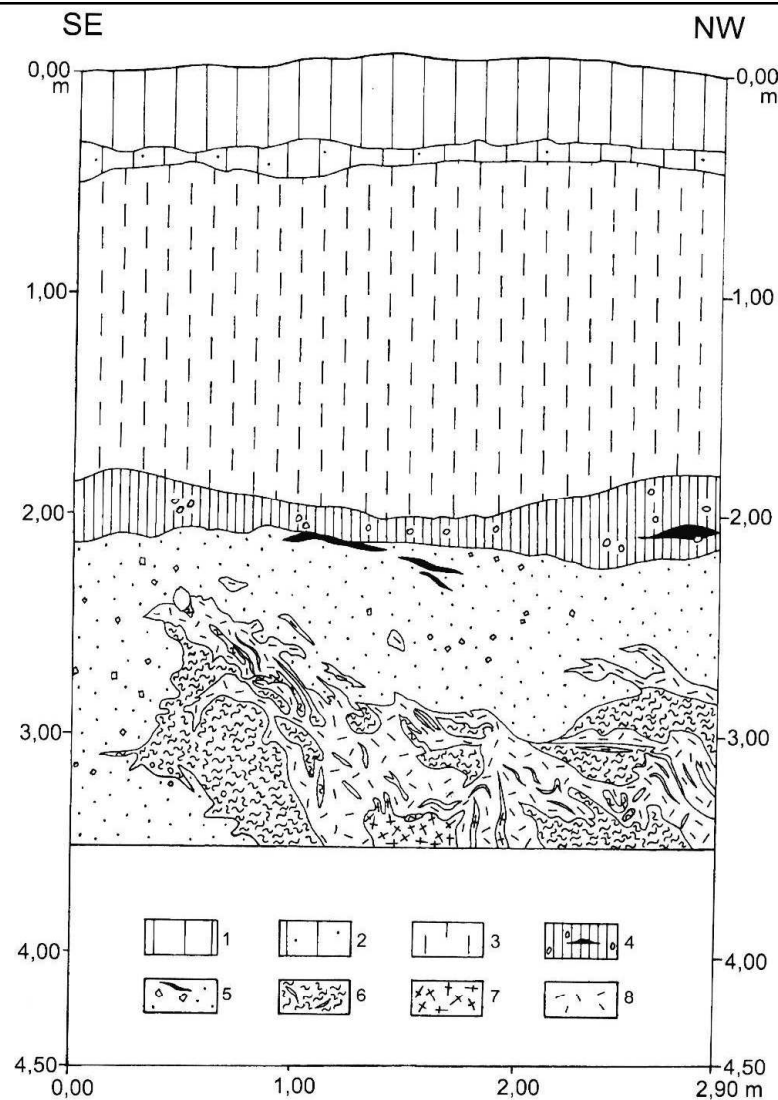
- v terénech o sklonu do 2° , vznik především v heterogenních materiálech

Kryoturpace

- 1) izolované vrásy 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

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 jílů, 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 (Běloutín - Hranice)



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 písčitá spraš s cívčáry do 1-3 cm (svrchní pleistocén); 4 - hnědě žlutošedá pararendzina s ojed. úlomky vápenců (svrchní pleistocén); 5 - hlínopisky s úlomky vápenců (svrchní pleistocén); 6 - světle žlutohnědá spraš (svrchní pleistocén); 7 - červenohnědý půdní sediment (pleistocén); 8 - běložlutý až našedlý vápnitý jíl (spodní baden). Černé pruhy ve vrstvě 4 a 5 označují místa nahromadění uhlíků. Vrstva 4 a nejvyšší poloha vrstvy 5 jsou postiženy geliflukcí, vrstvy 6-8 jsou výrazně kryoturbovány. Podle T. Czudka - J. Svobody in: T. Czudek 2001a.



Involuce ve fluvialních sedimentech, Sojovice, Česko



Obr. 28. Kryoturbace 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 štěrkopisek (valouny subangulární); 5 - hrubý štěrk částečně nepravidelně promíšený silně vápnitou hlinou; 6 - tmavě hnědošedý hrubý štěrkopisek; 7 - hnědá písčité hlina s ojed. valouny; 8 - světlešedý slín s velmi četnými velkými vápnitými kryoturbací 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 písčité slín s četnými kryoturbací usměrněnými čedičovými valouny; 12 - rezavěhnědý slín s četnými většími nepravidelně orientovanými vápnitými konkrécemi a ojed. drobnými valouny; 13 - šedohnědý štěrkopisek, některé čedičové úlomky jsou svisle orientovány, četné jsou slinité vložky a stopy kryoturbace; 14 - hnědošedý hlinitý hrubý písek s četnými horizontálně usměrněnými valouny; 15 - šedohnědý až světle hnědý částečně hlinitý štěrkopisek místy s velkými (až 40 cm) úlomky se zaoblenými hranami a vápnitými konkrécemi; 16 - stejný štěrkopisek ale písčitéjší 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/1g3g_Wedge_Formation.htm

Nyvtl, D. – použity některé fotografie.

Vraný, D. – použity některé fotografie.