



Česká zemědělská univerzita v Praze



Ústřední komise Biologické olympiády

Biologická olympiáda

50. ročník

školní rok 2015–2016

Studijní text

k tématu: **Život v temnotě**

kategorie C a D

Romana Anděrová, Albert Damaška, Petr Šíma

Praha 2015

Obsah

1. Půda a půdní biologie.....	4
2. Život v půdě.....	8
3. Jeskyně.....	53
4. Život v noci.....	58
5. Endoparazité.....	72
Literatura a zdroje.....	75

Milí soutěžící,

téma 50. ročníku Biologické olympiády vás zavede do světa organizmů, které se musely přizpůsobit velmi zvláštním podmínkám. Život v temnotě je názorným dokladem skutečnosti, že život na Zemi se dokáže vypořádat i s těmi nejextrémnějšími typy prostředí. Podíváme se společně, kdo žije v tmavých jeskyních, ponoříme se do hlubin oceánu, seznámíme se s tvory aktivujícími převážně v noci a nahlédneme do tajemství živých organizmů, které se ukrývají pod povrchem, po kterém dennodenně chodíme.

Nelekněte se délky tohoto textu. Sice počtem stran budí respekt, ale když jím zalistujete, zjistíte, že je plný obrázků a schémat. Text navíc obsahuje orámované části psané menším písmem, které zatím studovat nemusíte – čekají na ty z vás, kteří postoupí do vyšších (tedy okresních a krajských) kol. **Pro školní kolo stačí pročíst text neorámovaný.** Při jeho čtení zjistíte, že značnou část znáte z hodin přírodopisu, ale nyní máte tu jedinečnou možnost, že najdete všechny důležité informace pohromadě. Jeho prostudování by vám mělo pomoci při úspěšném zdolání školního kola. Pro ještě lepší orientaci v textu jsou **základní pojmy** vyznačené **tučně** a *názvy organismů kurzívou*.

Protože jsme v letošním ročníku zavítali i mezi exotické druhy, připravili jsme pro vás fotogalerii všech zmiňovaných organizmů. Najdete ji na tomto odkazu: <http://biologickaolympiada.rajce.idnes.cz/>. Další informace najdete v doporučené literatuře nebo na internetu. Přejeme vám příjemné zážitky „v temnotách“.

1. Půda a půdní biologie

Většina života v temnotě, kterému se v letošním ročníku olympiády věnujeme, se odehrává v půdě.

a) Jak půdu definujeme

Půda je velice složitý soubor pevných, kapalných a plyných látek, anorganických a organických sloučenin a živých organismů. Tvoří povrchovou vrstvu pevniny. Ze zeměpisu si možná pamatujete, že horninovému obalu Země říkáme litosféra. Z ní vzniká činnost živých organismů (biosféry), ale i činností vody, klimatu a dalších faktorů půdní obal Země – **pedosféra**. Věda, která půdu zkoumá, se nazývá **pedologie**. My se vám na následujících stránkách pokusíme ukázat, co zajímavého můžeme v půdě najít.

Ještě by bylo vhodné upozornit na to, že půda není totéž co hlína a že není ani vhodné používat slovo **zemina**. Oba termíny popisují nezpevněnou horninu, tedy čistě neživý materiál, jehož části můžeme od sebe bez problémů oddělit. **Hlína** je typ zeminy, který je tvořený slepenými částicemi menšími než 2 mm, dá se tvarovat a jako taková se používá na výrobu cihel, keramiky nebo soch. Nejznámějším druhem keramické hlíny je kaolin. Ale v žádném typu hlíny by nám nerostly ani ředkvičky, ani stromy v lese, proto tyto termíny pro pojmenování půdy nepoužívejte.

b) Vznik a typy půd

Vznik půdy je dlouhodobý proces, ve většině případů půdy vznikaly od poslední doby ledové, a jsou tak staré i 12 000 let. Vzácně se najdou i půdy starší, které vznikaly v průběhu starších období čtvrtohor. Půdotvorné procesy pokračují do dneška, půda vzniká všude kolem nás.

Jedním z nejdůležitějších faktorů, který ovlivní vlastnosti vznikající půdy, je to, na jakém typu horniny půda vzniká. Takové hornině říkáme **matečná hornina**. **Zvětrávání**, které z horniny uvolňuje malé kousky a později i anorganické látky, je způsobeno střídáním vysokých a nízkých teplot (zmrzlá voda ve štěrbinách horninu trhá díky většímu objemu ledu, sluncem rozpálené skály na povrchu praskají, když je prudce zchladí déšť apod.), větrem a vodou (unášejí částičky horniny, které obrušují povrch). Voda také chemicky působí na rozpouštění některých nerostů v hornině,

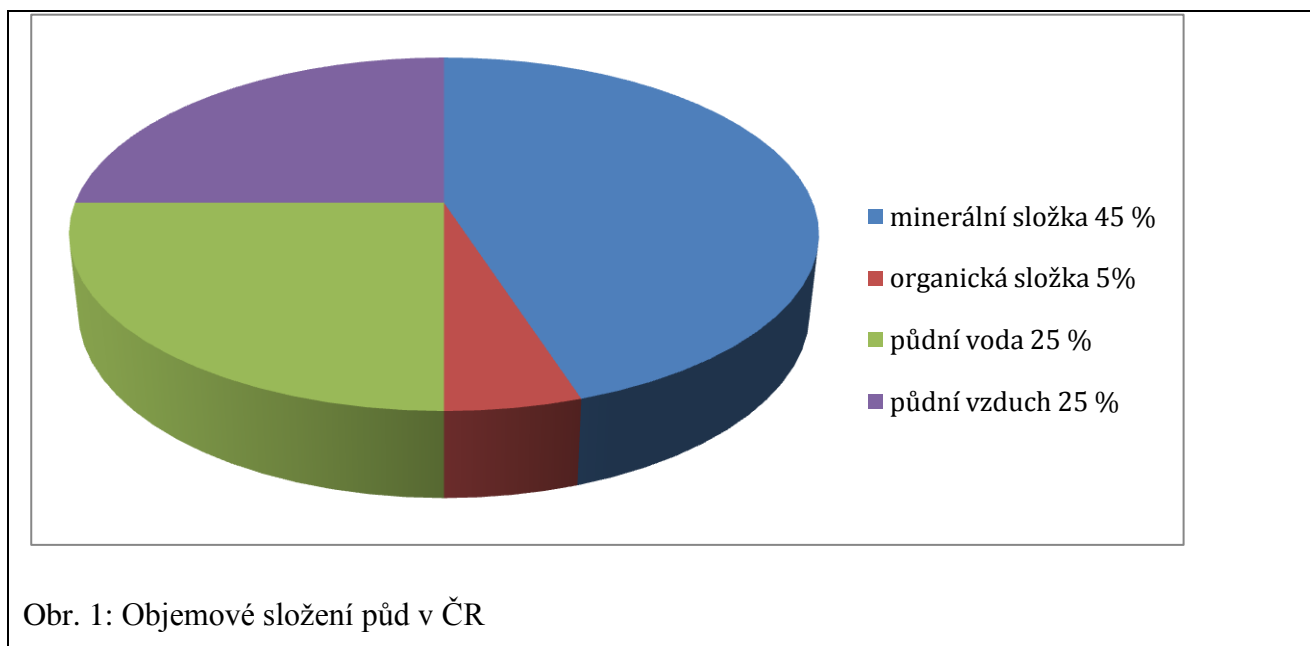
pomáhá jí v tom třeba oxid uhličitý nebo kyslík ze vzduchu. Další chemické látky, urychlující zvětrávací procesy, produkují živé organizmy nebo se uvolňují z jejich odumřelých těl.

Půdy, které vznikají na horninách bohatých na křemen, jsou **minerálně chudší a kyselější**. To se týká například půd vzniklých na území s pískovcem nebo žulami. V těchto půdách je méně živin pro rostliny a společenstva jsou na druhy rostlin chudší. V kyselých doubravách, borech nebo smrčinách roste v podrostu méně druhů bylin, převažují tu spíš některé druhy trav (*kostrava ovčí*).

V prosvětlených lesích najdeme porosty *vřesu obecného* a *brusnice borůvky*, hojně jsou různé druhy mechů. V těchto lesích se dobře houbaří, protože tu rostou druhy hub, které získávají živiny díky symbióze se stromy – o té se dočtete později. Pokud jsou půdy trvale podmáčené, vznikají na nich porosty mechů *rašeliníků* a dalších rostlin. **Rašelina**, která tam za nepřístupu vzduchu odumíráním spodních částí těl rašeliníků vzniká, je základem pro hodně kyselé rašeliništní půdy.

Na opačném pólu (co se týká obsahu živin) stojí půdy **minerálně bohaté, často zásadité**. Vznikají třeba na vápenci a spraších nebo na některých vyvřelých horninách, jako jsou čediče. Ve společenstvech, která na těchto půdách rostou (jedná se třeba o teplomilné doubravy nebo květnaté bučiny), najdete mnohem víc druhů bylin. Často kvetou brzo na jaře, obvykle před olistěním stromů. Tyto druhy jsou náročnější na obsah vápenatých iontů v půdě a většinou by na kyselých půdách vůbec nerostly. Minerálně bohaté půdy u nás vznikají zejména v teplých oblastech a vytvářejí se na nich také bezlesá společenstva skalních stepí. Roste na nich mnoho zástupců vápnomilných rostlin, například *hlaváček jarní*, nebo některé druhy dnes vzácných vstavačovitých (orchidejí), jako je *střevíčník pantoflíček*.

V půdách na našem území převažuje anorganická složka půdy, proto jim říkáme **půdy minerální**. Půdu však tvoří také významný podíl organických látek (souborně označovaných jako **humus**), **půdní voda** (přesně řečeno vodní roztoky rozpustných látek a voda navázaná na anorganické a organické sloučeniny) a **půdní vzduch**. Ty vyplňují póry mezi částicemi půdy. Tyto prostory jsou pro vlastnosti půdy nesmírně důležité, a pokud se těžkými zemědělskými stroji vzduch a voda z půdy vytlačí, nastává takzvané **zhutnění půdy**. Zhutněná půda nedokáže vsáknout dešťovou vodu a nefunguje v ní ani **kapilarita**, tedy schopnost vody vzlínat z větších hloubek k vysychajícímu povrchu. Průměrné složení půdy bez živých organizmů ukazuje následující graf.



Půdní vzduch obsahuje větší procento oxidu uhličitého a méně kyslíku než atmosféra. Pokud je kyslíku velmi málo, mění se vlastnosti půdy tak, že tmavne (to je způsobeno změnami sloučenin železa a manganu). V takovýchto půdách pak mohou žít pouze organizmy, které jsou přizpůsobené k životu v bezkyslíkatém prostředí, což jsou především některé bakterie a další mikroorganismy. Organické látky obsažené v půdě jsou součástí **humusu**. Je to velice pestrá směs složitých chemických sloučenin uhlíku, vodíku, kyslíku a dusíku. Jejich množství se u našich minerálních půd pohybuje kolem 5 % objemu. Existují organické půdy (zejména v chladných vlhkých oblastech tajgy), kde množství organických látek dosahuje až 50 %. Vznikají přeměnami sloučenin z odumřelých těl rostlin, živočichů a mikroorganismů, a to hlavně činností bakterií. Činností organismů (bakterií a hub) se humus rozkládá na anorganické rozpustné sloučeniny, které mohou rostliny a mikroorganismy využít pro svou výživu. Touto činností také vzniká největší část půdního oxidu uhličitého. Humusové látky tedy svým rozkladem zásobují organizmy živinami, dodávají půdě barvu (v odstínech hnědé až černé) a vážou na sebe vodu. Dodávají i typické žluto-hnědé zbarvení vodám, které vytékají z rašelinišť. Tyto procesy nejsou jednosměrné, všechno je propojeno do složitých cyklů.

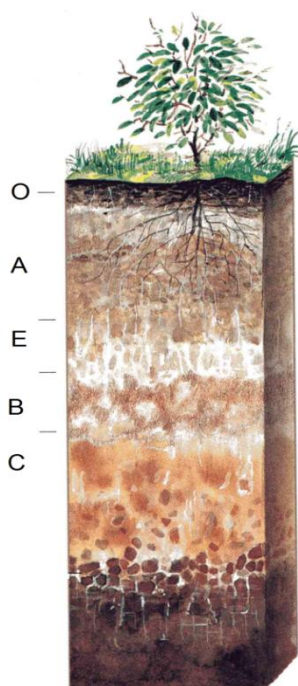
Kromě humusových látek se na **barvě půdy** podílejí různé další sloučeniny. Sloučeniny železa dodávají půdě s přítomností kyslíku barvu v odstínech žluté, hnědé až červené. Pokud v půdě panují bezkyslíkaté podmínky, barví ji sloučeniny železa do zeleno-modrých odstínů. Přítomnost vápence ve větším množství je příčinou světlého, šedavého zbarvení.

Člověk svou činností často významně mění složení půd. Rostliny kolem silnic někdy trpí **zasolením** půdy. Zvýšená koncentrace solí způsobuje vysychání rostlin, protože sůl znemožňuje normální

příjem vody. Je to ale důvod, proč se v dnešní době šíří kolem dálnic některé druhy trav a jiných bylin, které jsme dříve našli jen na slaniscích, kde je půda velkým odparem vody přirozeně bohatá na soli.

Hnojením dusíkatými hnojivy nebo prosakováním močůvek, žump a dalších zdrojů **dusíkatých sloučenin** se výrazně zvyšuje obohacení půdy o živiny. Vysoké koncentrace sloučenin dusíku snesou jen některé rostliny, které se v těchto místech rozmnoží. To může být příklad *kopřivy dvoudomé* nebo *šťovíku tupolistého*. U nás nepůvodní *trnovník akát*, stejně jako ostatní bobovité rostliny, dokáže díky hlízkovým bakteriím také půdu obohacovat sloučeninami dusíku (více na straně 10). Takže si jistě dokážete vysvětlit, proč v akátinách původní bylinný podrost nahradí na dusík náročné *netýkavky malokvěté* a *svízel přítula*.

c) Půdní profil



Podle toho, za jakých podmínek půdy vznikají, jak vypadá jejich **půdní profil** (jaké se vytvářejí vrstvy – **horizonty** odlišného složení nad matečnou horninou), jaký je obsah minerálních a organických látek, se rozlišuje celá řada tzv. **půdních typů** (černozemě, hnědozemě, podzoly a jiné). Horizonty jsou obdobou lesních vegetačních pater, jen se nacházejí v podzemí. Pod vrstvou **opadanky** (horizont O) je pro život v půdě nejdůležitější **humusový horizont A**. Pod horizontem C je vidět matečná hornina.

Obr. 2: Půdní profil

2. Život v půdě

V předchozí kapitole jste se dozvěděli, co je vlastně půda a jak vzniká, jaké jsou základní typy půd a jaké mají vlastnosti. Jsou to právě vlastnosti půdy, co ovlivňuje živé organizmy, které se v ní nacházejí.

Co je ale důležité – uvědomte si, že půda doslova kypí životem. V jediné hrsti půdy se nachází víc živých organismů, než kolik žije lidí na Zemi. A neznamena to, že by se jednalo jen o obrovské množství jedinců několika druhů, ale naopak – druhové složení půdních organismů je neuvěřitelné pestré. Říkáme, že půda se vyznačuje vysokou **biodiverzitou**.

Organizmy žijící v půdě označujeme odborně jako **edafon**. Mohou žít v půdě trvale nebo jen dočasně, v žádném případě však nejsou nečinné. Dění v půdě můžeme přirovnat k nepřetržitému chodu velmi rušné továrny. Jsou do ní dopravovány potřebné látky (hlavně voda a nerostné látky), které jsou dále zpracovávány a využívány. Při mnoha složitých procesech pochopitelně vznikají i látky odpadní, které zas jiné organizmy rozkládají a vracejí do oběhu. Některé organizmy (například *žížaly*, *krtonožky* nebo *hraboši*) přímo či nepřímo ovlivňují strukturu půdy, a tím obsah vzduchu i vody. Bez všech těchto dějů by půda nemohla zůstat zdravá a vhodná pro růst rostlin.

Přehled půdních organismů

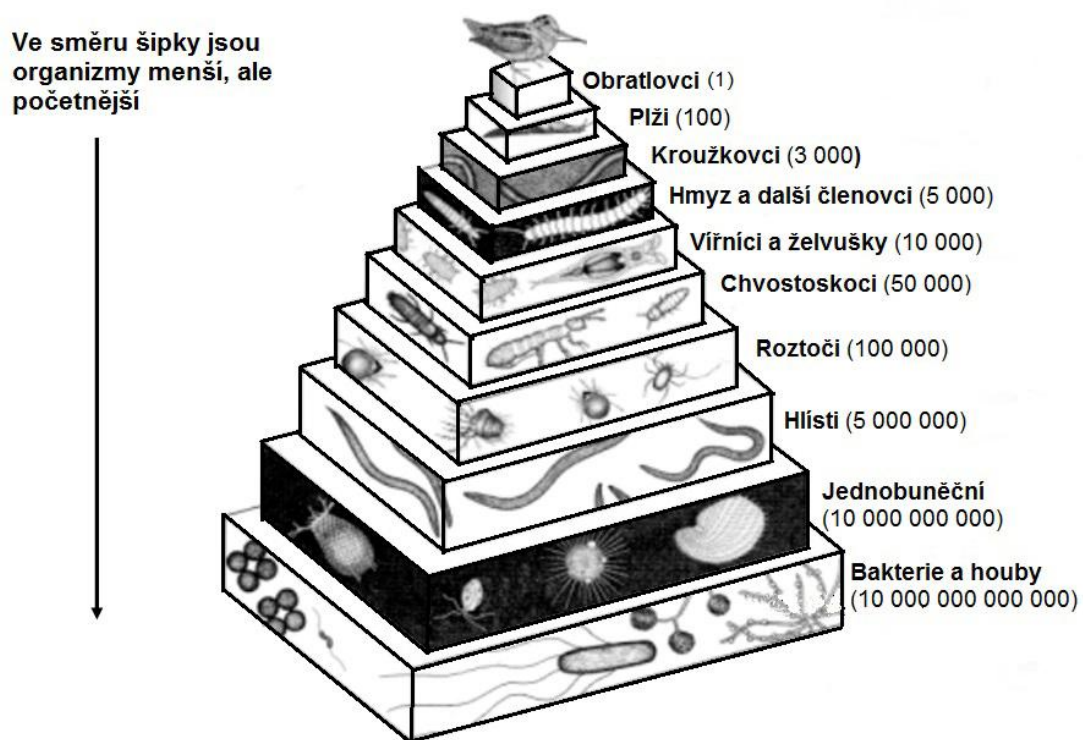
Nejpočetněji jsou v půdě zastoupeny ty nejmenší živé organizmy, na jejichž pozorování bychom si museli vzít mikroskop – tedy **mikroorganizmy**, jako jsou bakterie, některé houby nebo prvoci. Jsou to vlastně výrobci základních látek, které potřebují k životu rostliny, protože patří k rozkladačům (destruentům).

Další početnou složkou edafonu jsou **bezobratlí živočichové**, od nepatrných roztočů, přes dobře známé žížaly po měkkýše či hmyz a jeho larvy.

Půda poskytuje životní prostor i pro **obratlovce**, kteří žijí v podzemí trvale, nebo se sem uchylují jen v určitých situacích, třeba k odpočinku nebo v době rozmnožování.



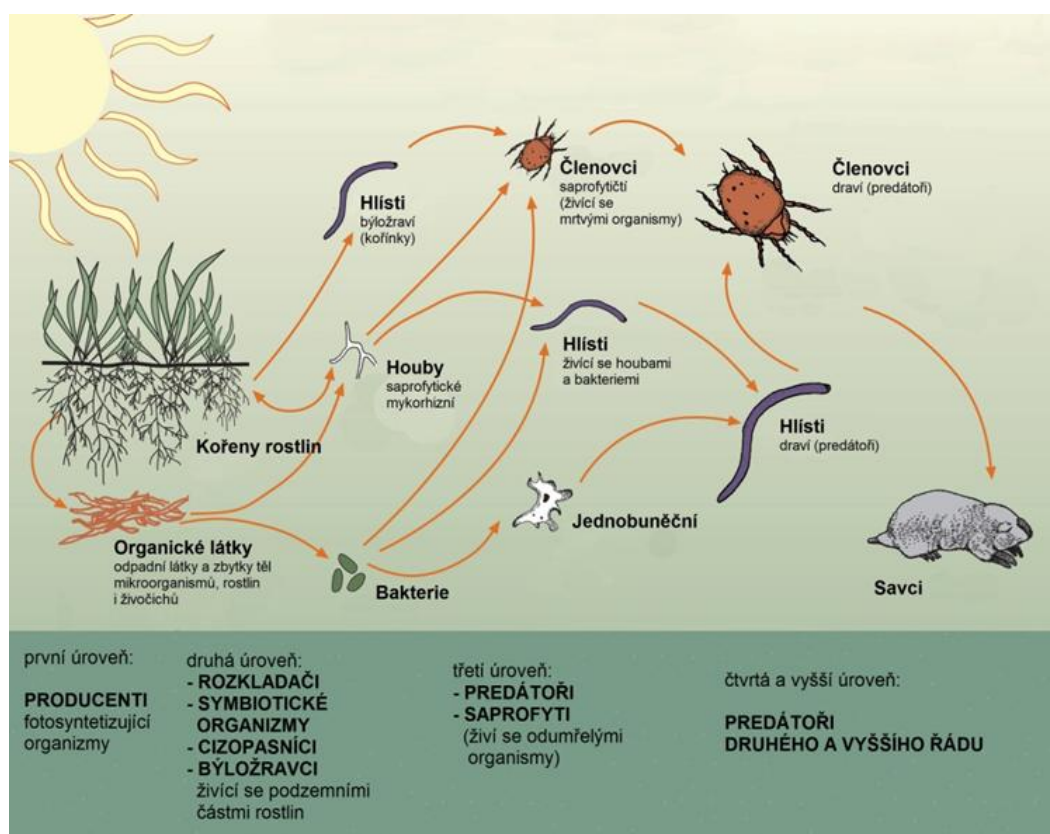
Obr 3: Kdo žije v půdě



Obr. 4: Početní zastoupení jednotlivých skupin organismů na 1 m² povrchu půdy

Mezi všemi těmito organizmy existují složité vazby, které lze nejlépe vyjádřit pomocí potravních sítí. **Potravní síť** každého ekosystému je odraz toku energie, která v ekosystému proudí a zajišťuje jeho stálost a vyváženost.

V této kapitole se seznámíte s hlavními skupinami organizmů, které jsou součástí edafonu, a s jejich vzájemnými vztahy.



Obr. 5: Jednoduché schéma potravní sítě v půdě

a) Mikroorganismy

Mezi všemi zástupci edafonu převažují počtem druhů i počtem jedinců mikroorganismy. Pouhým okem je obvykle nevidíme vůbec nebo jen velmi nedokonale. Patří mezi ně bakterie, řasy, většina hub a prvoci.

Nejmenšími zástupci půdních mikroorganismů jsou **bakterie**. Představují vývojově (evolučně) starší typ buněk, které označujeme jako **prokaryotické** buňky.

- Nemají typické buněčné organely (mitochondrie, plastidy).
- Deoxyribonukleová kyselina (DNA) s dědičnou informací tvoří jednu kruhovou molekulu, nikoliv klasické chromozómy.
- DNA není obalena jadernou membránou, nemají tedy pravé jádro.

V půdě se nachází obrovské množství **bakterií**. Jeden gram půdy obsahuje asi 10 milionů buněk bakterií, u úrodných černozemí mohou jejich počty dosahovat až 100 milionů v 1 gramu. Zastávají v půdě nejrůznější role. Najdeme mezi nimi rozkladače (saprofyty, destruenty), kteří rozkládají těla odumřelých organismů na jednodušší látky, vytvářejí humus a provádějí také jeho mineralizaci (přeměnu na anorganické sloučeniny). Jsou zodpovědné za přeměny sloučenin různých prvků, čímž přispívají k jejich koloběhu v přírodě. **Sinice**, což jsou vlastně fotosyntetizující bakterie, spolu se zelenými řasami ve svrchních vrstvách vlhčích půd fotosyntetizují. Přeměňují tedy pomocí zeleného barviva chlorofylu a pronikajícího slunečního záření vzdušný oxid uhličitý a vodu na organické látky, zejména cukr glukózu. Jako odpadní produkt vylučují kyslík. Některé sinice mají díky specializovaným buňkám schopnost měnit molekuly vzdušného dusíku na anorganické dusíkaté sloučeniny, které mohou rostliny přijímat jako živiny. Toho se využívá třeba při pěstování *ryže*, kdy se vodní rýžová políčka záměrně nechávají zarůstat sinicemi.

Velice významná je role bakterií v koloběhu sloučenin dusíku v půdě. Kromě toho, že uvolňují z odumřelých organismů sloučeniny dusíku a zabudovávají je do humusových látek, tak také mění různé anorganické formy sloučenin dusíku v jiné. Jedinečná je schopnost některých bakterií (říkáme jim **vazači dusíku**) měnit vzdušný dusík (což je velice stálá molekula N_2 , pro jiné organismy nevyužitelná) na anorganické sloučeniny využitelné pro výživu rostlin. Provádějí stejný typ přeměny jako již zmíněné sinice. Tyto bakterie žijí v půdě buďto volně, nebo v symbióze (soužití dvou organismů) s rostlinami. Typické je to pro zástupce čeledi bobovitých (kam patří různé luštěniny – *hrách, bob, čočka, fazol, sója*, nebo pícniny – *jetel, vojtěška*), nebo pro *olše*. Na kořenech obou skupin rostlin najdeme kořenové hlízky obsahující zmíněné bakterie – vazače dusíku. Říkáme jim proto také **hlízkové bakterie**. Bakterie pro rostlinu vytvářejí dusíkaté sloučeniny, rostlina bakteriím dává látky organické a chrání je před účinky kyslíku. Bakterie potřebují prostředí bez kyslíku, a proto rostlina vnější vrstvu hlízky vyplňuje červeným barvivem pohlcujícím kyslík.



Obr. 6: Kořenové hlízký na olši (vlevo) a na hrachu (vpravo)

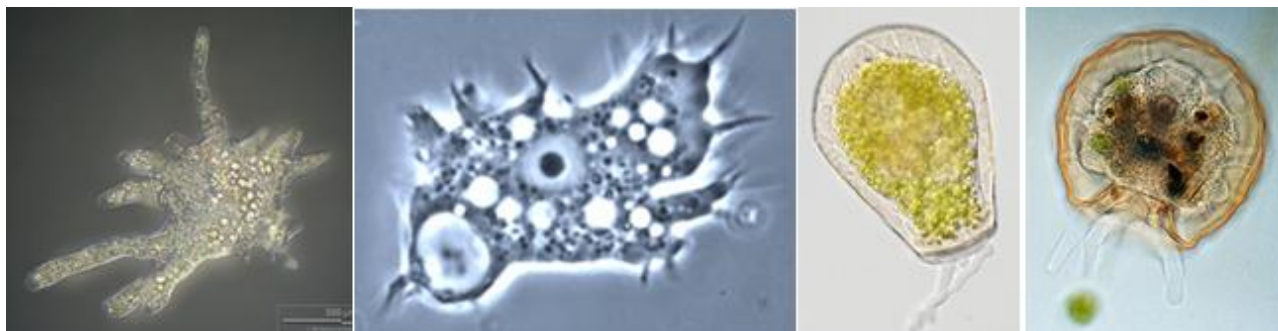
Mezi bakteriemi najdeme i **druhy parazitické**, které způsobují různá onemocnění hospodářských rostlin. Často se projevují rozkladem podzemních orgánů rostlin na mazlavou kaši. Tyto **bakteriální hniloby** často ničí i úrodu nebo zásoby uskladněných plodin. Určitě jste v lednici či ve spíži narazili na mazlavou hnijící mrkev nebo bramboru.

Toho, že některé půdní bakterie dokážou rostlinám „vnutit“ svoji genetickou informaci, využili genetici k tomu, aby do buněk některých hospodářských rostlin vložili pomocí této bakterie některé cizí geny. Vznikají tak **geneticky modifikované rostliny (GMO = geneticky modifikované organismy)**, které jsou například odolné vůči hmyzím škůdcům, déle vydrží během skladování, produkují některé látky důležité pro výživu (např. vitaminy) nebo obsahují dokonce očkovací látky. Pěstování těchto GMO plodin podléhá v České republice určitým pravidlům, ale je možné, že do budoucna některé genetické modifikace pomohou řešit celosvětovou potravinovou krizi nebo epidemie chorob.

Jedna skupina bakterií je typická tím, že produkuje látky potlačující rozmnožování a růst jiných druhů, které jim konkurují. Tyto bakterie se jmenují **aktinomycety**. Poskytují celou řadu **antibiotik**, používaných na léčení bakteriálních onemocnění. Navíc se v půdě starají o rozklad těžko rozložitelných látek, jako je celulóza z buněčné stěny rostlin nebo chitin z buněčné stěny hub a těl členovců.

Kolik druhů bakterií u nás v půdách žije, netušíme. Bakteriální druh se dá popsat tehdy, pokud najdeme podmínky, za kterých ho můžeme v čisté kultuře pěstovat v laboratoři. To se však u většiny druhů dosud nepovedlo. Nové techniky molekulární biologie nám umožňují z koktejlu molekul DNA získaných z půdy odhadovat skutečné počty druhů. Ty jsou mnohem vyšší, než je počet popsáných druhů.

Kromě bakterií je součástí mikroedafonu celá řada drobných organizmů, kterým se souborně říká **prvoci**. Prvoci, stejně jako buňky hub, živočichů a rostlin, mají ve svých buňkách membránové organely, jako jsou mitochondrie, a mají buněčné jádro s několika molekulami DNA v podobě chromozómů, obalené jadernou membránou. Organizmům, které mají takové uspořádání buňky, říkáme **organizmy eukaryotické**. Z těchto vývojově pokročilejších jednobuněčných organizmů najdeme zejména ve vlhčích půdách *měňavky* a jejich příbuzné se schránkou *krytenky*. Vytvářejí na svém povrchu lalokovité panožky, pomocí kterých se pohybují a pomocí kterých také loví bakterie, houbové buňky a jinou potravu.



Obr. 7: Půdní měňavky (vlevo) a krytenky (vpravo)

Z dalších jednobuněčných najdeme v půdě zástupce nálevníků a bičíkvců.

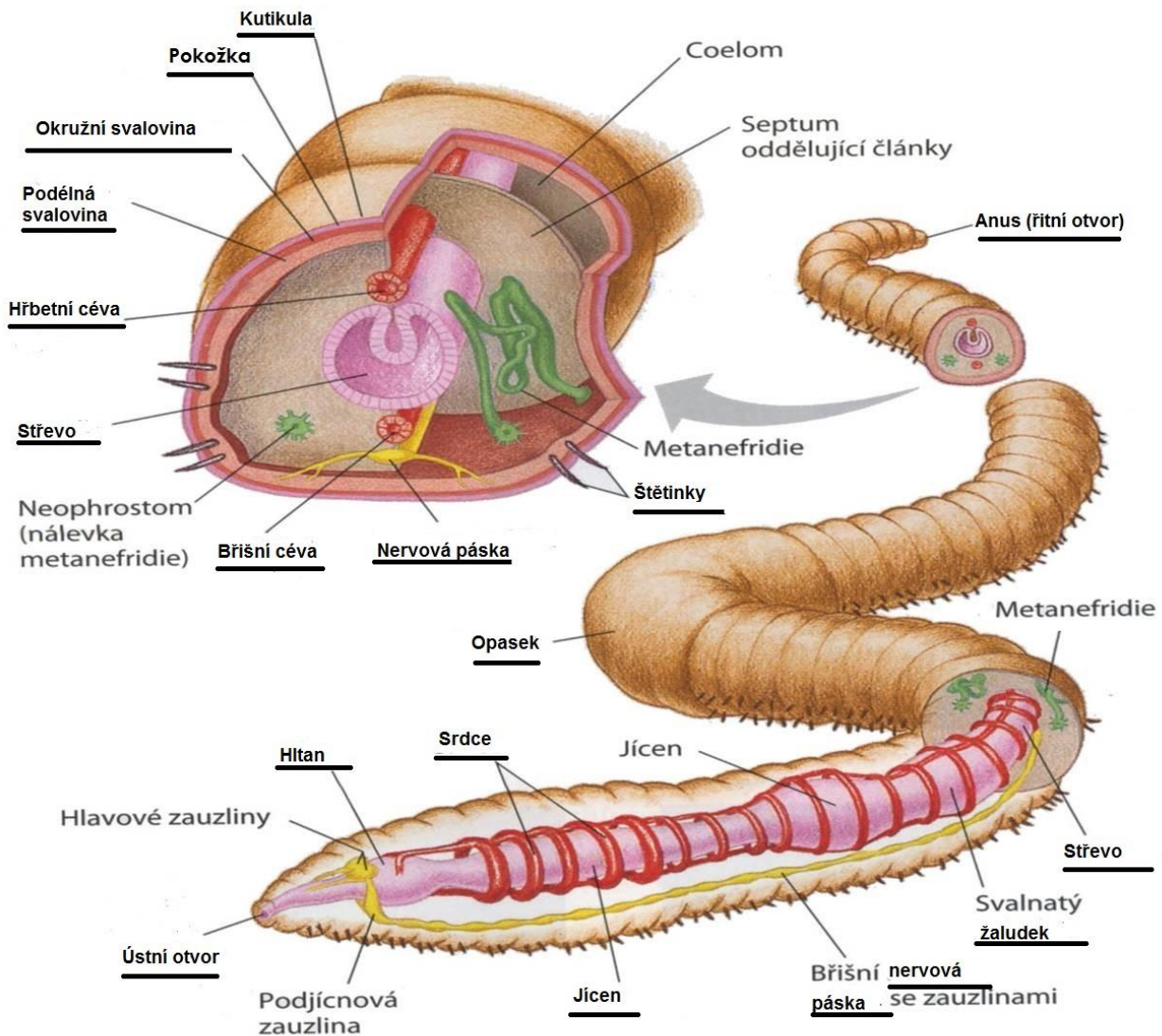
b) Půdní bezobratlí

Půda je ekosystém jako každý jiný a to platí pro všechny úrovně života v půdě, tedy i pro mikroorganismy. Jsou mezi nimi konzumenti prvního řádu – býložravci, kteří se živí nárosty bakterií, vlákny hub nebo kořínky rostlin. Jsou zde saprofágové, žrouti mrtvé organické hmoty, kteří si pochutnávají na odumřelých listech, stoncích a dalších strukturách, které se v půdě nalézají. A jsou zde konzumenti druhého a vyšších řádů – predátoři, kteří loví jiný edafon. K tomu, aby byl edafon bohatý, je potřeba, aby měla půda určité vlastnosti. Musí obsahovat dostatek organických látek, jež jsou obsaženy zejména v opadu z rostlin včetně mechů a kterými se půdní organizmy budou živit. Musí být též dostatečně vlhká – v suché půdě najdeme živé organizmy jen těžko. A nakonec – nesmí obsahovat přemíru některých chemických sloučenin (například látky uvolňované z opadu některých rostlin nebo přímo

rostlinami vytvářené), které by působily agresivně, a snižovaly tak množství organismů, které v půdě přežijí.

1. Kroužkovci

Začneme těmi živočichy, které jste pravděpodobně už všichni v půdě někdy našli – většími bezobratlími. Zřejmě nejznámějším půdním bezobratlým živočichem vůbec je *žížala obecná*, která patří do kmene **kroužkovců**. Většina kroužkovců sice žije ve vodě (například sladkovodní *pijavka lékařská* nebo mořská *nereidka*), někteří se ale přizpůsobili též životu na vlhkých místech souše – tedy například v půdě.



Obr. 8: Stavba těla žížaly (podtržené jsou hlavní znaky)

Žížala obecná, spolu s dalšími druhy žížal, plní v ekologii půdy jednu velmi zásadní úlohu – pomáhá rozkládat organické zbytky. Žížala totiž polyká částice půdy, která je bohatá na nejrůznější rozmělněný organický materiál, který žížala tráví. Její trus se pak opět stává součástí půdy. Do svých chodbiček jsou žížaly schopny zatahovat tlející listy, čímž napomáhají procesu vzniku půdy. Tím, že konzumují půdu a zároveň se v ní neustále pohybují, přispívají značnou měrou k jejímu promíchávání, provzdušňování a kypření. Trus žížal se podílí na vzniku **humusu**. Při pohybu uvnitř půdy pomáhají žížale jemné pohyblivé **štětinky**, které má na článkovaném těle. O jejich přítomnosti se lze snadno přesvědčit, když po těle žížaly přejetete prstem tam a zpět – zatímco ve směru od hlavy k řiti neucítíte žádný odpor, v opačném směru poznáte, že žížalu hladíte „proti srsti“.

Žížala dýchá **celým povrchem těla** – nemá plíce ani žábry. Protože se ale může dostat do míst s nedostatkem kyslíku, potřebuje kyslík někde ve svém těle skladovat – nemůže spoléhat na to, že kolem bude kyslíku vždy dost. K tomu využívá červené krevní barvivo **hemoglobin**. I člověk má ve své krvi hemoglobin, ale ten náš je vázaný v červených krvinkách a uplatňuje se jako dopravce kyslíku ke tkáním. U žížaly slouží hemoglobin k ukládání kyslíku, což se jí náramně hodí, když se dostane do prostředí bez kyslíku. To se stane například po silném dešti. Žížala totiž přijímá kyslík ze vzdušných prostorů mezi částicemi půdy. Když zaprší, chodbičky zaplaví voda a vzduch z nich vytlačí. Tehdy žížaly vylézají na povrch. Ale protože nemají tělo dostatečně chráněné kožními barvivy proti účinkům slunečního záření, často najdeme po dešti spousty mrtvých žížal.

Žížaly jsou hermafrodité (obojetníci) – nemají tedy oddělená pohlaví, ale každý jedinec dovede produkovat pohlavní buňky samčí (**spermie**) i samičí (**vajíčka**). Rozmnožování žížal je velmi zajímavé. Při páření se k sobě žížaly přikládají zvláštními rozmnožovací orgány v přední části těla, čímž si vymění spermie. Každá žížala následně vytvoří na **opasku** (několik zduřelých tělních článků umístěných v přední třetině těla) pevný bílkovinný útvar – obal budoucího **kokonu**. Do obalu umístí svá vajíčka a spermie, získané od jiné žížaly. Obal s vajíčky a spermiemi při tom posouvá po těle dopředu a nakonec ho svlékne přes hlavový konec a zanechá jej

v půdě. Uvnitř kokonu dochází ke splynutí pohlavních buněk a vývinu vajíček.

Nakonec se z kokonu vylíhne většinou jediná mladá žížala.

V půdě a v zetlelém listí můžeme kromě žížal potkat i další zajímavé kroužkovce, například daleko menší bílé *roupice*, které rovněž mají opasek a také se podílejí na vzniku a kypření půd. Zajímaví kroužkovci žijí v lesní opadance deštných lesů jihovýchodní Asie. Jsou to *zemní pijavice*, které, na rozdíl od svých příbuzných z našich řek, potoků a rybníků, opustily vodní prostředí a vydaly se na souš. Vlhká půda v kombinaci s neustále velmi vlhkým vzduchem zabraňuje jejich vyschnutí. Tyto pijavice představují pro cestovatele nepříjemnou součást pralesa – živí se totiž krví teplokrevných živočichů a často napadají i člověka. Naštěstí však nepřenášejí žádné známé choroby.

2. Ploštěnky

Pijavice z jihovýchodní Asie nejsou jediné zemní organizmy, jejichž blízké příbuzné známe z vodního prostředí. Podobně se na souš vydaly i **ploštěnky**. Jistě znáte naše vodní ploštěnky, mnohé z nich patří dokonce k **bioindikátorům** čistoty vod (jejich přítomnost v potoce dokazuje, že voda v něm je čistá). Málokdo ale ví, že některé ploštěnky vodu opustily a přizpůsobily se životu ve vlhkých půdách. Řada z nich žije podobně jako zemní pijavice v tropických deštných lesích, ovšem některé suchozemské ploštěnky můžeme najít i na území České republiky. Příkladem takové ploštěnky je *ploštěnka lesní* z vlhké opadanky našich listnatých lesů. Mezi suchozemskými ploštěnkami lze najít i některé nebezpečné **invazní druhy**. Tyto druhy u nás nejsou původní, rychle se šíří a ohrožují původní druhy a společenstva. Příkladem velmi nebezpečného invazního druhu ploštěnky je *ploštěnka novozélandská*, která se z Nového Zélandu rozšířila do Velké Británie. Živí se žížalami, a protože britské žížaly nejsou na takovéto predátory zvyklé, způsobila ploštěnka novozélandská v Británii značné škody.

3. Plži

V hrabance se také setkáme se spoustou různých **plžů**. Většina druhů dává přednost půdám s vysokým obsahem **uhličitanu vápenatého** (tedy půdám na vápencovém podloží), protože uhličitan vápenatý je hlavní stavební složkou jejich ulit. V půdách s nízkým obsahem uhličitanu vápenatého se vyskytují hlavně **plži bez ulit** (například *slimáci* a *plzáci*). Z plžů s ulitou zde najdeme jen několik druhů, které dokážou

v takovém prostředí přežít (například *hlemýžď zahradní* nebo *plamatka lesní*). Zajímavými ostrůvky výskytu plžů s ulitou jsou staré zříceniny hradů. Při jejich stavbě se totiž používala malta obsahující vápno, tedy bohatá na vápník. Proto žije ve starých zříceninách mnoho druhů plžů, které se v okolní krajině nevyskytují. Z plžů, pro které je typické spíše půdní prostředí, jmenujme například různé druhy *závornatek* s podlouhlou, zašpičatělou ulitou nebo *zuboústku trojzubou*, která má jako jeden z mála našich plžů ochlupenou schránku. Plži sice patří k organismům, které vyhledávají místa, kde se půda tvoří, nebo místa na rozhraní půdy a okolního prostředí (najdeme je třeba pod padlými kmeny, v hrabance nebo pod mechem), ale hluboko v půdě (jako například žížaly) bychom je obvykle hledali marně.

4. Členovci

Nejpočetnějším kmenem živočichů jsou **členovci** – najdeme je ve všech typech prostředí včetně půdy.

Drápkovci

Než se ale podíváme na půdní členovce, představíme si ještě jednoho velmi zajímavého cizokrajného živočicha, který je členovcům blízce příbuzný a je vázaný na vlhkou hrabanku, vlhký trouch nebo mech. Je to *drápkovec*. Drápkovci, velcí až 15 cm, vypadají trochu jako měkké stonožky, avšak jedná se o samostatný kmen bezobratlých – jediný dnes žijící kmen živočichů, jehož zástupci nežijí ve vodě. Vyskytují se v tropických oblastech (např. ve Střední Americe) a v mírném pásu jižní polokoule (např. v Jihoafrické republice nebo na Novém Zélandu). Jsou to predátoři – a mají velmi zvláštní způsob, jakým chytají kořist. Z úkrytů v hrabance či pod kůrou stromů vylézají až za soumraku a pátrají po drobném hmyzu a jiných podobných organizmech. Když najdou kořist, vystříknou na ni ze zvláštních žláz na hlavě rychle tuhnoucí látku, která znemožní kořisti utéct. Pak ji v klidu zkonzumují. Stejný postup uplatňují drápkovci i při obraně před predátory. Drápkovci představují velmi podivuhodnou a málo známou skupinu organismů.



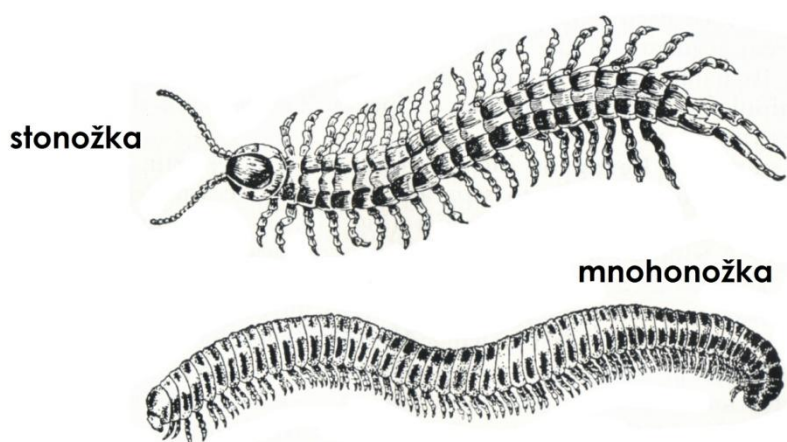
Obr. 9: Drápkovec

4. A – Stonožkovci

Nyní už ale pojďme ke členovcům. V půdě se jich vyskytuje velké množství. Podívejme se nejprve na zástupce skupiny stonožkovců. V lesní opadance i pod kameny u cest můžeme často spatřit **stonožky**. Poznáme je podle toho, že bývají zploštělé a z každého článku těla vyrůstá jeden pár nohou. První pár nohou stonožek je přeměněn v tzv. **kusadlové nožky**, do kterých ústí jedové žlázy a stonožky jimi chytají kořist. Jedná se tedy o predátory. Naopak poslední pár nohou, tzv. **vlečné nohy**, jsou vlastně jakýmsi zadními tykadly s hmatovou a světločivnou funkcí. Stonožky používají jed z kusadlových nožek i při obraně před jinými predátory a snadno se může stát, že i člověk je stonožkou při neopatrné manipulaci pokousán. V našich podmínkách je kousnutí stonožek, třeba *stonožky škvorové*, jen nepříjemné, avšak ve Středomoří se můžeme setkat s velkými *stonohami*, které mohou dětem a starým lidem způsobit i vážnější zdravotní potíže. V půdě nalezneme i menší zástupce stonožek, například *zemivky*. Jejich tělo je podstatně jemnější a tenčí než tělo stonožky škvorové, má však daleko více článků, takže je o poznání delší. Druhou skupinou stonožkovců jsou **mnohonožky**. Na rozdíl od stonožek jsou býložravé nebo **saprofágní** (živí se odumřelými zbytky organizmů). Jejich tělní články vznikly splynutím původních dvou článků, takže z každého vyrůstají **dva**

páry kráčivých nohou. Mnohonožky nemají velké kusadlové nožky – jako býložravci je nepotřebují. Jejich obranná strategie před predátory je podobně jako u stonožek založena na chemické obraně. Z kloubů a mezer mezi články dovedou mnohonožky vypouštět čpavou látku odporného zápachu a chuti, obsahující např. prudce jedovatý **kyanovodík**. Dotýkat se mnohonožek v našich podmínkách není nebezpečné, ale v případě konzumace mnohonožky hrozí značné zdravotní obtíže, u tropických obřích zástupců dokonce smrt. Kromě jedu se navíc mnohonožky v obranné reakci často stáčí do klubíčka nebo spirály. Protože mají velmi pevnou kutikulu, jsou pro ptáky nebo jiné predátory těžko uchopitelné.

K mimořádně zajímavému jevu dochází v souvislosti s mnohonožkami na Madagaskaru, kde žijí jedni z největších zástupců této skupiny. Látky, které vypouštějí na svou obranu, mají na savce omamné účinky (působí jako drogy). Toho využívají *lemuři*, kteří mnohonožky olizují, aby si navodili příjemné psychické prožitky – chovají se tedy podobně, jako lidé, kteří užívají drogy.



Obr. 10: Rozdíl mezi stonožkou a mnohonožkou

Přestože kutikula (vnější kostra) členovců je tvořena **chitinem**, některé skupiny si ji zpevňují ještě uhličitanem vápenatým. Mezi takové členovce patří i mnohonožky, takže je, podobně jako plže s ulitou, nacházíme nejvíc v oblastech s vápencovým podložím. Z našich druhů mnohonožek uveďme *mnohonožku lesní*, případně menší a zavalitou *svinuli lesní*, která svým vzezřením nápadně připomíná stejnonohé korýše (svinky), o kterých bude ještě řeč. Zvláštními mnohonožkami jsou *plochule*, které

mají, na rozdíl od ostatních mnohonožek, zploštělé tělo, a mohou tak vzdáleně připomínat stonožky. Od nich je ale spolehlivě odlišíme pohledem na spodní stranu těla, kde uvidíme dva páry nohou na každém článku, a naopak neuvídíme kusadlové nožky na hlavě.

4. B – Pavoukovci

Dalšími hojnými půdními členovci jsou **pavoukovci**. V Evropě se v hrabance listnatých lesů můžeme setkat s malými druhy **štírů**, například se *štírem kýlnatým* a mnoha příbuznými druhy. V minulosti žil štír i u nás, avšak byl vyhuben (na některých místech ale žijí štíři, zavlečení ze Středomoří). V Alpách se s štíry můžeme běžně setkat v lese. V podzemí žije i řada pavouků. Například *sklípkánek pontický* žije v teplejších oblastech ČR, hlavně ve stepích, kde si vyhrabává chodbičky v půdě, ze kterých chytá kořist (o její blízkosti se přesvědčí podle záchvěvů vláken pavučiny, která natahuje kolem nory). Podobnou strategii využívají i mnozí cizokrajní *sklípkani*. Mnozí jiní pavouci, například náš *stepník rudý*, se zase v norách rozmnožují. Samice v podzemí po určitou dobu hlídá potomstvo, nakonec uhyne a její tělo poskytne mladým pavoukům potravu. Podobnou strategii (využívání nor k úkrytu či rozmnožování) používá celá řada pavouků.

Prakticky všudypřítomní jsou v půdě **roztoči**, kteří uplatňují všechny možné strategie výživy – někteří jsou predátoři, jiní býložravci, další saprofágové a například *klíšť obecné* je parazit. V půdě se setkáme s velkým množstvím druhů ze skupiny *pancířníků*, kteří jsou významnou složkou půdního ekosystému. Velkou měrou se totiž účastní koloběhu prvků a stejně jako žížaly se i mnohé druhy pancířníků podílejí na rozkladu organického materiálu a jeho přeměně v půdu.

Z pavoukovců nacházíme v půdě ještě *štířky*. Tito drobní živočichové mohou vzdáleně připomínat štíry, ale na rozdíl od nich nemají zúžený zadeček s jedovým bodcem. Místo toho mají jed ve svých klíšťkovitých makadlech. Jsou to predátoři – loví v půdě jiné drobné živočichy, například roztoče nebo hlístice. Zajímavé je, že se s nimi setkáváme také v prostředí nadmíru podivném – často je najdeme ve starých

knihách, kde loví *pisivky*, drobný hmyz, který se živí suchým starým klišem a papírem.



Obr. 11: Pancírník (vlevo) a štírek (vpravo)

4. C – Korýši

V hrabance se také setkáme se spoustou **korýšů**. Korýši ze skupiny **stejnonožců** vyhledávají opadanku listnatých i jehličnatých lesů, často je nacházíme pod kmeny či pod kameny. Patří mezi ně například *svinka* nebo *stínka*, která se na rozdíl od svinky nedovede v obranné reakci svinout do klubíčka.

4. D – Hmyz

Velmi početnou složkou edafonu je **hmyz**. Mnoho druhů hmyzu žije sice ve stadiu dospělce mimo půdu, ale v půdě se vyvíjejí **larvy**. Půdní larvy má například spousta druhů **brouků**. Velké, tučné larvy, známé jako **ponravy**, mají zástupci listorohých brouků, tedy například *chroust obecný* nebo *zlatohlávek zlatý*. Ponravy žerou tlející listy nebo dřevo, případně (jako například u zmíněného chrousta) okusují kořeny rostlin. Podobným způsobem se živí i larvy *dřepčíků* a larvy *kovaříků*, které označujeme jako **drátovce**. Jsou štíhlé a dlouhé a na rozdíl od ponrav je jejich kutikula velmi tvrdá. Pozoruhodná strategie vývoje larev se vyvinula u **chrobáků** a **vrubounů**. Samička vyhrabe pro larvy noru, často i půl metru hlubokou, do které nanosí potravu. Tou bývá často trus různých savců. Mnozí zástupci těchto skupin, třeba náš *chrobák vrubounovitý* nebo středomořský *vruboun posvátný*, uválejí pro

larvy z trusu kuličku. Naši nejběžnější chrobáci (*chrobák lesní* a *chrobák jarní*) však kuličku válet nedovedou. Na trusu v komůrce pod zemí se vyvíjí larva, kterou podobně jako u listorohých označujeme jako **ponravu**. Velmi zvláště se vyvíjejí i larvy *hrobaříků*, pro něž jejich rodiče zahrabou do půdy mrtvolku drobného obratlovce, na které se pak larvy živí. Hrobaříci jsou mezi brouky zajímaví i tím, že o potomstvo pečují oba rodiče.

Mnozí brouci žijí v půdě či hrabance i ve stadiu dospělců. Drobní *hmatavci* vzhledem k životu ve tmě někdy dokonce ztrácejí zrak a podobně jako ostatní *drabčící*, do jejichž čeledi patří, mají i oni obvykle zkrácené krovky. V půdě žijí také mnozí *nosatci*, kteří se zde živí suchými větvičkami či drobnými houbami, a také *střevlíci*, kteří jsou zpravidla draví a loví ostatní zástupce edafonu. Z opravdu drobných brouků zmiňme *pírňíky*, kteří mají blanitá křídla pod krovkami přeměněna v třásnité útvary, za které se nechávají unášet větrem. Pírňíci jsou považováni za nejmenší brouky na světě.

Dalšími významnými zástupci edafonu jsou například **samotářské včely**, protože většina z nich v chodbičkách v půdě hnízdí. Mezi typické druhy patří *pískorypky*.

Mravenci si zase v půdě budují rozsáhlá mraveniště, která mohou být prostředím pro jiné specializované druhy bezobratlých (*rybenky*, *drabčíky*, housenky některých *modrásků*). Z našich mravenců si hnízda v půdě staví naprostá většina druhů, včetně *mravence obecného*.

V Jižní Americe si *mravenec stříhač* (*Atta*) staví obrovská podzemní hnízda. Mravenci nosí do podzemí kousky listů, které pak další mravenci rozžvýkají a následně na nich pěstují houbu, kterou se všichni mravenci v mraveništi živí.

Půda skýtá vhodné prostředí i pro mnohé druhy *škvorů* a *švábů*. Mezi šváby jsou nově řazeni též cizokrajní *všekazi*, známější pod lidovým označením *termiti*, kteří svá rozsáhlá hnízda mnohdy budují také v podzemí. Vysoké komíny, považované za vlastní termitiště, jsou obvykle jen speciálním chladicím zařízením pro hnízdo pod povrchem. Zajímavou vlastností všekazů je schopnost trávit celulózu, onen složitý stavební materiál rostlinných buněk. Živočichové to totiž běžně nedovedou. Všekazi této schopnosti dosahují tak, že ve střevě hostí **sybiotické mikroorganismy** – bakterie a bičíkovce, kteří celulózu trávit dovedou.

Velmi známým druhem podzemního hmyzu na našem území je *krtonožka obecná*, která má přední pár končetin přeměněn v hrabavé nohy a dovede budovat nory a chodby. Najdeme ji nejčastěji blízko vod, například v hrázích rybníků, odkud se zvečera rozléhá její hluboký cvrkot. Ke vzniku takto mohutného a hlasitého zvuku pomáhá právě nora, z jejíhož ústí krtonožka cvrká.

Představili jsme si mnohé zajímavé bezobratlé většího vzrůstu, které lze potkat v půdě. Najdeme tu ale i mnoho o poznání menších druhů bezobratlých živočichů.

5. Hlístice

Ve vodě, která se v půdě nachází a dodává jí vlhkost, se pohybuje řada drobných **hád'átek**, hlístic z příbuzenstva parazitických škrkavek a roupů. Hlístice nasávají do trávicí trubice bakterie či odumřelý organický materiál, tu a tam se najdou také dravé, parazitické nebo býložravé druhy. Známé je *hád'átka řepné* parazitující na řepě. Dalším hád'átkem, které v půdě najdeme, je *hád'átka obecné*. Tento živočich patří k nejvýznamnějším druhům organizmů pro biologickou vědu – je to totiž jeden z tzv. **modelových organizmů**. Tímto pojmem označujeme druhy, které se v laboratoři často používají k nejrůznějším výzkumům. Pokud tedy chce vědec zkoumat třeba některé jevy na úrovni buněk v těle živočicha, jedním z druhů, který si k výzkumu zvolí, bude možná právě hád'átka obecné. Zajímavé je, že hád'átka obecná dovedou přečkávat nepříznivé podmínky v klidové formě tzv. **cysty**. Takové cysty hád'átek mohou přežít i naprosto neuvěřitelné extrémy. Nádoba s hád'átky byla též na palubě raketoplánu Columbia, který v roce 2003 při návratu na Zemi shořel v atmosféře. Tragicky v něm tehdy zahynuli všichni lidští členové posádky – ne však hád'átka. Nádoba s nimi byla po čase nalezena mezi troskami a hád'átka uvnitř byla živá.

6. Želvušky

Ještě extrémnější podmínky dovedou přečkat *želvušky*. Jsou to podivné organizmy (příbuzné členovcům a dříve zmíněným drápkovcům), které se živí odumřelými částmi rostlin, případně vysávají vlákna hub a rostlinné šťávy. Mají osm nožek zakončených drápkou. Jejich přečkávání nepříznivých podmínek spočívá ve schopnosti uvést se do stavu tzv. **anabiózy**. Při anabióze želvuška téměř vyschne (podle některých odhadů se obsah vody v jejím těle sníží na pouhých 3 % normálu) a prakticky zastaví své životní funkce. Při opětovném zvlhnutí želvuška vodu do těla opět nasaje a znovu normálně žije. Ve stavu anabiózy dovedou želvušky přežít neuvěřitelné věci – pobyt v kapalném dusíku, var ve vodě nebo dokonce vysoké dávky radioaktivního záření. Uvažuje se, že

v anabióze by želvušky bez větších problémů přežily i ve volném vesmíru.



Obr. 12: Želvušky

7. Chvostokoci

Důležití jsou v půdě také *chvostokoci*. Tito živočichové dovedou skákat a mají k tomu jedinečný skákačí orgán, **skákačí vidlici** na zadečku. Tento článkovaný útvar je v klidu složený pod tělem chvostokoka, ale v případě potřeby je schopný se prudce napřímit a rychle ho vymrští až na vzdálenost několika desítek centimetrů.



Obr. 13: Chvostokok se skákačí vidlicí složenou pod zadečkem

8. Další členovci

Hmyzenky sice neumějí skákat, ale mají jinou podivuhodnou specializaci. Během vývoje přišly o tykadla, ale v tmavém prostředí hmatový orgán potřebují. Proto se na útvary podobné tykadlům přeměnil první pár nohou. V půdě se pohybují též *rybenky*, které se již řadí do skupiny hmyzu. Příbuzné rybenek jsou teplomilné *chvostnatky*. Ty jsou sice poměrně velké, ale pro jejich příbuznost

s rybenkami je zmiňujeme až nyní. Chvostnatky, podobně jako chvostokoci, dovedou rovněž velmi obratně skákat. Nemají k tomu ale skákačí vidlice – místo toho skáčou pouze obratným škrbnutím a mrsknutím tělem a dlouhými štěty na konci zadečku.

c) Obratlovci

Obratlovci mohou v podzemí trávit celý život a na povrch vycházet jen zcela výjimečně, jako je tomu třeba u *krtka obecného*. Většina obratlovců ale žije v podzemí i mimo něj a nory využívá jen k určitým účelům, například k přezimování (*zmije obecná*), hledání potravy (*kolčava*, *hranostaj*), uskladnění zásob (*křeček polní*) nebo jako útočiště i místo k výchově potomků (*jezevec lesní*, *králík divoký*).

Význam podzemních obratlovců pro kvalitu půdy je srovnatelný s bezobratlými.

- Hloubením chodeb přemísťují velké množství materiálu a mění strukturu i vlastnosti půdy. Provzdušňují ji a umožňují pronikání vody do půdy.
- Do nor vnášejí rostlinný materiál jako podestýlku v doupatech nebo jako zásobu potravy. To, co nespotřebují, se postupně rozkládá nebo slouží jako potrava jiným organismům.
- Trusem, který odkládají buď přímo v podzemí, nebo na povrchu půdy, obohacují prostředí o další cenné látky.
- Budovatelé podzemních chodeb poskytují úkryt i mnoha „hostům“, kteří by si sami noru vyhrabat nedokázali.

Význam obratlovců v edafonu je tedy zásadní a vyhubení či naopak přemnožení některého druhu má dopad na celý ekosystém.

V půdním ekosystému mohou hrát obratlovci roli **konzumentů 1. řádu** (býložravci okusují hlízy a živé kořeny – například *hrabošík podzemní* nebo *hryzec vodní*) nebo **konzumentů vyšších řádů** (loví jiné podzemní živočichy – například *jezevec lesní*).

Adaptace na život v podzemí

Potřeba a schopnost hrabat podzemní úkryty se vyvinula nezávisle na sobě u různých skupin obratlovců v různých částech světa. Odborníci se domnívají, že hlavním podnětem k přechodu na podzemní způsob života před 45–35 miliony lety se v průběhu období třetihor stala změna klimatu. Začalo se ochlazovat a přibýlo srážek, takže podnebí bylo mnohem vlhčí.

Život v podzemí přináší výhody i nevýhody. K výhodám patří poměrně stálé podmínky. V norách nekolísá teplota ani vlhkost tak výrazně jako na povrchu (obr. 41 na straně 44). Nevýhodou je poměrně málo kyslíku a především trvalá tma. Jak tedy obratlovci v takových podmínkách dokážou přežít? Díky adaptacím, které jsou pro většinu podzemních druhů velmi podobné.

1. Smysly

a) Zrak

Dokonalý zrak není pro trvalý život v podzemí důležitý, a proto nebývá nijak dobře vyvinutý. Oči jsou malé nebo dokonce úplně zakrnělé. Naproti tomu mají podzemní obratlovci skvěle vyvinutý sluch, hmat a čich.



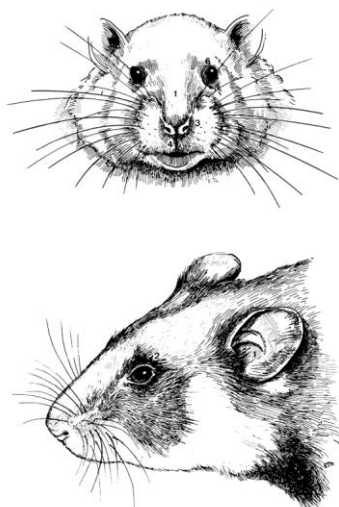
Obr. 14: Krtek obecný má oči velmi malé, ukryté v srsti.

b) Hmat

Hmatové chlupy mají savci. Rostou nejen na čenichu a nad očima, ale také na ocase a na těle, zvláště na bocích. Zvířata jimi vnímají své okolí, což je zvláště důležité pro orientaci v tmavých chodbách. Pomocí hmatu dokážou zaznamenat i chvění půdy. Některé druhy, například severoamerický *krtek hvězdonosý*, mají kromě chlupů i zvláštní výrůstky na čenichu, kterými rovněž vnímají hmatové podněty z bezprostředního okolí.



Obr. 15: Hmatové chlupy na čenichu a ocase bělozubky



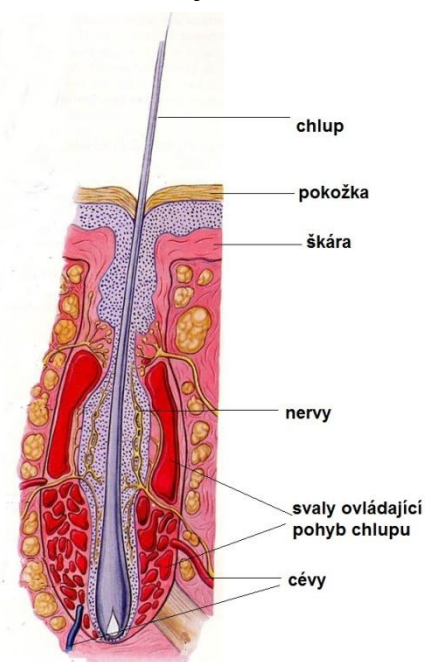
Obr. 16: Hmatové chlupy na čenichu křečka polního



Obr. 17: Hmatové výrůstky na čenichu krtek hvězdonosého

Hmatové chlupy neboli vibrisy jsou silnější a pevnější než běžné krycí chlupy na těle. Nejsou v nich žádná nervová zakončení a vyrůstají ze zvláštního chlupového váčku. Ten je bohatě prokrvený a protkaný mnoha nervy. Například myš, křeček nebo králík mají v jediném speciálním chlupovém váčku 100–200 nervových zakončení. Ta působí jako mechanoreceptory – vnímají až osm různých mechanických podnětů. Hmatové chlupy na čenichu jsou uspořádané do pravidelných obloučků nebo řad a jejich počet je pro každý druh typický.

Obr. 18: Uložení hmatového chlupu



c) Čich a chuť

Čich a chuť jsou vzájemně propojené. V podstatě platí, že zatímco čich velmi dobře funguje i samostatně, chuťové vjemy jsou bez čichových potlačené. Znáte to ostatně i vy – když máte rýmu, nemáte na nic chuť a všechno jídlo vám připadá stejné. V obou případech je podstatou vnímání chemický rozbor molekul, které podráždí čichové nebo chuťové buňky. Tyto buňky označujeme obecným názvem jako **chemoreceptory**.

Citlivý čich je pro podzemní obratlovce velmi důležitý. Prostřednictvím pachů živočichové vyhledávají potravu, zjišťují přítomnost ostatních členů kolonie nebo naopak nežádoucích vetřelců. Pachy se uplatňují i při vzájemném dorozumívání, vyhledávání partnera a péči o mláďata.

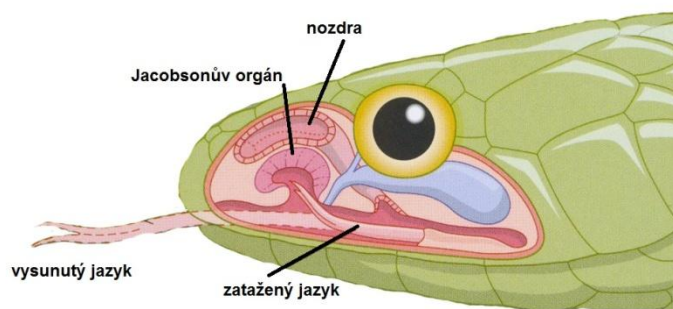
Pro vnímání čichových podnětů musejí mít živočichové příslušné **smyslové buňky** neboli receptory. U obratlovců se nacházejí ve sliznici v nosní dutině. Jsou opatřené drobnými řasinkami a vylučují hlen.

Pachové molekuly jsou vlastně plynné molekuly, často velmi malé, které se šíří vzduchem i vodou, mnohdy na velké vzdálenosti. U suchozemských obratlovců jsou pachové molekuly unášené vzduchem zachycovány řasinkami čichových buněk. Hlen, který pokrývá nosní sliznici, napomáhá k lepšímu zachycení pachových molekul.

Pro obratlovce jsou důležité dva typy pachových látek. Jednak ty „běžné“, které se šíří vzduchem všude kolem nich a označujeme je jako těkavé, jednak feromony.

Feromony vylučují přímo živočichové a pro každý druh jsou molekuly feromonů typické. Proto hrají nesmírně důležitou roli při vzájemném dorozumívání páru, rodiny nebo kolonie. Obratlovci jsou schopni vnímat feromony jen v rozpuštěném stavu, a proto využívají společné působení čichu a chuti. Při setkání dvou jedinců stejného druhu se proto nejen očíhají, ale často i olíznou. Feromony se rozpustí ve slinách a zvíře lépe pozná, zda ten druhý je člen rodiny, nebo ne.

Někteří obojživelníci, plazi a savci mají takzvaný vomeronasální neboli **Jacobsonův orgán**. Je to vychlípenina ústní dutiny. Pomocí tohoto orgánu živočichové vnímají i ty pachy, které se k nosní sliznici nedostávají nosem, ale ústy. Proto třeba hadi nebo někteří ještěři neustále kmitají rozeklaným jazykem. Nabírají z okolí pachové molekuly, přenášejí je do Jacobsonova orgánu a zjišťují, zda se v okolí nenachází potrava, partner nebo nebezpečí – a to i ve tmě.

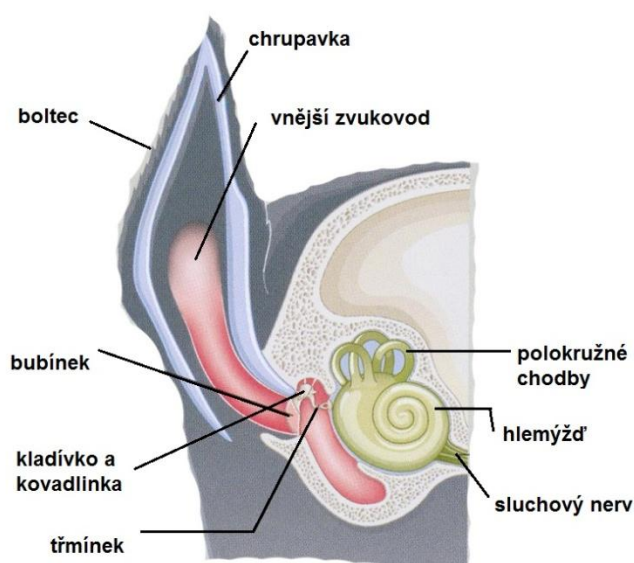


Obr. 19: Jacobsonův orgán u plazů

d) Sluch

Podstatou sluchu je schopnost zachytit zvuky. Zvuk vzniká chvěním vzduchu, které má podobu vlnění. Každé vlnění je možné vyjádřit pomocí frekvence (jak často se

vlny opakují) a amplitudy (jak moc kmitají). Vlnění naráží na bubínek, což je jemná blána napnutá na vstupu do středního ucha. Ta se rozechvěje a přenáší vlnění na **sluchové kůstky** (u savců to jsou kladívko, kovádlínka a třmínek), které ho zesilují a přenášejí dál. Vlnění se pak šíří do vnitřního ucha (což je soustava chodeb vyplněných tekutinou) a dráždí citlivé obrvené buňky, které ho přenášejí do mozku. Savci mají na rozdíl od jiných obratlovců **ušní boltec**, který slouží k zachycení zvuků. Podzemní savci mají boltce velmi malé, často v srsti téměř neviditelné, protože by jim překážely.



Obr. 20: Stavba ucha savců

Sluch mnoha podzemních obratlovců je vyladěn na zvuky s nízkou frekvencí, tedy na hluboké tóny, které lidské ucho nezachytí a pro zvířata, žijící na povrchu, jsou rovněž téměř neslyšitelné. Tyto zvuky se totiž půdou nesou mnohem lépe a dál než zvuky s vyšší frekvencí.

Například tchoř vnímá zvuky v rozpětí 16 až 12 000 Hz, zatímco netopýr slyší zvuky v rozpětí 2 000 až 110 000 Hz. Přitom jako **infrazvuk**, tedy zvuk o nízké frekvenci, pod hranici vnímání lidského ucha, je označován zvuk pod hranicí 20 Hz. Zvuky nad hranici vnímání lidským uchem, tedy nad 20 000 Hz, se nazývají **ultrazvuk**.

e) Další smysly

Kromě těchto základních smyslů se dokážou živočichové v podzemí orientovat i pomocí dalších podnětů, které nadzemní obratlovci včetně člověka nevnímají. Zvláště citliví jsou na otřesy půdy.

Africký *zlatokrt* má zvětšené kůstky ve středním uchu, které pracují podobně jako seizmograf – přístroj zaznamenávající otřesy při zemětřesení. Díky nim postřehne i drobný hmyz, který se pohybuje v jeho okolí.

Další africký savec je *rypoš*. Rypoši tráví prakticky celý život pod zemí. Mají zakrnělé oči, ale dokážou velmi citlivě vnímat nejen otřesy půdy, ale i malé změny elektromagnetického pole Země. Mnozí podzemní živočichové mají velmi dobře vyvinuté **vnitřní biologické hodiny**, které je informují o tom, zda je den nebo noc, jaro nebo zima. To je důležité, aby se nemohlo stát, že se vynoří na povrchu během dne, kdy by jim hrozilo nebezpečí, a také aby sladili roční rytmus rozmnožování tak, aby mláďata přicházela na svět ve vhodnou dobu.

2. Další přizpůsobení

K dalším adaptacím na hrabavý způsob života patří **tvar těla, vybavení pro hrabání, pomalý metabolismus a méně dokonalá termoregulace**, což všechno souvisí s nutností omezit energetické ztráty.

a) Tvar těla

Hrabání je velmi namáhavé a vyžaduje spoustu energie. Proto jsou savci, kteří budují rozsáhlé soustavy podzemních chodeb, spíše malí a zakulacení, s krátkým nebo žádným ocasem a malými boltci. Nevyzařují pak tolik tělesného tepla, protože mají vzhledem k objemu těla malý povrch. Naproti tomu obojživelníci a plazi trávící život pod zemí mívají protáhlé tělo a slabé končetiny nebo je mají úplně zakrnělé.

Tropičtí obojživelníci červoři připomínají spíš velké žížaly než žáby nebo mloky.



Obr. 21: Jihoamerický zástupce červorů

Tím se ovšem dostáváme k tomu, jak vlastně podzemní obratlovci razí a udržují chodby, v nichž žijí. U různých skupin se vyvinula různá zařízení, jež tomuto účelu slouží. Krtek obecný má k hrabání uzpůsobené přední končetiny. Ramenní kosti i kosti předloktí jsou zkrácené, zatímco tlapy jsou rozšířené a opatřené silnými drápy. Jimi krtek rozrývá půdu a hrne ji směrem dozadu.

Již zmínění rypoši mají končetiny poměrně slabé a k tvorbě chodeb používají zvětšené hlodáky. Jako rypadlem jimi ukrajují půdu a nohama ji pak odhrnují.



Obr. 22: Rypoš obří je typickým příkladem savce žijícího trvale v podzemí.

Beznozí obojživelníci a plazi si razí cestu podzemím pomocí špičaté hlavy. Někdy mají „na čele“ ploché, zvětšené štítky, které používají jako beranidlo k rozhrnování půdy.



Obr. 23: Africký had *šípovec nosatý* má hlavu utvářenou jako rypadlo. O životě v šeru svědčí i velké oči.

b) Metabolismus

Také zpomalené tělesné pochody šetří energii. Obratlovci trávící většinu času v podzemí nebývají příliš rychlí. Nemají to totiž zapotřebí, protože neloví hbitou kořist. S tím souvisí i skutečnost, že snížit výdej energie lze i tím, že tělesná teplota živočicha není trvale na stálé úrovni. Jakmile poklesne, znamená to opět zpomalení tělesných pochodů. Proto mnozí z těchto živočichů (například *sysli* nebo *křečci*) tráví určitou dobu ve stavu strnulosti – upadají do zimního či letního spánku. Pravý zimní spánek označujeme jako **hibernaci**, letní spánek jako **estivaci**. V obou případech dochází k poklesu nebo zpomalení základních životních funkcí, a tím i k menší spotřebě energie.

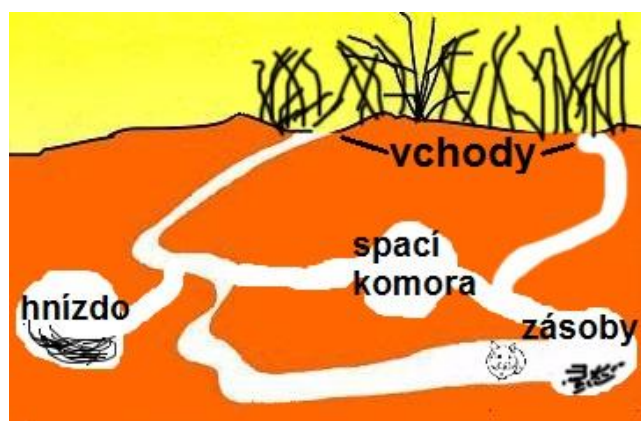
Příklady obratlovců žijících v podzemí

A) Typicky podzemní obratlovci si sami budují rozsáhlou soustavu podzemních chodeb a nor, kterou neopouštějí téměř vůbec nebo jen krátce za účelem hledání potravy nebo rychlého přemístění. Do podzemí vede několik vchodů a chodby se místy rozšiřují v různě velké komory. Slouží jim k spánku, jako spižírny nebo pro odchov mláďat. Tito savci totiž rodí mláďata nedokonale vyvinutá, holá, se

zavřenýma očima a neschopná pohybu. Podzemní hnízdo jim zaručuje větší šanci na přežití do doby, než se osamostatní.

Hlodavci

K nejznámějším podzemním hlodavcům patří zástupci hrabošů, jako je *hraboš polní*, *hrabošík podzemní*, *norník rudý*, *hryzec vodní* nebo *ondatra pižmová*. Mají zakulacené tělo, krátké nohy, málo odlišený krk a kratičký ocas. Oči i ušní boltce jsou drobné. Hraboši žijí většinou samotářsky a hrabou si poměrně jednoduché chodby. V zimě si je dokonce hrabou i pod sněhem, protože se neukládají k zimnímu spánku. Naproti tomu *sysel obecný* a *křeček polní* patří k pravým zimním spáčům, kteří stráví ve stavu strnulosti několik měsíců v roce. Zatímco sysli žijí v koloniích, často velmi početných, křečci jsou samotáři.



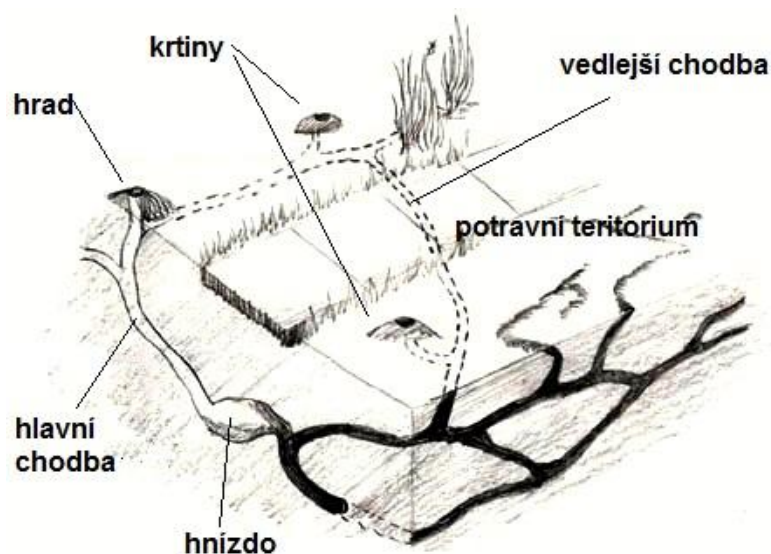
Obr. 24: Chodby a komory křečka polního. Vstupní chodby jsou velmi úzké a směřují dolů, aby do nich nemohl snadno proniknout predátor.

Také zástupce šelem *jezevec lesní* žije v koloniích, lépe řečeno v početných rodinných klanech. Rozsáhlou soustavu chodeb a doupat obývají po mnoho generací a jejich podzemní „město“ bývá velmi rozsáhlé a sahá do hloubky až 5 m. Mívá až 30 vchodů. Jezevci jsou velmi čistotní a vchod do podzemí, který bývá umístěný na vyvýšeném místě, udržují v čistotě. Podle jeho okolí byste určitě nepoznali, že to jsou všežravci, kteří se živí hlavně žížalami, ale nepohrdnou ani hmyzem a jeho larvami, vejci, zdechlinami, kořínky, semeny a plody.



Obr. 25: Schéma podzemních chodeb jezevce lesního

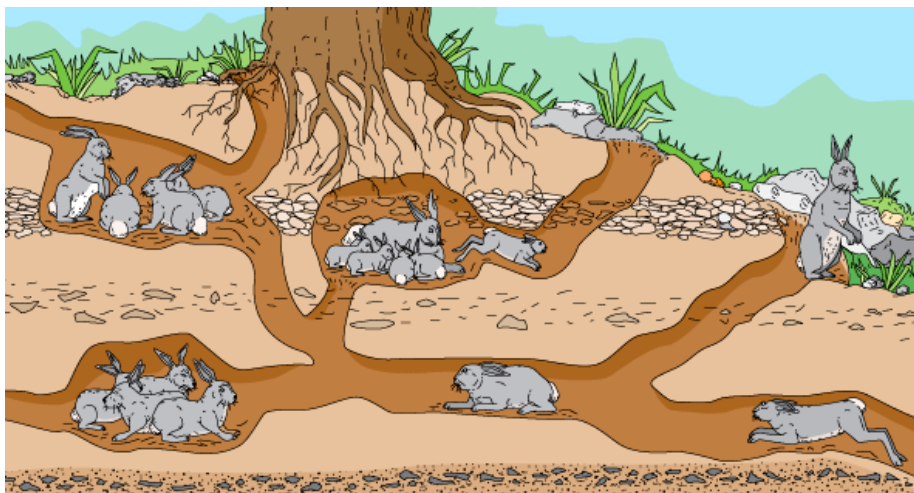
Krtka obecného jistě nemusíme představovat. Je zástupcem řádu hmyzožravců, což znamená, že jeho jídelníček tvoří pestrá škála podzemních bezobratlých, od larev hmyzu po žížaly. Krtek si z nich dokonce dělá na zimu zásoby. Ochromí je mírně jedovatými slinami a uskladní v zásobní komoře. Krtek si buduje jednak poměrně hluboké chodby, které se paprskovitě rozbíhají z hlavní komory, jednak chodby vedené poměrně mělce pod povrchem. Jejich údržbě věnuje spoustu času. Vyhrabaná půda se vrší kolem vchodu jako známá krtina. Kolem vchodu do hlavní chodby bývá krtina nápadně velká – označujeme ji jako krtčí hrad.



Obr. 26: Systém chodeb krtka obecného.

Dalším savcem obývajícím podzemí je *králík divoký*. Na rozdíl od zajíce polního se v případě nebezpečí uchyluje do nory a nesnaží se uprchnout. Není proto divu, že má celkově kratší tělo, ne tak nápadně dlouhé zadní nohy a boltce poměrně krátké.

Králíčata se rodí bezmocná a holá a samice je odchovává v podzemním hnízdě, které pečlivě vystele svými vlastními chlupy.



Obr. 27: Králík divoký žije v koloniích v soustavě podzemních chodeb a komor.

Obdobu jezevce, krtka a králíka najdeme i daleko mimo Evropu – v Austrálii, Africe a Severní Americe. Jedná se o příklady **vývojové konvergence**. Tak označujeme vývoj, který probíhal u různých skupin živočichů, kteří žijí daleko od sebe a mnohdy ani nejsou příbuzní, ale obývají podobné prostředí, kterému se podobně přizpůsobili.

K nejzdatnějším hrabavým savcům na světě patří australský *vombat obecný*. Tento býložravec má mohutné lopatovité řezáky a silné drápy, podobné zahradnickým vidlím. Zuby se prokousává půdou a nezastaví ho ani silné kořeny. Drápy půdu vyhazuje na povrch. Takto zvládne vybudovat za hodinu až tři metry chodby. Na rozdíl od jezevce je to samotář, který se s jinými vombaty nevyhledává, ale co se týká vzhledu, najdeme mezi nimi mnoho podobného. Vombat stejně jako jezevec je typicky podzemní a noční tvor se zavalitým tělem, krátkýma nohama, kratičkými boltci i ocasem a malýma očima.

Zlatokrti jsou afričtí savci, kteří byli dříve řazeni do příbuzenstva krtků (ve skutečnosti jsou ale příbuznější slonům). Stejně jako krtkové se přizpůsobili životu v podzemí. Mají válcovité tělo, pokryté jemnou srstí. Oči a ocas nemají vůbec. Na předních nohou mají silné drápy uzpůsobené k hrabání – vypadají jako lopatičky.

Další z proslulých hrabavých savců, *psoun prériový*, který žije ve velmi početných koloniích. Obývá rozlehlé severoamerické prémie, kde vyhrabává složitou soustavu chodeb a komor, obývanou mnoha generacemi. Chodby sahají do hloubky 3–5 m a zabírají plochu i několika desítek kilometrů čtverečních. V psouních norách vyhledávají s oblibou úkryt želvy, četný hmyz a dokonce i chřestýši. Psouni jsou pro prerii stejně důležití jako králíci, protože přemísťují obrovské množství materiálu. A opět je tu mezi oběma savci mnoho podobného. Psouni také tráví hodně času v podzemí, a tak mají krátké nohy i boltce, ale protože jsou aktivní ve dne, mají poměrně velké oči.

B) Částečně podzemní obratlovci – sami budují podzemní nory, ale zdržují se v nich jen v době odchovu mláďat a případně v době odpočinku. Velkou část života tráví na povrchu, kde si také obstarávají potravu.

Příklady částečně podzemních obratlovců najdeme ve všech skupinách – mezi rybami (například *murény*, *lezci* nebo *hlaváči*), obojživelníky (*ropuchy*, *blatnice*), plazy (*ještěrka obecná*), ptáky (*ledňáček říční*, *vlha pestrá*, někteří *tučňáci* nebo *buňáci*) i mezi savci (*potkan*, *medvěd hnědý a lední*, *liška obecná*, *vydra říční*, *rejskové*, *pískomilové*).



Obr. 28: Hlaváči jsou drobné ryby, převážně mořské. Pro kladení jiker a odchov potěru budují samec se samicí nory dlouhé až 50 cm.



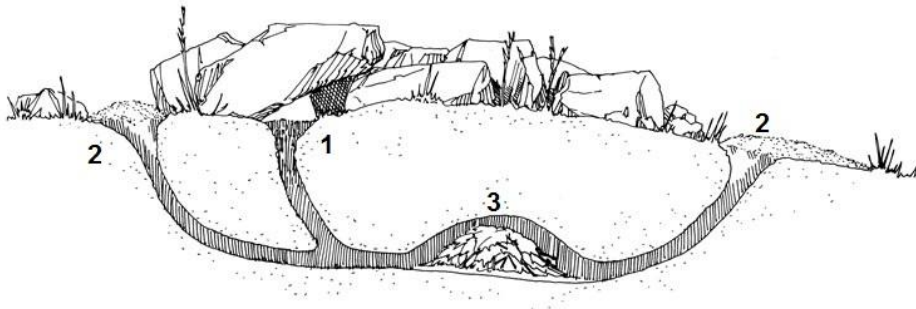
Obr. 29: Lezci žijí ve smíšených vodách na rozhraní moře a souše. Dokážou se pohybovat i na suchu a dýchat vzdušný kyslík. Období přílivu tráví v norách, na jejichž konci mají komoru se vzduchem, aby se neudusili.



Obr. 30: Ještěrka obecná si sama vyhrabává nory k zimování nebo ke kladení vajíček.



Obr. 31: Tučňáci magellánští hnízdí v norách.



Obr. 32: Zjednodušený průřez norou potkana

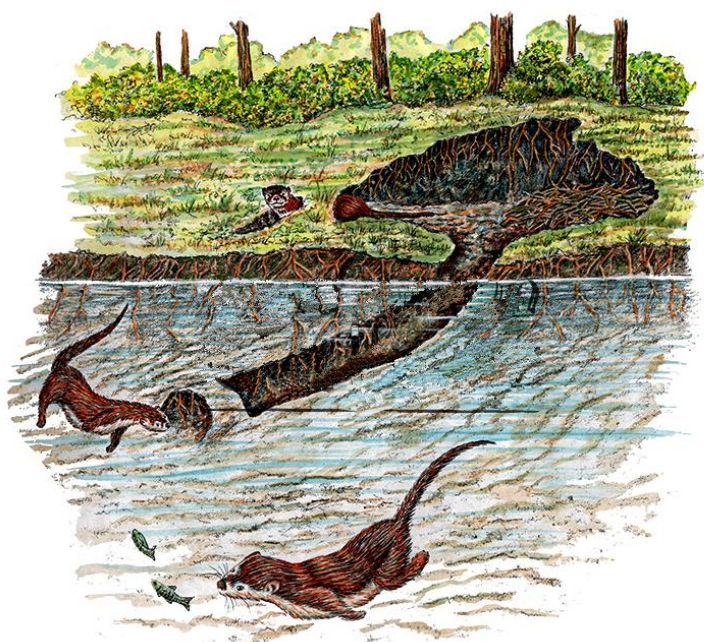
Potkani žijí v koloniích, často velmi početných. Pro dobu odpočinku, k odchovu mláďat i jako útočiště před predátory budují síť podzemních chodeb. Nejsou příliš hluboké, ale jsou rozsáhlé a spletité. Hlavní vchod (1) bývá umístěn na chráněném místě, třeba pod hromadou kamení, dřeva nebo jiného materiálu. Také hnízdní komora (3) se nachází pod takovou hromadou. Na povrch ještě ústí několik únikových chodeb, jejichž vchod je maskovaný hromádkou listí, větviček a podobně (2).



Obr. 33: Ledňáček říční hloubí hnízdní nory kolmo do příkrého říčního břehu.



Obr. 34: Průřez norou lišky obecné. Před vchodem bývají často zbytky peří, srsti a kostí. Zásobárna může někdy chybět.



Obr. 35: Průřez norou a chodbami vydry říční

Vydra si buduje nory tak, že vždy alespoň jeden vchod ústí pod hladinu, ale doupě se nachází v suchu nad úrovní vody. Chodba je velmi úzká a zasahuje do ní kořinky a různé výstupky. Ty slouží k tomu, aby si vydra při prolézání vyždímala vodu z kožichu, protože nemá srst nepropustnou pro vodu. Nebýt tohoto „zařízení“, vnesla by si do doupěte spoustu vody.

C) Příležitostně podzemní obratlovci – sami nory hloubí jen výjimečně nebo vůbec ne, ale nory jiných živočichů využívají k lovu kořisti nebo k zimnímu či letnímu spánku.

K velmi zdatným lovcům podzemních savců patří dvě malé šelmy – *kolčava* a *hranostaj*. Jsou si velmi podobné, ale rozeznáte je bezpečně podle konce ocásku – hranostaj ho má vždy černý. Obě šelmy však mají dlouhé, štíhlé tělo, poměrně krátké

nohy, malou hlavu i boltce. Díky pružné páteři se protáhnou i úzkými skulinami. V podzemních norách loví hlavně hraboše, v případě nouze ale nepohrdnou ani žížalami nebo larvami hmyzu. Pro odchov mláďat a spánek si však stavějí hnízdo ve stromových dutinách, skalních puklinách nebo různých jiných skulinách.



Obr. 36: Hranostaj se protáhne i chodbou hraboše.

Podobně zdatným lovcem je *tchoř tmavý*, k jehož oblíbené kořisti patří především králíci divocí.

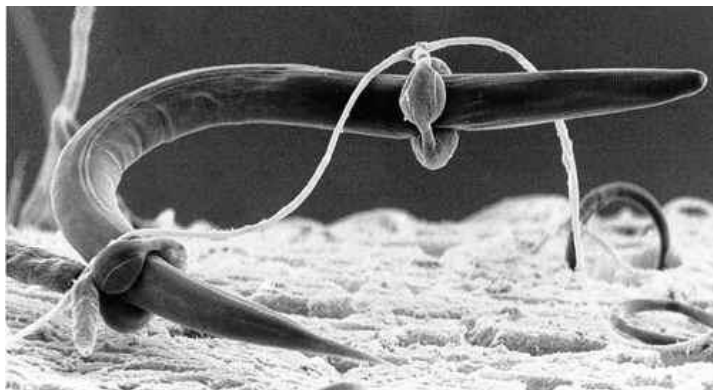
Také plazi rádi využívají podzemních nor savců k přezimování. Například *slepýši křehcí* zalézají co nejhlouběji a často jich přezimuje i větší počet pohromadě.

Podobně se chová také *užovka obojková*, i když ta je spíš samotář.

d) Houby

Půdní houby jsou nesmírně důležité pro celý ekosystém. Způsobem výživy jsou velice různorodé. Převažují druhy saprofytické, mnoho druhů žije v symbióze s rostlinami, některé druhy parazitují.

Vzácně najdeme i druhy **dravé**, které dokážou do škrťících ok ze svých vláken nalákat a ulovit *hád'átka* či jiného půdního bezobratlého. Toho lze využít i v ochraně hospodářských plodin před kořenožravými *hád'átky*.



Obr. 37: *Hád'átka ulovené do škrťících ok dravé houby*

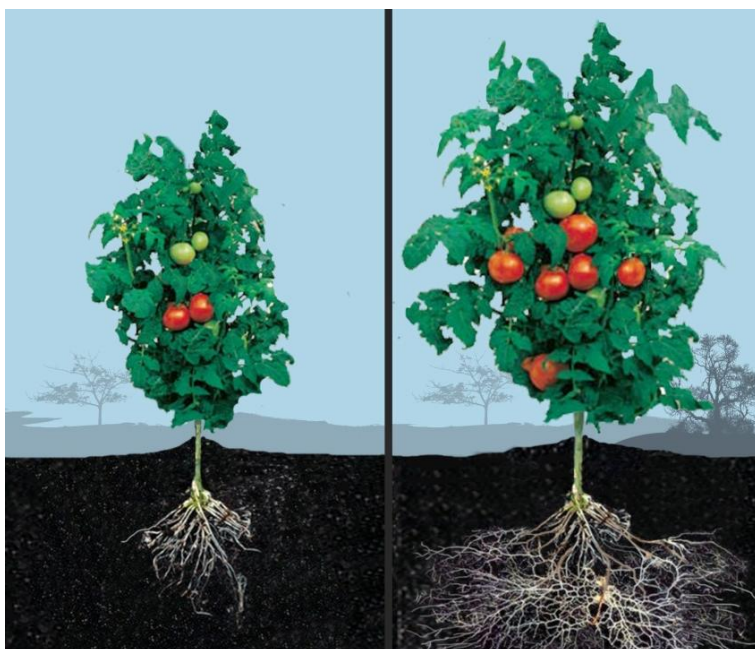
Saprophytické (hniložijné, rozkladačské) houby rozkládají odumřelé části rostlin a živočichů. Tím uvolňují do půdy organické látky, rozkládají je až na anorganické, některé je dále mění na organické humusové látky. Protože mají chitinovou buněčnou stěnu, musejí enzymy (látky rozkládající těla odumřelých organismů) vylučovat ven z buněk. Poté vstřebávají malé organické molekuly, které jsou pro ně živinami. Typický saprofyt mezi houbami je žampión neboli *pečárka ovčí*, druh houby, který na loukách rozkládá třeba neshrabané seno. Pěstírny žampiónů (pěstuje se nejčastěji *pečárka dvouvýtrusá*) pěstují houby na speciálních kompostech nebo tradičně na koňském hnoji v igelitových pytlích ve vlhkých sklepích.

Velký význam mají v přírodě houby rozkládající dřevo, a to buď jeho složku celulóзовou – pak zůstane tmavá, křehlovitě se lámající hmota obsahující lignin, nebo naopak rozkládající lignin – dřevovinu, takže zůstávají bílá vlákna celulózy. První typ se nazývá **hnědá hniloba dřeva**, druhý **bílá hniloba**. Hnědou hnilobu působí různé choroše (*troudnatec*, *březovník*), bílou hnilobu třeba *václavky* nebo *hlíva ústřičná* (opět se dá na špalcích dřeva pěstovat ve velkém).



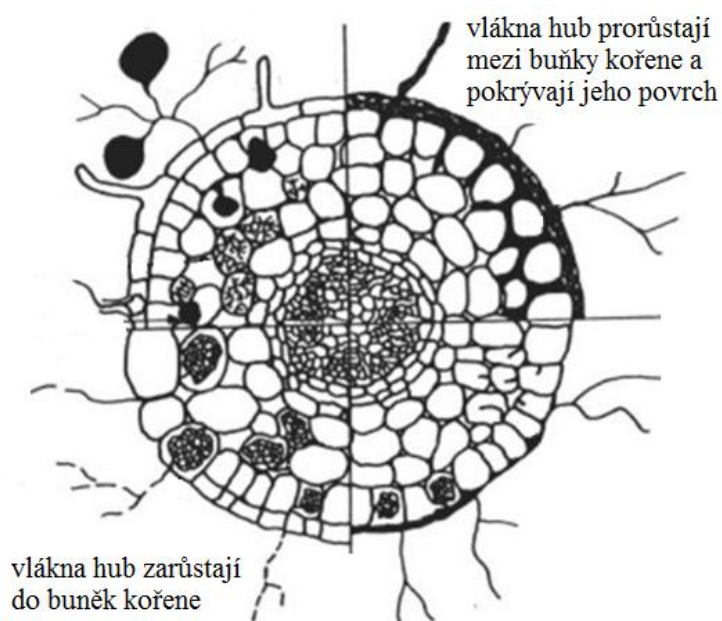
Obr. 38: Bílá (vlevo) a hnědá (vpravo) hniloba dřeva

To, že pod duby najdeme *hřib dubový*, pod smrky *hřib smrkový*, pod modřiny *klouzek modřínový*, pod břízami *křemenáč březový* a pod habry *kozák habrový*, vědí houbaři od nepaměti. Speciálně cvičená prasata nebo psi jsou schopní najít pod duby černé podzemní plodnice *lanýžů*, které jsou ceněny zejména ve Francii a Itálii jako delikatesní přísada k těstovinám, masu, sýrům a paštikám. Jsou nazývány démanty kuchyně a tomu odpovídá i jejich vysoká cena. Příčinou toho, proč lidé vědí, pod kterým stromem kterou houbu hledat, je oboustranně prospěšné soužití houby a stromu, typ symbiózy, zvaný **mykorhiza** (řecky mykos = houba, rhizon = kořen). Houbová vlákna obalují kořeny stromu a do jisté míry nahrazují jeho kořenové vlášení. Přijímají a rostlině předávají vodu a v ní rozpuštěné minerální látky. Zásadní význam pro rostlinu má příjem sloučenin fosforu, které by sama přijímala obtížně. Strom na oplátku svými kořeny vylučuje některé organické sloučeniny, produkty fotosyntézy, kterými se houba živí. Dnes se ukazuje, že na mykorhize je závislých asi 90 % rostlinných druhů. Toto soužití je staré minimálně 400 milionů let a pravděpodobně pomohlo rostlinám vystoupit na souš. Dnes všichni pěstitelé rostlin vědí, že s mykorhizní houbou jejich orchideje, semenáčky smrčků nebo rajčata porostou lépe.



Obr. 39: Srovnání rostliny rajčete bez (vlevo) a s mykorhizou (vpravo)

Houbová vlákna mohou buňky kořene obalovat pouze zvenku (tak je tomu právě u uvedených stromů a hřibovitých hub). U jiných rostlin zarůstají vlákna houby do cytoplazmy kořenových buněk. To je příklad třeba u *vřesu obecného* nebo u čeledi vstavačovitých neboli orchidejí. Některé z nich díky tomuto „přepychu“ výživy houbou ztratily chlorofyl a přestaly být schopné fotosyntetizovat. To se týká třeba nezeleného *hlístníku hnízdáku*. U něj už to není mykorhiza, ale jakási forma parazitismu na houbě.



Obr. 40: Typy mykorhizy na příčném řezu kořenem

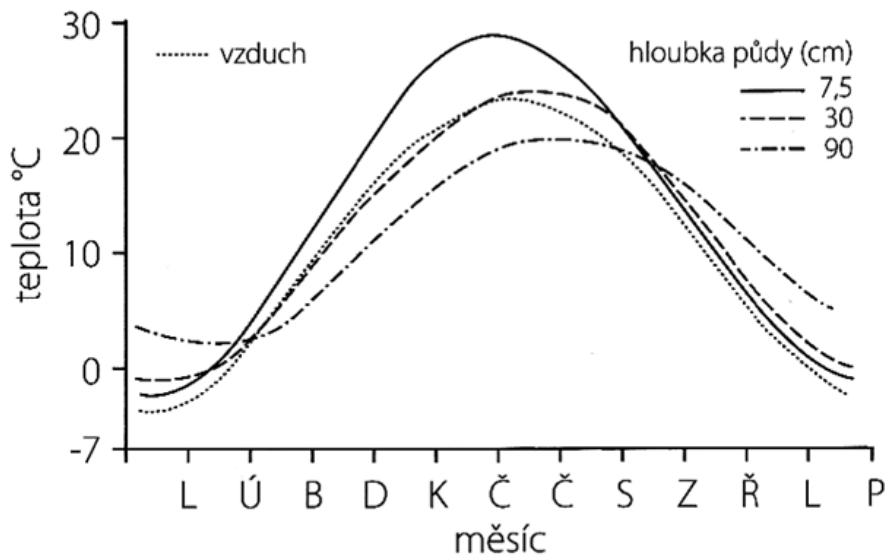
Propojení kořenů rostlin houbovými vlákny vytváří bohatou a velice spleťitou síť, kterou si rostliny a houby všemi směry „přeposílají“ organické i anorganické látky. Mykology je někdy připodobňována k internetové síti www, tady ale ve smyslu „**wood wide web**“, doslova přeloženo jako „lesní široká síť“.

Mezi houbami se najdou i takové, které berou, aniž by rostlině cokoliv dávaly. To je potom **parazitismus**, česky cizopasnictví. Na hlízách brambor parazituje *rakovinec bramborový*. Vytváří velké černé nádory na hlízách, samotné hlízy se rozpadají. Protože má tato houba výtrusy přežívající desítky let, jedná se o nebezpečnou nákazu, která se musí hlásit státním orgánům (ministerstvu zemědělství a státní rostlinolékařské správě). Ty pak vyhlásují na postiženém území karanténní opatření, kdy se zde po dlouhou dobu nesmějí brambory pěstovat. Někteří paraziti, pokud napadnou a zabijí svého hostitele, ho následně mohou ještě rozložit jako saprofyti. Takto ničí stromy například *václavka* nebo chorošovité houby.

e) Podzemní orgány rostlin

Většina rostlin má nad zemí stonek a listy (souborně se jim říká prýt) a rozmnožovací orgány (u krytosemenných květ a plod) a pod zemí kořen. V následující kapitole uvidíte, že to rozhodně neplatí pro všechny rostliny a pod zem se může dostat prakticky jakákoliv část rostlinného těla.

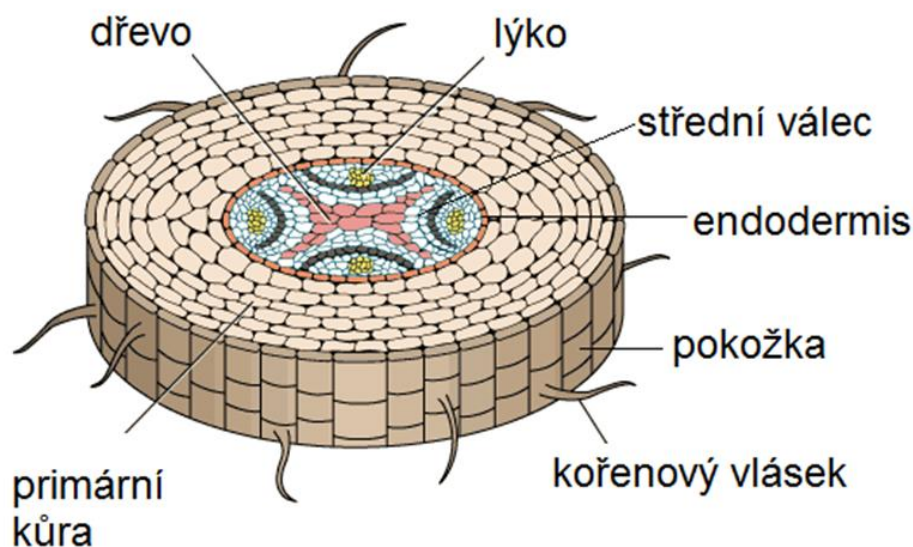
V našem mírném pásu platí, že chcete-li přežít zimu (jako rostlina), je dobré se schovat pod povrch země. Z následujícího grafu vyplývá, že čím ve větší hloubce v půdě jste, tím je teplota stálejší a mírnější. Půda tlumí i denní výkyvy teploty vzduchu mezi dnem a nocí.



Obr. 41: Průměrná teplota vzduchu a půdy v průběhu roku v mírném pásu (Lincoln, stát Nebraska, USA)

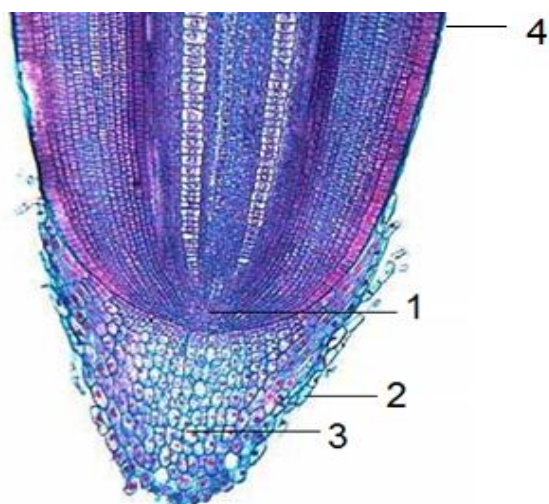
Základním a hlavním podzemním orgánem rostlin je **kořen**. Na povrchu má pokožku, která na rozdíl od pokožky prýtu neobsahuje průduchy a kutikulu. Musí být schopná přijímat roztoky látek z půdy. Pro zvětšení povrchu má kořen speciální výběžky pokožkových buněk, zvané **kořenové vlásky** (vlášení). Jsou ale vyvinuté jen v malé zóně asi 1 cm od kořenové špičky. Starší, silnější kořeny už tuto tzv. **vstřebávací zónu** neobsahují. Kořenové vlásky mohou být také nahrazeny vlákní mykorhizních hub (viz kapitola d) Houby). Roztoky anorganických látek pak prostupují do hloubky kořenových pletiv přes primární kůru do středního válce s cévními svazky (viz obr. 42). Stejně uspořádání má i řez stonkem.

Mezi těmito dvěma vrstvami je tzv. **endodermis**, vrstvička buněk, která brání prostupování roztoků prostorem buněčných stěn a „nutí“ roztoky projít přes vnitřek buněk. Tím může kořen vybírat, jaké látky do sebe vpustí. Uvnitř kořene je jeden centrální cévní svazek, který má od sebe oddělené paprsky dřeva a lýka. Takovýto typ cévního svazku, který je pouze v kořenech, se nazývá **paprščitý cévní svazek**. Ve stonku se pak dřevní a lýkové části propojí a vytvářejí cévní svazky bočné, kterých je mnoho a jejich dřevní část směřuje ke středu stonku, lýková vně.



Obr. 42: Příčný řez kořenem

Kořen roste v oblasti **kořenové špičky**. Ta zakončuje každou koncovou část kořene. Má na povrchu **kořenovou čepičku** ze slizovatejších odlupujících se buněk (aby mohl rostoucí kořen dobře prorážet mezi částice půdy). Pod čepičkou je oblast buněk s tzv. **přesýpavým škrobem**. Jsou to buňky se škrobovými zrny, jejichž klesání v buňkách ve směru zemské tíže ukazuje kořeni, kterým směrem růst. Hlavní kořen roste ve směru zemské tíže, postranní kořeny vždy pod nějakým úhlem od tohoto směru. Ještě dál od kořenové čepičky jsou buňky s velkými jádry, které tvoří **dělivá pletiva**, intenzivně se dělí a díky nim kořen roste.



Obr. 43: Kořenová špička s dělivými pletivy (1), kořenovou čepičkou (2), buňkami s přesýpavým škrobem (3) a počátkem tvorby kořenových vlásků vstřebávací zóny (4)

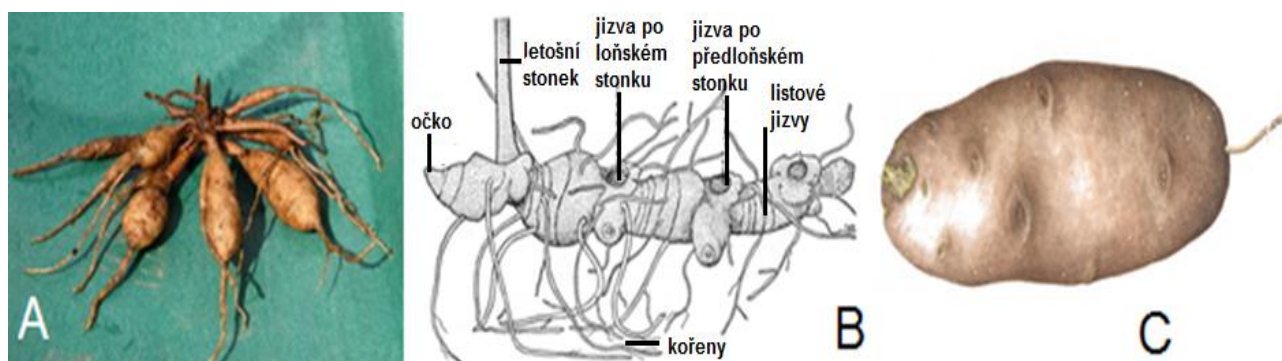
Většina rostlin má vyvinutý **hlavní kořen** a z něj se větvící **kořeny postranní**.

Jednoděložné rostliny mají **kořeny svazčité**. Kromě toho, že kořen upevňuje rostlinu v zemi a přijímá z půdy roztoky živin, slouží u víceletých rostlin často jako zásobní orgán. Ke stejnému účelu slouží i různé hlízy, bulvy, cibule a oddenek. O těch bude řeč později, ale zásobní látky ukládají podobně. **Škrob** se v podobě škrobových zrn ukládá v buňkách primární kůry. Ten je pak hlavní složkou potravy nás Středoevropanů v oddenkových hlízách *brambor*, v tropických oblastech se pěstují kořenové hlízy *manioku*. Obě tyto plodiny jsou původně jedovaté.

Vyšlechtěné odrůdy bramboru jedovaté látky v hlízách (tedy pokud nejsou zelené) neobsahují, jedovaté látky manioku se rozkládají varem, kvašením i sušením. Hvězdnicovité rostliny ukládají látku podobnou škrobu zvanou **inulin** (ten je uložený v kořenových hlízách *jiřinek* i v oddenkových hlízách *slunečnice topinambur*). V bulvách *řepy* je jako zásobní látka jednodušší **sacharóza**. Kromě schraňování zásobních látek mohou tyto podzemní orgány sloužit k vegetativnímu rozmnožování. Lze rozdělit trs hlíz *jiřinky*, rozkrojit stonkovou hlízu *mečíku*, nebo zasadit si kousek oddenku *zázvoru*. Z mateřské rostliny *ostrice nízké* vznikají na skalních stepích „čarodějné kruhy“. Tato trávě podobná rostlina vytváří do všech stran podzemní oddenky, stejnou rychlostí se šíří od místa, kde byly založeny na odumřelé mateřské rostlině.

Ted' si povíme, jak od sebe tyto různé zásobní orgány rozeznat. **Ztlustlý kořen** (má ho mrkev, petržel nebo křen) má tvar zužujícího se kužele, který není článkovaný, a odstupují z něj drobné postranní kořeny. Pokud je na postranním kořeni zřetelně oddělený ztlustlý útvar, jedná se o **kořenovou hlízu**. Znáte je třeba u *jiřinek*, na podzim kvetoucích okrasných trvalek, jejichž hlízy na zimu musí ven z půdy a ukládají se do chladného sklepa. Má je také *orsej* nebo různé druhy vstavačovitých. Pokud je pod zemí vodorovný stonek, říkáme mu **oddenek**. Je článkovaný, může obsahovat základy listů (v podobě šupin nebo alespoň jizev po jejich opadu) a postranních větví v podobě pupenů – **oček**. Oddenek má mnoho našich hájových bylin, které díky nashromážděným zásobním látkám z loňska časně zjara vyrostou a vykvetou, ještě než se olistí stromy. U některých z nich lze i odhadovat stáří rostliny podle toho, kolik ročních přírůstků oddenek má. Díky podzemním oddenkům

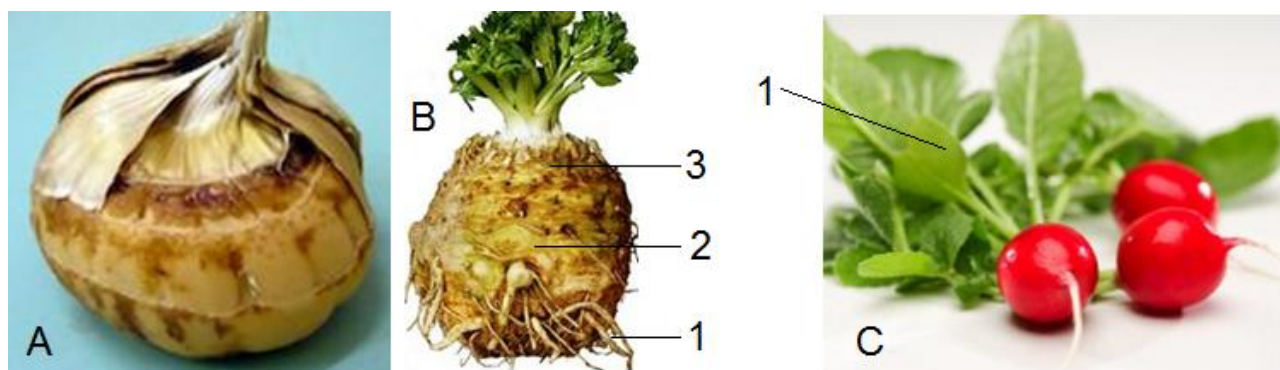
přezimují kapradiny *osladiče*, z krytosemenných bylin pak *sasanka hajní*, *kokořík vonný* (na něm jsou roční přírůstky vidět moc hezky), *konvalinka vonná*, *kosatce*. Tropický *zázvor* má v pletivech **siličné nádržky** s pálivými silicemi, které mají oddenek ochránit před nenechavými býložravci. Pokud jsou od oddenku ztlustlé útvary oddělené, mluvíme o **oddenkové hlíze**. *Brambory* mají na oddenkových hlízách základy postranních stonků – tzv. očka, pupeny, z kterých vyrůstají nové rostliny. Jsou zasazená v zářezech, které odpovídají stonkovým článkům.



Obr. 44: Kořenové hlízy jiřinky (A), oddenek kokoříku s ročními přírůstky a jizvami po opadu nadzemních stonků (B) a oddenková hlíza bramboru s očky a zbytkem oddenku (C)

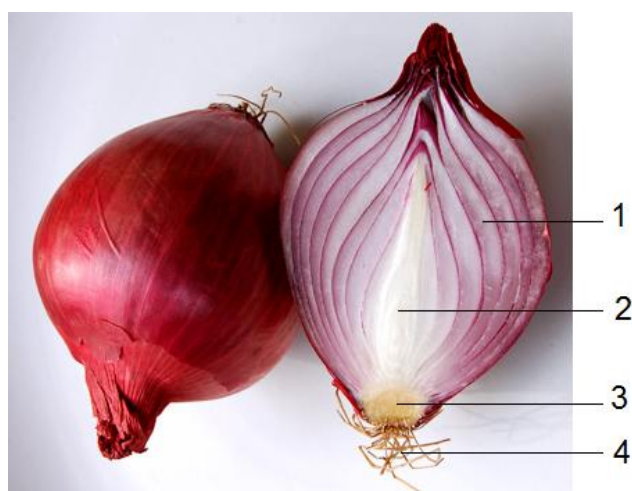
Do podoby **stonkové hlízy** může ztloustnout i hlavní stonk. Nadzemní stonkovou hlízu s listy (nebo listovými jizvami) dobře znáte u *kedlubny*, podzemní stonkové hlízy s šupinovitými listy mají třeba *mečíky* (gladioly), *šafrány* (krokusy) nebo *ocún*. Pokud hlízu oloupeme, zjistíme, že je článkovaná a listové šupiny vyrůstají z jednotlivých článků tohoto zkráceného stonku.

Jistě si ještě vzpomenete na zcela hladkou hlízu *ředkvičky*. Nemá ani listové jizvy, ani postranní kořeny. Jedná se o ztlustlý **první stonkový článek (hypokotyl)** pod děložními listy. Kombinací stonkové, hypokotylové a kořenové hlízy je **bulva** *miříku celeru* nebo *řepy*. Spodní část je obrostlá kořeny, pak je pás hladký a v horní třetině jsou jizvy po opadu listů.



Obr. 45: Stalková hlíza mečíku (A), bulva celeru (B) s kořenovou (1), hypokotylovou (2) a stonkovou (3) částí, hypokotylová hlíza ředkvičky (C) s děložními listy (1)

Pod zemí může být i zásobní orgán ze ztlustlých listů. Je to **cibule**, kdy spodní dužnaté části listů vytvářejí jednotlivé **suknice**. Zkrácený stonk, který jako tvrdou část, z níž vyrůstají svazčité kořeny, při krájení cibule odkrajujete, se nazývá **podpučí**. Cibuli má třeba *cibule kuchyňská*, *pór*, *česnek medvědí*, *tulipán* nebo *sněženka* (u té je tvořena jen jedním zdužnatělým listem). Stroužky česneku *setého*, kterými si potíráte topinky, jsou ovšem **zdužnatělé pupeny**, které rostou v paždí suchých šupinovitých listů na podpučí.



Obr. 46:3 Řez cibulí cibule kuchyňské – suknice (1), vzrostný vrchol stonku (2), podpučí (3), svazčité kořeny (4)

Kořen má někdy za úkol zásobovat kyslíkem zaplavené části rostlin. Trvale zamokřené kořeny *rákosu* se nacházejí v prostředí bez kyslíku. V takovém prostředí vzduch proniká přes provzdušňovací pletiva (**aerenchym**) uvnitř kořenů a oddenků. Některé dřeviny rostoucí v trvale zaplavených půdách, jako jsou mangrovové porosty v místech, kde řeky ústí do moří, nebo v bažinách Floridy, kde roste *tisovec dvouřadý* (pěstovaný i u nás v parcích), vytvářejí **dýchací kořeny** vyčnívající kolmo nad povrch půdy.

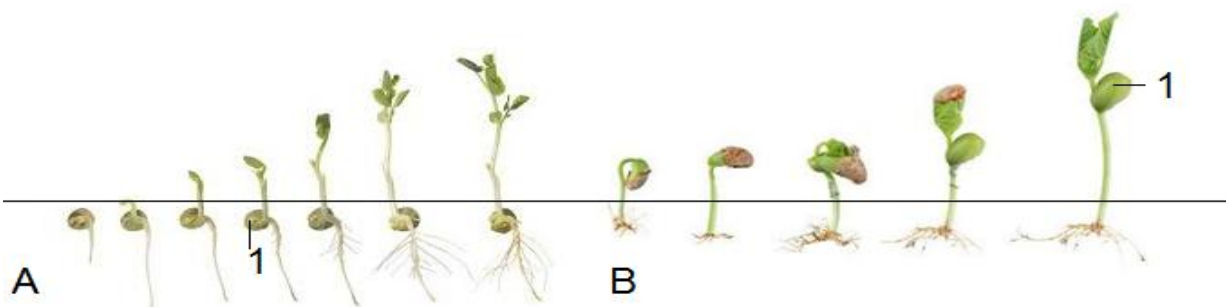
V podzemí se často odehrává také **rostlinný parazitismus**. Rostlinní cizopasníci (paraziti) odčerpávají z jiné rostliny, svého hostitele, roztoky látek pomocí speciálních přeměněných kořenů, kterým se říká **haustoria**. Zelení **poloparaziti**, kteří dokážou fotosyntetizovat (např. *černýše*), berou svým hostitelům – jiným bylinám – vodné roztoky minerálních látek. Zanořují tedy haustoria do dřevních částí cévních svazků, kde tyto roztoky proudí. Je zajímavé, že černýš pod zemí na kořenech svého hostitele parazituje, ale nad zemí si jejich listy konkurují o světlo a prostor.

Nezelení **úplní paraziti** (*zárazy* nebo *podbílek šupinatý*) ztratili chlorofyl a schopnost fotosyntetizovat. Proto odebírají většinou z lýka hostitelům roztoky cukrů a jiných organických látek, které hostitelé vytvářejí prostřednictvím fotosyntézy.

Možná si říkáte, že jsme podzemní život rostlin popsali dokonale. Ale v říši rostlin najdeme spoustu dalších zajímavých příkladů života v podzemí. Bobovitá *podzemnice olejná* (semena jsou známé arašidy neboli buráky) vytváří **nepukavé lusky**, které se během dozrávání zavrtávají pod zem. Pod zemí uvnitř hlízy je schovaný semeník na podzim kvetoucího *ocínu*, teprve na jaře z půdy vyrůstá dozrávající tobolka s listy.

Všechna semena a plody se dříve nebo později dostanou do půdy. Téměř nikdy neklíčí hned. Druhy z mírného pásu často potřebují, aby jejich semena prošla obdobím nízkých teplot, aby mohla začít klíčit. Také je důležité, aby rostlina měla kde klíčit. Takže pokud je nad semeny zapojený rostlinný pokryv, některá semena mohou čekat i několik let, než se jim uvolní prostor. Této zásobárně semen, která se probudí např. tehdy, když se utrhne svah s půdou, přes porost se přežene požár nebo přes louku projede traktor, se říká **semenná banka**.

To, že jsou semena a plody, která klíčí tak, že nechávají děložní listy se zásobními látkami pod zemí (**podzemní, hypogeické klíčení**, třeba u *dubu*, nebo *hrachu*), anebo děložní listy vyrostou nad zem a fotosyntetizují (**nadzemní, epigeické klíčení**, u *buku* a *fazolu*), jste se někteří dozvěděli už loni ze studijního textu Život stromu (http://www.biologickaolympiada.cz/backend/article-add/files/49_BiO_CD_studijn%C3%AD_text.pdf).



Obr. 47: Hypogeické klíčení hrachu (A) a epigeické klíčení fazolu (B), děložní listy (1)

3. Jeskyně

Vznik jeskyní, krasové jevy

Jeskyně jsou přírodně vzniklé podzemní prostory a dutiny. Obvykle vznikají ve velmi specifických podmínkách a v konkrétních oblastech. Většina jeskyní má totiž **krasový původ**. Na mnoha místech v krajině vystupují na povrch vrstvy **vápenců**. Vápence jsou horniny tvořené především uhličitánem vápenatým. Většinou vznikly v dávných pravěkých mořích usazováním vápenatých schránek drobných jednobuněčných dírkovců a schránek mnoha bezobratlých. Další důležitou složkou, potřebnou ke vzniku krasu, je voda.

V mracích, kde se formují dešťové kapky, se ve vodě rozpouští **oxid uhličitý**, obsažený ve vzduchu, čímž vzniká velmi slabá **kyselina uhličitá**. Dešťová voda, dopadající na povrch, je tedy velmi slabě kyselá. Organismy to na sobě samozřejmě nikterak nepoznají a vodu mohou normálně pít, ale vápenec se působením slabě kyselé vody pomalu, ale jistě rozpouští. Uhličitán vápenatý se mění na hydrogenuhličitán vápenatý rozpustný ve vodě, se kterou pak odtéká pryč. Voda tak během tisíců a statisíců let pomalu narušuje vápencové vrstvy, čímž ve vápencových oblastech vzniká **kras**. Kras se vyznačuje spoustou nejrůznějších krasových jevů – voda během let vytváří řadu charakteristických geomorfologických útvarů (viz obr. 48) – například **škrapy**, **závrty** nebo také **jeskyně**. Jeskyně jsou tedy ve většině případů prostory, které v průběhu let vymlela voda ve vápencových masivech. Tato voda často jeskyněmi stále protéká (a tím je i stále zvětšuje). Příkladem takové tzv. **ponorné řeky** je řeka Punkva v Moravském krasu. Voda v jeskyních však nevytváří pouze samotné prostory. Stará se rovněž o vznik výzdoby jeskynních prostor. Uhličitán vápenatý se totiž za určitých podmínek může z krasové vody vysrážet zpět. Když tedy voda projde horninou a dostane se do prostoru jeskyně, odkapává zvolna ze stropu dolů. Na tomto místě vznikají po stovkách a tisících let velké útvary – krápníková výzdoba.

POVRCHOVÉ KRASOVÉ JEVY

- 1 PROPADÁNÍ VOD
- 2 SKALNÍ STĚNY
- 3 ZÁVRTY
- 4 ŠKRAPOVÁ POLE
- 5 SKALNÍ MOST
- 6 HŘEBENÁČE
- 7 JÍCNY PROPASTÍ
- 8 JESKYNNÍ PORTÁLY VYŠŠÍ JESKYNNÍ ÚROVNĚ
- 9 VYVĚRAČKA KRASOVÝCH VOD

SCHÉMA KRASU



- 10 VÁPENCOVÝ MASIV
- 11 ZATOPENÉ PROSTORY (NEJNIŽŠÍ ÚROVEŇ CHODEB)

- 12 DŮM S KRÁPNÍKOVOU VÝZDOBOU
- 13 KOMÍN V JESKYNNÍ PROSTOŘE KOMUNIKUJÍCÍ SE ZÁVRTEM

PODZEMNÍ KRASOVÉ JEVY

- 14 PODZEMNÍ PROPAST
- 15 PODZEMNÍ ŘEČIŠTĚ
- 16 ZÁVAL
- 17 VODNÍ SIFON S PŘEPADOVOU CHODBOU
- 18 PONORNÁ CHODBA S VODOPÁDY

© František Musil, Ivan Balák

Obr. 48: Schéma krasu

Způsobů vzniku jeskyní může být daleko více (puklinové, ledové, solné, lávové), avšak krasový původ jeskyní patří k nejčastějším a v krasových oblastech najdeme největší jeskynní systémy. Na našem území se největší jeskyně nacházejí např. v Moravském krasu (Punkevní, Kateřinské nebo Sloupsko-Šošůvské jeskyně) a v Českém krasu (Koněpruské jeskyně).

Život v jeskyních

Život v hlubinách jeskyní je obvykle zcela závislý na produkci organických látek na povrchu, protože v jeskyních nemohou růst žádné rostliny, které by fotosyntetizovaly – je zde naprostá tma. Občas se sice v jeskyních objevují **bakterie**, které jsou na vnějších podmínkách závislé o něco méně, avšak jedná se o výjimky a nikdy není ekosystém jeskyně plně soběstačný sám o sobě. Kromě tmy jsou tu i mnohé další,

velmi speciální podmínky, umožňující život roztodivných forem organizmů. Velmi důležitým faktorem jeskyní je **stálá teplota**, v našich podmínkách je to asi 7–10 °C. Je zde také velmi vysoká **vzdušná vlhkost**.

Organizmy, které v jeskyních najdeme, lze rozdělit do ekologických skupin, které mají své odborné názvy. **Troglofilové** jsou takové organizmy, které po část roku (nebo dne) jeskyně využívají, ale po zbytek času se pohybují mimo ně (v jeskyních například spí nebo přezimují – typicky naši *netopyři* a *vrápeni*). Nejpodivnějšími obyvateli jeskyní jsou **troglobionti** – ti jeskyně neopouštějí v žádné fázi svého života.

Jeskynní živočichy poznáme na první pohled podle přizpůsobení, která se u nich pro život v jeskyních vyvinula. Obvykle mají **zakrnělé oči**, případně jim oči chybí úplně – oči se v jeskynní tmě nedají použít a navíc je to orgán velmi snadno zranitelný a náročný na výživu. Dále je obvykle potlačené i **zbarvení těla** – vytvářet nějaká barviva je rovněž energeticky náročné a v jeskynní tmě zbytečné. Naproti tomu mívají velmi silně vyvinuté **hmatové receptory**, které jim umožňují se v jeskyni orientovat.

V České republice máme troglobiontů jen velmi málo (příkladem mohou být třeba slepí jeskynní korýši *blešivci* v ponorných řekách a podzemních jezerech). Velmi známí jsou ale někteří cizokrajní troglobionti. V jeskyních Balkánu žije obojživelník *macarát jeskynní*, který loví jeskynní blešivce v ponorných řekách. Podobný život vede i další obojživelník – texaský *mločík studňový*. Oba tyto obojživelníci mají i v dospělosti vyvinuté žábry. V jeskyních celého světa žije i celá řada slepých ryb, korýšů či brouků.



Obr. 49: Troglobionti (na snímku jeskynní mnohonožka) mívají bezbarvé nebo průsvitné tělo.

Mezi nejznámější obyvatele jeskyní patří bezpochyby **netopýři a vrápenci**. V našich podmínkách obvykle netopýři v jeskyních jen přezimují a v létě vyhledávají jiné, letní úkryty (například dutiny stromů nebo staré půdy domů), ale v teplejších oblastech žijí mnozí netopýři v jeskyních celý rok. V jeskyních zimují například *netopýr velký* nebo drobný *vrápenec malý*. Vrápence od netopýra spolehlivě rozeznáte podle toho, že při spaní zabaluje tělo do létacích blan, takže vypadá jako podivná jeskynní hruška. Vrápenec má na rozdíl od netopýra na čenichu členité výrůstky. Netopýři se při přezimování v jeskyních často sdružují a tisknou se k sobě, protože tak dochází k menším tepelným ztrátám. Zatímco u nás takové shluky čítají obvykle nejvýše několik desítek jedinců, v amerických jeskyních spolu přitisknutí jeden na druhého přezimují i miliony netopýrů.

Nedávno se v Americe objevila takzvaná **nemoc bílých nosů**. Její příčinou je plísní podobný organismus, který napadá přezimující netopýry a způsobuje jim svědění kůže. Následkem toho se nakažený netopýr často budí a musí se drbat, čímž si ale vyčerpá energetické zásoby na zimu, nevydrží do jara a zemře hladu. Problémem je, že stane-li se to uvnitř takové milionové kolonie netopýrů, probudí drbající se netopýr i ostatní zdravé netopýry kolem sebe, a ti zase další zdravé netopýry. Výsledkem je, že zásoby na zimu dojdou všem členům kolonie. Nemoc bílých nosů je údajně každoročně příčinou úhynu milionů netopýrů v Americe a některé druhy již málem vyhubila. Studie ukázaly, že organismus se do Ameriky dostal z Evropy a že i naši netopýři touto chorobou trpí. Pravděpodobně proto, že evropské netopýři žijí s tímto parazitem již dlouhá období, na toto onemocnění neumírají.

V jeskyních rovněž přezimuje řada druhů hmyzu, například motýli *pid'alka jeskynní* nebo *babočka paví oko*. Pid'alky jeskynní v našich podmínkách napadá při přezimování houba *housenice*.

Nakažení jedinci hynou a houba z nich vyrůstá.

V minulosti byly jeskyně nedílnou součástí života **pravěkých lidí**. Četné nálezy pozůstatků těchto lidí nebo jejich pobytu se našly i na našem území, například v Koněpruských jeskyních v Českém krasu. Španělskou jeskyni Altamira a francouzskou jeskyni Lascaux zase pravěcí lovci vyzdobili množstvím **skalních maleb**. V Denisově jeskyni v Rusku byly objeveny velmi kusé pozůstatky člověka z dosud neznámé linie (na počest jeskyně jsou tito lidé pojmenováni Denisované).

Vzhledem ke stálým podmínkám, které v jeskynním prostředí panují, bylo navíc možné z pozůstatků (jediná stolička a článek malíčku) izolovat DNA, takže známe kompletní genom Denisovanů. To pomáhá dnešním vědcům lépe pochopit evoluci člověka. V současné době člověk

jeskyně rovněž využívá – krom jeskyňářského sportu například skýtají zimní úkryt bezdomovcům a jsou využívány i k léčebným účelům.

Podobné poměry jako v jeskyních panují i v člověkem vybudovaných prostorech, jako jsou kanály, sklepení, štoly nebo prostory uvnitř přehrad. Také společenstva organismů jsou podobná. Naopak, pokud člověk jeskyně zpřístupnil, například pro účely turistických prohlídek, tak účinkem umělého osvětlení uvnitř jeskyní najdeme zelené porosty sinic, řas, mechů, játrovek a kapradin.

4. Život v noci

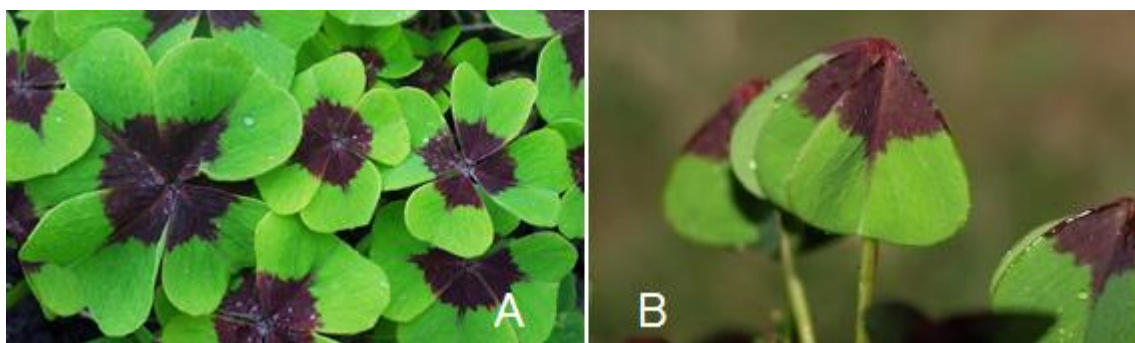
a) Noční život rostlin

Rostliny dokážou pomocí specializovaných molekul barviv vnímat, jestli je den nebo noc. Chemické změny těchto barviv způsobené světlem tak dokážou řídit denní rytmy rostlin. Nemůžeme tvrdit, že rostliny v noci spí, ale vzhledem k tomu, že nemůže probíhat fotosyntéza, provádějí jiné aktivity, hlavně rostou. Rostlina žije ze zásob, které si přes den vytvořila fotosyntézou. Stejně jako živočichové rozkládá zásobní látky pomocí kyslíku na oxid uhličitý a vodu. Proto bychom neměli mít v pokoji, kde spíme, prales z velkolistých pokojových rostlin.

Rostliny, které žijí v suchých oblastech, například v pouštích nebo na skalách a zdech, si zvláštním způsobem upravily rozložení fází fotosyntézy během dne. Při slunném dni fotosyntetizují, ale nemohou mít otevřené průduchy pro příjem oxidu uhličitého – vyschly by. Proto některé rostliny s dužnatými listy nebo stonky (**sukulenty**) přijímají oxid uhličitý v noci, přeměňují ho na vázanou formu a za pomoci těchto nočních zásob přes den vyrábějí glukózu. To se týká v suchých oblastech rostoucích *kaktusů* či *agáve* i našich *rozchodníků* a *netřesků*.

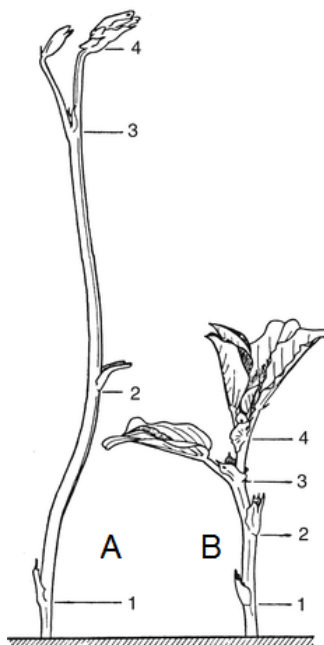
Některé rostliny provádějí tzv. **spánkové pohyby**. Lístky trojčetných listů *šťavelu kyselého* nebo lichozpeřených listů *trnovníku akátu* se na noc sklápějí dolů. Není překvapivé, že se okrasným šťavelům říká v angličtině „sleeping beauty“ (spící krása nebo také Šípková Růženka). Se zapadajícím sluncem se zavírají květy *tulipánu* (tady za to může noční ochlazení) a úbory *pampelišky* (tady je příčinou úbytek světla).

V konkurenci o přízeň opylovačů se některé rostliny specializovaly na lákání **nočních opylovačů**, třeba motýlů *lišajů*, v tropech také *kaloňů*, příbuzných našich netopýrů. Květy přizpůsobené nočním motýlům nebývají nijak výrazně barevné, ale jsou trubkovité a často intenzivně voní. K večeru rozkvétá třeba *pupalka dvouletá* nebo *knotovka bílá*; pokud vám doma někdy vykvetly pokojové *voskovky* nebo *jasmín*, tak dobře víte, že jejich sladká vůně se šíří hlavně v noci.



Obr. 50: Spánkové pohyby okrasného šťavelu (A – den, B – noc)

Pokud se nadzemní části rostliny náhle ocitnou ve tmě na delší dobu, začnou se při růstu výrazně prodlužovat tenké stonkové články, vytvářejí se jen malé listy a celá zastíněná část rostliny neobsahuje chlorofyl. Tomuto jevu se říká **etiolizace** a slouží rostlině k tomu, aby se rychlým růstem dostala opět na světlo. Etiolizované klíčky (mladé stonky) najdeme na jaře na uskladněných *bramborách*, u *chřestu* je růst etiolizovaných stonků důležitý pro to, aby nebyly tuhé a hořké a daly se použít jako zelenina.



Obr. 51: Etiolizovaná (A) a neetioloizovaná (B) rostlinka bobu, čísla ukazují uzliny mezi stonkovými články

b) Noční bezobratlí

V noci aktivuje mnoho bezobratlých živočichů. Svě denní úkryty opouštějí až za soumraku, aby se vyhnuli nejen denním predátorům, ale také aby unikli spalujícím paprskům slunce. Například **měkkýšům** noční aktivita pomáhá udržet tělesnou vlhkost. Ve dne se skrývají pod kůrou, pařezy, v hrabance nebo v podzemních chodbičkách či norách hlodavců, zatímco v noci vylézají na povrch. Typickým příkladem může být *slimák popelavý*. Slimáky popelavé často potkáme při vlhých letních večerech, jak se živí nebo páří. Zajímavým druhem nočního plže je také *modranka karpatská*, která má svrchní stranu těla jasně modrou a v ČR se vyskytuje jen na východní Moravě.

Velmi významnou složku nočních bezobratlých představuje **noční hmyz**. Je základem jídelníčku mnoha nočních ptáků (jako je *lelek lesní*) a savců, například netopýrů. Zatímco některý hmyz v noci aktivuje na zemi, jiný v noci létá. Z létajícího hmyzu v noci samozřejmě každého hned napadnou **noční motýli**. Lidé často označují noční motýly jako **můry**, avšak je nutno si uvědomit, že v odborné terminologii se slovem *můra* označují pouze zástupci čeledi můrovitých. Noční motýli se od denních většinou liší v tom, že mají silně ochlupené tělo, péřitá tykadla a křídla v klidu skládají do plochy nad tělem.

Nočních motýlů je ale celá řada, kromě můr k nim patří například *martináči*, *přástevníci* nebo **píd'alky**, jejichž housenky se pohybují charakteristickým píd'alkovitým pohybem. Známostou píd'alkou je zelený motýl *zelenopláštník březový*. Velmi rychlími a obratnými letci letních nocí jsou **lišajové**. Tito zavalití motýli dokážou ve vzduchu vyvinout ohromující rychlost. Navíc jsou často velmi pestře zbarvení, mezi nejkrásnější naše zástupce patří *lišaj pryšcový*, který má i nápadně zbarvenou housenku. Vlétnutí vzácného *lišaje smrtihlava* do světnice zase naši předkové považovali za zlé znamení, neboť motýl má na hrudi kresbu ve tvaru lidské lebky.

Samičky většiny nočních motýlů lákají samečky k páření prostřednictvím chemických látek, které vypouštějí do vzduchu – tzv. **feromonů**. Samička ale vypouští feromonů jen malé množství a sameček je často musí zachytit na nesmírnou vzdálenost. Proto se u sameček řady nočních motýlů vyvinula velmi členitá peřitá tykadla, na jejichž zvětšenou plochu se vejde dostatek smyslových čidel, schopných rozpoznat samičí feromon. Mezi noční motýly se řadí i někteří z hmyzích rekordmanů – největší motýli světa a zároveň hmyz s největší plochou křídel. Mezi takové motýly patří například *martináč atlas* z jihovýchodní Asie.

Motýli samozřejmě nejsou v noci ve vzduchu sami. Kolem vod poletují v noci spousty *chrostíků*, jejichž larvy si mohou na dně potoků stavět schránky z kousků okolního materiálu, a také *jepice*, které se za letních večerů hromadně líhnou, páří, kladou vajíčka a následně hynou. Zatímco lidové moudro praví, že jepice žije velmi krátce, ve skutečnosti se to týká jen dospělce – ten opravdu žije jen několik hodin, ovšem larva žije jeden až dva roky.

Také **brouci** jsou častými nočními letci. V noci můžeme potkat například vzácného *chrobáka jednorohého*, jak poletuje podél okraje listnatého lesa. Ke světlu, kam entomologové noční hmyz lákají, přiletí za teplých nocí také mnoho vodních brouků, jako jsou *potápníci*, a řada tesaříků, například *tesařík obrovský*. Také náš největší brouk *roháč obecný* létá v noci.

Rovněž mnohé **ploštice**, často ploštice vodní, jako je například *klešťanka* nebo *splešťule blátivá* dovedou v noci obratně létat.

Není přesně známo, proč je noční hmyz tak lákán světelnými zdroji. Jako pravděpodobná se jeví teorie, podle které se v noci hmyz orientuje pomocí světla měsíce. Světelný zdroj si tak interpretuje jako měsíc a je k němu lákán. Tuto teorii podporuje skutečnost, že za měsíčních nocí bývají lovy hmyzu na světlo neúspěšné. Entomologové používají silného zdroje světla pro lákání v noci aktivního hmyzu na bílou plochu (nejčastěji prostěradlo). Toto zařízení se nazývá **světelný lapač**.

Mnohý hmyz pomocí světla v noci i komunikuje. Příkladem jsou známé *světlušky*, které zvláštní chemickou reakcí v zadečku provozují tzv. **bioluminiscenci**, tedy produkují vlastní světlo.

Mnohý hmyz v noci aktivuje také na zemi či na rostlinách. Lesní půda ožívá po západu slunce spoustou **střevlíků**, kteří se vydávají hledat další bezobratlé, které by mohli ulovit. Mezi nejkrásnější zástupce velkých střevlíků v naší přírodě patří *střevlík zlatolesklý*, velmi běžný je například *střevlík zahradní*. Také řada druhů býložravého hmyzu aktivuje v noci a ve dne je na rostlinách nenajdeme.

c) Noční obratlovci

Život v noci je vhodnou taktikou, jak se mohou živočichové chránit před silnými mrazy či naopak velkým horkem a suchem. Mohou také tímto způsobem uniknout pozornosti predátorů či naopak snáz najít potravu.

Noční způsob života není o nic bezpečnější než denní, ale umožňuje snížení potravní konkurence. Na jednom území tak mohou žít druhy, které využívají stejné potravní zdroje. Příkladem mohou být *vlaštovky* a *netopýři* – oba loví létající hmyz, jen vlaštovka denní a netopýr noční druhy.

Pokud je živočich aktivní až po setmění a poté po většinu noci, hovoříme o **nočním způsobu života**. Pokud začíná aktivovat navečer, noc tráví v úkrytu a poté vychází opět před svítáním, označujeme ho jako živočicha **soumračného**. Do první skupiny patří samozřejmě netopýři či *vrápenci*, z ptáků pak *lelek lesní* nebo většina druhů sov. Do druhé skupiny patří mnoho šelem, hlodavců, hmyzožravců, dále zástupci kopytníků, někteří ptáci, obojživelníci i ryby. Ovšem i noční či soumračné živočichy lze někdy zastihnout během dne, i když spíše výjimečně.

Adaptace

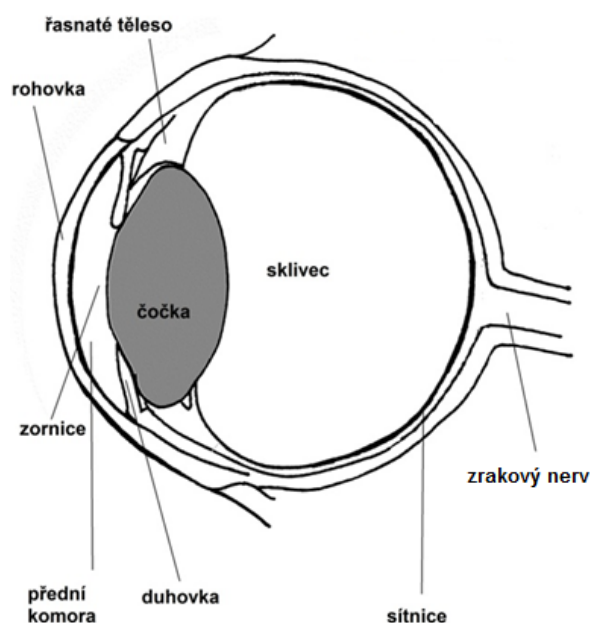
Noční živočichové se musejí orientovat, dorozumívat, najít rychle svůj úkryt nebo potravu, uniknout před predátory, vyhledávat partnery a odchovávat potomky – to vše za špatných světelných podmínek. Hlavním přizpůsobením nočních živočichů životu ve tmě je proto jejich smyslové vybavení. Mívají často nápadně velké oči, které se navíc vyznačují zvláštní stavbou. K orientaci jim pomáhá i velmi jemný sluch a čich

a další „přídavné“ smysly, jako je schopnost **echolokace** (orientují se pomocí odrazu ultrazvukových vln, které vysílají do okolí), vnímání elektrického a magnetického pole, termoreceptory a další. Vlastně se v mnohém podobají adaptacím živočichů podzemních, což není nic divného – řeší přece hodně podobné problémy.

Zrak

Připomeňme si, že obratlovci mají **komorové oko**.

Komorové oko má podobu uzavřené koule. Světlo do něj proniká **zornicí**, která je okrouhlá, šterbinovitá nebo trojúhelníkovitá. Roztahuje se nebo zužuje podle množství světla. To dopadá na sítnici se světločivnými buňkami – **čípky** (pro barevné vidění) a **tyčinkami** (pro černobílé vidění). Buňky vedou podráždění zrakovým nervem do mozku, kde se skládá obraz z obou očí.



Obr. 52: Stavba komorového oka

Často nápadně velké oči nočních obratlovců mají na sítnici obvykle méně čípků a více tyčinek. Znamená to, že vidí sice černobíle, ale zato velmi ostře. Přesto existuje mnoho nočních obratlovců, kteří vidí i za šera a v noci barevně.

Některým nočním živočichům oči za tmy svítí. Je to způsobeno tím, že mají v oku ještě zvláštní vrstvu buněk (**tapetum lucidum**), která znovu odrazí světlo na sítnici, takže zvíře lépe vidí. *Kočka*, *vlk* i další noční šelmy nebo kopytníci pak vidí i

v podmínkách, které nám připadají jako naprostá tma. Ve skutečnosti ale i oni potřebují alespoň nepatrnou intenzitu světla. Kromě zmíněné odrazové vrstvy buněk je schopnost nočního vidění dána i tím, že noční obratlovci vnímají širší světelné spektrum – nejen viditelné (které vnímá člověk), ale i ultrafialové a infračervené.

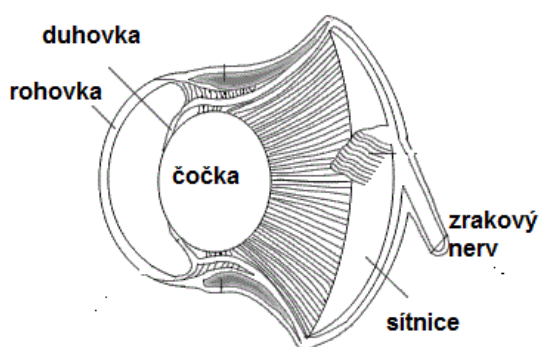
Různé skupiny obratlovců mají oko různě utvářené a vidí různým způsobem. Typické „lidské“ oko mají savci.

Sovám se vyvinuly **teleskopické oči**. Nejsou kulovité, ale válcovité a mají silně vyklenutou rohovku. Sovy nedokážou očima pohybovat, což je vyrovnáno tím, že dovedou otočit hlavu až o 270 stupňů.

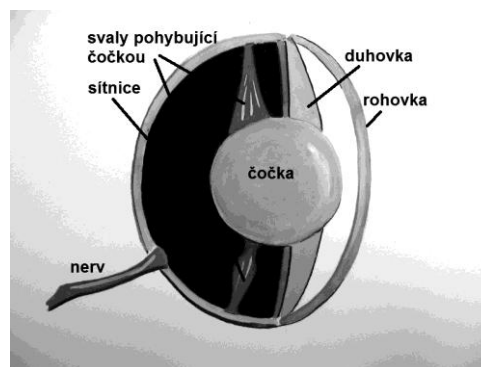
Psi a kočky vidí pouze černobíle (jsou barvoslepi), ale mají velmi dobré **periferní vidění** (tedy na okraji zorného pole), zvláště pokud se jedná o pohybující se předmět.

Sokol má velmi ostrý zrak – hraboše zaznamená ze vzdálenosti 1,5 km.

Ryby mají podobně jako sovy teleskopické oči. Čočka je kulatá a ryby zaostřují tak, že zvláštní svaly čočku posouvají dopředu, nebo dozadu. Ryby dokážou ve tmě vnímat i světélkující živočichy (což je důležité pro hlubinné mořské ryby). Je to dáno tím, že mají na sítnici velké množství tyčinek.



Obr. 53: Průřez okem sovy



Obr. 54: Průřez okem ryby

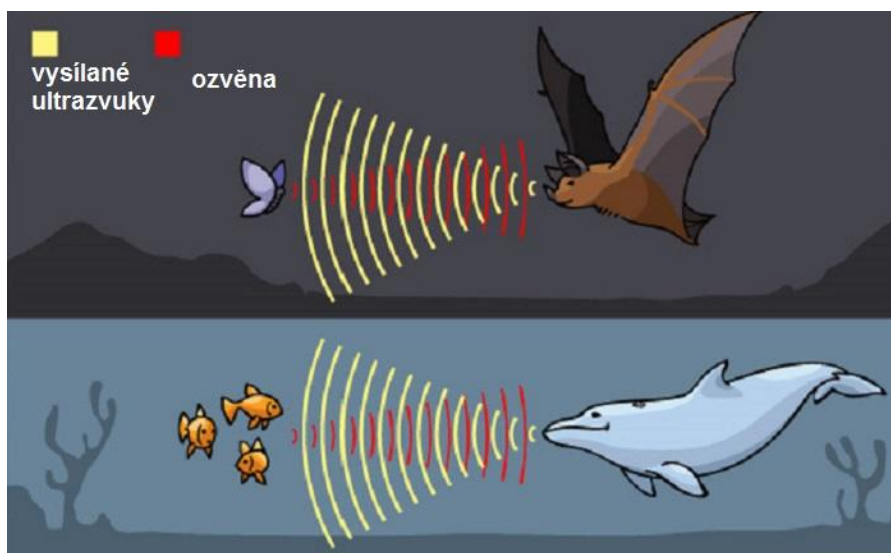
Sluch

Sluch je pro noční živočichy velice důležitý. Platí to zvláště pro savce, kteří mají často velké a pohyblivé **ušní boltce**, jež dokážou natáčet po směru zvuku. Však o ně také náležitě pečují. *Netopýr ušatý* nebo *dlouhouchý* i některé poloopice mají boltce nejen velké, ale i velice tenké a jemné. Proto je při odpočinku skládají jako vějíř, aby

se jim nepoškodily. Zatímco podzemní obratlovci vnímají hlavně hluboké tóny, noční tvorové jsou naladěni spíše na tóny střední a vysoké frekvence, tedy i na ultrazvuky pro lidské ucho neslyšitelné. Toho využívají při echolokaci, což je schopnost vnímat „ozvěnu“ ultrazvuků, které živočich vysílá. Dobře známí jsou v tomto ohledu netopýři, ale pomocí echolokace se orientují i *rejskové* nebo kytovci a dokonce i některé druhy ptáků.



Obr. 55: Netopýr ušatý dokáže při odpočinku složit boltce jako vějíř a pak je přiklopí k hlavě, takže jsou vidět jen takzvaná víčka.



Obr. 56: Echolokace u netopýřů a delfinů je založena na stejném principu – vysílané ultrazvuky se odrážejí zpět jako ozvěna.

Čich a chuť

Pro čich obecně platí vše, co jsme si řekli již v kapitole o podzemních obratlovcích. Také pro živočichy žijící v šeru nebo ve tmě je čich velmi důležitý a jejich čichové laloky mozku jsou velmi dobře vyvinuté.

Čich se u různých skupin obratlovců liší, ale obecně platí, že noční a podzemní živočichové mají čich mnohem citlivější než živočichové denní. Například člověk má plochu čichové sliznice v průměru 10 cm^2 , zatímco pes až 170 cm^2 .

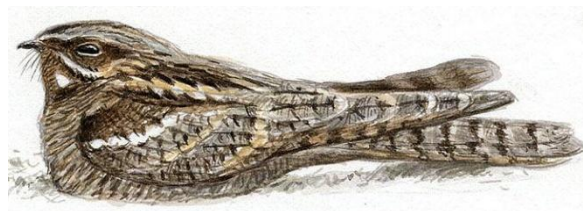
Pachové podněty jsou v životě obratlovců velmi důležité a čichová paměť bývá velmi dlouhodobá nebo dokonce trvalá. Například mláďata savců narozená v podzemním doupěti si pamatují pach rodné nory a bezpečně ji poznají. Čich hraje významnou roli i při rozpoznání vhodné potravy.

Chuťové vjemy jsou rovněž důležité a stejně trvalé jako čichové.

Hmat

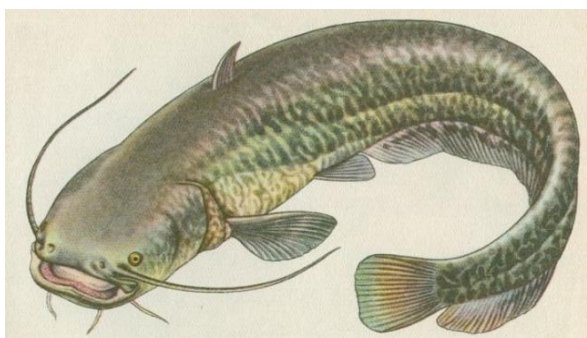
Také hmat je pro noční živočichy stejně důležitý jako pro živočichy žijící v podzemí. Pomocí hmatu se především orientují a hledají potravu. Mnoho nočních živočichů proto vysloveně potřebuje být v neustálém kontaktu s okolím. Základní hmatové receptory mají uložené v kůži, a to na nejrozličnějších místech. *Rejskové* je mají na citlivém a pohyblivém protáhlém čenichu, kterým hledají různé bezobratlé. *Mývali* je mají na dlaních, aby při nočním lovu nahmatali raky a další živočichy ukrývající se pod kameny nebo převislými břehy. *Opice* mají nesmírně citlivé špičky prstů. *Ibisové* nebo *kolpíci* mají hmatová tělíska na konci a uvnitř zobáku, kterým pátrají v bahně po drobných bezobratlých. Hmatové receptory jsou různého typu podle toho, zda vnímají tlak, teplo a chlad, nebo bolest.

Také ptáci mají období hmatových chlupů, jak je známe u savců. Jsou to tenká pera bez praporu, která obklopují kořen zobáku. Vyskytují se především u nočních lovců létajícího hmyzu, jako je *lelek lesní*. Slouží nejen jako orgán hmatu, ale také jako „nálevka“, která směřuje létající hmyz do úst.



Obr. 57: Lelek lesní

Hmatové vousky známe i u ryb. Jsou často masité, různě dlouhé a početné. Mají je ryby žijící v kalných nebo hlubších vodách, kde jim pomáhají orientovat se v prostředí a hledat potravu v jemných nánosech na dně. Příkladem může být *sumec velký*.



Obr. 58: Sumec velký

Noční obratlovci

- Savci

Nejznámější jsou asi letouni – *netopýři*, *vrápenci* a *kaloni*. Zatímco netopýři a vrápenci se orientují pomocí echolokace, a mají proto malé oči, kaloni se i v šeru orientují hlavně zrakem a čichem.

Typicky noční druhy najdeme mezi hlodavci. *Plši* nebo *myšice* tráví den v úkrytu a potravu si hledají až za tmy, kdy je méně predátorů.

- Ptáci

K nočním druhům patří většina sov, *lelek lesní* nebo *kvakoš noční*.

- Obojživelníci

V noci je aktivní například *mlok skvrnitý*, všechny naše *ropuchy* nebo *rosnička zelená*.

- Ryby

Z našich ryb patří k nočním druhům *sumec velký*, *úhoř říční* nebo *candát obecný*.

Soumrační obratlovci

Soumrační živočichové jsou aktivní v době, kdy je přece jen alespoň trochu vidět, a tak jejich přizpůsobení k nedostatku světla nejsou tak výrazná jako u typicky nočních živočichů. Přesto se dá říct, že většina adaptací platí i pro ně.

K soumračným živočichům, které můžete potkat v naší přírodě, patří *ježci*, *rejskové*, *liška obecná*, *vlk obecný*, *rys ostrovid*, *jelen lesní* nebo *slepýš křehký*.

d) Život ve tmě v cizích krajích

Na celém světě existuje mnoho nočních živočichů, kteří se dokázali životu ve tmě podivuhodně přizpůsobit. Patří k nim mimo jiné poloopice, s nimiž se setkáme v tropickém a subtropickém pásmu. Všechny mají velké oči i boltce.



Obr. 59: Komba ušatá má velké oči a jemné, blanité ušní boltce, které při odpočinku přiklápí k hlavě.

Noční zvířata jsou velmi typická pro prostředí pouště. Ve dne je na poušti velký žár a většina živočichů zde nepřežije déle než několik hodin. V noci je ale na pouštích chladno – tehdy teprve ožívají. Ze svých úkrytů vyleze nepřeberné množství **hmyzu**, například velkých pouštních *potemníků*. Pobíhají tu také predátoři, například *štíři* a velmi rychle běžající *solifugy*. Jsou vyzbrojeny silnými klepítky, která sice nemají jedovou žlázu, ale jsou schopna kořist rychle rozdrtit.



Obr. 60: Solifuga

V noci také vylézají mnoho pouštních plazů. Hmyz vyrážejí lovit zavalití *scinkové*, stejně jako rychlí a obratní *gekoni*, u kterých je noční aktivita až na výjimky typická i mimo pouštní prostředí. Pouště hostí i řadu hadů, například na Sahaře se vyskytuje obávaná *zmije písečná*.

Také mnozí menší pouštní savci vylézají ze svých nor až po soumraku. Saharskou poušť ožívají obratně skákající *tarbíci egyptští*, zatímco severoamerické polopouště obývá podobná, avšak nepříbuzná *tarbíkomys*. Známým druhem pouštního savce je také *fenek*, pouštní liška, která žije v severní Africe. Posledním podivuhodným pouštním savcem, kterého si zmíníme, je *vakokrt*, obývajícím písečné pouště Austrálie. Jedná se o druh vačnatce, který se přizpůsobil životu v poušti tak, že přešel pod povrch. Nemůže se ale pohybovat jako klasický krtek, tedy hrabat nory – ty by se mu v písku hned zasypaly. Proto má vyvinuty široké přední nohy a pomocí nich doslova plave v písku.



Obr. 61: Fenek je pouštní druh lišky obývající Saharu. O nočním způsobu života svědčí velké boltce (které slouží částečně také k ochlazování) i oči.

Jedním z nejpodivuhodnějších nočních ptáků je nelétavý *kivi* z Nového Zélandu, který má velmi citlivý čich. Jiný noční pták je *gvačaro jeskynní*, který se dokáže orientovat pomocí echolokace.

Opačný extrém představují polární pustiny. V noci je zde nesmírná zima a navíc se zde projevuje polární noc, takže v zimě je tmy daleko více. Některé organizmy se před nástrahami polární noci brání tak, že migrují do teplejších krajín, kde je zima mírnější, například k nám. Příkladem mohou být někteří vodní ptáci, kupříkladu *hohol severní*. Jiní živočichové takovou možnost nemají a musí polární noci čelit. Například antarktičtí *tučňáci císařští* se na zimu přitisknou k sobě, aby udrželi co nejvíce tepla.

Posledním prostředím, které si představíme, jsou mořské hlubiny. I zde panuje naprostá tma a živočichové se jí musí přizpůsobit. Živočichové z mořských hloubek mají často obrovské oči, kterými se snaží zachytit alespoň to něco málo světla, co sem pronikne. Řada predátorů láká svou kořist na bioluminiscenční návnady, části těla, v kterých světlo produkují symbiotické bakterie (například u ryby *d'asa mořského*).

Úplně na dně moře, kde se střetávají pevninské desky, existují horké vývěry, známé jako **černí a bílí kuřáci**. Kolem nich existují rozsáhlá společenstva organismů, závislá na bakteriích, které jsou schopny přetvářet látky z kuřáků na energii. Podmořští kroužkovci *bradatice* chovají tyto bakterie ve zvláštních útvarech na těle a tím si zajišťují dostatek potravy. Mimo kuřáky je mořské dno obecně velmi chudé na potravu. Dostatek jí je pouze tu a tam, například na **tělech mrtvých velryb**, na která je rovněž vázáno velké množství organismů. Dalším zdrojem potravy na dně moře je **dřevo**, kterého se zde paradoxně nachází velké množství, neboť se do moře splavuje spousta kmenů stromů. Existují tak druhy živočichů, které jsou přímo vázány na dřevo, splavené do moře. Příkladem mohou být ve dřevě vrtající mlži *šázně lodní*.



Obr. 62: Černý kuřák na mořském dně s množstvím bradatic

5. Endoparazité

Nebojte se, tento cizí výraz není nic strašidelného – jsou to jednoduše vnitřní cizopasníci. Ti totiž také žijí v temnotě, a to v naprosté. Proto se o nich alespoň krátce zmíníme.

Jako **cizopasník** (parazit) bývá obecně označován organizmus, který žije „na úkor“ jiného organismu, jemuž říkáme **hostitel**. Na úkor znamená, že ho nějakým způsobem poškozuje a nijak mu neprospívá. Někdy může příliš velké napadení cizopasníky vést i ke smrti hostitele. Parazitismus je tedy jeden z mnoha typů vzájemného soužití organismů různého druhu a může mít mnoho podob. Jestliže cizopasník žije uvnitř těla hostitele, je to vnitřní cizopasník neboli endoparazit. Patří k nim viry, bakterie, prvoci i mnoho bezobratlých. Z nich asi nejznámější jsou ploštěnci (například některé *motolice*, *tasemnice*) a hlístice (třeba *roup* nebo *škrkavka*).

Endoparazité obývají často velmi drsné prostředí, které se vyznačuje mimo jiné nedostatkem prostoru a naprostou tmou. Museli se mu pochopitelně přizpůsobit.

- Jsou mnohem menší než jejich hostitel.
- Rozmnožují se rychleji a mají kratší délku života než hostitel.
- Mají co nejjednodušší stavbu těla: bez končetin a velkých výrůstků (kromě přichytných zařízení, jako jsou drobné háčky nebo přísavky); zakrnělé oči; tenkou pokožku, kterou snadno procházejí živiny; některé další orgány jsou potlačené ve prospěch pohlavních orgánů.
- Žijí buď trvale v jednom hostiteli, nebo hostitele střídají. Hostitel, v kterém probíhá pohlavní rozmnožování parazita, se nazývá **definitivní hostitel**. Pokud se v něm rozmnožuje pouze nepohlavně, jedná se o **mezihostitele**. Např. člověk je mezihostitelem *trypanozomy*, bičíkovce způsobujícího spavou nemoc. Definitivním hostitelem je moucha *bodalka tse-tse*. Organismus, který parazita aktivně přenáší na

jiného hostitele, nazýváme **přenašeč**. Bodalka tse-tse, která do nás se svými slinami vpichuje trypanozomu, je tedy zároveň přenašeč.

V průběhu vývoje probíhá neustálá „soutěž“ mezi cizopasníky a jejich hostiteli. Hostitelské druhy se snaží proti cizopasníkům bránit. Rostliny vylučují chemické látky, které cizopasníky odradí nebo zahubí. Živočichové vykazují širší škálu obranných prostředků – mechanických (povrch těla, oční víčka) i chemických (například v slzách je látka, která zahubí bakterie; žaludek obsahuje kyselinu chlorovodíkovou apod.). Někdy spočívá obrana před parazity spíše ve způsobu života. Stává se dokonce, že si hostitel vypěstuje proti stálým cizopasníkům určitou odolnost (imunitu), takže s nimi žije, aniž by byl nějak poškozován. To je také ideální stav, kdy parazit získává živiny z hostitele, který o tom téměř ani neví. Zabije-li parazit svého hostitele, zahyne i parazit.

Existují ale výjimečné případy, kdy stejný parazit napadne blízce příbuzný druh, který si takovou odolnost v průběhu statisíců let nevypěstoval, hostitel onemocní. To je třeba případ jednoho viru u slonů. Zatímco sloni indičtí jsou proti němu hodně odolní, slony africké může i zabít. Podobný příklad o syndromu bílých nosů a severoamerických a evropských netopýrech jste už poznali v kapitole Život v jeskyních.

Také v případě, že se „domácí“ parazit prudce přemnoží, například když je hostitel oslaben jinou chorobou, zraněním nebo nedostatkem potravy, pak hostitele poškodí či zahubí.

Cizopasníci včetně endoparazitů bývají často opomíjeni při znázorňování potravních sítí v ekosystému. Ve skutečnosti patří ke klíčovým druhům, protože jejich přítomnost či nepřítomnost a samozřejmě jejich množství výrazně ovlivňuje chování a početnost hostitelů. Bez cizopasníků by pravděpodobně docházelo v některých případech k přemnožení hostitelského druhu. Naopak při přemnožení parazitů může výrazně klesnout početnost hostitelů v určitém území. V posledních letech se vážně začíná mluvit o tom, že nám někteří „mírní“ parazité chybějí. V dnešní „hygienické době“ člověk není pravidelným hostitelem žádných větších živočišných parazitů. Přitom se ukazuje, že přítomnost některých mírných parazitů (jako je *tenkohlavec* nebo *tasemnice*) podporuje náš imunitní systém a udržuje ho v neustálé pohotovosti. Tím jsme schopni lépe se bránit alergiím a dalším nemocem, souvisejícím s imunitou. Zkrátka – vztahy v ekosystémech jsou velmi provázané a cizopasníci jsou jejich nedílnou součástí.

Příklady endoparazitů:

- Viry

Jsou to nitrobuněční parazité, kteří se mimo hostitelskou buňku nemohou rozmnožovat. Jejich stavba je tak silně zjednodušená, že ani nepřipomínají živé organismy. Všechny viry jsou patogenní, což znamená, že způsobují onemocnění hostitelské rostliny nebo živočicha.

- Bakterie

Jednobuněčné prokaryotické organismy, žijící často v koloniích. Nemusejí vždy způsobovat onemocnění. Existuje velké množství „přátelských“ bakterií, které žijí s hostitelem v symbióze a jejichž nedostatek se dokonce může projevovat nepříznivě.

- Prvoci

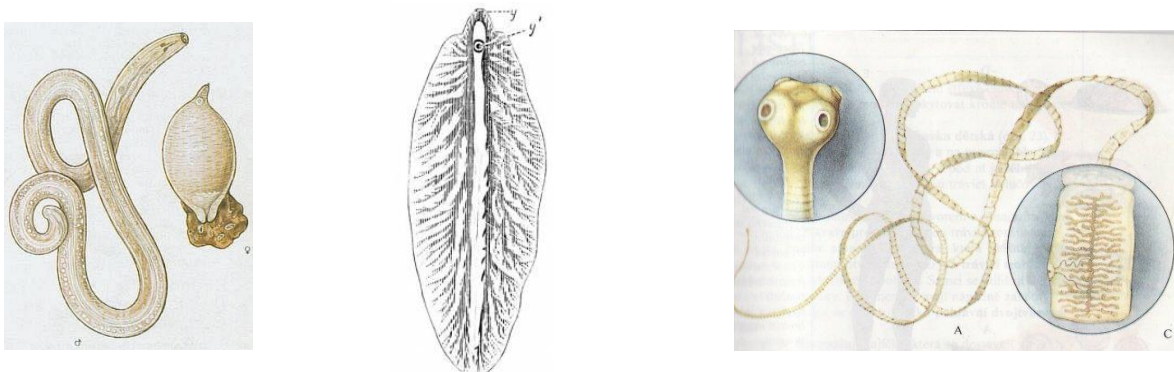
Jednobuněčné organismy – některé druhy žijí paraziticky a mohou být příčinou vážných onemocnění. K známým patogenním prvokům patří *trypanozoma*. Jeden druh způsobuje spavou nemoc.

- Ploštěnci

Jsou to mnohobuněční bezobratlí živočichové s jednoduchou stavbou těla. I mezi nimi se vyskytují cizopasně druhy, jako jsou různé *motolice* nebo *tasemnice*.

- Hlístice

Mají protáhlé nečlámkované tělo, na průřezu oblé. Cizopasí v rostlinách (například *háďátko řepné*) nebo v živočiších (*roup*, *škrkavka*).



Obr. 63: Příklady endoparazitů (zleva): háďátko řepné, motolice jaterní, tasemnice bezbranná

Literatura a zdroje

Anděra, M., I. Horáček (2006): Poznáváme naše savce. Sobotáles, Praha.
kolektiv autorů (1998): Soukromí živočichů. Reader's Digest Výběr, Praha.
Spohnová, M., M. Golte-Bechtleová, (2010): Co tu kvete? Květena střední Evropy.
Knižní klub, Praha.
Uhlenbroeková, Ch. (2008): Život zvířat. Knižní klub, Praha.

Obr. 1: Šantrůčková, H. (2014): Základy ekologie půdy. PřF JČU, České Budějovice.

Obr. 2: <http://spot.pcc.edu/~kleonard/images/SoilHorizons.jpg>

Obr. 3: <http://www.ezrasorganics.com/how-to-grow/how-to-build-the-soil/>

Obr. 4:

http://cdn2.hubspot.net/hub/465372/file-2237330672-jpg/Images/soil_pyramid.jpg?t=1421347849819

Obr. 5:

<http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/photogallery/soils/health/biology/gallery/?cid=1788&position=Promo>

Obr. 6:

<http://img1.photographersdirect.com/img/21394/wm/pd1276385.jpg>,

http://www.sciencephoto.com/image/446335/350wm/C0122766-Nitrogen_fixing_nodules_on_pea_roots-SPL.jpg

Obr. 7:

<https://testateamoebaersearch.wordpress.com/tag/testate-amoebae/>,

<http://www.menicon.fr/pro/images/stories/acanthamoeba.jpg>,

<http://buildasoil.com/blogs/news/9611187-an-article-on-rizosphere-and-symbiosis>

Obr. 8: <http://dumy.cz/stahnout/69648>

Obr. 9: http://cs.wikipedia.org/wiki/Dr%C3%A1pkovci#mediaviewer/File:31-Velvet_Worm.JPG

Obr. 10: <https://tedspeds.files.wordpress.com/2011/04/centipedes-millipedes.jpg>

Obr. 11:

http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Oribatida#mediaviewer/File:Platerema_eoidea.jpg <http://www.skudci.com/files/stirek-domaci-2.jpg>

Obr. 12: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hypsibiusdujardini.jpg>

Obr. 13: <https://en.wikipedia.org/wiki/Springtail>

Obr. 14:

http://www.zoogdiervereniging.nl/sites/default/files/imce/nieuwesite/Zoogdiersoorten/Mol/img/Mol_Wesley%20Overman_%28mol_3406%29.jpg

Obr. 15:

http://www.ittiofauna.org/provinciarezzo/caccia/tabelle_specie/insettivori/crocidura_minore/images/crocidura_suaveolens.jpg

Obr. 16: <http://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc28308/m1/24/>

Obr. 17: <http://www.ideje.cz/cz/clanky/nejzvlastnejsi-zvirata-a-tvorove-sveta>

Obr. 18:

https://classconnection.s3.amazonaws.com/794/flashcards/933794/jpg/tactile_hair1329347245918.jpg

Obr. 19: Uhlenbroeková, Ch. (2008): Život zvířat. Knižní klub, Praha.

Obr. 20: Uhlenbroeková, Ch. (2008): Život zvířat. Knižní klub, Praha.

Obr. 21: <http://www.alamy.com/stock-photo-south-american-caecilian-siphonops-annulatus-24061592.html>

Obr. 22: archiv Zoo Praha

Obr. 23: archiv Zoo Praha

Obr. 24: <http://www.thepetwarehouse.co.uk/blog/wp-content/uploads/2014/02/hamster-runs.jpg>

Obr. 25:

http://www.allposters.com/-sp/Badgers-on-a-Den-Meles-Meles-Posters_i7148466_.htm

Obr. 26: <http://www.doyourownpestcontrol.com/MoleWorld.jpg>

Obr. 27: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/a5/29/ff/a529ff6275c81227d3138a551b9cb2e2.gif>

Obr. 28:

https://backyardzoologist.files.wordpress.com/2010/05/img_2275.jpg

Obr. 29:

http://www.mudskipper.it/Reprod_file/malaccensis.jpg

Obr. 30:

[http://surrey-arg.org.uk/cgi-](http://surrey-arg.org.uk/cgi-bin/SpeciesImageViewer.asp?VirtualPath=/SARG/08000-TheAnimals/SpeciesPages/Sand_Lizard/Sand_Lizard_Burrow.jpg&ImageTitle=Image%20Viewer&Caption=A%20female%20Sand%20lizard%20emerging%20from%20her%20overnight%20burrow.)

[bin/SpeciesImageViewer.asp?VirtualPath=/SARG/08000-](http://surrey-arg.org.uk/cgi-bin/SpeciesImageViewer.asp?VirtualPath=/SARG/08000-TheAnimals/SpeciesPages/Sand_Lizard/Sand_Lizard_Burrow.jpg&ImageTitle=Image%20Viewer&Caption=A%20female%20Sand%20lizard%20emerging%20from%20her%20overnight%20burrow.)

[TheAnimals/SpeciesPages/Sand_Lizard/Sand_Lizard_Burrow.jpg&ImageTitle=Image%20Viewer&Caption=A%20female%20Sand%20lizard%20emerging%20from%20her%20overnight%20burrow.](http://surrey-arg.org.uk/cgi-bin/SpeciesImageViewer.asp?VirtualPath=/SARG/08000-TheAnimals/SpeciesPages/Sand_Lizard/Sand_Lizard_Burrow.jpg&ImageTitle=Image%20Viewer&Caption=A%20female%20Sand%20lizard%20emerging%20from%20her%20overnight%20burrow.)

Obr. 31:

http://i.telegraph.co.uk/multimedia/archive/02401/magellanic-penguin_2401761b.jpg

Obr. 32: <http://wdfw.wa.gov/living/rats.html>

Obr. 33:

<http://www.wildlifelens.co.uk/wp-content/uploads/2014/06/feedintonest.jpg>

<http://ibc.lynxeds.com/files/pictures/martin-pescatore-nel-nido.jpg>

Obr. 34: https://en.wikipedia.org/wiki/Red_fox

Obr. 35:

<http://handdrawngallery.com/wp-content/uploads/2015/01/Cross-section-of-a-River-Otter-Den.tiffTHUMB.jpg>

Obr. 36:

http://static.zoonar.com/img/www_repository1/56/75/df/10_4e12f15a1ad0bfed5b5db4dc48c79001.jpg

Obr. 37: <http://www.uoguelph.ca/~gbarron/N-D%20Fungi/n-dfun1.jpg>

Obr. 38:

http://botit.botany.wisc.edu/Resources/Toms%20Fungi/Basidiomycota/Hymenomyces/General_--Wood_rotters/White_Rot_Aspen.jpg

http://fld.czu.cz/~zeidler/lexikon_vad/obr/hniloba_08.jpg

Obr. 39:

https://giantveggiegardener.files.wordpress.com/2013/06/myco_tomato2plantsedit.jpg
g

Obr. 40: http://images.slideplayer.cz/8/2033168/slides/slide_7.jpg

Obr. 41: Šarapatka B.: Pedologie a ochrana půdy. Univerzita Palackého, Olomouc, 2014

Obr. 42: <https://cnho.files.wordpress.com/2009/11/corte-transversal-raiz.gif>

Obr. 43: <http://www.geraniumsonline.com/apex5.jpg>

Obr. 44:

A – <http://www.cooltropicalplants.com/image-files/growing-dahlias-06.jpg>

B – <http://3.bp.blogspot.com/->

[8sD0dnjCcIk/T2zQar2XW7I/AAAAAAAAAQo/G62z_j0ePhA/s1600/Transeau+Fig+91+Solomon+Seal+rhizome.jpg](http://3.bp.blogspot.com/-8sD0dnjCcIk/T2zQar2XW7I/AAAAAAAAAQo/G62z_j0ePhA/s1600/Transeau+Fig+91+Solomon+Seal+rhizome.jpg)

C –

<http://www.jeannedebons.com/ecommerce/originals/images/web/Solanum%20tuberosum%20-%20Russet%201.png>

Obr. 45:

A –

http://www.abecedazahrady.dama.cz/getthumbnail.aspx?q=100&crop=1&height=320&width=640&id_file=11044

B – <http://dingo.care2.com/pictures/greenliving/uploads/2012/10/celery-root.jpg>

C – <http://www.agricultureguide.org/wp-content/uploads/radish-300x2291.jpg>

Obr. 46: <http://thecookingdish.com/wp-content/uploads/2009/03/Red-Onions.jpg>

Obr. 47:

A –

http://www.buncombcounty.org/common/_RTE/Image/Cooperative%20Extension/SeedGermination.gif

B – <http://images.tutorvista.com/content/feed/tvcs/Germination20of20seeds.JPG>

Obr. 48:

<http://krasy.gymuo.cz/application/cache/efe1a88f9e318297fd64aeb862417f820e2e6619.jpg>

Obr. 49: <https://idw-online.de/en/newsimage?id=187458&size=screen>

Obr. 50:

http://zvetki.ru/gimage/145_279.jpg,

https://courseware.zcu.cz/dokumenty/static_text_images/p9300226.jpg

Obr. 51: <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/etiolement/3893>

Obr. 52: archiv Zoo Praha

Obr. 53: archiv Zoo Praha

Obr. 54: <http://www.advancedaquarist.com/2007/1/aafeature2>

Obr. 55:

<http://lembek.vcm.cz/publikace/plecotus.JPG>

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e8/Plecotus_auritus_%282320285777%29.jpg

Obr. 56:

<http://images.hngn.com/data/images/full/10968/scientists-found-bats-and-dolphins-developed-echolocation-the-same-way.jpg>

Obr. 57: <http://biodiversitysitia.gr/caprimulgus-europaeus/?lang=en>

Obr. 58: http://www.guh.cz/edu/bi/biologie_obratlovci/html01/foto_031.html

Obr. 59: archiv Zoo Praha

Obr. 60:

<http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Solifugae#mediaviewer/File:MojaveSolifugid.JPG>

Obr. 61: archiv Zoo Praha

Obr. 62

<http://www2.klett.de/sixcms/media.php/76/smoker.jpg>

Obr. 63:

http://www.guh.cz/edu/bi/biologie_bezobratli/foto05/foto_002.jpg

<http://www.mojebiologie.cz/m/lib/exe/fetch.php?w=150&media=motolice.jpg>

http://img4.rajsce.idnes.cz/d0408/0/735/735441_f70928001c272afae23711662b589472/images/3x2x1x01_tasemnice_bezbranna.jpg

BIOLOGICKÁ OLYMPIÁDA

50. ročník

Školní rok 2015–2016

Studijní text

Autoři: Romana Anděrová

Albert Damaška

Petr Šíma

Vydala Česká zemědělská univerzita v Praze

© Praha 2015