

# **Stručný úvod do pedologie a pedografie pro geografy**



**Pavel Mentlík**

**(určeno pro posluchače bakalářského studia)**

# Úvod

Půda je nejsvrchnější částí zemské kůry, kterou využívají rostliny ke své výživě, zásobením vodou a uchycením. Na živinách, které jsou z půdy získávány kulturními rostlinami je **závislá výživa lidstva**. Proto se geografové silně zajímají o rozšíření půd na Zemi. Kvalitou půd je dáno množství potravy, které na nich lze vypěstovat a to je velice důležité pro rozšíření lidské populace.

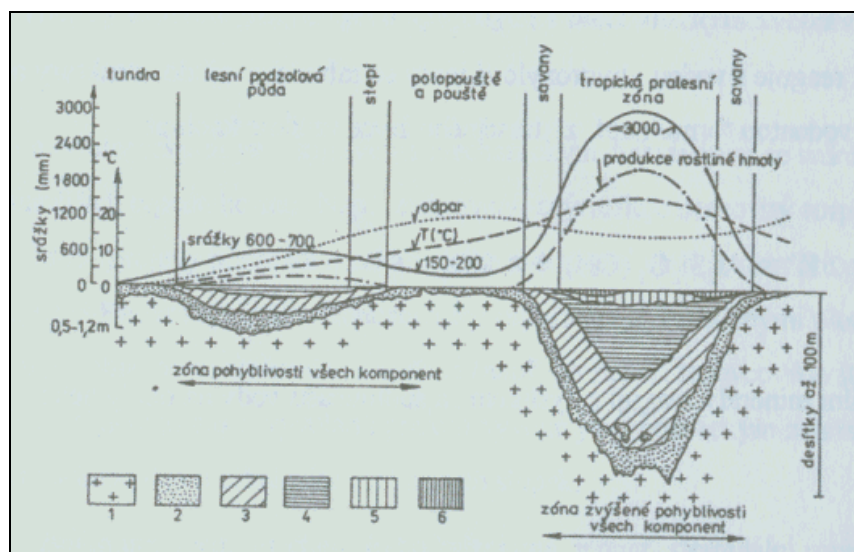
Půda leží na rozhraní několika **geosfér**. Můžeme říci že vzniká na průniku litosféry, atmosféry, hydrosféry a biosféry. Vytváří tak zvláštní geosféru, která se nazývá **pedosféra**.

## 1 Složení půd

Půda se skládá ze tří základních složek: **pevné – anorganické a organické, kapalné a plynné**.

### 1.1 Anorganická pevná složka

Pevná minerální složka půdy vzniká zvětráváním hornin litosféry (resp. nejsvrchnější části zemské kůry). Tvoří ji víceméně zvětralé úlomky matečné horniny různých rozměrů – kameny, šterk, písek a prach. Tyto úlomky nejsou z chemického hlediska aktivní, ale vytváří rezervu poskytující dalším zvětráváním jednoduché již aktivní částice – **minerální ionty a jílové minerály**.



1. čerstvá hornina
2. zóna dezintegrace
3. zóna hydrosolíd a montmorillonitu
4. zóna kaolinitu
5. okry (zvýšený podíl oxidů a hydroxidů Fe a Al)
6. lateritické reziduum

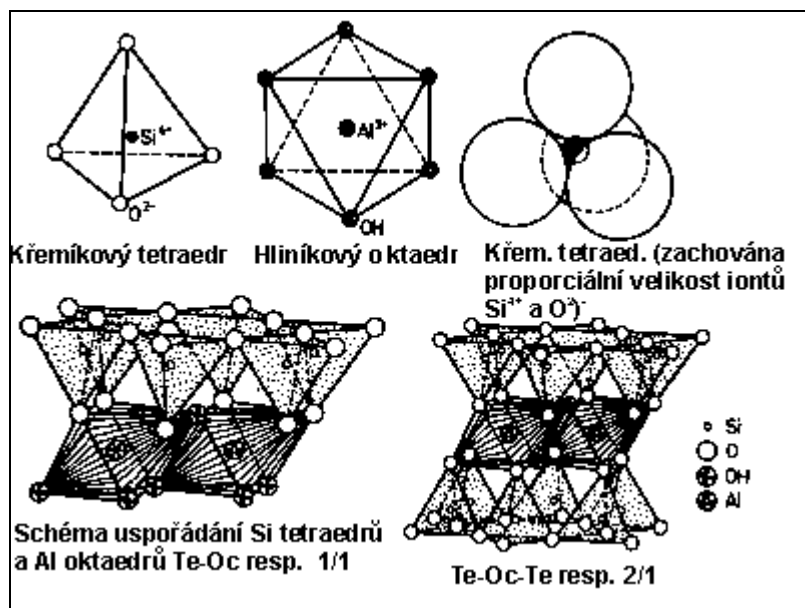
**Obr. 1:** Schéma zonálního rozdělení kůry zvětrávání (v závislosti na klimatických pásmech); převzato z STRACHOVA (1962) IN KACHLÍK & CHLUPÁČ (2000)

Z obrázku je zřejmý rozdíl hloubky zvětrávání (tedy i moci půdního profilu) v mírném, tropickém a rovníkovém klimatu.

Největší část půdní hmoty tvoří křemenná zrna. Je to proto, že křemen ( $\text{SiO}_2$ ) je velmi odolný proti zvětrávání a tak vytváří největší podíl klastické složky půdy.

Obecně můžeme říci, že rozpadem matečné horniny vznikají tzv. **primární minerály** – oxidy, křemičitany (křemen –  $\text{SiO}_2$ , živce, slídy), uhličitany (kalcit –  $\text{CaCO}_3$ , dolomit –  $\text{CaMg}(\text{CaCO}_3)_2$ ), fosforečnany (apatit,  $\text{Ca}_5\text{F,Cl}(\text{PO}_4)_3$ ) a sírany (sádrovec –  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), které jsou dále přeměňovány na minerály **sekundární** (především **jílové minerály**). Jílové minerály mají klíčový význam pro zadržování vody v půdě. Jsou tvořeny převážně maličkými krystalky křemičitanů, které mají svůj vnější povrch, ale voda se zachycuje i ve vnitřní krystalické struktuře (Obr. 2).

Z hlediska budoucích vlastností půd je velmi důležitá přeměna primárních alumosilikátů na sekundární jílové minerály a vznik **půdních koloidů**. Koloidní částice (Obr. 4) jsou velice malé – mají průměr pod 0,002 mm. Vznikají chemickým zvětráváním silikátů a opětovou syntézou zvětrávacích produktů nebo transformací krystalové mřížky. Základními částmi jejich krystalické mřížky jsou křemíkové tetraedry a hliníkové oktaedry (Obr. 2).



Obr. 2: Základní stavební jednotky jílových minerálů – upraveno podle MORAVEC AJ. (1994)

V tetraedrech tvoří anionty  $O^{2-}$  čtyři vrcholy čtyřstěnu, v oktaedrech anionty OH šest vrcholů osmistěnu. Uvnitř tetraedrů a oktaedrů jsou kationty, které se mohou vzájemně zastupovat (např.  $Al^{3+}$  může být zastoupeno  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  nebo  $Fe^{2+}$ ). Podle vzájemného uspořádání tetraedrových a oktaedrových vrstviček v lístcích lze **jílové minerály členit do těchto základních skupin:**

**Skupina alofánová** – amorfní  $Al(OH)_3$  bez pravidelné struktury (nachází se zejména v andosolech – půdy vznikající na vulkanickém materiálu).

**Skupina kaolinitů:** kaolinit –  $Al_4[(OH)_8 Si_4 O_{10}]$  je bílý, nažloutlý nebo nazelenalý minerál. Nejčastěji vzniká zvětráváním nebo hydrotermální přeměnou hornin, které jsou bohaté živci. Je hlavní složkou horniny, která se nazývá **kaolín**. Lístek kaolinitu je tvořen vrstvičkou křemíkových tetraedrů a vrstvičkou hliníkových oktaedrů (uspořádání Te–Oc). Oproti jiným jílovým minerálům má poměrně nízkou **sorpční schopnost** (schopnost přijímat určité množství roztoku) a slabě se při provlhčení rozpíná.

**Skupina montmorillonitu** – je prezentována především **montmorillonitem**. Je to fylosikát s poměrně velkou sorpční schopností. Nejčastěji je bílý až šedobílý. Je součástí půd a jílových hornin (výrazně převažuje například v bentonitech). Lístek montmorillonitů je tvořen ze dvou vrstviček křemíkových tetraedrů, mezi kterými je vrstvička hliníkových oktaedrů (označení Te–Oc–Te). Montmorillonit je typický pro vertisoly – u nás nazývané smonice (tmavé, těžké, vlivem montmorillonitu při provlhčení silně bobtnající půdy typické pro savany).

**Skupina hydrosílů** prezentovaných především **illitem**. Jako illit se označuje slída, která je svým složením velice podobná muskovitu. Jedná se v podstatě o hydratovaný muskovit s relativně menším obsahem draslíku. Illit vzniká zejména zvětráváním K-živců a muskovitu. Složení jeho lístků je stejné jako u montmorillonitu, ale mezi nimi je pevně vázán draslík. Illit je asi nejrozšířenějším jílovým minerálem našich půd.

**Skupina chloritů** – má lístky tvořeny stejně jako u montmorillonitů, ale proložené vrstvičkami brucitu –  $Mg_3(OH)_6$  (pak se jedná o tzv. Mg-chlority) nebo vrstvičkami hliníkových oktaedrů (tzv. Al-chlority).

## 1.2 Organická (neživá) pevná složka půdy

Pro vznik půd mají stěžejní význam organické látky, které vytváří humus. Právě organická složka odlišuje půdu od neživé zvětraliny (regolithu). Vzniká především z těl vyšších rostlin.

Zbytky nadzemních částí rostlin vytváří na povrchu půdy vrstvu tzv. **opadanky**, zbytky podzemních orgánů zůstávají uloženy přímo v půdě. Za spolupůsobení edafonu (živá složka půdy) rychle podléhají různým rozkladným a syntetickým pochodům, které se nazývají **humifikace**. Humifikací detritu vzniká **humus resp. humusové látky, které dělíme na:**

- **humusové kyseliny: fulvokyseliny** (nižší sorpční kapacita, vyšší acidita a pohyblivost, rozpustné ve vodě, nižší obsah uhlíku než huminové kyseliny); **huminové kyseliny** (vysoká sorpční schopnost, nerozpustné ve vodě) a **hymatomelanové kyseliny** (deriváty huminových kyselin ve vodě nerozpustné)
- **humáty** (soli humusových kyselin): rozlišujeme Ca-, Mg-humáty – ve vodě nerozpustné a Na-, K-humáty ve vodě vytvářející koloidní roztoky
- **huminy**: komplexy humusových látek s jílovými minerály
- **humusové uhlí**: konečné produkty zrání humusových látek, nerozpustné, bez koloidních vlastností (vysoký obsah C a N)

Humus je organická hmota, která se neustále mění (procesy rozkladu a syntézy) v závislosti na podmínkách okolního prostředí. V důsledku různých podmínek prostředí a tedy i různého průběhu humifikace se setkáváme s **různými formami humusu**:

- **mor (surový humus)**
- **tangel (tangelový humus)**
- **moder**
- **mul**
- mos (rašelina) – vzniká v anaerobních podmínkách především ze zbytků rašeliníků (*Sphagnum*). Podmínkou jeho vzniku je trvalá přítomnost vody chudé na vápník.
- fen (slatina) – vzniká v anaerobních podmínkách za trvalé přítomnosti vody, která je bohatá na vápník, často při zazemňování vodních nádrží. Je tvořena zbytky ostřic (*Carex*), trav (*Poaceae*) a mechů (především *Hypnum* a *Drepanocladus*)
- anmór (náslat') – tvoří se v půdách s podzemní vodou kolísající během roku mezi půdním povrchem a půdními horizonty. Organické zbytky jsou zde dokonale rozloženy a vytváří se i humuso-jílové komplexy.

**Mor (surový humus)** – je velmi mladá forma humusu, která se tvoří na kyselém, biologicky málo aktivním substrátu, který je chudý na vápník, báze a živiny. Špatně rozložitelné zbytky vegetace se hromadí v nadloží minerálních vrstev s kterými se těžko mísí (tato forma je také nazývána nadložní humus). Svrchní část minerálního profilu je vymývána převážně chemicky agresivními fulvokyselinami, takže v horní části zůstávají prostá minerální zrna (tento děj obvykle vyvolává podzolizaci). Z edafonu převažují zejména plísně, téměř chybí živočichové. Vzniká ve vlhkém a chladném podnebí. Vyskytuje se u **podzolových půd, illimerizovaných půd, pseudoglejů** atd.

**Tangel** – tvoří se na vápencích a dolomitech. Vedle slabě rozložených zbytků rostlin obsahuje také trus živočichů – zejména členovců (*Anthropoda*). Jeho spodní část se částečně mísí s minerální složkou. Je typický pro chladné, horské klima. Vyskytuje se např. u **rendzinových půd**.

**Moder** – je typický dalekosáhlou, i když ne úplnou aerobní humifikací rostlinných zbytků. Buněčné struktury již nelze rozeznat. Převažují drobné koprogenní agregáty, v kterých je organická složka mechanicky promíšena s minerální – tzv. **antropodový humus**. Tvoří se hojně v listnatých a jehličnatých lesích. Vyskytuje se u **lesních půd**, dále u **podzolů, rankerů** atd.

**Mul (humus v užším smyslu)** – tvoří se na bioticky aktivních půdách, které jsou dobře provzdušněné a bohaté na živiny. Podmínkou jeho vzniku je vegetační kryt, který dodává značné množství snadno rozložitelných zbytků. Mul je nejlépe vyvinutá forma humusu. Dochází zde k vazbě humusových látek na jílové minerály a vytvoření **stabilních, humuso-jílovitých komplexů**. K tomuto ději dochází v zaživacím traktu např. žížal (tzv. **lumbriční humus**). Mul je ze všech typů humusů jediný geologicky stabilní. Všechny ostatní formy snadno podléhají rozkladu na nejnižší elementy ( $H_2O$ ,  $CO_2$  atd.) a navrací se do přírodního koloběhu. Proto se ve fosilním stavu (tzv. pohřbené půdy – půdy překryté jinými půdními typy, svahovinami nebo eolickými sedimenty atd.) setkáváme pouze s mulem. Tato forma humusu je nejdokonaleji vyvinutá u **černozemí a hnědozemí**.

Obsah a složení humusu určuje vlastnosti půdy. Obsah humusu se určuje pomocí jednotky **Cox [%]** což je obsah spalitelného uhlíku v půdě (Tabulka 1). Složení humusu je určováno poměrem huminových kyselin k fulvokyselinám (Tabulka 2).



**Tabulka 1:** Obsah humusu v půdě

Obsah humusu	Cox (%)
velmi nízký	< 1,0
nízký	1,0–2,0
střední	2,1–3,0
vysoký	3,1–5,0
velmi vysoký	> 5,0

Podle TOMÁŠKA (2000)

**Tabulka 2:** Složení humusu

Složení humusu	Poměr huminových kyselin k fulvokyselinám
nepříznivé	< 1,0 (více fulvokyselin)
střední	1,0–1,1
příznivé	> 1,1 (více huminových kyselin)

Podle TOMÁŠKA (2000)

**Význam humusu v půdě** spočívá zejména ve zlepšování fyzikálně-chemických vlastností půdy. To znamená, že zvyšuje přístupnost některých živin a ovlivňuje vodní a vzdušný režim jako i půdní reakci. Jeho obsah má tak přímý vztah k **úrodnosti půd**.

### 1.3 Organická živá složka

Živou složku půdy nazýváme **edafon**. Z pohledu biocenózy se jedná o destruenty (rozkladače). Edafon zahrnuje **baktérie, aktinomycey, houby, fytoedafon (sinice, řasy a lišejníky) a zoedafon** (mikro, mezo i makro formy):

**Baktérie** – v půdě se nachází především ve **rhizosféře** (kořenový pletěň vegetace). Velký význam v půdě mají především **fixátoři plynného dusíku** (např. rod *Azobacter* – aerobní a *Clostridium* – anaerobní) a symbiotické bakterie, které žijí v kořenových hlízkách některých rostlin (např. bobovité – *Fabaceae*).

Další významnou skupinou jsou **bakterie amonifikační a nitrifikační**, které zajišťují mineralizaci organicky vázaného dusíku a jeho oxidaci na dusičnany (*Nitrosomonas* a *Nitrobacter*).

**Aktinomycey** – vytváří rozsáhlá mycelia a žijí na rozkládajících se zbytcích rostlin. Podílí se na rozkladu humusových látek.

**Houby** – často vytváří **symbiotické vztahy (ekto- i endomykorrhiza)** s vyššími rostlinami a mají velký význam pro **výživu celé řady rostlin**. Humifikace se účastní zejména v kyselých půdách.

**Řasy a sinice** – Některé druhy sinic dokáží podobně jako bakterie vázat plynný dusík. Jedná se o druhy, které mají vyvinuté zvláštní typ buněk tzv. **heterocysty**. Tyto buňky u sinic vznikají zejména v době dusíkatého hladovění. Pomocí heterocyst dokáží sinice vázat plynný dusík a to i v aerobních podmínkách (na rozdíl od bakterií).

**Lišejníky** – mají význam jako pionýrské druhy, které připravují podklad pro uchycení cévnatých rostlin.

**Zoedafon (půdní fauna)** – Podle velikosti se dělí na **mikro, mezo a makrofaunu**.

**Mikrofaunu** tvoří především **prvoci (Protozoa)** – **bičíkovci (Flagellata)**, **kořenonožci (Rhizopoda)** a **nálevníci (Ciliata)**. Živí se zejména bakteriemi, sinicemi, řasami a aktinomycetami nebo rozkládajícími se zbytky těl organismů. Jsou vázáni (v aktivní formě) na vlhké prostředí.

**Mezofaunu** představují především **členovci (Anthropoda)**. Z nich jsou nejčastěji zastoupeni **roztoci (Acari)** – zvláště **pancířníci (Oribatei)**. Ti jsou vázáni na vlhká stanoviště s vysokým obsahem humusu. Dále jsou to **chvostokoci (Collembola)** – významná složka edafonu počátečních vývojových stádií humifikace a **hlístice (Nematoda)**.

**Makrofaunu** představují především **žížaly (Lumbricidae)**, **roupice (Enchytraeidae)**, **členovci (Arthropoda)**, **plži (Gastropoda)** a drobní savci (zejména *Rhodentia*). Žížaly jsou nejdůležitější a nejznámější půdní živočichové. Požírají rostlinný opad a půdu.

## 1.4 Půdní voda

**Půdní voda** je souhrn veškeré vody (v kapalném, pevném i plynném skupenství), která se nachází v půdě. **Kapalná voda** je hlavním činitelem, který uvádí do pohybu fyzikální, chemické, biochemické i biologické pochody. Bez přítomnosti vody (aridní klima v polárních, velehorských a pouštních oblastech) probíhá téměř výhradně fyzikální zvětrávání a půdy se buď nevytváří nebo mají jen velice málo humusu.

**Půdní voda působí především jako:**

- **ekologický stanovištní faktor** – určuje stanovištní poměry. Má velký význam pro vegetaci a edafon.
- **pedogenetický faktor** – výrazně ovlivňuje pedogenezi. Přímo ovlivňuje všechny pochody, které v rámci tohoto procesu probíhají – chemické i fyzikální zvětrávání, humifikaci, přemísťování látek (voda jako transportní médium) atd. Význam mají i kryoturbační pochody – mrznoucí voda v půdě svými objemovými změnami může způsobit tzv. „půdní promíchávání“ (kryoturbaci).

## 1.5 Půdní vzduch

**Půdní vzduch** je stejně jako půdní voda stálou součástí půdy. Vyplňuje v ní všechny volné prostory, které nejsou vyplněny půdní vodou.

**Půdní vzduch působí především jako:**

- **ekologický stanovištní faktor** – na půdním vzduchu je závislé dýchání rostlinných kořenů a zoedafonu
- **pedogenetický faktor** – usměrňuje půdní vývoj (výrazné rozdíly mezi aerobním a anaerobním vývojem půd)

**Tabulka 3:** Rozdíl mezi složením atmosférického a půdního vzduchu (%)

	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Atmosférický vzduch	20,95	0,03	79,0
Půdní vzduch	< 20,6	> 0,2	79,0

Podle SMOLÍKOVÉ (1983)

V půdě je výrazně vyšší podíl CO<sub>2</sub> a menší podíl O<sub>2</sub> než v atmosféře (Tabulka 3). Tento poměr vyvolává neustálou výměnu mezi atmosférou a pedosférou, která probíhá zejména difúzí. Jedná se tzv. **půdní dýchání**. Velký význam má i obsah vodní páry.

## 2 Barva, textura a struktura půd

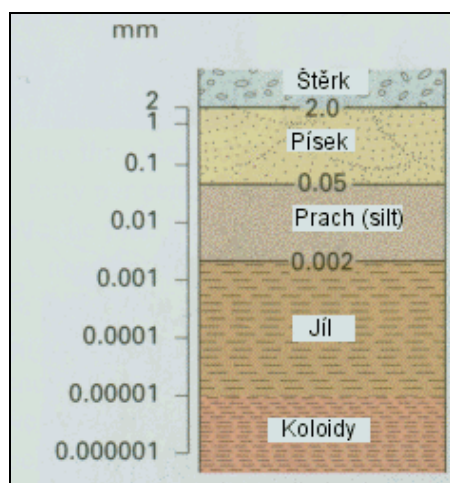
### 2.1 Barva půd

Barva půdy při pohledu na půdní profil nebo jeho část upoutá nejvíce. V některých případech zdědí půda barvu původního substrátu. Většinou je však barva půdy nebo spíše jednotlivých půdních horizontů závislá na jejím vzniku (genezi).

Například barva půd ve stepních oblastech je **černá**, protože obsahuje velké množství humusu. **Načervenalé** zbarvení půdy naopak svědčí o přítomnosti oxidů železa nebo hliníku. **Bílá barva** ve svrchní části půdního profilu v aridních oblastech bývá způsobena přítomností solí, které sem byly vyzvednuty vypařováním vody ze svrchních částí půdního profilu a následnou difúzí z nižších partií. Naopak **světlý pruh** u půd, které se nachází pod jehličnatými lesy je vytvořen odplavením organických a některých minerálních částic z této části půdního profilu.

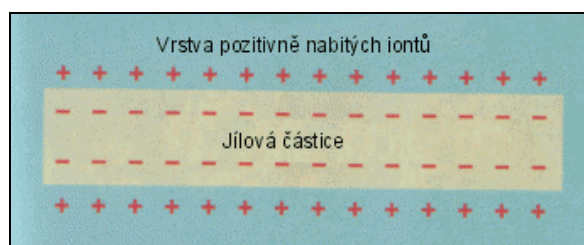
### 2.2 Textura půd

Velikost jednotlivých minerálních zrn má relativně velmi široký rozsah (Obr. 3). Podle velikosti částic rozděluje tři základní skupiny zrnitostních frakcí: **jíl, prach a písek**. Podle jejich vzájemného poměru určuje **texturu půd** (Příloha A).



**Obr. 3:** Rozčlenění minerálních částic v půdě podle velikosti; podle STRAHLER & STRAHLER (2003)

Půdní texturu můžeme vyjádřit mnoha pojmy. Pro základní určení této veličiny se používají pojmy: **štěrk, písek, hlína, prach a jíl** (od největších po nejmenší – viz Obr. 3) a určení jejich poměru (Obr. příloha A a B). Nejmenší částice v půdě se nazývají **koloidy** (0,000001–0,0000004 mm) viz Obr. 4. Ty nemají velký význam z hlediska textury půd (protože jsou velmi malé), ale jsou velice důležité pro většinu půdních procesů.



**Obr. 4:** Schematické znázornění koloidní částice; podle STRAHLER & STRAHLER (2003)

Textura půd je důležitá zejména proto, že určuje schopnost půd **přijímat vodu a vzduch**. Voda se snadno vsakuje u půd štěrkovitých nebo písčitých, které mají mnoho prostorů mezi jednotlivými zrny. U těchto půd se dostává poměrně rychle do hloubky, ale je v půdní hmotě obtížně zadržována. Pomalejší je vsakování u půd tvořených v některé části profilu jíly (např. illimerizované půdy). Tyto půdy se velice snadno zamokřují (nedostatečné vsakování při větších srážkách). Nejlepší vlastnosti pro hospodaření s vodou mají **půdy hlinité**.

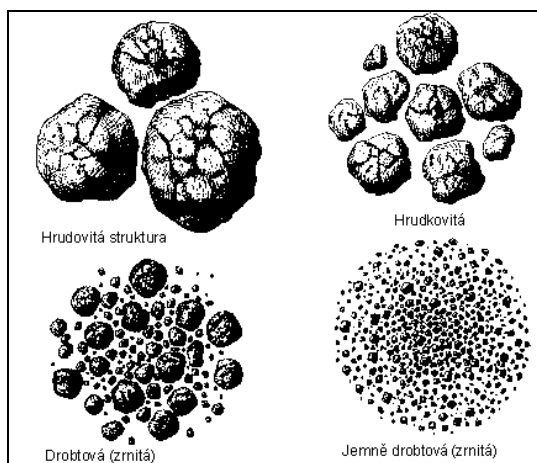
Na základě textury půd rozlišuje tzv. **půdní druhy**. V běžné zemědělské praxi se rozlišují tři základní půdní druhy (**skupinu půd, které mají zhruba stejné zastoupení zrnitostních frakcí**):

- **Půdy lehké (písčité)**
- **Půdy středně těžké (hlinité)**
- **Půdy těžké (jílovité)**

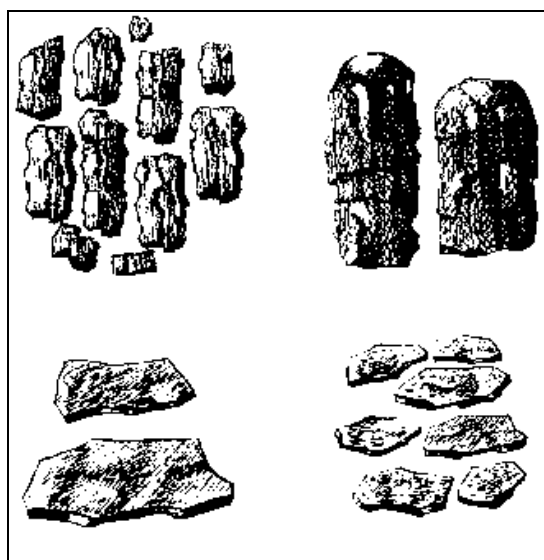
## 2.3 Půdní struktura

**Půdní struktura** vyjadřuje způsob jakým se jednotlivé částice stmelují do větších agregátů tzv. pedy (*Peds*). **Pedy** mohou mít různou velikost a tvar. Na jejich základě rozlišujeme mnoho typů půdních struktur např.: hrudkovitou, prizmatickou, sloupcovou a destičkovou (Obr. 5 a 6). Stmelení půdních částic může být provedeno jílovitou substancí, organickou složkou, sloučeninami železa atd. U lesních půd je významným strukturálním činitelem zoedafon (zejména jeho exkrementy).

Struktura je významným faktorem pro obdělávání půd. Nejlépe se kultivují půdy s hrudkovitou nebo kostkovou strukturou. Půdy, které mají velký obsah jílu, *peds* vytváří jen velice obtížně. Při provlhčení jsou mazlavé a těžké. Naopak pokud vyschnou výrazně tvrdnou. Jsou nevhodné k obdělávání.



**Obr. 5:** Ukázky hrudkovité a zrnité půdní struktury; podle TOMÁŠKA (2000)



**Obr. 6:** Ukázka prizmatické půdní struktury; podle TOMÁŠKA (2000)

### 3 Půdní reakce – kyselá a alkalická

Půdní roztoky obsahují ionty vodíku ( $H^+$ ) a hliníku ( $Al^{+3}$ ). Obsah těchto iontů v půdním roztoku zvyšuje jeho kyselost. Pro pochopení půdního chemismu je důležité vědět, že kyselé ionty mají schopnost nahrazovat pro výživu důležité půdní báze ( $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $K^{+1}$  a  $Na^{+1}$ ), které jsou přichyceny na povrchu půdních koloidů (Obr. 4). Pokud jsou v půdě akumulovány kyselé ionty, jsou půdní báze vytlačovány do půdního roztoku, odkud jsou vyplavovány z dosahu kořenů rostlin. Tím je výrazně snižována úrodnost půd.

Poměr mezi kyselou a alkalickou reakcí vyjadřuje **pH-faktor**. To je záporný dekadický logaritmus vodíkového čísla, které vyjadřuje koncentrace vodíkových iontů v objemové jednotce půdy. **Nízká hodnota pH** určuje vyšší **stupeň kyselosti (acid)**. Když je **pH větší** je půdní reakce **zásaditá (alkaline)**. Pokud **pH = 7** je půdní reakce **neutrální** (resp. se jedná o interval okolo  $pH=7$  viz Obr. 7).

Vysoká půdní kyselost je typická pro oblasti chladného, humidního klimatu. V aridním klimatu jsou půdy obvykle zásadité (Obr. 7).

Nevhodná kyselost půdy může být upravována přidáváním vápence (resp.  $CaCO_3$ ), který vytlačuje kyselé ionty a nahrazuje je bazickým (vápnitými – Obr. 7).



pH	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	6,7	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
Kyselost	Velmi silně kyselá		Silně kyselá	Středně kyselá	Slabě kyselá	Neutrální	Slabě zásaditá	Zásad.	Silně zásad.	Nadměrně zásaditá		
Vápnění	Vápnění potřebné (s výjimkou rostlin, vyžadujících kyselé prostředí)		Vápnění potřebné pro většinu hospodářsky významných plodin			Vápnění není většinou nutné	Nevápní se					
Výskyt	Zřídka	Často	Velmi časté u obhospodařovaných půd v humidním klimatu			Běžné v oblastech se subhumidním a aridním klimatem				Omezené oblasti v pouštích		

**Obr. 7:** Kyselost (acidita) a zásadovost (bazicita) půd; upraveno podle STRAHLER & STRAHLER (2003)

## 4 Vznik půd – půdotvorné faktory

Půdy vznikají ze zvětralín svrchní části zemské kůry, produktů metabolismu různých organismů (žijících v půdě i na jejím povrchu), zbytků jejich mrtvých těl a produktů jejich rozkladu. Stavba a složení půd jsou závislé na charakteru a intenzitě tzv. **půdotvorných činitelů**. Jako půdotvorné činitele označujeme faktory, které se více nebo méně podílí na vzniku (resp. vývoji) půd (**pedogenezi**).

Půdotvorných činitelů je celá řada. Rozděluje je do dvou základních skupin:

- **půdotvorné faktory**
- **podmínky půdotvorného procesu**

**Půdotvorné faktory** oproti půdotvorným procesům působí na vznik půd přímo. Jako půdotvorné faktory označujeme:

- **matečnou horninu (půdotvorný substrát)**
- **klima**
- **vliv organismů (biologický faktor)**
- **podzemní vodu**
- **antropogenní vlivy**

**Podmínky půdotvorného procesu** do pedogenetického procesu přímo nevstupují, ale ovlivňují charakter půdotvorných faktorů. Mezi podmínky půdotvorného procesu řadíme:

- **georeliéf** (na vznik půd působí jak morfostrukturní charakteristiky tak relativní i absolutní nadmořská výška)
- **čas** (stáří půdy) – některé půdy mohou být velmi staré. Jako **staré půdy** označujeme na našem území silně zvětralé půdy, které převážně vznikly v terciéru tedy v jiných klimatických podmínkách než panují dnes. Například hnědé půdy jsou naopak poměrně mladé. Předpokládáme, že dalším vývojem přejdou v jiný, více vyvinutý, půdní typ (viz níže).

### 4.1 Matečná hornina

U většiny půd je anorganická složka tvořena z nepatrných minerálních částic. Termín matečná hornina (*parent material*) je zpravidla užíván pro minerální podklad, na kterém dochází ke vzniku půd. Matečnou horninou může být horninový podklad (*bedrock*), a z něj zvětráváním vytvořená zvětralina (*regolith*). **Zvětralina (*regolith*)** je minerální hmota vzniklá zvětráváním bez organické příměsi. Je zpravidla nejčastější matečnou horninou.

Matečná hornina, resp. půdotvorný substrát – má zásadní vliv na vznik půd a to zejména pokud se jedná o **extrémní fyzikální** (hrubá zrnitost) nebo **chemické vlastnosti** (např. silikátové nebo karbonátové substráty). V tomto případě z důvodu zvláštního chemismu dochází k potlačení klimatogenních i jiných vlivů v průběhu pedogeneze.

Půdotvorný substrát je výchozí materiál, ze kterého půda vzniká. Je předmětem přeměn probíhajících v půdě a výrazně ovlivňuje pedogenetický proces (proces vznikání půdy) především

svou skladbou, zrnitostí a chemickými vlastnostmi.

Skladba matečné horniny ovlivňuje zejména rychlost zvětrávání a vzniku půd. Kompaktní horniny vzdorují zvětrávacím pochodům a půdnímu vývoji lépe, naopak sypké materiály působí opačně.

Kompaktní horniny s **hrubou stavbou** zvětrávají snadněji než **celistvé s těsnou skladbou** – takže např. žula zvětrává rychleji než porfyr, gabro rychleji než čedič apod.

U sypkých materiálů hrubě zrnité materiály (štěrky a písky) zesilují **perkolaci** (vyluhování látek) a jemně zrnité (např. jíly) ji naopak brzdí. Naopak sypké materiály rychleji vysychají.

Důležitým faktorem půdotvorného substrátu je jeho „minerální síla“. Půdotvorné substráty můžeme dělit na (TOMÁŠEK 2000):

- Horniny a zeminy s vysokým obsahem jedné nebo více minerálních živin, případně organických látek
- Sedimenty se středně vysokým až vysokým obsahem  $\text{CaCO}_3$
- Horniny a zeminy málo výživné s nízkým obsahem vápna až nevápnité
- Horniny a zeminy s nepatrným obsahem živin.

## 4.2 Klima

Klima ovlivňuje průběh zvětrávání i pedogeneze. Působí jednak přímo (teplotou, množstvím srážek a výparem) a nepřímo (ovlivňuje biotu – zejména vegetační kryt).

Roční chod teplot a srážek určuje **infiltraci** (vsakování) vody do půdy a tedy i vyluhování látek (humidní oblasti) nebo její vzlínání, způsobené převládajícím výparem (aridní oblasti).

V **humidních oblastech** je půda dostatečně provlhčena, takže se plně uplatňují její hydrologické, rozkladné, rozpouštěcí, dispergační a translokační účinky. Dochází k ochuzování povrchových pásem půdy a rozpustné, případně dispergované látky jsou odnášeny do spodin, které jsou těmito látkami obohacovány.

V **aridních oblastech** je provlhčení půdy podstatně menší a působení vody je tedy omezené. Rozklad minerální hmoty probíhá velmi pomalu a přemísťování je omezeno na vynášení rozpustných solí vzlínající vodou. Povrchová pásma půd jsou tedy obohacována rozpustnými solemi, přiváděnými z nižších poloh půdního profilu.

Platí, že v teplém a humidním klimatu dominuje chemické zvětrávání, které může vést k dosažení vyššího stupně zralosti půd než v oblastech chladných a aridních (Obr. 1). Pokud půdy dosáhnou stádia, ve kterém jsou v souladu s okolním prostředím mluvíme o **půdách zonálních, klimatogenních** (jedná se o půdy které dosáhly klimaxového stádia svého vývoje – například u nás podzoly v horských polohách, ve velmi vlhkém a chladném klimatu).

Pravé klimatogenní půdy se vyznačují tím, že u nich **ustupují lithogenní znaky**. Půdní profil je silně diferencován a humusový horizont je mocný. Neleží zpravidla na matečné hornině, ale je oddělen horizontem B. Patří sem zonální půdy, tedy půdní typy (resp. řady viz dále), které jsou typické pro určité geobiomy – kromě tundrových, polopouštních a pouštních půd.

Na rozrůznění půd v menších měřítcích má výrazný vliv homogenita substrátu (z hlediska petrologického složení) a georeliéf (z hlediska jeho rozčlenění). V oblastech, kde je substrát tvořen homogenním materiálem na rozlehlých morfologicky málo členěných plochách (např. ve východní Evropě), jsou půdy vyvinuty v **klimatických pásech**, v kterých nacházíme půdy velice podobné.

V našich podmínkách, kdy jsou geologické podmínky velice pestré, je povrch poměrně výrazně diferencován. Převládající přechodný vliv klimatu způsobuje výrazné rozrůznění půd, které je závislé na místních vlivech, zastírajících působení podnebí (viz kap. půdy ČR).

## 4.3 Vliv organismů

**Biologický faktor** působí především prostřednictvím vegetace, která je spolu s edafonem hlavním dodavatelem organického materiálu sloužícímu k tvorbě humusu.

Jednotlivé **vegetační útvary** mají rozhodující vliv na vývoj půd, na kterých se nachází.

**Lesní porosty** (v podmínkách ČR) – mají poměrně chudý kořenový systém a opad se hromadí na povrchu, kde je buď mineralizován nebo přeměněn na surový humus. Ten působí silným

okyselováním ve směru půdního vyluhování. Pod lesními porosty se zpravidla vytváří malé množství hodnotného humusu. Povaha lesního humusu závisí na charakteru lesní formace. Listnáče poskytují humus s převahou huminových kyselin, které nejsou destruktivním činitelem pro minerální podloží a nevyvolávají silnější podzolizaci.

**Jehličnaté porosty** (*Picea*, *Pinus*) produkují surový humus obsahující fulvokyseliny, které velice účinně rozkládají a vyluhují minerální podklad. Podobně působí i porosty vřesů a vřesovců (*Ericaceae*).

**Stepní (lesostepní) porosty** – trávy (*Poaceae*) mají bohatě vyvinutý kořenový systém, který podporuje humifikaci přímo v minerální hmotě půdy a akumulací minerálních látek způsobuje zvýšenou odolnost vůči vyluhování.

Stepní traviny poskytují dobrý, bázemi nasycený humus (**mul**), v němž převládají šedé **huminové kyseliny**, které s jílovitou složkou vytváří stabilní jílovitohumusové komplexy. Humus se v půdě hromadí ve větším množství, protože ve stepním podnebí jsou rozkladné procesy rostlinných zbytků silně omezeny – v zimě mrazy a v létě suchem.



**Obr. 8:** Působení vody jako půdotvorného faktoru; upraveno podle (SLAVÍKOVÁ 1982)

#### 4.4 Podzemní voda

Vliv podzemní vody na pedogenezi (Obr. 8) lze shrnout do čtyř hlavních bodů:

- podzemní voda celkově zvyšuje humiditu půdy v zóně aerace (provzdušnění)
- silně zvýšená vlhkost (zamokření) způsobuje omezení přístupu kyslíku (anaerobní prostředí). Dochází zde ke zpomalení rozkladu organických látek a hromadění humusu. Při přesycení půdy vodou posléze nastává tvorba slatin nebo rašelin.
- vzlinající voda vynáší do svrchních horizontů soli a koloidy, které se zde hromadí buď přímo na povrchu (slané půdy) nebo v různé hloubce pod povrchem (sulfátové nebo karbonátové horizonty).
- při kolísání hladiny podzemní vody se vylučují koloidy v různé hloubce pod povrchem v podobě glejového horizontu.

Minerální půdy		Organické půdy	
Půdy nepřekryvané	Půdy překryvané	Hladina podzemní vody přesahuje minerální podklad	
(novou sedimentací)			
Periodicky střídavé redukční a oxidační procesy. difuzní pochody probíhají především vertikálně	Intenzivní, prostorově ostře diferencované redukční pochody. Silná difuze, působící vertikálně i horizontálně.	Akumulace zejména eutrofních organických látek. Převládají redukční procesy	Akumulace zejména oligotrofních látek. Převažují redukční procesy.
Nivní bažinné půdy	Glejové půdy	Rašelinné a slatinné půdy	Vrchovištní půdy

**Obr. 9:** Podzemní voda s různou polohou hladiny a různou amplitudou kolísání (SLAVÍKOVÁ 1982)

## 4.5 Antropogenní vliv

Člověk působí na půdu **přímo a nepřímo**.

**Přímé působení** se projevuje zejména při zemědělských pracích (hluboká orba, hnojení, zavlažování, odvodňování atd.). Většinou dochází ke změně rychlosti půdního vývoje případně k jeho přerušení. Při některých přímých zásazích (například orba po svahu) dochází k negativním vlivům na půdu – uvolňování půdního materiálu.

**Nepřímé působení** se projevuje především změnou chemických a mineralogických vlastností substrátu i jeho zrnitosti. Jedná se například o písčování jílovitých půd, slínování karbonátovým materiálem lehkých kyselých podkladů atd.

Vliv na vegetaci a klima – například vykácení lesních porostů mění výrazně mikroklimatické a erozní poměry lokality, vytváření antropogenních subklimaxů apod.

Zásahem člověka se přirozené půdy mění postupně v **půdy kulturní (antropické půdy)**.

## 4.6 Georeliéf

Pro vývoj půd mají kromě absolutní nadmořské výšky, která ovlivňuje především klimatické poměry, stěžejní význam **morfometrické charakteristiky: orientace reliéfu, křivost reliéfu a sklon svahů**. Důležitá je rovněž **geografická poloha** (velký význam mají především depresní sníženiny, kde dochází k akumulaci vody a provlčování půd).

**Svazitost terénu** ovlivňuje především **stupeň vláh v půdě a půdní erozi**. Se stoupajícím sklonem svahu dochází k nárůstu povrchového odtoku a tím i k menší infiltraci srážkové vody do půdy. Tím se zmenšuje obsah vody v půdě – na svazích je vyluhování půd vždy menší než na rovinách.

Se sklonem svahu vzrůstá i **půdní eroze tekoucí vodou**. Ten může mít mnohé formy. Počáteční stádium představuje **plošný splach – ron**, který začíná na svazích se sklonem asi  $0,3^\circ$  a velice záhy přechází ve **stružkovou erozi** (stékající voda se akumuluje v erozní rýhy).

Na svazích půdy podléhají **svahovým pochodům** různé rychlosti. **Creep** se začíná projevovat již na svazích se sklonem kolem  $5^\circ$ . Velice intenzivní je půdotok (soliflukce) v periglaciální (peri = blízko) zóně, kde v činné vrstvě permafrostu dochází ke **kongeliflukci (resp. geliflukci)** a to na svazích, které mají sklon větší než  $2^\circ$ .

## 4.7 Čas

Vývoj půdy je poměrně pomalý a je závislý na ostatních půdotvorných činitelích a faktorech. Tam kde je jejich působení krátké, převládá vliv výchozího substrátu. Půdní profil je slabě diferencovaný. Působením času klesá vliv substrátu a uplatňují se více ostatní půdotvorní činitelé, kteří vtiskávají půdě typické vlastnosti, které jsou v souladu s okolním prostředím. Takové půdy, mají obvykle vysoce diferencované půdní horizonty (klimaxová stadia půd).

U některých substrátů (kvarcity, buližníky) je vývoj půdy (v našich klimatických podmínkách) podstatně pomalejší.

## 5 Pedogenetické procesy

Pod vlivem půdotvorných činitelů a faktorů dochází k **půdotvorným (pedogenetickým) procesům**. Působením těchto procesů se ze zvětralin stává půda, která na rozdíl od regolithu obsahuje i organickou složku a je tedy kvalitativně odlišná od původního substrátu. Celý proces tvorby půd se nazývá **pedogeneze**. Pedogeneze se uskutečňuje prostřednictvím tří základních procesů:

- o **obohacování půd (soil enrichment):**

**anorganické** – pokud je materiál přinesen některým z exogenních činitelů (aluviální naplaveniny, eolické akumulace, svahové pochody atd.)

**organické** – hromadění organických částic v O horizontu a jejich přenos do A horizontu (označení horizontů viz Obr. 10)



- **ochuzování půd** (odnos materiálu):
  - odstranění nadložních vrstev erozí nebo denudací (*removal*)
  - odnos materiálu prosakující vodou do podzemní vody nebo nižších vrstev (*leaching*)
- **humifikaci** primárních organických látek:
  - **dekompozice (rozklad)**
  - **mineralizace** – úplný rozklad na jednoduché anorganické sloučeniny
  - **humifikace** – přeměna primárních organických látek na látky sekundární (humus)
- **migraci látek v půdě** – která je uskutečňována gravitační nebo kapilární vodou  
Přenášeny jsou buď: látky v podobě pravých roztoků (soli), koloidních roztoků (soly) nebo ve formě suspenze. Velice důležitými pedogenetickými faktory jsou **eluvie** (*eluviation*) a **illuvie** (*illuviation*).

**Eluvie** (vyplavování nebo ochuzování) je proces, při kterém dochází k přemísťování půdních složek (ve formě roztoků) do spodiny. V rámci eluvie rozlišujeme:

**vyluhování** – posun rozpustných solí

**degradaci** – posun  $\text{CaCO}_3$

**podzolizaci** – posun sloučenin Fe a Al spolu s organickými látkami

**slancování** – vymývání solí z povrchových vrstev a jejich akumulaci ve spodině.

**Illuvie** působí jako opak eluvie a vede k obohacování půdních profilů jílem, minerálními a organickými látkami. V rámci půdních profilů pak mluvíme o horizontu **ochuzeném – eluviálním** a **obohaceném – illuviálním**.

Tyto základní pedogenetické procesy se skládají v další komplexní procesy, které vedou ke vzniku půdních typů (viz Tabulka 4).

**Tabulka 4:** Přehled hlavních komplexních klimatogenních pedogenetických procesů

Proces	Charakteristika	Podmínky
<b>Podzolizace</b>	Intenzivní vymývání svrchních částí půdy vodou. Pohyb hliníku $\text{Al}_2\text{O}_3$ a železa $\text{Fe}_2\text{O}_3$ a organických látek ze svrchních horizontů do spodní části půdního profilu. Dochází k rozkladu minerálních částí půdy především vlivem fulvokyselin.	Silně kyselý humus; klima: boreální, oceánické, supramontánní až subalpínské; biomy a biocenózy: tajga, horské smrčiny
<b>Brunifikace</b> (hnědnutí) <b>zajílení vnitropůdní zvětrávání</b>	Zvětrávání nerostů, které obsahují dvojmocné železo (pyroxen, amfibol) uvolňování $\text{Fe}^{\text{III}}$ . Vysrážení iontů železa vyvolává tvorbu hnědých až červenohnědých kysličníků + slabá tvorba jílových minerálů.	Klima: mírné, suboceánické–subkontinentální.
<b>Illimerizace</b> (přemísťování jílu)	Proces, při kterém se částičky jílu pohybují ve svislém směru. Ochuzené a obohacené horizonty se liší zejména barvou, zrnitostí a skladbou. Proces probíhá u půd, kde dochází ke střídavému vysychání a provlhčování – tvorba výsušných prasklin, které fungují jako kanálky pro přivádění vody.	Klima: mírné, suboceánické–subkontinentální. Biomy: smíšené–listnaté lesy mírného pásma
<b>Černozemní proces</b>	Tvorba humuso-jílovitých komplexů – kvalitní mocná vrstva humusu (mul)	Klima: mírné kontinentální Biomy: lesostepi až stepi
<b>Fersialitizace</b>	Neutrální hydrolyza a rekrystalizace hydroxidů $\text{Fe}_2\text{O}_3$ – půdy označujeme jako <b>fersialitické</b>	Klima: mediteránní
<b>Lateritizace</b> ( <b>rubifikace, feralitizace</b> )	Intenzivní vymývání kyseliny křemičité. V profilu se hromadí $\text{Fe}_2\text{O}_3$ i $\text{Al}_2\text{O}_3$ – půdy označujeme jako <b>feralitické</b> . Z jílových minerálů převládá kaolinit.	Klima: ekvatoriální, subekvatoriální, případně monzunové
<b>Solončakování</b>	Vynášení solí vztlínající podzemní vodou v aridním klimatu	Aridní klima

Zpracováno podle: SMOLÍKOVÉ (1983), TOMÁŠKA (2000), MORAVCE (1994), MIČIANA IN HORNÍK AJ. (1986), BUZEK & PÁNEK 2002

Termín **laterit** se používá v souvislosti s existencí pancířovitých útvarů, které se vyskytují v tropických půdách. Tyto útvary obsahují vysoký podíl Fe a Al. U nás lateritizace probíhala v érách, kdy panovalo subtropické nebo tropické podnebí (dnes výskyt takzvaných sluňáků např. na Žatecku). J

**Tabulka 5:** Přehled hlavních komplexních hydromorfních pedogenetických procesů

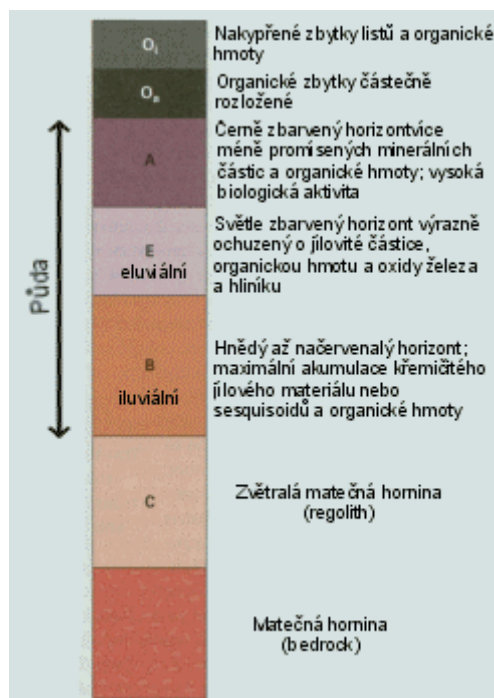
Proces	Charakteristika	Podmínky
<b>Glejový proces</b>	Proces, při kterém je půda (nebo její část) trvale ovlivněna podzemní vodou. Typický je nedostatek vzduchu, redukční prostředí a zpomalený rozklad organických látek. Provlhčením nabývá půda (horizont) lepkavý, mazlavý ráz. Vzniká <b>glejový horizont G</b> – typický pro <b>gleyosoly</b> .	Trvalé nebo periodické provlhčení podzemní vodou.
<b>Oglejení</b>	Vzniká pokud dochází k dočasnému zadržení srážkové vody na nepropustném profilu	Střídavé zamokření srážkovou vodou.
<b>Rašelinění</b>	Hromadění odumřelé fytohmoty v kyselém prostředí za nedostatku vzduchu (zejména zbytky rašeliníků – <i>Sphagnum</i> ).	Trvalé přemokření chudou pramennou nebo srážkovou vodou. Horská vrchoviště, tajga.
<b>Slatinění</b>	Hromadění odumřelé fytohmoty v mírně kyselém až alkalickém prostředí za nedostatku vzduchu (např. zbytky ostřic – <i>Carex</i> ).	Trvalé přemokření minerálně bohatší (až vápnitou) vodou.

Zpracováno podle: SMOLÍKOVÉ (1983), TOMÁŠKA (2000), MORAVCE (1994), MIČIANA IN HORNÍK aj. (1986)

## 6 Půdní horizonty

U většiny půd nacházíme vyvinuté **půdní horizonty** – horizontální „vrstvy“, které se liší strukturou a texturou, chemickými vlastnostmi a obsahem organických složek (Tabulka 6 a 7). Půdní horizonty se vyvíjí v interakci s vlastnostmi georeliéfu, klimatu, živých organismů v určitém čase.

Jednotlivé půdní horizonty obvykle vznikají jedním z pedogenetických procesů (obohacením nebo ochuzením půdní masy). K těmto jevům dochází obvykle prosakováním půdní vody z výše do níže položených horizontů.



**Obr. 10:** Příklad půdního profilu (lesní půda, vlhké, chladné klima); upraveno podle STRAHLER & STRAHLER (2003)

Půdní horizonty můžeme rozdělit do dvou základních skupin – **organické a minerální**.

**Organické horizonty** jsou tvořeny nashromážděnou organickou hmotou, která je tvořena zbytky těl rostlin a živočichů. Překrývají minerální horizonty a **označují se O**. Můžeme rozlišit **výše položený O<sub>i</sub>** horizont, který je tvořen nerozloženými nakypřenými zbytky listů, stonků a dalších organických zbytků.

**Nižší O<sub>a</sub>** horizont obsahuje organické zbytky, které jsou již částečně rozložené, ale stále můžeme i pouhým okem rozeznat jejich původní formu.

Pod organickými horizonty leží **minerální horizonty, které se značí zpravidla písmeny A, B a C**. Do těchto horizontů zasahují obvykle kořeny rostlin a pojem půda je používán právě pro ně (Obr. 10).

Jako první leží pod organickými horizonty obvykle **humusový horizont – A**. Je to černě zbarvený horizont, který obsahuje velké množství organické hmoty. Ta je tvořena zejména kořeny rostlin nebo je sem přenášena (pomocí prosakující vody) z výše položených organických horizontů.

**E horizont** leží (zpravidla ve vlhkém, nezřídka i chladném klimatu) pod A horizontem. Organické částice a ionty železa a hliníku jsou odtud prosakující vodou vyplavovány do nižších partií půdního profilu. V E horizontu se hromadí čisté částice písku nebo prachu. Příkladem může být vybělený horizont podzolových půd resp. spodosolů (Obr. 16).

**V B horizontu** se hromadí jílové částice, oxidy hliníku a železa stejně jako organické částice. Tyto komponenty B horizont obohacují – jsou sem přinášeny z vyšších poloh (O, A a E).

Pod B horizontem se nachází **C horizont**, který se skládá z nerozložených částic matečné horniny a označuje se také jako **regolit**. Půdní profil uzavírá **nezvětralá matečná hornina**.

## 7 Klasifikace půd a jejich globální rozšíření

Základní klasifikační jednotkou, kterou lze definovat jako skupinu půd, které mají podobnou texturu a strukturu a uspořádání půdních horizontů je **půdní typ**. Tato podobnost je dána obdobnými podmínkami pedogeneze (klima, georeliéf, matečná hornina, biocenóza atd.), které působily při vzniku půdního typu.

Jedním z hlavních úkolů fyzické geografie (resp. pedogeografie) je sledování rozšíření půdních taxonů (řádů, podřádů, typů) a nižších taxonů např. podtypů na zemském povrchu. Geografové se zajímají zejména o vztah půd ke geologickým podmínkám, klimatu, biocenózám resp. k biotům. Samozřejmě velká pozornost je věnována také vztahu určitých půdních jednotek k hospodářskému využití člověkem.

V názvosloví jednotlivých půdních jednotek nepanuje dosud shoda a to ani v rámci našeho státu. Pro účely poznání základního rozšíření půd v celosvětovém měřítku byla převzata klasifikace **U. S. Soil Conservation Service**.

Tato klasifikace je velmi rozšířená a užívaná v celé řadě států. Popisována je základní úroveň – **půdní řád (order)** případně **podřády (suborder)**. Toto členění je založeno na rozlišení diagnostických horizontů, které dovolují exaktně charakterizovat a klasifikovat půdní profil. Právě na základě rozdílů v půdním profilu jsou vymezeny jednotlivé řády. Užití těchto jedenácti základních půdních řádů (Tabulka 8–10) se zdá být vhodnější pro popis diferenciací půd v celosvětovém měřítku (oproti 24 půdním typům užívaných FAO – Tabulka 9). U jednotlivých půdních řádů je možné určit jejich vztah ke klimatu v oblasti a tedy i převládajícímu typu zvětrávání jako i předpoklady k hospodářskému využití půd.

Pro popis půdní charakteristiky ve větším měřítku (ČR) je užitá podrobnější klasifikace FAO, která rozlišuje 24 půdních typů a jejich subtypy (Tabulka 11).

**Tabulka 6:** „Svrchní“ půdní horizonty

Název horizontu	Charakteristika	Výskyt
<b>Mollic horizont</b>	Obsahuje kvalitní mul (příznivý poměr huminokyselin). Je to mocný (až 30 cm) černý horizont. Je bohatý na dvoumocné báze (nasycenost přes 50 %). Dobrá struktura i příznivé fyzikální vlastnosti.	Především černozemě, dále lužní půdy, některé rendziny a kambisolů (hnědé půdy) na vápencových substrátech.
<b>Umbric horizont</b>	Je podobný horizontu mollic, ale jeho nasycenost bázemi je pod 50 %. J chudý na dusík a má méně příznivou strukturu (výskyt moderu).	Je zastoupen především na hydrogenních půdách.
<b>Ochric horizont</b>	Je světlý horizont s nedostatkem organických látek (pod 1 %). Humus je prezentovaný mulem nebo moderem.	Nachází se například u xerosolů (půdy polopouští) – FAO.

Ve sloupci „Výskyt“ jsou uvedeny názvy používané v klasifikaci FAO (Tabulka 11) a názvy půdních řádů užívané *U. S. Soil Conservation Service* (Tabulka 8–10) český název je uveden bez označení. Zpracováno s použitím (BUZEK & PÁNEK 2002)

**Tabulka 7:** Souhrn hlavních podpovrchových diagnostických horizontů

Název horizontu	Charakteristika	Výskyt
<b>Argillic horizont</b>	Vzniká akumulací jílu ilimerizací. Je zastoupen v horizontu B.	Illimerizované půdy u tropických půd tento horizont nacházíme u řádu ultisolů (AK) a u acrisolů a nitosolů (FAO).
<b>Natric horizont (označení podle Na)</b>	Je vázán na slancový proces. V jeho sorpčním komplexu je sorbováno více než 25 % Na. Jeho struktura je sloupkovitá.	Slance, Solonetz (FAO)
<b>Spodic horizont</b>	Má světle šedou barvu. Je spojen s podzolizací.	Podzolové půdy, Spodosoly (AK) a Podsol (FAO)
<b>Cambic horizont</b>	Je horizontem vnitropůdního zvětrávání (je možné ho srovnat s horizontem B). Bývá zbarven hnědě až rezivě uvolněným Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> a obsahuje více jílu.	Hnědé půdy Cambisolů (FAO)
<b>Oxic horizont</b>	Je podobný horizontu cambic, ale nachází se ve vlhkém subekvatoriálním a ekvatoriálním podnebí. Charakteristické je proně vysoké zvětrání (obsahuje málo primárních minerálů), ale vysoký podíl volných sesquoxidů. Jeho sorpční kapacita je nízká a na vzniku se podílí feralitizace.	Oxisoly (AK), nitosoly, ferasoly (FAO)
<b>Calcic horizont</b>	Vzniká druhotnou akumulací karbonátů	Černozemě (FAO), mollisolů (AK)
<b>Gypsic horizont</b>	Vzniká akumulací sádrovce	
<b>Salic horizont</b>	Je druhotně obohacený rozpustnými solemi	Solončaky (FAO)
<b>Albic horizont</b>	Typický eluviální horizont světlých barev	Planosoly (FAO)

Ve sloupci „Výskyt“ jsou uvedeny názvy používané v klasifikaci FAO (Tabulka 11) a názvy půdních řádů užívané *U. S. Soil Conservation Service* (Tabulka 8–10) český název je uveden bez označení. Zpracováno s použitím (BUZEK & PÁNEK 2002)



**Tabulka 8: Půdní řády – skupina 1**

<b>Skupina 1</b> – půdy s dobře vyvinutými horizonty nebo silně zvětralými primárními minerály. Vznikají za stálé půdní teploty i stálých hydrických poměrů	
<b>Oxisoly</b> ( <i>nitosoly</i> )	Velmi staré, hluboce zvětralé půdy, které se nachází v nízkých zeměpisných šířkách. Jsou typické značným <b>hromaděním železa a hliníku sesquioxidů</b> . Jsou velmi chudé na báze.
<b>Ultisoly</b> ( <i>acrisoly</i> )	Půdy s podobným rozšířením jako oxisoly + vlhké subtropy a monzunové oblasti JV Asie. Nachází se u nich podpovrchový horizont akumulace jílu – označovaný jako <b>argillic horizont</b> . Jsou chudé na báze.
<b>Vertisoly</b> ( <i>smonice</i> )	Půdy subtropických a tropických oblastí s vysokým obsahem zejména <b>montmorillonitu</b> . V suchých obdobích se v těchto půdách vytváří hluboké výsušné praskliny. Pro vývoj těchto půd je důležitý pohyb jednotlivých „půdních bloků“ po těchto plochách a pronikání částic, které u nich probíhá spláchnutím částic do prasklin z povrchu při deštích. Tímto procesem dochází k <b>hydrogennímu promíchávání</b> těchto půd.
<b>Alfisoly</b> ( <i>luvisoly, hnědozemě</i> )	Jsou rozšířeny v mnoha klimatických pásmech – od rovníkového po subarktický (humidní a subhumidní klima). Mají <b>vyvinutý argillic horizont</b> , bohatý na obsah bází. Dále se člení na podřády <b>Boralfs, Udalfs</b> ( <i>luvisoly – illimerizované půdy</i> ) a <b>Xeralfs</b> .
<b>Spodosoly</b> ( <i>podzisolys</i> )	Půdy chladného, vlhkého klimatu s dobře <b>vyvinutým E a B horizontem</b> chudým na obsah bází. Procesem jejich vzniku je <b>podzolizace</b> .
<b>Mollisoly</b> ( <i>mollisoly – černozemě</i> )	Půdy semiaridního a subhumidního klimatu, které jsou <b>typické pro stepi</b> . Mají mocně vyvinutý humusový horizont velmi bohatý na báze. Typickým půdotvorným procesem je <b>černozemní proces</b> .
<b>Aridisoly</b> ( <i>xerosoly</i> )	Půdy aridního klimatu s nízkým obsahem organického materiálu. Často jsou vyvinuté horizonty vzniklé <b>akumulací solí</b> .

Kurzívou (první sloupec) jsou uvedeny některé půdní typy podle klasifikace FAO a české názvy. Zpracováno s použitím STRAHLER & STRAHLER (2003) a BUZEK & PÁNEK (2002)

**Tabulka 9: Půdní řády – skupina 2**

<b>Skupina 2</b> – Půdy z velké části tvořeny organickým materiálem	
<b>Histosoly</b>	Půdy s velmi silným horizontem bohatým na organickou hmotu

Kurzívou (první sloupec) jsou uvedeny některé půdní typy podle klasifikace FAO a české názvy. Zpracováno s použitím STRAHLER & STRAHLER (2003) a BUZEK & PÁNEK (2002)

**Tabulka 10: Půdní řády – skupina 3**

<b>Skupina 3</b> – Půdy se slabě vyvinutými horizonty nebo bez horizontů; jejich minerální složení umožňuje další vývoj	
<b>Entisoly</b> ( <i>např. lithosoly</i> )	Půdy se slabě vyvinutými horizonty. K akumulaci jejich materiálu došlo působením recentních procesů.
<b>Inceptisoly</b> ( <i>Cambisoly, hnědé půdy resp. kambizemě</i> )	Půdy se slabě vyvinutými horizonty, jejich minerální složení umožňuje další vývoj působením zvětrávacích procesů.
<b>Andisoly</b>	Půdy se slabě vyvinutými horizonty. Obsahují velké množství sopečného skla a dalších produktů vulkanické činnosti.

Kurzívou (první sloupec) jsou uvedeny některé půdní typy podle klasifikace FAO a české názvy. Zpracováno s použitím STRAHLER & STRAHLER (2003) a BUZEK & PÁNEK (2002)

**Tabulka 11:** FAO klasifikace nejdůležitějších půdních typů

<b>Půdní typ</b>	<b>Charakteristika</b>
<b>Fluvisoly</b>	Nivní půdy s minimálně diferencovaným profilem
<b>Regosoly</b>	Surové (slabě vyvinuté) půdy, které se vyvinuly na nekonsolidovaných sedimentech (spraše, písky, šterky)
<b>Arenosoly</b>	Slabě vyvinuté půdy na převážně písčitém materiálu. Od regosolů se liší přítomností tenkých pásků s akumulací jílu.
<b>Gleyosoly</b>	Vznikají působením podzemní vody (pokud její hladina leží nehluboko pod povrchem). Dochází k oglejení a vzniku glejového horizontu.
<b>Rendziny</b>	Půdy, které se vyvinuly z karbonátových hornin. Mají humusový horizont do 50 cm tloušťky.
<b>Rankery</b>	Skeletové půdy vzniklé na silikátových horninách
<b>Andosoly</b>	Mladé půdy vzniklé z poměrně čerstvých sopečných popelů. Jsou typické přítomností sopečného skla a alofanu (amorfní jílový minerál), který dodává půdě kyprost a podporuje tvorbu humusu.
<b>Vertisoly</b>	Půdy bohaté na montmorillonit, silně nabobtnávají a smršťují se působením vody.
<b>Yermosoly</b>	Pouštní půdy v mírném, subtropickém a tropickém podnebí. Málo vyvinutý nebo žádný humusový horizont (vznikají při množství srážek asi pod 250 mm ročně).
<b>Xerosoly</b>	Půdy polopouští, které mají vyvinutý horizont <b>ochric</b> (z řeckého ochros – světlý) – světlý humusový horizont (obsah organických látek pod 1 %).
<b>Solončaky</b>	Půdy s nahromaděním lehce rozpustných solí.
<b>Solonetz (Slance)</b>	Mají značný obsah sodíku. Stejně jako solončaky vznikají v oblastech malého množství srážek, silného výparu a přítomnosti solí v matečné hornině (nebo její přítomnosti v podzemní vodě). Nacházejí u nich natric horizont.
<b>Planosoly</b>	Půdy na plošinách se špatným odtokem. Jsou poměrně hluboké. Mají výrazný horizont albic, který ostře přechází do hlouběji uloženého B horizontu. Při jejich vzniku se nejvýrazněji uplatňuje illimerizace.
<b>Kaštanozemě</b>	Mají kaštanově zbarvený humusový horizont (méně intenzivní hromadění humusu než u černozemí). Vznikají na přechodu mezi stepními a polopouštními oblastmi (nízkostébelné stepi).
<b>Černozemě (Chernozem)</b>	Půdy <b>stepních oblastí</b> s výrazně vyvinutým humusovým horizontem (mollic horizont – vznik humusu typu mul). Pod humusovým horizontem se často nachází illuviální horizont obohacený o karbonáty.
<b>Phaeozems (Feozemě)</b>	Degradované stepní půdy. Dostí nesourodá jednotka. Obsahuje některé subtypy černozemí, <b>prériové půdy – brunizemě</b> (které jsou více vylouhované než černozemě) a <b>lužní půdy (černice)</b> .
<b>Kambisoly</b>	Poměrně mladé půdy, u kterých je hlavní půdotvorný proces <b>vnitropůdní zvětrávání</b> primárních minerálů (tzv. <b>zajílení</b> ). Tím se <b>obohacuje půdní profil o jíl in situ (na místě)</b> . Patří sem hnědé lesní půdy (hnědé půdy) – <b>nejrozšířenější půdy v ČR</b> .
<b>Luisoly</b>	Vznikají především <b>illimerizací</b> ze spraší, polygenetických hlín (svahoviny), materiálu základních morén atd. Vyskytují se především v nížinách. Náleží sem např. <b>hnědozemě</b> a <b>illimerizované půdy</b> .
<b>Podsolumvisoly</b>	Přechod mezi podzoly a luisoly. Vznikají pod <b>smíšenými jehličnato-listnatými lesy</b> mírného pásma.
<b>Podsol (podzoly)</b>	Probíhá u nich <b>intenzivní podzolizace</b> . Mají výrazný E horizont <b>spodic</b> a iluviální horizont <b>spodic</b> . Vznikají <b>pod tajgou</b> . U nás pod horskými smrčínami (na Šumavě asi od 1 200 m n. m. v ostatních hraničních pohořích od 1 000 m n. m.).
<b>Acrisoly</b>	Silně zvětralé půdy <b>subtropického–tropického pásu</b> s horizontem argillic. Probíhá v nich intenzivní feritizace.
<b>Nitosoly</b>	Půdy <b>tropického podnebí</b> s nízkou sorpční kapacitou jílu v horizontu argillic.
<b>Ferasoly</b>	Feralitizované půdy
<b>Histosols</b>	Organické půdy (např. rašeliny)
<b>Lithosoly</b>	Surové půdy na zvětralinách

Zpracováno podle AHNERT (1998), MIČIAN IN HORNÍK AJ. (1986) a TOMÁŠEK (2000)

## 7.1 Oxisoly (řád)



Celkově slabě rozeznatelné jednotlivé horizonty (s výjimkou svrchního (tmavá barva).  
V profilu dominují načervenalé sesquioxidy Fe a Al.

**Obr. 11:** Oxisol, Havaj; převzato z STRAHLER & STRAHLER (2003)

Pro vznik těchto půd, které mohou být často **velmi hluboké** je důležité dlouhodobě stálé klima. Oxisoly se vyvíjí ve **vlhkém rovníkovém podnebí** (pod tropickými deštnými lesy), kde je velký nadbytek půdní vody, která pochází z četných srážek – v Africe a Jižní Americe. Jsou rozšířené také ve střídavě vlhkém klimatu savan, kde je výrazný sezónní nadbytek vody (rovněž v Africe a Jižní Americe).

Půdní minerály jsou zpravidla **velice silně zvětralé**. Převládají sesquioxidy železa a hliníku. Oxisoly mají **červenou, žlutou nebo žluto-hnědou barvu**. U **tropických a subtropických půd obecně platí, že půdy jsou zbarvené do žluta (pokud je klima stále vlhké) nebo do červena (pokud půda periodicky vysychá)**.

U oxisolů jsou horizonty zpravidla těžko rozlišitelné (s výjimkou horní tmavé vrstvy). V půdách je velké množství kořenů a bohatý edafon.

Proto je většina organických látek okamžitě rozložena a znovu odebírána velmi bohatou vegetací. Půdy jsou na živiny poměrně chudé. Při poměrně častém systému zemědělství – vypálení lesa a následné pěstování plodin – dochází k rychlému vyčerpání živin v půdě (zemědělec se musí stěhovat na jiný pozemek, kde se celý proces opakuje).

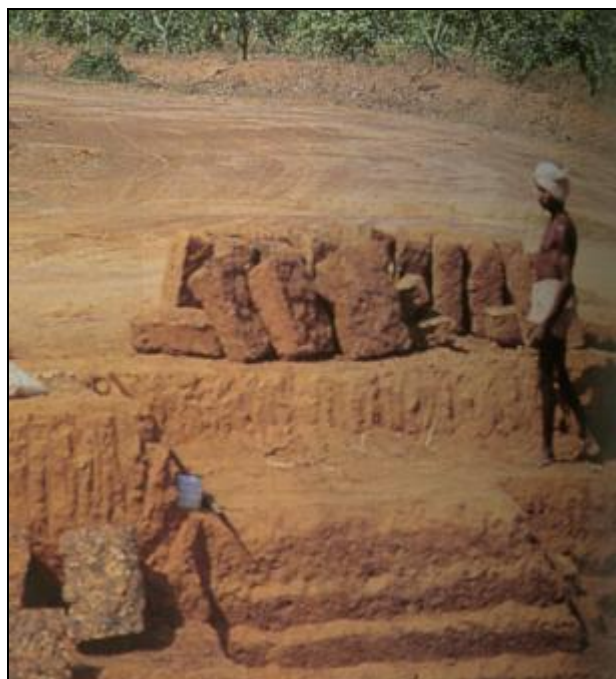
## 7.2 Ultisoly (řád)



Oproti oxisolům se v půdním profilu objevuje horizont akumulace jílu (argilic)

**Obr. 12:** Ultisol; převzato ze STRAHLER & STRAHLER (2003)

Ultisoly jsou velice **podobné oxisolům**, jak vnějším vzhledem, tak vývojem a částečně i rozšířením. Jejich barva je načervenalá až nažloutlá. Oproti oxisolům u nich nacházíme **B argillic** horizont **obohacený iluviální činností o jíly**. V některých oblastech se v ultisolech vyskytuje horizont bohatý na sesquioxidy. Tento horizont pokud se dostane na povrch vysycháním tvrdne. Tento materiál se nazývá **plinthit** (z řeckého plinthos – cihla) nebo **laterit** (z latinského later – cihla). V jihovýchodní Asii se tohoto materiálu hojně užívá ke stavbě obydlí.



**Obr. 13:** Laterity, které jsou typické vytvářením pevných pancířů ve svrchních vrstvách půdy, bývají těženy a využívány jako stavební materiál (Indie); převzato ze STRAHLER & STRAHLER (2003)

Ultisoly jsou široce rozšířeny v Jihovýchodní Asii a východní Indii. Další významné regiony jsou střední Amerika, východní Austrálie, Jižní Amerika a jihovýchod USA (vlhké subtropy).

### 7.3 Vertisoly



U vertisolů mají velký význam výsušné praskliny, které jsou na obrázku patrné v celém profilu

**Obr. 14:** Vertisol; Převzato ze STRAHLER & STRAHLER (2003)



Vertisoly jsou půdy velice rozdílné od oxisolů a ultisolů. Jsou převážně tmavě až černě zbarvené s vysokým podílem jílové složky (zejména montmorillonitu). Vysoký podíl těchto látek způsobuje **silné nabobtnání při zamokření a naopak smrštění při vysychání**. Při tomto procesu dochází k tvorbě **výrazných výsušných prasklin**, do kterých buď přímo napadají nebo jsou spláchnovány (při dešťových srážkách), částice z povrchu. Dochází tak k **hydrogennímu promíchávání půd** (oproti půdám chladných oblastí, kde dochází ke kryogennímu promíchávání).

Vertisoly jsou typické půdy pro savany – subekvatoriálního klimatu s výrazným suchým obdobím. Pro svůj vznik však **vyžadují vysoký obsah jílových minerálů v matečné hornině**, jejich výskyt na mapě půd světa je z toho důvodu nespojitý (resp. izolovaný).

Důležitým místem výskytu vertisolů je **plošina Dekan** v západní Indii. Tyto půdy pro svoje vlastnosti nejsou příliš vhodné pro zemědělskou výrobu – mazlavé a lepkavé při zamokření a tvrdé pro orbu primitivními nástroji při vyschnutí. Mají dobrý chemismus (neutrální pH a vysoký obsah bází). Proto se pedologové domnívají, že za použití moderních metod bude možné je využít pro zemědělskou výrobu ve větší míře. V současné době se využívají zejména pro pěstování bavlníku.

U nás se nazývají **smonice** a svým výskytem jsou omezeny především na Podkrušnohorské pánve resp. na **Chomutovsko**. Jedná se o ojedinělý výskyt ve střední Evropě (kde je centrem jejich výskytu zejména Balkánský poloostrov). Na Chomutovsku se vyvinuly na třetihorních montmorillonitických jílech, původně pod teplomilnými doubravami. Přes svoje nepříznivé fyzikální vlastnosti jsou intenzivně zemědělsky využívány (například **pěstování pšenice** – nejsou vhodné pro **cukrovku**). Zajímavým příkladem je pěstování hrušní.

## 7.4 Alfisoly



- Ap** humusový horizont poznamenaný orbou
- E** eluviální ochuzený horizont
- B** argilic iluviální horizont obohacený o jílové částice a seskvioxydy
- C** matečná hornina

**Obr. 15:** Alfisol (Michigan USA); převzato ze STRAHLER & STRAHLER (2003)

**Alfisoly** jsou typické přítomností horizontu **argilic**, který vzniká **iluviací**. Oproti B horizontu ultisolů je u těchto půd **iluviální horizont bohatší na jílové minerály**, které jsou **schopné zadržovat báze jako vápník a hořčík**. Obsah bází v půdě je tedy celkově vyšší. Nad obohaceným B horizontem se nachází **světlý E horizont**, který je eluviací ochuzován o jílové minerály a seskvioxydy. Tento materiál se naopak **koncentruje v obohaceném B horizontu**.

Rozšíření alfisolů je extrémně široké. V Evropě a Severní Americe jsou tyto půdy rozšířeny až do 60° s. š. v Jižní Americe a Africe se nachází i v rovníkové oblasti. Tyto půdy jsou poměrně bohaté na báze a jsou zemědělsky relativně hodně produktivní. V tak širokém rozšíření, které zahrnuje několik podnebných pásem je vyvinuto mnoho podřádů a typů těchto půd. V řádu alfisolů se proto vymezují čtyři **výrazné podřady – Boralfs, Udalfs, Ustalfs a Xerals**.

**Boralfs** jsou alfisoly **chladného (boreálního) klimatu** v Severní Americe a Eurasii. Mají **šedý E horizont a hnědavý spodní B horizont**.

**Udalfs** jsou nahnědlé alfisoly **středních šířek**. V Severní Americe, Evropě a východní Asii jsou spojené s oceánským a přechodným typem klimatu.

**Ustalfs** jsou nahnědlé až načervenalé půdy **subtropických oblastí**. V ekvatoriální oblasti jsou vázané na **tropické klima se střídavými obdobími dešťů a sucha**.

**Xeralfs** jsou nahnědlé až načervenalé alfisoly **subtropického klimatu** s chladnou a vlhkou zimou a teplým a suchým létem.

U nás mezi tyto půdy řadíme **hnědozemě a illimerizované půdy**. **Hnědé půdy**, které jsou asi nejrozšířenějším půdním typem u nás a které obvykle nemají vyvinutý E horizont by po delší době přešly v jeden z výše jmenovaný půdní typ (jedná se o poměrně mladé půdy – viz níže).

## 7.5 Spodosoly (podzoly)



- A** humusový horizont
- E** výrazný eluviální (albic) horizont
- B** obohacený illuviální horizont (spodic) tmavá svrchní část

**Obr. 16:** Spodosol (Francie); převzato ze STRAHLER & STRAHLER (2003)

Spodosoly jsou půdy, které se z hlediska globálního rozšíření, nachází pod porosty tajgy. Jsou typické přítomností **výrazného podzolového (světlého) horizontu**, který se nazývá **spodic horizont**. Spodosoly jsou **velmi kyselé** a mají malý obsah látek důležitých pro výživu rostlin jako je vápník a hořčík. Jsou chudé i na humus. Jejich O vrstva je výrazně oddělená od vrstev níže položených. Z humusových látek převládají především fulvokyseliny, které působí poměrně intenzivní rozklad primárních minerálů.

Tyto půdy jsou poměrně hodně mladé (nachází se převážně na místech, kde se v pleistocénu nacházel kontinentální ledovec).

Pro zemědělskou výrobu jsou nevhodné (**pěstování brambor**). Pro vysokou kyselost je důležité vápnění.

## 7.6 Mollisoly



**Ap** humusový horizont poznamenaný orbou  
**Bt** illuviální horizont s vyšší koncentrací  $\text{CaCO}_3$   
Níže matečná hornina – nejčastěji spraše

**Obr. 17:** Mollisol (Ukrajina); převzato ze STRAHLER & STRAHLER (2003)

Mollisoly jsou půdy, které vznikají pod travnatými porosty **mírného pásma (stepi)**. Jejich matečnou horninou jsou spraše a jim podobné materiály. Hlavní pedogenetický proces je humifikace – tvorba **humusu typu mul** (tzv. černozemní půdotvorný proces). Mají **silný tmavě hnědý–černý humusový horizont (mollic)**, vždy silnější než 25 cm. Dochází také ke slabé degradaci a **hromadění Ca v horizontu**, který je uložen pod horizontem humusovým (iluviální horizont  $\text{Ca}=\text{B}_k$ ).

Černozemě jsou asi nejurodnější půdy na světě (za určitých podmínek ale mohou mít hnědozemě větší výnosy, protože mají lepší vlastnosti v hospodaření s vodou – černozemě rychleji vysychají).

## 7.7 Aridisoly



**Bt** illuviální horizont (akumulace jílových minerálů z výše položeného A horizontu).  
Světle zbarvený horizont představuje tzv. **salic horizont** (akumulace solí)

**Obr. 18:** Aridisol (Colorado, USA); převzato ze STRAHLER & STRAHLER (2003)

Aridisoly se vyvíjí v oblastech, kde **trvá pouštní klima dlouhá období**. Obsah humusu v těchto půdách je malý – barva kolísá od světle šedé k světle červené. Půdní horizonty nejsou příliš dobře vyvinuty. Důležitá je však existence světlého horizontu **salic**. Dominantním prvkem, který převládá ve vzlínajících solích je sodík, který způsobuje **extrémně alkalickou reakci těchto půd**.

## 7.8 Histosoly

Jsou **rašelinné půdy organického původu**. Mocnost rašelinového horizontu musí být více než 50 cm. Rozlišujeme: **vrchovištní a slatinné rašelinné půdy**.

**Slatinná rašelinná půda** vzniká při zarůstání vodních nádrží. Kromě rašeliníku je důležitý podíl ostřic (*Carex*), olší (*Alnus*) a vrb (*Salix*) a některých druhů mechů (viz výše). Jejich reakce je neutrální až mírně kyselá. Jejich vysoušením lze získat poměrně kvalitní půdy, i když slatiny je třeba v současné době chránit jako cenná společenstva, která výrazně zvyšují biodiverzitu krajiny.

**Vrchovištní rašelinná půda** vzniká na vrstvě vrchovištní rašeliny. Mech rašeliník (*Sphagnum* sp.) má jedinečnou schopnost přirůstat v horních partiích, i když spodní části rostliny postupně zetlívají v silně provlhčeném prostředí. Tímto způsobem rašeliníky vytváří až několika metrovou vrstvu rašeliny. Rašelinná půda vzniká na této vrstvě tedy bez kontaktu s minerálním podložím. Je velmi chudá na minerály a má silně kyselou reakci.

## 7.9 Entisoly

Entisoly jsou půdy bez výrazně vyvinutých půdních horizontů. Tato skutečnost může být způsobena dvěma důvody:

- nepříznivé poměry matečné horniny k vývoji půdních horizontů (například křemenný písek, který výrazně odolává zvětrávání)
- jedná se o materiál, který byl uložen recentními pochody (především aluvia)

Obecně platí, že entisoly jsou hospodářsky velice špatně využitelné půdy. Zejména v subarktické zóně a tropických pouštích. Výjimkou jsou aluvia v oblastech delt a údolních niv (*flood plain*), které naopak mohou být velmi úrodné (na jejich úrodnosti bylo např. založeno hospodářství starověkého Egypta).

## 7.10 Inceptisoly

Na rozdíl od entisolů u těchto půd můžeme rozeznat slabě vyvinuté horizonty. Je to proto, že se jedná o půdy velmi mladé (nachází se například v každoročně zaplavovaných nivách nebo deltách), kam povodně každoročně naplavují nový materiál. Na vývoj půdních horizontů není tedy dostatek času.

Nachází se zejména v nivách velkých řek Jižní Ameriky a JV Asie (stejně tak v deltách zde protékajících velkých řek). Mají velký význam, protože poskytují obživu obrovskému množství obyvatel.

## 7.11 Andisoly

Andisoly jsou půdy, jejichž matečná hornina obsahuje více než polovinu sopečného skla a převahu sopečného popela, který dává půdě typickou černou barvu. Typický je velký podíl alofánu (amorfní jílový minerál), který dodává půdě kyprost a podporuje tvorbu humusu.

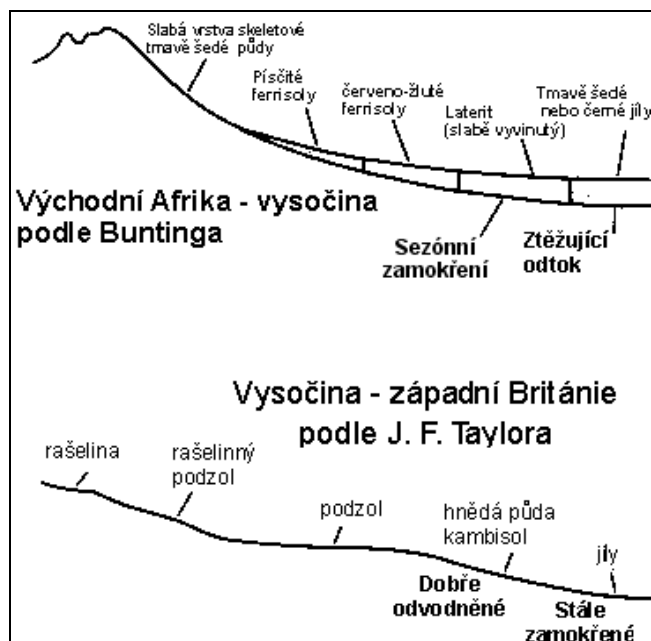
Tyto půdy se vyskytují v okolí vulkánů (v celosvětovém měřítku je významný „ohnivý kruh“ obklopující Tichý oceán).

## 8 Půdní katéna

Vznik půd je velice silně závislý na půdotvorných faktorech a podmínkách půdotvorného procesu. Tak mohou i na jednom svahu, jehož podloží je petrologicky homogenní, vznikat různé půdní typy. Jejich vznik je ovlivňován zejména variabilitou hydrologických poměrů (kvalita odvodnění resp. míra zamokření dané lokality) a intenzitou svahových pochodů. Tento jev se nazývá **půdní katéna** (*catena*).

V původním pojetí je podmínkou vymezení katény homogenní horninové podloží. V pozdějších výkladech je tento pojem používán i pro linie, které přecházely přes různý petrologický podklad.





Obr. 19: Ukázky půdních katén podle MAYHEW (1997)

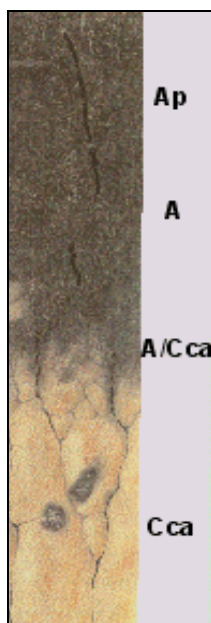
Z uvedeného je zřejmé, že i na poměrně malém území může dojít k velké diferenciaci půdních typů. Taková situace je i na území České republiky. V následující kapitole se budeme věnovat hlavním půdním typům, které se nachází na území ČR. Pro rozbor půd na podstatně menším území je nutné, oproti globálnímu pohledu, výrazně zvětšit měřítko.

Půdní druhy, které jsme popisovali v měřítku celého světa dále dělíme na poddruhy (např. boralfs, udalfs, ustalfs a xeralfs u alfisolů) a tuto jednotku ještě na „velké skupiny půd (*Great Soil Groups*), které odpovídají našim půdním typům, které použijeme pro charakteristiku půd ČR.

## 9 Hlavní půdní typy ČR

Na území ČR zasahují tyto hlavní půdní typy: **černozem, černice, smonice (viz vertisoly), šedozem, hnědozem, illimerizovaná půda, pseudoglej, surová půda, ranker, rendzina, terra fusca, pararendzina, arenosol, pelosol, hnědá půda, rezivá půda, podzol, nivní půda, glej a rašeliništní půda (viz histosoly).**

### 9.1 Černozemě



**Ap** humusový horizont poznamenaný orbou

**A** humusový horizont, který zasahuje do hloubky 60–80 cm. Vyznačuje se vodostálou strukturou (mul) a hojným edafonem.

**Cca** půdotvorný substrát s přítomností karbonátů (v tomto případě spraš)

Od typických černozemí rozeznáváme tzv. degradované černozemě s náznakem iluviálního B horizontu na přechodu do substrátu.

Obr. 20: Černozem typická na spraši; převzato z TOMÁŠKA (2000)

U nás se nachází v nejsušších a nejteplejších oblastech, kde vznikly pod stepí a lesostepí. Jejich skladba je dnes udržována zemědělskou kultivací (z důvodu změny klimatu by přešly v jiný typ).

Matečnou horninou jsou převážně **spraše, ale i slíny** (zvětraliny slínovců), **vápnité terciární jíly** nebo vápnité písky. Jejich výskyt nepřesahuje 300 m n. m.

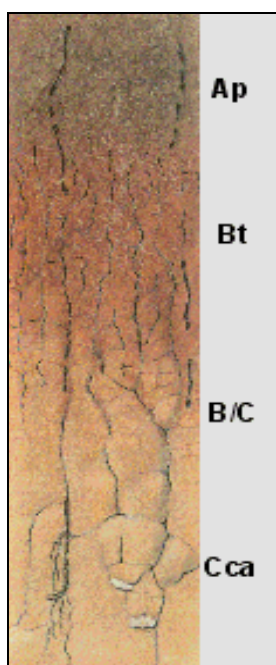
Převládající půdotvorný proces při jejich vzniku je **humifikace (resp. černozemní půdotvorný pochod)**. Pro černozemě je typické slabé vyplavování  $\text{CaCO}_3$  a vznik **iluviálního horizontu  $B_{Ca}$** .

V současné době jsou téměř bez výjimky využívány jako zemědělské půdy. Pěstují se na nich: **cukrovka, kukuřice, pšenice, ječmen a vojtěška**.

## 9.2 Šedozemě

U nás málo rozšířený typ (nachází se zejména na Královéhradecku a na Hané). Tento typ půd vznikl pod **lesostepní vegetací** (větší srážky než u černozemí). Převládající půdotvorný proces při jejich vzniku je **humifikace**, ale částečně též relativně výrazná **illimerizace**.

## 9.3 Hnědozemě



**Ap** humusový horizont poznamenaný orbou.

Pod humusovým horizontem leží (u původních hnědozemí) zesvětlený eluviální horizont, který je orbou zpravidla zlikvidován.

**Bt** iluviální (obohacený o jílovitou substanci) horizont texturní; nachází se v hloubce 30–50 cm.

**Cca** matečná hornina bohatá na  $\text{CaCO}_3$  (spraš).

Obr 21: Hnědozem (typická) na spraši; převzato z TOMÁŠEK (2000)

Tyto půdy se vyskytují v oblastech s průměrným ročním úhrnem srážek 500–700 mm a průměrnou roční teplotou 7–9 °C. Nejvíce jsou rozšířeny 200–450 m n. m.

Vznikaly původně pod **dubohabrovými lesy**. Půdotvorným substrátem je nejčastěji **spraš, dále sprašová hlína, ale i smíšená svahovina (polygenetická hlína)**. Hlavním půdotvorným procesem je **illimerizace**, která však probíhá méně výrazně než u illimerizovaných půd.

Pod humusovým horizontem se nachází E (eluviální horizont) – většinou zlikvidován orbou. Pod ním je B iluviální horizont obohacený o jílovou substanci.

Hnědozemě jsou velmi dobré zemědělské půdy. Proti černozemím mají nevýhodu v menším obsahu humusu, ale jejich výhodou je menší vysychání. Nejvhodnějšími plodinami, které je na nich možné pěstovat jsou především **obiloviny (pšenice a ječmen) a dále cukrovka a vojtěška**.

### 9.3 Illimerizované půdy



**Ap** humusový horizont poznamenaný orbou  
**E** silně vybělený horizont eluviální.  
**Bt** iluviální horizont obohacený jílem. Protože je hůře propustný může způsobovat **oglejení**. Dokladem zamokření je přítomnost **bělošedých jazyků v profilu**.  
**C** matečná hornina – sprašové hlíny a smíšené svahové sedimenty.

**Obr. 22:** Illimerizovaná půda typická; převzato z TOMÁŠKA (2000)

Illimerizované půdy jsou výrazně rozšířeny v pahorkatinnách a vrchovinách (250–650 m n. m.). Roční úhrny srážek se pohybují v rozmezí 550–900 mm a průměrná roční teplota mezi 6–8 °C. Tyto půdy vznikaly především pod **kyselými doubravami a bučinami**. Matečným substrátem jsou **sprašové hlíny, smíšené svahoviny** případně **středně těžké glaciální sedimenty**. Vzhledově jsou poněkud podobné podzolům a dříve od nich nebyly rozeznávány, i když rozdíl je velmi podstatný.

Převažujícím půdotvorným procesem je **illimerizace**, která se zde uplatňuje podstatně výrazněji než u hnědozemí. Pod humusovým horizontem leží výrazný **horizont eluviální**, který není pouze zesvětlen (jako u hnědozemí), ale je silně vybělen. Pod ním leží **rezivohnědý iluviální horizont**, který bývá dosti hluboký.

Typickým znakem těchto půd je **oglejení**, kdy hůře propustný horizont zadržuje srážkovou vodu a způsobuje přemokření svrchních částí půdního horizontu.

Z hlediska zemědělského využití již tyto půdy nejsou tak kvalitní (využívají se k pěstování **pšenice nebo ječmene, dále jetele či vojtěšky**).

### 9.4 Pseudogleje

Pseudogleje jsou půdy s podobným výskytem jako illimerizované půdy, ale nacházíme u nich **výraznější oglejení**. Půdotvorným substrátem jsou nejčastěji **sprašové hlíny, smíšené svahoviny, hlinité a jílovité ledovcové uloženiny** atd. Vznikají na méně členitém reliéfu – u nás především v Jihočeských pánvích a Chebské pánvi (v těchto případech jsou matečnou horninou smíšené písčito-jílovité zejména terciární sedimenty).

Hlavní půdotvorný proces je oglejení, kterému zpravidla předchází illimerizace.

## 9.5 Hnědé půdy



**Ap** humusový horizont poznamenaný orbou  
**Bv** horizont vnitropůdního zvětrávání (dochází ke zvětrávání primárních minerálů a tzv. zajílení).  
**C** matečná hornina – v tomto případě proterozoické břidlice

**Obr 23:** Hnědá půda (typická) na břidlici; převzato z TOMÁŠKA (2000)

Představují na našem území **nejrozšířenější půdní typ**. Vyskytují se v oblastech s 500–900 mm srážek za rok a s průměrnou roční teplotou 4–6 °C. Nejvíce jsou rozšířeny asi 450–800 m n. m.

Původní vegetací byly **listnaté lesy (dubohabrové–horské bučiny)**. Jako podklad se projevují **téměř všechny druhy hornin**. Jsou vázané na poměrně **členitý reliéf**.

Hlavním půdotvorným pochodem při jejich vzniku je **vnitropůdní zvětrávání (zajílení)**. Jde o vývojově mladé půdy, které by v méně členitých terénních podmínkách přešly v hnědozem nebo illimerizovanou půdu, podzol atd.

Pod jejich humusovým horizontem leží hnědě až rezivohnědě zbarvená poloha, v které probíhá intenzivní zajílení. Celkově je jejich profil poměrně mělký, a skeletovitý (zejména ve spodní části).

Hlavními subtypy hnědých půd jsou:

**Hnědá půda eutrofní** – vyskytuje se na bazických horninách (spility, čediče). Mají velký obsah humusu a příznivější půdní reakci.

**Hnědá půda typická** – nižší obsah humusu a horší půdní reakce; nejrozšířenější do 400 m n. m.

**Hnědá půda kyselá** – oproti předešlé nápadný posun půdní reakce (400–600 m n. m.).

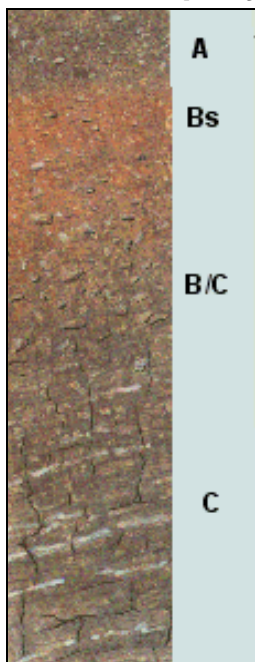
**Hnědá půda silně kyselá** – silně kyselá půdní reakce (nad 600 m n. m.)

**Hnědá půda oglejená a glejová** – zjišťujeme stopy oglejení a glejového procesu.

Na rezivých půdách se pěstují především **brambory**, dále pak nenáročné obiloviny (**žito, oves**) a **len**.



## 9.6 Rezivé půdy



**A** humusový horizont

**Bs** iluviální horizont (podzolový), ve kterém probíhá intenzivní vnitropůdní zvětrávání (zajílení). Je zbarvený volnými oxidy Fe (ve svrchní části i humusem). Na rozdíl od podzolů nejsou v profilu tyto částice přemísťovány. Přesto tento proces považujeme za počátek podzolizace.

**C** matečná hornina (v tomto případě rula)

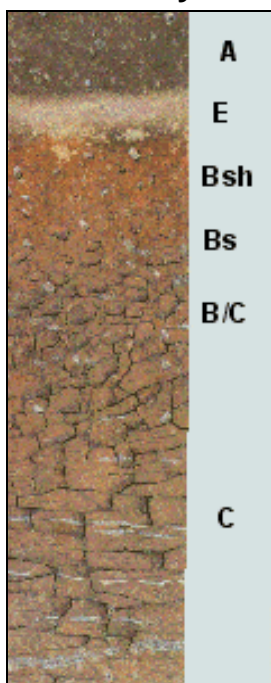
**Obr. 24:** Rezivá půda na rule; převzato z TOMÁŠKA (2000)

Rezivé půdy se vyskytují nejčastěji nad 800 m n. m. Vznikají pod kyselými horskými bučinami v chladném a vlhkém klimatu na členitém reliéfu (horské svahy). Jako půdní substrát se u nás uplatňují nejčastěji **zvětraliny kyselých metamorfik**.

Hlavní půdotvorný proces je **vnitropůdní zvětrávání**, které je provázeno výrazným uvolňováním seskvioxidů (Fe, Al), které však nejsou na rozdíl od podzolů v půdním profilu přemísťovány. Jejich profil je stejně jako u hnědých půd poměrně mělký a **výrazně skeletovitý ve spodní části**.

Mají vysokou kvalitu jako **lesní půdy**. V zemědělské produkci jsou vhodné pro **pícniny a trvalé travní porosty**.

## 9.7 Podzoly



**A** humusový horizont (často s mocnou vrstvou surového humusu)

**E** eluviální horizont (zcela vybělený)

**B** iluviální horizont, který se zpravidla skládá ze dvou částí:

1. svrchní, tmavější s akumulovanými organickými látkami Bsh
2. spodní – rezivá, která vznikla nahromaděním trojmocného železa a níže i hliníku Bs

**C** matečná hornina (v tomto případě rula)

**Obr. 25:** Podzol na rule; převzato z TOMÁŠKA (2000)

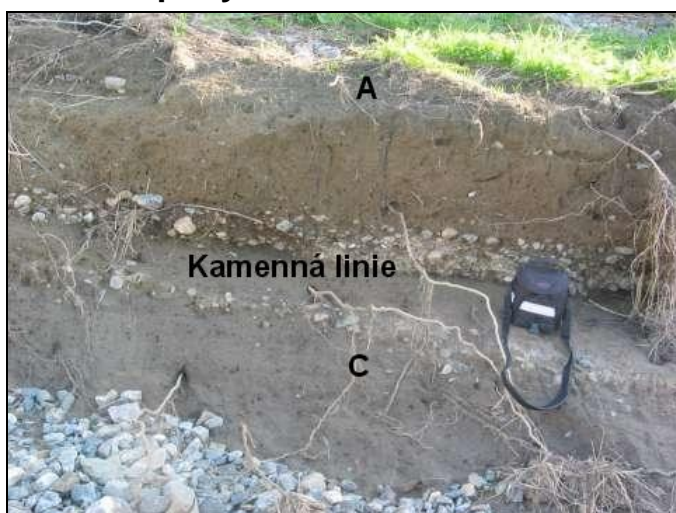
Podzoly nacházíme v horských polohách nad 800 resp. 1 000 až 1 200 m n. m. Průměrná roční teplota je 0–6 °C, srážky často přesahují 800 mm. Vznikají zejména pod jehličnatými lesy (horské smrčiny (*Piceetum*)).

Matečným substrátem jsou zpravidla slabší horniny (**žuly, ruly, svory**). Hlavním půdotvorným procesem je **intenzivní vyplachování (podzolizace)**. Ve velmi kyselém prostředí se za přítomnosti fulvokyselin rozkládají primární materiály a oxidy Fe a Al stejně jako humusové látky a přemísťují se do podloží.

Pod humusovým horizontem leží vybělený **eluviální horizont**, který hlouběji přechází ve výrazný horizont **iluviální**. Ten se skládá ze dvou částí. Svrchní, která je méně mocná je **tmavě zbarvená** (usazují se zde humusové částice) a **spodní rezivé**, ve které se hromadí sloučeniny železa a hliníku.

Pro zemědělskou výrobu jsou podzoly nevhodné, mohou se uplatňovat jako **pastviny**. Jako **lesní půdy** mohou být poměrně hodně produktivní.

## 9.8 Nivní půdy



**A** humusový horizont  
**C** světle hnědá písčité zemina  
Kamenná linie (*stone line*) vznikla  
naplavením štěrkovitého materiálu během  
výraznější povodně

**Obr. 26:** Nivní půda typická (na nivní uloženině) Plzeň – Koterov 2002; foto P. Mentlík

Nivní půdy vyplňují plochá dna říčních údolí a u nás jsou rozšířeny zejména v nížinách. Jedná se o vývojově velmi mladé půdy (půdotvorný proces je přerušován záplavami, které přináší nový materiál).

### Rozlišujeme:

**Vegy** – v nivě výše položené, relativně vyztřelé půdy, které jsou zaplavovány jen mnohaletými vodami.

**Paterie** – písčité nivní půdy, které jsou zaplavovány v intervalech 5–10 let.

**Rambly** – štěrkovité až kamenité půdy, které se nachází v sousedství současných toků, zaplavované téměř každoročně.

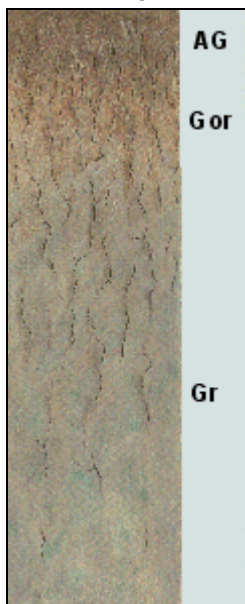
## 9.9 Černice

Černice se nachází zejména v nižších polohách (v Polabí a na jižní Moravě). Jejich původní porosty jsou **olšiny nebo vlhké louky typu slatin**. Matečný materiál tvoří **vápnité nivní sedimenty, zvětraliny slínovců** nebo materiál nízkých **říčních teras**. Vyskytují se nejčastěji při **vnějších okrajích niv**.

Hlavním půdotvorným procesem vzniku těchto půd je **humifikace** (před odvodněním často rašelinění).

Pokud jsou černice odvodněny, jedná se o neobyčejně úrodné půdy. Vhodné pro pěstování **cukrovky, pšenice** a zejména **zeleniny**.

## 9.10 Gleje



**AG** humusový horizont se znaky glejového procesu  
**Gor** Glejový horizont oxidačně-redukčního charakteru  
**Gr** glejový horizont redukčního charakteru

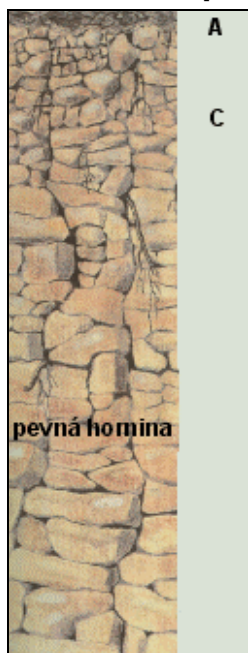
**Obr. 27:** Glej (typický) na deluviofluviální uloženině; převzato z TOMÁŠKA (2000)

Gleje jsou rozšířeny po celém území ČR – zejména v nivách vodních toků a zamokřených úpadech. Substrátem jsou **nevápnité nivní uloženiny a deluviální splachy**.

Hlavním půdotvorným procesem, který působí při vzniku těchto půd je **glejový pochod**. Pod povrchovou vrstvou humusu leží **glejový horizont**, který je ovlivněný trvalou vysokou **hladinou podzemní vody**. Tento horizont vzniká redukčními pochody, které působí za trvalého zamokření a přítomnosti organických látek. Trojmocné železo je redukováno na dvojmocné, způsobující zbarvení půdy do zelenavých a modravých odstínů. Typický je nepříjemný zápach po sirovodíku.

Gleje mohou sloužit jako **louky** (nejsou zemědělsky příliš cenné).

## 9.11 Surové půdy



Pouze slabá vrstva humusu **A**, která nasedá přímo na substrát **C**.

**Obr. 28:** Surová půda na křemenci ; převzato z TOMÁŠKA (2000)

Surové půdy se nachází všude, kde na povrch vystupuje skalní podloží. Jako substrát se uplatňují **eluvia** většinou **bezkarbonátových hornin**. Hlavním půdotvorným procesem je **nevýrazná humifikace**. Slabý humusový horizont nasedá přímo na regolit.

## 9.12 Rankery

Vznikají na **kamenitých až balvanitých deluvních nekarbonátových hornin**. Původní vegetace jsou suťové lesy na severních svazích).

Půdotvorný proces je intenzivní **humifikace**. Vrstva humusu bývá poměrně silná. Mají velký obsah skeletu. Využívají se jako produktivní **lesní půdy**.

## 9.13 Rendziny

Vznikají na **vápnitých horninách**. Původními porosty u nás jsou zejména šípákové doubravy až reliktní bory. Reliéf bývá poměrně členitý (krasový reliéf).

Hlavním půdotvorným procesem je **humifikace**. Výrazným znakem je přítomnost  $\text{CaCO}_3$  v celém profilu (v některých případech bývá horní část profilu o  $\text{CaCO}_3$  ochuzena).

Tyto půdy jsou velmi skeletovité, mělké a snadno vysychají. Půdní reakce je neutrální až zásaditá, sorpční komplex dobrý.

Rendziny je možné využít k zejména k zakládání **sadů a vinic**. Dalším půdním typem, který je určitou obdobou hnědých půd na vápencovém podkladu jsou **pararendziny**.

## 9.14 Terra fusca

**Terra fusca** je spolu s **terra rossou** představitelem **terae calcis** (reliktních vápnitých půd) a je sporadicky rozšířena v našich krasových oblastech, kde se střídá s rendzinami. Jedná se o reliktní půdu, která vznikla pod lesními porosty v teplejších a vlhčích podmínkách než jsou dnes.

Svrchní část půdního profilu je silně odvápněná (kyselá půdní reakce), hlubší podloží je naopak výrazně vápnité. Pod humusovou vrstvou se nachází nažloutlý až načervenalý půdní horizont (limonitické formy železa).

## 9.15 Další půdní typy

**Arenosoly** – půdy, které se vyvinuly na písčitém podkladu (např. naváté písky).

Převládající půdotvorný proces je humifikace, která probíhá v nejsvrchnější kultivací ovlivněné horní části. Humusový horizont zpravidla přímo nasedá na substrát.

**Pelosoly** – nepřilíši hojné půdy, které vznikají na horninách, které jsou bohaté na jílové minerály (jílovce). Pro kraje, které jsou ovlivněné slínovci je typické střídání světlé a tmavé ornice.

**DOPORUČENÁ LITERATURA: (STRAHLER, A. & STRAHLER, A. 2003), (TOMÁŠEK 2000), (SMOLÍKOVÁ 1982), (MIČIAN, L. IN HORNÍK, S. AJ. 1986), (KACHLÍK, V., CHLUPÁČ, I. 2001) A (JENÍK, J. 1996), (BUZEK, L. & PÁNEK, T. 2002).**

### Použitá literatura:

AHNERT, F. 1996. Introduction to Geomorphology. London : Arnold. 352 p. ISBN 0-340-69259-6.

BUZEK, L., PÁNEK, T. 2002. Základy pedologie a pedogeografie. Ostrava : OU PpF v Ostravě. (skriptum). 149 s. ISBN 80-7042-827-9.

DEMEK, J. (ed.) 1971. Manual of Detailed Geomorphological Mapping. Praha : Academia.

HORNÍK, S. AJ. 1986. Fyzická geografie 2. Praha : SPN. 320 s.

JENÍK, J. 1996. Ekosystémy (úvod do organizace zonálních a azonálních biomů). Praha : UK Praha (skriptum). 135 s. ISBN 80-7184-040-8.

KACHLÍK, V., CHLUPÁČ, I. 2001. Základy geologie, historická geologie. Praha : Karolinum. (skriptum). 342 s. ISBN 80-246-0212-1.

KALINA, T. 1994. Systém a vývoj sinic a řas. Praha : UK Praha. (skriptum). 165 s. ISBN 80-7066-854-7.



MAYHEW, S. 1997. Dictionary of Geography. New York : Oxford University Press. 460 p. ISBN 0-19-280034-5.

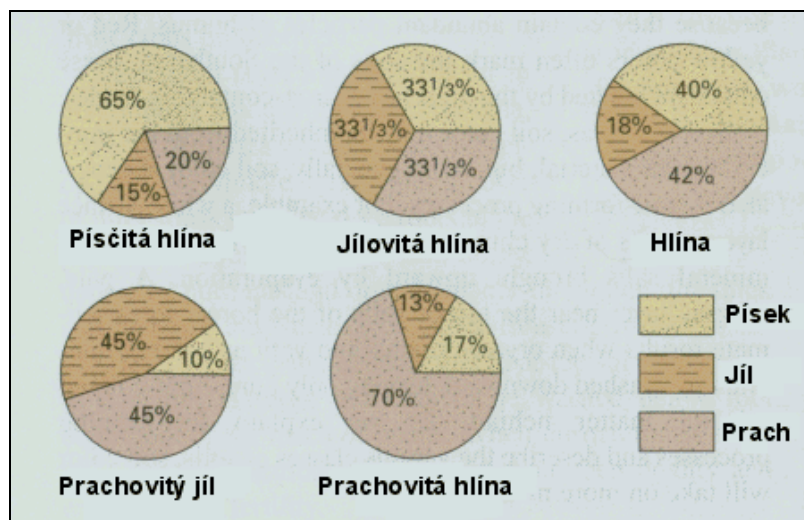
MORAVEC, J. AJ. 2000. Fytocenologie. Praha : Academia. 403 s. 1. vyd. (dotisk). ISBN 80-200-0128-X.

SMOLÍKOVÁ, L. 1982. Pedologie I a II. Praha : UK v Praze. (skriptum). 1. vyd. 284 s.

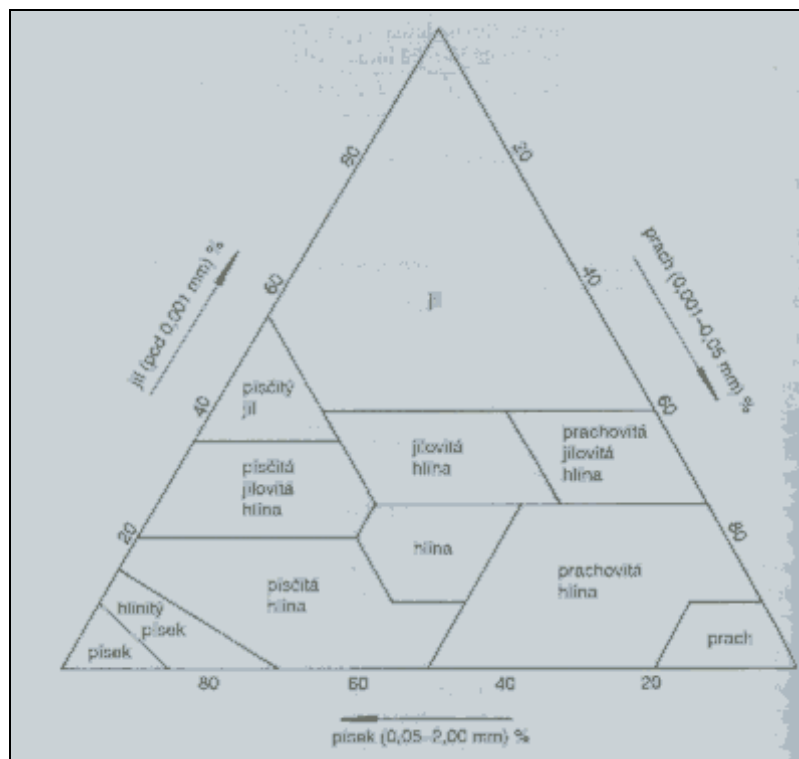
STRAHLER, A. & STRAHLER, A. 2003. Introducing Physical Geography. New York : John Wiley & Sons. 3th edition. 684 p. ISBN 0-471-23800-7.

TOMÁŠEK, M. 2000. Půdy České republiky. Praha : ČGÚ. 67 s. ISBN 80-7075-403-6.

ZIMÁK, J. 1993. Mineralogie a petrologie. Olomouc : UP v Olomouci. (skriptum). 201 s. ISBN 80-7067-236-6.



**Příloha A:** Diagram ukazuje různé třídy půdních textur podle poměru tří základních složek (písku, jílu a prachu); upraveno podle (STRAHLER & STRAHLER 2003)



**Příloha B:** Trojúhelníkový diagram rozčleňující textury půd; podle TOMÁŠKA (2000)

