



|  |  | <i>Pracovní list</i> |
|--|--|----------------------|
| <b>Jak to vidí vědec?</b>                                    |  | <b>3</b>             |
| <b>Proč v programu GLOBE zkoumáme vlastnosti půdy?</b>       |  | <b>4</b>             |
| Apple Earth  |  | 6                    |
| <b>Přehled měření a pomůcek</b>                              |  | <b>7</b>             |
| Pomůcky  |  | 8                    |
| Využití ve výuce   |  | 8                    |
| <b>Vznik a složení půdy</b>                                  |  | <b>9</b>             |
| Půda zrakem, hmatem, čichem                                  |  | 10                   |
| <b>Pedologické stanoviště</b>                                |  | <b>12</b>            |
| Výběr stanoviště / Selecting a Soil Characterization Site    |  | 12                   |
| Co mají pomůcky společného                                   |  | 13                   |
| Odkrytí půdního profilu / Exposing the Soil Profile          |  | 13                   |
| Popis stanoviště / Defining a Soil Characterization Site     |  | 15                   |
| Popis půdního profilu / Identifying and Measuring Horizons   |  | 16                   |
| Odběr půdních vzorků   |  | 19                   |
| <b>Základní půdní znaky / Soil Characterization Protocol</b> |  | <b>21</b>            |
| Půdní struktura / Soil Structure                             |  | 21                   |
| Konzistence / Soil Consistence                               |  | 23                   |
| Barva / Soil Color   |  | 24                   |
| Hypotézy-nehypotézy o půdě                                   |  | 24                   |
| Zrnitost / Soil Texture                                      |  | 26                   |
| Přítomnost skeletu / Measuring Rocks                         |  | 27                   |
| Vlhkostní poměry / Soil Moisture                             |  | 27                   |
| Přítomnost kořenů / Measuring Roots                          |  | 28                   |
| Přítomnost uhličitánů / Measuring Free Carbonates            |  | 28                   |
| <b>Rostliny jako ukazatelé půdních vlastností</b>            |  | <b>29</b>            |
| <b>pH půdy / Soil pH</b>                                     |  | <b>30</b>            |
| Proč měříme pH půdy?   |  | 30                   |
| Stanovení pH půdy  |  | 30                   |
| Půda jako pufr   |  | 30                   |
| O čem vypovídají naměřená data                               |  | 31                   |
| <b>Teplota půdy / Soil Temperature</b>                       |  | <b>32</b>            |
| Proč měříme teplotu půdy?                                    |  | 32                   |
| Měření teploty půdy  |  | 32                   |
| Jak ovlivňuje vegetační pokryv teplotu půdy?                 |  | 33                   |
| O čem vypovídají naměřená data                               |  | 33                   |

|  |           |           |
|--|-----------|-----------|
| <b>Půdní vlhkost / Gravimetric Soil Moisture Protocol</b>      | <b>34</b> | <b>35</b> |
| Proč zjišťujeme půdní vlhkost?                                 | 34        |           |
| Pohyb vody v půdě  | 34        |           |
| Stanovení půdní vlhkosti                                       | 36        |           |
| O čem vypovídají naměřená data                                 | 38        |           |
| <b>Objemová hmotnost / Bulk Density Protocol</b>               | <b>39</b> | <b>37</b> |
| Proč zjišťujeme objemovou hmotnost?                            | 39        |           |
| Stanovení objemové hmotnosti                                   | 39        |           |
| O čem vypovídají naměřená data                                 | 40        |           |
| <b>Měrná hmotnost / Soil Particle Density Protocol</b>         | <b>41</b> | <b>39</b> |
| Proč zjišťujeme měrnou hmotnost?                               | 41        |           |
| Stanovení měrné hmotnosti                                      | 41        |           |
| O čem vypovídají naměřená data                                 | 41        |           |
| <b>Zrnitostní rozbor / Particle Size Distribution Protocol</b> | <b>42</b> | <b>41</b> |
| Proč provádíme zrnitostní rozbor půd?                          | 42        |           |
| Stanovení půdního druhu zrnitostním rozbořem                   | 43        |           |
| Stanovení půdního druhu výpočtem                               | 43        | 43        |
| Jak rychle se usazují půdní částice                            | 48        |           |
| <b>Infiltrace / Water Infiltration Protocol</b>                | <b>49</b> | <b>45</b> |
| Proč měříme infiltraci?  | 49        |           |
| Výroba pomůcek   | 49        |           |
| Měření infiltrace  | 49        |           |
| <b>Slovníček pojmů</b>   | <b>51</b> |           |
| <b>Slovníček Aj / Čj</b>                                       | <b>53</b> |           |
| <b>Použité a doporučené zdroje</b>                             | <b>54</b> |           |

## Pedologie – metodika a pracovní listy

zpracováno podle GLOBE Teacher's Guide (Protocols), dostupného na [globe.gov](http://globe.gov)

Editorka: Monika Hradilová • Věcné připomínky a korektury: Hana Kožíšková, Marián Diviš, Marie Polanská

Ilustrace: Jan Smolík, David Vašina • Grafický design a sazba: Dita Baboučková

Vydalo: © Vzdělávací centrum TEREZA, z. ú., Praha, 2020 • [terezanet.cz](http://terezanet.cz) • [globe-czech.cz](http://globe-czech.cz)

# Jak to vidí vědec



PEDOLOGIE

*Vezměte do ruky hroudu půdy a důkladně si ji prohlédněte. Někdo uvidí jen „hlínu“, někdo „bláto“, nic, co by stálo za větší pozornost. A přesto tato hrouda představuje velice složitý systém srovnatelný svou komplikovaností se živým organizmem. Tato hrouda je protkána složitou sítí jemných pórů, kterými se dovnitř dostává vzduch a také voda, jež se v nich může zadržovat. V té jedné hroudě se nacházejí stovky či tisíce různých mikroorganismů zajišťující přeměnu řady nejrůznějších látek.*

*Půda je velmi křehká soustava různě vzájemně provázaných složek. Tím, že pokrývá velkou plochu, je vystavena vstupu řady cizorodých a nežádoucích látek. Půda má určitou schopnost tyto látky rozložit, zneškodnit nebo snížit jejich nebezpečnost, tato schopnost však není neomezená. Ke zhoršení půdních vlastností dochází také nevhodným hospodařením. Značné plochy půd se nenávratně ztrácejí z důvodů nové výstavby. A přitom jsme na půdě závislí. Dýcháme kyslík, který vylučují rostliny rostoucí v půdě, jíme potraviny vyrobené z plodin, které vyrostly z půdy, pijeme vodu, jež se přes půdu filtrovala.*

*To je jen několik důvodů, proč je třeba půdu chránit. A chránit můžeme jen to, co známe. I když dodnes nevíme o půdě všechno a stále na celém světě probíhá rozsáhlý výzkum věnující se různým otázkám spojených s půdou, jejími vlastnostmi a ochranou, snažme se alespoň skromně přispět k jejímu poznání. Půdní vlastnosti, zkoumané v GLOBE, patří mezi ty nejzákladnější vlastnosti půdy. Ale právě ony rozhodují o tom, jaké má půda schopnosti plnit svou úlohu. Hloubka půdy umožní posoudit stupeň jejího vývoje, půdní struktura a zrnitost ovlivňují propustnost půdy a zadržování látek v ní, stejně jako přístup vzduchu ke kořenům a půdním mikroorganismům. pH půdy ovlivňuje rozpustnost různých látek i podmínky pro život rostlin a mikroorganismů. Také teplota půdy a vlhkost mají významný vliv na půdní biologickou činnost.*

*Mezi sledovanými vlastnostmi je i barva půdy. Ta je dána obsahem železa v půdě, organické hmoty, uhličitany, vody a dalších složek. Barva půdy je také věc, kterou vidíme jako první. Tvoří součást krajiny, jak ji vidíme a vnímáme, když není zakrytá porostem. Všimněte si barvy půd, když projíždíte krajinou. Uvidíte nepřeberné odstíny hnědé barvy, ale i červené na železitých horninách, nebo černou barvu úrodných půd bohatých na humus, můžete se setkat i s modrošedou až zelenošedou barvou půd podmáčených. Nikdy nevíte, kdy se vám bude hodit vědět, jakou barvu má půda v různých oblastech. Před časem mi volala členka filmového štábu natáčejícího v Čechách film o agentu Jamesi Bondovi. Chtěli zde natáčet scénu z jistého afrického velvyslanectví, a protože pro tropickou Afriku jsou typické jasně červené půdy, potřebovali vědět, kde u nás najít půdu podobné barvy. Ano, i ve filmu se mohou uplatnit znalosti o půdě. Stačí si jí víc všimnout, vážít si jí a nevidět v ní jen onu „hlínu“ či „bláto“.*

Prof. Dr. Ing. Luboš Borůvka,  
člen vědecké rady GLOBE

# Proč v programu GLOBE zkoumáme vlastnosti půd?

Půda je životním prostředím organismů, stanovištěm planě rostoucích i kulturních rostlin, je zásobárnou vody a filtračním prostředím, přes které voda prochází, reguluje koloběh látek a tok energie, slouží jako úložiště, ale i zdroj potenciálně rizikových látek. Z půdy pochází celá řada základních složek materiálů a surovin. Půda poskytuje prostor pro zakládání staveb a další aktivity člověka, probíhá v ní archeologický a paleontologický výzkum.

Půda je dynamický, stále se vyvíjející živý systém. Tato tenká svrchní vrstva zemské kůry ovlivňuje život na celé Zemi, neboť na jejích vlastnostech potravně závisí život všech organismů, včetně člověka. Půda je proto bezesporu jedno z nejcennějších přírodních bohatství, které je nutno chránit nejen pro současnou dobu, ale i se značným výhledem do budoucna. Ochranu půdy však nelze zajistit bez jejího bližšího poznání. Cílem programu GLOBE je poskytnout základní informace o půdě, které poslouží co nejširšímu okruhu studentů při zkoumání tohoto nesmírně zajímavého přírodního fenoménu.

Ve většině zemí jsou prováděny odběry a analýzy základních vlastností půd, nicméně na mnoha místech data chybí, jsou nedostupná či nedostatečná a díky programu GLOBE můžeme tuto situaci napravit a doplnit chybějící údaje. Tyto informace mohou napomoci k uvážlivějším rozhodnutím o tom, jak s půdou nakládat a využívat ji tak, aby byla zachována i budoucím generacím.

V programu GLOBE budeme provádět měření následujících vlastností půd. Pro přehlednost je rozdělíme na měření prováděná v terénu a v laboratoři.

## Měření v terénu:

Základní vlastnosti půd se mění velmi pomalu (0,5–1 cm vrstva půdy vzniká asi 100 let), proto se zjišťují a zadávají do databáze z daného stanoviště pouze jednou za celou dobu trvání GLOBE. Pedologické stanoviště ale můžete samozřejmě využít vícekrát pro další skupiny studentů nebo můžete mít stanovišť více.

- **STRUKTURA** ovlivňuje množství volného prostoru v půdě, kterým mohou prostupovat kořeny nebo který může obsahovat vzduch a vodu.
- **KONZISTENCE** určuje pevnost nebo drolivost jednotlivých hrudek (pedů) a to, jak dobře pedy drží pohromadě.
- **BARVA** je závislá zejména na přítomnosti organického materiálu a na druhu minerálů, které půda obsahuje. Např. železo obvykle způsobuje červené zbarvení půdy, uhličitán vápenatý zbarvuje půdy v suchých regionech do běla. Půda trvale zamokřená má modro-zelenou barvu, často s rezavými pruhy. Půda zamokřovaná pravidelně jen v určitém období má rezavou skvrnitost obvykle na světlejším podkladu. Vysoký obsah organických látek zbarvuje půdu do černa (humusoidní horizonty).
- **ZRNITOST (TEXTURA)** je určena obsahem písčitých, prachových a jílovitých částic v půdě. Ovlivňuje množství vody a tepla, které se v půdě udrží a rychlost průtoku vody půdním profilem.
- **VLHKOSTNÍ POMĚRY** vyjadřují momentální obsah vody v půdě. Záleží především na srážkách a výšce hladiny podzemní vody.
- **PŘÍTOMNOST SKELETU A KOŘENŮ** se týká četnosti výskytu kamenů a kamenitých fragmentů a kořenů rostlin.



- **PŘÍTOMNOST UHLIČITANŮ** se projevuje povlakem, obvykle bílé barvy, na půdních částicích v zásaditých půdách. Lze do nich snadno vyrýt rýhu nehtem. Chemicky se jedná o soli vápníku nebo jiných prvků, vyskytují se v sušších oblastech, kde neprobíhají intenzivní zvětrávací procesy způsobené vodou. V České republice se uhličitany vyskytují v půdách vzniklých z vápenců a dolomitů.

### Další měření v terénu:

Teplota půdy, půdní vlhkost a infiltrace se mění v závislosti na teplotě vzduchu a množství srážek. Měření se provádí pravidelně v průběhu roku.

- **TEPLOTA PŮDY** se měří jednou týdně v průběhu celého roku v době kolem solárního poledne na stejném stanovišti jako půdní vlhkost. Navíc se každé tři měsíce provádí speciální dvoudenní měření, kdy se teplota měří každé 2–3 hodiny ve dvou po sobě jdoucích dnech.
- **PŮDNÍ VLNKOST** je daná obsahem vody v půdě. Měří se 12krát ročně v pravidelných denních, týdenních nebo měsíčních intervalech. Zjišťuje se gravimetricky, tj. vážením, kdy se porovnává hmotnost čerstvě odebraného a vysušeného vzorku. Na množství vody v půdě závisí především život mikroorganismů.
- **INFILTRACE** udává schopnost půdy propouštět vodu. Určuje množství vody, které se vsákne do půdy. Jedná se o důležitou hydrologickou vlastnost půdy. Na základě informací o infiltraci lze předpovídat či modelovat, jak moc jsou oblasti s určitými půdami ohrožené povodní. Infiltrace závisí na mnoha faktorech, např. na půdní struktuře, zrnitosti, obsahu vody a organického materiálu v půdě.

### Laboratorní měření:

Následující měření se provádí na odebraných vzorcích z půdních horizontů.

- **ZRNITOSTNÍ SLOŽENÍ** vypovídá o obsahu různě velkých částic půdy. Znalost zrnitostního složení umožňuje pochopit mnoho vlastností půdy – např. kolik vody, tepla a živin je půda schopna zadržet, jak rychle může voda prosakovat půdou, jaká je půdní struktura a konzistence.
- **pH** je jednou z nejdůležitějších chemických vlastností půdy. Je výsledkem spolupůsobení mnoha faktorů – druhu podloží, chemické povahy srážek a vody vsakující se do profilu, lidské činnosti, aktivity organismů žijících v půdě (rostliny, živočichové, houby, mikroorganismy). Půdní pH vypovídá o úrodnosti půdy, ovlivňuje chemické reakce v půdě, pH podzemní vody a následně i vody v potocích, řekách a jezerech.
- **OBJEMOVÁ HMOTNOST** udává poměr hmotnosti a objemu suchého vzorku. Závisí na struktuře, obsahu volného prostoru v půdě, na tom, jak je půda stlačená, i na jejím látkovém složení. Objemová hmotnost poskytuje informace o pórovitosti vzorku (poměrný objem volného prostoru), což nám pomáhá určit množství vzduchu a vody, které může být v půdě přítomno.
- **MĚRNÁ HMOTNOST** představuje hmotnost jednotkového objemu pevné složky půdy. Závisí především na mineralogickém složení půdy a na obsahu organické hmoty. Není ovlivněna pórovitostí půdy.



## Apple Earth

Jako motivaci a uvedení do tématu pedologie můžete využít následující aktivitu.

ČASOVÁ NÁROČNOST: 15 min

VHODNÉ PRO: 1. a 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: jablka, nože, talířky nebo tácky (podle počtu studentů)

CÍL: Žáci získají představu, jakou plochu z celé Země zaujímá úrodná půda a na jak malé části naší planety tedy závisí produkce potravin pro lidstvo.

POSTUP: Podle následujícího zadání provádějí žáci postupně kroky.

- Představ si Zemi jako jablko.
- Rozkroj jablko na čtvrtiny.
- 3/4 dej stranou – ty představují světové oceány.
- 1/4 je pevnina. Rozkroj ji na polovinu, máš tedy 2/8.
- 1/8 dej stranou – to jsou oblasti na pevnině, kde člověk nemůže žít (polární oblasti, pouště, močály, velmi vysoká skalnatá pohoří apod).
- Zbývající 1/8 představuje oblasti, kde žijí lidé, ale ne všude se mohou pěstovat plodiny potřebné k životu.
- 1/8 rozkroj na čtvrtiny, máš 4/32.
- Dej stranou 3/32. To jsou oblasti příliš skalnaté, vlhké, studené, příkré, zaplavované nebo s neúživnou půdou. Patří sem i oblasti s půdou, kterou zastavěl člověk vesnicemi, městy, komunikacemi a dalšími stavbami.
- Před sebou máš 1/32. Opatrně odloupni slupku.
- Tato odloupená slupka představuje zemský povrch, na kterém lze pěstovat plodiny potřebné k životu.

Začínáte s pedologií a chcete se inspirovat? Podívejte se na pedologická bádání žáků ze ZŠ Třebíč a ZŠ TGM Moravské Budějovice **50 odstínů půdy** na youtube.com.

TIP

# Přehled měření a pomůcek



PEDOLOGIE

| PŘEHLED MĚŘENÍ                                 | MÍSTO                           | FREKVENCE   | ČAS  |       |  |   |
|--|---------------------------------|---|--|-------|--|---|
| Struktura                                      | terén – odkrytý<br>půdní profil | 1krát pro každý<br>půdní horizont                             | 60–90 min                                      |       |  |   |
| Barva  |                                 |   |  |       |  |   |
| Konzistence                                    |                                 |   |  |       |  |   |
| Zrnitost                                       |                                 |   |  |       |  |   |
| Přítomnost skeletu                             |                                 |   |  |       |  |   |
| Vlhkostní poměry                               |                                 |   |  |       |  |   |
| Přítomnost kořenů                              |                                 |   |  |       |  |   |
| Přítomnost uhličitánů                          | laboratoř                       | 3krát pro každý<br>půdní horizont                             | 15 min – odběr<br>vzorků<br>45 min – laboratoř |       |  |   |
| Rostliny, jako ukazatelé<br>půdních vlastností |                                 |   |  | terén | 1krát pro pedologické<br>stanoviště, dle výskytu rostlin | 45 min  |
| pH   |                                 |   |  |       |  | 45 min  |
| Zrnitostní rozbor                              |                                 |   |  |       |  | 1. den – 30 min<br>2. den – 45 min<br>3. den – 45 min |
| Objemová hmotnost                              |                                 |   |  |       |  | 1. den – 45 min<br>2. den – 20 min                    |
| Měrná hmotnost                                 |                                 |   |  |       |  |   |
| Teplota půdy                                   | terén                           | 1krát denně nebo 1krát týdně                                  | 10 min   |       |  |   |
| Půdní vlhkost                                  | terén +<br>laboratoř            | 12krát ročně v denním,<br>týdenním nebo měsíčním<br>intervalu | 30 min – odběr<br>vzorků<br>45 min – laboratoř |       |  |   |
| Infiltrace                                     | terén                           | 3–4krát ročně   | 45 min   |       |  |   |



## Pomůcky

| MĚŘENÍ, AKTIVITA                            | POMŮCKY  |
|---|--|
| Všechna měření                              | pracovní listy, zápisník, tužka, hodinky   |
| Odkrytí půdního profilu                     | půdní vrták, krumpáč, rýč, lopata, pásmo, igelitová plachta  |
| Definování, popis a dokumentace stanoviště  | GPS, klinometr, pásmo, metr, geologická mapa ČR, fotoaparát  |
| Odběr vzorků                                | lopatka, igelitové sáčky, permanentní popisovač, Kopeckého válečky (viz kapitola Odběr neporušených půdních vzorků), víčka, gumičky, gumová palice, nůž, porcelánová třecí miska, síto s průměrem ok 2 mm  |
| Základní půdní znaky                        | lopatka, rozprašovač, barevná škála, papíry, průhledné desky, stříčka s octem  |
| Rostliny, jako ukazatelé půdních vlastností | pásmo, kolíky, provázek, klíč k určování rostlin   |
| pH  | jemnozem (viz kapitola Odběr porušených půdních vzorků), destilovaná voda, pH metr, kádinka, odměrný válec, lžička, váhy   |
| Teplota půdy                                | půdní teploměr, 10 cm hřebík, permanentní popisovač  |
| Půdní vlhkost                               | plechovky na odběr půdních vzorků, víčka, permanentní popisovač, lopatka nebo půdní vrták, váhy s přesností 0,1 g, sušárna nebo mikrovlnná trouba  |
| Objemová hmotnost                           | Kopeckého válečky (viz kapitola Odběr neporušených půdních vzorků), víčka, gumičky, gumová palice, lopatka, permanentní popisovač, nůž, igelitové sáčky, váhy s přesností 0,1 g, sušárna, síto s průměrem ok 2 mm, 100 ml odměrný válec                                |
| Měrná hmotnost                              | jemnozem, váhy s přesností 0,1 g, destilovaná voda, nálevka, stříčka, kleště, 3 Erlenmayerovy baňky 100 ml, teploměr, vařič  |
| Zrnitostní rozbor                           | jemnozem, váhy s přesností 0,1 g, odměrný válec 100 a 500 ml, víčko, kádinka 250 ml, destilovaná voda, dispergační roztok (hexametafosfát sodný), tyčinka, teploměr, hustoměr, pravítko nebo metr  |
| Infiltrace                                  | dvouválcový infiltrometr, přívod vody, případně plastové lahve naplněné vodou minimálně 8 l, nálevka, pravítko, permanentní popisovač, stopky, dřevěná deska, palice, nůž, zahradnické nůžky, plechovky na odběr půdních vzorků, víčka, permanentní popisovač, lopatka |

Většinu pomůcek vám poskytneme v rámci účasti v programu GLOBE. Nabízíme i možnost zapůjčení pomůcek.

## Využití ve výuce

Podrobný přehled zařazení měření a aktivit do výuky podle aktualizovaného rámcového vzdělávacího plánu naleznete na webu [globe-czech.cz](http://globe-czech.cz).

Pravidelná měření rozvíjejí u žáků řadu klíčových kompetencí – komunikační, pracovní i sociální, stejně jako schopnost řešit problémy. Využití aktivit zahrnutých v kapitole Pedologie ve výuce je poměrně široké, směřuje zejména na 2. stupeň ZŠ a SŠ – přírodopis, chemie, fyzika, ale také matematika či informatika a některá průřezová témata jako environmentální a mediální výchova. Některé aktivity jsou velmi jednoduché a jsou určeny i mladším žákům. Půda je ideálním objektem pro různé badatelské projekty i konkrétní akce směřující k ochraně přírody ve vašem okolí.





## Vznik půdy

Dříve než se pustíte do pedologických měření, měli byste žáky seznámit se vznikem půdy a jejím složením, protože materiál, ze kterého půda vznikla, výrazně ovlivňuje všechny vlastnosti, které budete zkoumat.

### PŮDOTVORNÉ FAKTORY

- matečná hornina
- klima
- činnost organismů
- činnost člověka
- podzemní voda

} působí přímo  
na vznik půdy

### PODMÍNKY PŮDOTVORNÉHO PROCESU

- reliéf terénu
- čas

} působí na půdotvorné faktory

Vznik, stavba i složení půdy jsou výsledkem působení řady půdotvorných faktorů:

- **MATEČNÁ HORNINA** je výchozím materiálem pro vznik půdy. Mineralogické složení horniny má vliv na fyzikální, fyzikálně-chemické, chemické a biologické vlastnosti půdy, ovlivňuje rychlost tvorby půdy (zvětrávání pevných hornin), s tím související hloubku půdy, zrnitostní složení, prostorové uspořádání jednotlivých částic, obsah rostlinných živin, solí, kyselost apod.
- **KLIMA** určuje intenzitu a rychlost půdotvorného procesu. Na teplotě, množství a rozložení srážek během roku závisí, zda dochází k vynášení látek vztlínající vodou (v suchém, aridním podnebí, kde převládá výpar) nebo k vyluhování (ve vlhkém, humidním podnebí, kde převládá infiltrace). Klima celého území České republiky je sice dáno její polohou v mírném klimatickém pásu, přesto se však podnebné poměry jednotlivých částí území mohou podstatně lišit, což se projevuje v odlišném vývoji půd našeho území.
- **ORGANIZMY** působí především prostřednictvím vegetace, která svými kořeny rozrušuje půdu a je hlavním dodavatelem organické hmoty. Kromě vyšších rostlin se na tvorbě půdy podílí *fytoedafon* (bakterie, aktinomycety, houby a řasy) a *zooedafon* (všichni v půdě žijící živočichové). *Edafon* se významně podílí na rozkladu odumřelé organické hmoty, mísení půdy a tvorbě humusu. Mezi organizmy se řadí také člověk, který půdu ovlivňuje a to jak v příznivém, tak i nepříznivém smyslu: obhospodařováním půdy zvyšuje hloubku humózní vrstvy, způsobuje změny ve fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických vlastnostech půd, vystavuje půdu zvýšeným účinkům eroze a kontaminuje ji cizorodými látkami.
- **PODZEMNÍ VODA** společně s povrchovou vodou ovlivňuje celkové vláhové poměry v půdě. Vysoký obsah vody v půdě vede k fyzikálně-chemickým a chemickým změnám. Vysoká vlhkost zpomaluje rozklad organických látek a podporuje jejich hromadění (*ulmifikaci* – rašelinění). Podzemní voda bohatá na rozpuštěné minerální látky způsobuje zasolení.
- **RELIÉF** terénu ovlivňuje ostatní půdotvorné faktory. Nadmořská výška a sklon svahu ovlivňují klima, vodní režim území, migraci, vznik a hromadění produktů zvětrávání, druhové složení porostů aj.
- **ČAS** je dán délkou nerušeného působení výše uvedených půdotvorných faktorů (uvádí se, že 1 cm půdy se vytvoří za 100–400 let, v našich podmínkách se půda vyvíjela od poslední doby ledové, tj. cca 11 000 let).



## Vznik a složení půdy

Proces vzniku půdy se obecně nazývá zvětrávání a podle převahy daného faktoru se dělí na:

- zvětrávání fyzikální – změny teplot a tlaků mění objem hornin
- chemické – reakce mezi úlomky hornin, vodou a slabými kyselinami. Zvětrávání urychluje i kyselý déšť.
- biologické – činnost organismů. Např. lišejníky, vylučující kyseliny, kterými narušují povrch hornin. Kořeny vyšších rostlin prorůstají do velmi malých trhlin v horninách, a tím urychlují zvětrávání.

Většinou však dochází ke kombinaci všech těchto typů.



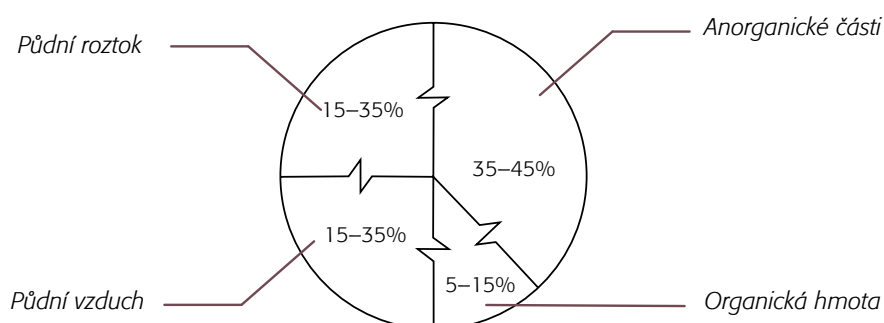
Půda je nejvyšší zvětralá vrstva zemské kůry. Obsahuje zvětralé části původní horniny, živé půdní organismy i zbytky odumřelých rostlin a živočichů.

Půda je složitý systém, který obsahuje pevné, kapalné a plynné složky. Procentuální zastoupení jednotlivých složek se může velmi lišit. Například podíl půdního vzduchu je různý u pouštních půd a půd podmáčených oblastí.

Základní složky půdy:

- **ANORGANICKÉ ČÁSTI (35–45 % objemu půdy)** – zbytky matečné horniny, přeměněné procesem zvětrávání (kameny, štěrky, písek, prach a jílové částice).
- **ORGANICKÁ HMOTA (5–15 % objemu půdy)** – zbytky odumřelých rostlin a živočichů v různém stupni rozkladu a přeměně.
- **PŮDNÍ ROZTOK (15–35 % objemu půdy)** – vyplňuje půdní póry, je na povrchu půdních částic, jsou v něm rozpuštěny živiny přístupné rostlinám.
- **PŮDNÍ VZDUCH (15–35 % objemu půdy)** – vyplňuje půdní póry, jeho složení je trochu odlišné od vzduchu v atmosféře, obsahuje více  $\text{CO}_2$ , uhlovodíků a dalších zplodin rostlinného a živočišného metabolismu.
- **ŽIVÉ ORGANIZMY** – kořeny vyšších rostlin, edafon.

Průměrné zastoupení jednotlivých složek půdy



O přítomnosti vzduchu v půdě se můžete přesvědčit jednoduchým pokusem. Do kádinky s vodou nasypete trochu zeminy. Ihned po nasypání pozorujte bublinky vzduchu ucházející k hladině.



## Půda zrakem, hmatem, čichem

ČASOVÁ NÁROČNOST: 20 min

VHODNÉ PRO: 1. stupeň ZŠ

POMŮCKY: vzorky půd, noviny, pinzeta

CÍL: Žáci se „seznámí“ s půdou zrakem, hmatem i čichem.

POSTUP: Vyzvěte žáky, aby přinesli vzorek půdy z okolí svého bydliště případně z blízkosti vaší školy. Vzorky např. v zavařovací sklenicích označte číslem a místem odběru. Na mapě můžete vyznačit, odkud vzorky pocházejí. Ponechte žákům dostatek času, aby se s půdou „seznámili“ a poznávali ji zrakem, hmatem i čichem. Živé organismy dejte do misky a vynesete je zpět do přírody. Diskutujte s žáky o tom, v čem se vzorky shodují nebo liší.

Nechte se inspirovat již odzkoušenou badatelskou lekcí **Není půda jako půda**, jejímž cílem je zkoumat neživou přírodu, ukázat půdu jako nezbytnou podmínku života na zemi.

K dispozici na [globe-czech.cz](http://globe-czech.cz).

TIP

# Pedologické stanoviště



## Výběr stanoviště / Selecting a Soil Characterization Site

ČASOVÁ NÁROČNOST: 15 min

VHODNÉ PRO: 1. a 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: tabule, křída

CÍL: Žáci vytipují možná pedologická stanoviště v okolí školy.

POSTUP: Nechte žáky popsat krajinu v blízkém okolí vaší školy (např. pole, les, louka, trávník, hřiště, zahrady, atd.) a jejich návrhy zakreslujte a popisujte na tabuli. Vznikne jednoduchá mapka blízkého okolí vaší školy. Řekněte žákům, že hledáte vhodné stanoviště pro pedologické pozorování, na kterém potřebujete vykopat půdní sondu, díru, o které se více dozví později. Ptejte se, jak by takové stanoviště mělo vypadat, jestli by mělo splňovat nějaké podmínky? Připomeňte, ať berou v potaz i další měření v rámci GLOBU. Návrhy sepisujte vedle mapky na tabuli a zároveň zakreslujte tečky do mapky, jako potenciální místo pro půdní sondu. Usměrnujte a doplňujte návrhy žáků ve vztahu k vhodnému výběru stanoviště (viz níže). Společně vyberte jedno hlavní pedologické stanoviště, které si pojmenujete a později zaměříte také jeho zeměpisnou polohu pomocí GPS. Ostatní navržená pedologická stanoviště, která jsou vhodná, si můžete ponechat pro další pedologická zkoumání a projekty (například zkoumání rozdílných vlastností půd pod různým vegetačním pokryvem).

Stanoviště pro pedologická pozorování vám musí především umožnit **odkrytí půdního profilu** (viz níže). U profilu budete přímo v terénu určovat základní půdní znaky. Přestože se tyto znaky zadávají do databáze GLOBE pro konkrétní profil pouze jednou, doporučujeme ho využít několikrát pro různé skupiny žáků. V průběhu realizace programu GLOBE můžete samozřejmě odkrýt i více půdních profilů, určit základní půdní znaky, provést další pedologická pozorování a zadat data do databáze. V tomto případě nezapomeňte, že každé nové stanoviště musíte definovat – zaměřit zeměpisnou polohu a stanoviště pojmenovat.

Dále **výběr stanoviště závisí na tom, jaká další měření v GLOBE provádíte**, či se chystáte provádět.

- Pokud provádíte meteorologická pozorování, pedologické stanoviště by se mělo nacházet v blízkosti meteorologické budky.
- Pokud provádíte měření biometrická, stanoviště pro pedologii by se mělo nacházet uvnitř stanoviště pro biometrická měření.
- Pokud provádíte měření ve všech oblastech GLOBE, doporučujeme odkrýt půdní profil v blízkosti meteorologické budky a na dalších stanovištích použít k odrytí pouze půdní vrták (viz níže).

Ať už si vyberete jakékoli stanoviště, měli byste **održet následující body**.

- Vybrané stanoviště by se nemělo lišit od okolního terénu. Mělo by to být místo s přirozenou (resp. volně rostoucí) vegetací. Kulturní plochy upřednostněte pouze v případě, že jsou v blízkosti meteorologické budky.
- Stanoviště by mělo být relativně nenarušené, ve vzdálenosti nejméně tři metry od budov, silnic, hřišť a jiných staveb, které by mohly mít případný vliv na zhutnění půdy nebo na její jiné narušení.

Chcete žáky namotivovat pro pedologické bádání a zároveň procvičit první krok badatelského cyklu – motivace a získávání nových informací? Pojdte s žáky vyzkoušet následující aktivitu.



## Co mají pomůcky společného

ČASOVÁ NÁROČNOST: 20 min

VHODNÉ PRO: 1. a 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: pedologické pomůcky, lavice pro vyskládání pomůcek

CÍL: Žáci se seznámí s pomůckami k měření a zkoumání pedologických charakteristik. Aktivita motivuje žáky k další systematické práci s pomůckami. Žáci kladou otázky k tématu.

POSTUP: Na lavici vyskládejte pomůcky, se kterými byste v průběhu roku s žáky chtěli v rámci pedologického bádání pracovat. Žáky posaďte do kruhu, aby všichni na pomůcky dobře viděli. Zapisujte jejich přirozeně vznikající otázky např. Co to je? K čemu to je? Jak se to používá?.

Do kruhu položte rozstříhané krátké texty o pomůčkách např. jméno pomůcky, nákres + k čemu je, jak se měří. Žáci si rozeberou texty do skupinek, přečtou si je a přiřadí k nim správnou pomůcku. Nakonec jednotlivé skupinky představí své pomůcky ostatním spolužákům.

Celou aktivitu **Co mají pomůcky společného** i její modifikaci pro různě staré děti najdete na [globe-czech.cz](http://globe-czech.cz).

TIP

## Odkrytí půdního profilu / Exposing the Soil Profile

Působením půdotvorných procesů se jednotlivé půdy během svého vývoje od sebe navzájem velmi odlišily. **Půdní profil** je vertikální řez půdou vedený od povrchu půdy k půdotvornému substrátu a je tvořen několika nad sebou uloženými půdními horizonty (viz popis půdního profilu). Odkrytí půdního profilu vám umožní provést všechna pozorování v terénu i odebrat vzorky pro další laboratorní měření.



ČASOVÁ NÁROČNOST: 10 min

VHODNÉ PRO: 1. a 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: kostky lega, různé materiály (kamínky, půda, písek, štěrk, korálky různých tvarů, či jiné materiály), plastový kelímek

CÍL: Žáci vysvětlí termíny půdní horizont, půdní profil.

POSTUP:

**Varianta pro mladší žáky:** S nejmenšími můžete půdní horizonty a půdní profil demonstrovat například pomocí kostek lega, nebo sypáním různých materiálů do průhledných kelímků (půdní pudink). Vysvětlíte, že kostky lega, či vrstvy v půdním pudinku představují půdní horizonty. Ty se mohou lišit právě barvou,

strukturu, vlhkost atd. Všechny naskládané kostky na sobě, či vrstvy půdního pudinku tvoří půdní profil. Na různých stanovištích mohou vznikat různé půdní profily, stejně jako vidí při porovnání svých výtvarů žáci. Jen málo půdních profilů bude vypadat stejně. Vysvětlete, že půdní profil určuje, o jaký půdní typ se jedná. Je to jméno půdy jako např. černozem, hnědozem, kambizem, podzol atd. Můžete se nechat inspirovat příběhy některých půdních typů (viz kapitola Popis půdního profilu) a vysvětlit tak jejich odlišnost podle toho, v jakém prostředí vznikaly a jaké faktory na ně působily.

S nejmenšími můžete půdní horizonty a půdní profil demonstrovat například pomocí kostek lega, nebo sypaním různých materiálů do průhledných kelímků (půdní pudink).

TIP

**Varianta pro starší žáky:** Na vybraném stanovišti žáci vykopou kopanou půdní sondu dle postupu níže. V blízkém okolí si žáci vyzkouší půdním vrtákem vyvrtat vrtanou půdní sondu.



Před vykopáním půdní sondy je nutné požádat o svolení majitele pozemku a přesvědčit se, zda v daném místě nevedou žádné veřejné sítě, aby nedošlo k jejich poškození.

Majitele příslušného pozemku zjistíte na místním katastrálním úřadu, údaje o veřejných sítích by vám měl poskytnout jejich správce.



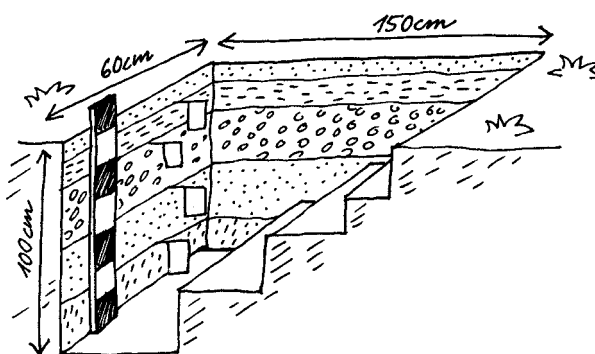
## Odkrytí půdního profilu

Pro odkrytí půdního profilu můžete použít následující postupy:

### 1. KOPANÁ PŮDNÍ SONDA / Pit Method

POMŮCKY: krumpáč, rýč, lopata, buzola, pásmo

Půdní sondu je nutné orientovat čelní stěnou na jih, ve svažitém terénu je čelo proti svahu. Půdní sonda by měla mít obdélníkový půdorys o rozměrech 150 x 60 cm a hloubku přibližně 100–150 cm. Je vhodné z jedné strany vyhloubit jeden nebo dva schůdky, zmenší se tak objem kopané zeminy a získáte snadnější přístup k profilu. V některých případech můžete pozorovat půdní profil, aniž byste museli hloubit půdní sondu. Jedná se o náhodné výkopy elektrického či telefonního vedení, plynovody, stavby, starší stržě apod. Zde je nutné před určováním stěnu očistit od sesypané a povětrnostními vlivy pozměněné zeminy.





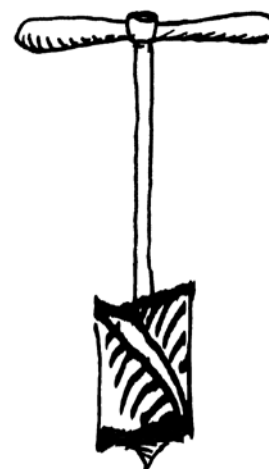
## 2. VRTANÁ PŮDNÍ SONDA / Auger Method

POMŮCKY: půdní vrták, igelitová plachta (50 x 150 cm), metr, pásmo

Pokud nemáte z nějakého důvodu možnost vykopat půdní sondu, lze pro popis půdního profilu použít půdní vrták. Rozložte na zem poblíž místa vrtání igelitovou plachtu. Na ní položte metr nebo pásmo alespoň 1 m dlouhé. Půdní profil vytvoříte postupným přemístěním půdy ze sondy na plachtu.

Zavrtávejte půdní vrták postupně do země. Po zavrtání do hloubky cca 10 cm (odpovídá otočení vrtáku o 360°) vrták vytáhněte a vzorek půdy přeneste na plachtu. Změřte hloubku vyvrtané díry. Vzorek na plachtě srovnajte podél metru tak, aby délka rozloženého profilu odpovídala hloubce vyvrtané díry. Stejným způsobem pokračujte až do hloubky zvětralého půdotvorného substrátu.

Nevýhodou vrtaných sond je to, že poskytují informace pouze z velmi omezeného prostoru a z odebraných vzorků nelze přesně posoudit všechny morfologické znaky, proto doporučujeme vykopat půdní sondu a půdní vrták použít pro získání doplňkových informací.



## Popis stanoviště / Defining a Soil Characterization Site

ČASOVÁ NÁROČNOST: 30 min

VHODNÉ PRO: 1. a 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: GPS, klinometr, metr, geologická mapa ČR, buzola, fotoaparát

CÍL: Žáci vhodně definují pedologické stanoviště.

POSTUP: Zde doporučujeme využít pracovní list *Popis stanoviště*.

K definování pedologického stanoviště potřebujete znát zeměpisné souřadnice, které určíte pomocí GPS. Nezapomeňte pojmenovat stanoviště specifickým názvem popř. i číselným kódem.

Pokud se vaše stanoviště nachází ve svahu, je potřeba zjistit klinometrem jeho sklon (návod na výrobu klinometru naleznete v oblasti Vegetační pokryv). K měření je potřeba dvou přibližně stejně vysokých studentů a jednoho pomocníka. První student se postaví s klinometrem níž po svahu, druhý výš, na hranu půdního profilu. První student se dívá skrz klinometr do očí druhého studenta. Pomocník odečte úhel sklonu svahu.

Zde je prostor pro propojení pedologie s měřením vegetačního pokryvu a matematikou (procvičení goniometrických funkcí), kdy žáci měří výšku stromů v nerovném terénu. Konkrétní badatelskou lekci **Výška stromu v nerovném terénu** najdete na webu [globe-czech.cz](http://globe-czech.cz).

TIP

Pro určení a zaznamenání vegetačního pokryvu v okolí půdní sondy použijte klasifikaci MUC (postup pro správné určení typu vegetačního pokryvu s využitím klasifikačního systému naleznete v oblasti Vegetační pokryv, kapitola MUC).



Pracujte s geologickou mapou ČR\*, abyste mohli správně určit, z jaké matečné horniny vznikla půda v okolí stanoviště.



Dokud nedefinujete své pedologické stanoviště, nemůžete odesílat naměřená data do databáze GLOBE. Pokud máte problém se svým uživatelským účtem, či odesláním dat, ozvěte se na [globe@terezanet.cz](mailto:globe@terezanet.cz), rádi vám pomůžeme.

## Popis půdního profilu / Identifying and Measuring Horizons

Půdní profil je série půdních vrstev pod půdním povrchem, které mají určité vlastnosti díky tomu, jak byla půda vytvořena. Přesouváním jednotlivých pohyblivých složek se původně homogenní substrát rozčlenil v heterogenní vrstvy označované jako **půdní horizonty**. Posloupnost horizontů a jejich morfologické znaky (vyvinuté pod vlivem určitých geologických podmínek, podnebí, nadmořské výšky, původního porostu atd.) jsou základem pro klasifikaci půd, tj. pro určení jednotlivých **půdních typů** (černozem, hnědozem apod.).\*\* Správné vyhodnocení půdního profilu vám může mnohé napovědět o podloží, ze kterého půda vznikla, a o procesech, které se na jejím vzniku podílely.

Mocnost jednotlivých horizontů se může značně lišit, od několika málo milimetrů až po několik metrů. Také rozhraní jednotlivých horizontů nemusí být vždy dobře patrné, v některém případě lze najít i hodně pozvolný přechod, který může mít mocnost větší než 10 cm.

Když se podíváme na jednotlivé horizonty, pochopíme něco o historii toho, co se na daném území stalo, můžeme číst různé příběhy vzniku půdy.

### Příběh Fluvizemě

Nivy řek představují krásná a úrodná místa a zde vznikají půdy, které označujeme fluvizemě. Voda unáší jílu, písek, ale i kameny při povodni a to vše se hromadí v nivě řeky, jak se síla vody snižuje. To má za následek střídání vrstev jílu, prachu, písku, oblázků a také výskyt vrstev s tmavou organickou hmotou. Tyto půdy jsou intenzivně využívané, ale rovněž velmi zranitelné. Zobrazovaný profil vznikl v nivě řeky Litavky a i přes jistou malebnost, jsou tyto půdy jedny z nejvíce kontaminovaných půd v České republice, a to následkem zpracování kovů při horním toku řeky.



#### Popis profilu:

Horizont A – na povrchu uložený organo-minerální horizont, úrodná část půdy, velmi intenzivně využívaný k pěstování plodin či pastvě. V tomto případě kontaminovaný zejména zinkem a olovem.

Pod horizontem A je níže uložený horizont M, který nazýváme půdním sedimentem, zde je patrné střídání vrstev s různou zrnitostí od jílu po kameny (oblázky).

\* Geologickou mapu České republiky vydala Česká geologická služba [www.geology.cz](http://www.geology.cz) a můžete ji získat prostřednictvím internetového obchodu na: <http://nts5.cgu.cz/website/obchod/mob.pl>

\*\* Pozn.: Území České republiky se vyznačuje relativně velkou rozmanitostí stanovištních podmínek. Díky tomu se u nás vytvořilo velké množství půdních typů a přechodů mezi nimi. Jednotlivé půdní typy, používané odborníky v ČR, naleznete v Taxonomickém klasifikačním systému půd ČR (Němeček, J. a kol., Praha 2001), a také na [www.klasifikace.pedologie.cz](http://www.klasifikace.pedologie.cz)



## Příběh Podzolu

Hluboké horské lesy oplývající borůvkám či písčité nížiny s borovicí a zde se hromadí opadem ze stromů po generace. Na takových místech najdete podzoly. Opad produkuje organické látky, které promývají půdu a posouvají půdním profilem železo, mangan a hliník do spodních vrstev půdy, kde se hromadí. Vzniká tak ochuzený (eluviální) a obohacený (iluviální) horizont půdního typu podzol a proces, který umožňuje jeho vznik, se nazývá podzolizace. Kombinace kyselého opadu v podobě jehličí smrku, vyšší nadmořské výšky s dostatkem srážek a kyselá půdotvorná hornina – žula nebo pískovec tento proces podporuje.



### Popis profilu

Zobrazený profil se nachází v Slavkovském lese v nadmořské výšce 860 m n. m. Na povrchu jsou uloženy organické horizonty opadu (L), drti (F) a měli (H). Jedná se o vlastní opad smrku a jeho rozklad za pomoci převážně hub v horizontu F, kde jsou ještě rozeznatelné jehlice smrku. V horizontu H je již původní materiál nerozeznatelný a jedná se převážně o jemnozrný temně černý organický materiál. V těchto horizontech se produkují organické látky, které vymývají z níže uloženého vyběleného (E) horizontu Fe, Mn a Al. Tyto látky se hromadí v tmavě hnědém horizontu (Bhs – humusoseskvioidický horizont). Tyto půdy jsou velmi kyselé a slouží zejména k produkci dřeva. V případě dalšího okyselení např. při kyselých deštích může dojít k zvýšení toxického vlivu hliníku a tím i zániku či poškození lesa. V současné době tyto lesy rovněž čelí nebezpečí ze strany kůrovce (lýkožrout smrkový).

## Příběh Kambizemě

Nejčastější půda naší republiky nacházející se od středních nadmořských výšek po horské oblasti. Kambizemě lze využívat jako zemědělské půdy, ale jsou velmi často skryty pod mnohými lesy. Matečnou horninou je široké spektrum hornin od pískovců, přes metamorfované ruly po hrubě zrnité žuly. Hnědá barva je určujícím znakem kambizemě. V půdě dochází k zvětrávání a uvolněné železo spolu s jílem a humusem dávají kambizemím jejich charakteristickou hnědou barvu.

### Popis profilu

Profil z horských partií Jizerských hor v sobě nese zátěž minulého století v podobě kyselých dešťů. Půda je velmi kyselá s malým množstvím živin pro výživu stromů. Na povrchu profilu jsou uloženy organické horizonty opadu (L), drti (F) a měli (H), organické horizonty přecházejí do organo-minerálního A horizontu a pod nimi se nachází hnědý kambický horizont Bv. Matečná hornina je v tomto případě hrubozrná žula.



V zásadě lze v půdním profilu rozlišit následující půdní horizonty:

POVRCHOVÉ HORIZONTY

**O horizont nadložního humusu** – obsah organické hmoty vyšší než 20–30%, je tvořen organickými zbytky (např. opadem z rostlin), probíhá v něm nejaktivnější biologická činnost.

**A povrchový organominerální horizont** – obsah organické hmoty nižší než 20–30%, organická hmota je smísená s minerální částí půdy.

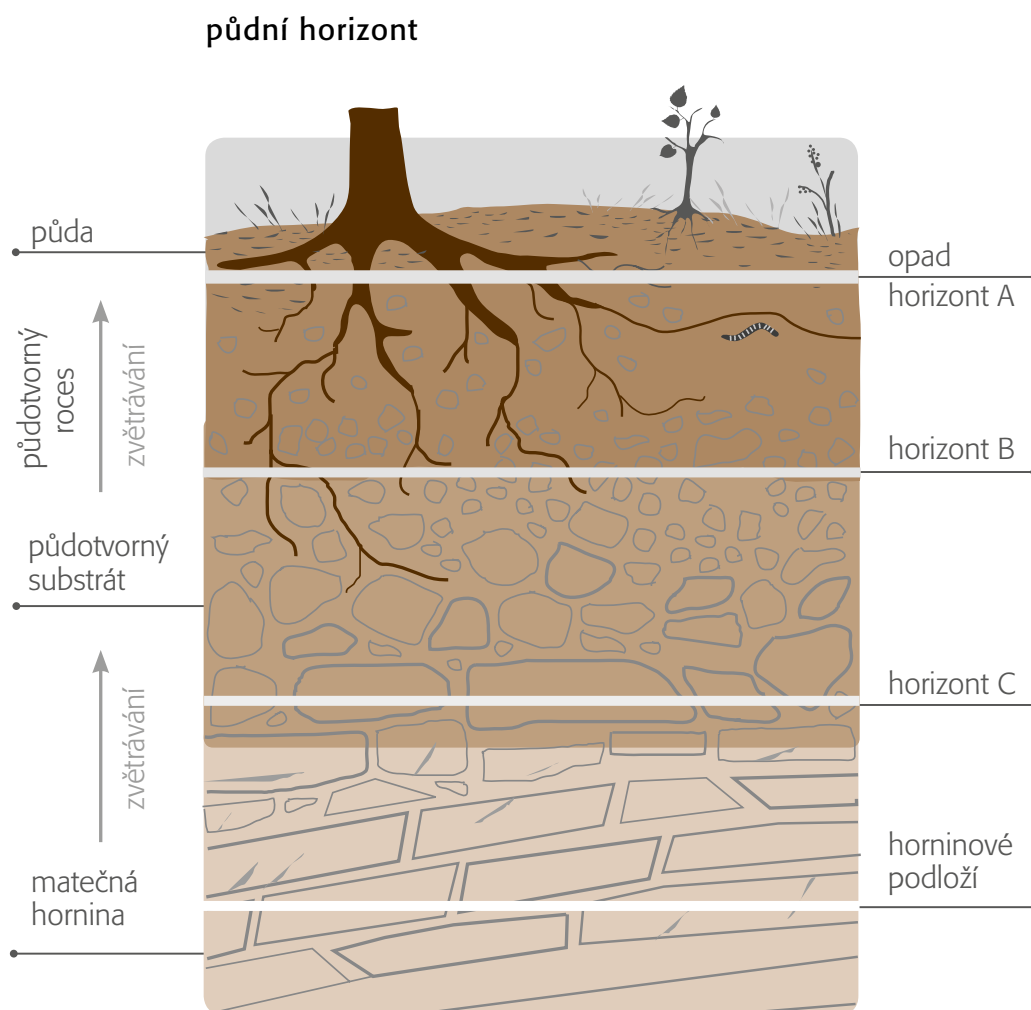
PODPOVRCHOVÉ HORIZONTY

**E minerální horizont** – ochuzený horizont, je tvořen převážně částicemi písku a prachu, jílovité částice byly vyplaveny.

**B minerální podpovrchový horizont** – obohacený horizont, je tvořen zvětralinami a úlomky matečné horniny, obsahuje materiál z horizontu E.

**C půdotvorný substrát** – horizont málo ovlivněný půdotvornými procesy, vzniká z něj půda.

**R matečná hornina** – pevná hornina, ze které vzniká půdotvorný substrát.





## Popis půdního profilu

ČASOVÁ NÁROČNOST: 30 min

VHODNÉ PRO: 1. a 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: metr nebo pásmo, značky na označení rozhraní horizontů (kolíčky, hřebíky apod.), nůžky, papírové půdní profily, lepidlo, různé druhy půd

CÍL: Žáci popíší půdní profil.

POSTUP: Přesný postup viz pracovní list *Popis půdního profilu*.

U odkrytého půdního profilu si dobře všimněte znaků jako je barva, prokořenění či přítomnost skeletu (kamínků). Tato pozorování vám pomohou jednotlivé horizonty od sebe odlišit.

Do tabulky v pracovních listech můžete jako označení horizontu zapsat jen číslo (s mladšími studenty) nebo využít označení horizontů písmeny. Důležité je, abyste měli všechny horizonty označené a popsané.



**Popis půdního profilu je nutné provádět co nejdříve po jeho odkrytí, případně je třeba si ho lopatkou očistit tak, abyste pozorovali vždy čerstvou vrstvu.**



## Odběr půdních vzorků

Půdní vzorky potřebujete odebrat pro další laboratorní měření – pH, půdní vlhkost, objemová a měrná hmotnost a zrnitostní rozbor.



**Půdní vzorky je možné odebrat až po určení základních půdních znaků, avšak před určením přítomnosti uhličitánů. Ocet, který se pro určení přítomnosti uhličitánů používá, by zkreslil vaše další pozorování např. pH a vlhkosti půdy.**

Rozlišujeme dva typy odběru půdních vzorků.

### 1. ODBĚR PORUŠENÝCH PŮDNÍCH VZORKŮ

ČASOVÁ NÁROČNOST: 30 min

VHODNÉ PRO: 1. a 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: lopatka, igelitové sáčky, permanentní popisovač, porcelánová třecí miska, síto s průměrem ok 2 mm

CÍL: Žáci umí odebrat porušené půdní vzorky.

POSTUP: Přesný postup odběru naleznete v pracovních listech *Odběr půdních vzorků*.



Odebrané vzorky skladujte v suché, dobře větrané místnosti. V co možná nejkratší době po odběru vzorky ze sáčků vyjměte, rozprostřete a rozmělněte větší hrudky, než zcela vyschnou a ztvrdnou.

Výchozím materiálem pro většinu laboratorních analýz je tzv. **jemnozem**. Získáte ji ze zeminy, kterou necháte vyschnout na vzduchu a následně ji rozmělníte v porcelánové třecí misce. Poté přesijete přes síto s průměrem ok 2 mm.

Jemnozem potřebujete pro měření pH, měrné hmotnosti a zrnitostního rozboru.

## 2. ODBĚR NEPORUŠENÝCH PŮDNÍCH VZORKŮ

ČASOVÁ NÁROČNOST: 30 min

VHODNÉ PRO: 1. a 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: Kopeckého válečky, víčka, gumičky, gumová palice, lopatka, permanentní popisovač, nůž

CÍL: Žáci odeberou neporušené půdní vzorky.

POSTUP: Přesný postup odběru naleznete v pracovních listech *Odběr půdních vzorků*.

**Kopeckého válečky:** válečky o objemu 100 cm<sup>3</sup> s víčkem, vyrobeny z nerezavějící oceli, spolu s nástavcem slouží k odběru neporušených půdních vzorků.

Neporušené půdní vzorky potřebujete pro měření objemové hmotnosti.



Informace o možnosti zakoupení naleznete na [globe-czech.cz](http://globe-czech.cz)

Podku nemáte k dispozici Kopeckého válečky, můžete k odběru neporušených půdních vzorků použít jiné obdobné nádoby (např. plechovky). Potřebujete si však vypočítat objem těchto nádob.

TIP

Objem vypočítáte pomocí vztahu:

$$V = h\pi r^2$$

h výška válečku (cm)

r vnitřní poloměr válečku (cm)



# Základní půdní znaky / / Soil Characterization Protocol



PEDOLOGIE

Základní půdní znaky zahrnují určení půdní struktury, barvy půdy, konzistence, zmitosti, přítomnosti skeletu, vlhkostních poměrů, přítomnosti kořenů rostlin a uhličitánů. Celé měření se provádí v terénu u půdní sondy nebo odkrytého půdního profilu. Základní půdní znaky se určují pro každý půdní horizont. Výsledky měření a pozorování se zadávají do databáze GLOBE pouze jednou. Je však vhodné půdní sondu využít pro pozorování a práci s dalšími skupinami studentů.

Zjištěné vlastnosti umožňují vědcům interpretovat fungování ekosystému a předkládat doporučení pro využití půdy. Například údaje o charakteru půdy mohou pomoci určit, zda by měl být pozemek využit pro pěstování nebo pro zástavbu. Údaje mohou pomoci předvídat pravděpodobnost povodní a sucha, mohou pomoci určit druhy vegetace a využití půdy, které nejlépe vyhovují danému místu. Charakteristiky půdy také pomáhají vysvětlit trendy půdní vlhkosti a teploty, které by mohly souviset s počasím.

**Před prací u profilu v terénu nacvičte se žáky určování základních znaků na půdních vzorcích, které si sami přinesou.**

TIP



## Určení základních půdních znaků

ČASOVÁ NÁROČNOST: 60–90 min pro určení všech základních půdních znaků v terénu

VHODNÉ PRO: 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY PRO URČENÍ VŠECH ZÁKLADNÍCH PŮDNÍCH ZNAKŮ: lopatka, rozprašovač, barevná škála, papíry, průhledné desky, stříčka s octem

CÍL: Žáci určí základní půdní charakteristiky.

POSTUP: Přesný postup pro určení všech půdních znaků viz pracovní listy.

## Půdní struktura / Soil Structure

Struktura půdy představuje uskupení půdních částic do hrudek tzv. **půdních agregátů**. Půdní agregát si tedy můžeme představit jako hrudku půdy složenou z minerálních částic, jílu, organické hmoty a organismů, protkanou póry, kterými teče voda a proudí vzduch.

Půdní struktura patří mezi nejvýznamnější fyzikální vlastnosti půdy, neboť poskytuje informace o velikosti a tvaru pórů v půdě, skrze které teče voda a proudí vzduch a kde rostou kořeny rostlin. Struktura půdy tedy ovlivňuje vodní a vzdušné poměry v půdě. Určuje rychlost infiltrace a zadržování vody (retence) v půdním profilu, brání ztrátám vody z povrchové vrstvy půdy apod., a také zajišťuje optimální růst a rozvoj kořenů rostlin.

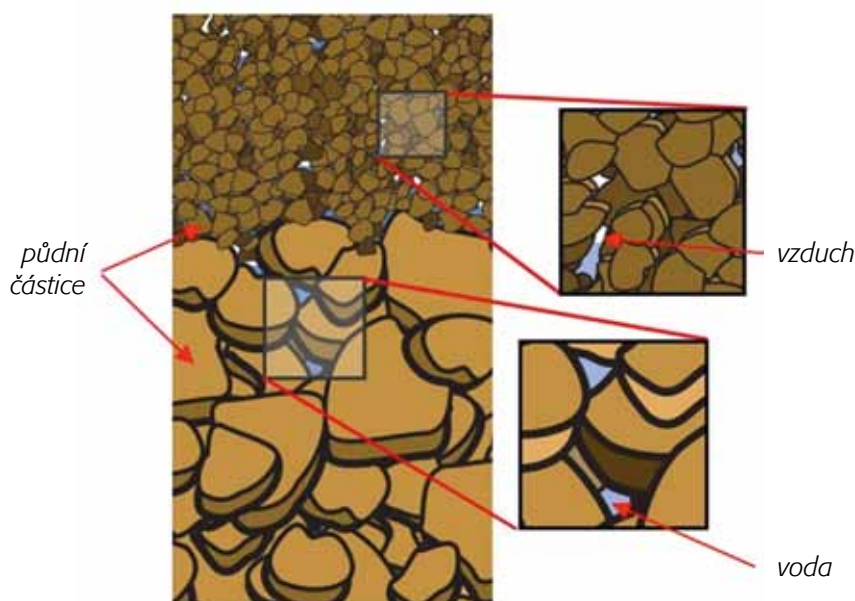
PŮDNÍ struktura se vyvíjí současně s vývojem půdy za spoluúčasti mnoha faktorů, jež se dají rozdělit do tří skupin:

- **fyzikální** – procesy vysychání a zvlhčování způsobují smršťování nebo bobtnání půdy, čímž vznikají pukliny a kanálky; mrznutí a tání vede ke vzniku puklin a drobných dutin v půdě; mechanické síly např. dopadající dešťové kapky;
- **chemické** – minerály (např. jílové), oxidy železa nebo kalcit slouží jako pojivo při tvorbě agregátů;
- **biologické** – kořeny zanechávají po odumření v půdě organickou hmotu a kanálky po jejím rozkladu; živočichové přemísťují částice, zanechávají v půdě exkrementy, budují chodbičky; půdní mikroorganismy rozkládají organické látky.

Jaké typy půd tedy podle struktury rozlišujeme?

**Strukturní (agregátový) stav půdy** je dán převládajícím tvarem a vzájemným uspořádáním pevných půdních částic (agregátů), které se vytvářejí buď rozpadem z velkých hrud, nebo spojováním menších částic. U tohoto typu se alespoň část půdní hmoty rozpadá na strukturní prvky.

Horizonty s menšími agregáty mají více menších pórů pro vodu a vzduch. Dokáží tedy efektivněji zadržet vodu v půdě. Mají vyšší retenční schopnost. Naopak horizonty s většími půdními agregáty mají méně větších pórů, ve kterých se zadržuje voda a vzduch. Čím větší póry a půdní částice, tím voda rychleji oteče. Mají nižší retenční schopnost.



Např. hluboká černozem může zadržet během srážek až 350 l vody na m<sup>2</sup>. Právě množství a kvalita organické hmoty a biologická aktivita mají obrovský význam pro zadržení vody v půdě. Zvýšení obsahu organické hmoty o 1 % může znamenat zvýšení dostupnosti vody v půdě o 19 až 23 l na m<sup>2</sup>. Množství a kvalitu organické hmoty v půdě můžeme podpořit vhodnou skladbou osevních postupů, optimální výživou rostlin, organickým hnojením, šetrnými způsoby hospodaření, či protierozní ochranou ohrožených pozemků.





Základní typy struktury půdy:



Bezstrukturální typy půd:

- **elementární** – jednotlivé půdní částice nejsou spojeny v agregáty (lehké písčité půdy);
- **slité** – jednotlivé částice jsou stmeleny v souvislou masu (těžké jílovité půdy).



## Konzistence / Soil Consistence

Konzistence půdy určuje, jak snadné, nebo obtížné je pro kořeny či organismy pohybovat se půdou.

Konzistence se v praxi posuzuje dle stupně:

- lepivosti – nelepivá → silně lepivá;
- plasticity – neplastická → silně plastická;
- pevnosti – kyprá → velmi tuhá.

V programu GLOBE se posuzuje konzistence prstovou zkouškou (stlačení agregátu mezi palcem a ukazováčkem). Určuje se pouze stupeň pevnosti jednotlivých strukturálních agregátů.

Do pracovních listů se zapisuje kategorie:

- kyprá;
- drobivá;
- tuhá;
- velmi tuhá.

## Barva / Soil Color

Barva půdy a půdních horizontů je důležitou vlastností, která vypovídá o procesech probíhajících v půdě, zejména o pohybu vody v půdě, provzdušnění a o obsahu a kvalitě organické hmoty.

**Barva půdy v povrchových horizontech** je závislá především na obsahu a kvalitě organické hmoty. Organická hmota přeměněná na humus má barvu černou, rostlinné zbytky v různém stupni rozkladu mají barvu hnědou až hnědočernou.

**V podpovrchových horizontech** má zásadní vliv na barvu půdy zejména železo, a to v různém stupni oxidace, redukce nebo hydratace. Oxidované sloučeniny železa jsou rezavé, redukované a hydratované sloučeniny jsou šedé. Převládající barva sloučenin železa v půdě tedy souvisí s provzdušněním půdy a s jejím vodním režimem. Půdy dobře provzdušněné (např. na svazích) mívají horizont B (minerální horizont) zbarvený nejčastěji do hněda, zatímco půdy, kde se hromadí voda (pod svahem), mají horizont B zbarven do šeda. Bílá barva poukazuje na akumulaci solí nebo uhličitanu vápenatého.



### Hypotézy-nehypotézy o půdě

Předtím, než se s žáky pustíte do objevování barev půdy, můžete s nimi, pomocí různých tvrzení o barvě půdy, natrénovat další z badatelských kroků a to konkrétně formulaci správné hypotézy.

ČASOVÁ NÁROČNOST: 10 až 20 min.

VHODNÉ PRO: 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: Předem vytvořené hypotézy. Celou aktivitu s názvem Hypotézy – nehypotézy o půdě najdete na webu [globe-czech.cz](http://globe-czech.cz).

CÍL: Žáci odhalí kritéria formálně správné hypotézy. Kriticky posoudí kvalitu předkládaných tvrzení.

POSTUP: Čtete žákům hypotézy. Jsou to opravdu hypotézy? Správná hypotéza má svá pravidla – **musí to být oznamovací věta, má být jednoznačná, ověřitelná, zobecnitelná, měřitelná a specifická**. Po každé přečtené větě žáci řeknou, zda je to hypotéza, případně, co se jim na ní nezdá. Nechte žáky opravit se navzájem. Když nevědí, pomozte jim, trénujte, diskutujte, žáci pak snadněji budou tvořit hypotézy samostatně.

Např.

1. Červené zbarvení půdy značí, že je v půdě železo, ale někdy ne. (Hypotéza není jednoznačná, nemůže platit jen někdy – správná hypotéza by zněla: Červená barva značí přítomnost železa v půdě.)
2. Železo zbarvuje půdu do běla. (Toto je správná hypotéza, jen bychom ověřováním přišli na to, že neplatí, což není třeba žákům sdělovat, nyní se soustředíme jen na formulační stránku hypotézy a ne na to, zda platí, či neplatí.)
3. Zamokřená půda u nás na zahradě má zelenou barvu, ale zamokřená půda v lese má barvu spíše do modra. (Tato hypotéza není zobecnitelná.)
4. Půda trvale zamokřená má často rezavé pruhy. (Hypotéza není jednoznačná, nemůže platit jen někdy. Problém je ve slově „často“.)
5. Uhličitan vápenatý zbarvuje půdu do běla. (Toto je správná hypotéza.)
6. Nízký obsah organických látek zbarvuje půdu do černa. (Hypotéza je skoro dokonalá. Co je to nízký obsah organických látek je třeba v hypotéze upřesnit.)



Barvu půdy zjišťujeme dvěma způsoby.

- **Subjektivní způsob hodnocení** spočívá ve slovním hodnocení barvy nebo jejím přirovnání k některé jiné hmotě, charakteristické svojí barvou (čokoládově hnědá, cihlově červená apod.).
- **Objektivní způsob hodnocení** spočívá v porovnání barvy půdy s tzv. Munsellovou stupnicí. Pro tuto metodu se v programu GLOBE používají tabulky, které lze zapůjčit ve vzdělávacím centru TEREZA. Napište na globe@terezanet.cz.



*Určování barvy pomocí GLOBE tabulek*

Můžete si společně s žáky vytvořit vlastní škálu barev půd z vytvořených omazů jednotlivých horizontů na bílý papír.

TIP

Barva se zjišťuje v terénu za přirozené vlhkosti. Pokud je půda suchá, ovlhčete ji vodou z rozprašovače.

Jednotlivé půdní horizonty nemusí mít jednotnou barvu. Popisuje se proto jednak základní (dominantní, převládající) barva půdy a jednak barva vedlejší (subdominantní).

## Novotvary

Kromě barvy půdy je možné hodnotit i přítomnost tzv. **novotvarů**, druhotných útvarů, které se v půdním profilu vytvořily během půdotvorných procesů. Od ostatní půdy v půdním profilu se liší svou barvou, složením a uspořádáním.

Podle půdotvorného procesu, při kterém novotvary vznikly, je můžeme rozdělit na:

- novotvary vzniklé **akumulací uhlíčitanu vápenatého** – jedná se o různé bílé povlaky na strukturních agregátech, bílé žilky vznikající vyplněním pórů, ztvrdlé bílé pecky – tzv. cicváry apod.;
- novotvary vzniklé **přemístěním oxidu železitého** – rezivožné povlaky na půdních částicích (např. ortštein – železitý stmeleneč);



Cicváry – vzniklé akumulací a vysrážením karbonátu Ortšejn

- novotvary vzniklé vlivem **dlouhodobého převlhčení** – červenohnědé železitomanganičité pecky, šedé nebo rezavé skvrny a povlaky, mramorování;
- novotvary vzniklé **biologickou činností** – kanálky po kořenech rostlin, chodby po živočiších (např. krotoviny – chodby po krtcích zaplněné půdním materiálem, často jiných horizontů), exkrementy žížal apod.



Koprolity – výměšky žížal



Krotoviny – vyplněné chodbičky po krtcích

## Zrnitost / Soil Texture

Zrnitost udává velikost a poměrné zastoupení jednotlivých půdních částic. Patří mezi základní charakteristické znaky půd, ovlivňuje zejména fyzikální vlastnosti – strukturu a konzistenci půdy.

Tabulka 1: Třídění půdních částic podle velikosti

| Název            | Průměr částic [mm] |
|------------------|--------------------|
| jíl              | < 0,002            |
| jemný prach      | 0,002 – 0,01       |
| prach            | 0,01 – 0,05        |
| práškovitý písek | 0,05 – 0,1         |
| písek            | 0,1 – 2,0          |
| skelet           | > 2,0              |

V terénu odhadujeme zrnitost hmatovou zkouškou. Rozlišujeme **půdní druhy** písčité, hlinité, jílovité a přechody mezi nimi. Určení půdního druhu v terénu je pouze orientační, přesné určení je možné až na základě výsledků laboratorních rozborů prováděných na vzorcích jemnozemě (viz kapitola Zrnitostní rozbor).

## Přítomnost skeletu / Measuring Rocks

Mezi skelet se řadí všechny částice větší než 2 mm, tj. takové, které nejsou zahrnovány do určování zrnitosti půdy. Skelet zpravidla tvoří hrubý písek, štěrk a kamení.

**Tabulka 2:**

*Skeletovitost v objemových procentech*

| Skeletovitost | % objemu |
|---------------|----------|
| žádná         | < 5      |
| slabá         | 5 – 25   |
| střední       | 25 – 50  |
| silná         | 50 – 75  |
| velmi silná   | > 75     |

**Tabulka 3:**

*Třídění skeletu podle velikosti*

| Název       | Průměr částic [mm] |
|-------------|--------------------|
| hrubý písek | 2 – 4              |
| štěrk       | 4 – 30             |
| kamení      | > 30               |

Větší množství skeletu zpravidla nalezneme ve spodních horizontech, v místech zvětralého půdotvorného substrátu. Směrem k povrchu skeletu půdy ubývá. Přítomnost skeletu v půdě významně ovlivňuje další půdní vlastnosti, zejména objemovou hmotnost, vodní kapacitu, infiltraci, náchylnost k erozi, teplotu půdy a tím ovlivňuje také hydrologické chování půdy stejně jako degradaci půdy a její produktivitu.

## Vlhkostní poměry / Soil Moisture

Vlhkostí půdy se rozumí momentální obsah vody v půdě. Závisí především na srážkách a výšce hladiny podzemní vody. V terénu se projevuje pocitem, který zemina vyvolává při dotyku. Běžně se používá pětistupňová základní stupnice: půda vyprahlá, suchá, vlahá, vlhká, mokrá.

V programu GLOBE se určují pouze tři kategorie:

- **suchá** – nevyvolává na dlani pocit chladu;
- **vlhká** – vyvolává pocit chladu, ovlhčuje dlaň;
- **mokrá** – vodou přesycená zemina.

Přesné určení množství vody v půdě se provádí v laboratoři gravimetricky, tj. vážením mokrého a suchého vzorku půdy (viz kapitola Půdní vlhkost).



## Přítomnost kořenů / Measuring Roots

Rozšíření kořenů v půdě závisí na složení, teplotě, vlhkosti a mocnosti jednotlivých horizontů. V rámci tohoto měření je vhodné se studenty zopakovat učivo o kořenovém systému jednoděložných rostlin (svazčitý systém kořenů) a dvouděložných rostlin (systém hlavního kořene). Studenti mohou vyhledat rostliny mělce a hluboce kořenicí. Je dobré mít však na paměti, že stejný rostlinný druh může na různých místech kořenit různě hluboko, což závisí na dostupnosti vody a živin. Většina kořenů se však nachází v horních vrstvách půdy a směrem do hloubky jejich počet ubývá.

Stanovení se provádí subjektivním posouzením. Určuje se, zda je kořenů:

- hodně;
- málo;
- nejsou přítomny žádné.

## Přítomnost uhličitánů / Measuring Free Carbonates

Uhličitany v půdě jsou představovány zejména uhličitánem vápenatým ( $\text{CaCO}_3$ ). Odhad jejich obsahu se provádí podle intenzity a doby trvání šumění zeminy s 10% kyselinou chlorovodíkovou (HCl).



**Před určením přítomnosti uhličitánů odeberte půdní vzorky pro další měření.**

Pro stanovení přítomnosti uhličitánů se používá v GLOBE místo kyseliny chlorovodíkové ocet. Ocet ze stříčky stříknete od spodního horizontu směrem nahoru. Do tabulky zapisujete, zda je obsah uhličitánů:

- vysoký;
- nízký;
- žádný.

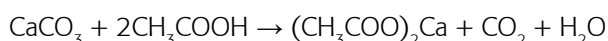
Přítomnost uhličitánů v půdním profilu indikují také tzv. novotvary v podobě bílých povlaků půdních částic (viz kapitola Barva půdy).

Toto měření vyžaduje určitou praxi, doporučujeme si ho proto před provedením se studenty vyzkoušet na přineseném vzorku půdy. Pokud máte možnost použít zředěnou HCl, vyzkoušejte si stanovení s oběma látkami – šumění s HCl bude silnější.



**Do protokolu запиšte pouze výsledky pozorování provedeného s octem.**

Reakci octa a uhličitánu vápenatého můžeme vyjádřit rovnicí:



**Pokud jsou ve vašem okolí půdy spíše kyselejší (většina území ČR), můžete studentům šumění demonstrovat na vzorku půdy, do kterého přimícháte rozemletý vápenec.**

TIP

# Rostliny jako ukazatelé půdních vlastností



PEDOLOGIE

Podle výskytu rostlinných druhů v blízkosti vašeho pedologického stanoviště můžete odhadnout, jaké vlastnosti bude půda mít.

Většina druhů vyšších rostlin chová vůči jednotlivým faktorům vnějšího prostředí poměrně specifický vztah. Mezi zásadní podmínky pro růst rostlin patří intenzita slunečního záření, dostupnost minerálních látek, závlaha, koncentrace CO<sub>2</sub>, pH půdy. Řada rostlin může růst a udržovat svou populaci pouze v prostředí, které jejich nároky splňuje. Hovoříme o tzv. **ekologické valenci**, tedy o optimálním rozsahu určitých podmínek pro daný organizmus.

Podle tolerance podmínek rozlišujeme rostliny:

- euryvalentní – tolerují širokou škálu stanovištních podmínek.
- stenovalentní – specializují se na určitý druh prostředí. Tyto rostliny můžeme chápat jako tzv. **bioindikátory** určitých vlastností stanoviště nebo půdy.

Například vápnomilné rostliny rostou výhradně v prostředí bohatém na vápník a uhličitany. Nevyskytují se tedy v kyselém prostředí, které je chudé na živiny. Podobně vyhraněný vztah mají rostliny k přítomnosti většího množství dusíku v půdě, což lze využít k jeho indikaci. Např. kopřivu dvoudomou nebo pampelišku lékařskou považujeme za tzv. nitrofilní druhy (nitrofyty), což jsou rostliny, které upřednostňují vysokou koncentraci dusíku. Indikovat lze i pH prostředí a jeho úživnost čili obsah dostupných živin.

Pro snazší identifikaci stanoviště pracujte s přílohou *Indikační druhy rostlin pro různá stanoviště*, ve které jsou rostliny rozděleny dle svých nároků na podmínky. Nejprve je tedy třeba rostliny na stanovišti správně určit a zjistit jejich příslušnost k ekologické skupině a nakonec podle toho odhadnout typ sledovaného stanoviště a půdní vlastnosti. Podrobný popis najdete v pracovním listě *Rostliny jako ukazatelé půdních vlastností*.

**TIP**  
Dovolte žákům klást otázky, které je napadají, jako např. *Jaké druhy rostlin rostou v blízkosti pedologického stanoviště? Kolik rostlin roste na určité ploše? Pomocí čeho můžu rostliny určit? Proč rostou tyto rostliny právě tady?* Nechte žáky vyslovit vlastní hypotézu o půdních vlastnostech ve vztahu k výskytu rostlin. Vedte žáky k tomu, aby se pokusili naplánovat postup, kterým ověří svou hypotézu. Využijte připravených pracovních listů jako pomocného materiálu pro žáky. Vyzvěte žáky, aby formulovali své závěry a hledali další souvislosti.



# pH půdy / Soil pH

## Proč měříme pH půdy?

Půdní reakce neboli pH půdy je jednou z nejdůležitějších chemických vlastností půdy, neboť ovlivňuje mnoho chemických a biologických procesů v půdě, např. zvětrávací procesy, dostupnost iontů minerálních solí pro výživu rostlin, aktivitu půdních organismů a tvorbu humusu. pH označuje záporný dekadický logaritmus koncentrace aktivních iontů  $H^+$  [ $pH = -\log(c(H_3O^+))$ ]. Termín pH pochází z francouzského „pouvoir hydrogène“, tj. síla vodíku. Za neutrální se považuje roztok, v našem případě půda, v rozmezí pH 6,5 až 7,5. Půdy s nižším pH jsou kyselé, obsahují více iontů  $H^+$ , půdy s vyšším pH jsou zásadité, obsahují méně iontů  $H^+$  než roztok neutrální.



### Stanovení pH půdy

ČASOVÁ NÁROČNOST: 30 min

VHODNÉ PRO: 1. a 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: jemnozem, destilovaná voda, pH metr, kádinka, odměrný válec, lžička, váhy

CÍL: Žáci vytvoří graf teplot půdy ve zvoleném časovém období.

POSTUP: Pusťte žákům video „Pokusy ve škole: Měření pH nápojů“ na YouTube. Poté pracujte s pracovními listy *pH půdy*. Žáci pracují ve skupinách. Pomocí aktivity Rybí kost kladou otázky, které je k tématu půdní reakce napadají. Motivujte je, aby se zaměřili na pH půdy. Každá skupina vytvoří hypotézu o pH půdy na vašem pixelu. Skupiny své hypotézy prezentují nahlas a vyberou jednu, kterou ověří.

Rozdejte do skupin vzorky půdy předem odebrané z vašeho pixelu. Před měřením je potřeba pH metr zkalibrovat, postup naleznete v oblasti Hydrologie, kapitole Kalibrace pH metru. Žáci změří pH půdy, přesný postup měření najdete v pracovním listu. Při měření pH je doporučený poměr suspenze vody a půdy 2:1. U organických horizontů pracujte s poměrem vody a půdy 10:1.

Vyzvěte žáky, aby se vrátili k hypotéze a zapsali, zda ji potvrdili či vyvrátili.

Tato aktivita byla inspirována badatelskou lekcí **pH půdy**, kterou najdete na [globe-czech.cz](http://globe-czech.cz).

TIP



### Půda jako pufr

Pro tuto aktivitu je vhodné odebrat půdní vzorky v různých lokalitách a vzájemně je porovnat. Optimální hodnota pH pro většinu procesů probíhajících v půdě je 5–7,5. Většina půd má však tendenci se okyselovat, a to v důsledku neustálého přísunu iontů  $H^+$  do půdního prostředí. Kromě přirozených způsobů (např. aktivita půdních mikroorganismů, vylučování kyselin kořeny rostlin či zvětrávání kyselých hornin), existují antropogenní příčiny acidifikace (zejména kyselá *atmosférické depozice*), které vznikají v důsledku emisí velkého množství  $SO_2$  a  $NO_x$  do ovzduší. Tyto sloučeniny reagují se vzdušnou vlhkostí za vzniku kyseliny sírové a kyseliny dusičné a v podobě kyselého deště dopadají na zem, kde snižují pH půdy. V tomto případě se pH srážek pohybuje pod přirozenou hodnotou 5,6.



Půda je schopna výkyvům půdní reakce do jisté míry čelit, neboť se chová jako pufr.

Vedle množství depozice rozhodují o stupni okyselení i vlastnosti půdy, zejména množství zásaditých (bazických) kationtů ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ), jejichž zdrojem je zvětrávající matečná hornina. Čím více je v půdách bazických kationtů, tím jsou odolnější, protože mohou déle neutralizovat kyselý přísun z atmosféry. Jakmile se však pufrací kapacita vyčerpá, klesá pH a s ním dochází k úhynu rostlin a dalších organismů žijících v půdě.

ČASOVÁ NÁROČNOST: 30 min

VHODNÉ PRO: 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: ocet, destilovaná voda, octan sodný, jedlá soda, kádinky, odměrný válec, pH metr, váhy, pipeta

CÍL: Žáci ověří pufrací schopnost půdy.

POSTUP: Přesný postup měření viz pracovní list *Půda jako pufr*.

Během pokusu si studenti ověří chování pufru a čisté vody a rozdíl mezi jednotlivými půdními vzorky.

Zatímco pH vody výrazně klesne hned po prvních kapkách přidaného octa, pH pufru a půdy se určitou dobu drží na stejné hodnotě a teprve potom mírně klesne.

Doporučujeme z naměřených hodnot sestavit graf.

TIP

## O čem vypovídají naměřená data

Jak již bylo řečeno, pH je jednou z nejdůležitějších chemických vlastností půdy. Záleží především na matečné hornině. Rozhodující vliv na pH má také obsahu uhličitánů. Půdy s jejich vysokým obsahem mají zásadité pH, tedy vyšší než 7.

Všeobecně lze říci, že pH jednotlivých horizontů se příliš nemění. Je to především proto, že změna pH o jeden stupeň znamená desetinasobný rozdíl obsahu iontů. Někdy však může dojít i k větším výkyvům pH mezi horizonty. To může být způsobeno například lidskou činností nebo nanesením materiálu na svrchní horizont. Tyto rozdíly hodnot pH mohou žákům pomoci odhalit „historii“ půdy v jejich okolí. Mohou se také pokusit odhadnout, zda a jak se bude pH měnit v půdním profilu od shora dolů.

# Teplota půdy / Soil Temperature

## Proč měříme teplotu půdy?

Na teplotě půdy závisí intenzita všech chemických a biologických procesů v půdě. S klesající teplotou se snižují mikrobiální procesy, životní aktivita půdních živočichů i růst rostlin. Primárním zdrojem energie pro ohřev půdy je sluneční záření. Teplotu také nepatrně zvyšují procesy vyvolané rozkladem půdních organizmů.

Absorpci sluneční energie půdou ovlivňuje řada faktorů – zeměpisná poloha, nadmořská výška, sklon terénu, expozice, vegetace, vlhkost a barva půdy. Obecně platí, že tmavé půdy pohlcují více energie a snáze se tedy zahřívají než půdy světlé, a že suché půdy se zahřívají rychleji než půdy vlhké.

Teplota půdy v jednotlivých hloubkách také závisí na schopnosti jednotlivých půdních profilů vést teplo. Tuto tzv. tepelnou vodivost ovlivňuje především druh půdy, její struktura a vlhkost.

Informace o teplotě půdy využívají například zemědělci pro to, aby předpověděli vhodnou dobu pro zasetí rostlin.



## Měření teploty půdy

ČASOVÁ NÁROČNOST: 10 min

VHODNÉ PRO: 1. a 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: půdní teploměr, 10 cm hřebík, permanentní popisovač

CÍL: Žáci vytvoří graf teplot půdy ve zvoleném časovém období.

POSTUP: Přesný postup měření viz pracovní list *Teplota půdy*.

Teplotu půdy měříme do vzdálenosti 10 m od meteorologické budky na nezastíněném místě s přirozeným vegetačním pokryvem. Měření provádíme půdním teploměrem v hloubkách 5 a 10 cm pravidelně ve stejný čas (v rozmezí hodinu před a hodinu po solárním poledni, určení solárního poledne je vysvětleno v oblasti Meteorologie), a to jednou denně nebo jednou týdně v průběhu celého roku. Každé tři měsíce navíc provádíme speciální dvoudenní měření, kdy teplotu zjišťujeme každé 2–3 hodiny ve dvou po sobě následujících dnech. Je důležité získat hodnoty z alespoň pěti měření za jeden den. Každé měření provádíme třikrát, vždy na novém neporušeném místě do vzdálenosti 10 cm od místa předchozího měření.

**Teplotu půdy doporučujeme porovnávat s teplotami vzduchu (zvláště při dvoudenním měření). Vhodné je zanást naměřené hodnoty do grafů a výsledky porovnat.**

TIP

Teplota půdy kolísá méně než teplota vzduchu. Zatímco vzduch dosahuje maximální teploty kolem druhé hodiny odpolední, půda se ohřívá na maximum později a později také chladne. Rozdíl zaznamenáte také mezi teplotou v různých hloubkách – v průběhu dne i celého roku více kolísá teplota svrchních vrstev půdy než vrstev spodních.



## Jak ovlivňuje vegetační pokryv teplotu půdy?

ČASOVÁ NÁROČNOST: v průběhu dne

VHODNÉ PRO: 1. a 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: půdní teploměr, 10 cm hřebík, permanentní popisovač

CÍL: Žáci pokusem ověří vliv vegetačního pokryvu na změny teplot v půdě.

POSTUP: Naleznete dvě stanoviště (vhodné je, aby se nacházela blízko sebe), jedno s přirozeným vegetačním pokryvem, druhé bez pokryvu. Dovolte žákům klást otázky, vyslovit domněnku, naplánovat pokus. Provádějte měření denního průběhu teplot v hloubce 5 cm, výsledky zanepte do grafů a porovnejte je. Nechte žáky zhodnotit, zda jejich domněnka platí, nebo se nepotvrdila.

## O čem vypovídají naměřená data

Uzavřený rostlinný pokryv reguluje pohyby tepla v půdě. Zabraňuje jak velkému zahřátí, tak příliš vysokému výdeji tepla z půdy. Proto budou tepelné výkyvy na stanovišti s vegetačním pokryvem menší než na stanovišti bez pokryvu. Při vyšší půdní teplotě se chemické reakce urychlují. Bakterie, žížaly a houby se stávají více aktivní a to urychluje rozklad organického materiálu.

# Půdní vlhkost / Gravimetric Soil Moisture Protocol

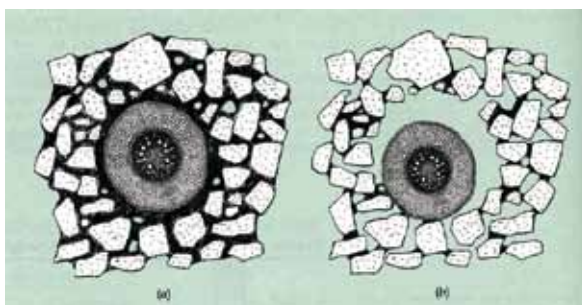
## Proč zjišťujeme půdní vlhkost?

Obsah vody v půdě je zásadní parametr ovlivňující růst rostlin. Aktuální zásoba vody v půdě závisí především na srážkách a výšce hladiny podzemní vody. Voda se vyskytuje v půdě ve formě kapalné a ve formě vodní páry, je vázána na povrchu půdních částic.

Množství vody, které půda může zadržet, závisí na celkové **pórovitosti**. Pórovitost půdy je fyzikální vlastnost půdy vyjadřující objem všech prostor mezi pevnými částicemi. Podmiňuje nejen obsah vzduchu v půdě, ale také jeho složení, neboť rozhodujícím způsobem ovlivňuje difúzní výměnu  $\text{CO}_2$  z půdního vzduchu do vzduchu atmosférického.

I u dočasně zcela zaplavených půd nebo u vrstev půd pod hladinou podzemní vody se vyskytují zadržené bublinky půdního vzduchu. Vzhledem k tomu, že pórovitost půdy je obvykle 40–60%, maximální obsah vody v půdě se může blížit 40–60% objemu půdy. Po nasycení půdy vodou, např. po silném dešti, se nejprve vyprazdňují velké póry, až se obsah vody v půdě sníží na množství nazývané **polní vodní kapacita** (obsah vody v půdě po ztrátě vody gravitací). Tehdy téměř ustává pohyb vody v půdním profilu směrem dolů způsobovaný gravitací a voda zaujímá 10–55% objemu půdy. Evaporací (výparem) a transpirací (dýcháním) rostlin se obsah vody dále snižuje, až klesne na hodnotu 5–35% objemu půdy. V tomto bodě přestává být voda přístupná pro rostliny, které vadnou. Další evaporací se obsah vody může snížit téměř na nulu, půda je tzv. na vzduchu suchá.

### Příčný řez kořenem obklopeným vodou



- Během periody adekvátní vlhkosti kořen vyplňuje celý půdní pór a je v těsném kontaktu s rozhraním půda – voda.
- Během vlhkostního stresu – v období horka a sucha se kořen smršťuje. Kontakt kořenů s půdou je omezen. Takovéto smrštění se může objevit i za horkého dne při dostatečné vlhkosti.

(Zdroj ČZU v Praze, KPOP)

## Pohyb vody v půdě

Chtěli byste jednoduše demonstrovat pohyby vody v půdě jen pomocí houby na tabuli a vody? Vyzkoušejte následující aktivitu.

ČASOVÁ NÁROČNOST: 15 minut

VHODNÉ PRO: 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: houba na tabuli, voda

CÍL: Žáci, na základě provedení pokusu, vysvětlí pohyb vody v půdě.



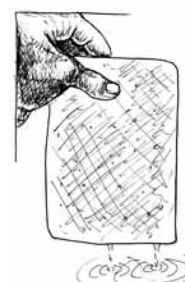
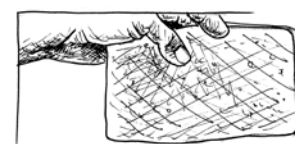
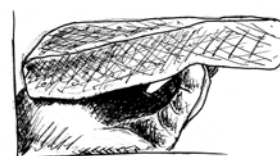
POSTUP: Pomocí namočené houby, změně její polohy, nebo pomocí různé intenzity jejího zmáčknutí, dokážete demonstrovat pojmy gravitační voda, polní vodní kapacita, kapilární voda a bod vadnutí. Pomocí pokusu dokážete vysvětlit, která voda je dostupná pro rostliny a v jaké fázi je již nedostupná a rostliny jejím nedostatkem vadnou.

## Gravitační voda

To je voda, která vlivem gravitace odtéká z půdy. K takovému odtoku dochází prostřednictvím velkých půdních pórů. Naopak malé (kapilární) póry mají schopnost vodu zadržovat.

Následující obrázky se budou zabývat odtokem z velkých půdních pórů.

- Houba držaná vodorovně. Když je houba vytažena z vody a držena na plocho na ruce, voda z ní začne odtékat. Nejprve odtéká rychle, po chvíli odtékat přestane. Jak se odtok zpomaluje, všimněte si, že houba není stejně mokrá od shora dolů. Horní část má více prázdných pórů než spodní.
- Houba v krátké svislé poloze. Pokud je houba otočena z vodorovné na svislou, začne se opět odvodňovat. Stejně jako dříve bude odvodnění po určitou dobu rychlé, pak se pomalu zastaví.
- Houba v dlouhé svislé poloze. Pokud se houba ještě jednou otočí, začne se opět drénovat a poté se pomalu zastaví. Pečlivé pozorování houby shora dolů vám umožní zjistit, které póry zadržují vodu a ze kterých voda vytéká.



Jedinou věcí, která se změnila, když byla houba různě otočena, je vzdálenost, na kterou měla gravitace vliv. V prvním případě (houba držaná vodorovně) měla gravitace pouze asi 4 cm, přes které mohla vytáhnout vodu. Ve druhém případě (houba v krátké svislé poloze) by gravitace mohla projít asi 10 cm. V posledním případě (houba v dlouhé svislé poloze) by gravitace mohla vytáhnout vodu asi z 20 cm. Každá otočka houby tak poskytla více vody, aby se mohla pohybovat gravitací. Při pečlivém pozorování jste si všimli, že voda vytékala z velkých pórů v houbě, ale zůstala v menších.

## Polní kapacita

Když z půdy odečte veškerá gravitační voda, ustálí se obsah vody v půdě na tzv. polní kapacitě. Obvykle nastane toto množství vody v půdě po 2 až 3 dnech od srážek, nebo zavlažování, kdy bylo zabráněno výparu z povrchu půdy. Voda se nyní zadržuje v půdních kapilárách, v těch pórech, které jsou dostatečně malé, aby zadržovaly vodu proti gravitaci.

Například jily drží při polní kapacitě nejvíce vody, zatímco písky nejméně. Polní kapacita je však silně ovlivněna strukturou půdy. Množství a velikost půdních agregátů určuje množství malých pórů, které jsou k dispozici pro zadržování vody proti gravitaci.



## Kapilární voda

To je voda zadržovaná proti gravitaci v malých půdních pórech neboli kapilárách. Tato voda může být využívána rostlinami, jak naznačují další aktivity s mokrou houbou.

## Odsávání vody

Začněte houbou při polní kapacitě, kdy veškerá gravitační voda odtekla.

Houbu začněte stlačovat. Nejprve to vyžaduje malou energii získat vodu.



Když je houba sušší, je zapotřebí více energie k získání vody.



Když je houba téměř suchá, je zapotřebí mnohem více energie k získání jen trochy vody.



Ovšem ne všechna kapilární voda zadržovaná v půdě je rostlinám stejně dostupná. Rostliny jsou schopny snadno odebírat vodu z půd, které mají obsah vody blízký polní kapacitě. Jak půda schne, musí rostliny vynaložit víc energie k získání vody a pokud je půda vyschlá, může dojít k tomu, že rostlina nebude mít dostatek energie k jejímu čerpání. Tomuto stavu říkáme **bod vadnutí**. Bod vadnutí však není stejný pro všechny rostliny. Například slunečnice má schopnost čerpat více vody z půdy než například kukuřice.

Je důležité si uvědomit, že ačkoli už nemůže být žádná voda z houby získána mačkáním, nejedná se o suchou houbu. Pokud necháme houbu týden ležet, bude o něco sušší, protože se z ní bude vypařovat voda.

## Rostlinám nedostupná voda

Když už z houby nemohla být vytlačena voda, byla na dotek suchá? Odpověď zní ne, stále si zachovává vodu. Tato voda se neabsorbuje v pórech mezi vlákny houby, ale ulpívá na vláknech houby. Totéž platí v půdě. Všechny půdy zadržují vodu, kterou rostliny nemohou využívat; jíly drží nejvíce nedostupnou vodu, zatímco písky nejméně.

Zdrojové webové stránky: <https://www.doctordirt.org/teachingresources/sponge/capacity>



## Stanovení půdní vlhkosti

ČASOVÁ NÁROČNOST: 60–90 min

VHODNÉ PRO: 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: plechovky nebo igelitové sáčky na odběr půdních vzorků, permanentní popisovač, lopatka, váhy s přesností 0,1 g, sušárna popřípadě mikrovlnná trouba

CÍL: Žáci stanoví půdní vlhkost.



Před odběrem půdních vzorků je třeba zvážit plechovky, do kterých budete vzorky odebírat. Každou plechovku označte permanentním popisovačem a její hmotnost zapište do pracovního listu.



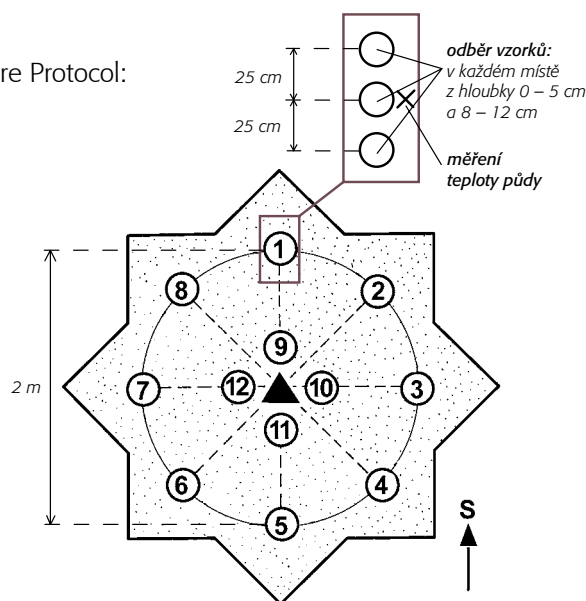
Vlhkost půdy se stanovuje na porušeném půdním vzorku celkem 12krát, a to buď jednou denně, týdně či v měsíčních intervalech. Pokud si vyberete měření jednou denně v průběhu 12ti po sobě jdoucích dnů, je vhodné měřit koncem dubna nebo začátkem října. Tyto termíny jsou udány z důvodu průkaznějšího porovnávání dat v GLOBE databázi.

Místo pro odběr vzorků k určení půdní vlhkosti není přesně dáno, doporučujeme však vzorky odebírat v blízkosti meteorologické budky, tj. v blízkosti místa, kde se zároveň měří množství srážek.

#### POSTUP V TERÉNU:

##### Odběr vzorků ve hvězdici / Star Pattern Soil Moisture Protocol:

Nejprve vytyčte hvězdici podle obrázku; čísla 1–12 odpovídají místům odběru vzorků. Z každého místa odběru získáte šest vzorků: celkem ze třech míst vzdálených od sebe 25 cm, vždy z hloubky 0–5 cm a 8–12 cm.



Pokud máte k dispozici půdní vrták, odebírejte vzorky také ve hvězdici (vždy z míst označených 1–12), avšak z hloubek 5, 10, 30, 60, 90 cm. Z každého odběru tedy získáte 5 vzorků.



Společně s odběrem půdních vzorků proveďte měření půdní teploty ve vzdálenosti 25 cm od každého místa odběru (viz kapitola Teplota půdy).

#### POSTUP V LABORATOŘI:

Půdní vlhkost zjišťujeme gravimetricky, tj. vážením – porovnáme hmotnost čerstvě odebraného a vysušeného vzorku.

Pokud nemáte k dispozici sušárnu, je možné použít mikrovlnnou troubu. Nastavte ji na cca 700 W a vzorky sušte přibližně 10 min až do konstantní hmotnosti. Dobu a způsob sušení půdních vzorků je třeba uvést v pracovních listech.

TIP

V tabulce v pracovním listu jsou uvedeny anglické pojmy, které odpovídají zadávání dat do databáze a také vzorečky, podle kterých studenti mohou vypočítat obsah vody v půdě. Pokud pracujete se staršími studenty, nechte je tabulku pro zaznamenání průběhu pokusu i s výpočty navrhnout.

**Obsah vody v půdě se obvykle pohybuje v rozmezí 0,05–0,5 g/g** (gramy vody na gram suchého vzorku).

## O čem vypovídají naměřená data

Data o půdní vlhkosti objasňují vědcům jaký vliv má množství dešťových a sněhových srážek na vzestup hladiny vody v potocích a řekách. Kompletní data o vlhkosti půdy z celých půdních profilů pomáhají předpovídat nejen povodně, ale i velká sucha nebo určovat optimální dobu sklizně. Půdní vlhkost ovlivňuje roční cykly růstu rostlin, proto jsou údaje o půdní vlhkosti důležité i pro fenology.

**Nechte se inspirovat badatelskou lekcí Teče voda, teče!**  
Najdete ji na [globe-czech.cz](http://globe-czech.cz).

TIP

# Objemová hmotnost / / Bulk Density Protocol



PEDOLOGIE

## Proč zjišťujeme objemovou hmotnost?

Objemová hmotnost se vztahuje k objemu půdy v jejím přirozeném uložení. Zahrnuje tedy jak **pevné částice**, tak **póry** (vyplněné vodou a vzduchem).

Těžší půdy, hlinité a jílovité, se skládají z menších částic, které mají větší povrch. Na částicích ulpívá větší množství vody. Tyto půdy mají vyšší pórovitost a nižší objemovou hmotnost.

Léhčí písčité půdy mají větší částice avšak menší povrch, proto mají nižší pórovitost a vyšší objemovou hmotnost.



## Stanovení objemové hmotnosti

ČASOVÁ NÁROČNOST: 45–90 min

VHODNÉ PRO: 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: Kopeckého válečky, palice, lopatka, permanentní popisovač, nůž, igelitové sáčky, váhy s přesností 0,1 g, sušárna nebo mikrovlnná trouba, síto s průměrem ok 2 mm, 100 ml odměrný válec

CÍL: Žáci stanoví objemovou hmotnost půdy.

POSTUP V TERÉNU:

Pro stanovení objemové hmotnosti je třeba odebrat neporušené půdní vzorky do Kopeckého válečků (viz kapitola *Odběr vzorků*).

Objemová hmotnost se stanovuje 3krát pro každý půdní horizont.

POSTUP V LABORATOŘI:

K výpočtu objemové hmotnosti potřebujete znát:

**Hmotnost skeletu** – vysušený půdní vzorek přesijete přes síto s průměrem ok 2 mm. Skelet, který neprošel sítem, zvážíte.

**Objem skeletu** – do válce o známém objemu vody nasypete skelet a odečtete objem.

Výslednou objemovou hmotnost vypočítáte ze vztahu:

$$\frac{\text{hmotnost suché půdy g} - \text{hmotnost skeletu g}}{\text{objem půdy cm}^3 - \text{objem skeletu cm}^3}$$

V tabulce v pracovním listu jsou uvedeny anglické pojmy, které odpovídají zadávání dat do databáze a také vzorečky, podle kterých studenti mohou vypočítat objemovou hmotnost. Pokud pracujete se staršími studenty, nechte je tabulku pro zaznamenání průběhu pokusu i s výpočty navrhnout.

## O čem vypovídají naměřená data

Objemová hmotnost minerálních půd kolísá mezi 0,8–1,8 g/cm<sup>3</sup>, u organických půd většinou mezi 0,2–0,5 g/cm<sup>3</sup>. Pokud je hodnota objemové hmotnosti menší než 1,0 g/cm<sup>3</sup> může to poukazovat na vysoký podíl organické hmoty v půdě. Vysoký podíl humusu mají obvykle povrchové horizonty. V případě, že se hodnota objemové hmotnosti blíží hodnotě 2,0 g/cm<sup>3</sup>, jedná se o těžké, často stlačené půdy (např. lidskou chůzí nebo mechanizací). Jestliže hodnota objemové hmotnosti neodpovídá základním půdním znakům horizontu (např. struktuře, zrnitosti, přítomnosti kořenů apod.), může se jednat o chybu v měření. V případě pochybností či nejasností proveďte měření ještě jednou.

# Měrná hmotnost / / Soil Particle Density Protocol



PEDOLOGIE

## Proč zjišťujeme měrnou hmotnost?

Měrná hmotnost (hustota) půdy představuje hmotnost jednotkového objemu pevné složky půdy. Závisí především na mineralogickém složení a obsahu organické hmoty. Narozdíl od objemové hmotnosti není ovlivněna pórovitostí, tj. objem pórů se do měrné hmotnosti nezapočítává. Měrná hmotnost vypovídá o různých typech materiálů obsažených v půdě. Vysoká měrná hmotnost ukazuje na obsah těžkých anorganických částic. Nízká hodnota měrné hmotnosti dokládá přítomnost lehkých organických složek.

Průměrná měrná hmotnost našich minerálních půd se pohybuje kolem 2,6–2,7 g/cm<sup>3</sup>, u organických půd klesá až pod 1,5 g/cm<sup>3</sup>.



## Stanovení měrné hmotnosti

ČASOVÁ NÁROČNOST: 1. den 45 min, 2. den 20 min

VHODNÉ PRO: 2. stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: jemnozem, váhy s přesností 0,1 g, destilovaná voda, nálevka, stříčka, kleště, tři 100 ml Erlenmayerovy baňky, teploměr, vaříč

CÍL: Žáci stanoví měrnou hmotnost půdy.

POSTUP: Stanovení měrné hmotnosti půdy se provádí 3krát pro každý půdní horizont. Použijte vzorky jemnozeme, které jste připravili v předchozím protokolu Objemová hmotnost půdy.

Vzorek jemnozeme vaříte s vodou proto, aby z půdy unikl všechny vzduch.

K výpočtu měrné hmotnosti (hustoty půdy) potřebujete znát:

**Hmotnost půdy** – pracujete se vzorkem o hmotnosti 25 g.

**Objemu půdy** – odečtete od známého objemu Erlenmayerovy baňky (100 ml) objem vody, který vypočítáte ze vztahu  $V = m/\rho$ , kde  $m$  je hmotnost vody,  $\rho$  je hustota vody při dané teplotě (studenti hustotu dohledají v matematicko-fyzikálních tabulkách nebo na internetu).

Výslednou měrnou hmotnost vypočítáte ze vztahu:

$$\frac{\text{hmotnost půdy g}}{\text{objem půdy cm}^3}$$

V tabulce v pracovním listě jsou uvedeny anglické pojmy, které odpovídají zadávání dat do databáze a také vzorečky, podle kterých studenti mohou vypočítat měrnou hmotnost. Pokud pracujete se staršími studenty, nechte je tabulku pro zaznamenání průběhu pokusu i s výpočty navrhnout.

## 0 čem vypovídají naměřená data

Vědci mohou na základě znalostí dat o měrné hmotnosti, objemové hmotnosti a pórovitosti lépe porozumět chování půdy, předpovídat povodně, či ověřovat hypotézy o vhodnosti půd pro život různých organismů. Umožňují jim lépe rozhodovat o využití půdy pro lidskou činnost.



# Zrnitostní rozbor / / Particle Size Distribution Protocol

## Proč provádíme zrnitostní rozbor půd?

Zrnitost půdy jste již určovali v terénu v rámci určování základních půdních znaků. Na základě hmatové zkoušky jste rozlišili, zda se jednalo o půdní druh písčité, hlinitý nebo jílovitý.

**Výsledkem zrnitostního rozboru, který provedete podle následujícího protokolu, budou údaje o procentuálním zastoupení jednotlivých půdních částic. Na základě těchto údajů stanovíte přesný půdní druh.**

Právě zastoupení jednotlivých půdních částic, které mají různou velikost, ovlivňuje řadu půdních procesů, například tepelný režim půd, biologickou aktivitu, sorpci látek v půdním profilu, či zvětrávání a půdotvorný proces.

Pokud rozbořem zjistíme půdní druh písčité, víme, že tyto půdy jsou záhřevnější, než půdy jílovité, které jsou chladné, což může mít dopad na zpoždění jarních prací. Víme, že půdy lehké, písčité (s hrubozrnnou strukturou) mají nadbytek kyslíku v půdním vzduchu, proto jsou biologicky velmi činné a převládá mineralizace látek. Zatímco půdy těžké, jílovité (s jemnozrnnou strukturou) mají nedostatek kyslíku, jsou méně biologicky aktivní, převládá anaerobní transformace organických látek a při trvalém převlhčení dochází k rašelinění. Půdy hlinité a zvláště jílovité (obsahují jílnaté částice s velkým specifickým povrchem) mají větší sorpční schopnost půdy než půdy písčité. Jemnozrnné substráty zvětrávají snáze a rychleji než hrubozrnné.

Zemědělcům slouží informace k zúrodnování půd s extrémním zrnitostním složením. U lehkých půd vpravují do půdy bariéry proti rychlému vsaku vody – do půdy aplikují jílové hmoty například bentonit, či slín. Těžké půdy jsou náchylné k uléhání, vytváření škraloupu a nízké propustnosti pro vodu. Díky znalostem o zrnitosti půdy je možné je upravit například vápněním, zeleným hnojením, chlévským hnojem, hloubkovým kypřením, podrýváním, nebo úpravou vodního režimu.



Princip úlohy je založen na různě dlouhé době usazování půdních částic v suspenzi. Pokud dojde k promísení suspenze vody a půdy, kterou poté necháme stát v klidu, po prvních dvou minutách se již usadí písčité, tedy nejtěžší částice. Po 24 hodinách se usadí i prachové částice, avšak jílovité zůstanou i nadále rozpuštěné v suspenzi.

Před samotným provedením protokolu doporučujeme procvičit některé aktivity dle věku studentů.

- Nasypete do 1/3 výšky zavařovací sklenice vzorek půdy.
- Naplňte sklenici vodou.
- Uzavřete víčkem, protřepejte suspenzi.
- Postavte sklenici na stůl, pozorujte usazování suspenze.
- Diskutujte se studenty o tom, co může mít vliv na usazování, jak rychle se budou částice usazovat apod.
- Určete se studenty zrnitost hmatovou zkouškou (viz kapitola Základní půdní znaky).
- Věnujte se i nácviku práce s hustoměrem, pokud se žáci s touto pomůckou zatím nesetkali.



## Stanovení půdního druhu zrnitostním rozbořem

ČASOVÁ NÁROČNOST: 3 x 45 min ve třech po sobě jdoucích dnech

VHODNÉ PRO: 2.stupeň ZŠ, SŠ

POMŮCKY: jemnozem, váhy s přesností 0,1 g, odměrný válec 100 a 500 ml, víčko, kádinka 250 ml, destilovaná voda, dispergační roztok (hexametafosfát sodný\*), skleněná tyčinka, teploměr, hustoměr, pravítko nebo metr

CÍL: Žáci prostřednictvím zrnitostního rozboru určují půdní druh sledovaného půdního vzorku.

POSTUP: Pro přesné určení typu zkoumaného půdního vzorku můžete zadat hodnoty do databáze. Typ půdy se z těchto hodnot vygeneruje.



**Zrnitostní rozbor provádíme 3krát pro každý půdní horizont.**

K výsledku však můžete dojít sami se studenty na základě výpočtu a následné práce s trojúhelníkovým grafem.



## Stanovení půdního druhu výpočtem

POMŮCKY: trojúhelníkový diagram, pravítko, vyplněný záznamový list s údaji o hustotě a teplotě suspenze.

POSTUP:

- Nakopírujte pro žáky trojúhelníkový diagram a převodní tabulku.
- Vypočítejte procentuální obsah jednotlivých částic půdy postupným dosazováním do tabulek v pracovním listě.
- Přiložte pravítko postupně k jednotlivým stranám trojúhelníkového diagramu. Vyznačte čáry odpovídající procentuálnímu zastoupení půdních částic.
- Odečtěte typ půdy, který určuje průsečík všech tří přímk.

V pracovních listech je podrobný popis výpočtu procentuálního zastoupení jednotlivých půdních částic ve vzorku.

Pro lepší názornost uvádíme celý modelový příklad.

Ukázka vyplněné tabulky:

|          | Hustota [g/cm <sup>3</sup> ] | Teplota [°C] |
|----------|------------------------------|--------------|
| 2 minuty | 1,0125                       | 21,0         |
| 24 hodin | 1,0089                       | 19,5         |

\* Místo hexametafosfátu sodného je možné použít Calgon, který používají např. geologové viz: [www.sci.muni.cz/~sulovsky/Vyuka/Lab\\_metody/Metody1.pdf](http://www.sci.muni.cz/~sulovsky/Vyuka/Lab_metody/Metody1.pdf)

**Výpočet procentuálního zastoupení písku ve vzorku**

(velká písmena odpovídají označení v pracovních listech):

- C Odečet z převodní tabulky: hustota 1,0125 g/cm<sup>3</sup> odpovídá 16,5 g (C) prachu a jílu v 1 litru suspenze.
- D Korekce teploty:  $0,36 \times (21 - 20) = 0,36$  (D)
- E Hmotnost prachu a jílu:  $16,5 + 0,36 = 16,86$  g/l (E)
- F Hmotnost prachu a jílu v 500 ml objemu:  $16,86 \times 0,5 = 8,4$  g (F)
- G Hmotnost písku:  $25 - 8,4 = 16,6$  g (G)
- H Procentuální obsah písku:  $16,6/25 \times 100 = 66,4\%$  (H)

**Výpočet procentuálního zastoupení jílu ve vzorku (údaje z tabulky po 24hodinách usazování suspenze):**

- K Odečet z převodní tabulky: hustota 1,0089 g/cm<sup>3</sup> odpovídá 10,5 g (K) jílu v 1 litru suspenze.
- L Korekce teploty:  $0,36 \times (20 - 19,5) = 0,18$  (L)
- M Hmotnost jílu:  $10,5 \times 0,18 = 10,32$  g/l (M)
- N Hmotnost jílu v 500 ml objemu:  $10,32 \times 0,5 = 5,2$  g (N)
- O Procentuální obsah jílu:  $5,2/25 \times 100 = 20,8\%$  (O)

**Výpočet procentuálního zastoupení prachu ve vzorku:**

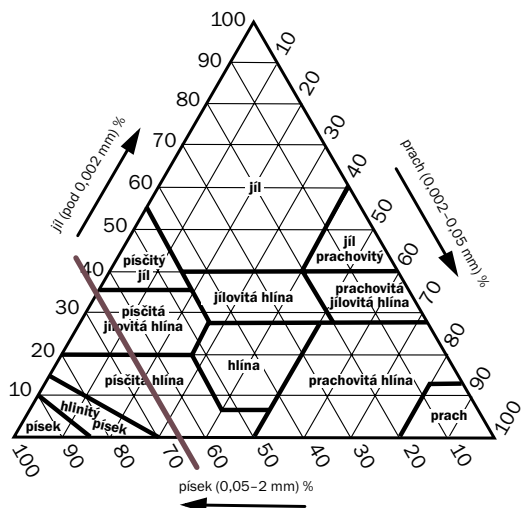
- P Hmotnost prachu:  $25 - (16,6 + 5,2) = 3,2$  g (P)
- Q Procentuální obsah prachu:  $3,2/25 \times 100 = 12,8\%$  (Q)

Výsledek:

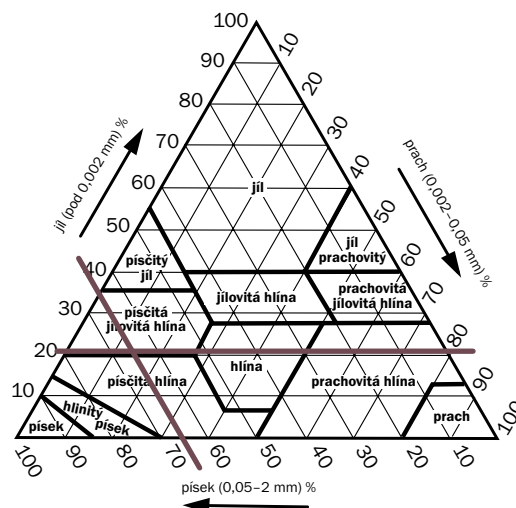
| Písek | Jíl   | Prach |
|-------|-------|-------|
| 66,4% | 20,8% | 12,8% |

Dále budete pracovat s trojúhelníkovým diagramem. Postupně vynesete přímky odpovídající procentuálnímu zastoupení jednotlivých složek. V jejich průsečíku naleznete odpovídající typ vašeho půdního vzorku.

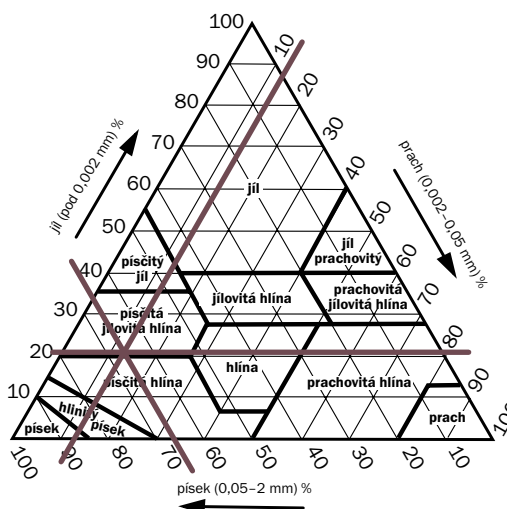
- Vyneste do diagramu přímku odpovídající 66,4% obsahu písku:



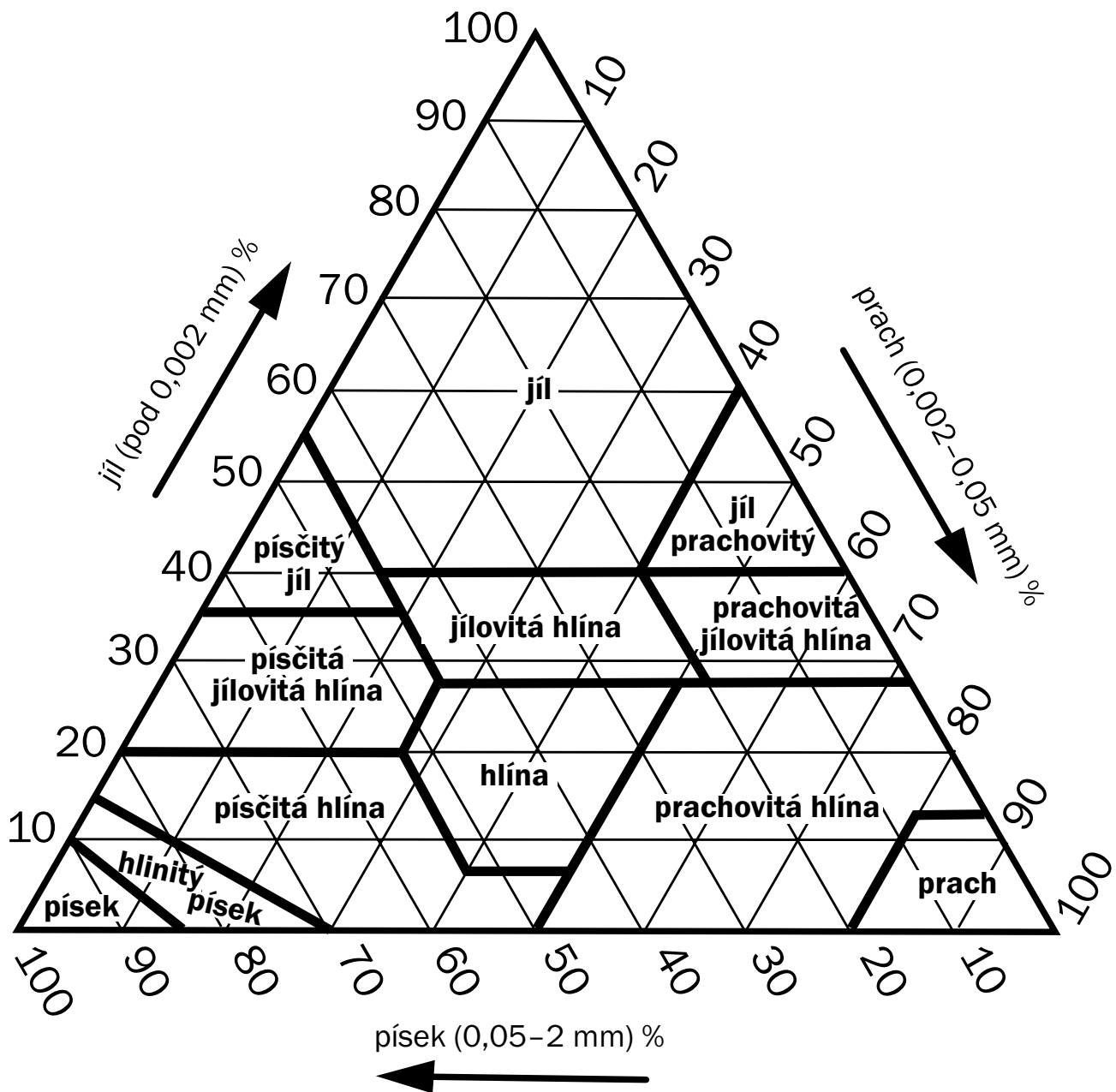
- Vyneste do diagramu přímku odpovídající 20,8% obsahu jílu:



- Vyneste do diagramu přímku odpovídající 12,8% obsahu prachu:



- Průsečík přímek označuje výsledný typ půdy: **písečtojílovitá hlína**.



PŘEVODNÍ TABULKA

| hustota [g/ml] | obsah půdy v suspenzi [g/l] | hustota [g/ml] | obsah půdy v suspenzi [g/l] | hustota [g/ml] | obsah půdy v suspenzi [g/l] |
|----------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|
| 1,0024         | 0,0                         | 1,0139         | 18,5                        | 1,0253         | 37,0                        |
| 1,0027         | 0,5                         | 1,0142         | 19,0                        | 1,0257         | 37,5                        |
| 1,0030         | 1,0                         | 1,0145         | 19,5                        | 1,0260         | 38,0                        |
| 1,0033         | 1,5                         | 1,0148         | 20,0                        | 1,0263         | 38,5                        |
| 1,0036         | 2,0                         | 1,0151         | 20,5                        | 1,0266         | 39,0                        |
| 1,0040         | 2,5                         | 1,0154         | 21,0                        | 1,0269         | 39,5                        |
| 1,0043         | 3,0                         | 1,0157         | 21,5                        | 1,0272         | 20,0                        |
| 1,0046         | 3,5                         | 1,0160         | 22,0                        | 1,0275         | 20,5                        |
| 1,0049         | 4,0                         | 1,0164         | 22,5                        | 1,0278         | 21,0                        |
| 1,0052         | 4,5                         | 1,0167         | 23,0                        | 1,0281         | 21,5                        |
| 1,0055         | 5,0                         | 1,0170         | 23,5                        | 1,0284         | 22,0                        |
| 1,0058         | 5,5                         | 1,0173         | 24,0                        | 1,0288         | 22,5                        |
| 1,0061         | 6,0                         | 1,0176         | 24,5                        | 1,0291         | 23,0                        |
| 1,0064         | 6,5                         | 1,0179         | 25,0                        | 1,0294         | 23,5                        |
| 1,0067         | 7,0                         | 1,0182         | 25,5                        | 1,0297         | 24,0                        |
| 1,0071         | 7,5                         | 1,0185         | 26,0                        | 1,0300         | 24,5                        |
| 1,0074         | 8,0                         | 1,0188         | 26,5                        | 1,0303         | 25,0                        |
| 1,0077         | 8,5                         | 1,0191         | 27,0                        | 1,0306         | 25,5                        |
| 1,0080         | 9,0                         | 1,0195         | 27,5                        | 1,0309         | 26,0                        |
| 1,0083         | 9,5                         | 1,0198         | 28,0                        | 1,0312         | 26,5                        |
| 1,0086         | 10,0                        | 1,0201         | 28,5                        | 1,0315         | 27,0                        |
| 1,0089         | 10,5                        | 1,0204         | 29,0                        | 1,0319         | 27,5                        |
| 1,0092         | 11,0                        | 1,0207         | 29,5                        | 1,0322         | 28,0                        |
| 1,0095         | 11,5                        | 1,0210         | 30,0                        | 1,0325         | 28,5                        |
| 1,0098         | 12,0                        | 1,0213         | 30,5                        | 1,0328         | 29,0                        |
| 1,0102         | 12,5                        | 1,0216         | 31,0                        | 1,0331         | 29,5                        |
| 1,0105         | 13,0                        | 1,0219         | 31,5                        | 1,0334         | 30,0                        |
| 1,0108         | 13,5                        | 1,0222         | 32,0                        | 1,0337         | 30,5                        |
| 1,0111         | 14,0                        | 1,0226         | 32,5                        | 1,0340         | 31,0                        |
| 1,0114         | 14,5                        | 1,0229         | 33,0                        | 1,0343         | 31,5                        |
| 1,0117         | 15,0                        | 1,0232         | 33,5                        | 1,0346         | 32,0                        |
| 1,0120         | 15,5                        | 1,0235         | 34,0                        | 1,0350         | 32,5                        |
| 1,0123         | 16,0                        | 1,0238         | 34,5                        | 1,0353         | 33,0                        |
| 1,0126         | 16,5                        | 1,0241         | 35,0                        | 1,0356         | 33,5                        |
| 1,0129         | 17,0                        | 1,0244         | 35,5                        | 1,0359         | 34,0                        |
| 1,0133         | 17,5                        | 1,0247         | 36,0                        | 1,0362         | 34,5                        |
| 1,0136         | 18,0                        | 1,0250         | 36,5                        | 1,0365         | 35,0                        |





## Jak rychle se usazují jednotlivé částice?

V přírodních podmínkách jsou částice půdy unášeny vodou, která protéká půdním profilem. Rychlost pohybu částic záleží na mnoha faktorech. Se studenty v laboratoři můžete pozorovat u různých půdních vzorků usazování částic ve skleněných válcích.

Za použití Stokesova zákona\* lze vypočítat rychlost usazování různých částic.

$$v = k \cdot d^2$$

v – rychlost usazování cm/s

k – konstanta, závisí na rozpouštědle, ve kterém se usazují částice, hustotě částic a teplotě. Pro suspenzi vody a půdy o teplotě 20 °C má hodnotu 8 900 cm<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>

d – velikost částic v centimetrech

písek: 0,2 cm – 0,005 cm

prach: 0,005 cm – 0,0002 cm

jíl: < 0,0002 cm

*Ukázka příkladu:*

Spočítejte rychlost usazování písčitých částic o velikosti 0,1 mm ve válci o objemu 500 ml. Výška vodního sloupce v odměrném válci je 27 cm.

- Převedte velikost částic na centimetry: 0,1 mm = 0,01 cm
- Spočítejte rychlost usazování dosazením do vzorečku:  $v = 8900 \times (0,01)^2 = 0,89 \text{ cm/s}$
- Vydělte výšku vodního sloupce vypočítanou rychlostí:  $27/0,89 = 30,33 \text{ s}$

Výsledek: Ve válci o objemu 500 ml a výšce vodního sloupce 27 cm, se částice písku o velikosti 0,01 cm budou v suspenzi vody a půdy usazovat 30 s.

\* Stokesův zákon vyjadřuje vztah pro rychlost sedimentace kulovité částice v gravitačním poli.



## Proč měříme infiltraci?

Voda se v půdě neustále pohybuje, ať už uvnitř půdních pórů, tak evapotranspirací z půdy do atmosféry. Rychlost vodního toku je závislá na schopnosti půdy propouštět či zadržovat vodu, je tedy spjata s velikostním zastoupením pórů, tj. se strukturou a texturou půdy.

Rychlost infiltrace se mění v závislosti na tom, jak se půdní póry plní vodou. Prakticky se zmenšuje tak, jak se zvětšuje nasycenost půdy vodou. Při delším trvání deště nebo při několika deštích následujících v krátkém časovém rozmezí za sebou může dojít k plné nasycenosti půdy, a potom je infiltrace nulová. Důsledkem je okamžitý odtok všech dešťových vod spadlých na povrch, při kterém může dojít nejenom k tvorbě silné eroze, ale i k vytvoření povodňového stavu.

Skutečnou míru infiltrace (vsaku vody do půdy) udává intenzita infiltrace. Zjišťuje se z poklesu hladiny vody o jistou výšku během přesně změřeného časového úseku.

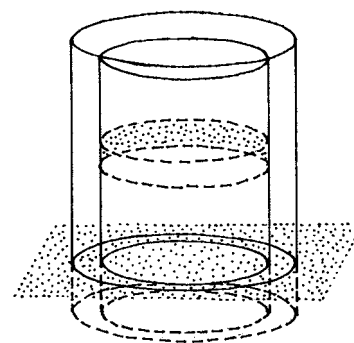
## Výroba pomůcek

### INFILTROMETR

POMŮCKY: plechovka o průměru 10–20 cm, plechovka o průměru 15–25 cm, otvírák na konzervy nebo nůžky na plech, permanentní popisovač nebo voděodolná barva

### POSTUP:

- Plechovkám odříznete dno i víko.
- Na vnitřní straně menší plechovky zakreslete po obvodu značku ve vzdálenosti 9 cm od dna.
- Druhou značku zakreslete 2–4 cm nad značku první.



## Měření infiltrace

ČASOVÁ NÁROČNOST: 45 min

VHODNÉ PRO: 6.–9. třída

POMŮCKY: dvouválcový infiltrometr, přívod vody, případně plastové láhve naplněné vodou (minimálně 8 l), 2 nálevky (nebo plastové láhve s odříznutým dnem), pravítko, dřevěná deska, palice, nůž, zahradnické nůžky, plechovky na odběr půdních vzorků, víčka, permanentní popisovač, lopatka

CÍL: Žáci změří skutečnou míru vsaku vody do půdy.

Infiltrace se v GLOBE stanovuje 3–4krát ročně v místě měření půdní vlhkosti. Odeberte vzorky půdy ke stanovení půdní vlhkosti a poté v místě vzdáleném 2–5 m proveďte měření infiltrace.

Měření infiltrace není povinným měřením v GLOBE, je to však jednoduché měření, které doporučujeme provádět. Pracovní postup viz pracovní list.

Doporučujeme propracovanou badatelskou lekci Infiltrace/schopnost půdy zadržet vodu, k dispozici na [globe-czech.cz](http://globe-czech.cz).

TIP



- adheze** – přilnavost, schopnost materiálů (především dvou rozdílných materiálů) spolu přilnout.
- agregát** – jednotka půdního uspořádání, která vzniká shlukováním elementárních zrn. Za vznikem stojí vlivy chemické, fyzikální i biotické. Nejčastějším důvodem vzniku půdních agregátů je koloidizace, při které je nutná přítomnost určitého množství karbonátů. Půdní agregáty mohou vznikat i činností člověka např. orbou či vláčením.
- atmosférická depozice** – přenos (tok) látek z atmosféry k zemskému povrchu vyjádřený jako hmotnost sledované látky na jednotku plochy za určitou časovou jednotku (zpravidla se používá jednotek  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$  nebo  $\text{kg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ ). Jedná se o velice důležitý proces samočištění atmosféry, který umožňuje látkám v ovzduší přecházet do jiných složek prostředí (hydrosféry, pedosféry, litosféry, kryosféry, biosféry), pro něž ovšem může představovat významný vstup znečišťujících látek. Bez působení tohoto důležitého procesu by docházelo ke kumulaci látek v atmosféře.
- cicváry** – nepravidelné hrudky uhličitanu vápenatého, charakteristické zejména pro spraše (úlomkovité usazené horniny naváté větrem).
- edafon** – souhrnný název pro organizmy žijící v půdě.
- fytoedafon** – organizmy původně řazené do říše rostlin žijící v půdě. Převážně se jedná o bakterie.
- zooedafon** – živočišná složka půdy.
- evapotranspirace** – celkový výpar, skládá se z evaporace (fyzikální výpar z půdního povrchu) a transpirace (fyziologický výdej vody vegetací).
- gravimetrie** – neboli vážková analýza je metoda chemické kvantitativní analýzy, která je založená na vyloučení stanovované složky ve formě málo rozpustné sloučeniny (tj. vylučovací forma složky) a na jejím převedení na sloučeninu o přesně definovaném složení (tj. forma k vážení), která se poté váží; v některých případech se váží přímo izolovaná sraženina.
- jemnozem** – je půdní frakce o velikosti částic  $< 2$  mm. S touto frakcí se nejčastěji pracuje v pedologických laboratořích k určení chemicko–fyzikálních vlastností půdy. Jemnozemi se získává přesypáním homogenizovaného vzorku půdy přes síta s otvory  $< 2$  mm.
- koheze** – soudržnost
- Kopeckého válečky** – ocelové válečky o objemu  $100 \text{ cm}^3$ , které slouží k odběru půdních vzorků.
- krotoviny** – kruhové a elipsovitě otvory nebo pruhy v půdě, které jsou morfologicky odlišné od okolní půdy. Krotoviny se vytvářejí druhotným vyplněním chodeb půdních živočichů a dutin po odumřelých kořenech rostlin půdním materiálem, zpravidla humózní zeminou.
- ped** – základní strukturní jednotka půd.
- pórovitost** – fyzikální vlastnost půdy, vyjadřuje objem všech prostor mezi půdními částicemi.
- půdní horizont** – vrstva půdy, která má specifické horizontální umístění a určité fyzikální a chemické vlastnosti. Je vymezen souborem vizuálních analytických znaků s hraničními měřitelnými hodnotami. Soubor všech půdních horizontů tvoří půdní profil.

---

**půdotvorný substrát (matečná hornina)** – je výchozím materiálem, ze kterého půda vzniká.

Petrologické složení substrátu ovlivňuje rychlost tvorby půdy (zvětrávání pevných hornin), s tím související hloubku půdy, její zrnitostní složení (texturu), na kterém závisí fyzikální, fyzikálně-chemické biologické a další půdní vlastnosti.

**pufr** – roztok, který je schopný udržovat v jistém rozmezí stabilní pH i po přidání silné kyseliny či zásady. Pufry jsou obvykle směsí slabých kyselin a jejich solí nebo směsí slabých bazí a jejich solí. Pufry se používají při kalibraci např. pH–metrů, konduktometrů.

**ulmifikace** – půdotvorný proces, při němž se organické zbytky mění v rašelinu.

# Slovníček Aj / Čj



PEDOLOGIE

|              |                         |              |                     |
|--------------|-------------------------|--------------|---------------------|
| agricultural | – zemědělská oblast     | moisture     | – vlhkost           |
| auger        | – vrták                 | pit          | – kopaná sonda      |
| bedrock      | – skalní podloží        | rock         | – hornina, skála    |
| bulk         | – objem                 | root         | – kořen             |
| carbonates   | – uhličitany            | sample       | – vzorek            |
| clay         | – jíl                   | sand         | – písek             |
| color        | – barva                 | site         | – místo, stanoviště |
| deposit      | – usazeniny             | shrub        | – keř               |
| depression   | – prohlubeň, proláklina | slope        | – sklon             |
| depth        | – hloubka               | soil         | – půda              |
| dry          | – suchý                 | streambank   | – břeh potoka       |
| elevation    | – výška                 | summit       | – vrchol            |
| flow rate    | – průtok                | temperature  | – teplota           |
| granite      | – žula                  | texture      | – zrnitost          |
| gravel       | – štěrk                 | urban        | – území města, obce |
| grass        | – tráva                 | volcanic     | – sopečný           |
| latitude     | – zeměpisná šířka       | volume       | – objem             |
| limestone    | – vápenec               | weight       | – hmotnost          |
| loam         | – hlína                 | wet          | – mokrý             |
| longitude    | – zeměpisná délka       | wilderness   | – nedotčená příroda |
| moist        | – vlhký                 | wind deposit | – spraše            |



# Použité a doporučené zdroje:

## Literatura

Bergstedt, Ch., Ditrich, V., Liebers, K.: Člověk a příroda, půda. Učebnice pro integrovanou výuku. FRAUS, Plzeň 2005.

Kolektiv autorů: Pedologické praktikum. Agronomická fakulta České zemědělské univerzity, Praha 2002.

Kolektiv autorů: Živel Země. Agentura Koniklec, Praha 2004.

Němeček, J. a kol.: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. ČZÚ Praha spolu s VÚMOP Praha, 2001.

Šimek, M.: Základy nauky o půdě. Neživé složky půdy. Biologická fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice 2005.

Šimek, M.: Základy nauky o půdě. Biologické procesy. Biologická fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice 2003.

Tomášek, M.: Půdy České republiky. Česká geologická služba, Praha 2007.

## Webové stránky

[globe.gov/ru/do-globe/globe-teachers-guide/soil-pedosphere](http://globe.gov/ru/do-globe/globe-teachers-guide/soil-pedosphere) – kompletní informace k pedologii

[globe-czech.cz](http://globe-czech.cz) – český web programu GLOBE, najdete celý manuál v pdf, připravené kompletní badatelské lekce a další materiály ke stažení

[badatele.cz](http://badatele.cz) – kompletní informace o badatelské metodě vyučování, lekce i na jiná než GLOBE témata

[doctordirt.org/teachingresources](http://doctordirt.org/teachingresources) – inspirativní materiály pro učitele o půdě

[www.env.cz/AIS/web.nsf/pages/puda](http://www.env.cz/AIS/web.nsf/pages/puda)

[klasifikace.pedologie.cz/](http://klasifikace.pedologie.cz/)

[www.geology.cz/extranet](http://www.geology.cz/extranet)

[www.mzp.cz/cz/geologie\\_puda](http://www.mzp.cz/cz/geologie_puda)