

# POJEM PŮDY

## 1. Vymezení pedologie

**Pedologie** – součást vědy o půdě, zabývající se genezí, vývojem půd a charakteristickými vlastnostmi půdních individuí a pedosféry. Pedologie se snaží o syntézu výsledků srovnávacích a experimentálních výzkumů do charakteristik procesů, vlastností a režimů konkrétních půdních jednotek.

1. Teoretické aspekty pedologie - na základě srovnávacích a experimentálních výzkumů se rozvíjí diagnostika, základní klasifikace a systematika půd.
2. Praktické aspekty pedologie – studium vztahů půd k faktorům a podmínkám vnějšího prostředí, klasifikace půdních areálů a zákonitosti jejich rozšíření. Pedologie je teoretickým základem půdní kartografie a geografie půd.

Základní klasifikace půd – třídění poznatků o chování půd z hlediska rostlinné výroby a jiných způsobů využívání půdy.

Interpretace půdní klasifikace a půdních map pro praktické účely - vztah na veškeré funkce půdy v ekosystému a v lidské společnosti:

- a) výrobní funkce (produkční potenciál, potenciál využití, zúrodnění a ochrany půd)
- b) sanitární funkce (interpretace z hledisek zatížení půd a ochrany životního prostředí)
- c) funkce půdy v hydrologickém cyklu, v retenci vody, regulaci odtoku a složení podzemních vod
- d) funkce půdy v cyklu vývoje reliéfu (interpretace pro ochranu půd před erozí a svahovými pohyby)
- e) ostatní funkce (interpretace pro ochranu půdy před záborů, stavební interpretace)

Pedologie – výrazně interdisciplinární obor, základní disciplíny:

- a) půdní fyzika
- b) chemie
- c) mineralogie
- d) biologie

## 2. Pojem půdy

**Definice půdy** – nejednotná. Jedná se o nejsvrchnější pokrývku většiny terestrických oblastí světa, jejíž mocnost se pohybuje v rozmezí od několika mm do mnoha metrů. Definice půdy:

1. Půda je zvětralý materiál zemského povrchu, který může, ale i nemusí obsahovat organickou složku a často obsahuje vzduch a vodu
2. Půda je přírodní útvar obsahující minerály, organickou složku, žijící organismy, vzduch a vodu ve vzájemných vztazích podmíněných fyzikálními, chemickými a biologickými procesy (**genetická definice** – viz též V.V.Dokučajev).

**Primární složky půdy** – anorganický materiál, většinou produkty zvětrávání podloží nebo jiného matečného materiálu, dále pak variabilní organická složka, plynná složka a voda

(potřeba pro rostliny a půdní organismy, rozpuštěné živinné látky využívané rostlinami. Tyto složky se liší od matečného materiálu jak morfologií, tak fyzikálními, chemickými a mineralogickými vlastnostmi, ale i biologickou charakteristikou.

**Regolit** – vrstva nebo pokrývka fragmentárního nezpevněného horninového materiálu, ať už reziduálního nebo transportovaného, který téměř kdekoli tvoří povrch země a pokrývá podložní matečné horniny. Jedná se o úlomky hornin, vulkanický prach, glaciální uloženiny, aluviální uloženiny, spraše a jiné eolické sedimenty, akumulace vegetace a půdy.

### **Půda – třírozměrný útvar**

**Vertikální směr** – půda se dělí do horizontů minerálních a/nebo organických složek různé mocnosti, většinou dělení do čtyř horizontů (obr.). Spodní limit tvorby půd → většinou odpovídá spodnímu limitu biologické aktivity, což většinou souhlasí s hloubkou kořenového systému celoročně se vyskytujících rostlin. Spodní okraj genetické půdy však ne vždy souhlasí s hloubkou kořenového systému, může být hlubší nebo mělčí.

Spodní limit tvorby půdy je obtížné stanovit, hranice mezi půdou a regolitem je často arbitrární. Proto se užívá termínu „**solum**“ – tj. genetická půda vyvinutá půdotvorným procesem.

**Laterální směr** – charakter půd kolísá v závislosti na faktorech ovlivňujících půdotvorný proces - klima, reliéf, matečný substrát. Povrchová část půdního profilu podléhá častým změnám – odnos, akumulace, přepracování, zemědělství, kultivace a degradace půd vlivem člověka. „**Původní**“ **půdy** – dnes vlivem lidské činnosti velmi vzácné.

**Půda jako systém** – půda → výslednice interakcí procesů uvnitř a vně půdního tělesa. Půdy – otevřený systém. Charakteristika systému:

1. systém má hranice, reálné nebo umělé
2. do systému vstupuje nebo z něj vystupuje energie a látky
3. systém obsahuje cesty energetického transportu a transformace spojené s látkami uvnitř systému
4. uvnitř systému mohou být látky transportovány z místa na místo nebo mají fyzikální vlastnosti transformované chemickými reakcemi nebo změnou stavu
5. otevřený systém má tendenci k udržení dynamické rovnováhy nebo stabilního stavu, ve kterém se rychlost vstupu energie a látek rovná rychlosti výstupu energie a látek, zatímco uchování energie a látek zůstává konstantní
6. Pokud se vstupní nebo výstupní rychlosti otevřeného systému změní, systém má tendenci dosáhnout nové dynamické rovnováhy
7. Množství ukládání energie a materiálu vzrůstá (nebo klesá) v závislosti na rychlosti toku energie a materiálu skrz systém
8. Čím větší je úložná kapacita uvnitř systému pro daný vstup, tím méně je systém náchylný

**Příklad:** Mocnost půdy závisí na relativní rychlosti tvorby půd a jejich odnosu. Na některých místech je odnos (eroze) půd mírný a vytvářejí se hluboké půdy. Jinde větší odnos půd vede k tomu, že půdy jsou málo mocné a permanentně zůstávají mladé (málo vyvinuté, nevyzrálé). Rychlost tvorby půd je nízká, voda není v profilu zadržována. Jsou-li rychlosti zvětrávání a tvorby půd rychlejší než odnos, vyvinou se mocné polohy půd, v extrémních případech má

voda tendenci velmi pomalu protékat k podložním horninám, rychlost zvětrávání a tvorba nových půd se snižují.

**Pedosféra** – vrstva půdy na zemském povrchu, která je v interakci s ostatními geosférami – atmosférou, biosférou, litosférou a hydrosférou. Pedosféra je zónou interakce zmíněných geosfér, je to zároveň vrstva zemského povrchu, která je řízena půdotvorným procesem.

Interakci mezi pedosférou a ostatními sférami lze ukázat na příkladu globálních cyklů – **hydrologický cyklus, cyklus uhlíku a cyklus dusíku.**

### **Hydrologický cyklus**

Hydrologický cyklus zahrnuje stálé výměny mezi hydrosférou a ostatními sférami. Zvláštní význam má relativní množství a koloběh vody. Charakter a rozsah vegetačního pokryvu určuje, kolik srážek se dostane do půdy. Množství srážkové vody se vypaří v důsledku transpirace a evaporizace, část vody zasáhne zemský povrch přímo v podobě srážek, část odkapává z povrchu rostlin. Těmito procesy se chemické složení vody může měnit. Srážková voda – akumulace v depresích, potom odtok v podobě povrchových toků nebo infiltrace do půdy. Je-li voda již v půdě, pak se pohybuje buď vertikálně směrem k hladině podzemní vody, nebo laterálně. Voda v zóně podzemní vody pomalu teče k nejbližšímu povrchovému toku nebo rezervoáru (jezero, moře).

### **Cyklus uhlíku**

Uhlíkový cyklus představuje pohyb uhlíku přes různé „sféry“. Většina uhlíku – uložena v karbonátových sedimentech v litosféře. Pouze 0,2 % je přístupná organismům jako CO<sub>2</sub> nebo jako rozkládající se biomasa. V atmosféře – uhlík se pohybuje hlavně jako CO<sub>2</sub>. Rozpouští se ve vodě na zemi i v oceánech. Vyskytuje se i v ložiskách fosilních paliv (ropa, uhlí). CO<sub>2</sub> je atmosféře poskytován v důsledku dýchání rostlinných a živočišných tkání na zemi i v oceánech. Část uhlíku se do atmosféry dostává ve formě CO a CO<sub>2</sub> z vulkanické činnosti. Naopak atmosférický CO<sub>2</sub> je spotřebováván mořským fytoplanktonem, ten je konzumován mořskými živočichy, kteří využívají uhlík ke stavbě skeletu (CaCO<sub>3</sub>). Také pro půdy je pohyb a transformace uhlíku důležitým činitelem.

### **Cyklus dusíku**

Hlavní zdroj dusíku je atmosféra. Některé druhy půdních bakterií a cyanobakterií jsou fixovány na dusík. Existují také symbiotické vztahy mezi na dusík fixovanými bakteriemi (rodu *Rhizobium*) a některými druhy stromů a rostlin. Zatímco bakterie dodávají rostlinám dusík, rostliny dodávají půdním bakteriím potřebné živiny.

## **3. Půdní systém**

Půda se chová jako otevřený systém. Vnitřní organizace půdy se odráží v půdních vlastnostech. Významné charakteristiky půd, jako jsou zbarvení, textura, struktura a mocnost jsou u různých půd odlišné díky kombinaci a uspořádání anorganických a organických půdních složek se specifickými fyzikálními a chemickými vlastnostmi, a také díky přítomnosti volných prostor vyplněných vzduchem nebo vodou. To umožňuje jejich

klasifikaci. Hlavními půdními složkami jsou minerální částice, organické složky a živé organismy, vzduch a voda.

### **Minerální částice**

Minerální částice tvoří značný podíl půdního tělesa. Podstata a druh minerálních částic laterálně značně kolísají, největší vliv na minerální složení má matečný substrát, na kterém jsou půdy vyvinuty. Matečným substrátem mohou být podložní horniny, v mnoha případech to může být i transportovaný materiál.

**Příklad:** Půdy vyvinuté na sprašových uloženinách, říčních náplavech, ledovcových uloženinách nebo písečných dunách. Mnoho půd je vyvinuto v dnes teplých oblastech na svahových soliflukčních uloženinách vzniklých v periglaciálním prostředí během posledního glaciálu. Soliflukční polohy mohou, ale i nemusí odrážet charakter horninového podloží.

Minerální složení půd může být ovlivněno materiálem z povrchu – mnoho půd obsahuje množství eolických částic. Pouštní písek až ze Sahary se čas od času objevuje až na Britských ostrovech. Některé půdy ovlivněny také částicemi vulkanického prachu a tefry. Na Islandu – tvorba půd ovlivněna jak eolickým siltem a jemným pískem, tak vulkanickým prachem. Charakter podloží – značný vliv na minerální složení půd – jiné na vápencovém, granitovém a pískovcovém podloží.

Velikost, tvar a chemické složení minerálních částic jsou kolísající, někdy se jedná o jednotlivé minerály, jindy o celé agregáty více minerálů. Minerální částice jsou „stavební bloky“, které určují strukturu a odolnost půdy. Ovlivňují činnost půdních procesů.

**Minerální částice** – produkovány v půdě vlivem tří hlavních skupin procesů:

- a) **fyzikální procesy** – rozpad původního matečného substrátu bez změny chemického složení. Minerální částice jsou rozpadlé verze původního materiálu. Takový rozpad – výsledek teplotních kontrakcí, vlhnutí a vysychání, mrznutí a tání
- b) **chemické procesy** – vznik alterovaných nebo zcela nových minerálů. Nezměněné horninové minerály – tzv. **primární minerály**, alterované nebo nové minerály – **sekundární minerály**
- c) **biologické procesy** – produkují slabé kyseliny v roztocích, které přispívají k chemickému rozkladu minerálů. Ačkoliv procesy působící kolem kořenů rostlin jsou převážně chemického rázu, růst kořenů a zahrabávající se organismy přispívají k fyzikálnímu rozkladu minerálních částic

### **Organické složky**

Hlavní organickou složkou půdy je humus. Humus je koncentrován především v povrchové půdě („topsoil“), ačkoliv se vyskytuje v celém půdním profilu. Je představován polorozloženými zbytky rostlin a živočichů, které se nakonec rozkládají do organických sloučenin. Obsahuje koloidální složky, které předávají živiny rostlinám. Organické složky pomáhají zadržovat vodu a poskytují prostředí pro vývoj živých organismů. Půdy s vysokým obsahem humusu jsou obvykle chemicky aktivní, s vysokou výměnnou kapacitou. Půdy chudé na organické složky jsou „neaktivní“, s pomalejšími chemickými reakcemi. Zvláště závisí na charakteru vegetačního pokryvu, ze kterého humus vzniká, a na rychlosti dekompozice. Tropické deštné pralesy mají mocnou a variabilní vegetační pokrývku, ale půdy vyvinuté v těchto podmínkách mají nízký obsah organických složek vzhledem k vysoké

rychlosti rozkladu a rychlému odebrání organických zbytků žijícími rostlinami. Na druhé straně rozklad organických zbytků z jehličnanů je velmi pomalý a produkuje vysokou kyselost. To je částečně odrazem podstaty vegetace, částečně je to dáno klimatickými podmínkami, ve kterých se většina jehličnanů vyskytuje.

### **Žijící organismy (půdní edafon)**

Žijící organismy – rozkládají a transportují složky z jedné části půdy do druhé. Provzdušňují půdu, zvyšují její porozitu a do půdy dodávají organické kyseliny a CO<sub>2</sub>. energii pro růst přejímají z oxidačního rozkladu komplexních molekul. Během dekompozice se organické formy mění na neorganické, jako jsou amoniak, fosfáty a sulfáty. Tento proces = **mineralizace**. Pohyb části materiálu je zamezen včleněním do buněčné stavby půdních organismů (např. CO<sub>2</sub>).

Půdní organismy – dělení:

1. **producenti** - jsou to rostliny – fixují uhlík z atmosférického CO<sub>2</sub> během fotosyntézy
2. **konzumenti** – živí se rostlinami a jinými organismy
3. **dekomponenti** – využívají uhlík z organického materiálu

**Např.** 26 litrů organické půdy teplého lesa obsahuje:

- a) 45 milionů jednobuněčných protozoí
- b) 4 miliony hlístic a vířníků
- c) 60 000 hmyzích zástupců včetně larev, mravenců brouků, stonožek, svinek
- d) 150 žížal

Celková hmotnost těchto organismů dosahuje 120 g. K tomu se může vyskytovat až:

- a) až 300 g hub, plísní a řas
- b) až 900 g kořenů vyšších rostlin
- c) až 1,3 milionů bakterií v 1 unci (28,3495 g)

**Biomasa** – váha všech organismů.

**Mikrobiální biomasa** – váha organického uhlíku na hektar (kg.ha<sup>-1</sup>)

U obdělávaných půd tvoří **mikrobiální biomasa** přibližně 2 % organické půdní složky, v zatravněných a zalesněných oblastech je to asi 3 %.

Dělení půdních organismů na základě velikosti:

- a) **makrofauna** (> 1 000 μm) – zahrnuje větší obratlovce, kteří žijí nebo vrtají v půdě (např. králíci, krteci)
- b) **mesofauna** (200 – 1 000 μm) – organismy obvykle viditelné pouhým okem – žížaly, mravenci, termiti, brouci...)
- c) **mikrofauna** (< 200 μm) – živočichové, rostliny a houby, které pouhým okem nevidíme

**Mesofauna** – např. žížaly – organické a minerální složky procházejí jejich těly, produkuje exkrementy, které mění půdní texturu a také půdní chemické reakce. Exkrementy nejsou stálou složkou, jsou rozkládány mikroorganismy. Materiál, který proniká trávicím traktem,

má specifické fyzikální a chemické vlastnosti. Promícháním materiálu těchto větších organismů dochází ke smazání rozdílů mezi půdními horizonty. **Rozdělení mesofauny:**

- a) **arthropodi** (členovci) – roztoči, chvostoskoci, brouci, hmyzí larvy, mravenci, stonožky. Obvykle požírači detritu ve spodní části humusového horizontu. Mnoho druhů brouků žije přímo v půdě – nejdůležitější jsou koprofágové, kteří požírají trus herbivorů a zvyšují rychlost promíchání organických zbytků s půdou. Mravenci, termiti – rozkládají všechny formy humusu, těla a větve stromů a listů. Stonožky – karnivoři, mnohonožky – živí se zbytky vegetace.
- b) **nematodi** (červi, hlístice) – nesegmentovaní červi, nejmenší z půdní mesofauny (0,5-1 mm) – hojně v půdě a humusové vrstvě, požírají kořeny, rostlinné zbytky, bakterie a někdy i protozoa.
- c) **annelidi** (kroužkovci) – nejdůležitější jsou žížaly – zkonzumují listový humus, rychleji než všichni ostatní bezobratlí dohromady. Jejich množství – až  $800 \text{ m}^{-3}$ . Živí se výhradně odumřelými organickými zbytky, jejich povrch má vyšší pH, vyšší množství výměnného Ca, fosfátů a minerálního dusíku než okolní půda. Prostřednictvím žížal – rychlé včlenění organického materiálu z povrchu do vrchních částí půdního profilu. V půdách, jejichž  $\text{pH} < 4,5 \rightarrow$  žížaly jen výjimečně. Ve smíšených lesech a půdách pastvisků jsou žížaly nejhojnější, naopak nejméně jich je v půdách jehličnatých lesů.
- d) **měkkýši** – nejsou tak významní, průměrně  $200-300 \text{ kg h}^{-1}$ . Nejvíce – slimáků a hlemýžďů – požírají rostliny, houby, zbytky exkrementů.

**Mikrofauna** – rozklad organické složky až na minerální částice. Jsou zvláště důležité pro vývoj půd. Dodávají rostlinám živiny. Mikroorganismy jsou zodpovědné především za rozklad listového humusu a jiných odumřelých organických složek. Zvláště intenzivní je jejich činnost v tropických deštných pralesích, jejich účinnost se zvyšuje se zvyšující se teplotou a humiditou. **Hlavní typy mikroorganismů:**

- a) **bakterie** – délka cca  $1 \mu\text{m}$ , šířka  $0,2 \mu\text{m}$ . Žijí ve vodním filmu na povrchu půdních částic ve velkém množství ( $1-4 \times 10^9 \text{ g}^{-1}$ )
  - heterotrofní – pro růst vyžadují komplexní organické sloučeniny
  - autotrofní – tvoří své složky z jednoduchých anorganických sloučenin za využití sluneční energie (fotosyntetické bakterie) nebo energie z chemických reakcí (chemoautotrofní bakterie)

Bakterie mohou být děleny také **podle své potřeby molekul kyslíku:**

- **aerobní bakterie** – vyžadují kyslík
- **podmínečně anaerobní bakterie** – normálně využívají kyslík, ale jsou schopny adaptace na anaerobní podmínky využitím  $\text{NO}_3^-$  a jiných anorganických sloučenin
- **výlučně anaerobní bakterie** – rostou pouze v anaerobním prostředí

- b) **aktinomycety** – tvoří kolonie podobné houbám. Během vegetativního stadia tvoří jemný větvcí se systém vláken (asi  $1 \mu\text{m}$  v průměru), během reprodukce se vlákna rozpadají na menší části a někdy tvoří husté kolonie. Jsou aerobní a méně tolerantní k půdní kyselosti než houby, ale lépe rozkládají lignin a komplexní organické sloučeniny než houby a bakterie. Jejich počet v půdách je stejný jako u hub, ale biomasa je menší

- c) **houby** – buď sídlí v půdách, kde se živí odumřelými organickými složkami, nebo se jedná o invadéry, jejichž spóry jsou umístěny v půdě, ale které klíčí a rostou pouze pokud je v blízkosti žijící tkáň hostitelské rostliny. Houby produkují vláknité struktury (hyphae), jejichž průměr je okolo 1  $\mu\text{m}$  a tvoří hustou síť (mycelium). Hub je méně než bakterií ( $1-4 \times 10^5 \text{ g}^{-1}$ ), ale jejich biomasa může dosáhnout  $\frac{1}{2}$  až  $\frac{2}{3}$  biomasy bakterií. Houby lépe rostou v kyselých půdách (zvláště kde  $\text{pH} < 5,5$ ) a jsou tolerantnější k variabilitě půdní vlhkosti než bakterie. Všechny houby jsou heterotrofní a nejvíce jsou zastoupeny v humusové vrstvě a organicky bohatých povrchových horizontech půd. Hrají důležitou roli ve vývoji půdní struktury.
- d) **řasy** – jsou fotosyntetické, proto se vyskytují na povrchu půd. Mohou však růst i bez slunečního záření, pokud jsou k dispozici rozpuštěné jednoduché organické sloučeniny. Cyanobakterie (modrozelené řasy) – nejdůležitější (např. rod *Nostoc*) – přeměňují atmosférický dusík a začleňují jej do aminokyselin, čímž přispívají k významu dusíku v půdách. Cyanobakterie preferují neutrální až alkalické půdy, zatímco zelené řasy jsou hojnější v kyselých půdách. Množství řas může být až  $3 \times 10^6 \text{ g}^{-1}$ .
- e) **protozoa** – nejmenší půdní živočichové (délka 5-40  $\mu\text{m}$ ). Jedná se o jednobuněčné nebo nebuněčné organismy žijící ve vodních povlacích. Všechna protozoa se živí mikroorganismy – bakterie, řasy, nematodi. Kontrolují množství bakterií a hub v půdě.

### Půdní vzduch

Půdní vzduch – důležitá součást půd. Půdní živočichové, rostlinné kořeny a většina mikroorganismů – využívají kyslík a vylučují  $\text{CO}_2$ . Kyslík musí proniknout do půdy a musí být umožněn únik  $\text{CO}_2$ , aby se udržela biologická aktivita. Tento pohyb je primárně zajištěn difúzí. Půdní organismy využívají  $\text{O}_2$  k oxidaci karbohydrátů (uhlovodanů). V teplých oblastech během letních měsíců množství spotřeby kyslíku půdami kolísá od  $4-20 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  u obdělávaných půd až po  $10-20 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  u půd lesních. V humidním tropickém prostředí rychlost spotřeby kyslíku kolísá v rozmezí  $8-50 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ . Rostlinné karbohydráty se pohybují směrem ke kořenům, kde jsou okysličovány a tím se uvolňuje energie potřebná k růstu rostlin. Tímto procesem je kyslík spotřebováván kořenovým systémem a povrchem kořenového systému se uvolňuje  $\text{CO}_2$ . Největší spotřeba kyslíku – v povrchových horizontech (je zde nejvíce živočichů, mikroorganismů a kořenů rostlin. Rychlost spotřeby kyslíku udává tzv. **rychlost půdní respirace**, což je kontrolováno **teplotou, obsahem půdní vody, organických půdních složek a živinných látek**. Nejvíce je kyslík spotřebováván po deštích během letních měsíců. Pokud je v půdě nedostatek kyslíku vzhledem ke spotřebě – **anaerobní prostředí**.

**Půdní dýchání (respirace) → proces, při kterém je kyslík doplňován a  $\text{CO}_2$  uvolňován.**

Složení půdního vzduchu: N = 79-80 %  
 $\text{O}_2$  = 15-20 %  
 $\text{CO}_2$  = 0,25-5 %  
 Další plyny – pouze stopová množství (produkty mikrobiálního metabolismu)

**Zvýšené množství  $\text{CO}_2$  → rozpouštění ve vodě → vznik slabé kyseliny → zvětšení rychlosti zvětrávacího procesu**

Pohyb kyslíku do půdního systému a uvolňování  $\text{CO}_2$  se děje dvěma procesy:

- a) **objemový tok** – hromadný pohyb, který se vyskytuje jako důsledek změn v tlaku nebo teplotě. Expanze nebo kontrakce nutí plyny vnikat do půdního systému nebo jej opouštět a voda, která proniká půdou, odvádí rozpuštěné plyny a může před sebou tlačit i plyny.
- b) **difúze** – nejdůležitější proces, pomocí něhož se molekuly plynu pohybují jako důsledek změn koncentračního gradientu uvnitř půdního komplexu. Difúze je nejjednodušší prostřednictvím nepřerušovaných vzduchem naplněných prostor, zvláště pak ve vertikálním směru. Rychlost difúze ve vzduchu je asi 10 000 krát rychlejší než přenos vodou.

Absorpce kyslíku a uvolňování CO<sub>2</sub> – výskyt většinou u mikrobiálních buněk a na povrchu kořenů rostlin. K difúzi plynů dochází skrz tenké filmy vody na povrchu půdních částic. Organismy jsou schopny dýchat, i když jsou koncentrace kyslíku velmi nízké. Bylo prokázáno, že pokud koncentrace kyslíku ve vzduchem naplněných pórech klesla na hodnotu kolem 21 %, zásoba kyslíku může být udržena prostřednictvím blízkého vodou naplněného povrchu.

**Příklad:** Písčité, dobře odvodňované půdy, mají dobrý systém transmisních pórů a aktivní místa výměny plynů nejsou většinou ve větší vzdálenosti než je tzv. kritická vzdálenost od vzduchem naplněného póru. Za těchto podmínek je nedostatek kyslíku nepravděpodobný. Naopak půdy s masivní texturou jsou náchylnější ke špatnému provzdušnění. Doplnění kyslíku omezují tři hlavní důvody:

1. Takové půdy jsou často nízko položené, s vysokou hladinou podzemní vody. Značná část půdního komplexu je nasycená vodou, prostředí je anaerobní.
2. Půdy s masivní texturou leží často v nadloží jílovitých půdních horizontů s nízkou propustností. Dochází k zadržování vody a vzniku vysoko položené hladiny spodní vody. Prostředí je opět anaerobní.
3. Některé půdy s masivní texturou mají příliš nevyvinutou strukturu s malým množstvím volných prostor, které se velmi brzy naplňují vodou.

### **Půdní voda**

Voda je podstatnou součástí půdního systému, je nezbytná pro přežití rostlin a živočichů. Do půdy se dostává prostřednictvím srážek nebo z podzemní vody, její složení velmi kolísá i v průběhu krátké doby. Variabilita chemického složení je způsobena vztahy mezi vodou, minerálními a organickými částicemi a kořeny rostlin. Voda obsahuje množství rozpuštěných pevných a plyných součástí jako jsou základní **kationty** (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sup>4+</sup>) a množství **aniontů** zahrnujících chloridy. Voda je zadržována v malých pórech a v prostorech mezi většími vzduchem vyplněnými **póry**.

Průnikem vody skrz půdní komplex dochází ke transportu pevných minerálních a organických částic, ale i rozpuštěných složek → **vyluhování**. Část materiálu je z půdního komplexu zcela vyluhována, část materiálu se ukládá níže v půdním profilu.

**Eluviace** – pohyb vyluhovaného materiálu v půdním profilu směrem dolů → ochuzení některých horizontů

**Iluviace** – srážení nebo akumulace materiálu, většinou uvnitř horizontu B poté, co byl materiál vyluhován ze svrchních horizontů

Voda se může v půdním profilu pohybovat také směrem nahoru jako důsledek kapilárního přenosu solí do povrchových horizontů. To je typické zvláště v aridních oblastech. Je důležitá ve zvětrávacím procesu.

Pohyb vody a schopnost půdy vodu zadržovat závisí na infiltrační kapacitě povrchu půdy a rychlosti, se kterou může voda skrz půdu infiltrovat. Infiltrační kapacita je určena typem vegetace na povrchu a vlastnostmi půdy v jejích svrchních horizontech.

**Infiltrace** – závisí na charakteru a množství půdních pórů a na půdní propustnosti.

#### 4. Půdy jako krajinné systémy

**Krajinný systém** – jakákoliv krajinná jednotka, kde jsou biosféra, toposféra, atmosféra, pedosféra a hydrosféra spolu s biologickými, pedologickými a hydrologickými procesy, které jednotlivé geosféry tvoří, viděny jako jednotný celek.

Půdní krajinné systémy fungují v různých měřítcích, nejmenší efektivní půdní jednotkou je **pedon**.

**Pedon** – obsahuje malé množství půdy začínající na povrchu a sahající dolů tak, že zahrnuje celý soubor horizontů nebo kompletní půdní profil až k matečné hornině. Větší jednotky složené z množství podobných sousedních pedonů, se nazývají **polypedony**.

**Polypedony** – vytvářejí mozaiku různých půd uvnitř krajiny. Charakter této mozaiky obvykle odráží dominanci jednoho kontrolujícího nebo tvořícího faktoru nad všemi ostatními. Může to být povaha matečného substrátu, topografie, klima nebo typ vegetačního pokryvu.