

Univerzita Karlova  
Pedagogická fakulta

Katedra biologie a environmentálních studií

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Život v půdě: praktikum pro druhý stupeň ZŠ

The Life in the Soil: Practical Excercise for Elementary School

Bc. Romana Müllerová

Vedoucí práce: Mgr. Dagmar Říhová, Ph.D.  
Studijní program: Učitelství pro střední školy  
Studijní obor: Učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů pro základní školy a střední školy – biologie

2021

Odevzdáním této diplomové práce na téma Život v půdě: praktikum pro druhý stupeň ZŠ potvrzuji, že jsem ji vypracovala pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Praha, 18.4.2021

Na tomto místě bych chtěla moc poděkovat vedoucí práce Mgr. Dagmar Říhové, Ph.D. za cenné rady, ochotu, vstřícnost a celkově za skvělé vedení mé práce. Dále bych chtěla poděkovat vedení Základní školy Bystřice, díky kterému jsem mohla zrealizovat praktickou část diplomové práce. A v neposlední řadě patří velké díky mé rodině, která mě podporovala během celého studia.

## **ABSTRAKT**

Tématem diplomové práce je život v půdě. Teze pojednává o samostatné půdě a dále o organismech, které v půdě žijí. Zároveň je zde popsána implementace tématu Půda do výuky na konkrétní základní škole. Teoretická část obsahuje osm základních okruhů – vznik půdy, její vlastnosti, typy půd, funkce, degradaci a ochranu půdy, půdní živěnu a metody studia půdní fauny a v neposlední řadě také téma Půda v RVP ZV i v ŠVP konkrétní základní školy. V empirické části práce jsou zanalyzovány učebnice přírodopisu na téma Půda a je zde popsán výukový materiál, který byl využit během vyučovacích hodin na Základní škole Bystřice. Cílem práce bylo ověřit funkčnost vzniklých výukových materiálů, které byly vyhodnoceny v rámci post a pre-testů. Oba testy byly vyhodnoceny nejdříve zvlášť a následně spolu porovnány. Výsledky u obou tříd byly velmi podobné, došlo ke stejnému počtu zlepšení i zhoršení žáků, jen s tím rozdílem, že třída 9.B měla celkově lepší bodové hodnocení.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

půda, půdní fauna, půdní praktika, analýza učebnic, výukový materiál

## **ABSTRACT**

My thesis's topic is life in the soil. This thesis discusses soil itself and organisms that live in it. At the same time it describes an implementation of the topic Soil in schooling into an educational program in a specific primary school. The theoretical part contains eight basic areas - soil formation, its characteristics, soil types, functions, soil degradation and protection, soil nutrients, methods of studying soil fauna and, last but not least, topic of soil in general education schedule for primary schooling and school education schedule of a specific primary school. Empirical part of the work contains an analysis of the natural history textbooks on the topic of soil and a description of teaching material which was used during lessons at the Primary School Bystřice. The aim of the work was to verify the functionality of the resulting teaching materials which were evaluated in post and pre-tests. Both tests were first evaluated separately and then compared together. The results were very similar. In both of class was the same number of students were get better or get worse. The class 9.B had better point evaluation.

## **KEYWORDS**

soil, soil fauna, soil practicals, analysis of textbooks, teaching materials

## Obsah

Úvod.....	7
1. Půda ve výuce: teoretická východiska .....	8
1.1 Co je to půda? .....	8
1.1.1 Jak půda vzniká? .....	9
1.1.2 Půdotvorní činitelé .....	12
1.1.3 Půdotvorné podmínky .....	13
1.1.4 Složky půdy.....	13
1.2 Vlastnosti půd .....	16
1.2.1 Fyzikální vlastnosti půd .....	16
1.2.2 Chemické vlastnosti půdy .....	18
1.3 Klasifikace půd .....	19
1.3.1 Charakteristika hlavních půdních typů.....	21
1.4 Funkce půdy .....	24
1.5 Degradace půdy a její ochrana.....	26
1.5.1 Eroze půdy.....	27
1.5.2 Acidifikace půdy .....	28
1.5.3 Fyzikální degradace (utužení) .....	28
1.5.4 Znečištění a kontaminace .....	29
1.5.5 Dehumifikace .....	30
1.5.6 Zábor půdy .....	31
1.5.7 Ohrožení edafonu a jeho ochrana.....	31
1.6 Živěna půdní .....	33
1.6.1 Mikroflóra .....	35
1.6.2 Půdní mikrofauna .....	37
1.6.2 Půdní mezofauna .....	41

1.6.3	Půdní makrofauna .....	45
1.7	Metody studia půdní fauny .....	48
1.8	Půda v RVP ZV a v ŠVP ZŠ Bystřice .....	50
2.	Analýza učebnic .....	51
3.	Vlastní výukový materiál .....	55
3.1	Testy (pre-test, post-test) .....	62
4.	Tipy na další laboratorní práce .....	71
	Závěr.....	74
	Seznam použitých informačních zdrojů .....	75

## Úvod

Tématem diplomové práce, kterou jsem zpracovávala, jsou půdní organismy a způsob, jak s nimi seznámit žáky druhého stupně ZŠ.

Teze je zaměřená na vznik půdy a na organismy, které se v půdě nacházejí. Směřuje k žákům devátého ročníku, kteří se tomuto tématu věnují v rámci učiva zaměřeného na geologii. V první části práce jsem se snažila podrobněji pospat hlavní témata, se kterými se v rámci učiva o půdě setkají žáci na základních školách. První kapitola seznamuje čtenáře s tím, co vlastně půda je, jaké má vlastnosti a funkce, a jaká je možnost půdu chránit proti různým degradacím. Jelikož je teze zaměřená rovněž na organismy, které v půdě žijí, jsou zde vypsány nejznámější skupiny půdních organismů, ale také to, jakým způsobem je můžeme ulovit a blíže si je prohlédnout.

Hlavním důvodem zvolení tohoto tématu byl osobní zájem o půdní biologii a rovněž rozhodnutí připravit výukový materiál nejen pro vlastní využití. Při analýze učebnic (viz níže) se navíc ukázalo, že tématu je ve výuce věnována pouze okrajová pozornost.

Praktickým cílem práce bylo ověřit funkčnost vytvořených výukových materiálů při výuce tématu Půda v hodinách přírodopisu v devátých ročnících ZŠ Bystřice a provést s žáky související laboratorní práci na pozorování půdních hlístic, vírníků a želvušek. Součástí práce se díky tomu staly návody na další pozorování a laboratorní práce na téma Půda, využitelné v hodinách přírodopisu či jako rozšiřující materiál v přírodopisně zaměřených seminářích.

Druhá část této diplomové práce tedy obsahuje analýzu učebnic, kde jsem se snažila zjistit, jak do hloubky se pedologií zabývají žáci základních škol. Právě procházením učebnic jsem došla k závěru, že se pokusím sepsat další návody na laboratorní práce, které by bylo možné ve výuce použít. Zároveň je zde podrobněji popsán scénář výuky, při kterém jsem se snažila žákům půdu přiblížit.

I když není tématu půda věnováno ve výuce příliš mnoho času, je znalost o půdě a půdních organismech velmi důležitá. Žáci si uvědomí, že je potřeba půdu i její obyvatelé chránit, protože i půdní organismy přispívají k úrodnosti půdy, a tedy i k obživě obyvatel planety Země. Právě půdní organismy v ní vytvářejí póry, do kterých se vsakuje voda, kterou využívají nejen rostliny. Mou snahou je, aby žáci pochopili, že půda je fascinující, jelikož při správném zacházení vydrží i tisíce let.



## 1. Půda ve výuce: teoretická východiska

Kapitola seznamuje se vznikem půdy a členěním půdních druhů a typů. Věnuje se živým obyvatelům půdy z různých úhlů pohledu a stejně tak faktorům, které půdu a půdní živěnu ohrožují. Nedílnou součástí je ochrana půdy. V závěru kapitoly je rámcový vzdělávací program a konkrétní školní vzdělávací program ZŠ Bystřice.

### 1.1 Co je to půda?

Neexistuje žádná obecně přijímaná definice půdy, možná proto, že každému připadá, že vlastně půdu zná. Miko (2019) shrnul definici půdy takto: *Půda je složitý, polydisperzní třífázový systém, složený z pevné, kapalné a plynné složky, které interagují navzájem a se živými organismy. Složitý* v této definici značí, že půda obsahuje velké množství živých a neživých součástí v komplikovaných vzájemných interakcích. Tato složitost se projevuje zejména strukturou půdy. *Polydisperzní* značí, že půda obsahuje částice mnoha velikostí, od koloidů až po písek, štěrk nebo balvany. Poměr těchto částic ovlivňuje také strukturu půdy, podkladem je však zejména její textury. *Třífázovým* je myšleno, že bez přítomnosti a aktivity živých organismů, by zmizela řada atributů půdy, tudíž by půda nemohla být půdou. Půda je výsledkem životních činností organismů, které jsou její nedílnou součástí. Dalo by se říci, že půda je nejlepší recyklační středisko na světě.

Kutílek (2012) píše, že *půda je jakousi kůží planety Země, nebo lépe řečeno její pokožkou*. Upozorňuje, že toto přirovnání není přesné, jelikož půda nevznikla s počátkem planety Země, ale až když se život přesunul z oceánů na pevninu.

V knize Ekologie půdy od Šantrůčkové a kol. (2018) je uvedena následující definice: *Půda je jedinečný přírodní útvar, který vzniká vzájemným působením fyzikálních, chemických a biologických sil*. Šantrůčková a kol. (2018) dále píše, že půda je:

- a) výsledkem společného působení atmosféry, hydrosféry a biosféry na horniny zemského povrchu
- b) směsí zvětralé zemské kůry, vody, vzduchu a organického materiálu.
- c) prostředím, ve kterém žije velké množství různých organismů, ale je zároveň jejich produktem. To znamená, že organizmy půdy také spoluvytvářejí. Bez organismů by Země měla zvětralou zemskou kůru, atmosféru i vodu, avšak neměla by půdu.
- d) nedílnou součástí suchozemských ekosystémů.
- e) prostředím, ze kterého rostliny (primární producenti) čerpají vodu a živiny potřebné k růstu, a ve kterém jsou ukotvené.

Odpověď na otázku Co je půda?, bychom tedy mohli shrnout například takto: Půda je nejsvrchnější obal Země, na který působí atmosféra, hydrosféra a biosféra. Skládá se z těchto tří důležitých složek – plynné, kapalné a pevné. Bez půdních „breberek“ by půda nemohla být půdou, jelikož je rovněž výsledkem činností těchto organismů. Bez půdy by nebylo rostlin,

kteřé jsou v ní ukotvené, a ze které čerpají vodu a živiny. Na rostlinách-primárních producentech jsou závislí živočichové a další heterotrofní organismy, které ovlivňují stav půdy. Jedná se o neoddělitelně propojený systém.

Studiem půdy se zabývá speciální vědní disciplína, pedologie. Studiem živé složky půdy se zabývá půdní biologie, jedna z ekologických disciplín. Pedologie je zaměřena na studium vývoje půd a jejich charakteristických vlastností. Zatímco půdní biologie klade důraz na živou složku půdy – půdní organismy, které se souhrnně nazývají edafon. Zaměřuje se na jejich vzájemné vztahy a vztahy s okolním prostředím. Popisuje půdu především jako prostředí, kde jsou vhodné podmínky pro rozvoj rostlin a edafonu (Šantrůčková, 2018).

### 1.1.1 Jak půda vzniká?

Nejstručnější odpověď by byla „pomalu“. Když se však více zamyslíme nad touto otázkou, musíme si uvědomit, že na vznik půdy má vliv několik faktorů. Nazývají se základní pedogenetické faktory (podrobněji v kapitole 1.2.1). Mezi ně patří zejména matečná hornina, podnebí, vegetační kryt, půdní organismy, podzemní voda a člověk. Proces, díky kterému půda vzniká, se obecně nazývá pedogeneze, což je velmi dlouhý komplikovaný děj, který probíhá na povrchu zemské kůry, tedy v litosféře (Miko, 2019).

Tím, že spolu působí abiotické a biotické faktory dochází k postupnému zvětrávání matečné horniny. Je provázeno jejím rozdrobováním, chemickými změnami a rozpuštěním. Vzniká půdotvorný substrát. Látky v něm obsažené jsou zdrojem živin pro organismy, které do prostředí přináší organickou hmotu a s ní i uhlík a dusík, které v matečné hornině obvykle chybí. Přítomnost dusíku umožňuje rozvoj rostlin, a těla prvních kolonizátorů jsou potravou pro heterotrofní organismy získávající energii a uhlík z organických látek. Jejich rozvoj je proto vázán na přítomnost rostlinných a živočišných zbytků v prostředí. Organismy, nacházející se v půdě, urychlují zvětrávání hornin vylučováním organických kyselin a dýcháním (Šantrůčková, 2018).

Jak je již psáno výše, půda vzniká nejrůznějšími pedogenetickými procesy, z nichž za nejdůležitější se považují tyto:

1. **Zvětrávání.** V raném vývoji půd se jedná o nejdůležitější proces. Zvětrávání může vést v průběhu dlouhých období – někdy milionů let – k rozpadu hornin, které mohou být přemístovány a vystaveny erozi. Jsou-li horniny odkryty, reagují na atmosféru, vodu a živé organismy podle své struktury a složení. Rychlost zvětrávání závisí na klimatických podmínkách – horniny v teplých a vlhkých prostředích zvětrávají rychleji. Zvětrávání se rozlišuje mechanické, chemické a biologické. Mechanické zvětrávání je proces, při kterém se horniny rozpadají, aniž by došlo ke změnám jejich chemického složení. Příčinou tohoto pochodu jsou změny tlaku nebo teploty. Chemické zvětrávání může vést k rozložení některých horninových minerálů a k vytvoření minerálů nových. Účinky jsou zesilovány deštěm, který spolu s oxidem uhličitým obsaženým v atmosféře vytváří kyselý roztok. Při biologickém zvětrávání mají důležitou úlohu organismy, které reagují s horninami a vyvolávají jejich biochemický rozklad. Působením chemického a biologického zvětráváním se živiny

uvolňují do půdního roztoku. Odtud se dostávají ke kořenům rostlin a organismům. Lišejníky snášejí podmínky extrémního prostředí a byly patrně prvními organismy, které osídlily pevninu. Kyseliny, které uvolňují, rozpouštějí minerály v horninách, jejichž rozklad vede ke vzniku půd. Příspěvek tohoto organického materiálu k anorganickým úlomkům hornin byl důležitým krokem k osídlení souše vyššími rostlinami (Luhr, 2003).

2. **Výměnná absorpce.** Při tomto pochodu dochází k výměně iontů vázaných na půdní koloidy. Půdní mikroorganismy a kořeny rostlin jsou závislé na příjmu živin rozpuštěných v půdním roztoku nebo vázaných elektrostatickými silami na půdní koloidy. Tvoří nejdůležitější zásobárnu živin pro rostliny i půdní mikroorganismy, které mohou přijímat živiny pouze rozpuštěné ve vodě (Miko, 2019).
3. **Humifikace** je proces, který je typicky svázaný se zrodem a vývojem půdy. Jedná se o přeměnu odumřelých částí i celých těl organismů a podléhají jí velmi různorodé látky. Jedná se o zbytky rostlin, jako je jehličí, listí, stvolů, které po odumření spadnou na povrch půdy. Dále sem patří odumřelé kořeny, houby, které parazitovaly na kořenech, mrtvé mikroorganismy a živočichové, kteří žili v půdě. Na všechny tyto zbytky se „vrhnou“ skupiny mikroorganismů, přičemž každá skupina je „specializovaná“ na rozklad určitých odpadů, které charakterizujeme podle složení organických sloučenin (Kutílek 2012). Za rozklad listů jsou zodpovědní především chvostokoci, za rozklad kořenů mohou hlístice a larvy hmyzu, dřevo konzumují larvy a dospělci hmyzu, opad termity, spadlé plody mravenci a larvy brouků, odumřelou rostlinnou biomasu mnohonožky a suchozemští stejnonožci, zdechliny obratlovců ptáci a savci, exkrementy dokáží „zlikvidovat“ brouci a larvy much. Celulózou bohaté zbytky kulturních rostlin, jsou odbourávány celulolytickými bakteriemi (Šimek a kol., 2019). Na rozkladu a promíchávání produktů humifikace ve vrchní části půdy se silně podílejí žížaly (Kutílek 2012). Všechny tyto půdní organismy jsou dále popsány v kapitole 1.6.

Humus je soubor organických látek v půdě původem z odumřelých zbytků rostlin, živočichů a mikrobů smíchaných s minerálním podílem půdy v různém stupni přeměn. Charakteristickým znakem humusu je jeho heterogenita a labilita, způsobující značnou aktivitu v dynamice půdních pochodů. Z toho vyplývá i to, že humus je zodpovědný za úrodnost půdy. Obsah humusu v půdě je relativně stálou hodnotou, pokud zabezpečujeme trvalý přísun organických látek do půdy. Organické látky obsažené hlavně ve zbytcích porostů zlepšují půdní úrodnost přímo i nepřímo. Bez vyrovnané bilance organických látek se snižuje obsah živného i trvalého humusu a zároveň se zhoršuje celá řada půdních vlastností (Vrba, Huleš 2020).

Humus obsahuje různě složité humusové látky. Podle podmínek vzniku a hlavních složek (např. podíl fulvokyselin a huminových kyselin) se rozlišují tři hlavní typy. Prvním z nich je **surový humus**, nazývaný též kyselý humus a označovaný jako **mor**. Svůj název kyselý, získal díky tomu, že vzniká v kyselém prostředí s nedostatkem

dusíku a vysokým obsahem ligninu a fenolických látek (např. opad jehličnatých lesů). Mezi dekompozitory převládají houby. Ze zoedafonu se zde vyskytují ve větší míře chvostoskoci a roztoči (o nich více v kapitole 1.6.2). Dalším typem humusu je tzv. **sladký humus**, zvaný **mul**. Tento typ vzniká v prostředí s dostatečným obsahem dusíku, většinou s vyšším obsahem karbonátů a s dobrým tepelným a vlhkostním režimem. Mul má vysoký obsah huminových kyselin. Bývá vytvořen v černozemním půdním typu, který je velmi úrodný. V tomto typu humusu se vyskytují především žížaly, mnohonožky a larvy hmyzu. Posledním hlavním typem humusu je **smíšený typ** nazývaný **moder**. K tomu, aby moder vznikl, jsou zapotřebí půdní živočichové, zejména drobní půdní členovci, jejichž hrudkovité exkrementy se uplatňují při procesu humifikace, proto se tento typ humus někdy nazývá také humus koprogenní. Tvoří se především v listnatých lesích a z fauny zde nalezneme roztoče, chvostoskoky a larvy hmyzu (Miko a kol., 2019).

Humusové látky podle složení rozdělujeme na:

- huminové kyseliny – jsou nekvalitnější složkou humusových látek. Vápník a hořčík tvoří ve vodě nerozpustné humáty, které ovlivňují příznivě technologické vlastnosti půd všech druhů (např. zvyšují soudržnost lehkých půd a zlepšují drobivost a zpracovatelnost těžkých půd). Váží na sebe řadu těžkých kovů (Cd, Pb, Zn, Hg, atd.) do těžce rozpustných sloučenin a omezují tím jejich pohyb v půdě a příjem rostlinou (Vrba, Huleš, 2020).
  - fulvokyseliny – jsou rozpustné ve vodě, tím jsou v půdě značně pohyblivé. Zvýšený obsah fulvokyselin v půdě (zejména v kyselých půdách) zpřístupňuje uvedené prvky (Cd, Pb, Zn) do forem, které jsou pro rostliny přijatelnější (Vrba, Huleš, 2020).
  - huminy – v podstatě to jsou huminové kyseliny pevně vázané na minerální podíl půdy. Jsou to chemicky různorodé látky, bohaté na minerální složky (Vrba, Huleš, 2020).
4. **Vyluhování (*eluviation*)**. Při tomto pochodu se povrchové horizonty ochuzují o oxidy železa, hliníku, rozpustné soli, organické látky nebo jílové částice, vyplavují se do spodních horizontů a tam se opět vysrážejí. V ochuzeném (eluviálním) horizontu zůstává větší podíl rezistentních materiálů, křemík a písek. Kvůli tomu má ochuzený horizont světlejší barvu než organický horizont, který se nachází nad ním i než minerální horizont ležící pod ním (v minerálním horizontu se vyluhované látky opět vysrážejí). Opakem eluviace je proces zvaný iluviace, což je naopak obohacování spodní části půdního profilu jílovitými částicemi a minerálními i organickými látkami ze svrchního profilu (Miko a kol., 2019).
5. **Mineralizace**. Organické látky se rozkládají na oxid uhličitý a minerální látky (ionty). Zpět do koloběhu vstupují jako živiny pro rostliny, nebo zabudované do těl půdních organismů. Tento proces je spojen s dýcháním a metabolismem půdních organismů, ale může být také výsledkem chemických oxidací. Převládá-li v půdě proces

mineralizace nad procesem imobilizace, dochází tak k úbytku organické hmoty. Imobilizace je zabudování látek do buněk živého těla (Miko a kol., 2019).

### 1.1.2 Půdotvorní činitelé

Půda vzniká v procesu zvaném pedogeneze. Vzniká a vyvíjí se na základě půdotvorných faktorů, mezi které se řadí například matečná hornina, klima, a jiné. V této podkapitole jsou popsáni nejdůležitější činitelé, kteří se na procesu vzniku půdy podílejí. Žádný z těchto faktorů neexistuje a nefunguje izolovaně, některé působí na všechny typy půd, a jsou tedy obligátní, jiné zapříčiňují vznik pouze konkrétních typů půd, a jsou fakultativně působící (Miko, 2019).

Základním půdotvorným faktorem je **matečná hornina**, ze které půda vzniká procesem zvětrávání. Matečná hornina zajišťuje postupným zvětráváním stálý přísun minerálních látek do půdy. Chemické složení matečné horniny je obsaženo v živinách i rozpuštěných látkách a určuje rychlost i intenzitu zvětrávání (Miko a kol., 2019).

Dalším faktorem je **klima**, které nepůsobí jen na vznik půdy, ale ovlivňuje i další půdotvorné faktory (např. vegetaci, vliv nadbytku vody). Do klimatu je zahrnováno také množství *srážek a výparu*, což má vliv na vodní režim půd. Je důležité si uvědomit, že voda, která se do půdy dostane, neodpovídá celkovému množství srážek, a to je způsobeno povrchovým odtokem, ale i přítokem z jiných míst v krajině. Mezi činitele ovlivňující vznik půdy patří také *teplota*, která spadá do faktoru klimatu. Navýšením teploty o 10 °C se může biologická aktivita, včetně rychlosti chemických procesů, zdvojnásobit. Naopak snížením teploty klesá aktivita organismů i rychlost biologických procesů. Dalším klimatickým činitelem je *vítr*, jehož činnost spočívá v přemísťování půdních částic jak na menší vzdálenosti, tak i na delší vzdálenosti (Šimek a kol., 2019).

Mezi **organismy** ovlivňující vznik půd patří jednak rostliny, které mohou napomáhat zvětrávání matečné horniny (a to svými kořeny), tak i mikroorganismy a živočichové, kteří jsou zodpovědní za dekompozici převážně mrtvé rostlinné hmoty a promíchávání a zpracování této hmoty do minerální složky půdy. Vegetace je nejvýznamnějším zdrojem mrtvé organické hmoty v půdě (Tuf, 2013).

**Podzemní voda** ovlivňuje vláhové poměry v půdě. Tím, že zaplavuje půdu, omezuje přístup kyslíku, zpomaluje oxidaci látek, omezuje aktivitu půdních organismů a podporuje vznik redukčních podmínek, které určují charakter vývoje půd (Miko a kol., 2019). Vliv podzemní vody je dán výškou hladiny podzemní vody, která může zasahovat do půdního profilu.

**Vliv člověka** na půdotvorné procesy je možné rozdělit na přímé a nepřímé působení. Mezi přímé působení se zahrnují činnosti spojené s lesnictvím a zemědělstvím, kde dochází k hnojení a kultivaci půd. Nepřímé vlivy jsou například průmyslové imise, regulace vodních toků a další. Kultivace sahá do hlubší historie a v počátcích šlo především o zvýšení vodní eroze a tím začala degradace půd, která trvá až do současnosti. Mezi další vlivy, které způsobuje člověk, patří přeměna vodního režimu, kdy jsou půdy například extrémně zavodňovány z důvodu pěstování plodin (například pěstování rýže). V neposlední řadě je třeba zmínit ovlivňování chemismu půd. V posledních desetiletích se v Evropě rozšířilo

konvenční intenzivní zemědělství, při kterém dochází k výraznému navyšování obsahu živin v půdách v důsledku masivního hnojení (Šimek a kol., 2019).

### 1.1.3 Půdotvorné podmínky

Půdotvorné podmínky nepůsobí přímo na vznik půdy, ale mají vliv na půdotvorné činitele. Patří mezi ně **reliéf**, který má spolu s nadmořskou výškou a expozicí svahu vliv na klima, na rozložení a ukládání matečných substrátů, na vodní režim stanoviště, na povrchovou erozi (Miko a kol., 2019). Jelikož je velká část zemského povrchu tvořena svažitými územími, je hodnocení svahů důležité pro pochopení vztahu reliéf – půda. Od rozvodnice<sup>1</sup> po údolnici<sup>2</sup> se vytvářejí charakteristické kombinace půd, tzv. katény. Jsou to na sebe navazující půdy, jejichž vlastnosti jsou ovlivněny tvarem reliéfu a pozicí v krajině. Jednou z klíčových vlastností svahu je svažitost, což je sklonitost ve směru spádnice. Jestliže je svažitost vysoká obvykle to znamená omezený vývoj půd v daném místě. Vliv má i délka svahu, poněvadž s narůstající délkou může být odtok vody i eroze výraznější. Neméně podstatným faktorem je také orientace svahu ke světovým stranám. Odlišná orientace ovlivňuje zejména množství sluneční energie, které dopadá na dané místo. Největší rozdíly jsou mezi severními a jižními svahy. Nadmořská výška je také jednou z charakteristik reliéfu. Ve vyšší nadmořské výšce dochází k poklesu teplot a tím pádem i k pomalejším chemickým reakcím (Šimek a kol., 2019).

K tomu, aby mohla půda vzniknout, potřebuje hodně času. Půda vzniká stovky i tisíce až desetitisíce let. Pedogeneze probíhá pomalu a v určité časové souslednosti. Časově nejnáročnější proces je především zvětrávání, ale je třeba si uvědomit, že probíhá neustále, kolikrát dokonce intenzivněji i poté, co začnou působit ostatní faktory. Posléze po vytvoření primární půdy zvětráváním a po zachycení prvních organismů pokračují postupné procesy přeměny mrtvé organické hmoty spojené s tvorbou humusu. Když není vznik půdy přerušován, vede k vytváření vrstev a podvrstev, tzv. půdního profilu (podrobněji v kapitole 1.3). Půdní profil je tak ideálním historickým záznamem pedogeneze (Miko a kol., 2019).

### 1.1.4 Složky půdy

Šimek a kol. (2019) uvádí dvě složky půdy, a to živou a neživou. Neživá část obsahuje minerální částice, organickou hmotu, vodu a vzduch. Do živé složky řadí půdní organismy. Kdežto Miko (2019) i Tuf (2013) uvádějí tři základní složky, tyto: pevnou, kapalnou a plynnou. Tyto jednotlivé fáze se navzájem ovlivňují a určují fyzikálně chemické vlastnosti půdy.

Mluvíme-li o **pevné složce**, musíme rozlišit anorganickou část (minerální) a organickou (mrtvé části organismů a produkty jejich rozkladu a přeměny). *Minerální část* tvoří minerální částice různé velikosti, tvaru a chemického složení. Tato část je ovlivněna matečnou horninou, klimatem a stupněm zvětrávání. Hrubší částice jsou tvořeny primárními minerály, kdežto sekundárně vytvořené jílové minerály tvoří nejjemnější část půdy. Zastoupení různých velikostí částic ovlivňuje vlastnosti půdy, jako je pórovitost, schopnost vázat vodu, živiny

<sup>1</sup> rozvodnice - smyšlená čára vyznačující hranici mezi sousedními povodími

<sup>2</sup> údolnice - pomyslná čára spojující místa největšího vyhloubení příčného řezu údolím, její sklon určuje rovněž sklon údolí

a organickou hmotu. Půdy s jemnějšími zrny mají malý podíl pórů s velkým průměrem, takže se hůře provzdušňují, pevněji vážou vodu a lépe živiny. Kořeny do nich pronikají hůře a podmínky pro půdní živočichy jsou limitovány. Naopak půdy s nejjemnějšími jílovitými částicemi jsou vhodnější pro mikroorganismy, kteří zde mohou lépe přežívat. Takové půdy se snadno zamokří a nevýhodou tak je, že rostliny zde trpí nedostatkem kyslíku. V hrubozrnných písčitéch půdách voda rychle odeče, a tak půdy snadno vysychají, ale jsou tím pádem chudé na živiny, které se snadno vymývají. Minerální částice se rozdělují do velikostních tříd. Částice větší než 2 mm jsou definovány jako skelet. Po odstranění skeletu zůstane jemnozem, která se dělí na frakce písku (2–0,05mm), prachu (0,05–0,002 mm) a jílu (menší než 0,002 mm). Podle relativního podílu jednotlivých částí se určuje půdní textura („zrnitost“) a podle ní se půdy zařazují do půdních druhů (viz kapitola 1.2) (Šantrůčková a kol., 2018). *Organická složka* tvoří v průměru jen několik procent pevné složky půdy (cca 6 %). Z hlediska významu má však organická část pevné složky větší význam, jelikož většinu z ní (cca 84 %) tvoří humus a mrtvá organická hmota. Ta má pro život v půdě zcela zásadní význam, protože je hlavním zdrojem energie a stavebních látek pro všechny organismy (Miko 2019). Největším zdrojem organické hmoty v půdě je rostlinná biomasa, která vzniká fotosyntézou primárních producentů (vyšších rostlin, řas a sinic). Pro rozklad organického materiálu a tvorbu půdní organické hmoty je důležité, jak vstupuje do půdy. Pokud je organický materiál převážně v nadzemním opadu, látky se pak hromadí a rozkládají zejména na povrchu půdy a nejsou s ní v přímém styku. Další cesta je vstup přímo do půdy, a to podzemním rostlinám opadem, rhizodepozicemi<sup>3</sup> a aktivním nebo pasivním transportem do půdního profilu. Díky těmto látkám mohou kořeny ovlivňovat fyzikální i chemické vlastnosti svého okolí. (Šantrůčková a kol., 2018).

**Kapalnou fází** půdy představují různé druhy půdní vody. Hlavním zdrojem jsou atmosférické srážky. Velká část vody, jež se neodpaří z povrchu půdy, se vsakuje do půdního profilu, a buď jí protéká ve směru gravitace (gravitační voda), nebo se pohybuje jiným směrem, či stojí. Tady můžeme rozlišit vodu kapilární vsakující se do kapilárních pórů, která může navíc vzlínat i proti působení gravitace, a vodu adsorpční, vázanou na povrchu pevných částic hygroskopicky nebo osmoticky. Půdní voda rozpouští v půdě látky v ní obsažené, proto se můžeme setkat také s označením půdní roztok. Po proniknutí až k nepropustné minerální vrstvě se gravitační voda koncentruje ve spodní části půdního profilu v tzv. podzemní vodě, která může být zdrojem kapilární vody v půdě. Nejvýznamnější funkci půdní vody je transport rozpuštěných látek. Půdní roztok je dynamickou složkou půdního ekosystému, která se neustále pohybuje a ovlivňuje tím celé půdní prostředí (Miko, 1993).

Zvětráváním hornin a při rozkladu organických látek se uvolňují jednoduché sloučeniny a většina z nich je rozpustná ve vodě. Jsou mezi nimi důležité živiny rostlin. Voda sice neprotéká půdou jako cedníkem, jelikož půdní póry mají malý rozměr a voda se v nich udrží podobně, jako se například drží nosní kapky v kapátku, a to kapilárními silami. Kapilarita je dobře patrná na tenké skleněné trubici. Budeme-li ji držet svisle a spodním koncem ji ponoříme do vody, tak voda dobře smáčí čisté sklo a v místě styku vytvoří oblouček. Uvnitř trubice se obloučky spojí a vytvoří buď celou polokouli, nebo její vrchlík. Na vodorovné

---

<sup>3</sup> rhizodepozice - pojem označující anorganické i organické látky, které do půdy vylučují živé kořeny

hladivě vody je určité povrchové napětí. Pro jednoduchost je dobré žákům říci, aby si představili, že na povrchu jsou molekuly vody ponořené spodní částí do kapaliny, tedy přitahované molekulami pod nimi. Toto přitahování molekul se nazývá *koheze*. Ale horní polovina molekuly, která není ponořena do vody, není ničím přitahovaná. Koheze je tak omezena jen na spodní část molekuly. Výslednice všech sil tedy směřuje do kapaliny, a to se v našem makroskopickém světě projevuje jako povrchové napětí. Jakmile se kapalina setká s cizím tělesem (v našem případě je to skleněná trubička), projeví se také přitahování mezi molekulami vody a molekulami skla, což je naopak *adheze* (Kutílek, 2012).

Na zadržování vody v půdě působí ještě další síly, zejména *adsorpce*. Adsorpční voda vzniká na úplně vysušené půdě tak, že nejprve jsou molekuly vody poutány přímo k povrchu půdních částic v první vrstvě adsorbované vody. Tato vrstva se vytvoří při velmi nízké vlhkosti vzduchu. Když je vysoká hodnota vlhkosti vzduchu, což je většinou těsně před deštěm nebo přímo za deště, nebo když je mlha, tak na srážení vodní páry v půdě již působí hlavně kapilární síly (Kutílek, 2012).

**Půdní vzduch** vyplňuje póry v půdě, které nejsou zaplněny vodou. Aktuální obsah vzduchu v půdě se nazývá provzdušněnost a lze ji zjistit z celkové pórovitosti a z aktuální vlhkosti vyjádřené objemově. Obsah vzduchu v půdě je významný z několika důvodů:

- určuje zásobu kyslíku pro organismy (kořeny rostlin, mikroorganismy a půdní živočichy)
- ovlivňuje výměnu plynů mezi půdou a atmosférou – při větší vzdušnosti je výměna rychlejší
- ovlivňuje koncentraci jednotlivých plynů v půdě včetně plyných metabolitů, které mohou působit nepříznivě na půdní organismy i kořeny rostlin

Složení půdního vzduchu je podobné jako atmosférického vzduchu. Při jejich srovnání zjistíme, že půdní vzduch obsahuje v jednotlivých mikroprostředích méně kyslíku a více oxidu uhličitého. Obsah argonu a ostatních inertních plynů se nemění. Obsah dusíku kolísá většinou v rozsahu několika procent jako výsledek kolísání celkového obsahu oxidu uhličitého a kyslíku. Složky půdního vzduchu se vyskytují jednak v plynné formě, jednak rozpuštěné v půdním roztoku. Jejich rozpustnost je však různá, např. u oxidu uhličitého relativně vysoká, u kyslíku a dusíku nízká. Zdrojem kyslíku v půdě je spodní vrstva atmosféry, z ní se kyslík dostává difuzí nebo prouděním do půdy (Šimek a kol., 2019).

Obsah oxidu uhličitého v dobře provzdušněných půdách je asi 10× vyšší než ve vzduchu. Plyny se v půdě pohybují difuzí ve směru nižší koncentrace, nebo prouděním závislém na kolísání vlhkosti, rychlosti větru nad povrchem a změnách atmosférického tlaku. Mezi významný faktor ovlivňující rychlost difúze kyslíku a oxidu uhličitého v půdě je prostorové uspořádání pórů, jejich velikost a propojení (Šimek a kol., 2019).



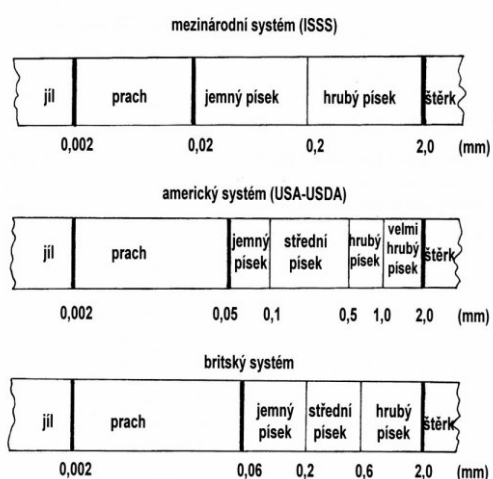
## 1.2 Vlastnosti půd

Proces vznik půdy je charakterizován působením pedogenetických činitelů, ale také vlastnostmi jak fyzikálními, tak chemickými, které jsou podmínkou produkční schopnosti půd. Tím půda ovlivňuje vegetační kryt na svém povrchu a vegetace zpětně působí na půdotvorný proces a tím i na tvorbu půd.

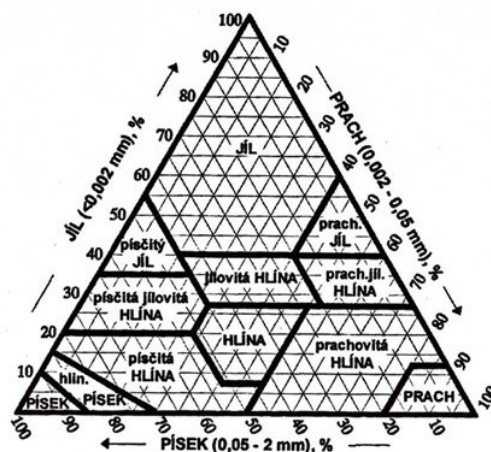
### 1.2.1 Fyzikální vlastnosti půd

Do fyzikálních vlastností půd patří textura (zrnitost), barva půdy, teplota, struktura a pórovitost (Šimek a kol., 2019).

**Textura** neboli **zrnitost** je jedna z fyzikálních vlastností půdy, která má význam také pro praktické využití, a to zejména třídění druhů půd. Třídění půdy podle zrnitosti je nejstarší (od začátku 20. stol) (Vráblíková, 2006). Byly vytvořeny různé systémy třídění těchto částic, např. nejjednodušší stupnice rozděluje kategorie štěrku, písek, prach a jíl. Klasifikační systémy se mohou i podstatně lišit, Taxonomický klasifikační systém půd České republiky používá systém USA-USDA (viz obrázek 1). Pro praktické stanovení druhu půdy, které je založeno právě na zrnitosti, se používá trojúhelníkový diagram (obr. 2), který vždy vychází z určité stupnice.



Obr. 1 Velikostní kategorie půdních minerálních částic (zrnitostní kategorie) podle nejpoužívanějších klasifikačních systémů (Šimek a kol., 2019).



Obr. 2 Trojúhelníkový diagram na stanovení druhu půdy podle obsahu jílu, prachu a písku (v hmot. %) (Šimek a kol., 2019).

Právě tedy podle zrnitosti se rozlišují **půdní druhy**, a to **písečné, hlinité a jílovité** a přechody mezi nimi a různé další kategorie, jak je patrné z trojúhelníkového diagramu (obr. 2). Dále se pro písčitou půdu používá rovněž termín *lehká*, pro hlinitou *střední* a pro jílovitou půdu termín *těžká* půda. Tyto názvy jsou důležité zejména z hlediska zpracovatelnosti, jelikož například písčité půda je obdělavatelna snadněji než půda hlinitá. Na obsahu jílovitých částic (částice o průměru pod 0,01 mm) je založeno další třídění a názvosloví půdní druhů dle Nováka, které se v ČR také užívá (viz tabulka 1).

Tabulka 1 Klasifikační stupnice půdní druhů podle Nováka (Šimek a kol., 2019).

Skupina půd	Půdní druh	Obsah jílovitých částic s velikostí pod 0,01 mm (hmot. %)
těžké	jíl	nad 75
	jílovitá zemina	60-75
	jílovitohlinitá zemina	45-60
střední	hlinitá zemina	30-45
	písečtohlinitá zemina	20-30
lehké	hlinitopísečtá zemina	10-20
	písečtá zemina	0-10

Drobí se chleba, drobí se i půdy. Dobrá půda by se měla drobit podobně, jako se drobí chléb, má obsahovat póry různé velikosti, od nejmenších mikroskopických až po póry viditelné pouhým okem. Protože u půdy se jedná o zvláštní strukturní uspořádání, nazývá se tato vlastnost **struktura** půdy. A jelikož je zde viditelná podoba s drobtou chleba, dostala nejvýhodnější struktura název drobtovitá. Také v ostatní jazycích se užívá přenesený význam z chleba či koláče, tudíž v angličtině najdeme spojení *crumb structure*, v němčině *Krümelfüge* nebo *Krümelstruktur*, ve francouzštině *la structure grumeleuse*. (Kutílek, 2012) Struktura patří k nejvýznamnějším fyzikálním vlastnostem. Podmiňuje velikostní zastoupení půdních pórů, a tím ovlivňuje vodní i vzdušné poměry v půdě, pohyb vzduchu, vody a

roztoků půdou, má vliv na záhřevnost půdy. Struktura půdy je ovlivněna jejím obděláváním. Kypření může rozrušovat velké hroudy, ale také vede k velkému provzdušnění půdy, a tím k rozpadu půdní struktury (Šimek a kol., 2019). Základní struktura je charakterizována tvorbou hrudek – agregátů, které jsou vytvořeny propojením minerální a organické složky půdy za účasti organismů a jejich metabolismu.

Ze struktury půdy vyplívá další důležitá vlastnost půdy, její **pórovitost** udávající celkový objem pórů v neporušené půdě. 40-60 % půdy je tvořeno póry, zbytek pevnými částicemi. Jak je v této práci již několikrát zmiňováno, tyto póry jsou vyplněny vodou a vzduchem. Zmíněná pórovitost je charakterizována několika parametry, kromě celkové pórovitosti je to i tvar a distribuce pórů. Póry o průměru větším než 30-50  $\mu\text{m}$  se nazývají makropóry, a póry menší než 30-50  $\mu\text{m}$  mikropóry. V makropórech dochází k rychlejšímu pohybu vody, jakmile se však tyto póry vyprázdní, pohyb vody se silně zpomalí. V tomto stavu se vlhkost vody v půdě označuje jako polní vodní kapacita a voda je zadržována už jen v mikropórech. Při dalším vysychání půdy začnou vadnout rostliny, tento stav se nazývá bod trvalého vadnutí. Obsah vody při tomto procesu udává objem zbytkových mikropórů. Při bodu trvalého vadnutí rostliny nejsou schopny překonat kohezní a adhezní síly, které poutají molekuly vody v půdě (Šimek a kol., 2019).

**Barva** půd je důležitým znakem pro terénní posouzení půd, zejména procesů, při kterých půda vzniká, obsahu humusu, obsahu kyslíku a s tím související provzdušněnosti, nebo o stálosti a kolísání vodního režimu. Barva je ovlivňována mnoha činiteli, z nichž je zejména důležitý obsah humusu, obsah sloučenin železa, hliníku, manganu,  $\text{CaCO}_3$ , barva matečné horniny. Každá půda má zpravidla na svém řezu několik barevných vrstev čili horizontů, které jsou více nebo méně zřetelně od sebe odděleny (Pelíšek, 1961).

**Teplota** je významným znakem v půdě, jelikož ovlivňuje jak vznik a vývoj půdy, tak její fyzikální, chemické i biologické vlastnosti včetně aktivit mikroorganismů. Při snižující teplotě zároveň klesá intenzita procesů. Po zmrznutí vody v půdě se zvětšuje její objem, střídáním mrznutí a tání vznikají v půdě trhliny a pukliny. Významným zdrojem teploty je sluneční energie. Suchá půda se zahřívá rychleji než vlhká, jelikož má voda vyšší tepelnou kapacitu než suchá půda. Navíc se zahříváním vlhké půdy zvyšuje evaporace (výpar vody) a půda se ochlazuje. V místech s průměrnou teplotou půdy pod 0 °C promrzá půda hlouběji, než může pak v létě roztát, v půdě se tedy vytvoří trvale zmrzlá vrstva zvaná permafrost. Podle teplotní preference se organismy zařazují do několika orientačních skupin: obligátně termofilní (45-100 °C), fakultativně termofilní (40-80 °C), mezofilní (15-50 °C), fakultativně kryofilní (-5-38 °C) a obligátně kryofilní (-10-25 °C) (Šimek a kol., 2019).

## 1.2.2 Chemické vlastnosti půdy

Do chemických vlastností lze zařadit zejména tyto: podíl organické hmoty, půdní reakce, sorpční vlastnost, obsah živin (Šimek a kol., 2019).

Základní složkou **organické hmoty** v půdě je uhlík. Jeho koloběh je jedním ze zásadních cyklických jevů. Jak je již psáno v kapitole 1.1.1., podíl organické hmoty (humusu) je důležitým parametrem určující úrodnost půdy i funkci půdy v ekosystému. U poměru uhlíku a

k celkovému dusíku je považování číslo menší než deset za ukazatele dobré kvality humusu. Nižší hodnoty než sedm však mohou svědčit o špatném vlivu člověka vedoucím k nadměrné mineralizaci organických látek. Čím je číslo deset vyšší, tím je humus méně kvalitní (Saňka a kol., 2020).

**Půdní reakce** neboli reakce půdního roztoku, je nejdůležitější chemickou vlastností půdy. Závisí hlavně na koncentraci vodíkových kationtů  $H^+$  a hydroxylových aniontů  $OH^-$ . Množství těchto iontů ovlivňuje rozpustnost živin, například železa, manganu, zinku, hořčíku. Aktivita iontu  $H^+$  a  $OH^-$  je zodpovědná za stanovení hodnoty pH. Tento termín pochází z francouzského termínu *pouvoir hydrogène*, v překladu síla vodíku. Neutrální roztok má hodnotu pH 7, roztoky s nižším pH jsou kyselé (obsahují více iontů  $H^+$ ) a roztoky s vyšším pH jsou zásadité (obsahují méně iontů  $H^+$  než neutrální roztok) (Šimek a kol. 2019). Rozmezí hodnot pH a jim odpovídajících reakcí jsou k nahlédnutí v tabulce č. 2. Kyselost půdy může naznačovat také to, že se na něm vyskytují mechy nebo brusnice borůvka. Kyselé půdy vznikají především na žulách.

*Tabulka č. 2 - kritéria pro hodnocení půdní reakce výměnné (příloha č. 3 k vyhl. č. 275/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů). Tabulka kategorizuje hodnoty půdní reakce, dle vyhlášky č. 275/1998 Sb.*

HODNOTA pH	PŮDNÍ REAKCE
< 4,5	extrémně kyselé
4,6 – 5,0	silně kyselé
5,1 – 5,5	kyselé
5,6 – 6,5	slabě kyselé
6,6 – 7,2	neutrální
7,3 – 7,7	alkalická
> 7,7	silně alkalická

**Obsah základních živin** (N, P, K, Mg, Ca) a stopových prvků (B, Fe, Mn, Cu, Mo, Zn) jsou určující z hlediska úrodnosti půd a jsou sledovány v rámci Agrochemického zkoušení zemědělských půd. Hlavní živiny se stanovují ve formách, které jsou přijatelné pro rostliny. Informace týkající se aktuálního stavu živin v půdě jsou zásadní pro každý hospodařící subjekt (Saňka a kol., 2020).

### 1.3 Klasifikace půd

Jednotlivé typy půdy byly rozeznávány podle sledů horizontů a podle základních vlastností půdy v jednotlivých horizontech. Zde je důležité říci, co vlastně půdní horizonty jsou. U dobře vyvinutých půd se rozlišují základní vrstvy (horizonty), které jsou označovány velkým písmenem. Mezi nejzákladnější horizonty patří **horizont A** (povrchový, humusový), **horizont B** (minerální) a **horizont C** (půdotvorný, substrátový). Tyto horizonty tvoří dohromady **půdní profil**, který je charakteristický pro každý typ půdy. Jednotlivé horizonty se pak dále ještě dělí do několika subhorizontů (Miko, 1993).

Horizont A je charakteristický obsahem většího množství organické hmoty, proto se nazývá humusový. Na povrchu luční a lesních půd se někdy z horizontu A vyčleňuje samostatný nadložní horizont O, ve kterém je tzv. opadová vrstva tvořená rostlinným opadem v různém stupni rozkladu. V horizontu O se mohou nacházet tyto subhorizonty: L (vrstva opadu či stařiny), F (více rozdrobený a částečně rozložený materiál), H (produkty rozkladu, humus). Samotný horizont A je tmavý, poněvadž obsahuje vysoké množství humusových látek. Mezi horizonty A a B může vzniknout horizont E (eluviální) ochuzený o minerální látky, oxidy železa nebo jílu (Miko a kol., 2019).

Horizont B je většinou chudý na organickou hmotu, obsahuje látky vyplavené z povrchové vrstvy. Čím jsme hlouběji v půdním profilu, tím je půda světlejší, protože je čím dál tím nižší obsah organické hmoty. Tento horizont tvoří především jílové a větší minerální částice (bohaté na křemík, hliník a železo), vzniká procesem iluvace (viz kapitola 1.1.1) proto se mu také říká horizont iluviální.

Horizont C představuje rozrušovanou a zvětrávající matečnou horninu ležící na nedotčeném geologickém podloží. Toto podloží je označováno jako horizont D (Miko a kol., 2019).

Jako ostatní přírodní vědy i pedologie má svůj rozlišovací systém, tedy systematiku a klasifikaci. Platný taxonomický klasifikační systém (dle Němečka a kol., 2001) je založen na tom, jak půdy vznikají, podle vytvořených diagnostických znaků a horizontů, ale rovněž podle analytických charakteristik půd. Do taxonomie řadíme tyto kategorie:

- referenční třídy půd – to jsou velké skupiny půd, které mají stejný rys geneze, jejich pojmenování končí koncovkou -sol (regosol, fluvisol,...). V České republice se příliš nepoužívají, v tabulce č. 3 jsou vypsány referenční třídy půd v ČR
- půdní typy – patří mezi základní klasifikační (taxonomické) jednotky, jsou charakterizované podobnými morfologickými a analytickými znaky, se stejným procesem vzniku a určitým pořadím horizontů. Jejich český název je dán tradičním pojmenováním (např. glej, rendzina, podzol) nebo názvem, který má koncovku -zem (např. černozem, hnědozem, antropozem), v tabulce č. 2 jsou vypsány půdní typy, které spadají do určitých referenčních tříd
- půdní subtyp – představuje půdní typ, na kterém se podílel sekundární půdotvorný proces, představuje tedy většinou přechod mezi dvěma půdními typy
- půdní varieta – vyjadřuje méně výrazné znaky některých pedogenetických procesů (slabě oglejená, slabě glejová), okyselení (eubazická, mezobazická), zasolení a substrátu. Je tudíž odvozena od nějaké významné vlastnosti nebo charakteristiky půdy.
- půdní subvarieta – charakterizuje hlavně u kambizemí trofismus, tj. minerální sílu půdy
- substrátové a lokální půdní formy – vyjadřují typ substrátu, jeho zrnitost a vrstevnatost a lokální příslušnost (Vopravil, 2009).

Tabulka č. 3, referenční třídy půd a k nim přiřazené půdní typy (Šantrůčková a kol., 2018).

Referenční třídy půd	Půdní typy
Leptosoly	litozemě, rankery, rendziny, pararendziny
Regosoly	regozemě
Fluvisoly	fluvizemě, koluvizemě
Vertisoly	smonice
Černosoly	černozemě, černice
Luvisoly	šedozemě, hnědozemě, luvizemě
Kambisoly	kambizemě, pelozemě
Podzosoly	kryptopodzoly, podzoly
Stagnosoly	pseudogleje, stagnogleje
Glejsoly	gleje
Organosoly	organozemě
Antroposoly	kultizemě, antropozemě
Salisoly	solončaky
Natrisoly	slance
Andosoly	andozemě

### 1.3.1 Charakteristika hlavních půdních typů

V České republice se vyskytují tyto hlavní půdní typy: černozem, černice, smonice, šedozem, hnědozem, ilimerizovaná půda, pseudoglej, surová půda, ranker, rendzina, terra fusca, pararendzina, aeronosol, pelosol, hnědá půda, rezivá půda, podzol, nivní půda, glej, rašelinistní půda a slanec (Tomášek, 2003). Pro zjednodušení jsou v práci popsány nejzákladnější typy, zejména ty, které se vyučují na základní škole.

**Černozemě** – tento půdní typ patří mezi nejznámější a nejúrodnější půdy rozšířené v našich nejsušších a nejteplejších oblastech, kde vznikly v raných obdobích postglaciálů pod původní stepí a lesostepí (Vopravil, 2009). Vyskytují se v nadmořských výškách do 300 m n. m. Mezi charakteristické znaky této půdy patří intenzivní humifikace, vysoký obsah organické hmoty v humusovém horizontu, nasycený sorpční půdní komplex a tvorba vápnatých žilek a cicvárů (vysrážené hrudky) (Šantrůčková a kol., 2018). Cicváry vznikly následkem migrace karbonátů profilem půdy. Matečnou horninou, na které tyto typy půd vznikly, jsou většinou spraše, místy také slínovce, vápnaté terciérní jíly nebo vápnaté písky. Pro půdní profil (svislý řez půdou) je typický tmavě zbarvený humusový horizont, který může zasahovat až do hloubky 80 cm. Půdní kyselost (pH) černozemě je neutrální a půda má velmi dobré sorpční vlastnosti. Mezi příznivé fyzikální vlastnosti patří zejména pórovitost a objemová hmotnost. U nás jsou černozemě bez výjimky využity jako orná půda, na které se pěstují nejnáročnější plodiny: cukrovka, kukuřice, pšenice, ječmen, vojtěška a zelenina, ovšem zpravidla vlivem suchého klimatu občas trpí vysycháním. Arenické černozemě jsou vhodné pro pěstování zeleniny a raných brambor (Vopravil, 2009). Mezi hlavní subtypy černozemě patří tyto: *černozem karbonátová* (má obsah uhličitanu vápenatý v celém profilu), *černozem typická* (humusový horizont je ochuzený o uhličitán vápenatý), *černozem degradovaná* (náznak iluviálního horizontu na přechodu do matečného substrátu), *černozem lužní* (Tomášek, 2003).

**Černice** – poměrně časté půdy, převážně v nízkých polohách (Polabí a jižní Morava). Jsou ovlivněné vodou bohatou na kationty alkalických zemin, mají hluboký humózní horizont (Vopravil, 2009). V půdním profilu se mohou objevovat redoximorfny znaky (šedo-rezavá skvrnitost v minerálních vrstvách a bročky v humusovém horizontu), díky kterým je jasné, že intenzivní humifikace je v těchto půdách v období vysoké vlhkosti častována glejovými procesy, což jsou procesy probíhající v místě s nedostatkem kyslíku (Šantrůčková a kol., 2018). Matečnou horninou na tomto typu půdy jsou většinou silně vápnité nivní uloženiny, někdy i zvětralinové slínovce či nízké písčité terasy, které jsou ovlivněné hladinou podzemní vody uložené vysoko. Černice jsou méně ovlivňovány záplavami, tudíž leží hladina podzemní vody blíže k povrchu. Stejně jako u černozemě je hlavním půdotvorným procesem intenzivní humifikace společně s glejovým procesem ve spodních vrstvách. Humusový horizont je velmi tmavý, v hlubších vrstvách přechází do vápnatého substrátu, který je s přibývajícím hloubkou ovlivněn již zmíněným glejovým procesem (Tomášek, 2003). Významným znakem je velká provlhlost celého profilu, tudíž bývají černice často odvodňovány drenážní sítí. Zrnitost u této půdy je těžší, obsah humusu je velmi vysoký (V ČR nejvyšší) a kvalita je obvykle dobrá. Kyselost je neutrální až slabě zásaditá, sorpční vlastnosti jsou poměrně příznivé. Mezi původními porosty bychom našli olšiny, druhotně vlhké louky. V případě, že jsou černice odvodněné, stávají se z nich velmi úrodné půdy vhodné pro pěstování cukrovky, pšenice a zejména zeleniny (Vopravil, 2009).

**Hnědozemě** – nacházejí se v nižším stupni pahorkatin (mezi 200 až 450 m n. m) nebo v okrajových částech nížin s vlhčím podnebím. Vznikaly pod původními dubohabrovými lesy. Půdotvorným substrátem je spraš či sprašová hlína. U těchto půd je hlavním půdotvorným procesem iluviace (Tomášek, 2003). Iluviace nebo také illimerizace je posun jílu ze svrchní do spodní části profilu, což také můžeme popsat jako jílem obohacený horizont (Vráblíková, 2006). Zrnitost u hnědozemě je středně těžká až těžká, složení humusu v porovnání s černozemí je nižší. Půdní reakce je zpravidla slabě kyselá, sorpční vlastnosti bývají zhoršeny. Rozdílným znakem od černozemí je rovněž menší náchylnost k vysychání. Plodiny vhodné k pěstování na těchto půdách jsou zejména náročné obiloviny, pšenice, ječmen, cukrovka a vojtěška (Vopravil, 2009). U nás se tyto půdy vyskytují na Hradecku, Jičínsku, Plzeňsku, okolí Chřibů a na Třebíčsku (Vráblíková, 2006). Důležitými subtypy hnědozemí jsou: *hnědozem typická* (humusový horizont přechází přímo do iluviálního, původní mělký eluviální horizont byl zlikvidován orbou), *hnědozem oglejená* (projevy oglejení v půdním profilu, eluviální horizont většinou opět chybí), *hnědozem illimerizovaná* (zachovalý eluviální horizont) (Tomášek, 2003).

**Rendziny** – vyvíjí se na karbonátových horninách (vápence, dolomity), mohou se vyskytovat ve všech klimatických podmínkách (Šantrůčková a kol., 2018). Původní porosty byly teplomilné doubravy až skalní stepi, ve vyšších polohách pak vápnomilné bučiny až reliktní bory. Většinou se jedná o členitý terén, krasový reliéf (Tomášek, 2003). Hlavním půdotvorným procesem je opět humifikace a rozpuštění vápence velmi slabě kyselou srážkovou vodou. Pod humusovým horizontem je většinou skeletovitý rozpad horniny. Jelikož jsou v celém profilu karbonáty, půdní reakce je neutrální až zásaditá (Vráblíková, 2006). Sorpční vlastnosti bývají většinou příznivé, ale obohacování živin je jednostranné

(mají nadbytek vápníku a manganu, ale nedostatek dalších živin jako je např. fosfor a draslík) (Šantrůčková a kol., 2018). K rendzinám se pojí dva hlavní subtypy: *rendzina typická* (obsah uhličitany vápenatého je v celém profilu) a *rendzina hnědá* (svrchní část profilu je ochuzená o uhličitany). Vzhledem k členitosti terénu, na kterém rendziny vznikají, jsou tyto půdy méně hodnotné, lze je využít k zakládání ovocných sadů (peckoviny) a vinic (Tomášek, 2003). V České republice jsou rozšířeny v Českém Krasu, Moravském krasu, Pálavě (Vráblíková, 2006).

**Podzol** – půdy s velmi nízkou přirozenou úrodností. Vyskytují se především v nejvyšších horských polohách, v chladném a vlhkém klimatu. Tyto půdy vznikaly pod jehličnatými, zejména smrkovými lesy. Matečnou horninou jsou zpravidla zvětraliny minerálně slabších hornin, žul, rul, svorů, pískovců (Vopravil, 2009). Hlavním půdotvorným procesem je intenzivní vyplavování (podzolizace), kdy se ve velmi kyselém prostředí rozkládají prvotní minerály a oxidy železa i hliníku se přesouvají do spodiny. Spolu s oxidy jsou přemísťovány také humusové látky. Pod humusovým horizontem leží vybělený eluviální horizont, který je typický pro podzoly. Tento vybělený horizont přechází ve výrazný iluviální horizont, jenž se skládá ze dvou částí – svrchní, tmavohnědě zbarvené, vyznačující se nahromaděním přemísťovaných humusových látek, a z druhé rezivé, vzniklé nahromaděním sloučenin trojmocného železa a hlouběji i hliníku (Tomášek, 2003). Hlavním půdotvorným procesem je zde proces podzolizace, což je právě posun železa a hliníku a humusu do středních částí profilu vzniklého za vzniku vyběleného, ochuzeného eluviálního horizontu a rezivohnědého obohaceného spodního horizontů (Vráblíková, 2006). Zrnitost je převážně lehčí, velmi častý je skelet, obsah surového humusu je vysoký, reakce je obvykle silně kyselá a sorpční vlastnosti velmi špatné (Tomášek, 2003). Část podzolů je využívána jako horské louky nebo pastviny, ale převážně se s podzoly můžeme setkat pod lesy. Mezi nejrozšířenější podzolové subtypy patří: *podzol modální* (ve vyšších horských polohách), *podzol oglejený* (středně výrazné redoximorfnní znaky pod spodickým horizontem), *podzol glejový* (výrazné reduktomorfnní znaky pod spodickým horizontem), *podzol arenický* (z písků nižších poloh), *podzol histický* (s mocným více jak 20 cm horizontem nadložního humusu) (Vopravil, 2009).

**Nivní půda** – u nás všeobecně rozšířeny a na větších plochách vystupují v nížinách. Vyplňují plochá dna říčních údolí, obzvláště podél větších toků. Mezi původní porosty se řadily lužní lesy a druhotné údolní louky. Matečným substrátem jsou výhradně nivní uloženiny (říční a potoční náplavy) (Tomášek, 2003). Tyto půdy jsou vývojově velmi mladé. Půdotvorný pochod je často periodicky přerušován akumulací činností vodního toku při záplavách, kdy se na tvořící půdu ukládá nový nános často prohumózněného materiálu (Vopravil, 2003). V nížinách, kde při záplavách sedimentovaly jemnější částice, patří tyto půdy k nejurodnějším (Moravské úvaly, Polabí, Poohří). Ve vyšších polohách jejich úrodnost obvykle klesá (Vráblíková, 2006). Stratigrafie u těchto půd je velmi jednoduchá, jelikož pod nevýrazným humusovým horizontem leží přímo matečný substrát, tvořený naplaveným materiálem. Zrnitost zde velmi kolísá v závislosti na rychlosti toku a na vzdálenosti od řečiště. Reakce půdy je většinou slabě kyselá až neutrální, sorpční vlastnosti, zejména u těžších půd, jsou dobré. U nivních půd lze rozlišit dva subtypy: *nivní půdu typickou* (s projevy glejového procesu hluboko v profilu, zhruba pod 1 m) a *nivní půdu glejovou* (s výraznějšími projevy



glejového procesu již od hloubky 60 cm). Na orné půdě se v příznivých klimatických podmínkách pěstuje cukrovka, pšenice, ječmen a zejména zelenina (Tomášek, 2003).

## 1.4 Funkce půdy

V kapitole o půdě nelze specifikovat její nejdůležitější funkci. Dle Vráblíkové (2006) můžeme alespoň shrnout ty nezastupitelné:

- Půda je základním článkem potravního řetězce a výrobním prostředkem v oblasti lesnictví a zemědělství.
- Půda je životně důležitou zásobárnou vody pro suchozemské rostliny a mikroorganismy, rovněž je filtračním čistícím prostředím, přes které voda prochází.
- Mikroorganismy, které v půdě žijí, zároveň umožňují průběh důležitých procesů v ekosystémech. Půdní organická hmota je hlavní suchozemskou zásobárnou uhlíku, dusíku, fosforu, síry, přístupnost těchto prvků je neustále ovlivňována mikrobiální mineralizací.
- Půda hraje důležitou roli ve stabilitě ekosystémů a v ovlivňování bilancí látek a energií.
- Z půdy je mnoho základních složek stavebních materiálů a surovin, zároveň půda poskytuje prostor pro budování staveb a dalších aktivit člověka.

Z pohledu životního prostředí můžeme funkce členit na ekologické, environmentální a sociálně-ekonomické (Bedrna, 2002).

**Ekologická funkce** je schopnost zajistit celou řadu životně důležitých látek a energie. Do ekologické oblasti patří *trofická funkce* půdy, která vyjadřuje schopnost půdy zabezpečit zvířenu a rostliny potřebnými živinami, vzduchem a energií pro jejich růst a rozvoj. Trofická funkce se často označuje také jako produkční schopnost půdy. Do ekologické oblasti funkcí patří i *biochemická funkce*, která je spjata s činností organismů v půdě i na ní. Jedná se o koncentraci, přeměnu a ubývání biologicky aktivních látek v půdě. Nesmíme také opomenout *funkci půdy jako stanoviště pro biotu a genové zdroje*. V půdě žijí mikroorganismy, zoedafon, dle kterého se živočichové dělí na geobionty (žijí jen v půdě, např. žížaly), geofily (žijí v půdě jen v průběhu určitého vývojového stádia), geoxény (jedná se o náhodný výskyt, např. dospělci síťokřídých). Půda je rovněž důležitá pro zakořeňování rostlin, pro které je oporou, ale i zdrojem výživy. *Transformační funkce* je přeměna organických a anorganických látek a energie. Při *akumulační funkci* půdy se jedná o hromadění organických látek, humusu, vody a živin v půdě. Akumulovaná voda v půdě tvoří významný podíl „sladké“ vody na Zemi. Udržet vodu pro živočichy a rostliny je důležitou ekologickou funkcí půdy (Bedrna, 2002).

**Environmentální funkce** půdy je soubor vztahů půdy ke kvalitě životního prostředí, zdraví lidí a zvířat a k biologické diverzitě. *Filtrační funkce* spočívá ve schopnosti půdy zadržovat různé látky, většinou cizorodé a zabránit jim kontaminovat hydrosféru a atmosféru, případně vstoupit do potravního řetězce. Tato schopnost se může postupně vytrácet, jakmile se v půdě nahromadí nadměrné množství škodlivých látek. Součástí *transportní funkce* je voda, která proudí v pórech a trhlinách všemi směry, ve směru rychlostního gradientu, do spodních částí

půdního profilu. Po povrchu stéká voda po svahu, povrchový odtok je hlavní příčinou eroze půdy. Další součástí transportní funkce je také vzduch, který umožňuje pohyb jen plynných látek, hybnou silou je vítr, difúze, teplota a voda. *Tlumivá (pufrační) funkce* je schopnost půdy tlumit změny pH i při silném tlaku vznášených volných kyselin. Na pufračních schopnostech půdy se nejvíce podílejí půdní koloidy (zejména humus, jílové minerály), ale také uhličitany a fosforečnany. Do tlumivé schopnosti patří i zpomalení ohřívání nebo ochlazování podpovrchových vrstev půdy v porovnání s přízemním vzduchem, což ovlivňuje kvalitu půdy. *Asanační funkce* půdy spočívá ve schopnosti půdy za pomoci půdních mikroorganismů rozložit zbytky organismů bez ohrožení životního prostředí, deaktivace toxických chemických prvků, těžkých kovů a rizikových látek uhličitany, organickou hmotou, koloidy, také přirozeným prokypřením (žížalami, kořeny rostlin) zhutněných půd. *Zranitelnost půdy* je její neschopnost odolávat přírodním a antropickým stresům (Bedrna, 2002).

**Sociálně–ekonomické funkce** jsou spjaty s lidmi, jelikož půda poskytuje lidem obživu, suroviny, je prostorem pro lidské aktivity a uchovává historické poklady (Bedrna, 2002).

Blum (1998) rozlišil těchto šest okruhů funkcí půdy:

1. **Produkce biomasy a potravin** pro výživu lidí a stravu zvířat, což Blum považoval za základní funkci, na které jsou lidé a potažmo i živočišné závislí. Velký význam má nejen orná půda, ale také ta lesní, a to zejména z důvodu produkce dřeva. Produkční schopnost půdy je dána tím, že půda poskytuje vhodné podmínky pro růst rostlin, jejich ukotvení, dostatek živin, vody i vzduchu pro kořeny.
2. **Zadržování, filtrace, pufrování a transformace látek a vody.** Přes půdu prochází výměna různých látek a energií – může například čistit prosakující vodu a zachycovat unikající plyny, což znamená ochranu podzemní vody i povrchové vody před znečištěním, ale také se jedná o ochranu vzduchu a tím pádem i ochranu lidského zdraví.
3. **Půda poskytuje prostředí a životní podmínky** pro půdní organismy (edafon), rostliny a organismy žijící na jejím povrchu. V hrstce zdravé půdy je mnohem více organismů, než kolik je například lidí na Zemi, podílí se tedy rovněž na druhové rozmanitosti, biodiverzitě. Zničení půdních organismů je přitom velmi snadné, ať už různými chemickými látkami či nevhodným hospodařením.
4. **Půda jako poskytovatel podkladu pro lidskou činnost.** Zpravidla veškerá lidská činnost se koná na povrchu Země, dochází tak k zástavbám půdního povrchu obytnými domy, průmyslovými stavbami, nákupními centry, dálnicemi, silnicemi nebo se například zakládají skládky a výsypky. Touto funkcí ale půda ztrácí schopnost plnit další funkce, proto je třeba zástavbu neboli zábor půdy alespoň částečně omezit.
5. **Půda jako zdroj surovin,** tím se myslí např. jílu, písku, šterku, rašeliny, což je jedna z dalších ekonomických funkcí. I v tomto případě dochází k poškozování půdy, jako tomu bylo i v předchozím bodě, ale u této funkce to není tak závažné jako v případě zástavby.

6. **Půda jako materiální a kulturní dědictví.** Dalo by se říci, že je půda přírodním archivem a rovněž nedílnou součástí krajiny, ve které žijeme. Ukrývá a ochraňuje paleontologické a archeologické poklady nevyčísitelné hodnoty, důležité pro pochopení historie lidstva i Země.

Všichni tři citovaní autoři se shodli, že je půda důležitá z hlediska obživy lidstva, živočichů, ale rovněž i rostlin. Dochází v ní k výměně látek a energií, půda je také důležitý zdroj surovin, se kterými lidé dokáží pracovat, a v neposlední řadě je půda významná kvůli archeologickému a paleontologickému výzkumu, kdy půda slouží jako jakýsi „konzervant“ pro uchování lidských pokladů, ale i například zvířecích koster, ulit a dalších typů schránek, což je vše velmi důležité pro pochopení historie života na Zemi.

### 1.5 Degradace půdy a její ochrana

Bez půdy si svou planetu Zemi nedokážeme nikdo představit, přesto jsme schopni se k ní chovat nešetrně. Měli bychom si uvědomit, že schopnost půdy produkovat stále více obživy pro lidstvo a krmiva pro zvířata chovaná lidmi není nekonečná, zvyšování této produkce je pomalejší než rostoucí počet obyvatel na Zemi. Je pravděpodobně, že v budoucnu nastane okamžik, kdy se tyto křivky protnou, a bude následovat období s nedostatkem potravin, proto je důležité si uvědomit, že o naši půdu musíme pečovat (Kutílek, 2012).

Půda je pevně spjata s životním prostředím, představuje jeho významnou složku, která má mnoho funkcí (viz kapitola 1.4). Je však ohrožena spousty procesy, jak přírodních, tak z větší části vyvolaných činností člověka, které kolikrát vedou až ke zničení půdy (Vopravil, 2009). Člověk si totiž zpravidla upravuje prostředí, ve kterém žije, což je jednak dáno jeho potřebami, jednak jeho nároky a životním stylem. Takto vzniká uměle vytvořené životní prostředí, což je tedy souhrn přírodních, umělých a sociálních složek materiálního světa, které jsou v interakci s člověkem (Havrlant, Buzek 1985). Využití půdy v krajině je tedy od doby, kdy se tu usadil člověk. Jedná se o kulturní krajinu, jež je dnes spjata pro oblasti s vyspělou ekonomikou a hustým osídlením. Existují různé typy kulturní krajiny: *lesohospodářská*, kde převládá les, který člověk využívá a ošetřuje, *zemědělská*, kterou člověk obhospodařuje, *těžební* je poznamenána povrchovou a důlní těžbou nerostů, do toho se musí počítat i rekultivace půdy a krajiny po těžbě, *sidelní (městská)* často zcela zastavěná (Šimek a kol., 2019).

Vynecháme-li obecné ohrožení půdy jako je urbanizace, klimatické změny, válečné konflikty a další lidské aktivity, jsou půdy v běžných podmínkách České republiky ohroženy těmito základními typy degradace: eroze, acidifikace, fyzikální degradace (utužení), znečištění a kontaminace, dehumifikace (úbytky organické hmoty), zábor půdy. Níže jsou tyto typy rozebrány podrobněji. Na degradaci půdy působí okolní prostředí, ale také je ovlivňována environmentálními vlastnostmi půdy, do kterých patří: *stabilita* (schopnost udržovat určitý stav díky své dynamické rovnováze), *odolnost* (schopnost vzdorovat narušení dynamické rovnováhy), *pružnost* (schopnost vrátit se do původního stavu po ukončení působení rušivého elementu), *labilita* (neschopnost půdy vrátit se do původního stavu po působení externího vlivu), *náchylnost* (schopnost podléhat nevratnému narušení rovnováhy), *citlivost* (rychlost nevratných změn půdních vlastností), *zranitelnost* (zahrnuje vztahy mezi odolností

a náchylností a mezi pružností a citlivostí), *ohroženost* (celkový široký stupeň možné degradace pedosféry), *tolerance* (snášelnivost k degradačním vlivům) (Vopravil, 2009).

### 1.5.1 Eroze půdy

Eroze se definuje jako *komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody, větru, ledu a jiných tzv. erozních činitelů* (Janeček a kol., 2002). Největší ztráty půdy jsou právě kvůli erozi. Kutílek (2012) píše, že *obecně se erozí myslí přemísťování zemin, zvětralin a hornin z jednoho místa na druhé, a tím, kdo tyto materiály přenáší, je voda, vítr a ledovce*. Erozí se půda zejména ztrácí, což se považuje za běžný geomorfologický proces. Tento proces je také zodpovědný za mnoho změn v krajině, díky němu vznikly údolí i delty řek, kaňony, rozsáhlé nivní terasy (Šimek a kol., 2019).

Důsledkem eroze dochází k ochuzování zemědělské půdy o nejurodnější část – ornici, zhoršují se fyzikálně-chemické vlastnosti půdy, zmenšuje se mocnost půdního profilu, zvyšuje se šterkovitost, snižuje se obsah živin a humusu, poškozují se plodiny a kultury, znesnadňuje se pohyb strojů po pozemcích a vede to ke ztrátě osiv, sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin (Janeček a kol., 2002).

**Vodní erozí** se rozrušuje zemský povrch vlivem dešťových kapek a povrchovým odtokem, podle formy se dělí na erozi plošnou, rýhovou, výmolovou a proudovou. Erozi je možné třídit i podle její intenzity. Čím je půda skeletovitější, tím rychleji klesá intenzita plošné eroze. Intenzita plošné, vodní a větrné eroze se zpravidla vyjadřuje ztrátou, resp. odnosem půdy v mm za určité časové období, většinou za jeden rok (Janeček a kol., 2002). Vodní eroze má za následek nejen ochuzování půdy o ornici vrstvu smyvem, ale i důsledkem zhoršení fyzikálních a chemických vlastností zhoršení vodního režimu. Dochází tak k menšímu využití živin v půdě. Vodní eroze převážně závisí na svažitosti území (Pasák a kol., 1984).

**Větrná eroze** působí škody rozrušováním půdního povrchu mechanickou silou větru (abrazí), odnášením rozrušených půdních částic větrem (deflací) a ukládáním těchto částic na jiném místě (akumulací) (Janeček a kol., 2002). Četnost větrné eroze je oproti četnosti vodní eroze menší. Přesto jsou větrnou erozí způsobeny značné škody, které jsou způsobené odnosem ornice, hnojiv, osiv a ničením plodin (Pasák a kol., 1984). Další škody vznikají zanášením komunikací, vodních toků, znečišťováním ovzduší, kdy se nejjemnější částice dostávají do ovzduší a mohou způsobovat tzv. prašné bouře, díky kterým se jemný prach může dostat do místností a vyvolávat např. plicní onemocnění nebo vyřazovat z provozu stroje (Janeček a kol., 2002).

**Opatření ke snížení eroze** – půda krytá vhodnou vegetací je velmi účinně chráněna jak před vodní, tak před větrnou erozí. Kromě opatření, jako je volba vhodných plodin a osevních postupů včetně využívání meziplodin, pásového střídání plodin, jsou k dispozici i různé technologické prostředky a agrotechnická opatření, jako třeba orba i jiná kultivace na svazích po vrstevnicích, péče o dostatečné množství a vysokou kvalitu organické hmoty v půdě či úprava vodního režimu půd. Dále jsou vhodná i technická opatření jako jsou terénní úpravy (protierozní meze, příkopy, terasy, ochranné nádrže) (Šimek a kol., 2019).

### 1.5.2 Acidifikace půdy

Acidifikace je *degradační přírodní proces, který je možno definovat jako snížení pufrací schopnosti půdy* (Vopravil, 2009). Půdy mají různou pufrací schopnost, což je schopnost vyrovnávat vlivy směřující ke změně pH půdního roztoku. Zvětrávání matečné horniny a se vznikem spojené další půdotvorné procesy mají za následek tvorbu nejrůznějších chemických sloučenin, které mají povahu kyselých nebo zásaditých látek. Tzv. bazické kationty (zejména  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$ ) se uvolňují zvětráváním, a jejich vymývání z půdy má značný vliv na okyselování půdy. Právě tendenci okyselovat se má většina půd, a to v důsledku přísunu iontů  $\text{H}^+$  do půdy. Může tak nastat z přirozeného hlediska, a to například těmito mechanismy-kořeny rostlin a půdní organismy produkují  $\text{CO}_2$ , který se částečně rozpouští v půdní vodě a vytváří se tak  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Vytvořená kyselina uhličitá hydrolyzuje a ionty  $\text{H}^+$  se uvolňují do půdního prostředí. Dalším mechanismem k okyselování půdy může být srážková voda, která reaguje s oxidem uhličitým v atmosféře a tvoří se kyselina uhličitá. Srážky pak mají pH okolo 5,6 (na rozdíl od čisté vody, jež má pH 7) a představují externí zdroj okyselování půdy (Šimek, 2004).

Rovněž činnost člověka se může negativně projevit při používání kyselých působících průmyslových hnojiv, účinkem imisí a kyselých dešťů (tj. přísunem oxidů – slabých kyselin síry a dusíku), odebíráním bazických prvků (především vápníku) z půdy s plodinami, intenzivním zavlažováním, stejně tak monokulturami nebo nízkým zastoupením víceletých píceň a vysokým podílem obilovin. Důsledky acidifikace spočívají zejména ve: zhoršení kvality humusu s převahou fulvokyselin, zpomalení uvolňování minerálního dusíku z humusu, zvýšení mobility většiny rizikových prvků a jejich zvýšená akumulace v rostlinách, zvýšeném nebezpečí rozvoje patogenních organismů a chorob rostlin, snížení výnosu většiny kulturních rostlin, které zpravidla vyžadují slabě kyselou reakci půdy (Vopravil, 2009). Mezi další kyselá depozice patří vliv na vodní ekosystémy (vymírání ryb a dalších živočichů), zvýšení koroze různých materiálů, staveb, budov (Šimek a kol, 2019).

Prevence acidifikace spočívá v odstranění příčin (Vopravil, 2009):

- omezení kyselých vstupů (např. z průmyslu)
- pravidelné střídání plodin v rotaci, omezení monokultur
- větší zastoupení víceletých píceň
- pravidelné vápnění půd udržovacími dávkami Ca hnojiv, zejména mletého vápence

### 1.5.3 Fyzikální degradace (utužení)

U kompakce neboli *utužení půdy se jedná o nepříznivé změny (rozpad) půdní struktury, mající za následek změny pórovitosti, objemové hmotnosti, schopnosti infiltrace a propustnosti* (Vopravil, 2009). Dochází ke snižování propustnosti vody a vzduchu, čímž se zvyšují anaerobní procesy a tvoří se viditelně zamokřené plochy. Rovněž se snižuje růst kořenů rostlin a celkově jsou zhoršeny podmínky pro příjem živin. Největší škody vznikají po stopách těžké techniky, jako jsou například traktory. Jejich rýhy jsou začátkem intenzivního působení vodní eroze a utužení půdní vrstvy (Prax, Pokorný., 2004).

V České republice je utužením ohroženo kolem 49 % zemědělské půdy. Nejedná se jen o utužení z příčiny těžké techniky, ale je zde i tzv. genetické utužení vznikající při vytvoření zajištěných iluviálních a případně oglejených horizontů, které je typické pro půdy s vyšším obsahem jílu. Utužení půdy i podorničí (vrstva pod ornici, hloubka cca 30-50 cm) a spodin (vrstva pod podorničí) není ireversibilní. Do značné míry se utužení ruší přirozeným přírodním procesem, a to hlubokým promrznutím půdy až do hloubky 0,6 – 0,8 m, kdy led svým vyšším objemem než voda utužení uvolní. Promrznutím půdy však utužení nezmizí, jen ruší následky (Vopravil, 2009).

Prevence před utužením (Vopravil, 2009):

- kultivace by měla probíhat je za vhodných vlhkostních podmínek
- orba by měla být prováděna na hloubku podle potřeby rostlin
- vysoké dávky závlah, monokultury, nízké nebo žádné zastoupení víceletých píceň v rotaci plodin výrazně zvyšuje citlivost půdy

#### 1.5.4 Znečištění a kontaminace

Kontaminace se definuje jako *stav, kdy v důsledku lidské činnosti se v zemině, podzemní vodě nebo v jiné složce životního prostředí vyskytují chemické látky pro dané prostředí cizorodé svojí podstatou, koncentrací nebo množstvím* (Dirner a kol., 1997). Šimek a kol. (2004) píše, že se **kontaminací** rozumí *interakce potencionálního polutantu a např. půdy nebo vody (kontaminace půdy, kontaminace vody)*. Kontaminant je tedy látka, která je v daném prostředí přítomna, nemusí však být viděny prokazatelné škody. Za **znečištění** je potom považována kontaminace, která nabyla škodlivého stupně. Oba dva definované pojmy mají podobný význam a velmi často se zaměňují. Dalším důležitým pojmem je **polutant**, což je dle Šimka a kol., (2019) *každá chemická látka přírodního či antropogenního původu, která se v půdě akumuluje a narušuje přirozenou rovnováhu*. Polutanty se do prostředí mohou dostat z bodových zdrojů (např. z oceláren, při haváriích v průmyslové výrobě, při dopravě a skladování) nebo v nízkých koncentracích či v menším množství z rozptýlených zdrojů (např. komunální odpady, doprava).

Půdní organismy mohou polutanty přijímat, např. žížaly přijímají organické polutanty především z kapalně složky půdy. Některé skupiny živočichů jako například žížaly, stejnonožci, pavoukovci mohou hromadit v tkáních mnohem více těžkých kovů než skupiny jiných živočichů. Z mikroorganismů hromadí těžké kovy hlavně houby, mykorhizou se pak tyto kovy dostávají do rostlin. Živočichové, kteří nemají pevnou pokožku těla, mohou přijímat polutanty, jak přes povrch těla, tak i v potravě (žížaly, roupice, larvy dvoukřídlých). Živočichové s pevnou vnější kůstrou jako jsou například stejnonožci a brouci, přijímají pak polutanty pouze součástí potravy (Šimek a kol., 2019).

Mezi znečišťující látky se řadí také *pesticidy*, které se používají při ochraně rostlin před škůdci, původci chorob a proti plevelům. Jedná se o všechny látky, které se užívají proti škodlivým rostlinným i živočišným škůdcům a parazitickým houbám, které mají negativní vliv na kulturní plodiny, zásoby zemědělských produktů, potraviny, průmyslové materiály (Velikovský, 2007). Podle praktického použití se pesticidy dělí na *herbicidy* (ničí nežádoucí

rostliny nebo potlačují jejich růst). Herbicidy se dále dělí na *selektivní herbicidy*, které poškozují plevelné rostliny, ale zároveň neškodí plodinám, a *totální herbicidy*, které ničí veškerou vegetaci. Dále existují *dotykové herbicidy* působící přímo na pletiva (nejčastěji listy), které následně odumírají. *Systemické herbicidy* po použití pronikají do rostliny a jsou v ní rozváděny do všech orgánů včetně podzemních. *Fungicidy* se používají k omezení vývoje hub nebo k jejich zničení, *insekticidy* hubí škodlivý hmyz (Šimek a kol., 2019).

*Dusičnany* v půdě představují nadměrné riziko negativního ovlivňování životního prostředí, kvalitu zemědělské produkce a potravinářských produktů. Jejich největší nebezpečí je to, že se při zvýšeném obsahu přeměňují na dusitany a nitrosaminy, které mají karcinogenní účinky. V důsledku lidské činnosti se do půdy dostává dusík ze zemědělských podniků, z průmyslu (spalovací procesy za vzniku oxidu dusíku, následně kyseliny dusičné – kyselá dešť) a z automobilové dopravy. Lidé mohou pozřít dusičnany z pitné vody a potravin (ze zeleniny) (Velikovský, 2007).

### 1.5.5 Dehumifikace

Dehumifikace volně přeloženo znamená úbytek humusu (organické hmoty). Tato organická hmota je soubor organických látek, které jsou uloženy v půdě nebo na ní a mohou, ale i nemusí být promíchány s minerální složkou půdy. Za úbytek organické hmoty na polích je zodpovědný člověk zejména tím, že plodiny neponechá na poli k rozkladu půdními organismy, ale jsou odvezeny a zužitkovány. Další faktor posilující míru dehumifikace jsou eroze, které „odnášejí“ organické látky. A právě eroze je považována za nejvýznamnější faktor podílející se na dehumifikaci (Machor a kol., 2012). Kromě eroze může docházet k úbytku organické hmoty také důsledkem: *zvýšené mineralizace*, *zvýšené aerace* po zorání luk a pastvin nebo v důsledku jiné nevhodné kultivace (hlubší proorávání spodin), *nedodávání organické hmoty* do půdy při intenzivní produkci (Vopravil, 2009).

Důsledky dehumifikace v půdě jsou:

- ztráta stability půdních agregátů
- větší zranitelnost vodní a větrnou erozí
- snížená odolnost proti půdní kompakci v orničních horizontech i horizontech spodin
- snížení pufrací schopnosti půdy a větší zranitelnost acidifikací
- snížení transformační a asanační schopnosti půdy
- snížení filtrační schopnosti
- snížení poutání živin
- snížení produkční schopnosti půdy (Vopravil, 2009)

Chceme-li tedy chránit půdu před dehumifikací, měli bychom zabránit především erozi (viz kapitola 1.1.8). Vzhledem odnosu organické hmoty erozí je tedy velmi vhodné zanechat na poli co nejvíce posklizňových zbytků, omezením orby a protierozními opatřeními (Machor a kol., 2012).

### 1.5.6 Zábory půdy

Zábory půdy neboli zastavování půdy (z anglického termínu *soil sealing*) je spojený s rozšiřováním sídel a je nejspíše nejvýznamnější degradační proces, jelikož při něm dochází ke zničení všech funkcí půdy (Vopravil, 2009). *Sealing* se nejpřesněji překládá jako zakrytí, neprodyšné uzavření, izolování. A k tomu právě dochází i při záboru půdy, kdy může být půda zastavěna budovami nebo může být přelita betonem či asfaltem při stavění komunikací, parkovišť či odstavných ploch. Stavění měst je proces neodvratný a dost často nekontrolovatelný (Machor a kol., 2012). To, že se jedná o proces nekontrolovatelný, může do budoucna vést k zastavění nejkvalitnější zemědělské půdy, což by mělo negativní dopady pro člověka i krajinu. Proces suburbanizace v České republice je takový, že v posledních letech ubývá denně zhruba 15 ha zemědělské půdy, a to zejména v blízkosti našich největších měst – Prahy a Brna (Vopravil., 2009). Zábory půdy je tedy definitivní a nezvratný, zastavěná půda je zničena trvale a jak je psáno výše ztrácí veškeré své funkce. Taková půda neumožňuje růst rostlin, je náchylnější k vodní erozi okolí, pozměňuje hladinu podzemní vody a pozměňuje mikroklima dané lokality (Machor a kol., 2012).

Ochranou proti záborům je pouze dodržování a posílení stávající legislativy s nepovolováním zastavění kvalitních zemědělských půd (Machor a kol., 2012).

### 1.5.7 Ohrožení edafonu a jeho ochrana

Jelikož v půdě žije spousta živých organismů, působí degradace půdy samozřejmě i na ně. Právě půdní organismy jsou ohroženy všemi faktory, které ohrožují rovněž půdu. *Eroze*, s níž je spojen i úbytek organické hmoty, připravuje edafon o prostor, ve kterém žije (Machar a kol., 2012).

*Acidifikace* působí nepříznivě pro skupiny, které nedokáží přijímat kyselější vodu. Další negativní faktor acidifikace je snížení dostupnosti vápníku pro mnohonožky a suchozemské stejnonožce, kteří používají vápenaté soli pro inkrustaci<sup>4</sup> své kutikuly. V okyselených půdách klesají počty výskytu hmyzenek, drobnušek, chvostoskoků, žížal, mnohonožek a suchozemských stejnonožců, řada druhů z lokalit postižených acidifikací nadobro zmizí (Machar a kol., 2012).

Podobně na tom jsou druhy živočichů, kteří jsou postiženi *kontaminací* půdy. Používáním insekticidů na polích sice snižuje výskyt škodlivého hmyzu, který úrodu konzumuje, ale zabíjí i půdní bezobratlé, kteří samotnou půdu vytvářejí (Machar a kol., 2012).

*Kompakce* neboli utužení půdy zase bortí v půdě chodbičky bezobratlých, ve svrchní vrstvě jsou živočichové vlivem těžké mechanizace rozdrceni, a ti, kteří žijí hlouběji v půdě, se přes utuženou půdu nemohou dostat k povrchu. Jedinci, kteří se zvládnou prodrat „nahoru“ jsou pak snadným terčem predátorů z řad ptáků či hmyzožravců (Machar a kol., 2012).

Půdy zakryté betonem či asfaltem, tedy *zastavění půdy*, jsou v životě půdních organismů nejobávanější degradací. Ani živočichové, kteří se dokáží prohrabat či prokousat do velkých hloubek půdy (kromě žížal také například ponravý chroustů, kteří žijí v půdě 3-4 roky),

---

<sup>4</sup> inkrustace – zpevnění anorganickými solemi



se přes takový zábor nedostanou. Velký problém jsou silnice, které krajinu různě rozdělují a na některých místech se vytváří ostrůvky obklopené právě silnicemi, což je z pohledu bezobratlých často nepřekonatelná překážka. Takové vytvoření silnic může například rozdělit populaci nějakého druhu, vytvoří se tak dvě subpopulace, které jsou daleko náchylnější k vyhynutí (Machor a kol., 2012).

Půdní bezobratlí jsou obecně chráněni zákony, které se týkají ochrany půdy a ochrany přírody a krajiny. Dalším legislativním opatřením, které se vztahuje k půdním organismům je *Vyhláška 395/1992 Sb. Ministerstva životního prostředí České republiky ze dne 11. června 1992*, kterou se provádějí některá ustanovení *České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny*. Její třetí přílohou je seznam zvláště chráněných druhů živočichů. I když je řada půdních organismů velmi vzácná, většiny z nich se tato vyhláška netýká. Principem této vyhlášky je totiž komplexní ochrana stanovišť daného živočicha a řada půdních bezobratlých je s těmito stanovišti spjata (Machor a kol., 2012).

## 1.6 Živěna půdní

V půdě žije obrovské množství organismů, z nichž je většina mikroskopické velikosti. Všechny živé organismy žijící v půdě se označují pojmem **edafon** (Šimek a kol., 2019). Pro edafon použil významný český půdoznalec V. Novák krásné české vysvětlení **živěna půdní** (Vašků, 2008). Do edafonu spadají společenstva mikroorganismů, rostlin a živočichů, tudíž se tento pojem dále dělí na *rostlinný edafon – fytoedafon*, ke kterému patří bakterie, plísně, houby, sinice a řasy, a na *živočišný edafon – zooedafon*, kam patří prvoci a živočichové (ploštěnci, hlísti, kroužkovci, stejnonožci, měkkýši, pavoukovci, vzdušnicovci, hmyz a obratlovci) (Losos a kol., 1985).

Rozdělení edafonu můžeme brát podle několika hledisek např. *podle toho, jakou část života tráví živočichové v půdě*, se rozdělují na (Vašků, 2008):

- geobionty – jsou vázáni na půdní prostředí celý život
- geophila – jejich vývojová stádia žijí v půdě, ale dospělci v půdě nežijí
- geoxena – jejich výskyt je v půdě jen náhodný

Losos a kol. (1985) dělí edafon v půdě *podle stupně vázanosti na půdu*:

- permanentní – mají všechna vývojová stádia v půdě, jsou to praví geobionti, např. krtek, krtonožka, mnozí chvostokoci
- temporární – v půdě žijí jen některá stadia, např. mnohé larvy hmyzu (ponravy chroustů, drátovci)
- periodičtí – půdu opouštějí a znovu ji vyhledávají v různých situacích, v nepravidelných intervalech, např. mnohý hmyz a obratlovci
- pariální – vyhledávají půdu periodicky, např. chrobáci, vrubouni
- alternující – střídají jednu nebo více generací v půdě s jednou nebo více generacemi na povrchu půdy, např. některé žlabatky a mšice
- tranzitorní – v půdě se vyskytují jen inaktivní stadia, vajíčka nebo kukly

Další možnosti, jak třídit organismy v půdě je dle Ruska (2000) *podle míry a druhu uzpůsobení životu v půdě*:

- atmobionti – formy, které žijí mimo půdu na vegetaci, v mechu, pod kůrou a podobně (např. řada chvostokoků a roztočů, motýli)
- edafobionti – půdní živočichové v širším smyslu, dále se dělí na *epigeon*, což jsou formy živočichů žijící na povrchu půdy a v opadu (např. mnoho chvostokoků, roztočů, roupic, střevlíci, štírci, slíd'áci, stínky), *hemiedafon* jsou živočichové žijící v opadu a svrchních vrstvách půdy (např. někteří chvostokoci, roztoči, roupice, mnohonožky, stonožky, brouci), *euedafon*, což jsou praví půdní živočichové, kteří jsou dobře přizpůsobeni životu v půdě (např. roupice, řada žízal, většina chvostokoků a roztočů)

Tuf (2013) odkazuje na zajímavé dělení podle Kratochvíla, který rozlišoval zooedafon *podle míry vazby druhů na půdu*:

- euedafon – druhy, které prodělávají celý životní cyklus v půdě, jsou dobře adaptovaní na život v půdě a toto prostředí většinou neopouštějí, patří mezi ně např. zemivky, stonožky
- protoedafon – druhy, které v půdě prodělávají postembryonální nebo larvální vývoj, dospělci žijí mimo půdu, např. chrousti, kovaříci
- hemiedafon – druhy, které jsou na půdu vázané „napůl“, což znamená, že v půdě žijí, ale vhodné podmínky k životu mohou nacházet i mimo ni například pod kůrou, v dutinách stromů atp. Patří mezi ně např. mnohonožky, stonožky, stínky
- pseudedafon – druhy, které můžeme v půdě najít, ale půdu sami nevyhledávají. Do této skupiny patří např. někteří savci (myši, hraboši, křečci, atd.), vyhledávají v půdě jen úkryt, ale aktivní část dne jsou mimo půdu. Z bezobratlých živočichů do této skupiny spadají např. motýli, brouci, dvoukřídlí.
- tychoedafon – druhy, které do půdy nepatří, když se v ní vyskytnou a nemohou ji dostatečně rychle opustit, zemřou.

Tradičně se půdní organismy dělí *podle velikosti těla* (většinou spíše podle šířky, než délky), což je důležité pro pronikání póry v půdě, které jsou tak dostupné jen pro některé živočichy. Velcí živočichové sami tyto póry a chodbičky v půdě vytvářejí, nazývají se **aktivní raziči**, patří mezi ně například žížaly, některé mnohonožky, larvy hmyzu (např. drátovců a tiplic). Živočichové, kteří chodbičky netvoří a pouze je využívají, se nazývají **pasivní uživatelé**, do této skupiny patří například stonožky, některé larvy brouků (Šimek a kol., 2019). A konečně se dostáváme k již zmíněnému tradičnímu dělení zooedafonu, které je dle Mika (2019) takové:

- **mikrofauna** (délka do 0,2 mm nebo průměr těla do 0,1 mm) – patří sem především prvoci (jednobuněčná eukaryota z různých systematických skupin), hlístice (Nematoda), vířníci (Rotatoria)
- **mezofauna** (délka či průměr těla do 2 mm) – chvostokoci (Collembola), roztoči (Acarina), hmyzenky (Protura), vidličnatky (Diplura), stonožky (Symphyla), drobnušky (Paupoda), někteří štírci (Pseudoscorpionida)
- **makrofauna** – suchozemští stejnonožci (Isopoda), pavoukovci, zejména sekáči (Opilionida) a pavouci (Araneida), větší druhy štírků (Pseudoscorpionida), z mnohonožců (Myriapoda) především stonožky (Chilopoda) a mnohonožky (Diplopoda), hmyz (Insecta), zástupci měkkýšů (Mollusca) a žížaly (Lumbricoidea)

Můžeme se také setkat i s termínem megafauna (šíře těla nad 2 cm), kam patří velké druhy měkkýšů, větší druhy žížal, a zejména půdní obratlovci – hmyzožravci (Insectivora) a hlodavci (Rodentia) (Miko a kol., 2019).

Tab. 4, charakteristické znaky a vlastnosti hlavních skupin edafonu (Šimek a kol., 2019)

Funkční skupina (hledisko)	Mikroflóra	Mikrofauna	Mezofauna	Makrofauna
charakteristická délka těla	0,3-20 $\mu$ m	< 0,2 mm	0,2-10 mm	> 10 mm
skupina organismů	bakterie, houby	prvoci, hlístice	mikroatropoda (členovci), roupice	termity, žížaly, mnohonožky, mravenci
vztah k vodě	hydrobionti <sup>5</sup>	hydrobionti	hygrobionti <sup>6</sup>	hygrobionti
interakce s mikroorganismy	anabióza	predace	predace	mutualismus
schopnost měnit fyzikální prostředí	ne	ne	omezená	vysoká
rezistence vůči stresu	vysoká	vysoká	střední	nízká
metabolická schopnost	vysoká	střední	nízká	nízká

### 1.6.1 Mikroflóra

Z mikroflóry je v edafonu zastoupeno největší množství organismů. Vzhledem k tomu, že tyto organismy mají mikroskopickou velikost, stačí k analýze jen 1 g půdy, který se odebrá pomocí sondovací tyče se žlábkem. Vzorek půdy se proseje přes 2 mm nebo 5 mm sítko a buď se přímo zpracuje, nebo se uloží v chladu, případně zamrazí. Výsledky se přepočítávají na gram suché půdy nebo na m<sup>2</sup>. V dnešní době se praktikují chemické a biochemické metody. Pro vymezení jednotlivých druhů se využívají metody molekulární biologie, kdy se z půdy extrahují nukleové kyseliny a porovnávají se s databázemi, tak se zjistí složení mikrobiálních společenstev (Miko a kol., 2019).

Složení půdní mikroflóry je závislé na charakteru mikrolokality, na jejím mikroklimatu, na reakci, podmínkách výživy a rovněž na prostornosti. Na povrchu půdy a ve svrchní vrstvě, kam ještě proniká sluneční světlo, se vyskytují řasy, převážně sinice, rozsivky, mikroskopické houby (vláknité houby, plísně). Postupně se do hloubky půdy vláknité houby a aktinomycety vytrácejí. V těchto nižších vrstvách jsou zastoupeny různé anaerobní bakterie. Mikroorganismy jednoho druhu tvoří v půdě „hnízda“, která je drží při životě. Tento komplex reaguje na okolní prostředí a určitým způsobem ho i mění. Jakmile umělým zásahem přerušíme „hnízdo“ mikroorganismů, ztrácejí tak svoji stabilitu. Mohou však znovu vytvořit komplexy, nebo když nebudou mít vhodné podmínky, zahynou v konkurenci jiných mikroorganismů (Kaš, 1964).

<sup>5</sup> hydrobionti – vodní organismy, které žijí ve vodě nebo ve vodním filmu, potravu a kyslík přijímají z vody

<sup>6</sup> hygrobionti – suchozemské organismy silně závislé na vodě (na vysoké vzdušné vlhkosti), dýchají vzduch

## Bakterie a archea (Prokaryota)

**Bakterie** jsou nejpočetnější skupinou organismů v půdě, jejich počet se odhaduje na  $10^6$  až  $10^9$  jedinců v gramu suché půdy. Díky své schopnosti rychlého rozmnožování a krátké generační době se dokáží velmi rychle přizpůsobit podmínkám prostředí, vyskytují se tak ve všech půdách (Miko, 1993). Ovlivňují úrodnost půdy a kořenovou výživu rostlin, některé dokáží rozkládat zbytky rostlin a živočichů, a přeměňují je na látky, které jsou asimilovatelné vyššími rostlinami (Rosypal a kol., 2003).

Bakterie se ve velké míře podílejí i na koloběhu dusíku v půdě, který se ve formě proteinů dostává do půdy v odumřelých pletivech rostlin a tkání živočichů. Bakteriím, které se těmito proteiny živí, se říká **saprophytické**. Jakmile dojde k rozkladu proteinů saprophytickými bakteriemi, uvolní se amoniak, který je pak tzv. **nitrifikačními bakteriemi** oxidován na dusitany a dusičnany. Dalšími důležitými bakteriemi v půdě jsou tzv. **dusík vázající bakterie**, patří mezi ně azotobakter a hlízkové bakterie. Tyto bakterie využívají přímo vzdušný dusík  $N_2$  jako zdroj své dusíkaté výživy. Azotobakter žije samostatně a k využívání vzdušného dusíku nepotřebuje jiné organismy. Kdežto naopak hlízkové bakterie žijí v symbióze na kořenech především bobovitých rostlin, které jim dodávají zdroj uhlíkaté výživy, hlízkové bakterie obohacují půdu, na které rostliny rostou, o dusičnany. Koloběhu dusíku se účastní rovněž **denitrifikační bakterie**, které ovšem ochuzují půdu o dusičnany a dusitany – redukují je až na molekulární dusík  $N_2$  (Rosypal a kol., 2003).

Mezi hlavní skupiny půdních bakterií se řadí kmen Proteobacteria, do kterého patří např. rod *Pseudomonas* (pseudomonády), jež se podílí na koloběhu dusíku. Dále kmen Actinobacteria, který působí v půdě jako aktivní a důležití rozkladači rostlinných, živočišných a houbových zbytků. Kmen Acidobacteria je rozšířená skupina v bakteriálních společenstvech zejména kyselých půd. Mezi půdní bakterie se řadí rovněž kmen Firmicutes, kam patří zástupci řádů Bacillales a Clostridiales, u nichž byla zachována tvorba endospor<sup>7</sup> (Šimek a kol., 2019).

**Archea** hrají v půdě významnou roli tím, že přeměňují živiny, zejména uhlík a dusík. Půdní archea typu AOA (Thaumarchaeota), která oxidují amonné soli, jsou nejspíše zodpovědná za tuto přeměnu ve většině zemědělských půd. Archea AOA oxidují plynný amoniak nebo amonné ionty, přičemž produkují dusitany, které mohou být dále oxidovány na dusičnany. Právě jejich aktivita může velmi ovlivňovat dostupnost dusíku pro rostliny a jiné mikroorganismy a také ztráty dusíku z půd. V půdě jsou významné také metanogenní archea, jejichž výskyt a aktivita jsou ovlivňovány dostupností kyslíku, půdní reakcí, množstvím organické hmoty, dostupností metanogenních substrátů a způsobem hospodaření. Metanogeni ovlivňují fungování ekosystému tím, že jejich činností vzniká množství tzv. skleníkového plynu metanu a dochází ke ztrátám uhlíku ze systému (Šimek a kol., 2019).

## Houby (Fungi)

Houby patří k hojným půdním organismům. Nároky na prostředí se u jednotlivých skupin liší, jsou však tolerantnější k nízkému pH než bakterie (Šimek a kol., 2019). Spolu s bakteriemi

---

<sup>7</sup> endospora – odolná dormantní forma, která umožňuje dlouhodobé přežívání za nepříznivých podmínek

a zástupci archeí jsou považovány za hlavní rozkladače mrtvé organické hmoty. Mezi houbami jsou i zástupci parazitických druhů a druhů účastnících se mykorhiz. Houby dovedou rozložit celulózu a lignin lépe než bakterie. Díky hyfám dokáží vést rozpuštěné organické i anorganické látky na větší vzdálenost (Miko a kol., 2019). Půdní houby jsou heterotrofní a potřebují kyslík. Hlavní funkcí hub je rozklad komplexních látek a v ustavování asociací s rostlinami, kterým zpřístupňují živiny, a v pozitivním smyslu na strukturu půdy a stabilitu agregátů. Jak je již psáno výše, houby se účastní mykorhizy, což je symbióza mezi kořeny cévnatých rostlin a houbami. Právě mykorhiza je považována za důležitý krok umožňující přesun rostlin z vody na souš. Houby přijímají od rostlin asimiláty a zásobují je minerálními živinami (hlavně fosforem a dusíkem) a vodou, rovněž je chrání před patogeny. Mykorhiza je velmi důležitá pro rostliny v chudých půdách, jelikož houbová vlákna mají větší rozsah kořenů. Mykorhiza se dělí na ektomykorhizu (vlákna hub prorůstají mezibuněčnými prostory v kořenové kůře) a endomykorhizu (vlákna hub pronikají do kořene a kořenových buněk) (Šantrůčková a kol., 2018). V půdě se vyskytují i patogenní houby, které napadají kořeny a nadzemní orgány rostlin, patří mezi ně např. kořenovník vrstevnatý, václavka, rzi nebo padlí (Šimek a kol., 2019).

### **Řasy (Algae) a sinice (Cyanobacteria)**

Řasy a sinice patří mezi fotoautotrofní organismy (získávají energii ze slunečního záření a uhlík z CO<sub>2</sub>). Jejich rozšíření v půdě je omezeno na povrchové horizonty, podle toho, kam může dopadnout sluneční záření. Hrají důležitou roli při tvorbě nových půd na čerstvých lávových proudech, na substrátech obnažených po odsunutí ledovce, v jeskynních půdách, pouštích nebo půdách po požárech. Jejich odumřelá těla jsou základem půdní organické hmoty primárních půd a napomáhají tvorbě půdních krust a agregátů (Šantrůčková a kol., 2018). Řasy a sinice mají v půdě několik funkcí – jsou například fixátory vzdušného dusíku, mezi nejvýznamnější fixátory se řadí sinice z rodů *Nostoc*, *Trichormus*, *Nodularia* a *Tolypothrix*). Dále napomáhají provzdušňování půdy, zlepšují strukturu půdy – jedná se především o druhy, které mají buňky se slizovými obaly (*Coccomyxa*, *Chlorokybus*, *Chlamydomons*, *Nostoc*). Mají protierozní funkci – řasy rodů *Klebsormidium* a *Zygonium* a sinice rodů *Microcoleus* a *Phormidium*. A v neposlední řadě slouží zejména jako potrava pro půdní bezobratlé živočichy (Šimek a kol., 2019).

#### **1.6.2 Půdní mikrofauna**

Jedná se o organismy, které obecně žijí v mikroprostorách, které jsou vyplněné vodou, nebo žijí ve vodním filmu na povrchu půdy. Tudíž se jedná o organismy vodní či velmi závislé na vodě či vlhkosti (Miko a kol., 2019). K těmto nejmenším organismům náleží čtyři základní skupiny půdních organismů. Z hlediska počtu a funkcí v půdě jsou nejdůležitější prvoci a hlístice. Menší skupinou jsou vířníci. A nejmenší skupinou a také nejméně známou jsou půdní želvušky, které se vyznačují schopností zvanou kryptobióza, což je stádium, ve kterém mohou dlouhodobě přežít nepříznivé podmínky (Šimek a kol., 2015).

### ➤ **Půdní prvoci (jednobuněčná eukaryota několika skupin)**

V řádech  $10^4$ - $10^5$  jedinců/g suché půdy. Ještě s hlístitci se jedná o nejvíce početnou skupinu organismů půdní fauny (Miko a kol., 2019). Dnes jsou prvoci řazeni do několika eukaryotních skupin, jako jsou Amoebozoa, Opisthokonta, Chromalveolata, Excavata a Rhizaria. Jsou schopni pohybu, ale neprovádí fotosyntézu, čímž se liší od ostatních protistů, jako jsou různé řasy (Algae) či houbám podobní protisté. Jak je již psáno výše prvoci jsou organismy, které jsou velmi vázané na vodu, jsou tedy aktivní v prostředí s dostatkem vody a živin. Dále se vyznačují schopností vytvářet klidová stádia, která jim umožňují přežít nepříznivé podmínky. Prvoci se vyskytují zejména v několika svrchních centimetrech půdy. Většina prvoků se živí rozpuštěnými organickými látkami v půdním roztoku, či látkami uvolňovanými nebo aktivně získávanými z mrtvých tkání jiných organismů (osmotrofie). Jiné druhy se živí fagotrofně – pohlcují pevné částice, ale i jiné přítomné mikroskopické organismy. Jelikož se živí především bakteriemi nebo predátory jiných půdních živočichů, jsou tudíž regulátory početnosti jiných půdních mikroorganismů (Šantrůčková a kol., 2018).

**Krytenky (Testacea)** jsou měňavkovité organismy, mající tělo, které je charakteristicky kryto schránkou z chitinu nebo křemitého materiálu. Schránka může být různě zploštělá a zakončená pseudostomem, kterým organismus komunikuje s okolím. Krytenky převažují v lesních půdách, kdežto v orných dominují nahé améby. Ve společenstvu často převažují druhy rodů *Euglypha*, *Centropyxis*, *Diffugia* a *Arcella* (Šimek a kol., 2019).

**Nálevníci (Ciliophora, Ciliata)** mají poměrně složitou stavbu těla. Tělo mají kryto pevnou pelikulou s brvami (ciliemi), která mu dává charakteristický tvar (Šimek a kol., 2019). Živí se drobnými organismy, nejčastěji bakteriemi, které brvy přihánějí k buněčným ústům. Buněčným hltanem dále postupuje potrava do jeho slepého konce, kde se vytváří potravní vakuola - ta se odškrcuje a putuje po určité dráze v těle, kde průběžně uvolňuje živiny vzniklé trávením (Rosypal a kol., 2003). Někteří nálevníci žijí symbioticky v žaludcích přežvýkavců nebo termitů a podílejí se na dekompozici organické hmoty. Konzumují všechny skupiny mikroorganismů i predátory jiných prvoků. V půdě se vyskytují druhy rodů *Didinium*, *Paramecium* a *Vorticella* (Šimek a kol., 2019).

### ➤ **Hlístice (Nematoda)**

Hád'átka, roupi, vlasovci, škrkavky, měchovci, svalovci, to jsou české názvy pro různé linie hlístů, které tvoří v přírodě velmi početnou skupinu „červů“, jednotnou ve svém vzhledu i v anatomických vlastnostech. Tělesný tvar je u většiny druhů téměř stejný, tělo se podobá dlouhé, tenké, oblé a pružné hůlce, na obou koncích se kuželovitě zužující do špičky. Těla nejsou pigmentována, takže zbarvení je bílé nebo průzračné. Pohyb je rovněž velmi charakteristický, mrskají sebou vlnovitě v podélné ose jako hád'átka nebo se svinují spirálně do kotouče. Tento pohyb je umožněn jednosměrnou podélnou svalovinou, která prochází celým tělem (Komárek, 1952). Hlístice mají nečlánkované, štíhlé a protažené tělo, bez výrazně oddělené hlavy. Přední konec těla však lze rozlišit, poněvadž je zde hltan, a jelikož mají půdní hlístice několik potravních strategií, kterým odpovídá utváření hltanu, lze díky němu rozlišit určité druhy. Například vysunovatelný stylet mají fytofágní hlístice. Bakteriofágním druhům slouží k získání potravy korunka z brv, jež je umístěna na předním

konci hlavy. Draví zástupci mají hltan osvalený a v ústní dutině se mohou nacházet zuby. Právě podle typu hltanu lze rozlišit ekologické skupiny, do které dané hlístice patří (Říhová, 2013). Ekologické třídění podle potravních nároků rozlišuje pět hlavních skupin hlístic: bakteriofágové (žíví se bakteriemi), mykofágové (patří sem druhy s ústní dutinou opatřenou bodcem), fytofágové (mají vyvinutý silný ústní bodec), omnifágové (žíví se různou potravou, mohou napadat i jiné hlístice a jejich vajíčka, žíví se rovněž vířníky, mechy, řasami) a dravci (napadají jiné hlístice, jiné drobné půdní živočichy a prvoky). Funkce hlístic v půdě je velmi významná. Svoji aktivitou zasahují do nejrůznějších procesů tvorby a rozkladu organické hmoty a ovlivňují jejich dynamiku. Zároveň jsou hlístice potrava pro jiné skupiny edafonu např. pro drobné členovce (Šimek a kol., 2019).

#### ➤ **Vířníci (Rotifera)**

Vířníci jsou skupinou, která se vyskytuje prakticky ve všech typech půdy. Jedná se o malé (0,2-0,7 mm) mnohobuněčné půdní živočichy s orgánovými soustavami. Vyskytují se v povrchových vrstvách půdy, v mechu a v porostech lišejníků. Přímo v půdě můžeme nalézt vířníky podtřídy Bdelloidea a některé rody podtřídy Monogononta. Tělo vířníků je členěné na hlavu, trup a nohu. Na hlavě se nachází charakteristický útvar vířivý orgán (korona), jehož hlavní funkcí je získávání potravy, ale umožňuje rovněž plavání (Šimek a kol., 2019). Jsou to gonochoristé s přímým vývojem, velmi častá je partenogeneze. U jedné ze tříd dokonce samci nejsou dosud známi. Vzhledem k tomu, že se často mění biotop, ve kterém vířníci žijí, zejména již zmíněné mechy, u kterých dochází k vysychání, se u vířníků vyvinula schopnost přežít extrémní vyschnuté prostředí v klidovém stavu, v tzv. anabióze (Rosypal a kol., 2003). Nejvíce se vířníci vyskytují v hrabance a opadu na povrchu půdy. O jejich významu v půdě se však zatím mnoho neví. Je známo, že jsou konzumenti bakterií a jejich exkrementy jsou využívány rostlinami a mikrobiálním společenstvem.

#### ➤ **Želvušky (Tardigrada)**

Želvušky (Tardigrada) jsou považovány za méně známý kmen živočichů spadající do bezobratlých. Předchůdci tohoto kmene jsou známi již během prvohor přibližně před 530 miliony let. Jejich blízkými příbuznými jsou drápkovci (Onychophora), členovci (Arthropoda) a hlístice (Nematoda). Původně byly želvušky mořskými organismy a je pravda, že ani v dnešní době nedokáží žít na vzduchu bez alespoň malé vrstvy vody. Řadíme je tedy mezi hydrobionty. Můžeme je naleznout i v suchozemských ekosystémech, kde se alespoň část roku drží voda, například v mechu, půdních pórech a ve vodním filmu na povrchu půdních částic. Vodu totiž potřebují k tomu, aby mohly dýchat, pohybovat se, hledat si potravu, rozmnožovat se (Šimek a kol., 2019).

Rozměry želvušek se pohybují v rozpětí od 250-1200  $\mu\text{m}$  u dospělců a 50  $\mu\text{m}$  u jedinců juvenilních. Kmen želvušek můžeme rozdělit do dvou základních tříd a to: Eutardigrada (suchozemské a sladkovodní druhy) a Heterotardigrada (mořské druhy) (Nelson, 2002)

V období přechodného sucha přecházejí před nevhodnými podmínkami do tzv. anhydrobiózy, což je stav, ve kterém těla želvušek vyschnou a pozastaví metabolismus. A právě díky anhydrobióze se staly specialistkami na život v extrémních prostředích. Můžeme je najít



od pouští přes tropické lesy a půdy mírného pásma až po trvale zmrzlé půdy polárních oblastí. Dokáží přežít i podmínky, do kterých se na Zemi ani nedostanou, přežijí totiž teploty od -271 °C do +151 °C. Kromě toho také přežijí nízký tlak ve vakuu, i šestkrát vyšší hydrostatický tlak, než jaký je na dně nejhlubšího hlubokomořského příkopu. Zvládají i 1000× vyšší dávky radioaktivního záření, než jiné organismy (Šimek a kol., 2019)

Ovšem ne všechny druhy jsou přizpůsobeny tak extrémním podmínkám, jako je psáno v odstavci výše. Jelikož mořské a vodní želvušky žijí ve stabilním prostředí, nemají vlastnosti pro přežití v těchto extrémních podmínkách. Vypadá to, že tato pozoruhodná adaptace na měnící se podmínky prostředí, byla vytvořena v přímé reakci na rychle se měnící počasí. (Miller, 2011)

Želvušky žijící na souši, ale stále alespoň v tenkém filmu vody, se mohou vyskytovat v těchto třech stádiích: mohou být aktivní, být v anoxybióze nebo v kryptobióze. V aktivním stavu přijímají potravu, rostou, rozmnožují se, pohybují se. Anoxybióza se objevuje v reakci na nízký obsah kyslíku. Kryptobióza je stádium, při kterém želvušky pozastaví svůj metabolismus. Tento stav nastává, když dojde k extrémnímu vysychání. Jakmile vysychá okolí, želvušky vysychají rovněž, ztrácejí až 97 % své tělesné hmotnosti a smršťují se asi na třetinu své původní velikosti. V tomto stavu jsou schopny přežít téměř cokoli. (Miller, 2011)

Želvušky jsou mikroskopičtí živočichové, kteří většinou nejsou vidět pouhým okem. Ty s velikostí až milimetr (asi jako zrnko písku) viditelné jsou, ale velmi obtížně. Želvušky žijící v půdě, respektive na půdě mají válcovité tělo, které je pokryté kutikulou. Stejně jako u příbuzných členovců (Arthropoda) obsahuje kutikula chitin, který poskytuje pevnost a tuhost. Mají osm končetin s drápkami. Právě drápkami jsou důležitým určujícím znakem jednotlivých druhů a čeledí. Ve skutečnosti se jedná o tzv. dvojdrápkami, které k sobě mohou mít různé postavení a velikost a mohou nést různé jemnější struktury v podobě malých hrotů na koncích drápků a zubatých lemů na jejich bázi (Šimek a kol., 2019).

Želvušky dýchají celým povrchem těla a jsou velmi citlivé na nedostatek kyslíku. Vylučovací ústrojí je celkem primitivní, některé druhy mají tři malpighické trubice, ostatní vylučují skrze slinné žlázy a stěnu střeva. Nervová soustava je žebříčkovitá, v hltanové části se nachází několik větších uzlin, a soustavu doplňují ještě čtyři páry příčně pruhovaných břišních uzlin. (Šimek a kol., 2019)

Tělo může být někdy vyplněno velkým množstvím kulatých pohyblivých buněk – hemocyty - sloužících jako zásobní buňky, jež želvušky spotřebovávají v době hladovění, během svlékání a v době po kladení vajíček. Tyto zásobní buňky mohou pokrýt výživu až na pět týdnů (Šimek a kol., 2019).

U želvušek je zajímavé, že některé mají oddělená pohlaví, některé jsou hermafroditní a u některých doposud samčí ani samičí pohlavní buňky nebyly pozorovány. Druhotným znakem samečků, pokud se ovšem v populaci nacházejí, je jejich menší velikost a hákovitě zahnutá dolní větev vnitřních dvojdrápků na prvním páru nohou, kterými se přichytávají na samičku. Želvušky se však často rozmnožují partenogenezí (Šimek a kol., 2019).

Pohlavní rozmnožování je velmi různé, například u druhu *Macrobiotus shonaicus* pronásleduje samec samičku a naráží do ní ze stran hlavou, tím se snaží podráždit její pohlavní otvor. Samička se zastaví, nadzvedne zadní část těla a tím pohlavní otvor odhalí, samec se přiblíží a vypustí v blízkosti pohlavního otvoru spermie, které jsou pomocí chemických látek vypouštěných samicí přitahovány k samičímu pohlaví. U druhu *Isohypsibius dastychi* samice znehybní, začne se svlékat a pomocí feromonů láká samečka. Jakmile ji sameček najde, vstříkne do ní sperma a dojde k oplození. To však jen v době, kdy samička vylučuje feromony, což je asi pět hodin. Když ji sameček během této doby nenajde, nezralá vajíčka samička vstřebá a celý cyklus jejich vývoje se musí opakovat. Oplozená vajíčka zanechávají samičky ve své svlečce nebo volně v prostředí (Šimek a kol., 2019)

Svlékání, které je součástí rozmnožování, je proces, kdy se želvušky zbavují staré kutikuly, drápků a výstelky předního a zadního střeva. Svlékání probíhá 4-12× za aktivní život, který obvykle trvá 3-30 měsíců (Nelson, 2002). Nejdříve želvušky vyloučí ústním otvorem stylety, savý hltan a ústní trubici, ústa se zapečetí a živočichové nepřijímají potravu, dokud není svlékání dokončeno. Při každém svleku musí želvuška obnovit i drápky. Během tohoto procesu jsou želvušky nejzranitelnější, jelikož se nemohou bránit predátorům, a hlavně jsou náchylnější k vysychání (Šimek a kol., 2019).

Kmen Tardigrada žije na stanovištích po celém světě, a to zejména díky své adaptaci na velmi různé podmínky (Nelson, 2002). Některé druhy jsou hydrofilní, tzn. dávající přednost vlhčímu prostředí, jiné jsou xerofilní vyskytující se jen v prostředích, která pravidelně vysychají a některé druhy jsou euryhydrické, což znamená, že se vyskytují ve velkém spektru vlhkostních podmínek. Podobně lze želvušky rozdělit podle nadmořské výšky, ve které se nacházejí (pahorkatinné, nížinné) nebo pH (eukalcifilní, polykalcifilní, mezokalcifilní, oligokalcifilní, akalcifilní) (Šimek a kol., 2019).

Mezi potravu želvušek patří bakterie, houby, řasy, prvoci a jiná mikrofauna. Zajímavostí je, že některé druhy želvušek jsou kanibalové požírající jiné želvušky. Predátoři lovící želvušky zahrnují roztoče, larvy hmyzu, hlístice a pavouky. Je však známé, že některé masožravé želvušky loví hlístice, zatímco jiné větší druhy hlístic mohou samy lovit menší želvušky (Šimek a kol., 2019).

### **1.6.2 Půdní mezofauna**

Mezofauna je skupina živočichů, která je v půdě velmi početná a druhotně různorodá, většinou ji reprezentují půdní členovci. Kromě půdních členovců sem rovněž patří menší příbuzní žížal – roupice (Enchytraeidae), které dokáží prostupovat půdou vlastní aktivitou, rytím. Z ekologického hlediska se může mezofauna dělit podle dominantního místa výskytu. Druhy, které se vyskytují na povrchu půdy, se řadí k tzv. povrchové, epigeické fauně. Zatímco druhy, které lze najít spíše v hlubších vrstvách půdního profilu, které prakticky nevycházejí na povrch půdy, jsou řazeny k tzv. podpovrchové, hypogeické fauně, která se někdy nazývá též euedafon (praví půdní obyvatelé) (Miko a kol., 2019).

### ➤ Roupice (Enchytraeidae)

Malé, bílé žížalky tuhého těla, připomínající Nematoda, žijí většinou v ornici, zřídka ve sladké nebo mořské vodě (Komárek, 1952). Jsou to drobní kroužkovci (Annelida). Od blízce příbuzných žížal se odlišují menším tělem, jejich tělo je bezbarvé, bělavé až nažloutlé. Žijí ve všech suchozemských ekosystémech, můžeme je nalézt i na kyselých půdách jehličnatých lesů a rašelinné půdy, kde vlastně nahrazují význam žížal. Jednotlivé druhy a rody se odlišují v náročnosti k půdní reakci, vlhkosti a textuře půdy, formám humusu a vegetačnímu pokryvu. Tím se řadí mezi bioindikátory. Jelikož mají roupice relativně propustnou pokožku, která přichází stále do kontaktu s půdním roztokem, jsou často využívány v ekotoxikologii. Roupice se živí odumřelým organickým materiálem i minerálními částicemi půdy. Zatahují drobnou organickou hmotu do půdního profilu, požírají ji a promíchávají s minerálními částicemi za vzniku specifického trusu, tzv. výmětů, které se podílejí na tvorbě a udržení půdní struktury. Předpokládá se, že se rovněž živí drobnými půdními mikroorganismy. Jsou významným zdrojem potravy pro další živočichy (Šimek a kol., 2019).

### ➤ Půdní roztoči (Acari)

Roztoči tvoří spolu s chvostoskoky nejpočetnější skupinu půdních členovců, jelikož se mohou vyskytovat ve všech typech půd celého světa. Rovněž žijí i v nadzemních částech suchozemských ekosystémů a ve vodě. Spousta druhů se řadí k parazitickým formám. Jedná se o velmi malé organismy s rozměry 200-800  $\mu\text{m}$ , někteří mohou dosahovat až 1 mm. Jejich tělo má oválný nebo kuželovitý tvar bez výrazného vnějšího dělení, v dospělosti se čtyřmi páry nohou. Půdní roztoče můžeme dělit na dravé (živící se jinými půdními organismy), parazitické (žijící na kořenech rostlin nebo parazitující na jiných živočích) a další skupina jsou druhy živící se mikroflórou a odumřelou organickou hmotou, jedná se o významnou součást dekompozičních potravních řetězců v půdě (Šantrůčková a kol., 2018).

Půdní roztoči mají sedm vývojových stádií: vajíčko, prelarvu, larvu, protonymfu, deutonymfu, tritonymfu a dospělce. Tato vývojová stadia nejsou u všech zástupců stejná, bývají různě modifikovaná, např. u všech zástupců Parasitiformes chybí stadium prelarvy, u řádu Mesostigmata chybí stadium tritonymfy, atd. Roztoči jsou gonochoristé, většinou u nich probíhá pohlavní rozmnožování. Častá je i partenogeneze, zejména thelytokie, tj. vývoj samic z neoplozených vajíček (Šimek a kol., 2019).

Většinou bývají půdní roztoči řazeni k heliofóbním<sup>8</sup> druhům, jsou však známy i druhy, které jsou heliofóbní, jedná se o dravé roztoče ze skupin Mesostigmata a Prostigmata, které dávají přednost nezastíněným biotopům (Šimek a kol., 2019).

Mezi půdními druhy u nás najdeme tyto čtyři skupiny: pancířníky (Oribatida), zákožkovce (Acaridida), sametkovce (Actinedida) a čmelíkovce (Mesostigmata).

**Pancířníci (Oribatida)** se v půdě vyskytují v řádech 10-10<sup>5</sup> jedinců/m<sup>2</sup>, jedná se proto o nejpočetnější skupinu půdních organismů v rámci půdní mezofauny. Jejich početnost během

---

<sup>8</sup> heliofóbní – stínomilní, citliví na světlo

roku kolísá v závislosti na přísunu organické hmoty, teplotě i vlhkosti (Miko a kol., 2019). Dominantní jsou zejména v lesních půdách, kde tvoří 70-90 % celé mezofauny. Pancířníci jsou významnou součástí dekompozičních potravních řetězců, účastní se všech hlavních procesů probíhajících v půdě a jsou důležitými stimulatory kolonizace půdy půdní mikroflórou. Jsou potravně závislí na mrtvé organické hmotě, opadu i detritu. Řada druhů se živí koloniemi mikroflóry na mrtvé organické hmotě, řadí se proto k mikrofytofágům. Další skupina se živí mrtvými rostlinnými tkáněmi vyšších rostlin (opadaným jehličím, listím, odumírajícími stélkami mečů), nazývají se makrofytofágní druhy. Dnes jsou známy i další potravní specializace živící se např. mrtvou živočišnou tkání, jedná se o nekrofágnii, nebo dravý způsob výživy (aktivní lov jiných živočichů), což je predace, nebo mohou pancířníci požírat pylová zrna, která dopadnou na povrch půdy, zde se jedná o pollinivorii. Podle převládajícího typu potravy se adaptují ústní orgány, konkrétně chelicery. Na druhou stranu pancířníci jsou zároveň potravou dravých půdních organismů. Většinou jsou lovena nedospělá stádia (vajíčka, larvy, nymfy), jelikož ještě není povrch jejich těla sklerotizován (ještě není natolik zpevněn „pancíř“, podle kterého dostala celá skupina název). Sklerozitace má další funkci, nejen ochranu před nepřáteli, zároveň slouží před vysycháním (Šantrůčková a kol., 2018).

**Zákožkovci (Astigmata/Acaridia)** se obvykle v půdě nachází v počtu 100-10 000 jedinců/m<sup>2</sup>. Většina druhů je parazitická (jedná se o parazity ptáků a savců) nebo žije ve specifických podmínkách (skladištní škůdci). V půdě se vyskytuje jen několik desítek druhů. Zákožkovci jsou potravně specializovaní podobně jako pancířníci, živí se zejména mrtvou organickou hmotou a půdní mikroflórou. Jelikož však jejich tělo nechrání žádný „pancíř“, je tedy méně sklerotizované než u pancířníků, a jsou proto častěji potravou pro jiné predátory (Miko a kol., 2019).

**Sametkovci (Prostigmata)** se vyskytují v půdě v početnostech 100-1000 jedinců/m<sup>2</sup>. Jedná se o ekologicky velmi různorodou skupinu. Některé druhy jsou detritofágní nebo mykofágní, další mohou být dravé a parazitické. Stávají se potravou pro predátory, protože podobně jako u zákožkovců je jejich tělo slabě sklerotizované. Jméno sametkovci získali díky tomu, že je jejich tělo hustě pokryto jemnými chloupky. Opět jsou i u této skupiny specifické adaptace z hlediska způsobu výživy – dravé druhy mají dlouhé nohy a ozubené chelicery (Miko a kol., 2019).

**Čmelíkovci (Mesostigmata/Gamasida)** jsou méně početní než ostatní roztoči, vyskytují se v řádech 100-10 000 jedinců/m<sup>2</sup>. V rámci života v půdě se nejspíše jedná o nejdůležitější skupinu predátorů. Proto mají i výrazné adaptace k dravému způsobu života – silné a dlouhé běhavé nohy, obrovské a mohutně ozubené chelicery. Tím, že se živí dravě, regulují početnost populací všech lovených skupin (např. chvostoskoků). Mezi čmelíkovci nalezneme i řadu parazitických druhů (ektoparaziti drobných půdních savců) a foretických druhů (přichytí se na povrch těla pohyblivějšího živočicha a nechají se přenést). Podobně jako pancířníci přispívají k regulaci dekompozičních procesů a k vytváření půdní struktury (Miko a kol., 2019).

### ➤ **Půdní skrytočelistní (Endognatha)**

Patří sem tři skupiny – hmyzenky, vidličnatky a chvostokoci – všechny tyto skupiny jsou typickými obyvateli půdy a zároveň velmi dobrými indikátory kvality půdního prostředí (Miko a kol., 2019). Vyznačují se umístěním ústních orgánů uvnitř hlavové schránky (Šantrůčková a kol., 2018).

**Chvostokoci (Collembola)** se vyskytují většinou v řádech 100-100 000 jedinců/m<sup>2</sup>. Představují rozmanitou skupinu členovců, která hraje důležitou roli v dekompozičních procesech (Šimek a kol., 2019). Tělo chvostokoků je tvořené hlavou, trupem a zadečkem. Trup nese tři páry kráčivých nohou, charakteristickým znakem je vidlice (furka) na zadečku a přídržovací zařízení – obojí umožňuje chvostokokům vymrstit se na vzdálenosti o mnoho delší než je jejich tělo. Právě díky tomuto skákacímu aparátu dostali chvostokoci své jméno. Jejich systematické rozdělení je do čtyř podřádů. První dva – mákovky (Poduromorpha) a volnočlenky (Entomobryomorpha) – jsou druhy, které mají protáhlé tělo. Další dva podřady – srostločlenky (Symphypleona) a zrněnky (Neelipleona) – mají tělo krátké, zavalité. V půdě se vyskytují především srostločlenky a volnočlenky. Tito živočichové se živí zejména bakteriemi, řasami, mikroskopickými houbami, mrtvou organickou hmotou, tekutým obsahem odumřelých a odumírajících tkání. Další dělení chvostokoků je na: epiedafické druhy (žijí na povrchu půdy v opadavých vrstvách, jejich tělo je pestře zbarvené), euedafické druhy (většinou drobní, často s redukcí či ztrátou očí a kratšími končetinami, žijí pod povrchem, často v hlubších vrstvách), hemiedafičtí (žijí na rozhraní povrchu půdy a hlubších vrstev) (Šantrůčková a kol., 2018). Chvostokoci mají v půdě hned několik funkcí – ovlivňují půdní strukturu, regulují rostlinné patogeny tím, že požírají patogenní houby, jsou dobrými bioindikátory.

**Hmyzenky (Protura) a vidličnatky (Diplura)** se v půdě vyskytují mnohem méně než předchozí skupiny. Obvyklý počet je 10-100 jedinců/m<sup>2</sup>. Nalezneme je většinou v nenarušených půdách, ale jejich extrakce vyžaduje značnou opatrnost, jsou totiž velmi citlivé na vysychání. Jejich funkce v půdě je podobná jako u chvostokoků, jsou dobrými indikátory kvality půdního prostředí. Hmyzenky nemají tykadla, tudíž jejich funkci převzal první pár nohou, kde se nacházejí brvy a čidla (Miko a kol., 2019). Vyskytují se v hlubších vlhkých humusových vrstvách půdy, v listovém opadu, v mechu (Šantrůčková a kol., 2018).

### ➤ **Ostatní půdní mezofauna**

Další obyvatelé, které můžeme v půdě objevit, jsou **drobnušky** (Paupoda), **stonožky** (Symphyla) a některé zástupce brouků, zejména z čeledi **drabčikovitých** (Staphylinidae) (Miko a kol., 2019).

### **1.6.3 Půdní makrofauna**

Druhy z půdní makrofauny dosahují větších rozměrů, můžeme je tudíž sbírat i ručně. Šířka jejich těla je větší než 2 mm, délka často přesahuje 2 cm. Většina druhů žije na povrchu půdy, pod kameny, mrtvým dřevem, ve vrstvě opadu a hrabanky. Obvykle se jedná o dravce, umí se proto rychle pohybovat na delší vzdálenost. Co se týče přesného složení zástupců makrofauny, je celkem podobná složení mesofauny. Kroužkovci jsou zastoupeni žížalami, k členovcům patří měkkýši. U makrofauny je typické, že u některých druhů jsou obyvateli půdy pouze některá vývojová stádia, např. u dvoukřídlých dospělci létají a žijí po celý život mimo půdu (Miko a kol., 2019). Ze zástupců půdní makrofauny jsou nejdůležitější žížaly, mravenci, mnohonožky, stonožky a suchozemští stejnonožci (Šimek a kol., 2015).

### ➤ **Žížaly (Oligochaeta, Lumbricidae)**

Počet žížal v půdě je 80-800 jedinců/m<sup>2</sup>. Nalezneme je hlavně v polních a lučních půdách a v otevřených ekosystémech. V lese se vyskytují méně, kvůli nižšímu pH. Žížaly jsou považovány za nejdůležitější půdní živočichy, zejména díky tomu, že požírají mrtvou organickou hmotu a rostlinný materiál. Jejich trus v podobě hrudek se výrazně podílí na tvorbě půdní struktury, spolu se slizem, který je produkován celým povrchem těla. Žížaly jsou rovněž považovány za důležité živočichy, jelikož v půdě vytvářejí svým rytím póry, které jsou vyplněny vodou a vzduchem. Zmíněným rytím také promíchávají půdu, poněvadž zatahují opad a mrtvou organickou hmotu do hlubších vrstev půdního profilu. Půdy, kde se vyskytuje velké množství žížal, se vyznačují tmavou barvou humusu („sladký“ humus typu mul) a vysokým obsahem dusíku (Miko a kol., 2019). V opadové vrstvě či pod kůrou padlých stromů se nacházejí žížaly epigeické. Endogeické žížaly obydíjí svrchní organominerální vrstvy půdy. Anektické žížaly prolézají půdu spíše vertikálně v celém jejím profilu, někdy se dostávají velmi hluboko. Rychlost průchodu potravy střevem se liší v závislosti na typu potravy. Podrobněji o ekologických strategiích žížal je psáno v tabulce č. 5. Žížaly jsou kořistí pro další zástupce půdních predátorů, mnoha obratlovců, od obojživelníků, plazů a ptáku až po savce. Živí se jimi však i spousta bezobratlých, např. mravenci, krtonožky, střevlíci, drabčáci, a mnoho dalších (Šimek a kol., 2019).

Tabulka č. 5 – Ekologické strategie (adaptace) žížal a jejich charakteristiky (Miko a kol., 2019)

	Epigeická ekologická strategie	Anektická ekologická strategie	Endogeická ekologická strategie
Preferovaný biotop	opad, hrabanka, humusová vrstva	celý profil (do hloubky 6 m)	minerální půda
Velikost	malé (10-30 mm)	často velmi velké (až 200-450 mm)	malé až velké (150 mm)
Barva	jednobarevné (hnědočervené)	tmavé, předečernavě červený	bez pigmentu
Únik před světlem	slabý, pomalý	mírný	silný, rychlý
Potrava	na povrchu, drobné částice organické hmoty	na povrchu, velké kusy rostlinných pletiv	v půdě, minerální a drobné částice organické hmoty
Průchod střevem	pomalý	variabilní	rychlý

#### ➤ Půdní plži (Mollusca, Gastropoda)

Počet plžů v půdě je zhruba 50-1000 ks/m<sup>2</sup>. Většina druhů je závislá na zdroji karbonátu v půdě, který potřebují k tvorbě ulit. Svým trusem obohacují půdu, jsou tudíž důležití z hlediska půdní struktury. Sliz, který je plži vylučován, má v půdě stejnou úlohu a zároveň slouží jako potrava pro půdní mikroflóru (Miko a kol., 2019).

#### ➤ Stínky (Oniscidea)

Stínky se řadí k půdním korýšům (Crustacea) k řádu stejnonožců (Isopoda). V půdě najdeme 50-200 jedinců/m<sup>2</sup>, nepatří tudíž k početným půdním zástupcům (Miko a kol., 2019). Jedná se o saprofágní, detritivorní živočichy, živí se odumřelou organickou hmotou zejména rostlinného původu. Některé druhy požírají uhynulé živočichy a jejich exkrementy, mohou však požírat i vlastní exkrementy. Jejich význam v půdě spočívá v tvorbě půdní struktury, když jsou na daném stanovišti ve velkém množství, podílejí se na tvorbě typického moderu. Napomáhají primárnímu rozkladu organické hmoty, začínají s její mineralizací a transportují ji do hlubších vrstev půdy (Šimek a kol., 2019).

#### ➤ Mnohonožky (Diplopoda)

Mnohonožky patří spolu s dalšími třemi skupinami (drobnuškami, stonoženkami a stonožkami) do podkmenu stonožkovců (Myriapoda). Všechny tyto skupiny mají tyto společné znaky: členění těla na hlavu s jedním párem tykadel, protáhlý trup, který nese vyšší počet párů kráčivých nohou, mají vyvinutá kusadla a dýchají zejména pomocí vzdušnic (Šimek a kol., 2019). Tykadla používají mnohonožky neustále při pohybu, jelikož jimi zkoumají substrát před sebou. Hlavní prostředí, ve kterém mnohonožky žijí, je půda. Znakem adaptace na toto prostředí je protáhlé ohebné tělo, které je tvořené větším počtem článků s mnoha nohama, jež se zachycují v půdních štěrbinách. Jelikož proráží půdu hlavou, mají pevné hladké čelo a rovněž hladký povrch těla, na kterém se nezachycují částičky půdy. Jejich aktivita je převážně na povrchu půdy, jedná se tedy o epigeické živočichy. Pouze

některé druhy se vyskytují vyloženě v půdě, např. drobnulka zemní (*Geoglomeris subterranea*) či oblanka půdní (*Enantiulus nanus*). V příznivých podmínkách, což je u nás zhruba od 7 do 20 °C a při vlhkosti půdy kolem 30 %, můžeme mnohonožky najít v nejsvrchnější, dobře provzdušněné a provlhčené vrstvě opadu listnatých stromů, pod ležícími kusy dřeva a kůry, pod kůrou ležících stromů, ve složeném trouchnivějícím dřevě a v sutích, kde je zároveň i spadané listí a pod kameny. Z hlediska příjmu potravy jsou mnohonožky řazeny mezi saprofágy, živí se listy lípy, lísky, habru, jilmu nebo javoru mléče, které obsahují vápenaté soli důležité pro stavbu těla mnohonožek, zejména pevných tělesných schránek. Spolu s rozkládajícím se opadem, mohou zkonsumovat i bakteriální a houbovou mikroflóru, prvoky, hlenky nebo kvasinky. Mezi predátory loví mnohonožky se řadí pavouci, stonožky, střevlíci nebo některé vosy. Z obratlovců pak žáby, ještěrky a někteří ptáci (Kocourek, Tajovský, Dolejš, 2016).

### ➤ Pavoukovci (Arachnida)

Většina zástupců z třídy pavoukoců je přiřazena k půdní makrofauně, ale existují i menší druhy, které by se hodily spíše do mezofauny. V našich půdách nalezneme zejména tyto tři řády: štírky (Pseudoscorpionida), pavouky (Araneida) a sekáče (Opilionida).

**Pavouci (Araneida)** jsou predátoři, kteří loví zejména půdní členovce (hmyz, stínky, mnohonožky, chvostoskoky, atd.), proto jsou důležití k regulaci početnosti svých kořistí. Mají typické znaky predátorů – dlouhé běhavé nohy, dobře vyvinuté oči, specializované chelicery s jedovou žlázou. Snovací bradavky, díky kterým tvoří pavučiny, slouží k lovu, ale i k vlastní ochraně, a především k tvorbě „vlečného lana“ (Miko a kol., 2019).

**Sekáči (Opilionida)** mají zřetelně článkované tělo, bez snovacích žláz a s obvykle dlouhýma nohama. Plošící (Trogulidae) jsou přizpůsobeni k pohybu v opadu a svrchních vrstvách humusu plochým protáhlým tělem a zkrácenýma nohama. Na rozdíl od pavouků netráví svou potravu mimotělně, ale ukusují ji a polykají malé části. I když je většina druhů dravá, někteří jsou rovněž mrchožraví a řada všežravá. Obvykle loví ze zálohy, někteří dokonce pronásledováním (Šimek a kol., 2019).

**Štírky (Pseudoscorpionida)** jsou predátoři menších živočichů, žijících v půdě (např. chvostoskoků, roztočů, hlístic). Jejich pedipalpy s klepítky a jedovou žlázou jsou mohutně vyvinuté. Existují i synantropní druhy, které můžeme nalézt v knihovnách či skladištích (Miko a kol., 2019). Mají schopnost přesouvat se na větší vzdálenosti – přichytí se klišťky pedipalp na tělo létajícího hmyzu (Šimek a kol., 2019).

### ➤ Půdní hmyz (Insecta)

Jedná se o velmi početnou skupinu organismů, jejichž studiem se zabývá entomologie.

**Brouci (Coleoptera)** se nacházejí buď v opadu a v hrabance (střevlíkovití, drabčící) nebo „obydlují“ i hlubší půdní vrstvy. Brouci mají různé ekologické strategie, v půdě se vyskytují predátoři např. střevlíci (Carabidae) a drabčící (Cicindelinae), kteří loví ostatní půdní živočichy (plže, žížaly, roztoče), ti mají i řadu typických adaptací – obrovská a často ozubená kusadla a čelisti, dobře vyvinuté oči, dlouhé běhavé nohy. Nekrofágové (např. hrobaříkovití,



Nicrophoridae) jsou vybaveni podobně, navíc mají vyvinutou péči o potomstvo, která je spojená s velmi komplexním chováním – zahrabáváním nalezených mrtvých těl větších živočichů do půdy. Koprofágové (nadčeled' listorohých brouků, (Lamellicornia)) využívají exkrementy obratlovců jako zdroj energie. Dospělci vyhrabávají do půdy systém chodeb, do kterých zahrabávají exkrementy jako zdroj potravy pro své larvy. Tím přispívají k rychlejšímu rozkladu organické hmoty exkrementů a jejímu promíchání s půdou. Jelikož hrabají v půdě, mají k tomu vyvinutý i přední pár nohou, který je proměněn v tzv. hrabavé nohy. Někteří brouci jsou fytofágové a živí se jemnějšími kořeny bylin a dřevin (např. listorozí brouci a nosatcovití, (Curculionidae)). Brouci s půdními larvami nezůstávají v půdě po celý život, dospělci většinou vylézají a žijí v nadzemních částech ekosystému (Miko a kol., 2019).

**Mravenci (Formicidae)** se řadí k společenskému hmyzu, který žije v koloniích. Vyskytují se v suchozemských ekosystémech, kde staví svá mraveniště z různých materiálů. Mravenci jsou považováni za významné predátory, mrchožrouty, konzumenty semen a býložravce. Hnízda si staví v korunách stromů, ve dřevě, na povrchu půdy, ale i pod zemí, kde promíchávají půdu a obohacují ji o živiny. Mravenci si vytvořili řadu adaptací, jak čelit suchým nebo chladným podmínkám. Například mravenec *Formica polyctena*, žijící u nás, upadá přes zimu do klidového stavu. Jejich mraveniště bývají na místech, kde je směs půdy a opadu, který se rozkládá a generuje tak potřebné teplo. Na jaře se pak mravenci vyhřívají na povrchu mraveniště a teplo, které přináší do nitra hnízda, se pomalu rozkládá a tím dochází k rychlejšímu „probuzení“ celé kolonie (Šimek a kol., 2019).

## 1.7 Metody studia půdní fauny

Tato kapitola je věnována metodám odlovení půdní zvířeny.

**Individuální sběr** je nejsnadnější metodou sběru, jelikož si člověk sám na dané lokalitě nasbírá množství živočichů, jaké potřebuje. K individuálnímu sběru se hodí tyto pomůcky:

- Měkká entomologická **pinzeta** (Říhová, 2013).
- **Exhaustor**, což je nádoba s dvěma otvory uzavřenými zátkami. Z jednoho vede hadička, kterou si člověk vloží do úst, a druhým otvorem vychází skleněná trubička. Hadičkou v ústech nasajeme vzduch, který skleněnou trubičkou „vsaje“ živočichy doprostřed exhaustoru. Je praktické vložit do hadičky jemné sítko, aby lovec nenasál živočichy až do úst (Tuf, 2013).
- **Štětce** se používá při lovení drobnějších členovců (štírci, stonožky, roztoči). Namočí-li se štětec do lihu či vody, přichytí se na něj živočichové díky adhezi na povrchu kapaliny a pak se dají snadno umístit do sběrné nádoby. Teoreticky se takto dá použít i nasliněný prst (Tuf, 2013).  
Při individuálním sběru půdních bezobratlých je vhodné dávat pozor na místa, kde živočichové žijí. Je účinné odklápět kameny a kusy dřeva, zkoumat opad, rozebírat trouchnivějící pařezy a klády. Začínající půdní biologové mohou mít problém živočichy najít a posléze pak chytit (Tuf, 2013).

**Zemní pasti** jsou rozšířenou metodou, kdy jsou loveni zejména členovci a plži. Princip je takový, že zakopeme do země nádobu s dostatečně velkým otvorem. Tyto nádoby se dají

zakopat prázdné nebo s návnadou (syrové maso, sýr, pivo). Okraj pasti musí být zároveň s terénem, aby do ní mohli živočichové napadat (Říhová, 2013). Je dobré umístit nad past stříšku z různého materiálu, aby do ní nenapadalo listí nebo nenapršelo. Pozitivní je, že tato metoda funguje i bez přítomnosti lovce, tudíž není časově náročná (Tuf, 2013). Pomůcky k vytvoření padací zemní pasti (Říhová, 2013):

- lopatka na zakopání sběrné nádoby
- sběrná nádoba (kelímek, sklenice)
- návnada
- stříška (dřevěná krabice, kameny, kůra)

**Prosívání** je metoda, při které se používá tzv. prosívadlo, což je pomůcka, sloužící k odběru hrabankových vzorků. Skládá se z obruče a síta stejné velikosti s držadly, která jsou umístěná nad sebou a spojená zavázatelným látkovým rukávem. Na síto se nasype část hrabankového vzorku a tím, že se prosívadlem zatřese, napadají jemnější části hrabanky do spodní části. V horní části se zachytí velké schránky měkkýšů a velké kusy hrabanky. Ostatní půdní fauna propadá do spodní části prosívadla, odkud ji lze následně ručně vybrat nebo prosety vzorek umístit do Tullgren-Berleseho ekstraktoru (Říhová, 2013).

**Tullgren-Berleseho extraktor** je jednoduchý přístroj, díky kterému je snadné ulovit velmi malé organismy. Při této metodě se využívá foto- a termofobnosti půdních živočichů, kteří se vzdalují od světla a tepla do hlubších vrstev půdy. Tullgren-Berleseho extraktor je tvořen lampou umístěnou nad sítem a nálevkou, pod kterou je nádoba s fixází anebo miska vylitá navlhčenou sádrou. Do sítko nad nálevku se vloží hrabankový vzorek, který díky lampě vysychá, a živočichové tak „utíkají“ do spodní části přístroje, kde spadnou do nálevky a posléze do sběrné nádoby.

**Baermannova nálevka** je metoda, kterou se dají získat hliště, želvušky, vířníci. Jedná se o nálevku, kde je na jejím konci připevněná gumová hadička se svorkou nebo záchytnou nádobkou. Do nálevky se nalije voda, do které se položí sítko s jednou vrstvou papírového ubrousku. Do sítko se vloží půda nebo například mechový vzorek a celé se to ještě dolije vodou po okraj. Takto připravený vzorek se nechá v klidu jeden až tři dny, podle okolní teploty (při pokojové teplotě do osmi hodin; při teplotách nižších okolo 6-8 °C lze ponechat až tři dny). Mikroskopické organismy samovolně propadají vodním sloupcem do spodní části nálevky nad výpusť svorky či na dno záchytné nádobky. Po uplynutí požadovaných dnů se výpusť opatrně otevře a první kapky lze zachytit například na podložní sklíčko a vložit pod mikroskop (Říhová, 2013). Baermannova nálevka se dá vytvořit rovněž z domácích potřeb, jak je vidět v kapitole 3, kde je popsána laboratorní práce s žáky devátých ročníku ZŠ.

**Flotační metoda** spočívá v rozplavování vzorku půdy v kapalině. Jednotlivé frakce se během flotace oddělí na základě jejich hustoty. Tato metoda spočívá v pomalém protékání vodou přes sítko. V nádobě, kterou voda protéká, je půdní vzorek, který je zároveň rozměňován a živočichové jsou tak unášeni vodou, zatímco další materiál klesá ke dnu (Tuf, 2013).

## 1.8 Půda v RVP ZV a v ŠVP ZŠ Bystřice

*Rámcové vzdělávací programy (RVP) tvoří závazný rámec pro tvorbu školních vzdělávacích programů škol všech oborů vzdělání v předškolním, základním, základním uměleckém, jazykovém a středním vzdělávání. Do vzdělávání v České republice byly zavedeny zákonem č. 561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školní zákon) (RVP 2020).*

Téma půda je začleněno do vzdělávací oblasti Člověk a příroda, která obsahuje celkem čtyři vzdělávací obory (fyzika, chemie, přírodopis, zeměpis). Tato práce je zaměřena zejména na vzdělávací obor přírodopis, v jehož rámci je učivo o půdách a jejich vlastnostech probíráno, zaměřuje se rovněž i na význam půd pro výživu rostlin, její složení, hospodářský význam pro společnost, nebezpečí a příklady devastace půdy, možnosti a příklady rekultivace. Mezi očekávané výstupy se řadí například: žák porovná význam půdotvorných činitelů pro vznik půdy, rozlišuje hlavní půdní typy a půdní druhy v naší přírodě.

**Školní vzdělávací program** si každá škola vytváří sama podle rámcového vzdělávacího programu. Podle školních vzdělávacích programů se pak uskutečňuje výuka vzdělávání na daných školách. Téma půda se vyučuje ve vzdělávacím oboru přírodopis na ZŠ Bystřice v rámci pedologie v devátých ročnících. Mezi očekávané výstupy se řadí: žák porovná význam půdních činitelů pro vznik půdy, žák rozlišuje hlavní půdní druhy a typy (ŠVP ZŠ Bystřice, 2020).

## 2. Analýza učebnic

Analýzou učebnic jsem se snažila zjistit, jak moc se pedologií zabývají žáci v rámci svého studia na základní škole či nižším gymnáziu. Všechny informace o půdě se vyskytují v učebnicích určené pro studenty devátého ročníku ZŠ či kvarty na nižším gymnáziu. V rámci analýzy jsem se zaměřila na množství textu, odbornost, grafickou úpravu, obrázky a tabulky, shrnutí na konci kapitol, otázky a úkoly. Zaměřila jsem se jen na učebnice, které se využívají k vyučování přírodopis a jsou tedy schválené MŠMT.

V práci jsou uvedeny tyto učebnice:

- Švecová M., Matějka D., Přírodopis 9 – učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia 2007, Fraus, Plzeň
- Cílek V., Matějka D., Mikuláš R., Ziegler V., Přírodopis IV, 2000, Scientia, s.r.o., pedagogické nakladatelství
- Faměra M., Kuras T., Dančák M., Přírodopis 9 – Geologie-Ekologie, Prodos, 2017
- Černík V. a kol., Přírodopis 9, Geologie-ekologie, SPN – pedagogické nakladatelství, akciová společnost, 2010
- Kvasničková D. a kol., Poznáváme život – přírodopis pro 9. ročník ZŠ, nakladatelství učebnic Fortuna, 1996

### **Švecová M., Matějka D., Přírodopis 9 – učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia 2007, Fraus, Plzeň**

Učebnice je určena k výuce přírodopisu pro devátý ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií. Téma půda je podkapitola, která se v této publikaci vyučuje v rámci kapitoly vnější geologické děje. Zahrnuje tři stránky učiva a obsahuje učivo zhruba na jednu vyučovací hodinu.

V této učebnici najdeme informace, jak vznikají půdy, co patří k půdotvorným činitelům, co je to půdní profil, jaké jsou vlastnosti půd, jaké jsou půdní typy (zde uvádějí černozemě, hnědozemě a podzoly) a půdní druhy, a jak půdu chránit.

Na konci podkapitoly je zahrnuto shrnutí, které by si měli žáci dle autorů zapamatovat. Shrnutí je napsáno v zeleném rámečku, tudíž by ho žáci neměli přehlédnout. Pod tímto rámečkem jsou vypsány otázky a úkoly, díky kterým si žák podkapitolu zopakuje a upevní si vědomosti.

Na levé i pravé straně každé stránky je zelený sloupec, kde si žáci mohou přečíst zajímavosti k tématu, nebo se zde vyskytují doplňující otázky, ke kterým musí žáci vyhledat odpovědi v doplňující literatuře. Což mi připadá velmi hodnotné, protože autoři učebnice, tak pobízí žáky k vyhledávání informací i v dalších publikacích, které se tímto tématem zabývají. Autoři bohužel nevybízí přímo určité knihy, kam by se žák mohl podívat.

Množství textu je přijatelné a odbornost vhodná pro žáky devátého ročníku. Možná bych jen doplnila, alespoň některé živočichy, kteří v půdě žijí. Je zde zmínka pouze o žížale, a to v levém zeleném sloupci, kde se vyskytují doplňující otázky a informace.

Důležité pojmy jsou tučně zvýrazněny. Pod každým odstavcem je kurzívou napsaná otázka, která propojuje učivo s běžným životem – např.: Určete půdní druh, který se vyskytuje v okolí vašeho bydliště, školy nebo na školní či soukromé zahradě. K určení využijte vlastností uvedených v tabulce.

Obrázky k tématu půda mi v této učebnici připadají vhodně zvolené. Nachází se u každého odstavce.

K této učebnici je vytvořený i pracovní sešit, ve kterém je jedna strana věnována půdě.

**Cílek V., Matějka D., Mikuláš R., Ziegler V., Přírodopis IV, 2000, Scientia, s.r.o., pedagogické nakladatelství**

Opět je učebnice určena pro žáky devátých tříd základních škol a nižších ročníků víceletých gymnázií.

Podkapitola s názvem Půda jako zrcadlo je včleněna do kapitoly Člověk mění a chrání svět. Text je rozčleněn do dvou sloupců na každé straně, důležité pojmy jsou zvýrazněny tučně.

Autoři učebnice se zaměřili na pět půdotvorných činitelů (matečná hornina, utváření terénu, klima, život a čas), typy půd (zde černozemě, hnědé půdy, podzoly, ostatní půdy) a ochranu půdy. Vše je zde celkem přehledně zaznamenáno.

Jako v jediné učebnici zde žáci naleznou mapu s půdními typy v České republice, což mě osobně zaujalo, protože mapka je velmi zdařilá. Ale celkově je obrázků k půdě v této učebnici celkem málo – najdeme zde už jen půdní horizont.

V levé části dvoustrany o půdě je žlutý rámeček, v němž jsou obsaženy zajímavosti vztahující se k probírané látce. Naopak na druhé straně na konci podkapitoly je umístěný zelený rámeček *pozoruj a ověř si*, kde jsou zajímavé úkoly či otázky.

Chybí mi zde půdní druhy, což by dle mého názoru měla být nepostradatelná část výuky o půdě. Rovněž bych na konec podkapitoly uvedla krátké shrnutí s nejdůležitějšími body, které zde také není.

**Faměra M., Kuras T., Dančák M., Přírodopis 9 – Geologie-Ekologie, Prodos, 2017**

Učebnice Přírodopis 9 – Geologie-Ekologie vydalo nakladatelství Prodos je pro žáky devátých tříd a studenty nižšího gymnázia.

Po otevření učebnice na straně, kde se autoři věnují půdě, nás čeká celkem 5 stránek o tomto tématu. Podkapitola půda zde spadá do třetí kapitoly o geologických dějích.

Text je prokládán velkým množstvím obrázků, což je dle mého názoru jediné dobře, alespoň si žáci mohou vše pořádně prohlédnout.

Hlavní text je zařazen na levou dvoustranu, důležité pojmy, které by si měli žáci zapamatovat jsou zvýrazněny tučně. V pravé části levé strany je sloupec, v němž jsou v zeleném rámečku **poznámky** a pod ním je rámeček oranžový s nadpisem **...a teď ty!**, kde jsou otázky k danému tématu. Na pravé straně každé dvojstrany jsou umístěny obrázky. Vyzdvihla bych obrázky s půdními druhy, na kterých je vidět rozdíl mezi jílovitou, hlinitou a písčitou půdou.

Tento studijní materiál se v rámci tématu půda zaměřuje na půdotvorné činitele, mezi které autoři zařazují matečnou horninu, podnebí, živé organismy, podzemní vodu, reliéf území, čas a člověka. Je zde také zmínka o žížalách, které jsou velmi důležité pro kvalitu půdy, jelikož ji provzdušňují a pomáhají vytvářet humus. Mezi půdními typy jsou zde zařazeny: černozem, hnědozem, kambizem a podzol.

Na konci podkapitoly se nachází shrnutí celé třetí kapitoly, ve kterém je také odstavec věnující se půdě.

Celkovou strukturu učebnice hodnotím velmi dobře. Grafická stránka je bezchybná a obsahová stránka dostačující. Tato učebnice mi připadá velmi kvalitní.

### **Černík V. a kol., Přírodopis 9, Geologie-ekologie, SPN – pedagogické nakladatelství, akciová společnost, 2010**

Půda je v této učebnici strukturovaná jako samostatná kapitola, která je následně členěná do menších podkapitol – vznik půdy, půdotvorní činitelé a jejich působení, složení a vlastnosti půd, třídění půd. Toto uspořádání je velmi přehledné.

Mezi půdotvorné činitele autoři zařadili: podnebí, povahu terénu, podzemní vodu, čas, organismy a člověka. Každý tento činitel je v učebnici rozebrán podrobně. Zaujalo mě, že jako v jediné knize jsem se zde setkala se složením půdy, tedy s její plynnou, kapalnou a pevnou složkou. V publikaci se žáci seznámí s těmito půdními typy: černozemě, hnědé půdy, rendziny a podzolové půdy.

Na konci kapitoly věnující se půdě, je v červeném rámečku shrnutí, kde jsou nejzákladnější informace, které by si žáci měli o tématu zapamatovat. Pod rámečkem jsou ověřující otázky.

Pro rychlejší orientaci v textu jsou důležité pojmy tučně zvýrazněny. Název podkapitoly je napsán větším písmem než ostatní text. Co se týče odborné stránky, text mi připadá jednoduše napsaný tak, aby ho žáci pochopili.

Na každé straně je vlevo (v případě, že se jedná o levou stranu z dvojstrany) či vpravo sloupec, kde jsou zajímavé otázky nebo informace, rovněž se zde nachází námět na pokus. Pokus tkví v tom, že mají žáci provést důkaz vzduchu, vody a humusu v půdě. Další úkol nabádá žáky, aby zjistili kyselost půda na zahradě či na školním pozemku.

Obrázků k tématu půda se v publikaci moc nevyskytuje, což hodnotím negativně, protože s obrázky si žáci mnohem lépe zapamatují danou látku. Kladně hodnotím celkovou strukturu textu – text je velmi přehledný a žáci v něm snadno vyhledají informace.

**Kvasničková D. a kol., Poznáváme život – přírodopis pro 9. ročník ZŠ, nakladatelství učebnic Fortuna, 1996**

V tomto případě se jedná o starší učebnici, v jejímž obsahu nalezneme kapitolu Pedosféra. Text zde není téměř strukturovaný, tudíž se v něm obtížněji hledají konkrétní informace. Důležité pojmy jsou zvýrazněny tučně a text je jinak velmi dobře napsán tak, aby žáci dané téma pochopili. I když by bylo možná vhodnější použít větší písmo, protože takto se zdá text náročnější na čtení.

Kladně bych vyzdvihla množství obrázků. Ty jsou ale bohužel zastaralejší a stroze popsané. Myslím, že by učebnici velmi prospělo, kdyby byly obrázky aktualizovány.

Co se týče obsahu, autoři seznámí s žáky s těmito pojmy – mezi půdotvorné činitele zařadili: matečnou horninu, podnebí, organismy, tvar zemského povrchu, čas a lidskou činnost. Z půdních typů jsou zde popsány jen černozemě a hnědozemě, a to opravdu stručně. Učebnice je pojatá, jak už sám název napovídá, ekologicky.

Pod každým odstavcem jsou napsány otázky nebo náměty k zamyšlení. Chybí mi zde celkové shrnutí kapitoly.

Velmi kladně hodnotím námět na laboratorní práci – pozorování a rozbor půdního profilu. V učebnici jsou vypsány pomůcky i postup, jak laboratorní práci efektivně splnit.

### 3. Vlastní výukový materiál

Během plnění povinného předmětu Souvislá praxe z biologie na ZŠ s reflexí (OPNB2B107A) v rámci svého vzdělávání jsem téma půda vyučovala v devátých ročnících na Základní škole Bystřice. I když se toto téma vyučuje přibližně jednu vyučovací hodinu, já jsem měla tu možnost vyučovat v každé třídě tři hodiny, které jsem si rozložila následovně: první hodinu jsem žáky seznámila s tématem (probrali jsme celé téma půda), v další hodině jsme začala s laboratorní prací na téma lovení želvušek a na poslední hodině jsem s žáky dokončila laboratorní práci a dala jim kontrolní test.

Na první hodinu jsem připravila powerpointovou prezentaci, kterou jsem žákům promítla na tabuli. Snažila jsem se do prezentace zahrnout vše co měli žáci v učebnici (ve výuce používají učebnici Švecová M., Matějka D., Přírodopis 9 – učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia 2007, Fraus, Plzeň), ale samozřejmě i některé nové poznatky, které by z učebnice nezískali. Vytvořená prezentace je součástí této teze. Protože ve všech analyzovaných učebnicích téměř nejsou uváděni půdní živočichové, rozhodla jsem se toto téma ve své výuce podpořit. Do výuky jsem nalovila živé svinky, aby si je žáci mohli prohlédnout, a v rámci laboratorní práce jsme se snažili ulovit želvušky z mechu.

Na začátku první hodiny jsem žákům rozdala pre-test, který jsem později porovnála s post-testem, který žáci vyplňovali poslední vyučovací hodinu (viz níže).

<b>Struktura 1. vyučovací hodiny</b>
<b>Ročník:</b> 9.
<b>Téma:</b> Půda
<b>Časová dotace:</b> 45 minut
<b>Forma výuky:</b> frontální výuka v systému vyučovacích hodin
<b>Metody výuky:</b> slovní – dialogická – rozhovor slovní – monologická – výklad, vysvětlování názorně demonstrační – pozorování předmětů
<b>Pomůcky:</b> prezentace v power pointu, živé svinky, pracovní list, učebnice
<b>Zařazení do výuky dle RVP:</b> <i>Vzdělávací oblast:</i> Člověk a příroda <i>Vzdělávací obor:</i> Přírodopis <i>Tématický celek:</i> Neživá příroda <i>Průřezové téma:</i> Environmentální výchova – ochrana životního prostředí <i>Mezipředmětové vztahy:</i> Zeměpis – vnitřní a vnější procesy v přírodní sféře a jejich vliv na přírodu
<b>Cíle:</b> Žák uvede typy půd. Žák popíše, jak vznikají půdy. Žák vysvětlí, jak se organismy v půdě člení. Žák nakreslí profil půdy a popíše půdní horizonty.



## Scénář výuky:

### Úvod:

Po vstupu do třídy jsem se s žáky pozdravila a oznámila jim téma hodiny. Posléze jsem jim řekla cíle, které bych byla ráda, aby si žáci z hodiny odnesli. Rozdala jsem žákům pre-testy, které vyplňovali na základě svých znalostí (tento pracovní list vyplňovali 8 minut).

### Motivace:

Začátek výuky jsem začala brainstormingem. Vyzvala jsem žáky, aby mi říkali cokoli, co je na téma půda napadne. Jejich nápady jsem psala na tabuli. Posléze jsme si pojmy probrali a řekli si, jak s půdou všechny nápady souvisí.

### Výuka:

Výuku jsem začala výkladem, tedy formou klasické frontální výuky. Během výkladu jsem používala prezentaci (příloha 1). Začala jsem tím, jak vůbec půdy začínají, tedy pedogenezi, kde hraje na začátku důležitou roli zvětrávání. Dále jsem pokračovala půdotvornými činiteli, mezi které patří: klima, reliéf, čas, matečná hornina, organismy, vliv člověka. Všechny půdotvorné činitele jsem měla v prezentaci rozebrané podrobněji. Během výuky jsem se snažila žáky zaktivizovat různými otázkami a vracet se k pre-testu (pracovnímu listu).

### Otázky:

Co je to zvětrávání? *Zvětrávání je proces, kdy se hornina drobí na menší částice vlivem větru, vody a ledu.*

Zhruba za jak dlouho se u nás v ČR vytvoří 1 cm ornice? *Zhruba za 100-150 let.*

Proč jsou v půdě důležité živé organismy? *Protože rozkládají organickou hmotu v humus.*

Jak může člověk zasahovat do půdotvorného procesu? *Např. hnojením, orbou, kácením lesů atd.*

Pokračovala jsem popisem složek půdy – pevné, kapalné a plynné.

### Otázky pro žáky:

Kde se v půdě drží voda a vzduch? *V pórech a dutinách.*

Jak se v půdě póry a dutiny objeví? *Působením edafonu, nejvýznamnější roli zde hrají žížaly.*

Půdní druhy jsem popsala bez obrázku, aby si žáci mohli sami určit, co na obrázku je písčité, jílovité a hlinité půda.

U vysvětlování půdního profilu a horizontu jsem použila mnemotechnickou pomůcku, aby si žáci představili dort, který po rozkrojení odhalí svou vnitřní náplň nebo zkrátka vrstvy krému, které se v dortu nachází. Stejně tak to je i s půdním profilem a horizontem. Půdní profil je dort, který nám po rozkrojení odhalí své vrstvy, tedy půdní horizonty. Seznámila jsem s žáky s třemi základními půdními horizonty: s horizontem A, B a C.

V horizontu A je humus s větším množstvím organické hmoty,

Horizont B se nazývá také minerální, je tvořen jemnými minerálními částicemi.

Horizont C je nezvětralá nebo jen málo zvětralá hornina.

Vyzvala jsem žáky, aby si otevřeli učebnici a nakreslili si půdní profil s horizonty do sešitu podle obrázku z učebnice.

V rámci půdních typů jsem popsala žákům tyto 3: hnědozemě, černozemě a podzoly. Opět jsem je nechala, aby se na obrázku pokusili určit, o jaký typ půdního typu se jedná.

Do prezentace jsem také zahrnula ohrožení půdy a její ochranu. S žáky jsme si povídali o erozi, kontaminaci půdy, kompakci půdy a záboru půdy.

#### **Otázky pro žáky:**

Čím může být půda kontaminována? *Nevhodným použitím hnojiv a pesticidů, kaly z čističek a odpadních vod.*

Jak může dojít k záboru půdy? *Zastavěním budovami, přelitím betonem nebo asfaltem při stavbě komunikací či parkovišť.*

Neopomněla jsem ani obyvatelé půdy, které jsem rozdělila do těchto tří skupin:

- mikroedafon – prvoci, hlístice, želvušky, vířníci
- mesoedafon – drobní půdní členovci a kroužkovci
- makroedafon – žížaly, velcí půdní členovci a měkčýši

Při popisu makroedafonu jsem žákům ukázala svinky, které jsem do výuky přinesla.

**Námět aktivity:** jako další aktivitu jsem mohla zvolit další obrázky živočichů, kteří se v půdě vyskytují a žáci mohli živočichy určovat do tří výše uvedených skupin.

#### **Závěr hodiny:**

Před koncem hodiny jsem žákům pustila video <https://www.youtube.com/watch?v=SCtn-ZimlTM>. Video má název Tajný život v půdě a je v něm krásně vidět, jak živočichové dokáží zpracovat veškerou rostlinnou a živočišnou hmotu.

V závěru hodiny jsem měla ještě v plánu s žáky opakovat pomocí dialogu, ale bohužel mi na opakovací otázky nezbyl čas. Otázky měly být pokládány zhruba takto:

Jaké znáš půdotvorné činitele, které se podílejí na vzniku půdy? *Klima, reliéf, čas, matečná hornina, organismy, vliv člověka.*

Jak se nazývá proces vzniku půdy? *Pedogeneze.*

Jaké 3 základní složky se v půdě nachází? *Půdní vzduch, voda a pevná fáze (složka).*

Co je to edafon? *Edafon jsou živé organismy, dělí se na fytoedafon a zooedafon.*

Vyjmenujte půdní druhy. Podle čeho je rozlišujeme? *Písčité, hlinité a jílovité. Rozlišujeme je podle zrnitosti půdních částic.*

Jak spolu souvisí půdní profil a půdní horizont? *Půdní profil ukazuje podobu půdního horizontu.*

Jaké znáte půdní horizonty? *Horizont A, B a C.*

Říkali jsme si rozdělení půdních obyvatel podle velikosti. Vyjmenujte skupiny, které jsme si říkali a zařaďte vždy alespoň jednoho zástupce. *Mikroedafon (želvušky), mesoedafon (drobní členovci), makroedafon (žížaly).*

#### **Domácí příprava na další hodinu:**

Jelikož jsem měla v plánu dělat další hodinu s žáky laboratorní práci na lov želvušek z mechu, tak jsem jim zadala za domácí úkol nasbírat kdekoli mech a najít si pár informací o želvuškách.

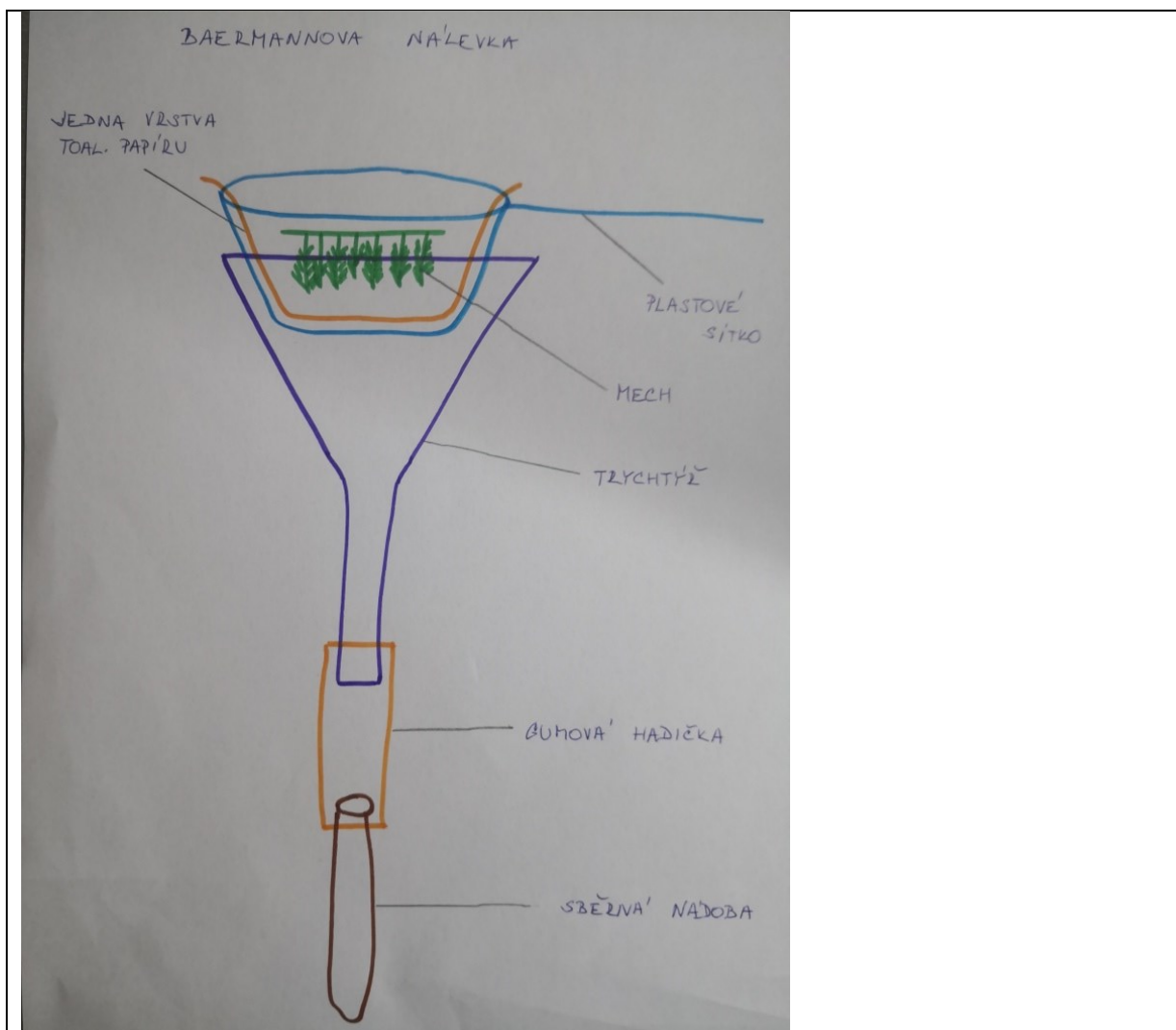
#### **Reflexe:**

Neodhadla jsem časovou dotaci a na konci hodiny jsem s žáky nestihla závěrečné opakování.

<b>Struktura 2. vyučovací hodiny</b>
<b>Ročník:</b> 9.
<b>Téma:</b> Laboratorní práce – lovení želvušek pomocí Baermannovy nálevky
<b>Časová dotace:</b> 45 minut
<b>Forma výuky:</b> laboratorní práce
<b>Metody výuky:</b> slovní – monologická – výklad, vysvětlování názorně demonstrační – pozorování předmětů
<b>Pomůcky:</b> kuchyňské sítko, trychtýř, sběrná nádoba (zkumavka), gumová hadička, toaletní papír, mikroskop, podložní a krycí sklíčko, pipeta, destilovaná voda, mech.
<b>Cíle:</b> Žák podle nákresu sestaví Baermannovu nálevku. Žák s pomocí mikroskopu sleduje a nakreslí želvušku či další organismy, které případně uloví.

### Scénář výuky 2. vyučovací hodiny:

<b>Úvod:</b> S žáky jsem se pozdravila a připomněla jim téma hodiny: Lovění želvušek pomocí Baermannovy nálevky. Po oznámení cílů jsme mohli začít s naší laboratorní prací.
<b>Motivace:</b> Do hodiny jsem přišla v laboratorním plášti. Na přední lavici byly připravené mikroskopy a pomůcky k naší laboratorní práci, což mělo žáky namotivovat k činnosti a vzbudit v nich alespoň trochu zvědavosti.
<b>Výuka:</b> Žáky jsem nechala, jak seděli v lavici, a tak laboratorní práci dělali společně v této dvojici. V jedné třídě se mi stalo, že byl jeden žák lichý, ale chtěl dělat práci sám, tak jsem mu nechala prostor. Na tabuli jsem žákům nakreslila obrázek Baermannovy nálevky, který jsem i popsala, aby věděli, co je co. Obrázek vypadal zhruba takto:



Obrázek 3, náčrt Baermannovy nálevky (autor)

Nejdříve jsem žáky nechala, aby sami podle náčrtu připravili Baermannovu nálevku. Já jsem jednotlivé skupiny obcházela a kontrolovala, zda mají nálevku sestavenou správně. Pomáhala jsem jim zejména s připevněním gumové hadičky na zkumavku, jelikož jsem sehnala hadičky, které byly dost těsné.

Společně jsme na tabuli psali postup, jak jsme zhotovili nálevku:

Postup sestavení Baermannovy nálevky:

1. Gumovou hadičkou jsme k sobě připevnili trychtýř a sběrnou nádobu.
2. Oddělili jsme jednu vrstvu toaletního papíru a vložili ho do kuchyňského sítko.
3. Zhruba do půlky trychtýře jsme nalili destilovanou vodu.
4. Kuchyňské sítko jsme vložili do trychtýře.
5. Do sítko jsme dali vhodně velký kus mechu (rostlinkami dolů).
6. Dolili jsme destilovanou vodu pod okraj trychtýře, aby byl mech celý ponořený.

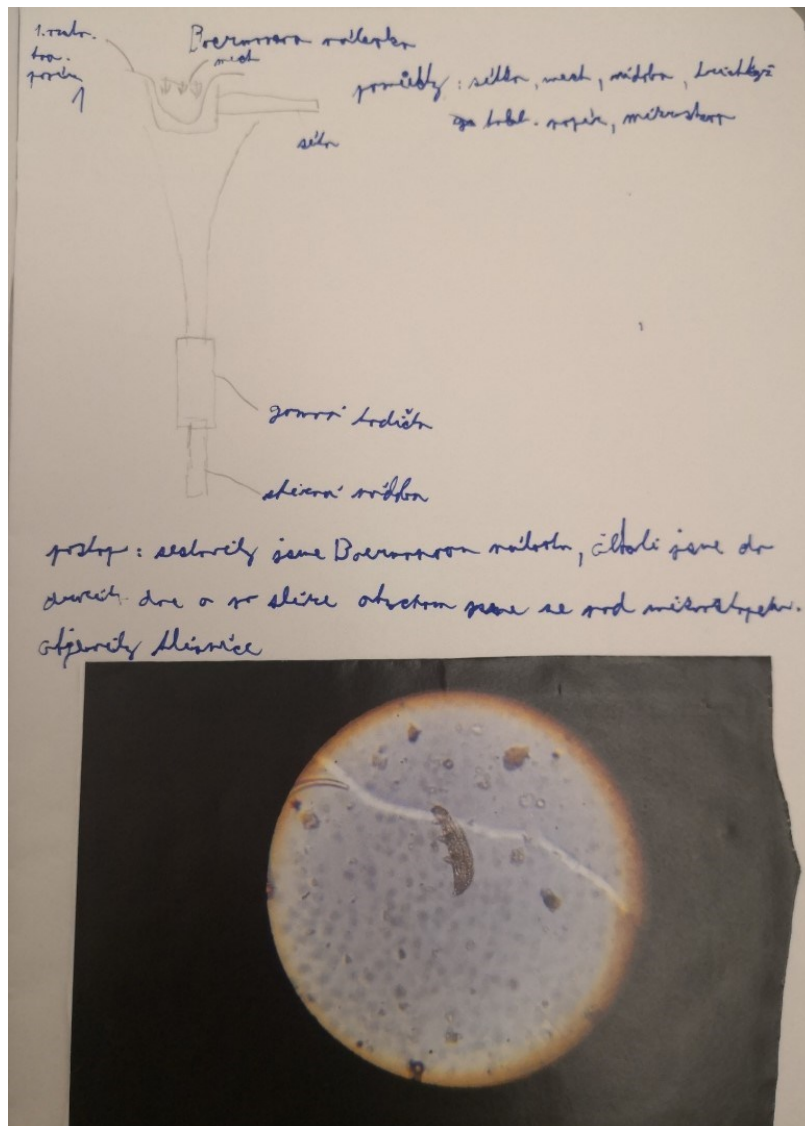
Po sestavení Baermannovy nálevky jsme čekali do druhé dne, kdy jsme oddělili sběrnou nádobu a pomocí pipety jsme ze dna zkumavky odebrali vzorek, který jsme následně zkoumali pod mikroskopem. Živočichové se díky vlastnímu pohybu a hmotnosti dostali z mechu do sběrné nádoby. Žáci našli nejen želvušku, ale také hlístice a vířníky.

Jelikož jsme museli čekat do druhého dne, než nám živočichové „propadnou“ do sběrné nádoby, měla jsem připravený svůj roztok z Baermannovy nálevky, který jsme si udělala den předem. Proto jsme v hodině zkoumali alespoň můj roztok a na roztok, který připravili žáci jsme se podívali až další den, kdy jsem s žáky měla poslední hodinu na téma půda, v které psali post-test.

### Závěr hodiny:

V závěru hodiny žáci vypracovávali protokol z laboratorní práce. Do laboratorního protokolu jsem chtěla, aby žáci napsali: téma práce, pomůcky, postup, obrázek Baermannovy nálevky, obrázek želvušky či jiného uloveného živočicha a závěr, do kterého měli žáci napsat, zda se jim podařilo ulovit nějaký organismus.

### Ukázka laboratorních protokolů, které zhotovili žáci:



Obrázek 4, ukázka laboratorního protokolu

9. Srída

1. laboratorní práce

Téma:

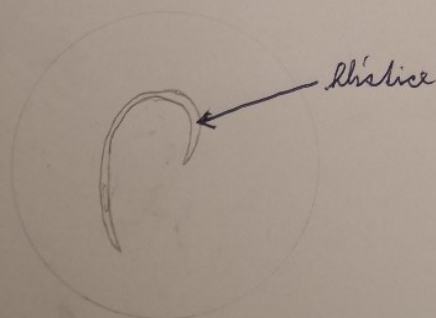
Úkoly: 1) Vylouhovat mech do sklenavky přes jemnou vrstvu káleného papíru.

2) Nakapat vylouhovanou vodu ze sklenavky na podložní skličko a pozorovat pod mikroskopem.

Pomůcky: mikroskop, sklenavka, brýčkový, kálený papír, kůrka a podložní skličko o pyřetě

Úkoly: 1) Najít živočišné ve vylouhované vodě.

Nakres:



Závěr: Pod mikroskopem jsme ve vylouhované vodě viděli hlístici

Obrázek 5, ukázka laboratorního protokolu

<b>Struktura 3. vyučovací hodiny</b>
<b>Ročník:</b> 9.
<b>Téma:</b> Laboratorní práce – lovení želvušek pomocí Baermannovy nálevky (pokračování), test znalostí o půdě
<b>Časová dotace:</b> 45 minut
<b>Forma výuky:</b> laboratorní práce

<b>Metody výuky:</b> slovní – monologická – výklad, vysvětlování názorně demonstrační – pozorování předmětů
<b>Pomůcky:</b> mikroskop, roztok s organismy, který jsme získali z předchozího dne, kdy jsme zhotovili Baermannovu nálevku
<b>Cíle:</b> Žák s pomocí mikroskopu sleduje a nakreslí želvušku či další organismy, které případně uloví.

### Scénář výuky 3. vyučovací hodiny:

<b>Úvod:</b> Privítání se s žáky a oživení paměti z předchozího dne, kdy jsme dělali laboratorní práci na téma lovení želvušek pomocí Baermannovy nálevky.
<b>Motivace:</b> Na první lavici jsem měla opět připravené pomůcky k laboratorní práci, tedy mikroskop a roztoky, které žáci zhotovili předchozí den.
<b>Výuka:</b> Žáci si rozebrali mikroskop a vzali si svůj označený roztok, který sledovali pod mikroskopem. Na podložní sklíčko pomocí pipety kápili kapku roztoku, přikryli krycím sklíčkem a vložili pod mikroskop. Posléze sledovali, zda ulovili nějaký organismus.  Po dokončení laboratorní práce jsem žákům rozdala post-test, který vyplňovali zhruba 20 minut.
<b>Závěr:</b> V závěru hodiny jsme s žáky uklidili pomůcky k laboratorní práci.

## 3.1 Testy (pre-test, post-test)

**Ukázka pre-testu:**

**Pracovní list – půda**

**Doplň:**

Půda vzniká z M..... H..... procesem zvaným Z.....

V našich podnebných podmínkách vznikne 1 cm půdy asi za dobu ..... let.

Půda se ztrácí procesem zvaným E....., to znamená, že svrchní část půdy odnáší V..... a V.....

**Zakroužkuj:**

Půda se skládá ze 2 – 3 – 4 složek.



Půdní humus jsou *živé organismy – odumřelé zbytky organismů – živé organismy i odumřelé zbytky organismů.*

Půdy se podle jednotlivých složek obsažených v ní dělí na *typy a druhy – oddíly a třídy – čeledi a řády.*

Fytoedafon je v půdě: *živočišná říše – rostlinná říše – všechny žijící organismy*

V půdě **nežijí**: *roztoči – chvostoskoci - hlavonožci*

Žížala patří mezi: *mikroedafon – mezoedafon – makroedafon*

**Přiřaď názvy k obrázkům:** želvuška, rybenka, roztoč, vidličnatka



### Vyhodnocení pre-testu

Tento pracovní list jsem rozdala v obou devátých ročnících. Každý ročník jsem vyhodnotila zvlášť. Za 1. cvičení mohli žáci získat maximálně 6 bodů, za 2. cvičení také 6 bodů a za 3. cvičení 4 body. Žáci tedy mohli dosáhnout nejvíce 16 bodů. Pracovní list jsem vyhodnocovala dle této tabulky:

Počet bodů	Známka
16-14	1
13-11	2



10-7	3
6-3	4
2-0	5

## Třída 9.A

Tabulka 6, vyhodnocení pre-testu (9.A)

Jméno žáka	Počet získaných bodů za 1. cvičení (max. 6 bodů)	Počet získaných bodů za 2. cvičení (max. 6 bodů)	Počet získaných bodů za 3. cvičení (max. 4 body)	Počet získaných bodů za pre-test (známka)
J. H.	2	1	0	3 body (známka 4)
L. B.	0	2	0	2 body (známka 5)
A. S.	0	2	0	2 body (známka 5)
J. S.	2	3	0	5 bodů (známka 4)
F. K.	1	3	0	4 body (známka 4)
D. N.	2	1	0	3 body (známka 4)
D. H.	2	2	0	4 body (známka 4)
T. J.	3	6	4	13 bodů (známka 2)
L. H.	3	5	4	12 bodů (známka 2)
O. Š.	2	4	0	6 bodů (známka 4)
K. B.	2	4	0	6 bodů (známka 4)
J. K.	0	1	2	3 body (známka 4)
A. P.	1	2	0	3 body (známka 4)
<b>průměrný počet bodů</b>	<b>1,54</b>	<b>2,7</b>	<b>0,77</b>	<b>5,07 (známka 4)</b>

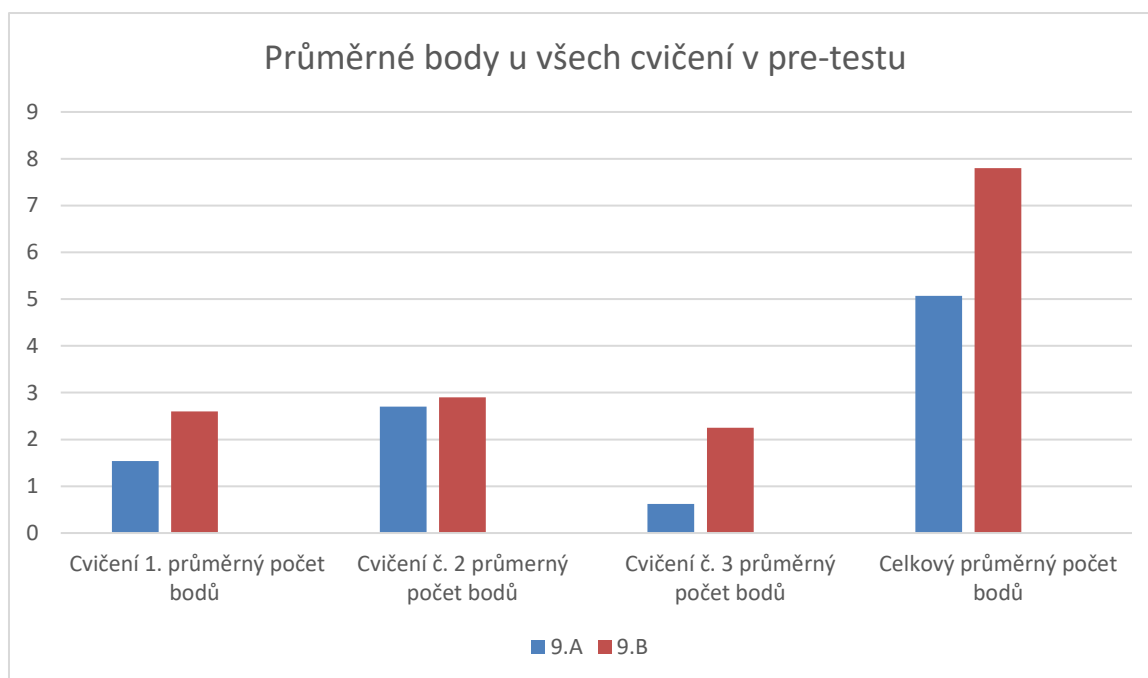
Ve třídě 9.A žáci z pre-testu získali 2 dvojky, 9 čtyřek a 2 pětky. Jedničku ani trojku nedostal nikdo. Průměrný počet bodů v této třídě se pohyboval na hodnotě 5,07. Zatímco výsledkem mediánu získaného počtu bodů jsou 4 body (medián není zanesen v tabulce).

## Třída 9.B

Tabulka 7, vyhodnocení pre-testu (9.B)

Jméno žáka	Počet bodů za 1. cvičení (max. 6 bodů)	Počet bodů za 2. cvičení (max. 6 bodů)	Počet bodů za 3. cvičení (max. 4 body)	Počet bodů za pre-test (známka)
J. B.	3	3	2	8 bodů (známka 3)
R. K.	2	3	1	6 bodů (známka 4)
S. M.	3	2	4	9 bodů (známka 3)
T. S.	4	2	2	8 bodů (známka 3)
J. D.	1	2	0	3 body (známka 4)
L. S.	4	4	4	12 bodů (známka 2)
R. S.	4	1	4	9 bodů (známka 3)
M. M.	4	4	2	10 bodů (známka 3)
G. S.	4	4	0	8 bodů (známka 3)
J. Š.	1	3	4	8 bodů (známka 3)
T. Š.	1	4	0	5 bodů (známka 4)
T. Č.	1	3	4	8 bodů (známka 3)
<b>průměrný počet bodů (známka)</b>	<b>2,6</b>	<b>2,9</b>	<b>2,25</b>	<b>7,9 bodů (známka 3)</b>

V 9.B se objevila 1 dvojka, 8 trojek a 3 čtyřky. Tentokrát nebyl nikdo hodnocen jedničkou ani pětkou. Průměrně získali žáci 7,9 bodů a medián je na hodnotě 8.



*Obrázek 6, graf s průměrnými body z pre-testu v porovnání mezi oběma třídami*

Z grafu lze vyčíst, že žáci z 9.B měli více správných odpovědí než žáci z 9.A. Ve všech cvičeních měli více průměrných bodů a samozřejmě i v porovnání celkového průměrného počtu bodů byli žáci 9.B lepší.

#### **Ukázka post-testu:**

1. Jak se nazývají obecně procesy, kterými půda vzniká? (1 bod)
2. Jaký proces hraje hlavní roli v raných fázích rozvoje půdy? (1 bod)
3. Vypiš půdotvorné činitele. (6 bodů)
4. Za jak dlouho vznikne v našich podnebných podmínkách 1 cm půdy? (1 bod)
5. Z kolika složek se půda skládá? Vypiš všechny složky. (4 body)
6. Co je to edafon a na co se dělí? (3 body)
7. Podle čeho rozlišujeme půdní druhy? (1 bod)
8. Vypiš půdní druhy. (3 body)
9. Co roste na kyselých půdách? (1 bod)
10. Co je to půdní profil? (1 bod)
11. Vypiš tři hlavní půdní horizonty. (3 body)
12. Vypiš půdní typy. (3 body)
13. Napiš, jak se nazývá ohrožení půdy, které je na obrázku. (1 bod)



14. Co je to zábor půdy? (1 bod)

15. Napiš dělení organismů v půdě dle velikosti. Ke každému napiš alespoň jednoho zástupce. (4 body)

### Vyhodnocení post-testu

Opět jsem post-test dala všem žákům v obou třídách. V rámci vyhodnocení jsem obě třídy spolu porovnávala. V tabulce jsem vypsalala jména žáků, čísla otázek a celkový počet bodů. V závorce za celkovým počtem bodů je známka, kterou žáci z testu dostali. Počet bodů, který mohli žáci získat za každou otázku jsou napsány v závorce za otázkami v ukázce post-testu. Celkový počet bodů, který mohli žáci získat byl 34. Tabulku hodnocení jsem si vytvořila takto:

Počet bodů	Známka
34-30	1
29-24	2
23-16	3
15-8	4
7-0	5

### Třída 9.A

Tabulka 8, vyhodnocení post-testu (9.A)

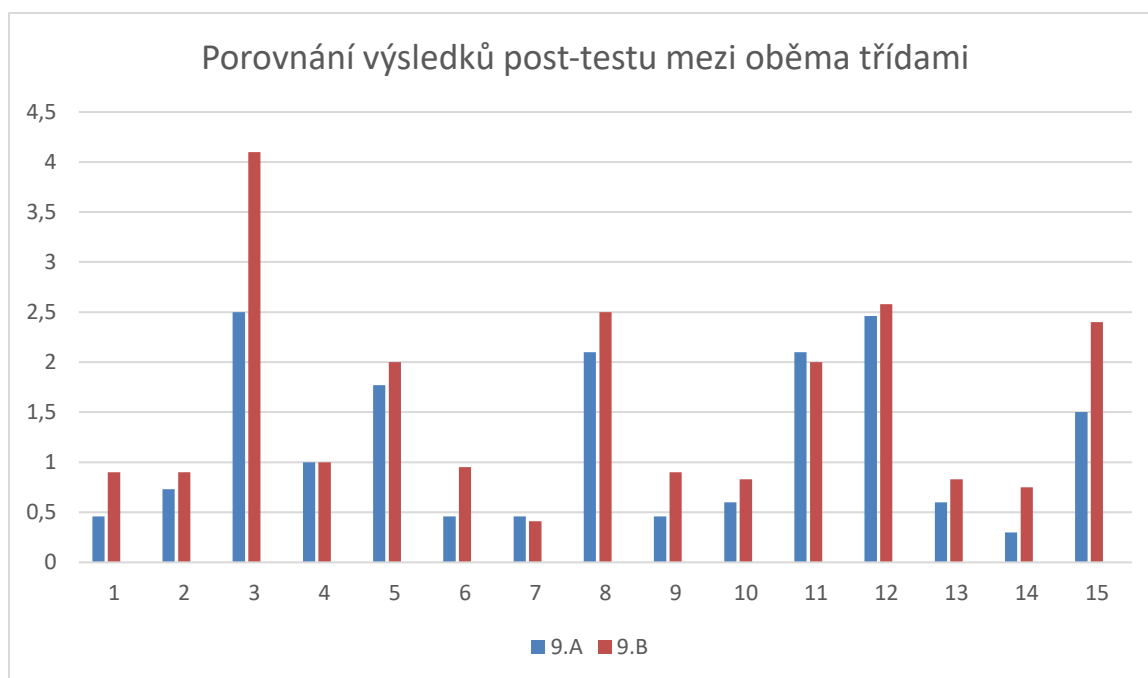
Jméno žáka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	Celkový počet bodů (známka)
J. H.	1	1	3	1	3	0	1	3	0	1	3	3	0	0	2	22 (3)
L. B.	1	1	0	1	3	0	1	0	0	1	3	3	0	0	0	14 (3)
A. S.	0	1	2	1	0,5	1	1	3	1	1	3	3	0	0,5	1	19 (3)
J. S.	0	1	1	1	0	2	0	3	0	1	0	3	1	0	1	14 (4)
F. K.	0	0	0	1	0,5	0	0	3	0	1	0	3	1	0	2	11,5 (4)
D. N.	1	1	0	1	2,5	0	0	0	0	1	3	3	0	0	0	12,5 (4)
D. H.	1	0,5	6	1	2	0	0	3	0	0	0	2	1	1	0	17,5 (3)

T. J.	1	1	6	1	3	2	1	3	1	1	3	3	1	1	4	32 (1)
L. H.	0	1	4	1	3	0	1	3	1	0	3	3	1	1	3	25 (2)
O. Š.	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2,5	6,5 (4)
K. B.	0	1	5	1	2	1	1	3	1	1	3	3	1	1	3	26 (2)
J. K.	0	0	0	1	0,5	0	0	3	1	0	3	0	1	0	1	10,5 (4)
A. P.	1	1	4	1	3	0	0	0	1	0	3	3	0	0	0	17 (3)
<b>Průměrný počet bodů</b>	<b>0,46</b>	<b>0,73</b>	<b>2,56</b>	<b>1,77</b>	<b>0,46</b>	<b>0,46</b>	<b>2,1</b>	<b>0,46</b>	<b>0,6</b>	<b>2,1</b>	<b>2,46</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>1,5</b>	<b>17,4 (3)</b>	

## Třída 9.B

Tabulka 9, vyhodnocení post-testu (9.B)

Jméno žáka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	Celkový počet bodů (známka)
J. B.	1	1	6	1	0	1,5	0	3	1	1	3	3	1	1	2	25 (2)
R. K.	1	1	4	1	3	1	0	3	1	1	3	3	0	0	4	26 (2)
S. M.	1	1	6	1	0,5	2	1	3	1	1	3	0	0	1	4	30 (1)
T. S.	1	1	6	1	3	2	0	3	1	1	3	2	1	1	4	14 (4)
J. D.	0	0	2	1	0,5	0	0	0	0	1	0	2	1	1	0	8,5 (4)
L. S.	1	1	6	1	3	0	1	3	1	1	3	3	1	1	4	30 (1)
R. S.	1	1	6	1	2	0	0	3	0	0	3	3	1	1	0	22 (3)
M. M.	1	1	4	1	3	1	1	0	1	1	3	3	1	1	2	24 (2)
G. S.	1	1	6	1	3	2	1	3	1	1	3	3	1	1	4	32 (1)
J. Š.	1	1	2	1	3	0	0	3	1	0	0	3	1	0	3	19 (3)
T. Š.	1	1	1	1	0	0	0	3	1	0	0	3	1	0	3	15 (4)
T. Č.	1	1	1	1	3	2	1	3	1	1	0	3	1	1	4	24 (2)
<b>Průměrný počet bodů</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>4,16</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0,95</b>	<b>0,41</b>	<b>2,5</b>	<b>0,9</b>	<b>0,83</b>	<b>2</b>	<b>2,58</b>	<b>0,83</b>	<b>0,75</b>	<b>2,8</b>	<b>22,5 (3)</b>



Obrázek 7, porovnání průměrných bodů u jednotlivých otázek v post-testu mezi oběma třídami

Z grafu lze vidět, že žáci 9.B zvládli test lépe, než tomu bylo u žáků 9.A. Vytvořila jsem ještě tabulku, kde jsem vypsala jména jednotlivých žáků a porovnála jsem jejich výsledky z pre-testu a post-testu, a na základě toho jsem vypsala, zda se žáci zlepšili, zhoršili nebo se jejich výkon podstatně nezměnil.

Tabulka 10, porovnání výsledků pre-testu a post-testu u jednotlivých žáků 9.A

Jméno žáka	počet získaných bodů v pre-testu	počet získaných bodů v post-testu	Hodnocení
J. H.	3 (známka 4)	22 (známka 3)	zlepšení
L. B.	2 (známka 5)	14 (známka 3)	zlepšení
A. S.	2 (známka 5)	19 (známka 3)	zlepšení
J. S.	5 (známka 4)	14 (známka 3)	zlepšení
F. K.	4 (známka 4)	11,5 (známka 4)	žádná změna
D. N.	3 (známka 4)	12,5 (známka 4)	žádná změna
D. H.	4 (známka 4)	17,5 (známka 3)	zlepšení
T. J.	13 (známka 2)	32 (známka 1)	zlepšení
L. H.	12 (známka 2)	25 (známka 2)	žádná změna
O. Š.	6 (známka 4)	6,5 (známka 5)	zhoršení
K. B.	6 (známka 4)	26 (známka 2)	zlepšení
J. K.	3 (známka 4)	10,5 (známka 4)	žádná změna
A. P.	3 (známka 4)	17 (známka 3)	zlepšení

Tabulka 11, porovnání výsledků pre-testu a post-testu u jednotlivých žáků 9.B

Jméno žáka	počet získaných bodů v pre-testu (známka)	počet získaných bodů v post-testu (známka)	hodnocení
J. B.	8 (známka 3)	25 (známka 2)	zlepšení
R. K.	6 (známka 4)	26 (známka 2)	zlepšení
S. M.	9 (známka 3)	30 (známka 1)	zlepšení
T. S.	8 (známka 3)	14 (známka 4)	zhoršení
J. D.	3 (známka 4)	8,5 (známka 4)	žádná změna
L. S.	12 (známka 2)	30 (známka 1)	zlepšení
R. S.	9 (známka 3)	22 (známka 3)	žádná změna
M. M.	10 (známka 3)	24 (známka 2)	zlepšení
G. S.	8 (známka 3)	32 (známka 1)	zlepšení
J. Š.	8 (známka 3)	19 (známka 3)	žádná změna
T. Š.	5 (známka 4)	15 (známka 4)	žádná změna
T. Č.	8 (známka 3)	24 (známka 2)	zlepšení

Když porovnám obě třídy, tak zjistím, že v 9.A došlo ke zlepšení u 8 žáků, zhoršil se 1 žák a beze změny zůstali 4 žáci. Ve druhé třídě, tedy v 9.B, se zlepšilo 8 žáků, nezhoršil se žádný žák a beze změny byli 4 žáci. V celkovém hodnocení (zlepšení, zhoršení, známka zůstala stejná) jsou na tom obě třídy velmi podobně (v obou třídách se zlepšil i zhoršil stejný počet žáků), jen s tím rozdílem, že 9.B měla v obou testech vždy lepší výsledky.

Shrnu-li celou svou praxi, kterou jsem mohla na Základní škole Bystřice vykonat, dospěji k závěru, že se třídou 9.B se mi mnohem lépe pracovalo. Žáci z této třídy byli aktivnější, měli mnohem větší znalosti, což se nakonec i prokázalo na výsledcích testů, a připadalo mi, že mají i mnohem větší chuť pracovat při laboratorní práci. Žákyně, kterým se podařilo ulovit želvušky byly nadšené a žáci, kteří objevili pod mikroskopem pohybující se hlístici, si dokonce přes mikroskop pořídili video. Sama jsem měla radost z toho, že žáky práce nadchla.

Je pravda, že již před nástupem na praxi mi třídní učitel žáků 9.A sám dal informaci o tom, že žáci nejsou moc aktivní a spolupráce s nimi není zrovna jednoduchá. Někteří alespoň trochu pookřáli, když pod mikroskopem objevili želvušku.

#### 4. Tipy na další laboratorní práce

Jelikož jsem prováděla analýzu některých učebnic přírodopisu, rozhodla jsem se, že se pokusím sepsat dohromady nějaké další tipy na laboratorní práci, kterou by mohli učitelé ve své výuce použít.

- **Důkaz, že žížaly zatahují listy do půdy.**

Pomůcky: skleněná vyšší nádoba ve tvaru krychle s odkrývacím sklem, zemina, anektické (hlubinné) žížaly, listy (jilm, buk, dub), vodu na zavlažování.

Postup: Do  $\frac{3}{4}$  nádoby naplníme zeminou a vložíme anektické (hlubinné) žížaly, které ještě zasypeme zeminou. Na vrch položíme tři listy (jilm, buk, dub) a pozorujeme, který typ listu zatáhnou do půdy. Zeminu i listy pravidelně zavlažujeme (Říhová D., 2020, ústní sdělení).

Tato úloha žákům ukáže, že žížaly jsou schopné zatahovat listy do půdy a tím ji zúrodnovat. Zároveň žáci v proskleném akváriu uvidí, jaké dělají žížaly v půdě chodbičky.

- **Důkaz přítomnosti celulótických bakterií.**

Pomůcky: vzorky zeminy, Petriho misky, jemné sítko (2 mm a méně), filtrační papír, buničina, noviny a voda

Postup: Přes jemné sítko přesejeme dostatečné množství zeminy tak, aby pokryla celé dno a sahala zhruba do poloviny výšky Petriho misky. Pokud není půda dostatečně vlhká, navlhčíme ji. Do misky opatrně na povrch substrátu položíme tři papírové proužky (noviny, filtrační papír, a buničinu). Kultivujeme při pokojové teplotě 4 týdny, hodnocení probíhá vždy po týdnu (papírové proužky by měly ubývat v případě, že se v půdě celulótické bakterie nacházejí) (Říhová D., 2020 ústní sdělení).

Tímto pokusem žáci zjistí, že se v půdě celulótické bakterie opravdu nacházejí.

- **Co vše dokážeme v půdě ulovit?**

Pomůcky: lopatka, nůž, pravítko, igelitové sáčky, pinzeta, misky, skleničky pro uzavření živočichů, lahve s hořčičným roztokem (2 dl hořčice na 2 l vody), binokulární lupa, Tullgrenův extraktor, klíč k určování nachytných živočichů (např.: Miko L., *Život v půdě*, 2019).

Postup: Ve vhodném biotopu (les, starý park) zkusíme nejdříve sběrem najít nějaké zástupce edafonu. Živočichy hledáme v opadu nebo nad ním, pod kusy spadaného dřeva, pod kameny atd. Po individuálním sběru, odebereme půdní vzorky o velikosti zhruba 20 × 20 cm nebo 25 × 25 cm v hloubce 10 cm. Vzorek půdy se pokusíme odebrat vcelku. Půdu vložíme do hlubší misky a uděláme do ní jamku, do které vlijeme hořčičný roztok. Počkáme několik minut, než vylezou žížaly z hlubších vrstev. Zároveň si s sebou nasbíráme do sáčku hrabanku, kterou ve škole vložíme do Tullgrenova extraktoru. Ten sestavíme podobně jako Baermannovu nálevku, tedy tak, že si upevníme trychtýř do držáků, do trychtýře vložíme sítko s velmi jemnými oky (menší než 1 mm) a trychtýř naplníme hrabankovým vzorkem. Pod trychtýř



dáme sběrací nádobu, ve které je líh. Tullgren-Berleseho extraktor umístíme do okna, kam svítí celý den slunce, nebo ho můžeme dát jednoduše pod lampičku s žárovkou. Živočichové utíkají před suchem dolů a propadnou dolů do fixáže (líhu). Necháme zhruba týden (je lepší i déle) vysychat. Posléze si vezme sběrací nádobu s ulovenými živočichy a dáme ji pod binokulární lupy. Do protokolu uvedeme počty jedinců různých skupin, které se nám podařilo ulovit (Tuf, 2013).

Lovení v půdě je pro mnohé žáky zábavné a připomene jim, že se v půdě nachází mnoho zajímavých organismů.

- **Lovení živočichů pomocí padací pastí.**

Pomůcky: zavařovací sklenice, návnada (sýr, klobása, ovoce, atd), stříška (např. nějaká dřevěná bedýnka, kůra ze stromu), lopatka, pinzeta, misky, binokulární lupa (není nutná), klíč k určování bezobratlých

Postup: Vybereme si jakékoli místo, kde bychom rádi nalovili nějaké půdní (ale i nepůdní) živočichy, např. na zahradě, v lese, v parku. Lopatkou vyhloubí jámu, do které se nám přesně vejde sklenice, tak aby byl okraj sklenice zarovnaný přesně s povrchem země. Dáme do sklenice návnadu a přiklopíme jakoukoli stříškou, která zabrání, aby do sklenice nenapršelo. Těchto pastí umístíme několik, abychom měli větší šanci, že „něco“ respektive „někoho“ ulovíme. Pastí několikrát za den kontrolujeme a v případě, že ulovíme nějaké zvířátko, vložíme jej do nádoby a odneseme pod binokulární lupy, abychom ho mohli určit. Při této aktivitě můžeme například určit, na kterou návnadu máme vyšší úspěšnost lovu (Tuf, 2013).

Další zajímavá aktivita, která žákům pomůže určit, co se jim například „prochází“ po zahradě, aniž by o tom měli tušení, protože některé půdní organismy není zrovna lehké ulovit.

- **Odhalení půdního profilu.**

Pomůcky: lopata, sešit, tužka, pastelky, fotoaparát

Postup: Při této laboratorní práci budeme potřebovat více než jednu vyučovací hodinu, protože budeme muset vyrazit do terénu. Žáky rozdělíme do skupin cca po třech a každý musí vykopat a zaznamenat půdní profil, aby na fotografii případně na obrázku šlo rozeznat půdní horizonty – alespoň O (opadový), A (humusový) a B (vlastní půda). Žáci se pokusí určit půdní typ (Křížová S., 2020, ústní sdělení).

Aktivita vhodná pro zopakování vrstev půdního profilu. Bylo by též možné, aby se žáci pokusili například v okolí bydliště vyhledat nějakou stavbu, kde by byl například půdní profil odhalený.

- **Důkaz vody a humusu v půdě.**

Pomůcky: hrudka půdy, kahan, zkumavka

Postup: Do zkumavky dáme lžičkou trochu půdy a opatrně zahříváme. Na chladných stěnách zkumavky bychom měli pozorovat kapky vody. Když budeme pokračovat v zahřívání a po

chvilce si opatrně přičichneme, ucítíme zápach spáleného listí, tím jsme dokázali, že je v půdě humus (Mácová J., 2020, ústní sdělení).

Jednoduchý pokus na zjištění vody a humusu v půdě, kterým žákům ukáže, že se voda i humus v půdě opravdu nacházejí, i když se může zdát půda suchá.

- **Zjištění kyselosti půdy na zahradě či v okolí školy.**

Pomůcky: vzorek půdy z dané lokality, lžice, kádinka, destilovaná voda, indikátorový papírek

Postup: Odeberte vzorek půdy a asi 3 polévkové lžice nasype do kádinky, ve které už je 200 ml destilované vody a promíchejte. Po 20 minutách, když se většina částic usadí, vložte indikátorový papírek a stanovte kyselost v pH podle stupnice (Černík a kol., 2010).

Tato aktivita by se dala propojit s chemií v rámci kyselosti a zásaditosti látek, které se probírají v osmém ročníku. Díky zjištění kyselosti bychom se s žáky mohli dále bavit o tom, jaké rostliny do půdy zasadit (kdyby byla půda například kyselá, mohly by se v okolí školy vysázet borůvky).

- **Orientační stanovení půdního druhu.**

Pomůcky: misky, lžičky, skleněné tabulky, kádinka, voda, vzorek půdy

Postup: Vzorek půdy v misce navlhčíme vodou a rozetřeme mezi prsty. Ze vzorku dále vytvoříme na skleněné podložce váleček, vytvarujeme a určíme podle klíče:

1. Když lze ze vzorku vytvarovat jen kuličku nebo s ním nelze tvarovat, hmatem cítíme zrnka písku a vzorek nám nešpiní ruce, jedná se o lehkou půdu (písčitou).
2. Jakmile můžeme ze vzorku vytvarovat váleček, který se ale láme, a cítíme zrnka písku, jedná se půdu střední (hlinitou).
3. Vytvoříme-li ze vzorku krásně váleček, který se při ohýbání neláme, necítíme hmatem zrnka písku a vzorek nám zmaže ruce, jedná se o půdu těžkou (jílovitou) (Slipka a kol., 1988)

Žáci si půdu opravdu osahají a tím si upevní znalosti o půdních druzích.

## Závěr

Ve své diplomové práci jsem se věnovala půdě a obyvatelům, které v ní můžeme najít.

Teoretická část obsahuje základní pojmy o půdě a samozřejmě i o půdní fauně. Neopomněla jsem ani metody sběru půdních organismů. Zaměřila jsem se zejména na pojmy, se kterými se žáci mohou setkat v učebnicích přírodopisu pro základní školy. Půda je nejsvrchnější obal Země, skládající se ze tří složek: pevné, kapalné a plynné. Bez půdních organismů by půda nemohla být půdou, jelikož je rovněž výsledkem činností těchto organismů. V raném průběhu vzniku půdy hraje důležitou roli zejména zvětrávání. Mezi půdotvorné činitele patří matečná hornina, klima, organismy (rostliny, mikroorganismy i živočichové), podzemní voda a vliv člověka. Edafon čili živěnu půdní jsem rozdělila do těchto skupin: mikroflóru, mikrofaunu, mezofaunu a makrofaunu. Do každé skupiny jsem vybrala nejdůležitější organismy a jednoduše je popsala.

Cílem praktické části bylo vytvoření výukového materiálu a jeho následné použití v praxi. Měla jsem štěstí, že jsem mohla v každé třídě odučit tři hodiny na toto téma (klasicky je půdě věnována jen jedna vyučovací hodina), a tak mohla proběhnout i laboratorní práce na téma lovení želvušek pomocí Baermannovy nálevky. Na začátku první vyučovací hodiny žáci vyplnili na základě svých znalostí pre-test, po zbytek hodiny probíhala klasická výuka, během které jsem využila vlastní výukový materiál. Hlavním cílem učebního materiálu bylo to, aby žáci získali základní poznatky z pedologie, dále pak přehled o hlavních typech a druzích půdy a v neposlední řadě informace o degradaci a zejména pak ochraně půdy. Ve výuce jsem nezapomněla ani na organismy, které se v půdě vyskytují. Při druhé hodině jsem s žáky dělala laboratorní práci, při které žáci zhotovili Baermannovu nálevku a pomoci ní se snažili ulovit želvušky. Laboratorní práce dopadla úspěšně, ulovili jsme želvušky, hlístice a vířníky. Při poslední hodině žáci vyplnili post-test, který jsem následně porovnála s pre-testem, abych zjistila, zda došlo u žáků ke zlepšení, zhoršení nebo zda se jejich výkon nezměnil. Jelikož výuka proběhla v obou třídách devátého ročníku, porovnála jsem výsledky mezi oběma třídami a došla k závěru, že celkové výsledky u obou tříd byly velmi podobné. Ke zlepšení došlo v obou třídách u 8 žáků a beze změny test napsali 4 žáci. Velký rozdíl byl však v bodovém hodnocení, žáci 9.B měli v obou testech lepší výsledky téměř u všech otázek.

Laboratorní práce zaujala paní učitelku, která na základní škole pracuje, a tak ji hned využila ve výuce na přírodovědném semináři, z čehož jsem měla radost, protože cílem práce bylo vytvoření výukového materiálu nejen pro své využití.

V rámci empirické části jsem také analyzovala učebnice, které se využívají na základních školách. Některé učebnice obsahovaly i návod na další laboratorní práce, proto jsem se rozhodla sepsat tipy na další praktika, která by se dala využít při výuce půdy.

## Seznam použitých informačních zdrojů

- BEDRNA, Zoltán. *Environmentálne pôdoznalectvo*, 2002, VEDA vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied
- BLUM, W.E.H., Agriculture in a sustainable environment – a holistic approach, *International Agrophysics*, 1998, s. 13-24
- CÍLEK, Václav, a kol., *Přírodopis IV*, 2000, Scientia, s.r.o., pedagogické nakladatelství
- ČERNÍK, Vladimír, a kol., *Přírodopis 9*, Geologie-ekologie, SPN – pedagogické nakladatelství, akciová společnost, 2010
- DIRNER, Vojtech. *Ochrana životního prostředí: základy, plánování, technologie, ekonomika, právo a management*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1997. ISBN 80-7078-490-3.
- FAMĚRA, Martin, Martin DANČÁK, Tomáš KURAS, Daniel ŠEVČÍK a Jiří JUREČKA. *Přírodopis 9: geologie - ekologie: pro 9. ročník základní školy*. Olomouc: Prodos, 2018. ISBN 978-80-7230-365-6.
- HAVRLANT, Miroslav a Ladislav BUZEK. *Nauka o krajině a péče o životní prostředí: celostátní vysokoškolská učebnice pro studenty přírodovědných a pedagogických fakult studijního oboru 76-12-8 učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů - aprobace zeměpis*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1985. Učebnice pro vysoké školy (Státní pedagogické nakladatelství).
- JANEČEK, Miloslav. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: ISV, 2002. Přírodní vědy (ISV). ISBN 80-85866-86-2.
- JAKEŠ, Petr. *Geologie: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií*, Praha: Nakladatelství České geografické společnosti, s.r.o., 1999, Natura
- KÁŠ, Václav a Otakar LANGKRAMER. *Zemědělská mikrobiologie: učebnice pro vysoké školy zemědělské*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1964. Živočišná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).
- KOCOUREK, Pavel, Karel TAJOVSKÝ a Petr DOLEJŠ. *Mnohonožky České republiky: příručka pro určování našich druhů*. Vlašim: Český svaz ochránců přírody, 2017. ISBN 978-80-87964-09-5.
- KOMÁREK, Julius. *Zoologie bezobratlých*. Praha: Přírodovědecké vydavatelství, 1952.
- KUTÍLEK, Miroslav. *Půda planety Země*. Praha: Dokořán, 2012. Bod (Dokořán). ISBN 978-80-7363-212-0.
- KVASNIČKOVÁ, Danuše. *Poznáváme život: přírodopis pro 9. ročník základní školy s výrazným ekologickým zaměřením*. Praha: Fortuna, 1996. ISBN 80-7168-374-4.
- LOSOS, Bohumil. *Ekologie živočichů*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1985. Učebnice pro vysoké školy (Státní pedagogické nakladatelství).

- LUHR, James F., *Země*, Dorling Kindersley Limited, London, 2003, ISBN 80-242-1225-0
- MACHAR, Ivo a Linda DROBILOVÁ. *Ochrana přírody a krajiny v České republice: vybrané aktuální problémy a možnosti jejich řešení*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 978-80-244-3041-6.
- MIKO, Ladislav. *Úvod do půdní biologie. Přípravný text Biologické olympiády pro kategorie A, B*. Institut dětí a mládeže Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR, Praha 1993
- MIKO, Ladislav. *Život v půdě: příručka pro začínající půdní biology*. Brno: Lipka - školské zařízení pro environmentální vzdělávání Brno, příspěvková organizace, 2019. ISBN 978-80-88212-17-1.
- MILLER, W. R. 2011. Tardigrades. *American Scientist*. 5, 2011, Sv. 99, str. 384.
- NELSON, D. R. 2002. Current Status of the Tardigrada: Evolution and Ecology. *Integrative and Comparative Biology*. 3, 2002, Sv. 42, stránky 652–659.
- NĚMEČEK, Jan a kol. *Hodnocení a kontaminace půd v ČR*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2010. ISBN 978-80-86561-02-4
- NYMBURSKÝ, Jaroslav. *Ochrana půdy a vodního prostředí před znečištěním ropnými látkami*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1985. Studijní podklady a informace k péči o životní prostředí.
- PASÁK, Vlastimil. *Ochrana půdy před erozí*. Praha: SZN, 1984. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).
- PELÍŠEK, Josef. *Atlas hlavních půdních typů ČSSR*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1961. Lesnická knihovna (Státní zemědělské nakladatelství).
- PRAX, Alois a Eduard POKORNÝ. *Klasifikace a ochrana půd*. Vyd. 2. přeprac. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004. ISBN 80-7157-746-4.
- ROSYPAL, Stanislav. *Nový přehled biologie*. Praha: Scientia, 2003. ISBN 80-7183-268-5.
- RUSEK, Josef. Živá půda. Bohatost a rozmanitost života v půdě. *Živa*, 1/2000, s. 25-27
- ŘÍHOVÁ, Dagmar, *Půdní bezobratlí: zoologická zahrada pro každého. Příručka k projektu Věda do škol*. – UK v Praze, PedF Praha, 2013
- SLIPKA, Jirí a kol., *Pokusy a praktické práce v pěstitelských pracích*. 2., upr. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1997. ISBN 80-7040-231-8.
- ŠANTRŮČKOVÁ, Hana a kol., *Ekologie půdy*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2018. ISBN 978-80-7394-695-1.
- ŠIMEK, Miloslav. *Základy nauky o půdě*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, 2004. ISBN 80-7040-667-4.

ŠIMEK, Miloslav. *Živá půda*. Praha: Academia, 2019. ISBN 978-80-200-2976-8.

ŠVECOVÁ, Milada, Dobroslav MATĚJKA a Alena DUPALOVÁ. *Přírodopis 9: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus, 2007.

TOMÁŠEK, Milan. *Půdy České republiky*. 3. vyd. Praha: Česká geologická služba, 2003. ISBN 80-7075-607-1.

TUF, Ivan H. *Praktika z půdní zoologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 978-80-244-3479-7.

VÁŠKŮ, Zdeněk. *Základní druhy průzkumů pro krajinné inženýrství, využití a ochranu krajiny*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN 978-80-213-1749-9.

VELIKOVSKÝ, Zdeněk. *Vybraná témata z hygieny životního prostředí*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, 2007. ISBN 978-80-7040-945-9.

VOPRAVIL, Jan. *Půda a její hodnocení v ČR*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2011. ISBN 978-80-87361-02-3.

VRÁBLÍKOVÁ, Jaroslava a Petr VRÁBLÍK. *Základy pedologie*. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2006. ISBN 80-7044-805-9.

## INTERNETOVÉ ZDROJE

ŠVP ZŠ Bystřice, 2020, <https://www.zsbystricebn.cz/skola/dokumenty/>

VRBA, Vladimír, HULEŠ, Ludvík: Humus - půda - rostlina (2) Humus a půda. Biom.cz [online]. 2006-11-14 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-2-humus-a-puda>>. ISSN: 1801-2655

## PŘÍLOHY

Powerpointová prezentace využívána při hodině.



### Jak vzniká půda

- Tvorba půdy – **pedogeneze**, v raných stádiích rozvoje půd hraje rozhodující roli **zvětrávání** – hornina se mechanicky drobí na různě velké částice působením vody, větru, ledu a změn teploty a vzduchu
- **Půdotvorní činitelé**
  - Klima (podnebí)
  - Reliéf
  - Čas
  - Matečná hornina
  - Organismy
  - Vliv člověka



## Půdotvorní činitelé

- **Klima** – určujícími prvky jsou:
  - teplota – v teplejším podnebí probíhají chemické reakce rychleji
  - množství srážek – určuje do značné míry zavodnění půdy
  - poměr srážek a výparů – při převaze vodních srážek nad výpary se rozpuštěné minerální látky vyplavují do spodních vrstev. Při převaze výparů se dostává půdní roztok k povrchu.
- **Reliéf**
  - nadmořská výška má vliv na teplotu a množství srážek
  - orientace svahů ke světovým stranám ovlivňuje teplotu půdy a také výpar vody

- **Čas** – půdotvorní činitelé působí většinou pomalu, jejich činnost se projeví za dlouhou dobu. 1 cm ornice se v našich zeměpisných podmínkách vytvoří přibližně za 100-150 let.
- **Matečná hornina** – vzniká z ní nejobjemnější složka půdy – půdotvorný substrát. Pro vlastnosti půdy je určující chemické složení nerostů.

- **Organismy** – rozkládají organickou hmotu v humus a ovlivňují jeho množství v půdě. Mají vliv na teplotu a vlhkost půdy.
- **Člověk** - zasahuje do půdotvorného procesu významným způsobem, např. orbou, hnojením, kácením stromů, osevními postupy, stavbou komunikací, apod.



## Složení půdy

- Půda je **třífázový systém**, složený z pevné, kapalné a plynné složky
- **půdní vzduch** – póry a dutiny v půdě vyplňuje vzduch nebo voda. Pórovitost a provzdušnění jsou důležitými kvalitativními atributy půdy, protože většina půdních organismů (i kořeny rostlin) potřebují k dýchání kyslík, který do půdy proniká z atmosféry
- **půdní voda** – zadržení vody v půdě, její dostupnost i funkce závisí na tom, jak velké póry zaplňuje. Voda je základní podmínkou veškerého života. Je nepostradatelná pro výživu rostlin a mikroorganismů i mikrofauny.

- **pevná fáze** – má dvě složky: **minerální a organickou**. **Minerální** složka dominuje – je tvořena minerálními částicemi, podle kterých se rozlišují půdní druhy. **Organickou** složku tvoří humus a mrtvá organická hmota. Pouze šestinu organické hmoty představují živé organismy (edafon). **Edafon** se dělí na fytoedafon (rostlinný edafon) a zooedafon.



## Půdní druhy

- Podle zrnitosti půdních částic rozlišujeme základní půdní druhy:
  - **Písčité** – voda snadno prosakuje, rychle vysychá, lehká půda, snadno se obdělává
  - **Hlinité** – přiměřeně propouští, ale i zadržuje vodu, dobře zpracovatelná a zemědělsky využitelná
  - **Jílovité** – za sucha tvrdá, za deště mazlavá, těžko obdělavatelná



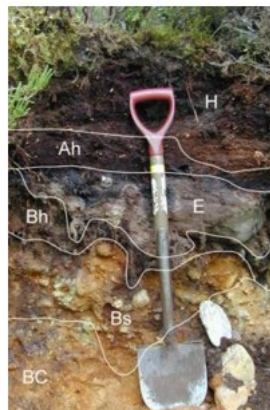
## Kyselost půdy

- pH půdy - ovlivňuje především dostupnost živin pro rostliny a má velký vliv na aktivitu organismů
- Kyselé půdy vznikají např. na kyselých vyvělinách (žuly) – roste na nich např. brusnice borůvka



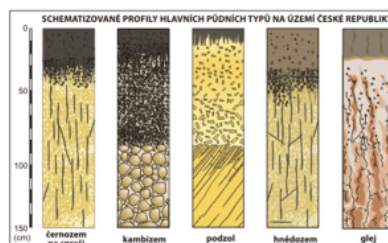
## Půdní profil, půdní horizont

- Půdní profil ukazuje podobu půdních horizontů.
- 3 hlavní půdní horizonty:
  - **horizont A** - humusový s větším množstvím organické hmoty
  - **horizont B** - minerální, tvořený jemnými minerálními částicemi
  - **horizont C** - nezvětralá nebo málo zvětralá hornina



## Půdní typy

- Podle obsahu humusu rozlišujeme půdní typy:
  - **Hnědozemě** – úrodné půdy, vyskytují se v mírném podnebném pásmu, u nás nejrozšířenější
  - **Černoze** – velmi úrodné půdy vyskytující se hlavně v nížinách, černá barva díky humusu
  - **Podzoly** – kyselé půdy s málo vyvinutým humusovým horizontem, chudé na živiny, proto bývají zalesněny



## Ohrožení půdy a její ochrana

- **Eroze** - rozrušování/narušování půdy a půdního povrchu; následný transport a usazování půdních částic, působí gravitace; uvolňuje také síla větru, vody či ledu

Vysazování větrolamů, zatravňování svažitých pozemků



- **Kontaminace půdy** - znečištění půdy látkou, která sem nepatří nebo se zde za přirozených podmínek vyskytuje v podstatně nižší koncentraci

Např.: imise z dopravy, spalování a průmyslové výroby, nevhodné použití hnojiv a pesticidů, kaly z čističek odpadních vod, sedimenty z vyčištěných rybníků



- **Kompakce půdy** - stlačení, utužení neboli zhutnění půdy



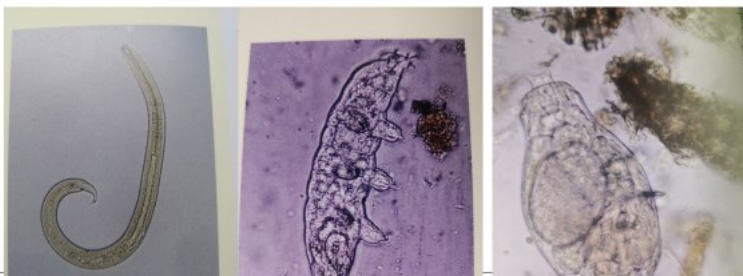
- **Zábor půdy** - zakrytí, neprodyšné uzavření, izolování – tedy zastavení - zastavení budovami, přelití betonem nebo asfaltem při stavbě komunikací, parkovišť, odstavných ploch atd.

zábor je definitivní a nezvratný



## Obyvatelé půdy

- **Dělení dle velikosti:**
- **mikroedafon** (do 0,2 mm) – mikrofauna a mikroflóra
  - rozkladači organické hmoty až na minerální látky, rozkladači mrtvých tkání
  - prvoci, hlístice, vířníci a želvušky



- **mesoedafon** (0,2 mm – 2 mm) – mesofauna - drobní půdní členovci a kroužkovci





- **makroedafon** (nad 2 mm) – makrofauna
- prvotní zpracování mrtvé organické hmoty: rozdrobení a částečný rozklad
- žížaly, velcí půdní členovci a měkkýši

