

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky

**Tvorba informačního a výukového materiálu s tématem  
*„Role hub jako rozkladačů mrtvého materiálu v ekosystému“.***

Diplomová práce

Bc. Aneta Bažantová

Studijní program: Učitelství biologie pro střední školy

Studijní obor: Učitelství biologie pro SŠ/ Učitelství geografie pro SŠ

Forma studia: prezenční

Vedoucí práce: doc. RNDr. Barbora Mieslerová, Ph.D.

Olomouc, 2021

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: *Tvorba informačního a výukového materiálu s tématem „Role hub jako rozkladačů mrtvého materiálu v ekosystému“* vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Diplomová práce je školním dílem a může být použita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího práce a děkana Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

dne.....

podpis.....

## **Poděkování**

Ráda bych tímto poděkovala vedoucí mé diplomové práce doc. RNDr. Barboře Mieslerové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, konzultace, její čas a velkou ochotu, kterou mi v celém průběhu zpracování práce věnovala. Poděkování také patří mé rodině, přítelovi a kamarádům, jež byli po celou dobu mého studia a tvorby práce velkou oporou. V neposlední řadě bych ráda poděkovala také projektu IGA PřF 2021 – 001.

## Bibliografická identifikace

- Jméno a příjmení autora:** Bc. Aneta Bažantová
- Název práce:** Tvorba informačního a výukového materiálu s tématem „*Role hub jako rozkladačů mrtvého materiálu v ekosystému*“.
- Typ práce:** Diplomová práce
- Pracoviště:** Katedra botaniky, Přírodovědecká fakulta UP v Olomouci, Šlechtitelů 11, 783 71 Olomouc – Holice
- Vedoucí práce:** doc. RNDr. Barbora Mieslerová, Ph.D. (katedra botaniky)
- Rok obhajoby práce:** 2021
- Abstrakt:** Diplomová práce s názvem: Tvorba informačního a výukového materiálu s tématem „*Role hub jako rozkladačů mrtvého materiálu v ekosystému*“ má čtenáře srozumitelně seznámit nejprve s širší charakteristikou hub, dále s významem a úlohou rozkladačů a konkrétně představit některé saprotrofy. Literární přehled byl proveden na základě rešerší odborné literatury, praktická část vznikla díky sběru položek. Teoretickou část doplňuje Powerpointová prezentace, pracovní list s otázkami a úkoly a didaktická hra. Práce má posloužit široké veřejnosti, zejména pak učitelům biologie, jež chtějí svou výuku rozšířit o zajímavé a často opomíjené téma.
- Klíčová slova:** houby, rozklad, saprotrof, enzym, lignin, celulóza, organický materiál
- Počet stran:** 59
- Počet příloh:** 4
- Jazyk:** český



## Bibliographic identification

**Author's first name and surname:** Bc. Aneta Bažantová

**Title of theses:** Creation of informational and educational material on the topic „*The role of fungi as decomposers of dead material in the ecosystem*“.

**Type of thesis:** Master's thesis

**Department:** Department of Botany, Faculty of Science, Palacký University in Olomouc, Šlechtitelů 11,  
783 71 Olomouc – Holic

**Supervisor:** RNDr. Barbora Mieslerová, Ph.D.  
(Department of Botany)

**The year of presentation:** 2021

**Abstract:** First, the Master's thesis called: The creation of informational and educational material on the topic „*The role of fungi as decomposers of dead material in the ecosystem*“ clearly informs the reader with fungi characteristics, furthermore with the importance and the role of decomposers and specifically introduce some saprotrophs. The literary review was made based on studies of scientific literature, the practical part was created thanks to the collection of specimens. The theoretic part is complemented by a Powerpoint presentation, a worksheet with questions and tasks, and a didactic game. The thesis could serve the general public, especially teachers of biology, who want to enrich their teaching with an interesting and often overlooked topic.

**Keywords:** fungi, decomposition, saprotroph, enzyme, lignin, cellulose, organic material

**Number of pages:** 59

**Number of appendices:** 4

**Language:** Czech

# Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	8
<b>2. Cíle práce</b> .....	10
<b>3. Literární přehled</b> .....	11
<b>3.1 Charakteristika hub</b> .....	11
3.1.1 Obecná charakteristika a zařazení hub (Fungi) .....	11
3.1.2 Taxonomie říše hub (Fungi) .....	12
3.1.3 Morfologická charakteristika hub (Fungi).....	14
3.1.4 Metabolismus a výživa hub (Fungi) .....	22
3.1.5 Výskyt a význam hub (Fungi) pro člověka .....	24
3.1.6 Ohrožení a ochrana hub (Fungi).....	25
3.1.7 Ekologické skupiny hub (Fungi) .....	26
<b>3.2 Charakteristika houbových rozkladačů</b> .....	27
3.2.1 Obecná charakteristika houbových rozkladačů .....	27
3.2.2 Životní strategie saprotrofních hub .....	29
3.2.3 Kolonizace nového stanoviště saprotrofy.....	30
3.2.4 Dělení saprotrofů .....	31
3.2.5 Biotopy houbových rozkladačů .....	39
<b>4. Materiál a metody</b> .....	46
<b>4.1 Sběr položek</b> .....	46
<b>4.2 Zpracování</b> .....	48
<b>5. Výsledky</b> .....	49
<b>6. Diskuse</b> .....	50
<b>7. Závěr</b> .....	53
<b>8. Literatura a použité zdroje</b> .....	54
<b>9. Seznam obrázků</b> .....	59

<b>10. Přílohy</b> .....	60
<b>10.1 Powerpointová prezentace: Role hub jako rozkladačů mrtvého materiálu v ekosystému</b> .....	60
<b>10.2 Kahoot hra: ROZ-KLA-DA-ČI</b> .....	94
<b>10.3 Pracovní list s otázkami a úkoly</b> .....	101
<b>10.4 Didaktická hra: HON NA ROZKLADAČE</b> .....	112

# 1. Úvod

Houbaření má na území České republiky staletou tradici a je doloženo spisy či listinami (první písemné doklady pochází z doby Karla IV.). Patří mezi nejstarší prováděné činnosti člověkem a jeho popularita stále narůstá, neboť lidé rádi tráví volné chvíle v přírodě. Díky tomu vzniká mnoho literárních publikací a interaktivních aplikací (např. Aplikace na houby, Google Lens apod.), které laickým houbařům pomáhají s určováním druhů hub (Fungi), neboť neznalost je nebezpečná a může zavinit těžkou otravu, dokonce i smrt (Hagara et al., 2004; Smotlacha et al., 2004).

Ve 20. století docházelo v mykologii k velkému pokroku, neboť vědci používali nové techniky a metody. Díky mikroskopům, barvivům a chemickým reakcím objevili spoustu nových druhů a na základě jejich podobnosti mohli houby rozdělit do taxonomických skupin. I v současné době ale probíhá mnoho změn v taxonomii hub, a to díky molekulárně fylogenetickým analýzám (Smotlacha et al., 2004).

Houby (Fungi) patří mezi nejrozmanitější organismy na naší planetě a k zjištění jejich znaků nám mnohdy stačí naše oko či lupa (makroskopické houby), někdy je zapotřebí použít mikroskop (mikroskopické houby). Všechny houby (Fungi) jsou ale charakteristické tím, že jejich rezervní látkou je glykogen, u většiny druhů je v buněčných stěnách obsažen chitin a rozmnožují se pohlavně či nepohlavně pomocí výtrusů (Hagara et al., 2004).

V přírodě mají houby nesmírný význam, podílejí se i na rozkladu opadu či dřevní hmoty, díky čemuž se koloběh látek a energie nezastaví. U některých těchto druhů byly prokázány pozitivní účinky na lidské zdraví, např. březovník obecný (*Piptoporus betulinus*) obsahuje látky brzdící růst rakovinových buněk a pečárka polní (*Agaricus campestris*) pomáhá léčit alergie. Jiní rozkladači jsou důležití při výrobě léků či potravin, mohou být též vyhledávanou pochutinou. Z pohledu člověka je ale rozkladná vlastnost hub mnohdy negativní, neboť některé druhy ničí užitkové dřevo v lesích či lidská obydlí, kazí potraviny a mohou způsobovat různá onemocnění zvířat, rostlin i lidí. Ekologickou skupinu hub, která rozkládá odumřelý organický materiál, nazýváme saprotrofové, a právě na ně se tato diplomová práce zaměřuje (Hagara et al., 2004).

Téma diplomové práce spadá dle Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia do vzdělávací oblasti Člověk a příroda, předmět Biologie. Vzdělávacím

obsahem je Biologie hub, s učivem o stavbě a funkci hub, také o stavbě a funkci lišejníků. Očekávané výstupy vzdělávacího obsahu Biologie hub: „*Žák pozná a pojmenuje (s možným využitím různých informačních zdrojů) významné zástupce hub a lišejníků. Žák posoudí ekologický, zdravotnický a hospodářský význam hub a lišejníků.*“ (Balada, 2007).

## 2. Cíle práce

Hlavním cílem této diplomové práce bylo vypracovat informační a výukový materiál, který se zaměřuje na saprotrofní houby. Teoretická část diplomové práce zahrnuje literární rešerši, ve které obecně charakterizuje říši hub (Fungi), poté se zaměřuje konkrétně na rozkladače. V praktické části byla věnována pozornost sběru položek, jež byly získány v přírodě, či vypěstovány na potravinách a následně mikroskopovány. Položky byly vyfotografovány, vysušeny a uchovány pro didaktické účely PŘF UPOL. Pořízené fotografie se využily zejména v Powerpointové prezentaci, pracovním listu a v didaktické hře. Diplomová práce by měla prohloubit vědomosti učitelů biologie o saprotrofních houbách a ukázat možnosti, jak vhodně tuto látku začlenit do výuky, ať už teoreticky, či pomocí dalších vytvořených materiálů.

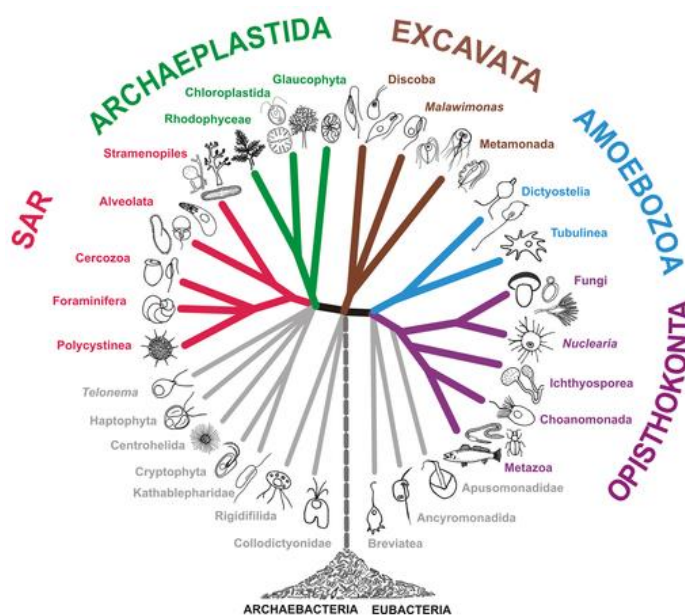
### 3. Literární přehled

#### 3.1 Charakteristika hub

##### 3.1.1 Obecná charakteristika a zařazení hub (Fungi)

Doména Eukaryota (Eukarya) se dříve členila dle organelové výbavy buněk a způsobu výživy na „tradiční říše“ živočichů (Animalia), rostlin (Plantae) a hub (Fungi). Díky molekulárně fylogenetickým analýzám bylo ale zjištěno, že Eukarya je tvořena pěti superskupinami, a to Amoebozoa (měňavkovci), SAR (název odvozen od zkratk tří skupin spojených v tomto kladu: Stramenopiles, Alveolata a Rhizaria), Archaeplastida (fotosyntetizující organismy), Excavata (organismy s ventrálním žlábkem, který je vyztužený cytoskeletem a s bičíkem) a Opisthokonta. Superskupina Opisthokonta je nejpočetnější a zahrnuje především živočichy, některé prvoky a houby (Fungi). Společným znakem této superskupiny je zásobní látka glykogen (případně tuk), ploché mitochondriální krysty a jeden tlačný bičík (v zadní části buňky), který ale u některých organismů druhotně mizí (také mnoha hub, zejména vývojově pokročilejších) (Adl et al., 2012; Kout, 2014; Macháček et al., 2016).

Obrázek 1. ukazuje výše zmíněnou klasifikaci a fylogenezi Eukaryot.



**Obrázek 1.** Klasifikace a fylogeneze domény Eukaryota (Adl et al., 2012)

Eukaryotní organismy mají, oproti vývojově starším prokaryotním, složitější stavbu buněk. Buňka má jádro ohraničeno jadernou membránou a dále obsahuje různé organely, zejména mitochondrie a plastidy u rostlin (Plantae). Rostlinné chloroplasty jsou organely, které umožňují vytvářet důležité organické látky pomocí procesu fotosyntéza (autotrofní organismy). Houby (Fungi) ale chloroplasty v buňkách neobsahují a hovoříme o nich jako o organismech heterotrofních, které organické látky samy netvoří, ale získávají je ze svého okolí. Charakteristickým znakem většiny houbových organismů je přítomnost chitinu v buněčné stěně a osmotrofní způsob trávení (rozklad pomocí enzymů vylučovaných vně hyf, rozložené látky jsou absorbovány opět hyfou). Výživu mohou houby (Fungi) získávat rozkladem odumřelé hmoty (saprofytismus), proniknutím hyf přímo do živého organismu (parazitismus) či díky vzájemně prospěšnému soužití s jiným organismem (symbióza) (Holec et al., 2012; Klán, 1989).

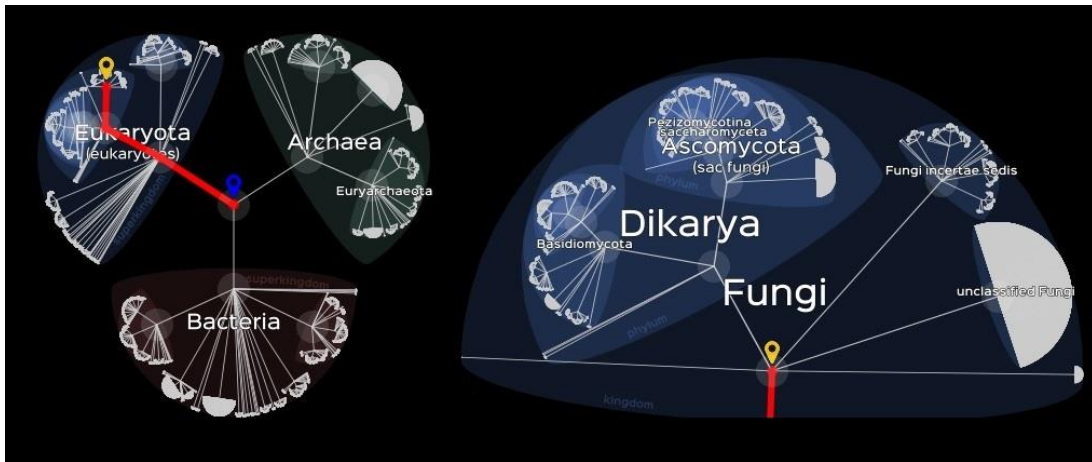
Houby (Fungi) lze najít všude na Zemi a doslova ji formují. Vyskytují se ve stratosféře, na dně Mrtvého moře, v arktickém ledovci, na vyprahlých pouštích, ve střevech much, v hlubinách oceánských sedimentů a kdekoliv mezi tím. Důležitou roli mají při recyklaci uhlíku, mobilizaci dusíku, fosforu a dalších biogenních prvků. Poskytují nezbytnou podporu pro život rostlin, živočichů i lidí, jelikož se využívají jako potrava, také při výrobě dalších potravin, nápojů, léků apod. (Naranjo-Ortiz a Gabaldón, 2019).

### 3.1.2 Taxonomie říše hub (Fungi)

Systém říše hub (Fungi) prochází v posledních desetiletích značnými změnami díky molekulárně fylogenetickým studiím. Předpokládá se, že k přesunům v systému bude docházet i v následujících letech. Obrázek 2. zobrazuje strom života a fylogenetické rozdělení hub. Fungi jsou v něm rozděleny na Dikarya (taxon, jež zahrnuje Ascomycota a Basidiomycota), unclassified Fungi (houby, jejichž taxonomické vztahy nebyly autoritativně stanoveny) a Fungi incertae sedis (houby s nejistým umístěním, kde vztahy mezi nimi nejsou známy), kam se řadí taxony jako Blastocladiomycota, Cryptomycota, Chytridiomycota, Microsporidia, Mucoromycota, Nephridiophagidae, Olpidiomycota,



Sanchytriaceae, Zoopagomycota a environmental samples (environmentální vzorky) (de Vienne, 2016).



**Obrázek 2.** Strom života (vlevo) a fylogenetické rozdělení Fungi (vpravo) (de Vienne, 2016)

Naranjo-Ortiz a Gabaldón (2019) po přezkoumání fylogeneze člení pravé houby (Fungi) na devět kmenů: Opisthosporidia, Chytridiomycota, Neocallimastigomycota, Blastocladiomycota, Zoopagomycota, Mucoromycota, Glomeromycota, Ascomycota a Basidiomycota.

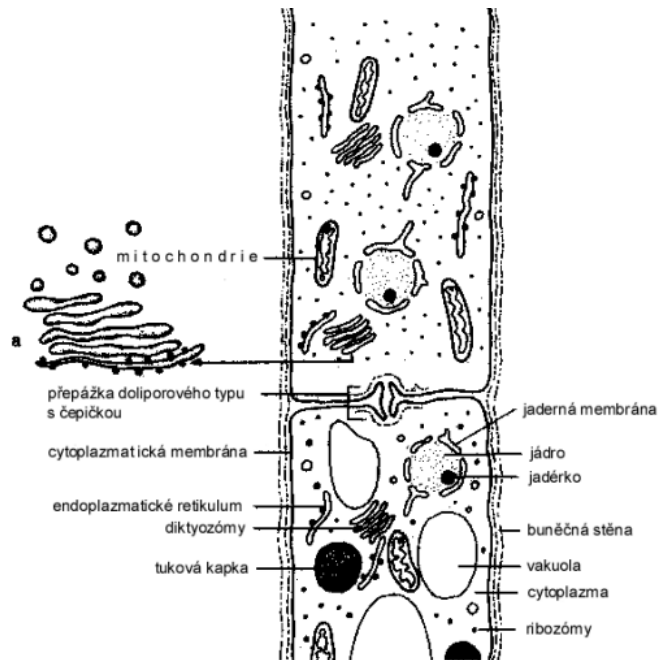
Wijayawardene et al. (2020) rozlišili na základě fylogenetické rekonstrukce souboru čtyř genů (18 S a 28 S rRNA, RPB1, RPB2) 433 taxonů říše Fungi (včetně všech aktuálně popsaných řádů) v 19 kmenech: Aphelidiomycota (houboví parazitoidi řas a rozsivek), Ascomycota (houby vřeckovýtrusé), Basidiobolomycota (vláknité houby saprotrofně žijící), Basidiomycota (houby stopkovýtrusé), Blastocladiomycota (zoosporické houby, jež se vyskytují jako saprotrofové či parazité, především ve sladké vodě či půdě), Calcarisporiellomycota (zahrnuje anamorfní druhy), Caulochytriomycota (zoosporičtí mykoparazitě), Chytridiomycota (primitivní houby buněkotvaré), Entomophthoromycota (houby parazitující na hmyzu), Entorrhizomycota (parazitě rostlinných kořenů), Glomeromycota (arbuskulární mykorhizní houby), Kickxellomycota (taxon zahrnující několik řádů zygomycet), Monoblepharomycota (zahrnuje zástupce vodních hub), Mortierellomycota (převážně půdní houby), Mucoromycota (vláknité saprotrofycké houby), Neocallimastigomycota (anaerobní symbiotické houby vyskytující se v zažívacím traktu býložravců), Olpidiomycota (houbové patogeny), Rozellomycota

(houby postrádající chitin v buněčných stěnách), Zoopagomycota (mykoparazité a parazité malých živočichů, např. hmyzu) a představili 4 zcela nové taxony.

### 3.1.3 Morfologická charakteristika hub (Fungi)

Houby jsou eukaryotní, stélkaté, jednobuněčné či mnohobuněčné organismy. Větvená vlákna, která většina hub vytváří, nazýváme hyfy. U primitivních jednobuněčných Fungi chybí hyfám přehrádky (septa), druhy více organizované mnohobuněčné mají hyfy přehrádkované, s jedním či více jádry uvnitř, hojně se také větví a splétají. Některé skupiny hub nevytváří hyfy, tudíž ani plodnice, ale pouze zaoblené drobné buňky, jež se rozmnožují nepohlavně pučením (např. kvasinky). V podstatných znacích se houbová hyfa shoduje ve stavbě s buňkami ostatních eukaryotních organismů a obsahuje buněčnou stěnu, cytoplazmu, cytoplazmatickou membránu, jádro s jadérkem, vakuoly, ribozómy, mitochondrie, endoplazmatické retikulum apod. (Klán, 1989).

Na obrázku 3. je znázorněna submikroskopická stavba části houbové hyfy pečárky (*Agaricus L.*).

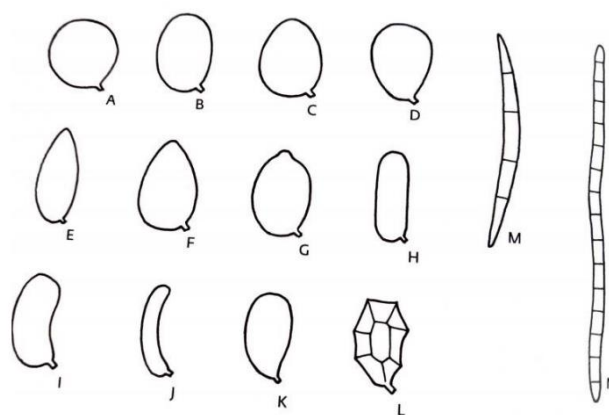


**Obrázek 3.** Submikroskopická stavba části houbové hyfy pečárky (*Agaricus L.*) (Klán, 1989; Leitner, 2021)

Stélka (thallus) je většinou vláknitá, má jednoduchou stavbu a její buněčné stěny jsou tvořeny nejčastěji chitinem. Velikost stélky je různá, může být mikroskopických rozměrů (jednobuněčná, primitivní útvary z hlediska stavby, např. kvasinky) či několikametrová (mnohobuněčná, např. čarodějné kruhy<sup>1</sup>). Vegetativní část stélky (podhoubí) zajišťuje výživu, generativní část vzniká jen za určitých podmínek a nese rozmnožovací orgány či plodnice. Mycelium (podhoubí) je tvořeno z jemných vláken, která houbě umožňují výměnu látek a energie s okolním prostředím (Klán, 1989).

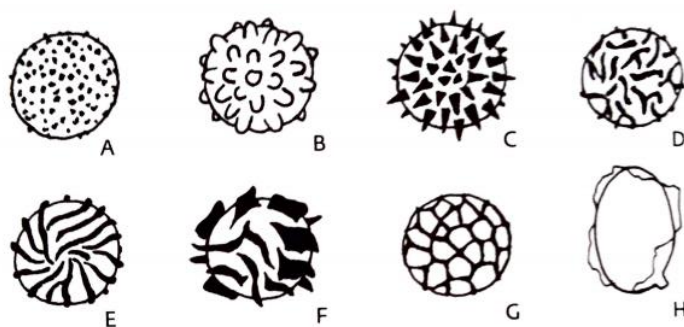
Rozmnožování je zajištěno jednobuněčnými či vícebuněčnými výtrusy (sporami), které vznikají pohlavně či nepohlavně (např. konidie). Pokud jsou spory ve vhodných přírodních podmínkách (zejména dostatečná vlhkost a určitá teplota), nabobtnají a vyklíčí v myceliová vlákna. Velikost výtrusů je různá, od 2 do 200  $\mu\text{m}$ , liší se také počtem vrstev (askospory vřeckovýtrusých hub mají nanejvýš třívrstevnou stěnu, bazidiospory stopkovýtrusých hub až pětivrstevnou), počtem buněk, tvarem, barvou či ornamentikou. Spory jsou houbou uvolňovány aktivními (vlastní mechanismus k vystřelování např. u vřeckovýtrusých a stopkovýtrusých hub) či pasivními mechanismy (např. konidie u většiny vřeckovýtrusých hub, sporangiospory u hub spájivých), zejména díky větru, vodě a jiným organismům (nalepení na živočichy, skrze trávicí trakt apod.). Na základě odlišných znaků výtrusů je založeno určování rodů a druhů hub (Klán, 1989).

Na obrázku 4. jsou zobrazeny základní tvary výtrusů hub a na obrázku 5. základní typy ornamentiky výtrusů.



**Obrázek 4.** Základní tvary výtrusů stopkovýtrusých (A-L) a vřeckovýtrusých (M a N) hub (Holec et al., 2012)

<sup>1</sup> kruhovitě se rozrůstající podhoubí, na kterém se vytvářejí plodnice; podhoubí uvnitř kruhu většinou postupně odumírá; pozorovatelné v lesích, na loukách či pastvinách (Holec et al., 2012)



**Obrázek 5.** Základní typy ornamentiky výtrusů (Holec et al., 2012)

K tvorbě pohlavních výtrusů slouží u vyšších hub (Ascomycota a Basidiomycota) morfologicky diferencované části houbové stélky, které nazýváme plodnice. Jedná se o propletené hyfy, jež uvnitř či na svém povrchu nesou spory. Nepohlavně se houby mohou také šířit pomocí úlomků hyf a částí podhoubí (např. při přesazování stromů, navážení hlíny atd.), neboli fragmentací. Pohlavní stádia hub, která vytváří plodnice s pohlavními výtrusy, nazýváme teleomorfy, nepohlavní stádia, jež vytváří nepohlavní výtrusy (např. konidie), nazýváme anamorfy. Konidie vznikají v konidiomatech, což jsou útvary, které připomínají plodnici, jejich stavba je ale jednodušší (Holec et al., 2012; Klán, 1989; Laessle et al., 2019).

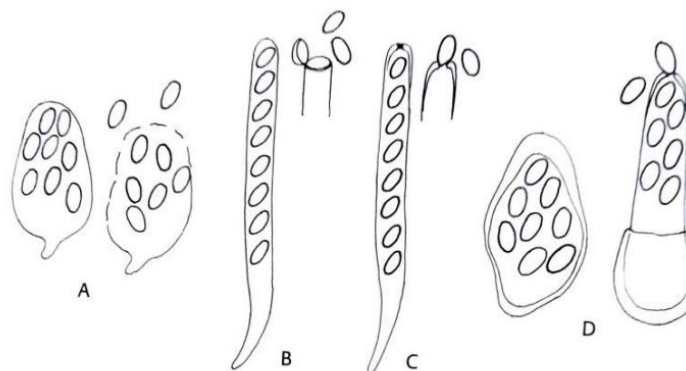
Pohlavní rozmnožování hub může probíhat různými způsoby, obvykle ale zahrnuje fúzi dvou haploidních jader do jednoho diploidního s následnou meiózou, která vede k vytvoření čtyř rekombinovaných haploidních jader. Tento proces probíhá ve specializovaných reprodukčních buňkách – ve stopkách (bazidie) u hub stopkovýtrusých a vřecích (ascus) u hub vřecovýtrusých. U Basidiomycota se výtrusy tvoří na vnější straně bazidií a uvolňují se pouze do vzdálenosti 0,1 – 1 mm. U Ascomycota se spory vyvíjejí především uvnitř vřecek, kde lze vytvořit vyšší tlak při vymrštění a výtrusy se tak snadněji šíří i do vzdálenosti 5 – 10 cm od výtrusorodé vrstvy (hymenium) (Laessle et al., 2019).

Vlastní pohlavní kopulace může probíhat různými způsoby a vzniká po ní zygota. Mezi tři nejčastější způsoby patří gametogamie (vytvořeny sexuální buňky – gamety, výhradně u oddělení Chytridiomycota, u jiných ojediněle), gametangiogamie (spojení rozlišených (samčí anteridium a samičí askogonium) nebo nerozlišených gametangií, častá u Zygomycota a Ascomycota) a somatogamie (kopulace somatických buněk,

sexuální orgány chybí, přítomna u některých Zygomycetes, Basidiomycota atd.). Existují také přechody jako gameto-gametangiogamie (spermatizace, samčí gametangium nahrazují aplanogamety, častá u Ascomycota), somato-gametangiogamie (místo jader anteridií fungují jádra nediferencované somatické hyfy, u Ascomycota), gameto-somatogamie (ojedinělá spermatizace, Pucciniales, Basidiomycota). U oddělení Ascomycota se někdy může vyskytnout také autogamie. S pohlavním rozmnožováním úzce souvisí tvorba plodnic, jež je charakteristická pro oddělení vřeckovýtrusých (Ascomycota) a stopkovýtrusých hub (Basidiomycota). Třída Zygomycetes vytváří obalná vlákna či obaly z okolních hyf kolem zygosporangií, jež plodnice připomínají (Kalina a Váňa, 2005; Klán, 1989).

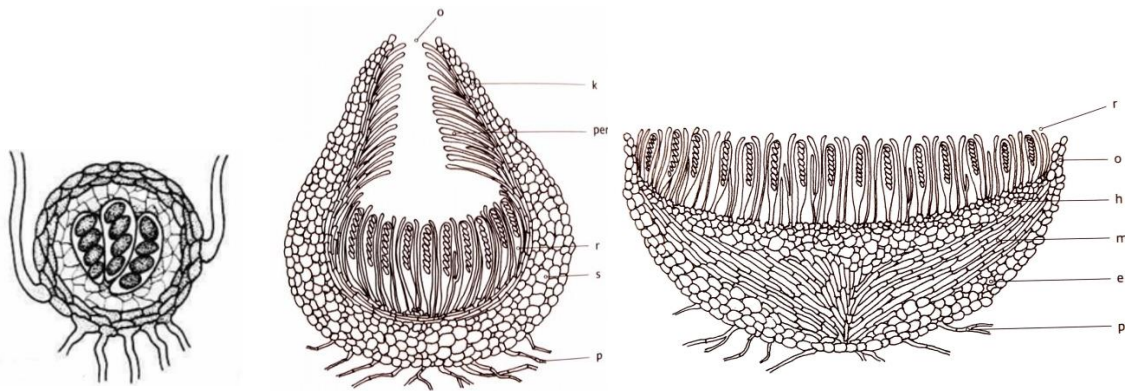
Na základě celkových rozměrů plodnic u oddělení Ascomycota a Basidiomycota rozlišujeme z praktických důvodů mikromycety (velikost od desetin milimetru, k pozorování musíme použít mikroskop či lupu) a makromycety (velikost i několik desítek centimetrů, většinou viditelné pouhým okem) (Holec et al., 2012).

U Ascomycota vznikají pohlavní spory (askospory) uvnitř vřecek, což jsou útvary válcovitého, kyjovitého, vejčitého až kulovitého tvaru. Zralé výtrusy se uvolňují aktivně (vymrštěním), či pasivně (např. rozpadem stěny vřecka). Dle způsobu otevírání (pomocí štěrbin nebo víčka) a stavby stěny rozlišujeme 4 typy vřecek, jež jsou znázorněny na obrázku 6. (Holec et al., 2012).



**Obrázek 6.** Typy vřecek dle způsobu otevírání a stavby stěny (A prototunikátní – tenká stěna, jež v dospělosti zeslizovává nebo se rozpadne; B unitunikátní operkulátní – vrstevnatá stěna, která funguje jako celek a otevírá se víčkem; C unitunikátní inoperculátní – otvor na vrcholu; D bitunikátní – stěna tlustá, vnitřní část v dospělosti vyhřezne a prodlouží se, po určité době se na vrcholu otevře otvorem) (Holec et al., 2012).

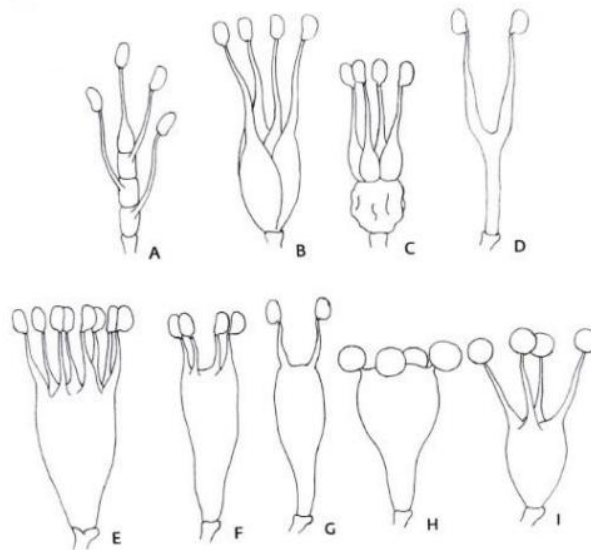
Plodnic vřekovýtrusých hub (askomata) existuje velký počet typů, nejčastěji ale mohou být uzavřené, téměř uzavřené nebo otevřené. Uzavřenou kulovitou nebo hlízovitou plodnicí nazýváme kleistothecium. Má zřetelně vyvinutou stěnu s vřecky rozptýlenými uvnitř a dorůstá velikosti několika milimetrů. Perithecium je téměř uzavřená kulovitá, hruškovitá až lahvicovitá plodnice, která má na svém vrcholu malý otvor (ústí). Vřeka se nachází v roušku na dně a v bocích uvnitř dutiny. Jedná se o plodnice, jež dorůstají velikosti několika milimetrů a často jsou umístěna ve stromatu. Apothecium je otevřená miskovitá plodnice s vřecky na horním povrchu, která dorůstá velikosti i několika desítek centimetrů. K podkladu může být plodnice přisedlá nebo má různě dlouhou stopku a u některých velkých apothecií se využívá také termín třeň, např. u smrže (*Morchella*) (Holec et al., 2012). Výše uvedené tři základní typy plodnic Ascomycota jsou zobrazeny na obrázku 7.



**Obrázek 7.** Základní typy plodnic vřekovýtrusých hub (zleva: uzavřené kleistothecium, téměř uzavřené perithecium, otevřené apothecium) (Holec et al., 2012).

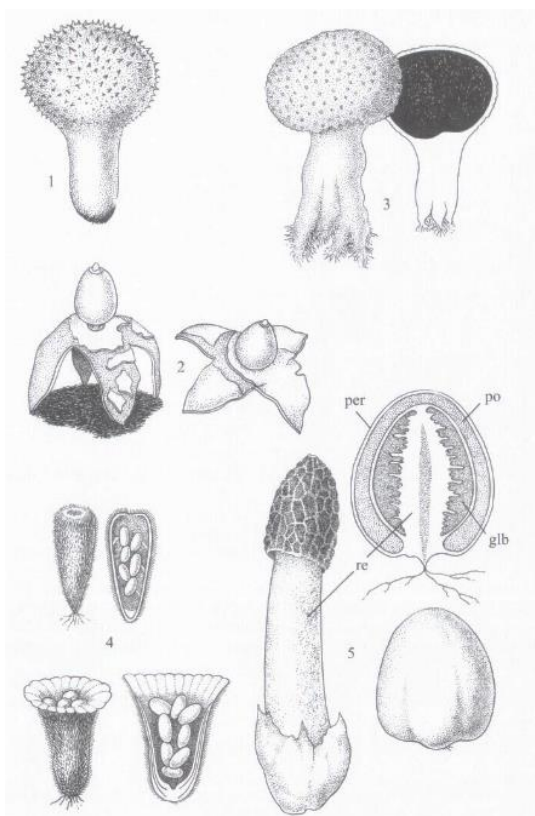
U Basidiomycota vznikají pohlavní spory (bazidiospory) na bazidiích, konkrétně na vrcholu či po stranách, kde se tvoří stopečky (sterigmata). Spory se od sterigmat mohou uvolňovat pasivně odlomením (statismospory) nebo aktivně odmrštěním (balistospory). Velikost a vzhled bazidií a sterigmat patří mezi důležité určovací znaky (nejčastěji mají bazidie 2 či 4 sterigmata, mohou mít ale i 6 – 8, nebo 1 či 3). Typy bazidií jsou znázorněny na obrázku 8. (Holec et al., 2012).





**Obrázek 8.** Typy bazidií (A-C příčně či podélně přeřádkované: frambazidie; D-I nedělené: holobazidie) (Holec et al., 2012)

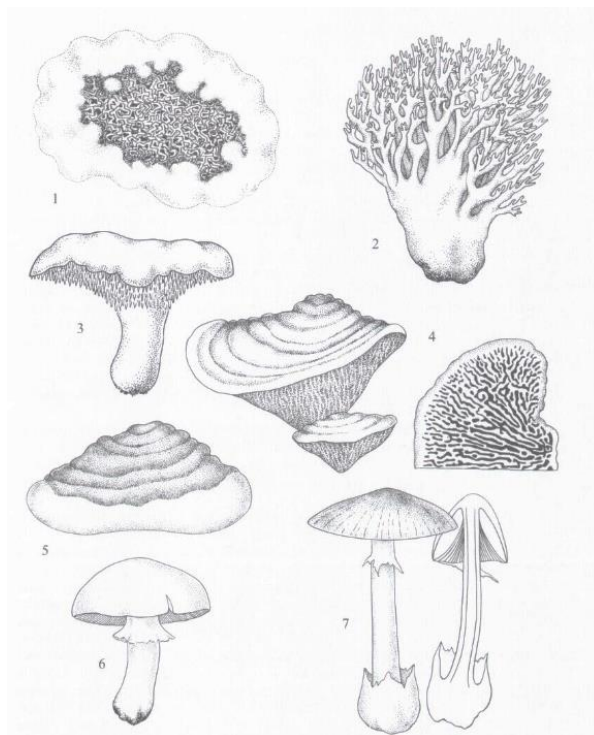
Plodnice stopkovýtrusých hub (bazidiomata) jsou nejrozmanitější z celé říše Fungi, zejména díky tvarům, barvám, chutím a vůním. Jsou ale i skupiny v rámci oddělení Basidiomycota, které mají plodnice malé, nevýrazné nebo je vůbec nevytváří (např. sněti a rzi). Existují dva základní typy plodnic stopkovýtrusých hub, a to geastrální (bazidie s výtrusy uzavřena uvnitř v tzv. glebě) a hymeniální (bazidie jsou ve výtrusorodém roušku – hymeniu, na povrchu plodnice). Základní morfologické typy geastrálních plodnic jsou plektothecium (bazidie roztroušené), lysothecium (dutiny lysogenního typu vystlané hymeniem), schizothecium (dutiny schizogenního typu vystlané hymeniem), klathrothecium (gleba rozdělena lamelami) a auliothecium (z vrcholu a boku vrůstají lamely pokryté hymeniem). Obrázek 9. zobrazuje některé typy geastrálních plodnic (Holec et al., 2012).



**Obrázek 9.** Některé typy geastrálních plodnic stopkovýtrosých hub (1, 2, 4: schizothecium, 3: plektothecium, 5: klatrothecium) (Kalina a Váňa, 2005).

Mezi základní typy hymeniálních plodnic z hlediska celkového tvaru, pozice hymenoforu (slouží k zvětšení výtrusorodého povrchu a vytváří různé tvary jako lupeny, rourky atd.) a stáří (jednoleté či víceleté) patří pilothecium (jednoletá plodnice dělená na klobouk a třeň, hymenofor se nachází na spodu klobouku), holothecium (plodnice nerozlišená na klobouk a třeň, hymenofor pokrývá celý povrch) a krustothecium (plodnice jednoleté i víceleté, vrstevnaté s variabilními tvary). Na obrázku 10. jsou znázorněny základní typy hymeniálních plodnic stopkovýtrosých hub (Kout, 2014).





**Obrázek 10.** Základní typy hymeniálních plodnic stopkovýtrosých hub (1, 4, 5: krustothecium, 2: holothecium, 3, 6, 7: pilothecium) (Kalina a Váňa, 2005).

Důležitým znakem plodnic Basidiomycota je také typ hymenoforu, který na svém povrchu nese rouško (hymenium), jež zvětšuje výtrusorodou plochu houby. Může se jednat o typ hladký (např. u holothecií, plochu rouška nezvětšuje), hrbolkatý, zoubkatý (tupé a nízké výrůstky), ostnitý (štíhlé a různě dlouhé ostny), žilnatý (zprohýbané žilky), lištovitý (nízké a tlusté lišty), síťnatě žilnatý (žilky spojené v hustou a nepravidelnou síť), rourkatý a lupenatý. Vnější znaky, které se u plodnic stopkovýtrosých hub dále zkoumají, mohou být např. obaly plodnic (celkový (velum universale) nebo částečný (velum partiale)), četnost (jednotlivý růst, ve skupinách, v trsech, pruzích či kruzích), celkový tvar plodnice (tvar, velikost, vzájemné proporce jednotlivých částí), konzistence (např. dřevnatě tvrdé, chrupavčité, papírovité, masité, šřavnaté, rosolovité), nasákavost vodou, tvar klobouku a třeně (také okraje klobouku, tvar hrbolu na středu, tvar báze třeně), způsob připojení lupenů ke třeni, četnost lupenů, ronění mléka, chutě (nahořklá, hořká, natrpklá, svíravá, palčivá, mírná – tu mají vyhledávané houby ke konzumaci) a vůně (např. pachy chemické, živočišné či specifikované; vůně hřibovité, ovocné, květinové, kořenité, apod.) (Holec et al., 2012).

Mezi další identifikační znaky hub patří povrchové struktury plodnic. Na základě uspořádání hyf v hymeniu mohou být povrchy hladké, rozpraskané, plstnaté, chlupaté, šupinaté apod. V povrchových vrstvách plodnic jsou také umístěna barviva (pigmenty), jež houbám dodávají specifická zbarvení. Jsou často charakteristická pro jednotlivé taxonomické skupiny hub a důležitá při jejich určování. Pigmenty patří mezi tzv. sekundární metabolity, které se nezúčastní procesu růstu ani rozmnožování, ale slouží zejména jako ochrana před predátory, parazity či chorobami. Intenzita zbarvení houby se během jejího životního cyklu může měnit, ať už v kratším časovém intervalu (např. zčernání houby způsobené rychlou tvorbou melaninu), nebo delším. Ke ztrátě povrchových pigmentů může docházet změnou intenzity světla, vymýváním vodou během deštivého počasí či změnou vlhkosti okolního prostředí (Holec et al., 2012; Laessle et al., 2019).

### 3.1.4 Metabolismus a výživa hub (Fungi)

Metabolismus rozdělujeme na primární, který se týká růstu, a sekundární, jež zajišťuje další události v životě houby, jako je rozmnožování, tvorba plodnic atd. Jak již bylo zmíněno výše, houby jsou způsobem výživy blíže k živočichům nežli k rostlinám, neboť organické látky získávají ze svého prostředí. Mezi základní složky výživy patří zdroje energie, voda, zdroje uhlíku a dusíku, biogenní a stopové prvky, vitamíny a růstové látky (Klán, 1989; Kout, 2014).

Voda je v okolním prostředí pro houbu nezbytná, neboť právě v ní se odehrává veškerý transport látek, živin a enzymů. Živiny houby přijímají absorpcí přes buněčnou stěnu a extracelulárně, tedy že se pomocí enzymů štěpí mimo houbový organismus a výsledný produkt je pak vstřebáván do hyfy. Optimální relativní vlhkost substrátu je kolem 75 %, proto i růst houbových buněk probíhá pouze za vlhka a během aktivního růstu je houba citlivá k vyschnutí, neboť buněčná stěna je pro vodu propustná (Klán, 1989; Kout, 2014).

Mezi nejefektivnější zdroje uhlíku a energie patří sacharidy (mono-, di-, tri-, polysacharidy), dále také lipidy, aminokyseliny, bílkoviny a peptony. Jestliže je zdrojem

uhlíku nerozpustný polysacharid jako je škrob, celulóza, hemicelulóza či pektin, musí jej houba extracelulárními enzymy rozložit na monosacharid (ve vodě rozpustný) a teprve poté ho vstřebává. Některé druhy hub využívají jako zdroje uhlíku oleje (např. olejové barvy na stěnách kuchyní a koupelen), ropu, parafíny, aromatický polymer lignin (obsažen ve dřevě) či bílkovinu keratin (součást kopyt, rohů, nehtů, chlupů apod.). Hlavními zásobními látkami v jejich tělech jsou lipidy a polysacharid glykogen. Jako zdroje dusíku houby využívají bílkoviny, peptony, aminokyseliny, močovinu, amoniak a další sloučeniny (vhodnější jsou organické) (Klán, 1989; Laessle et al., 2019).

Metabolismus buňky ovlivňuje také kyslík, jenž je obsažen zejména ve vzduchu a vodě. I přesto, že většina hub jsou organismy aerobními (vyžadují ke svému metabolismu kyslík), existují také druhy fakultativně anaerobní (např. kvasinky), což jsou organismy aerobní, které se při nedostatku kyslíku mění v anaerobní a mohou tedy využívat obou způsobů metabolismu. Neocallimastigomycota zahrnuje malou skupinu obligátně anaerobních neparazitických hub, jež žijí v symbióze ve střevech býložravých savců, kde rozkládají organickou hmotu rostlin (Kout, 2014; Naranjo-Ortiz a Gabaldón, 2019).

Z dalších prvků vyžadují houby fosfor (součást nukleových kyselin, fosfolipidů atd.), hořčík, draslík, síru, vápník a další stopové prvky (mangan, měď, kobalt, železo apod.). Některé druhy hub nejsou kompletně soběstačné a ke svému růstu potřebují vitamíny, zejména ty ze skupiny B jako je např. thiamin (B<sub>1</sub>), riboflavin (B<sub>2</sub>), kyselina nikotinová (B<sub>3</sub>), biotin (B<sub>7</sub>) apod. (Kout, 2014; Mieslerová et al., 2015).

Mezi další faktory, které se významně podílí na funkci metabolismu, patří teplota okolí, pH, světlo a osmotický tlak. Při minimální či maximální teplotě se životní projevy zastavují a houba hyne. Nejvhodnější je tedy teplota optimální (pro každý druh jinak charakteristická), která podmiňuje metabolickou aktivitu a množení. Například václavka obecná (*Armillaria mellea*) má své optimum růstu 27 °C. Optimální pH prostředí je pro houby slabě kyselé (pH = 5 – 6,5), existují ale i druhy, které vyžadují silně kyselé (např. některé druhy rodu *Penicillium*). Světlo má vliv zejména na tvorbu výtrusů a určité metabolické děje, podmiňuje také tvorbu a diferenciaci plodnic (Klán, 1989).

### 3.1.5 Výskyt a význam hub (Fungi) pro člověka

Houby (Fungi) jsou všudypřítomné organismy, rozšířené po celé zeměkouli. Nalezneme je ve vzduchu, v půdě, sladkých i slaných vodách, na zbytecích těl živočichů či rostlin, také jako parazity rostlin, živočichů a člověka (Kalina a Váňa, 2005). V roce 1991 bylo popsáno asi 70 000 druhů hub, ale usuzovalo se, že skutečný počet je 1,5 milionu. Blackwell (2011) díky modernímu sekvenování odhadl, že na Zemi existuje až 5,1 milionu druhů Fungi. Hawksworth a Lücking (2017) ale uvádí, že skutečný počet je mezi 2,2 až 3,8 milionu. Vylepšené odhady závisí zejména na spolehlivých statistických fylogenetických přístupech k analýze rychle rostoucího množství sekvenčních dat organismů. Aktuálně popsaných a akceptovaných druhů hub je 120 000, což je odhadem 3-8 % z celkového množství.

Pro člověka mají houby (Fungi) velký význam, a to jak pozitivní, tak i negativní. Již po tisíce let je využívá a pěstuje zejména pro svou potravu. Pro náboženské slavnosti a obřady lidé užívali určité druhy hub kvůli jejich psychotropním účinkům, např. v Americe lysohlávký (*Psilocybe*), v Evropě muchomůrku červenou (*Amanita muscaria*) atd. (Kout, 2014).

V přírodě je nejčastější sběr plodnic stopkovýtrusých hub, např. hříby (*Boletus*), a vřeckovýtrusých hub, např. lanýže (*Tuber*) a smrže (*Morchella*). Specializované pěstírny se pak zaměřují na konkrétní druhy dle poptávky a dané oblasti, ve které se nacházejí. Nejlépe se pěstují saprotrofní druhy, které rostou na odumřelé organické hmotě. Příkladem hojně pěstovaných druhů mohou být žampiony (*Agaricus*), hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*), ucho Jidášovo (*Auricularia auricula-judae*), houževnatec jedlý neboli Šii-také (*Lentinula edodes*), penízovka sametonohá (*Flammulina velutipes*), kukmák sklepní (*Volvariella volvaca*) a mnoho dalších (Antonín, 2003; Kout, 2014).

V tradiční medicíně, zejména v Asii, se plodnice hub hojně využívají při léčbě různých onemocnění. Bylo zjištěno, že v určitých druzích se nachází mnoho léčivých látek s pozitivními účinky na zdraví a díky mnoha studiím vše potvrzuje i moderní medicína. Příkladem může být hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*), korálovec ježatý (*Hericiium erinaceus*), lesklokorka lesklá (*Ganoderma lucidum*) atd. Pro farmaceutický průmysl je klíčová výroba antibiotik (např. cefalosporiny či peniciliny, což jsou antibiotika působící proti bakteriím) (Kout, 2014).

Své využití mají houby také v potravinářském průmyslu (např. kvasinky a výroba alkoholu, *Penicillium* – sýry, *Aspergillus* – tofu a sójové omáčky atd.) a díky biotechnologiím se daří vytvářet produkčně účinnější kmeny, než které se vyskytují v přírodě. V boji proti hmyzím škůdcům se využívá houbové patogenity (např. zástupci z oddělení Ascomycota: rod *Metarhizium* a *Beauveria*). Jako biologické indikátory životního prostředí se používají některé lišejníky a mykorrhizní druhy pomáhají při obnovování poškozené krajiny (Kout, 2014).

I přes spoustu pozitivních vlastností skupiny Fungi existují také negativní vlivy na člověka. Houby jsou původci mnoha onemocnění, jako jsou různé mykózy či alergie (nejčastější je rýma a slzení očí při vdechnutí výtrusů, dále také alergie po konzumaci jako je podráždění kůže, vyrážka či otoky horních cest dýchacích<sup>2</sup>). Druhy rozkládající dřevo člověku dokáží rozložit celý dřevěný dům jako např. dřevomorka domácí (*Serpula lacrymans*) a škodí v lesních monokulturách, např. václavky (*Armillaria* spp.) či kořenovník vrstevnatý (*Heterobasidion annosum*). Parazitické houby, např. sněti (Ustilaginomycetes) a rzi (Pucciniales), jsou původci chorob mnoha polních plodin a způsobují velké ztráty úrody, plísně znehodnocují lidskou potravu (Kout, 2014; Lundell, 2021).

### 3.1.6 Ohrožení a ochrana hub (Fungi)

Změny ve výskytu hub začaly již v mladší době kamenné, kdy člověk započal odlesňovat půdu. Výrazný úbytek je ale pozorován od 70. let 20. století, a to jak jednotlivých druhů, tak i celých ekologických skupin. Příčiny jsou antropogenní, ale také přírodní činností (Holec a Beran, 2006).

Přirozené příčiny jsou vyvolané zejména změnou klimatu a úbytkem stanovišť. Výkyvy počasí zapříčiňují nevyrovnaný průběh srážek s výraznějšími a delšími obdobími sucha následované přívalovými dešti. Závažné jsou také prudké změny teploty a prodlužující se období mrazů. Změny ve vegetaci způsobují mizení některých druhů

---

<sup>2</sup> pozn. houževnatec jedlý (*Lentinula edodes*) obsahuje velké množství komplexních polysacharidů, jež vyvolávají potravinovou nesnášenlivost a způsobují pocit nafouknutí, plynatost a bolesti (Lundell, 2021)

dřevin, a tedy i hub k nim vázaných (mykorhizní, lignikolní). Negativní vliv má dále zarůstání nelesních biotopů vysokými trávami (nospásané pastviny či neposečené louky) a náletovými dřevinami (Holec a Beran, 2006).

Antropogenní činnosti jako je výstavba vodních děl, silnic, domů a polí mohou zničit lokalitu určitého druhu. Závažné jsou i změny vyvolané v lesním hospodářství, jako je nahrazení přirozených porostů jinými druhy, kácení vzrostlých stromů a jejich nahrazení novými, fragmentace porostů, užívání těžké techniky v lese, chemické ošetřování porostů a hnojení, odstraňování opadu či mrtvých částí dřevin apod. Negativní vlivy na houbové biotopy jsou dále zapříčiněny znečištěným ovzduším (kouřové zplodiny, dusíkaté látky, těžké kovy, soli na silnicích apod.), změnou vodního režimu (odvodňování, stavební činnost, zavlažování) a nadměrným houbařením (Holec a Beran, 2006).

Asi jedna čtvrtina makromycet rostoucí v České republice je uvedena v Červeném seznamu. Mezi kriticky ohrožené druhy patří např. hřib královský (*Boletus regius*), lanýž letní (*Tuber aestivum*), muchomůrka císařská (*Amanita caesaera*), hlívička jedlová (*Hohenbuehelia abietina*) a mnoho dalších. Jako možnost jejich ochrany se nabízí regulace sběru (po určité období omezit sběr plodnic, stanovit váhový limit sběru na osobu za den), celková ochrana dané lokality (chráněná území, zákaz sběru přírodnin či vystupování z vyznačených cest), nebo ochrana celých biotopů (ponechání mrtvé hmoty, zákaz mechanizace či chemizace apod.) (Holec a Beran, 2006; Krása, 2007).

### 3.1.7 Ekologické skupiny hub (Fungi)

Na základě způsobu získávání živin rozdělujeme houby (Fungi) do následujících ekologických skupin: symbiotické, parazitické, endofytické a saprotrofní. Symbiotické mykorhizní houby mají propojené své podhoubí s kořenovým systémem stromů či bylin, se kterými žijí v symbiotickém vztahu. Rostlina od houby získává fosfor, dusík a vodu, což ji umožňuje žít i na extrémním stanovišti (vysoké hory, rašeliniště atd.), také na živiny chudých půdách apod. Houba od rostliny přijímá hotové organické látky, což podporuje tvorbu jejich plodnic a celkově usnadňuje výživu. Mykorhiza je důležitá hlavně pro vznik stabilního a zdravého lesa, velký význam má také pro člověka, jež les využívá. Do této

skupiny řadíme též houby lichenizované, které žijí v symbióze s řasou nebo sinicí (Garnweidner, 1999; Holec et al., 2012; Kalina a Váňa, 2005).

Houby parazitické získávají organické látky různými způsoby dle toho, o jaký druh parazitismu se jedná. Biotrofní parazité jako např. sněti (*Ustilaginomycetes*) a rzi (*Pucciniales*) ze živých buněk organismů, nekrotrofní parazité výživu získávají až poté, co svými toxiny některé buňky zahubí, saproparazité žijí na celkově mrtvém hostiteli, perthofyty rozkládají mrtvé části ještě živého hostitele. Na larvách, kuklách i dospělém hmyzu rostou vzácnější parazité živočichů (např. housenice (*Cordyceps*)) a existují také houboví parazité hub, jako je například hřib příživný (*Pseudoboletus parasiticus*) (Holec et al., 2012).

Endofytické houby tráví většinu života skrytě v pletivech rostlin, jež zjevně nepoškozují a žijí v podobě mycelia. Houba a rostlina se vzájemně respektují a tento vztah jim prospívá. Někteří endofyté se ale v oslabeném hostiteli mohou začít chovat jako slabší parazité a vytvoří plodnice jako např. většovka (*Vulleminia*) či stromata jako dřevnatka (*Xylaria*) (Holec et al., 2012).

Saprotrofní houby (též saprofyté) jsou vybaveny enzymy (zejména enzymy rozkládajícími celulózu a lignin), jež jim umožňují štěpit organické látky až na základní anorganické sloučeniny (vodu a oxid uhličitý). Díky těmto enzymům jsou schopni rozkladu mrtvého materiálu, jako je dřevo, opadané listí a jehličí, zbytky těl rostlin, živočišné hmoty atd. Více informací je uvedeno v následujících kapitolách, neboť na saprofytické houby se tato diplomová práce zaměřuje (Holec et al., 2012; Klán, 1989).

## **3.2 Charakteristika houbových rozkladačů**

### **3.2.1 Obecná charakteristika houbových rozkladačů**

Jak již bylo zmíněno, saprotrofové (též saprofyté; hniložijné houby) jsou považováni za živé rozkladače neživého organického materiálu, kde je izolována většina uhlíku v suchozemských ekosystémech i vodním prostředí. Tento proces provádí pomocí pronikání hyf do substrátu, ze kterých se uvolňují enzymy. Enzymy pak rozkládají větší

molekuly na menší jednotky, které mohou difundovat přes buněčnou stěnu do hyfy. Odlišné druhy hub žijících na různých stanovištích mají své charakteristické enzymy k rozkladu. Saprotrofové přispívají až k 90 % celkové heterotrofní respirace v lesích a jsou považováni za klíčové regulátory toků uhlíku v půdě mezi biosférou a atmosférou (Crowther et al., 2012; Laessle et al., 2019; Slot, 2005).

Ke zjednodušenému vysvětlení toho, jak jsou živiny recyklovány bakteriemi a houbami, když rozkládají organické sloučeniny, lze použít koncept potravinové pyramidy. V pyramidě se rostliny označují jako producenti, jelikož jsou primárním zdrojem potravy. Zbytek potravinového řetězce tvoří konzumenti, kteří jsou buď přímo či nepřímo závislí na rostlinách. Konzumenty lze rozdělit do několika kategorií, a to na primární konzumenty neboli býložravce, jejichž strava se skládá z rostlinného materiálu, dále sekundární konzumenty neboli masožravce, jejichž potravou jsou býložravci, a nakonec terciální konzumenti, jejichž strava je složena z masožravců. Na každé úrovni potravinového řetězce působí bakterie a saprotrofové jako rozkladači odpadního organického materiálu, který rozkládají na anorganické sloučeniny. Rychlost rozkladu ovlivňuje mnoho faktorů (např. velikost materiálu), je ale známé, že rostlinný materiál se rozkládá pomaleji nežli zvířecí, jelikož rostlinné buňky jsou obklopeny buněčnými stěnami. Při samotném rozkladu jakéhokoliv substrátu existuje tzv. posloupnost rozkladačů, což je pořadí toho, jaké sloučeniny budou rozloženy jako první. Rozklad začíná nejjednoduššími sloučeninami a končí nejsložitějšími (Wong, 2019).

Saprotrofové se vyživují zejména z listů, jehlicí, spadlých plodů stromů, dřeva či jiných zbytků rostlin i živočichů. Bez jejich činnosti by byla půda pokrytá vysokou vrstvou mrtvé organické hmoty a nevznikal by v ní humus, který je důležitý pro růst nových rostlin. Obzvláště důležití jsou při recyklaci ligninu, celulózy a hemicelulózy, jež tvoří 70 % veškerého rostlinného materiálu, který se každoročně recykluje. Kromě toho mají rozkladači jedinečnou roli při degradaci dalších přírodních i umělých materiálů. Pro život na Zemi mají tedy obrovský význam, neboť bez houbových rozkladačů by zcela jistě zanikl (Deacon, 2006; Gminder, 2016; Malý et al., 2016).

Roční přírůstek biomasy dosahuje na kontinentech v průměru 100 miliard tun sušiny a mezi 50 000 až 100 000 kg. ha<sup>-1</sup> se pohybuje množství detritu v lese. Nejvíce saprotrofů se podílí na rozkladu mrtvého dřeva a listového opadu. Průměrná doba rozkladu listu na humus je 2 až 3 roky, u jehlic je to 8 až 10 let. Největší objem rozkladu



zajišťují zejména půdní druhy mikromycet jako rody štětičkovec (*Penicillium*), kropidlák (*Aspergillus*), zelenatka (*Trichoderma*) a srpovnička (*Fusarium*), nejintenzivnější rozklad hlavně ligninu pak houby stopkovýtrusé (*Basidiomycota*). Nejvíce rozkladačů se nachází v několika vrchních centimetrech půdního profilu (zejména ve 2 až 8 centimetrech) a v necele metrové hloubce se vyskytují již minimálně (Klán, 1989; Leitner, 2021).

Saprotrofní houby rozkládají různé zdroje uhlíku, mají ale i negativní ekonomické dopady, pokud napadají produkty, které jsou vyráběny a používány lidmi. Rozloží např. tkaniny, kožené zboží, ropné produkty, potraviny či výrobky ze dřeva (Slot, 2005).

### 3.2.2 Životní strategie saprotrofních hub

Životní strategie jsou genotypově zakódované vlastnosti, které se formulovaly během evoluce rozkladačů v určitých ekologických podmínkách při šíření populací. Limitující faktory, jako narušování, konkurence či stres, houby omezují, a právě reakce na tato omezení ukazují, jak úspěšný život bude populace mít (Klán, 1989).

Během disturbance (narušování) dochází k destrukci (částečné či úplné) houbové stélky, což může být vyvoláno živočichem, člověkem či mykoparazitem (sešlapání, vyhrabání, oheň, zaplavení apod.). Nedostatek živin v substrátu může u odlišných druhů vyvolat konkurenci (též kompetici), stejně tak jako překrývající se niky či stejný životní cyklus. Často k ní dochází mezi druhy, které vytváří čarodějné kruhy, např. špička obecná (*Marasmius oreades*), čirůvka májovka (*Calocybe gambosa*), běločechratka obrovská (*Leucopaxillus giganteus*); dále také mezi dřevními saprotrofy jako je např. troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*) či rod lesklokorka (*Ganoderma*). Nadměrná zátěž (stres) jako je nedostatek vody či určité živiny v půdě, také neoptimální teplota, způsobují organismům zátěž. Jednotlivé druhy rozkladačů na ně reagují specificky a smrt je způsobena až když se překročí adaptační mez (Klán, 1989).

Dle výše uvedených limitujících faktorů (záleží na druhu uplatněného limitujícího faktoru a v jaké míře) rozdělujeme strategii saprotrofů na tři typy: ruderální strategové (R-strategové), stres snášející strategové (S-strategové) a konkurenční strategové (C-strategové). Ruderální strategové (též rumištní) žijí pod vlivem vysokého narušování

biomasy mycelia a snáší i malý stres. K tomuto narušování se rumištní strategové adaptovali rychlým rozvojem mycelia, rozmnožováním především pomocí nepohlavních spor s vysokou klíčivostí (a jejím zachováním po dlouhou dobu) a jednoduchým životním cyklem. Mezi typické zástupce patří mikroskopické houby (kvasinky a plísně řádu Mucorales), některé rody vláknitých hub jako kropidlák (*Aspergillus*), štětičkovec (*Penicillium*), zelenatka (*Trichoderma*), všechny koprofilní druhy, anthrakofilní druhy (na spáleništích) a druhy rostoucí na pařeništích či kompostech jako např. bedla Bresadolova (*Leucoagaricus americanus*), límcovka vrásčitoprstenná (*Stropharia rugosoannulata*), škárka hvězdicovitá (*Mycenastrum corium*) a další (Klán, 1989).

Stres snášející strategové žijí na stanovištích pod vlivem vysokého stresu s limitujícími faktory. Ke snášení stresu se adaptovali díky pomalému růstu mycelia a celkovému neustálému pomalému růstu (i při malém příjmu energie), dlouhým životním cyklem s malou reprodukční schopností, schopností rozkládat těžce rozložitelné substráty jako je chitin, lignin či keratin a dlouhým setrváním na stanovišti. Mezi druhy snášející stres patří všechny ligninolytické, keratinofilní a chitinolytické houby, dále také zástupci odolávající vysokému obsahu vody, solí či výkyvům teplot (Klán, 1989).

Pod vlivem velké konkurence jiných organismů žijí konkurenční strategové, jež se dovedou stavět do konkurenčně výhodnějšího postavení. Adaptovali se například tím, že jejich mycelia vytrvávají na stanovišti dlouhou dobu (čarodějné kruhy), vytvářejí víceleté plodnice s dlouhou fruktifikační periodou a velkým počtem, mají velkou růstovou rychlost (snadno tedy obsadí substrát a nenechají se vytlačit) nebo rostou pomaleji (vylučují látky, jež tlumí růst jiných druhů, které substrát kolonizují). Příkladem může být třepenitka svazčitá (*Hypholoma fasciculare*), troudnatec pásovaný (*Fomitopsis pinicola*), rod lesklokorka (*Ganoderma*) a ohňovec (*Phellinus*) (Klán, 1989).

### 3.2.3 Kolonizace nového stanoviště saprotrofy

Úspěšnost při kolonizaci substrátu vychází z fyziologických vlastností rozkladačů. Kompetiční schopnost je umožněna rychlým růstem hyf a klíčením výtrusů, dobrou produkcí enzymů, redukcí kompetice díky tvorbě toxinů a tolerance

k antibiotickým látkám, které vylučují ostatní druhy. Kompetitivně neúspěšnější jsou druhy, které mají střední rychlost růstu a rozkladu, zatímco méně úspěšné jsou ty, jež mají konkurenční schopnosti velmi slabé či silné (Kout, 2014).

Při sukcesi se nejdříve objevují primární kolonizátoři, např. houby spájkivé (Zygomycota), s rychlým růstem, jež rozkládají jednoduché cukry. Kompetitivní potenciál a schopnost rozkládat jsou u nich nízké a po spotřebování zdrojů jsou nahrazeny sekundárními kolonizátory, což jsou např. houby vřeckovýtrusé (Ascomycota) a stopkovýtrusé (Basidiomycota), které rozkládají nejdříve celulózu a poté lignin. Jedná se o rychle rostoucí druhy se silnou rozkladnou činností a větším kompetitivním potenciálem. V posledních fázích sukcese mají houby nižší metabolismus a rostou pomaleji (Kout, 2014).

### 3.2.4 Dělení saprotrofů

Saprotrofy, jež rozkládají rostlinný materiál, dělíme na pozemní (terestrické) a dřevní (lignikolní), samostatnou skupinou jsou rozkladači, jež se nachází ve vodě (akvatičtí), na opadu, který se zde vyskytuje. Terestrické druhy rozkládají organickou hmotu v půdě (hlavně mikromycety jako např. *Trichoderma*) či na jejím povrchu. Jsou to nejdůležitější organismy, které se spolu s bakteriemi, detritofágními živočichy jako např. žížaloví (Lumbricidae), stonožky (Chilopoda), mnohonožky (Diplopoda), hlístice (Nematoda), roztoči (Acari) a aktinomycetami podílejí na detritovém potravním řetězci. Lignikolní saprotrofové kolonizují odumírající či mrtvé dřevo, jež díky svým charakteristickým enzymům rozkládají jako např. houby stopkovýtrusé (Basidiomycota) (Holec et al., 2012; Klán, 1989; Kout, 2014).

#### Houby rozkládající dřevní hmotu

Nejdůležitější roli hrají saprotrofové při rozkladu dřeva, jež obsahuje primární organické sloučeniny jako celulózu, hemicelulózu a lignin. Dle schopnosti degradace těchto sloučenin dělíme dřevokazné houby na houby bílé hniloby (tzv. ligninovorní) a houby hnědé hniloby (tzv. celulózovorní) (Kout, 2014; Slot, 2005).

Ligninovorní houby mohou degradovat celulózu i lignin a výsledkem je vláknitá, bílá hniloba. Jedná se o jediné známé organismy, které mají schopnost zcela odbourat polymer lignin. Tento proces je vysoce závislý na přívodu kyslíku a neprobíhá tedy v podmáčeném prostředí. Dřevo zanechávají bělené s pevnou konzistencí. Jedná se o zástupce z oddělení vřeckovýtrusých (Ascomycota) i stopkovýtrusých (Basidiomycota) hub, převážně o rody hlíva (*Pleurotus*), bělochoroš (*Tyromyces*), troudnatec (*Fomes*), dále lesklokorka lesklá (*Ganoderma lucidum*), outkovka pestrá (*Trametes versicolor*) a většina hub kortikoidních. Houby bílé hniloby mohou kromě ligninu degradovat různé organické sloučeniny a jsou proto potenciálně použitelné v bioremediaci (tzn. redukce látek znečišťujících životní prostředí pomocí živých organismů). Oproti hnědé hnilobě se vyskytuje častěji (Deacon, 2006; Kout, 2014; Laessoe et al., 2019; Slot, 2005).

Celulózovorní houby dokáží poměrně snadno rozložit celulózu, ale lignin je ponechán v rozpadlém substrátu, kde se štěpí na kostičky a má po oxidaci červenohnědou barvu. Zbytky hnědé hniloby obsahují mnoho ligninu, jsou velmi odolné vůči dalšímu rozpadu a v některých lesních biotopech tvoří hlavní složku huminových půd. Tento proces je známý jako hnědá hniloba a je typický převážně pro oddělení stopkovýtrusých hub (Basidiomycota), např. pro rody troudnatec (*Fomitopsis*), bělochoroš (*Postia*), popraška (*Coniophora*), outkovka (*Antrodia*), čechratka (*Tapinella*) a dřevomorka (*Serpula*). Druhy hub, které rozkládají masivní dřevité substráty, produkují největší plodnice, jako např. rezavec dubový (*Inonotus dryadeus*) (Kout, 2014; Laessoe et al., 2019; Slot, 2005).

Na obrázku 11. je zobrazena hnědá a bílá hniloba dřeva.



**Obrázek 11.** Hnědá hniloba dřeva (vlevo) a bílá hniloba dřeva (vpravo) (Slot, 2005)

Existují také další typy degradace dřeva. Pevník rozpraskaný (*Xylobolus frustulatus*) vytváří bílou voštinovou hnilobu plnou malých dutin, zatímco druhy rodu *Physisporinus* tvoří velmi měkkou hnilobu nasáklou vodou, jež připomíná vnitřní část grapefruitu. Měkká hniloba je charakteristická pro houby rostoucí na dřevě ve vlhkém prostředí s malou nebo žádnou schopností degradovat lignin, který zůstává víceméně neporušený (Deacon, 2006; Laessoe et al., 2019).

Některé druhy saprotrofů barví dřevo během rozkladu charakteristickou barvou. Například zelenitka (*Chlorociboria*) moří dřevo tyrkysově či modře, kůrovka krvavá (*Phanerochaete sanguinea*) zbarvuje dřevo do oranžových až červených barev a bolinka žlutá (*Camarops lutea*) jej obarvuje do výrazné žluté. Zástupci čeledí dřevnatkovitých (Xylariaceae) a Diatrypaceae mohou nechat dřevo zcela vyschnout a přežít díky snížené rychlosti rozkladu (Laessoe et al., 2019).

#### Rozkladači rostlinného opadu (listy, stonky, květy, plody, jehličí, šišky apod.)

Saprotrofové rostoucí na živém či stárnoucím rostlinném opadu se adaptovali ke snášení většího vodního stresu. Např. rod čern (*Cladosporium*) má melanizované hyfy a spory, čímž má schopnost pravidelně odolávat smáčení a sušení. Povrchy listů živých rostlin kolonizují kvasinky a houby podobné kvasinkám, které rostou v prostředí nazývaném fylosféra. V tomto prostředí je poměrně vysoké UV záření, široké kolísání teplot, vlhkosti i živin, ale i přesto se zde vyskytuje několik běžných kvasinek jako rody *Candida*, *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Torulopsis* a *Sporobolomyces* (Deacon, 2006).

Listový opad je provzdušněný a bohatý na organický materiál, proto tvoří ideální substrát pro růst hub. Rozklad začínají mikroskopické houby, jež využívají hemicelulózy a celulózu. Příkladem může být štětičkovec (*Penicillium*), srpovnička (*Fusarium*) či zelenatka (*Trichoderma*). Později jsou listy kolonizovány makroskopickými rozkladači, kteří mají ligninolytické enzymy, jako např. lakovka obecná (*Laccaria laccata*), zástupci rodu helmovka (*Mycena*), špička (*Marasmius*), strmělka (*Clitocybe*) či penízovka (*Collybia*). Šišky různých druhů jehličnanů rozkládá např. penízovka smrková (*Strobilurus esculentus*) a penízečka drobnovýtrusá (*Baeospora myosura*) (Deacon, 2006).

Mnoho saprotrofů je vysoce specializováno a vyskytuje se pouze na určitém substrátu, jako jsou stonky jednoho rostlinného rodu či šišky určitého jehličnanu. Na spadlé jehlici borovice (*Pinus*) lze často pozorovat příčné černé čáry, které ohraničují jedince vřecovýtrusého rozkladače sypavky borové (*Lophodermium pinastri*). Existují ale i druhy, které dokáží rozložit téměř jakýkoliv rostlinný materiál jako např. čirůvka fialová (*Lepista nuda*) a běločechratka obrovská (*Leucipaxillus giganteus*). Oba se vyskytují v lesích či na otevřených stanovištích. Jejich podhoubí proniká velkým objemem půdy a vytváří čarodějné kruhy, které žijí i několik desetiletí a mají průměr několik stovek metrů (Laessle et al., 2019).

Některé saprotrofické houby představují hrozbu pro lidi a zvířata při skladování rostlinných produktů (potravin). Během rozkladu tyto zástupci produkují mykotoxiny, což jsou sekundární metabolity hub, jež se často vyskytují na nesprávně skladovaných potravinách. Mezi typické zástupce patří rod šestičkovec (*Penicillium*), či kropidlák (*Aspergillus*) (Deacon, 2006).

#### Saprotrofové rostoucí na loukách a pastvinách

Zástupci této skupiny saprotrofů rozkládají podzemní části rostlin, jako jsou kořínky či zašlapané části trav. Na loukách a pastvinách často vytváří čarodějné kruhy, jejichž tvorba se v minulosti připisovala nadpřirozeným bytostem. Skutečnost je ale taková, že houby začínají svůj život jako mikroskopické spory, které klíčí, rozvětvují hyfy a brzy vyrůstají z místa původu jako mycelium, jež má tendenci šířit se rovnoměrně všemi směry. Tím vzniká kolonie, která zabírá stále se rozšiřující kruh v půdě. Pokud se v myceliu nashromáždí dostatek zdrojů a jsou vhodné podmínky, na okraji kruhu se vyvinou plodnice, které ukazují dříve neviditelnou půdní kolonii. Každým rokem se tyto kruhy zvětšují směrem ven, jelikož mycelium roste a hledá výživu, kterou za sebou již vyčerpalo. Nejviditelnější čarodějné kruhy se vyskytují na pastvinách a vytvářejí je zejména zástupci rodu pečárka (*Agaricus*), také špička obecná (*Marasmius oreades*) (Kendrick, 2020).

Mezi typické rozkladače, kteří rostou na loukách a pastvinách, patří zejména houby stopkovýtrusé (Basidiomycota), konkrétně rody špička (*Marasmius*), čirůvka (*Lepista*), pečárka (*Agaricus*), voskovka (*Hygrocybe*), kropenatec (*Panaeolus*), strmělka (*Clitocybe*), pýchavka (*Lycoperdon*) a plešivka (*Calvatia*) (Griffith a Roderick, 2008).

## Půdní mikromycety

Mikroorganismy jsou základem potravních sítí a poskytují živiny pro téměř všechny rostliny a zvířata. Živé kořeny umožňují nepřetržitý přísun živin do půdy, jelikož obsahují aminokyseliny, cukry a další organické sloučeniny, což je živnou půdou pro půdní mikroorganismy. Půda tedy obsahuje velké množství půdních mikroorganismů a mezi ty nejdůležitější patří saprotrofní druhy hub (Deacon, 2006; Kendrick, 2020).

Mezi typické zástupce patří několik druhů z rodu plíseň (*Mucor*), kropidlovec (*Rhizopus*) a další houby spájkivé (Zygomycota), které se běžně vyskytují v půdě nebo v kořenové zóně rostlin, kde využívají cukry a další jednoduché rozpustné živiny. Do této skupiny spadá i několik druhů rodu *Pythium*, i přestože jsou více známy jako patogeny, jelikož v půdě kolonizují čerstvé zbytky rostlin, dále také štětičkovec (*Penicillium*), kropidlák (*Aspergillus*), zelenatka (*Trichoderma*) či srpovička (*Fusarium*) (Deacon, 2006).

## Houby na výkalech (koprofilní houby)

Pro některé organismy, jako např. koprofilní houby, je hnůj významným zdrojem i přesto, že se v něm nenachází mnoho kvalitních bílkovin. Existuje ale velké množství mikrobiální biomasy a složek potravy, např. celulózy, které zvíře a jeho střevní flóra nedokáže strávit. V trusu býložravců se také nachází vysoký obsah dusíku, až 4 %, což je více než v samotném rostlinném materiálu, a proto se někteří saprotrofové zaměřují na toto stanoviště. Asi 175 rodů vřeckovýtrusých hub (Ascomycota) se z velké části nebo výlučně vyskytuje na hnoji, např. rody hnojenka (*Sordaria*), hovník (*Ascobolus*), ze stopkovýtrusých hub (Basidiomycota) je extrémně úspěšný např. rod hnojník (*Coprinus*). Existuje také mnoho specializovaných hub spájkivých (Zygomycota), které obývají hnůj, mezi nimiž je nejpozoruhodnější rod měchomršť (*Pilobolus*) a některé druhy z řádu Kickxellales (Kendrick, 2020).

Koprofilní houby musí substrát kolonizovat rychleji, nežli jejich konkurenti (hmyz či jiné druhy hub). Jednou ze strategií, která se u těchto druhů vyvinula, je tvorba výtrusů, jež jsou odolné při konzumaci jiným organismem. Spory prochází trávicím traktem poté, co byly zkonsumovány pasoucím se zvířetem, a končí v jeho exkrementech. Za pouhé dva týdny se vytvoří nové plodnice, jež jsou schopny šířit spory na větší

vzdálenost od hnoje a následně jsou pozřeny jiným pasoucím se býložravým savcem. Například rod měchomršť (*Pilobolus*) střílí svá sporangia až dva metry směrem ke světlu. V týdnu, který následuje, je stejný trus kolonizován např. řasnatkou (*Peziza*), hovníkem (*Ascobolus*) a dalšími vřeckovýtrusými houbami. Některé koprofilní druhy v boji proti konkurenci užívají chemické látky, jiné jsou schopny existovat v téměř vysušeném hnoji (Kendrick, 2020; Laessoe et al., 2019).

Mezi nejtypičtější zástupce koprofilních hub tedy patří houby spájkivé (Zygomycota), jež se na hnoji objevují nejdříve, zejména rod plíseň (*Mucor*), měchomršť (*Pilobolus*), *Helicostylum*, *Phycomyces*, *Thamnidium* a další. Poté se objevuje rod *Piptocephalis*, jež parazituje na některých výše zmíněných houbách spájkivých, také rody *Chaetocladium* a *Syncephalis*. Dále pak houby vřeckovýtrusé (Ascomycota) jako např. rod hovník (*Ascobolus*), balíčkovec (*Saccobolus*), schránkovec (*Thecotheus*), *Podospora*, *Sordaria*, *Arthrobotrys*. Nakonec houby stopkovýtrusé (Basidiomycota), zejména malé (ale hojně) druhy hnojníků (*Coprinus*) (Kendrick, 2020).

### Houby na spáleništích

Specializovaná skupina rozkladačů (tzv. ohňové houby) se v jarních měsících objevuje na místech, která byla v předešlém roce zasažena požárem či sopečnou erupcí. Někteří z nich jsou jasně a nápadně zbarveni, jiní jsou černí, tmavě šedí či hnědí, a proto je mezi ohořelým dřevem a půdou lze jen těžko najít. Zástupci této skupiny hub si vyvinuli schopnosti zvládat extrémní fyzikální podmínky (např. vysoké či nízké teploty), unikli konkurenci a získali přístup k nevyužitým zásobám zdrojů. Příkladem může být kořenitka nadmutá (*Rhizina undulata*), která na tomto stanovišti napadá sazenice jehličnanů, dále smrž vysoký (*Morchella elata*), spálenitka uhelná (*Anthracobia melaloma*), šupinovka spáleništní (*Pholiota highlandensis*), ohnivka spáleništní (*Pyronema omphalodes*) či řasnatka spáleništní (*Peziza ampelina*) (Kendrick, 2020).

### Houby rozkládající keratin

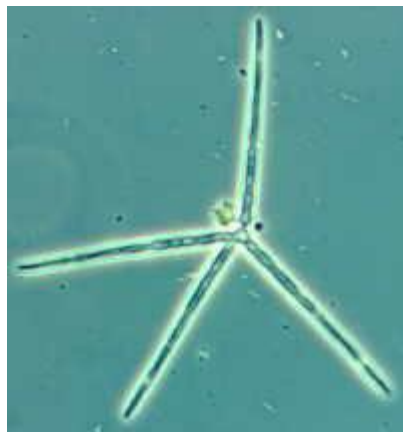
Existují specializovaní rozkladači, kteří se zaměřují na zcela ojedinělé substráty. Zástupci čeledi Onygenaceae, jako např. kaziroh koňský (*Onygens equina*), jsou specialisté na keratin a rostou tedy na substrátech bohatých na rohovinu (mohou



degradovat kopyta, peří, vlasy, rohy apod.). Tito saprotrofové se vyskytují až v pozdějších stádiích rozkladu, po houbách spájivých (Zygomycota) či štětičkovci (*Penicillium*), kteří využijí snadněji dostupné bílkoviny a lipidy (Deacon, 2006; Laessle et al., 2019).

### Saprotrofové ve vodě

V bublinách pěny, která se vytváří na lesních tekoucích potocích mírného pásu, bylo nalezeno mnoho výtrusů saprotrofních druhů hub, zejména s tetraradiálními sporami, např. *Tetracladium*, *Lemonniera* či *Alatospora*. V této proudící vodě se vyskytují velké a nápadně tvarované spory, např. podlouhlé a zvlněné či s dlouhými a ostrými výběžky (Deacon, 2006; Kendrick, 2020). Příkladem může být výtrus *Clavariopsis aquatica*, jež je zobrazen na obrázku 12.



**Obrázek 12.** Výtrus *Clavariopsis aquatica* (Kendrick, 2020).

Bylo zjištěno, že do potoků se většina houbových rozkladačů dostane z podzimního listového opadu a jejich mycelia jsou vysoce výživnou potravou pro detritovorní živočichy pramenů, jako např. pro korýše z rodu blešivec (*Gammarus*), kterými se živí pstruzi (*Oncorhynchus*). Tento proces ukazuje, že houby jsou životně důležitými prostředníky toku energie v potocích (Kendrick, 2020).

Specializovaná skupina saprotrofů se vyskytuje také v lesních rybnících, např. rod *Beverwykella*, *Helicoon* či *Limnoperdon*. Tyto houby sice žijí a rostou pod vodní hladinou, své výtrusy ale produkují pouze nad ní. Stejně jako rozkladači z potoků upravují odumřelé listy a činí je chutnějšími pro bezobratlé živočichy, např. hlemýžďe

(Helicidae), také obratlovce jako např. žáby (Anura), jejichž larvální stádia žijí v rybníku (Kendrick, 2020).

Existují také mořští zástupci saprotrofních hub, ale všechny morfologické a molekulární důkazy poukazují na suchozemský původ těchto hub. Jedná se zejména o zástupce oddělení vřeckovýtrusých (Ascomycota, např. *Lulworthia*, *Ceriosporopsis*, *Halospaheria*), méně pak stopkovýtrusých (Basidiomycota, např. *Halocyphina villosa*) hub (Kendrick, 2020).

### Houby rozkládající další substráty

Saprotrofové rozkládají též produkty, které člověk vyrobí, ale o jejich degradaci nestojí. Na druhou stranu ale existují houby, jež lze využít k rozkladu látek, které díky lidské činnosti znečišťují životní prostředí. K vyřešení celosvětovému problému s plasty by mohli přispět někteří houboví rozkladači jako např. plíseň *Aspergillus tubingensis*, jejíž enzym dokáže rozrušit polyester a polyuretan. V současné době probíhají výzkumy jeho účinků a během pár let by se mohla začít uměle pěstovat a využívat v biodegradaci (Khan et al., 2017).

Jak již bylo zmíněno více, saprotrof dřevomorka domácí (*Serpula lacrymans*) působí velká poškození dřevěných budov. Tato houba způsobuje suchou hnilobu, což je specifický typ hniloby hnědé, jež v růstu pokračuje i přesto, že okolní prostředí je zcela bez vody. Nejčastěji se v Evropě vyskytuje ve špatně větraných budovách, ale v přírodě se ještě nenašla (Deacon, 2006).

Při komerční výrobě jedlých saprotrofních hub se využívají jako substrát komposty, které lze vyrobit z jakéhokoliv typu rozložitelné organické hmoty (zejména z obilné slámy a hnoje zvířat). Mezi typické zástupce patří houby z rodu pečárka (*Agaricus*) (Deacon, 2006).

Existuje potenciál k výrobě levného komerčního substrátu z lignocelulózy, což je vedlejší produkt dřevozpracujícího průmyslu a je obsažena také ve zbytcích plodin. Pokud by byla celulóza degradována na cukry, mohla by se použít k výrobě alternativního paliva, což bylo podnětem k dalším výzkumům zejména hub způsobujících bílou hnilobu, jako je např. *Phanerochaete chrysosporium* (Deacon, 2006).

### 3.2.5 Biotopy houbových rozkladačů

Většinu saprotrofních druhů hub nalezneme v určitých lesních ekosystémech, méně také v nelesních jako jsou například pastviny či louky. Díky znalosti nároků jednotlivých druhů k biotopu je lze snadněji najít i určit. Důležité je vědět, které zástupce v daném biotopu můžeme objevit a kdy se během roku v něm vyskytuje (Gminder, 2016).

#### Přirozené smrčiny

Přirozené smrčiny se nachází ve vyšších polohách hor a podmáčené smrčiny v nižších polohách. Jsou tvořeny zejména lesním porostem smrku (*Picea*) a dalších rostlin. Mezi typické rozkladače humusu patří kalichovka oranžová (*Rickenella fibula*), penízovka skvrnitá (*Rhodocollybia maculata*) a zrnivka osiková (*Cystoderma amathium*). Druhy rostoucí na opadu jsou např. strmělka středobarvá (*Clitocybe metachroa*), špička žíněná (*Gymnoporus androsaceus*), helmovka louhová (*Mycena stipata*) či helmovka mléčná (*Mycena galopus*) a penízovka smrková (*Strobilurus esculentus*), která rozkládá šišky. Mezi saprotrofy na odumřelém dřevě patří kalichovka zvonečková (*Xeromphalina campanella*), plaménka jedlová (*Gymnopilus sapineus*), plstnateček severský (*Climacocystis borealis*), kropilka rosolovitá (*Dacrymyces stillatus*) či smolokorka pryskyřičná (*Ischnoderma benzoinum*) (Gminder, 2016; Klán 1989).

#### Kulturní smrčiny

Pro svůj rychlý růst bývaly monokultury smrku (*Picea*) vysazovány i v nižších polohách, proto jsou rozšířeny až k mořskému pobřeží, druhově jsou ale chudší. Smíšené lesy se smrkem a horské smrčiny jsou druhově rozmanitější, zejména pokud je les vlhký a obsahuje porosty mechtů a bylin. V současné době jsou tyto ekosystémy na ústupu a zanikají. Mezi rozkladače humusu v kulturních smrčinách patří bedla červenající (*Chlorophyllum rhacodes*), pečárka lesní (*Agaricus silvaticus*) či pečárka císařská (*Agaricus augustus*), hadovka smrdutá (*Phallus impudicus*) a pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*). Na opadu roste penízovka smrková (*Strobilurus esculentus*), špička česneková (*Mycetinis scorodonius*), strmělka kyjonohá (*Ampulloclitocybe clavipes*) či strmělka nálevkovitá (*Infundibulicybe gibba*), helmovka krvavá (*Mycena*

*sanguinolenta*) a helmovka ředkvičková (*Mycena pura*). Na odumřelém dřevě se vyskytují saprotrofové jako bělochoroš hořký (*Postia stiptica*), outkovka pestrá (*Trametes versicolor*), pevník krvavějící (*Stereum sanguinolentum*), troudnatec pásovaný (*Fomitopsis pinicola*) či plaménka jedlová (*Gymnopilus sapineus*) (Gminder, 2016; Klán 1989).

#### Přirozené borové porosty

Borovice (*Pinus*) vytváří souvislé porosty na kyselých půdách nižších poloh, písčitéch půdách, horním okraji hranice lesa, suchých svazích či rašeliništích. Na živiny bohatších půdách (písčitéch) vytváří borovice (*Pinus*) spolu s osikami (*Populus tremula*) a břízami (*Betula*) smíšené lesy, ve kterých se na podzim vyskytuje velké množství hub. Mezi typického saprotrofa rozkládajícího humus patří bedla vysoká (*Macrolepiota procera*), na opadu roste helmovka slizká (*Mycena epipterygia*) či helmovka mléčná (*Mycena galopus*). Odumřelé dřevo daného biotopu rozkládá šafránka červenožlutá (*Tricholomopsis rutilans*), pevník krvavějící (*Stereum sanguinolentum*) a kotrč kadeřavý (*Sparassis crispa*) (Gminder, 2016; Klán 1989).

#### Olšiny (převážně na rašelinných půdách)

Rozsáhlé porosty olšin (*Alnus*) se vyskytují na silně zamokřených místech, jako je okolí rybníků či podél potoků a řek. Díky trvalé vlhkosti v období sucha se zde vyskytují zajímavé druhy hub, není jich ale mnoho. Jehnědka olšová (*Ciboria caucus*) je rozkladač, který roste na opadu, humus rozkládá např. kržatka olšová (*Naucoria submelinoides*), kržatka bažinná (*Naucoria scolecina*) a kržatka oděná (*Naucoria escharioides*). Na dřevě lze najít saprotrofy jako např. rezavec lesknavý (*Inonotus radiatus*), lesklokorka ploská (*Ganoderma applanatum*), choroš zimní (*Polyporus brumalis*) či sítkovec načervenalý (*Daedaleopsis confragosa*) (Gminder, 2016; Klán 1989).

### Dubohabrové háje

Jedná se o přirozenou vegetaci převážně dubů (*Quercus*), habrů (*Carpinus*) a buků (*Fagus*) od nížin až po pahorkatiny. Rozšířeny jsou zejména na jílovité půdě, která je díky přívalovým deštům či vysoké hladině spodní vody zamokřena, v létě však může silně vysychat. Mezi rozkladače humusu daného biotopu patří pýchavka hnědá (*Lycoperdon lividum*) či pýchavka horská (*Lycoperdon nigrescens*), čirůvka májovka (*Calocybe gambosa*), psivka obecná (*Mutinus caninus*) a hvězdovka červenavá (*Geastrum rufescens*). Saprotrofové rostoucí na opadu jsou např. čirůvka fialová (*Lepista nuda*), strmělka mlženka (*Clitocybe nebularis*), penízovka dubová (*Gymnopus dryophilus*) či penízovka hřebílkatá (*Gymnopus peronatus*). Na odumřelém dřevě lze nalézt druhy jako dřevnatka kyjovitá (*Xylaria polymorpha*), síťkovec dubový (*Daedalea quercina*), helmovka leponohá (*Mycena inclinata*), kožovka rezavá (*Hymenochaete rubiginosa*) a penízovka vřetenonohá (*Gymnopus fusipes*) (Gminder, 2016; Klán 1989).

### Teplomilné a šípákové doubravy

Teplomilné a šípákové doubravy se vyskytují v převážně teplých oblastech na vápnatých půdách, od nížin po pahorkatiny. Mezi typického saprotrofa rozkládajícího humus patří závojenka olovová (*Entoloma sinuatum*), pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*) či pýchavka závojová (*Lycoperdon mammiforme*) a hvězdovka brvitá (*Geastrum fimbriatum*). Na opadu roste helmovka růžová (*Mycena rosella*) a penízovka odporná (*Gymnopus foetidus*). Odumřelé dřevo rozkládá síťkovec dubový (*Daedalea quercina*), choroš plástvový (*Lentinus arcularius*), helmovka tuhonohá (*Mycena galericulata*), ohňovec hrbolatý (*Phellinus torulosus*) či pevník chlupatý (*Stereum hirsutum*) (Klán, 1989).

### Kyselé doubravy

Kyselé doubravy představují vegetaci rostoucí v nížinách a pahorkatinách na kyselých půdách. Saprotrofové rozkládající humus jsou např. pečárka císařská (*Agaricus augustus*) či pečárka hajní (*Agaricus silvicola*), pýchavka horská (*Lycoperdon nigrescens*), hvězdák vlhkoměrný (*Astraeus hygrometricus*) a hvězdovka červenavá (*Geastrum rufescens*). K zástupcům rostoucím na opadu patří špička listová (*Marasmius*

*epiphyllus*), helmovka růžová (*Mycena rosella*), strmělka anýzka (*Clitocybe odola*) a křehutka Candolleova (*Psathyrella candolleana*). Odumřelou dřevní hmotu rozkládá ohňovec hrbolatý (*Phellinus torulosus*), helmovka rýhonohá (*Mycena polygramma*) či helmovka leponohá (*Mycena inclinata*), síťkovec dubový (*Daedalea quercina*) a kornatka dubová (*Peniophora quercina*) (Klán, 1989).

### Lužní lesy

Jedná se o původní vegetaci podmáčených a zaplavovaných území tvořenou převážně olší (*Alnus*), střemchou (*Prunus*) a jilmem (*Ulmus*). Rozkladači humusu daného biotopu jsou např. smrž obecný (*Morchella esculenta*), ucháč obrovský (*Gyromitra gigas*), polnička raná (*Agrocybe praecox*) a kačenka náprstkovitá (*Verpa conica*). Odumřelé dřevo rozkládá hlíva miskovitá (*Pleurotus cornucopiae*), houževnatec tygrovaný (*Lentinus tigrinus*), sírovec žlutooranžový (*Laetiporus sulphureus*), lesklokorka ploská (*Ganoderma applanatum*) či outkovka francouzská (*Coriolopsis gallica*) (Klán, 1989).

### Kyselé květnaté bučiny

Přírozené vegetace lipových bučin, jedlobučin a smrkových bučin se vyskytují v podhorském a horském stupni na chudších půdách (silikátových). K zástupcům rozkládajícím humus patří kyj Herkulův (*Clavariadelphus pistillaris*), čirůvka fialová (*Lepista nuda*), hnojník strakatý (*Coprinopsis picacea*) a zrnivka osinková (*Cystoderma amianthinum*). Saprotrofové rostoucí na opadu jsou např. špička kožová (*Marasmius torquescens*), špička cibulová (*Mycetinis alliaceus*), penízovka hřebílkatá (*Gymnopus peronatus*), helmovka zoubkatá (*Mycena pelianthina*), helmovka šafránová (*Mycena crocata*) či helmovka tuhonohá (*Mycena galericulata*). Na odumřelém dřevě roste slizečka porcelánová (*Oudemansiella mucida*), troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*), korálovec jedlový (*Hericium flagellum*), helmovka pařezová (*Mycena tintinnabulum*) či outkovka rumělková (*Pycnoporus cinnabarinus*) (Klán, 1989).

### Orchidejové a vápnomilné bučiny

Jedná se o vápnomilné květnaté bučiny, které se vyskytují od pahorkatin až po podhorské vegetační stupně. Mezi typického saprotrofa rozkládajícího humus patří kuřátka zlatá (*Ramaria aurea*), kuřátka žlutá (*Ramaria flava*), kyj Herkulův (*Clavariadelphus pistillaris*), pýchavka ježatá (*Lycoperdon echinatum*), šťavnatka slonovinová (*Hygrophorus eburneus*) či polnička raná (*Agrocybe praecox*). Na opadu roste čirůvka fialová (*Lepista nuda*), penízovka věštická (*Gymnopus hariolorum*), strmělka mlženka (*Clitocybe nebularis*), špička cibulová (*Mycetinis alliaceus*) či špička kožová (*Marasmius torquescens*). Odumřelé dřevo daného biotopu rozkládá choroš štětičkatý (*Polyporus tuberaster*), outkovka jednobarvá (*Cerrena unicolor*), troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*) či penízovka Causseova (*Xerula causei*) (Klán, 1989).

### Smíšené lesy s převahou bříz a březové hájky

Světlomilné břízy (*Betula*) vytvořily přechodné porosty od nížin po hory, a to na volných plochách jako jsou pastviny, paseky či mýtiny, na které dolétly. Na daném biotopu se nachází zejména mykorrhizní druhy hub, na dřevní hmotě ale lze najít rozkladače jako je lupeník březový (*Lenzites betulinus*) a březovník obecný (*Piptoporus betulinus*) (Klán, 1989).

### Smíšené lesy s převahou modřínu a modřínové hájky

Původně byl na území České republiky modřín (*Larix*) vysazen a v současnosti se přirozené modřínové lesy vyskytují pouze ve vysokých horách. Malé skupiny modřínů lze najít také na okrajích či uvnitř lesů. K zástupcům rozkládajícím humus patří lištička pomerančová (*Hygrophoropsis aurantiaca*), na opadu roste brvenka modřínová (*Lachnellula willkommii*) či helmovka mléčná (*Mycena galopus*) (Gminder, 2016; Klán 1989).

### Přechodová rašeliniště a vrchoviště

Jedná se o přirozené porosty rašelinných březin, společenstva blatkových vrchovišť a bezlesích vrchovišť, od podhorského až po horský stupeň. Typickým

saprotrofem rozkládajícím humus je kalichovka rašeliníková (*Arrhenia gerardiana*), penízovka rašeliníková (*Tephrocype palustris*), čepičatka bažinná (*Phaeogalera stagnina*) či třepenitka prodloužená (*Hypholoma elongatum*). K zástupcům rostoucím na opadu patří špička žíněná (*Gymnopus androsaceus*) či helmovka slizká (*Mycena epipterygia*). Odumřelou dřevní hmotu rozkládá outkovka pestrá (*Trametes versicolor*), krásnorůžek lepkavý (*Calocera viscosa*) a trámovka plotní (*Gloeophyllum sepiarium*) (Klán, 1989).

### Louky a pastviny

Biotopy vyskytující se od nížin až po podhorský stupeň, středně zásobené vodou. Houbová rozmanitost je dána tím, jak jsou louky a pastviny hnojeny a obhospodařovány. Nejčastějšími zástupci rozkládajícími humus jsou např. pečárka ovčí (*Agaricus arvensis*), pečárka velkovýtrusá (*Agaricus urinascens*), voskovka šarlatová (*Hygrocybe coccinea*), špička obecná (*Marasmius oreades*), čirůvka májovka (*Calocybe gambosa*), čirůvka masová (*Rugosomyces carneus*), polnička raná (*Agrocybe praecox*), límcovka věnčená (*Stropharia coronilla*), bedla vysoká (*Macrolepiota procera*), tmavobělka rýhovaná (*Melanoleuca grammopodia*) a závojenka podtrnka (*Entoloma clypeatum*). Na opadu se vyskytuje špička drsná (*Crinipellis scabella*), kropenatec otavní (*Panaeolina foenisecii*), hnojník obecný (*Coprinus comatus*), čirůvka dvoubarvá (*Lepista saeva*) a křehutka útlá (*Psathyrella corrugis*) (Gminder, 2016; Klán 1989).

### Skalní a svahové stepi

Jedná se o biotopy s převládajícími porosty kavylů (*Stipa*) a kostřav (*Festuca*) na vápnitém či kyselém substrátu. K druhům rozkládajícím humus patří špička obecná (*Marasmius oreades*), pečárka zápašná (*Agaricus xanthodermus*), prašnatka kořínkatá (*Gastrosporium simplex*), hvězdovka uherská (*Geastrum hungaricum*), palečka zimní (*Tulostoma brumale*), hrobenka pískomilná (*Geopora arenicola*), pýchavka hnědá (*Lycoperdon lividum*), hlíva máčková (*Pleurotus eryngii*), polnička polokulovitá (*Agrocybe pediades*) či muchomůrka Vittadiniho (*Amanita vittadini*). Saprotrofové rostoucí na opadu jsou např. strmělka úzkolupenná (*Clitocybe agrestis*), choroš travní



(*Polyporus rhizophylus*), sametovka polokulovitá (*Conocybe semiglobata*), špička chudolupenná (*Marasmius anomalus*) a špička drsná (*Crinipellis scabella*) (Klán, 1989).

## 4. Materiál a metody

### 4.1 Sběr položek

Sběr položek byl realizován od května 2020 do března 2021, zejména v období léta a na podzim, v České republice a Rakousku. Nejvíce jich bylo nasbíráno ve Východních Čechách, na jižní Moravě a na Olomoucku, následně byly položky vysušeny a uskladněny pro další potřeby PŘF UPOL. Pěstování rozkladačů na potravinách bylo realizováno v březnu 2021 a jejich mikroskopování proběhlo v dubnu 2021. Všechny položky, ať již posbírané v přírodě či vypěstované na potravině, byly díky pořízeným fotografiím využity v této diplomové práci a jejich seznam je uveden v tabulce 1.

**Tabulka 1.** Seznam nasbíraných či vypěstovaných zástupců saprotrofních hub.

český název	odborný název	místo sběru	datum sběru
anýzovník vonný	<i>Gloeophyllum odoratum</i>	Žamberk, Kameničná	20. 9. 2020
bělochoroš našedlý	<i>Postia tephroleuca</i>	Choceň, Peliny	25. 12. 2020
březovník obecný	<i>Piptoporus betulinus</i>	Mladeč, CHKO Litovelské Pomoraví	24. 10. 2020
čepičatka jehličnanová	<i>Galerina marginata</i>	Mladeč, CHKO Litovelské Pomoraví	24. 10. 2020
hlíva ústříčná	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Zámorsk, Janovičky	3. 11. 2020
choroš smolonohý	<i>Polyporus badius</i>	Velká Javořina	19. 9. 2020
klanolístka obecná	<i>Schizophyllum commune</i>	Mladeč, CHKO Litovelské Pomoraví	24. 10. 2020
kořenovník vrstevnatý <sup>3</sup>	<i>Heterobasidion annosum</i>	Žamberk, Kameničná	20. 9. 2020
kropidlovec černavý*	<i>Rhizopus stolonifer</i>	-	30. 3. 2021

<sup>3</sup> převažuje parazitický způsob výživy

kuřátka	<i>Ramaria</i> spp.	Mladeč, CHKO Litovelské Pomoraví	24. 10. 2020
lesklokorka jehličnanová	<i>Ganoderma</i> <i>carosum</i>	Rakousko, Maria Taferl- Steinerbachklamm	30. 8. 2020
lesklokorka lesklá	<i>Ganoderma lucidum</i>	Žamberk, Kameničná	20. 9. 2020
lupeník březový	<i>Lenzites betulina</i>	Třebovice v Čechách	12. 5. 2020
ohňovec obecný	<i>Phellius igniarius</i>	Mladeč, CHKO Litovelské Pomoraví	24. 10. 2020
ohňovec ovocný	<i>Phellinus pomaceus</i>	NP Podyjí, pod vinicí Šobés	22. 5. 2020
outkovka francouzská	<i>Coriolopsis gallica</i>	Choceň, Husova	14. 11. 2020
outkovka chlupatá	<i>Trametes hirsuta</i>	Rakousko, Almsee	1. 7. 2020
outkovka pestrá	<i>Trametes versicolor</i>	Olomouc, Svatý Kopeček	11. 12. 2020
pečárka dvouvýtrusá	<i>Agaricus bisporus</i>	kupný exemplář (firma FUNGHI CZ, a.s.)	29. 10. 2020
penízovka jarní	<i>Gymnopus vernus</i>	Olomouc, Svatý Kopeček	15. 3. 2021
pevník chlupatý	<i>Stereum hirsutum</i>	Biocentrum Mokroš, Mořice	21. 2. 2021
plíseň šedá *	<i>Botrytis cinerea</i>	-	30. 3. 2021
pýchavka hnědá	<i>Lycoperdon lividum</i>	Mladeč, CHKO Litovelské Pomoraví	24. 10. 2021
pýchavka stlačená	<i>Vascellum pratense</i>	Mladeč, CHKO Litovelské Pomoraví	24. 10. 2021
sírovec žlutooranžový	<i>Laetiporus</i> <i>sulphureus</i>	NP Podyjí, pod vinicí Šobés	20. 5. 2020
síťkovec načervenalý	<i>Daedaleopsis</i> <i>confragosa</i>	Džbánov u Vysokého Mýta	18. 2. 2021
šedopórka osmahlá	<i>Bjerkandera adusta</i>	Olomouc, Radíkov	10. 10. 2020

štetičkovec *	<i>Penicillium</i>	-	11. 3. 2021
trámovka plotní	<i>Gloeophyllum sepiarium</i>	Olomouc, Svatý Kopeček	6. 6. 2020
trepkovitka zploštělá	<i>Crepidotus cf. applanatus</i>	Olomouc, Svatý Kopeček	11. 12. 2020
troudnatec kopytovitý	<i>Fomes fomentarius</i>	Olomouc, Svatý Kopeček	6. 6. 2020
troudnatec pásovaný	<i>Fomitopsis pinicola</i>	Žamberk, Kameničná	20. 9. 2020

\*druhy vypěstované na potravinách

## 4.2 Zpracování

Určení jednotlivých druhů hub bylo provedeno na základě publikace Přehled hub střední Evropy (Holec et al., 2012) a díky konzultacím s vedoucím práce. Dle zmíněné publikace bylo také sjednoceno názvosloví jednotlivých druhů.

Fotodokumentace položek byla pořízena fotoaparáty z mobilních zařízení značky Huawei Y7 2019 a Huawei nova 3i. Mikrofotografie byly pořízeny mikroskopem Olympus BX60 s fotoaparátem DP73 a programem CellSens.

Pracovní list s otázkami a úkoly byl vypracován v MS Word, doprovodná prezentace v MS Powerpoint a hra ROZ-KLA-DA-ČI v programu kahoot ([www.kahoot.com](http://www.kahoot.com)).

## 5. Výsledky

Výsledkem mé diplomové práce je vytvoření informačního a výukového materiálu s tématem „*Role hub jako rozkladačů mrtvého materiálu v ekosystému*“. Teoretická část práce je doplněna Powerpointovou prezentací, jež slouží jako doprovodný materiál k tématu a v závěru obsahuje odkaz na hru ROZ-KLA-DA-ČI. Hra je umístěna na serveru kahoot.com a umožňuje zábavnou formou ověřit získané znalosti pomocí digitálních technologií, které jsou v současné době ve výuce využívány. Dále byl vytvořen pracovní list s otázkami a úkoly, jež obsahuje různé typy úloh a slouží zejména k procvičení a upevnění získaných poznatků. Pro snadné ověření správných odpovědí je jeho součástí autorské řešení. K diplomové práci byla vytvořena také aktivizační didaktická hra HON NA ROZKLADAČE, která u žáků rozvíjí klíčové kompetence a prohlubuje spolupráci v týmu. Vysvětlení didaktické hry a veškeré potřebné materiály k její realizaci jsou připojeny v přílohách.

## 6. Diskuse

Houby a houbové organismy se v životě člověka běžně vyskytují a mnohdy hrají důležitější roli, než člověk tuší. Přes to je ale tato látka v českém školství značně opomíjena a pozornost v biologii je přenesena zejména na rostliny a živočichy. Během mé druhé souvislé pedagogické praxe se mi tento fakt potvrdil, jelikož jsem měla možnost náslechové hodiny v semináři biologie pro třetí (septima) ročníky, kde se zrovna látka o houbách probírala. Vyučující jej shrnula ve 2 vyučovacích hodinách, užívala zastaralou taxonomii a výklad neprokládala užitečnými či zajímavými informacemi. Toto vyučování mám možnost porovnat s další vlastní zkušeností, a to z gymnázia, které jsem osobně studovala a seminář biologie navštěvovala. Veškeré materiály z výuky biologie si pečlivě uchovávám pro pozdější porovnání či možné využití.

Látku o houbách a houbových organismech jsme v semináři probírali ve třetím ročníku (septima), jednalo se konkrétně o podzim roku 2011 (školní rok 2011/2012) a vyučující ji věnoval 4 vyučovací hodiny. Nejdříve byla probrána obecná charakteristika říše hub (Fungi), dále stavba buňky, stélky, výživa, rozmnožování, evoluce, výskyt, význam a systém. Dle taxonomie rozdělené na oddělení Chytridiomycota, Microsporidiomycota, Zygomycota, Ascomycota, Basidiomycota a Lichenes byly houby a houbové organismy podrobně probrány. Výklad učitele byl provázen Powerpointovou prezentací a prokládán zajímavostmi. V rámci jednotlivých taxonů nebyla opomenuta ani zmínka o způsobech výživy jednotlivých zástupců (saprofyté/ parazité/ symbionti). Vyučující probíral látku opravdu velice podrobně, ale s odstupem času jej hodnotím kladně, neboť věnoval houbám větší pozornost, nežli je zvykem, a předal nám i řadu užitečných informací.

Jako mnoho gymnázií v České republice, tak i to, které jsem navštěvovala, využívalo učebnici Biologie pro gymnázia od Jelínka a Zicháčka (2006). Náš učitel biologie nás ale upozornil na to, že kniha bude sloužit spíše jako základní opora a veškeré materiály k výuce nám odesílal předem v MS Word, my si jej vytiskli, přinesli do výuky a doplňovali informace, které chyběly. Texty tedy neobsahovaly informace pouze z této učebnice, ale byly vytvořeny z různých zdrojů, také z vysokoškolských skript našeho učitele biologie.

Pokud by učitel biologie chtěl ke své výuce hub a houbových organismů využívat pouze výše zmíněnou učebnici od Jelínka a Zicháčka (2006), musí si uvědomit, že tato kapitola je shrnuta na necelých 8 stranách, a je zde zcela opominuto rozdělení na základě způsobu získávání živin (dle ekologických skupin). Ze saprotrofních hub je zde zmíněn štetičkovec (*Penicillium*), smrž obecný (*Morchella esculenta*), ucháč obecný (*Gyromitra esculenta*) a některé dřevní či hříbovité houby.

Učebnice Biologie I. v kostce, od Hančové a Vlkové (2004), která se na některých školách používá, kapitolu mykologie shrnuje do 5 stran. Po velice okrajové charakteristice se přechází k jednotlivým taxonům, které se krátce představí. Největším překvapením ale je fakt, že učebnice zmiňuje jako způsob výživy hub pouze saprofytismus či parazitizmus. Pojem symbióza je zmíněn u lišejníků (dále ještě krátká věta u významu o tom, že houby jsou symbiotické organismy a umožňují existenci dalším organismům), nikde není ale ani poznámka o mykorhize, endofyté se zde též nezmiňují. Saprotrofní zástupci jsou zde poskromnu, zmínka je o štetičkovci (*Penicillium*), kropidlákovi (*Aspergillus*), ucháčovi (*Gyromitra*), smrži (*Morchella*), plísni šedé (*Botrytis cinerea*), dále o některých dřevokazných, pečárkotvarých či břichatkovitých houbách. Je zde ale zmíněn i saprotrofní druh vyskytující se na spáleništích, a to ohnivka spáleništní (*Pyronema omphalodes*). O trochu lépe jsou houby a houbové organismy vysvětleny v učebnici Odmaturuj! z biologie od Benešové (2003), kde je tato látka shrnuta na 10 stranách. V úvodní charakteristice je zmíněno rozdělení hub dle způsobu výživy (saprofyté, parazité, symbionti), podrobnější popis je pak u jednotlivých taxonů (Myxomycota, Chytridiomycota, Oomycota, Eumycota). Vzhledem k roku vydání učebnice (2003) je ale taxonomie ještě starší než v učebnicích zmíněných výše.

Dle mého názoru je látka o houbách a houbových organismech nejlépe popsána v učebnici Biologie rostlin od Kincla et al. (2006), kde je tato problematika představena celkově na 19 stranách. Úvodní část obsahuje rozsáhlou charakteristiku, která neopomíjí důležitý význam rozkladačů a text doplňují věrohodné perokresby. Taxonomie hub a houbových organismů je zde, vzhledem k roku vydání, nejaktuálnější a jednotliví zástupci jsou stručně a jasně popsáni. V textu se mimo jiné vyskytuje i spousta zajímavostí. Celkově je kniha velice dobře čtivá a obsahuje právě ty informace, které se na učebnici pro gymnázia očekávají.

Uvědomuji si, že není v silách učitele věnovat látce o houbách a houbových organismech tolik času, kolik by si zasloužili. Během současných změn v RVP a snižování počtu vyučovacích hodin v přírodovědných předmětech, jež mají být nahrazeny výpočetní technikou, to bude i téměř nemožné. Je ale zapotřebí žáky s tímto tématem kvalitně a srozumitelně seznámit, neboť houby jsou součástí jejich života a konkrétně ty saprotrofní mají i pro život na planetě Zemi veliký význam. Dle mého osobního názoru by bylo vhodnější houby (Fungi) vyučovat dle ekologických skupin, neboť jsou pro žáky srozumitelnější a bližší. Zejména i z toho důvodu, že probíhají stále změny v taxonomii hub, které není možné v učebnicích biologie aktualizovat, neboť po jejich vydání je taxonomie většinou již pozměněná. Učitel by rozhodně neměl opominout tento fakt zmínit a žákům vysvětlit, proč ke změnám dochází.



## 7. Závěr

Tato diplomová práce je věnována široké veřejnosti, zejména pak učitelům biologie, jež chtějí svou výuku obohatit o téma houbových rozkladačů. Samotná práce má zájemce seznámit se stručnou charakteristikou hub a se saprotrofy. Během sběru položek, který byl realizován od května 2020 do března 2021, vznikala sbírka a autorské fotografie, jež byly při tvorbě práce využity. Přírodniny byly vysušeny a věnovány PŘF UPOL k dalším didaktickým účelům. Součástí diplomové práce je Powerpointová prezentace, pracovní list s otázkami a úkoly a didaktická hra. Veškeré vytvořené materiály mají veřejnosti posloužit k prohloubení a následnému ověření znalostí o saprotrofních houbách.

Literární rešerše má sloužit jako ucelený přehled základních informací o houbách a houbových rozkladačích. Čtenář se seznámí s charakteristikou hub, jejich zařazením do systému organismů, aktuální taxonomií, výživou, výskytem, ohrožením a ekologickým rozřazením. V kapitole o saprotrofech se dozví všeobecné informace o jejich charakteristice, životních strategiích, kolonizaci, rozdělení, výskytu atd.

V Powerpointové prezentaci jsou teoretické informace uváděny heslovitě a slouží jako opěrný a doprovodný materiál k výkladu vyučujícího. Na konci prezentace je odkaz na hru ROZ-KLA-DA-ČI, jež je umístěna na serveru kahoot.it. Hra má sloužit zejména k zábavné formě procvičení a upevnění nabytých vědomostí o dané látce. Jsou v ní umístěny otázky teoretické a na poznání obrázků, které se žákovi zobrazí na jeho chytrém mobilním telefonu, tabletu či počítači. Hru lze hrát při prezenční výuce, také během online výuky, individuálně či ve formě challenge. Vzhledem k využití moderních technologií a celkové atraktivitě hry je u žáků tato forma opakování velice oblíbená.

Pracovní list obsahuje otázky a úkoly pro zopakování základních informací o houbách a k procvičení nově získaných vědomostí o rozkladačích. Do listu byly zvoleny různé typy úloh, např. otevřené, dichotomické, s výběrem odpovědi, přiřazovací atd., aby byl rozmanitější. Součástí pracovního listu je autorské řešení.

Didaktická hra HON NA ROZKLADAČE je pestřejší forma procvičení vyučovací látky o stanovištích saprotrofů, ve které žák využije své vědomosti a zároveň aktivně spolupracuje s ostatními spolužáky v týmu, čímž rozvíjí své kompetence.

## 8. Literatura a použité zdroje

### Tištěné zdroje

ANTONÍN, V. *Houby: česká encyklopedie: neobvyklá kniha o světě hub u nás i v cizině, praktická příručka houbaře pro určování, sběr, ochranu, pěstování a zpracování hub*. Praha: Reader's Digest Výběr, 2003. 448 s. ISBN 80-861-9671-2.

BALADA, J. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia: RVP G*. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007. 100 s. ISBN 978-80-87000-11-3.

BENEŠOVÁ, M. *Odmaturuj! z biologie*. Brno: Didaktis, 2003. 224 s. Odmaturuj! ISBN 80-86285-67-7.

DEACON, J., W. *Fungal biology*. 4th ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. 371 s. ISBN 978-1-4051-3066-0.

GARNWEIDNER, E. *Houby: jedné houby, jejich jedovatí dvojníci a nejedlé houby ve střední Evropě: určování, poznávání, sbírání*. Praha: Václav Svojtka & C., 1999. 157 s. ISBN 80-7237-180-0.

GMINDER, A. *Určujeme houby: 340 druhů střeoevropských hub*. Praha: Knižní klub, 2016. 400 s. ISBN 978-80-242-5063-2.

HAGARA, L., ANTONÍN, V., BAIER, J. *Houby*. Vyd. 6. Praha: Aventinum, 2004. 416 s. ISBN 80-7151-236-2.

HANČOVÁ, H., VLKOVÁ, M. *Biologie v kostce*. 3. vyd. Havlíčkův Brod: Fragment, 2004. 112 s. ISBN 80-7200-971-0.

HOLEC, J., BERAN, M. [eds.]. *Červený seznam hub (makromycetů) České republiky*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, 2006. 280 s. ISBN 80-87051-02-5.

HOLEC, J., BIELICH, A., BERAN, M. *Přehled hub střední Evropy*. Praha: Academia, 2012. 624 s. ISBN 978-80-200-2077-2.

JELÍNEK, J., ZICHÁČEK, V. *Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část)*. 8., rozš. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2006. 575 s. ISBN 80-7182-217-5.

KALINA, T., VÁŇA J. *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Praha: Karolinum, 2005. 606 s. ISBN 978-80-246-1036-8.

KINCL, L., KINCL, M., JAKRLOVÁ, J. *Biologie rostlin: pro 1. ročník gymnázií*. 4., přeprac. vyd. Praha: Fortuna, 2006. 304 s. ISBN 80-7168-947-5.

KLÁN, J. *Co víme o houbách*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1989. 312 s. ISBN 80-04-21143-7.

KOUT, J. *Vybrané kapitoly z mykologie*. Plzeň: Západočeská univerzita, Ústav celoživotního vzdělávání, 2014. 151 s. ISBN 978-80-261-0349-3.

LAESOE, T., PETERSEN, J. H. *Fungi of Temperate Europe*. New Jersey: Princeton University Press. 2019. 813 s. ISBN 978-0-691-18037-3.

MALÝ, J., SOCHA., R. *Pozoruhodný svět hub: 340 druhů středoevropských hub*. Praha: Knižní klub, 2016. Universum (Knižní klub). 344 s. ISBN 978-80-242-5299-5.

MIESLEROVÁ, B., SEDLÁŘOVÁ, M., LEBEDA, A. *Praktické využití hub a houbám podobných organismů v potravinářství, zemědělství, lékařství a průmyslu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. 175 s. ISBN 978-80-244-4703-2.

SMOTLACHA, M., ERHART, J., ERHARTOVÁ, M. *Houbařský atlas: s osvědčenými kuchařskými recepty*. Praha: Ottovo nakladatelství v divizi Cesty, 2004. 178 s. ISBN 80-71-863-1.

### Internetové zdroje

ADL, S., M., et al. The Revised Classification of Eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology*. 2012, **59**(5), 429-514. ISSN 10665234. [online]. [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1550-7408.2012.00644.x>

BLACKWELL, M. The Fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 milion species? *American Journal of Botany*. 2011, **98**(3), 426-438. ISSN 00029122. [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21613136/>

CROWTHER, W., T., BODDY, L., HEFIN, J., T. Functional and ecological consequences of saprotrophic fungus-grazer interactions. *The ISME Journal*. 2012, **6**(11), 1992-2001. ISSN 1751-7362. [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/227709356\\_Functional\\_and\\_ecological\\_consequences\\_of\\_saprotrophic\\_fungus-grazer\\_interactions](https://www.researchgate.net/publication/227709356_Functional_and_ecological_consequences_of_saprotrophic_fungus-grazer_interactions)

GRIFFITH, W., G, RODERICK, K. Chapter 15 Saprotrophic basidiomycetes in grassland: Distribution and function. *Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes*. Elsevier, 2008, 277-299. British Mycological Society Symposia Series. ISBN 9780123741851. [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/222563029\\_Chapter\\_15\\_Saprotrophic\\_basidiomycetes\\_in\\_grasslands\\_Distribution\\_and\\_function](https://www.researchgate.net/publication/222563029_Chapter_15_Saprotrophic_basidiomycetes_in_grasslands_Distribution_and_function)

HAWKSWORTH, D., LUCKING, R. Fungal Diversity Revisited: 2.2 to 4.8 Million Species. *The Fungal Kingdom*. American Society of Microbiology, 2017, 79-95. ISBN 9781555819576. [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/318757663\\_Fungal\\_Diversity\\_Revisited\\_22\\_to\\_38\\_Million\\_Species](https://www.researchgate.net/publication/318757663_Fungal_Diversity_Revisited_22_to_38_Million_Species)

KENDRICK, B. *The Fifth Kingdom*. Mycologue Publications. 2020. [online]. [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <http://www.mycolog.com/fifthtoc.html>

KHAN, S. et al. Biodegradation of polyester polyurethane by *Aspergillus turbingensis*. *Environmental Pollution*. 2017, 225, 469-480. ISSN 02697491. [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117300295>

KRÁSA, P. *Zvláště chráněné druhy hub v České republice*. BOTANY.cz. 2007. [online]. [cit. 2020-02-23]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/chrane-houby/>

LEITNER, L. Mykologie: *Ekologie hub*. 2021. [online]. [cit. 2021-16-02]. Dostupné z: <http://rl.zf.jcu.cz/docs/ruzne/ruz-MYK-ekologie-6fb7038566.pdf>

LEITNER, L. Mykologie: *Základní charakteristika hub*. 2021. [online]. [cit. 2021-16-02]. Dostupné z: <http://rl.zf.jcu.cz/docs/ruzne/ruz-MYK-zakl.-char.-cfacb70f12.pdf>

LUNDELL, A. 7 Facts To Know If You Suspect a Mushroom Allergy. *Ultimate Medicinal Mushrooms*. 2021. [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://ultimatemedicinalmushrooms.com/mushroom-allergy/>

MACHÁČEK, T., HAMPL, V., MIKEČOVÁ, K. Moderní pohled na vyšší systematiku eukaryot. *Živa*. Praha: Academia, 2016, **2016**(1), 27-30. [online]. [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/promeny-vyssi-systematiky-eukaryot-a-jeji-odraz-ve-1.pdf>

NARANJO-ORTIZ, M., GABALDÓN, T. Fungal evolution: diversity, taxonomy and phylogeny of the Fungi. *Biological Reviews*. 2019, **94**(6), 2101-2137. ISSN 1464-7931. [online]. [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/brv.12550>

SLOT, J., Saprotrophic fungi. *Teaching the Fungal Tree of Life-Home*. 2005. [online]. [cit. 2021-09-03]. Dostupné z: <http://www2.clarku.edu/faculty/dhibbett/tftol/content/3folder/saprotrophic.html>

de VIENNE, D. M. (2016) Lifemap: Exploring the Entire Tree of Life. *PLOS Biology* 14(12): e2001624. doi: 10.1371/journal.pbio.2001624. [online]. [cit. 2021-10-02]. Dostupné z: <http://lifemap.univ-lyon1.fr/explore.html>

WIJAYAWARDENE, NN. a kol. Outline of Fungi and fungus-like taxa. *Mycosphere*. 2020, **11**(1), 1060-1456. ISSN 20777019. [online]. [cit. 2021-09-02]. Dostupné z: [https://www.mycosphere.org/pdf/MYCOSPHERE\\_11\\_1\\_8-1.pdf](https://www.mycosphere.org/pdf/MYCOSPHERE_11_1_8-1.pdf)

WONG, G., *Saprotrophic Fungi*. University of Hawaii: Department of Botany. 2019. [online]. [cit. 2021-11-03]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/135botany/home/lect10-saprotrophic-fungi>

## 9. Seznam obrázků

**Obrázek 1.** Klasifikace a fylogeneze domény Eukaryota (Adl et al., 2012)

**Obrázek 2.** Strom života (vlevo) a fylogenetické rozdělení Fungi (vpravo) (de Vienne, 2016)

**Obrázek 3.** Submikroskopická stavba části houbové hyfy pečárky (*Agaricus L.*) (Klán, 1989; Leitner, 2021)

**Obrázek 4.** Základní tvary výtrusů stopkovýtrosých (A-L) a vřecovýtrosých (M a N) hub (Holec et al., 2012)

**Obrázek 5.** Základní typy ornamentiky výtrusů (Holec et al., 2012)

**Obrázek 6.** Typy vřecek dle způsobu otevírání a stavby stěny (A prototunikátní – tenká stěna, jež v dospělosti zeslizovává nebo se rozpadne; B unitunikátní operkulátní – vrstevnatá stěna, která funguje jako celek a otevírá se víčkem; C unitunikátní inoperkulátní – otvor na vrcholu; D bitunikátní – stěna tlustá, vnitřní část v dospělosti vyhrzve a prodlouží se, po určité době se na vrcholu otevře otvorem) (Holec et al., 2012)

**Obrázek 7.** Základní typy plodnic vřecovýtrosých hub (zleva: uzavřené kleistothecium, téměř uzavřené perithecium, otevřené apothecium) (Holec et al., 2012)

**Obrázek 8.** Typy bazidií (A-C příčně či podélně přehrádkované: fragmobazidie; D-I nedělené: holobazidie) (Holec et al., 2012)

**Obrázek 9.** Některé typy geastrálních plodnic stopkovýtrosých hub (1, 2, 4: schizothecium, 3: plektothecium, 5: klathrothecium) (Kalina a Váňa, 2005)

**Obrázek 10.** Základní typy hymeniálních plodnic stopkovýtrosých hub (1, 4, 5: krustothecium, 2: holothecium, 3, 6, 7: pilothecium) (Kalina a Váňa, 2005)

## 10. Přílohy

### 10.1 Powerpointová prezentace: Role hub jako rozkladačů mrtvého materiálu v ekosystému



## OPAKOVÁNÍ

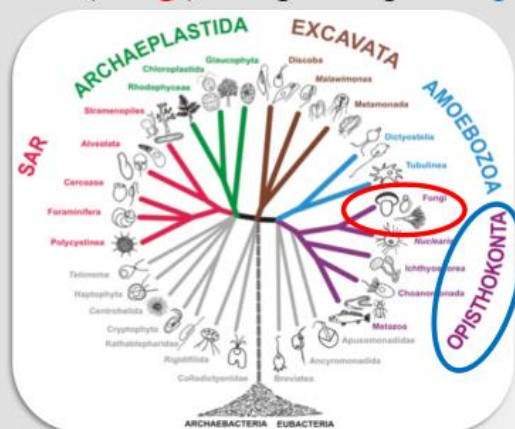
### Kam řadíme houby (**Fungi**) v rámci systému organismů?

- doména **Eukaryota** (Eukarya)
- superskupina **Opisthokonta**
  - zahrnuje živočichy, některé prvoky a **houby** (Fungi)
  - zásobní látka glykogen



# Klasifikace a fylogeneze domény Eukaryota (Eukarya)

## Postavení hub (Fungi) v superskupině Opisthokonta



Klasifikace a fylogeneze domény Eukaryota (Adl et al., 2012)  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1550-7408.2012.00644.x>

## Základní charakteristika hub (Fungi)

- **heterotrofní organismy** → organické látky získávají ze svého okolí
- v BS **chitin**
- osmotrofní způsob trávení
- získání výživy: saprofyticky, paraziticky či symbiózou



Parazitismus (Roman, 2017;  
<https://21stoleci.cz/2017/08/04/organizm-v-podrazi-paractu/>)

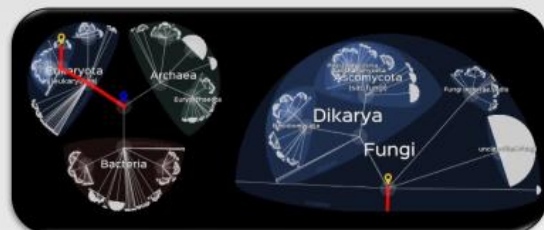
## Kde lze houby (Fungi) najít?

- **kosmopolitní** výskyt
- ve stratosféře, na dně Mrtvého moře, v arktickém ledovci, na vyprahlých pouštích, ve střevech much, v hlubinách oceánských sedimentů a kdekoliv mezi tím
- aktuálně popsáných a akceptovaných druhů hub je **120 000**  
= odhadem **3-8 %** z celkového množství

## Taxonomie říše hub (Fungi)

- díky molekulárně fylogenetickým studiím se systém Fungi stále mění

- de Vienne (2016) →



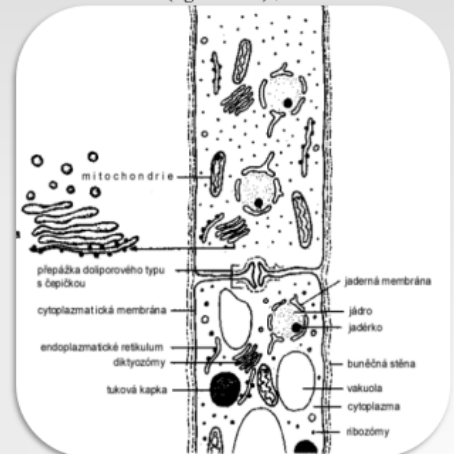
<http://lifemap.univ-trento.it/explorer.html>

- Naranjo-Ortiz a Gabaldón (2019) člení pravé houby (Fungi) na **9** kmenů
- Wijayawardene et al. (2020) rozlišili **19** kmenů

## Morfologická charakteristika hub (Fungi)

- organismy eukaryotní, stélkaté, jedno/mnohobuněčné
- **buňka** obsahuje buněčnou stěnu, cytoplazmu, cytoplazmatickou membránu, jádro s jadérkem, vakuoly, ribozómy, mitochondrie, endoplazmatické retikulum atd.

Submikroskopická stavba části houbové hyfy pečárky (*Agaricus L.*) (Klein, 1989)



**Stélka**  
(thallus)

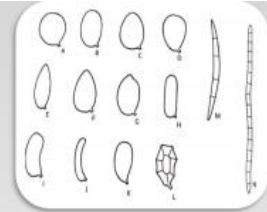


- **jednobuněčná** (mikroskopická)
- primitivnější stavba – nevytváří hyfy
- např. kvasinky

- **mnohobuněčná** (makroskopická)
- tvořena větvenými vlákny – **hyfami**
- např. čarodějné kruhy

- vegetativní část (**podhoubí**) → zajišťuje výživu
- generativní část → slouží k rozmnožování (vzniká pouze za určitých podmínek !)

## Rozmnožování hub (Fungi)

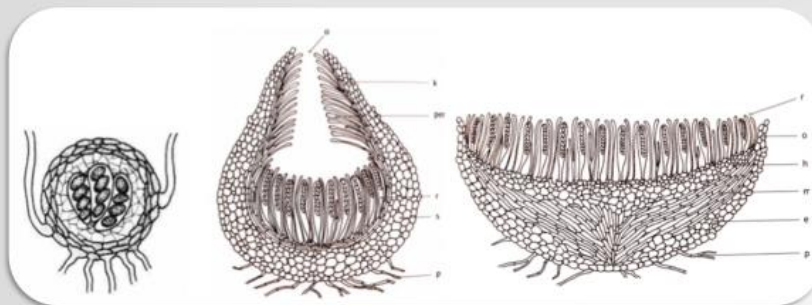


Základní tvary výtrusů stopkovýtrusých (A-L) a vřeckovýtrusých (M a N) hub  
(Háček et al., 2012)

- **nepohlavně** → pomocí úlomků **hyf** a **části podhoubí**
  - také pomocí **nepohlavně vzniklých spor** (např. konidie či sporangiospory)
- **pohlavně** → pomocí jednobuněčných či vícebuněčných **výtrusů**
  - velikost různá, liší se také tvarem, barvou a ornamentikou
  - uvolňovány aktivními či pasivními mechanismy
  - vznikají zejména v **plodnicích** (= propletené hyfy)
    - u hub vřeckovýtrusých a stopkovýtrusých

## Plodnice vřeckovýtrusých hub (Ascomycota)

- pohlavní spory vznikají uvnitř vřecek
- plodnice – různé typy



Základní typy plodnic vřeckovýtrusých hub (zleva: uzavřené kleistothecium, téměř uzavřené perithecium, otevřené apothecium) (Háček et al., 2012)

## Plodnice stopkovýtrosých hub (Basidiomycota)

- pohlavní spory vznikají na bazidiích
- plodnice jsou nejrozmanitější z celé říše hub

geastrální →



Některé typy geastrálních plodnic stopkovýtrosých hub (1, 2, 4: schizothecium, 3: plektothecium, 5: klatrothecium) (Kalaš a Váňa, 2005)

hymeniální →



Základní typy hymeniálních plodnic stopkovýtrosých hub (1, 4, 5: krustothecium, 2: holothecium, 3, 6, 7: pilothecium) (Kalaš a Váňa, 2005)

## Metabolismus a výživa hub (Fungi)

- metabolismus** →
- primární → růst
  - sekundární → rozmnožování, tvorba plodnic apod.

**základní složky výživy:** zdroje energie, voda, zdroje uhlíku a dusíku, biogenní a stopové prvky, vitamíny, růstové látky

## Význam hub pro člověka (Fungi)

### POZITIVA

- potrava, potravinářský průmysl
- léčiva
- boj proti škůdcům
- biologické indikátory životního prostředí
- biodegradace lidského odpadu
- náboženské slavnosti a obřady

### NEGATIVA

- původci mnoha onemocnění (alergie, mykózy)
- rozklad dřevěných domů
- škody v lesních monokulturách
- původci chorob zemědělských plodin
- znehodnocení lidské potravy (plísň)

## Ohrožení a ochrana hub (Fungi)

- výrazný úbytek pozorován od 70. let 20. století
- příčiny → **přírozené** – změna klimatu, úbytek stanovišť
  - **antropogenní** – výstavba silnic, domů apod., kácení stromů, znečištění ovzduší, chemizace, těžká technika v lese, nadměrné houbaření atd.
- asi ¼ makromycet v ČR uvedena v **Červeném seznamu**
  - např. hřib královský (*Boletus regius*), lanýž letní (*Tuber aestivum*)



## Ekologické skupiny hub (Fungi)

### • symbionti

podhoubí houby propojeno s kořenovým systémem stromů či bylin (oboustranně prospěšný vztah)

### • endofyté

většinu svého života tráví skrytě v pletivu rostliny (v podobě podhoubí, rostlině neškodí), někteří zástupci ale na oslabeném hostiteli vytváří plodnice či stromata (slabší parazité)

### • parazité

houba profituje na úkor partnerského organismu, který ze vztahu nemá užitek (čerpá z něho živiny)

### • saprotrofové

obsahují enzymy, díky kterým jsou schopni rozkládat mrtvý materiál (dřevo, opadané listí a jehličí, zbytky těl rostlin, živočišné hmoty atd.)

## NOVÁ LÁTKA

### Charakteristika saprotrofů (= houbovní rozkladači)

- rozkládají **odumřelý organický materiál**
  - hyfy pronikají do substrátu → uvolňují enzymy → enzymy rozkládají větší molekuly na menší → přes BS zpět do hyfy
- bez jejich činnosti by byla půda pokryta vysokou vrstvou mrtvé organické hmoty (bez humusu)
- důležití při recyklaci **ligninu, celulózy a hemicelulóz**, degradují i další přírodní a umělý materiál
- obrovský význam pro život na Zemi → **bez rozkladačů by zanikl !**

- nejvíce saprotrofů se podílí na rozkladu mrtvého dřeva a listového opadu
  - průměrná doba rozkladu listu na humus je **2 až 3 roky**
  - u jehlic **8 až 10 let**
- mají i **negativní** ekonomické dopady
  - rozloží např. tkaniny, kožené zboží, ropné produkty, potraviny či výrobky ze dřeva

## Životní strategie saprotrofních hub

- závisí na reagování na **limitující faktory** (stres, konkurence, narušování)
  - **R – stratégové** (adaptace na vysoké narušování a malý stres)
    - např. kvasinky, plísně, vláknité houby, koprofilní houby apod.
  - **C – stratégové** (adaptace na snášení velké konkurence)
    - třepenitka svazčitá (*Hypholoma fasciculare*), troudnatec pásovaný (*Fomitopsis pinicola*) apod.
  - **S – stratégové** (adaptace na vysoký stres)
    - např. ligninolytické, keratinofilní a chitinolytické houby



## Kolonizace nového stanoviště saprotrofy

- úspěšnost při kolonizaci substrátu vychází z fyziologických vlastností rozkladačů
- nejdříve se objevují **primární kolonizátoři**
  - např. houby spájkivé (Zygomycota) – rychlý růst, rozklad jednoduchých cukrů
- po spotřebování zdrojů nahrazeny **sekundárními kolonizátory**
  - např. houby stopkovýtrusé (Basidiomycota) – rychle rostoucí druhy, silná rozkladná činnost, větší kompetitivní potenciál
- v posledních fázích sukcese mají houby nižší metabolismus a rostou pomaleji

## Dělení saprotrofů

### 1. Houby rozkládající dřevní hmotu

- substrát = **dřevo**
- dle schopnosti rozkladu celulózy či ligninu je dělíme:
  - houby **bílé hniloby** (tzv. ligninovorní)
    - rozkládají celulózu i lignin, častější výskyt
  - houby **hnědé hniloby** (tzv. celulózovorní)
    - rozkládají celulózu (lignin je ponechán v substrátu)
- některé druhy během rozkladu dřevo barví (modře, červeně, žlutě, apod.)



Hnědá hniloba dřeva (vlevo) a bílá hniloba dřeva (vpravo)

(Steč, 2005; [http://www2.clarku.edu/faculty/dhubbart/fho1/content3/folder\\_sarcocombic.html](http://www2.clarku.edu/faculty/dhubbart/fho1/content3/folder_sarcocombic.html))

**anýzovník vonný (*Gloeophyllum odoratum*)**

- hojně roste na pařezech
- výrazná anýzová vůně
- hnědá hniloba



Foto: A. Bažantová

**bělochoroš našedlý (*Postia tephroleuca*)**

- roste na ztrouchnivělém dřevu listnáčů, vzácněji jehličnanů
- hnědá hniloba



Foto: A. Bažantová

**březovník obecný (*Piptoporus betulinus*)**

- charakteristický druh živých i mrtvých kmenů bříz (*Betula*)
- hnědá hniloba; protinádorové účinky

ZAPAMATUJ SI



Foto: A. Bažantová



**čepičatka jehličnanová (*Galerina marginata*)**

- roste na odumírajícím dřevě listnáčů a jehličnanů, také na pilinách a odřezcích dřeva
- silně jedovatá



Foto: A. Bažantová

**hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*)**



- roste na kmenech a pařezech listnáčů, vzácně na jehličnanech; bílá hniloba
- hojně průmyslově pěstována (lze i v domácích podmínkách) pro své léčivé účinky



hlíva ústříčná rostoucí v přírodě

Foto: A. Bažantová



hlíva ústříčná zakoupená v obchodě (spodní strana)

**klanolístka obecná** (*Schizophyllum commune*)



- roste na odumřelých i mrtvých kmenech listnáčů, také na pařezech, větví apod.
- bílá hniloba



Foto: A. Bažantová



**lesklokorka jehličnanová** (*Ganoderma carnosum*)



- roste především na jedlích (*Abies*), méně často na jiných jehličnanech, vzácně na listnáčích
- bílá hniloba



Foto: A. Bažantová



**ohňovec obecný** (*Phellius igniarius*)



- roste na větví a kmenech živých listnáčů, zejména na vrbách (*Salix*)
- bílá hniloba



Foto: A. Bažantová

**outkovka pestrá** (*Trametes versicolor*)



- roste na dřevě různých druhů listnáčů,  
méně často na jehličnanech
- tenké a úzké plodnice s černým zónováním
- bílá hniloba



Foto A. Bažantová

**pevník chlupatý (*Stereum hirsutum*)**



- roste na mrtvém dřevě listnáčů, vzácně na jehličnanech
- bílá hniloba



Foto: A. Bažantová

**sírovec žlutooranžový (*Laetiporus sulphureus*)**



- roste na kmenech a větvích živých i odumřelých listnatých stromů
- chutná a léčivá houba
- hnědá hniloba



Foto: A. Bažantová

**sít'kovec načervenalý (*Daedaleopsis confragosa*)**

- roste na živých i odumřelých kmenech a větvích listnatých stromů
- bílá hniloba



Foto: A. Bažantová

**šedopórka osmahlá (*Bjerkandera adusta*)**

- roste na živých i odumřelých kmenech, větvích a pařezech listnatých stromů, vzácně na jehličnanech
- bílá hniloba



Foto: A. Bažantová





**trámovka plotní (*Gloeophyllum sepiarium*)**

- roste na rozkládajících pařezech, kmenech a opracovaném dřevě jehličnanů, vzácně listnáčů
- hnědá hniloba



Foto: A. Bažantová

**troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*)**

- roste na odumřelých i živých kmenech listnatých stromů, vzácně na jehličnanech
- bílá hniloba



Foto: A. Bažantová



Foto: L. Zibarová

<http://www.mykologie.net/index.php/hozky-podle-mis-fologie/choroze/item/1062-fomes-fomentarius>

**troudnatec pásovaný** (*Fomitopsis pinicola*)

- roste na odumřelých i živých kmenech, pařezech a větvích jehličnatých i listnatých stromů
- hnědá hniloba



Foto: A. Bažantová



Další zástupci (způsobující bílou hnilobu)

**choroš smolonohý** (*Polyporus badius*)



Foto: A. Bažantová

**lupeník březový** (*Lenzites betulina*)



Foto: A. Bažantová

## 2. Rozkladači rostlinného opadu

- substrát = **živý či stárnoucí rostlinný opad**
- opad je provzdušněný a bohatý na organický materiál → ideální pro růst
- rozklad začínají *mikroskopické* houby, po nich nastupují *makroskopické*
- někteří zástupci jsou schopni rozkládat jakýkoliv rostlinný materiál, jiní jsou vysoce specializovaní na určitý substrát
- produkce **mykotoxinů** na nesprávně skladovaných potravinách

### **bedla vysoká** (*Macrolepiota procera*)

- roste v opadu a v trávě, v parcích, listnatých lesích a jehličnatých lesích
- vynikající jedlá houba s oříškovou chutí



Foto: B. Mieslerová



**penízovka jarní (*Gymnopus vernus*)**

- roste z větviček listnatých stromů
- kriticky ohrožený druh



Foto: A. Bažantová

**plíseň šedá (*Botrytis cinerea*)**

- rozkládá především bobulovité ovoce a odumírající či mrtvý rostlinný materiál



Foto: A. Bažantová

## Další zástupci

### **helmovka mléčná (*Mycena galopus*)**



Foto: L. Zibarová

<http://www.mykologie.net/index.php/houby/podle-morfologie/listenaci/item/317-mycena-galopus>

### **penízovka smrková (*Strobilurus enculentus*)**



Foto: L. Zibarová

<http://www.mykologie.net/index.php/houby/podle-morfologie/listenaci/item/235-strobilurus-enculentus>

### **3. Saprotrofové rostoucí na loukách a pastvinách**

- substrát = **podzemní části rostlin** (kořínky, zašlapané části trav)
- na loukách a pastvinách často vytváří čarodějné kruhy
- zejména houby stopkovýtřusé (Basidiomycota)

**pečárka polní (*Agaricus campestris*)**

- typická pro travnatá stanoviště
- příbuzným druhem je nejčastěji pěstovaná houba: **pečárka dvouvýtrusá (*Agaricus bisporus*)**



pečárka polní (*Agaricus campestris*),

Foto: L. Zibarová

<http://www.mikologie.net/index.php?host/vy-odle-morfologie/lopesate/item/2571-agaricus-campestris>



pečárka dvouvýtrusá (*Agaricus bisporus*),

Foto: A. Bažantová

**pýchavka hnědá (*Lycoperdon lividum*)**

- pozemní rozkladač
- na povrchu drobné ostny



Foto: A. Bažantová



## Další zástupci

### **pýchavka stlačená (*Vascellum pratense*)**



Foto: A. Bažantová

### **špička obecná (*Marasmius oreades*)**



Foto: L. Žibarová

<http://www.umkolozie.net/index.php?menu=podle-rozforologie&menate=item/807-marasmius-oreades/>

## **4. Půdní mikromycety**

- substrát = **půda**
- živiny získávají ze **živých kořenů rostlin**
- půdní rozkladači se spolu s bakteriemi, detritofágními živočichy a aktinomycetami podílejí na detritovém potravním řetězci
- zástupci: některé druhy z rodu plíseň (*Mucor*) a další houby spájivé (Zygomycota)

### **kropidlovec černavý (*Rhizopus stolonifer*)**

- běžně se vyskytuje v půdě a kořenových zónách rostlin
- rozkládá také špatně skladované potraviny (produkce mykotoxinů)



Foto: A. Bažantová

### **štetičkovec (*Penicillium*)**

- půdní saprotrof, dále se vyskytuje na potravinách, vlhkých zdech apod.
- některé druhy se využívají k produkci antibiotik, jiné k výrobě sýrů atd.
- napadají také skladované ovoce a produkují mykotoxiny



Foto: A. Bažantová



## Další zástupce

### **zelenatka (*Trichoderma*)**



Foto: T. Kummalue ([https://www.researchgate.net/figure/Trichoderma-sp.-grows-on-PDA-for-one-week-at-room-temperature-Ande-of-secondary-Fig2\\_27710314](https://www.researchgate.net/figure/Trichoderma-sp.-grows-on-PDA-for-one-week-at-room-temperature-Ande-of-secondary-Fig2_27710314))

## **5. Rozkladači na výkalech (koprofilní houby)**

- substrát = **hnůj** nebo půdy obohacené o **exkrementy**
- živiny získávají z **celulózy**, kterou býložraví savci nedokáží zcela úplně strávit
- substrát musí kolonizovat rychleji, než konkurenti (hmyz či jiné druhy hub)
- nejdříve se objevují houby spájkivé (Zygomycota), poté houby vřeckovýtrusé (Ascomycota) a nakonec houby stopkovýtrusé (Basidiomycota)

**hnojník inkoustový (*Coprinopsis atramentaria*)**

- jedlá houba (nekombinovat s alkoholem !)
- autolýza (samovolný rozklad se zráním výtrusů)



Foto: B. Mieslerová



Foto: B. Mieslerová

**měchomršť krystalický (*Pilobolus crystallinus*)**

- drobný mikromycet
- na trusu se vytváří mezi prvními houbami



Foto: L. Zibarová (<http://www.mykologie.net/index.php/houby/podle-mez-filosofne-ostatni/item/1022-pilobolus-crystallinus>)

## Další zástupci

### **hnojník obecný (*Coprinus comatus*)**



Foto: L. Zibarová

<http://www.mykologie.net/index.php/houby/podle-morfologie/hymenata/hym51-coprinus-comatus/>

### **hnojenka (*Sordaria*)**



Foto: O. Koukol

<https://zita.zvcr.cz/2019-1/konstibilni-houby-ke-de-si-havi-na-travnihm/>

## **6. Rozkladači na spáleništích**

- substrát = místa, která byla v předešlém roce zasažena **požárem** či **sopečnou erupcí**
- tzv. „*ohňové houby*“, objevují se v jarních měsících
- zvládají extrémní fyzikální podmínky (např. vysoké či nízké teploty), unikli konkurenci, mají přístup k nevyužitým zásobám zdrojů

**ohnivka spáleníštní (*Pyronema omphalodes*)**

- plodnice přisedlé ke spletým hyfám
- ohrožený druh



Foto: L. Zibarová

<http://www.mykologie.net/index.php/houby-podle-morfologie-apothecia/item/3096-pyronema-omphalodes>

Další zástupci

**kořenitka nadmutá (*Rhizina undulata*)**



Foto: L. Zibarová

<http://www.mykologie.net/index.php/houby-podle-morfologie-apothecia/item/98-rhizina-undulata>

**řasnatka nafialovělá (*Peziza violacea*)**



Foto: L. Zibarová

<http://www.mykologie.net/index.php/houby-podle-morfologie-apothecia/item/1219-peziza-violacea>



## Další zástupci

### **spálenitka uhelná (*Anthracobia melaloma*)**



Foto: L. Zibarová  
<http://www.mikologie.net/index.php?body=rodle-morfologie-apothecia/item/353-anthracobia-melaloma>

### **smrž vysoký (*Morchella elata*)**



Foto: M. Wood  
[http://www.mikoweb.com/CAJ/species/Morchella\\_elata.html](http://www.mikoweb.com/CAJ/species/Morchella_elata.html)

## **7. Saprotrofové rozkládající keratin**

- substrát = bohatý na **rohovinu** (kopyta, peří, vlasy, rohy apod.)
- zástupci: specializovaní rozkladači z čeledi Onygenaceae

## Zástupci

### **kaziroh koňský (*Onygena equina*)**



Foto: L. Zibarová  
[http://www.mikologie.net/index.php?heubv=odle-morfologie&stani/item/1117-onygena-equina](http://www.mikologie.net/index.php?heubv=odle-morfologie&stani=item/1117-onygena-equina)

### **kaziroh ovčí (*Onygena corvina*)**



Foto: L. Zibarová  
<http://www.mikologie.net/index.php?heubv=odle-morfologie&stani/item/2190-onygena-corvina>

## **8. Saprotrofové ve vodě**

- substrát = **listový opad ve vodě**

→ *rozkladači v potocích* – mycelia jsou vysoce výživnou potravou pro detritovorní živočichy

→ *rozkladači v lesních rybnících* – upravují odumřelé listy a činí je chutnějšími pro bezobratlé živočichy i obratlovce

→ *mořští rozkladači*

## Zástupci

### *Clavariopsis aquatica*

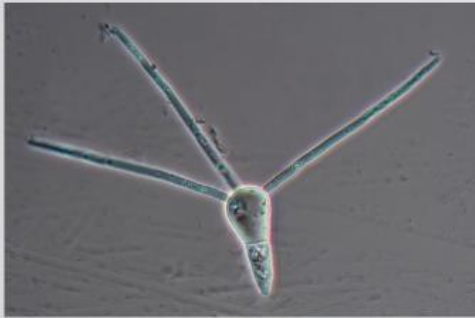


Foto: M. Storey  
[https://www.discoverlifeform.com/2/0a?ace=1\\_MW348519&size=640](https://www.discoverlifeform.com/2/0a?ace=1_MW348519&size=640)

### *Helicoon ellipticum*



Foto: B. Kendrick  
<http://www.mycology.com/charte11b.htm>

## 9. Saprotrofné rozkládající další substrát

- plíseň *Aspergillus tubingensis* → její enzym dokáže rozrušit polyester a polyuretan  
→ napomáhá vyřešit celosvětový problém s plasty
- dřevomorka domácí (*Serpula lacrymans*) → velká poškození dřevěných budov  
→ nejčastěji se v Evropě vyskytuje ve špatně větraných budovách, v přírodě se ještě nenašla
- komposty – využití při komerční výrobě jedlých saprotrofních hub,  
např. rod pečárka (*Agaricus*)

**dřevomorka domácí (*Serpula lacrymans*)**



Foto: O. Jandřich  
(<https://www.mvfo.cz/mvfo-atlas/Serpula-lacrymans/>)

**KAHOOT!**

<https://create.kahoot.it/share/roz-kla-da-ci/886216db-b3bc-4a48-9087-5aa195c14c7d>



## Použité zdroje

- BAŽANTOVÁ, A. (2021): Tvorba informačního a výukového materiálu s tématem „*Role hub jako rozkladačů mrtvého materiálu v ekosystému*“.
- HAGARA, L., ANTONÍN, V., BAIER, J. *Houby*. Vyd. 6. Praha: Aventinum, 2004. 416 s. Velký průvodce (Aventinum). ISBN 80-7151-236-2.
- HOLEC, J., BIELICH, A., BERAN, M. *Přehled hub střední Evropy*. Praha: Academia, 2012. 624 s. ISBN 978-80-200-2077-2.
- KALINA, T., VÁŇA J. *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Praha: Karolinum, 2005. 606 s. ISBN 978-80-246-1036-8.
- KLÁN, J. *Co víme o houbách*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1989. 312 s. ISBN 80-04-21143-7.

## 10.2 Kahoot hra: ROZ-KLA-DA-ČI





Odkaz na hru: <https://create.kahoot.it/share/roz-kla-da-ci/886216db-b3bc-4a48-9087-5aa195c14c7d>

1 - True or false

Rozkladači mají podhoubí propojeno s kořenovým systémem stromů či bylin (o...



20 sec









- |   |       |   |
|---|-------|---|
|  | True  |  |
|  | False |  |

2 - Quiz

Kdo jsem?



20 sec









- |   |                     |   |
|---|---------------------|---|
|  | outkovka chlupatá   |  |
|  | trámovka plotní     |  |
|  | troudnatec pásovaný |  |
|  | klanolístka obecná  |  |

3 - Quiz

Hyfy rozkladačů, jež pronikají do substrátu, uvolňují . . .



20 sec

- |   |              |   |
|---|--------------|---|
|  | lignin       |  |
|  | celulózu     |  |
|  | enzymy       |  |
|  | hemicelulózu |  |

4 - Quiz

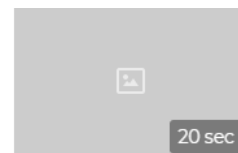
Kdo jsem?



- |                                     |                          |   |
|-------------------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/>            | ohňovec obecný           | ✗ |
| <input type="checkbox"/>            | březovník obecný         | ✗ |
| <input checked="" type="checkbox"/> | troudatec kopytovitý     | ✓ |
| <input type="checkbox"/>            | lesklokorka jehličnanová | ✗ |

5 - True or false

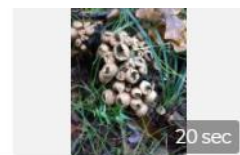
Půdní mikromycety se běžně vyskytují také v kořenové zóně rostlin, kde využív...



- |                                     |       |   |
|-------------------------------------|-------|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> | True  | ✓ |
| <input type="checkbox"/>            | False | ✗ |

6 - Quiz

Kdo jsem?



- |                                     |                     |   |
|-------------------------------------|---------------------|---|
| <input type="checkbox"/>            | špička obecná       | ✗ |
| <input type="checkbox"/>            | anýzovník vonný     | ✗ |
| <input type="checkbox"/>            | pečárka dvouvýtrusá | ✗ |
| <input checked="" type="checkbox"/> | pýchavka stlačená   | ✓ |

7 - Quiz

Koproliní houby získávají živiny z . . .



20 sec

- |                                     |                |   |
|-------------------------------------|----------------|---|
| <input type="checkbox"/>            | půdy           | ✗ |
| <input type="checkbox"/>            | kořenů rostlin | ✗ |
| <input checked="" type="checkbox"/> | exkrementů     | ✓ |
| <input type="checkbox"/>            | dřeva          | ✗ |

8 - Quiz

Saprotrof na obrázku rozkládá potravinu. Pro jaké prostředí je ještě typický?



20 sec

- |                                     |            |   |
|-------------------------------------|------------|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> | půdu       | ✓ |
| <input type="checkbox"/>            | dřevo      | ✗ |
| <input type="checkbox"/>            | vodu       | ✗ |
| <input type="checkbox"/>            | spáleniště | ✗ |

9 - Quiz

Na jakém substrátu bys v přírodě hledal tohoto rozkladače?



20 sec

- |                                     |                  |   |
|-------------------------------------|------------------|---|
| <input type="checkbox"/>            | jehličnatý les   | ✗ |
| <input type="checkbox"/>            | řeky a potoky    | ✗ |
| <input type="checkbox"/>            | listnatý les     | ✗ |
| <input checked="" type="checkbox"/> | louky a pastviny | ✓ |

10 - Quiz

Který zástupce rozloží rohovinu?



20 sec

- |  |                     |   |
|--|---------------------|---|
|  | kaziroh koňský      | ✓ |
|  | smrž obecný         | ✗ |
|  | kropidlovec černavý | ✗ |
|  | troudnatec pásovaný | ✗ |

11 - Quiz

Kdo jsem?



20 sec

- |  |                     |   |
|--|---------------------|---|
|  | štětíčkovec         | ✗ |
|  | kropidlák           | ✗ |
|  | kropidlovec černavý | ✓ |
|  | plíseň šedá         | ✗ |

12 - Quiz

S - stratégové se adaptovali na snášení ...



20 sec

- |  |                     |   |
|--|---------------------|---|
|  | vysokého narušování | ✗ |
|  | vysokého stresu     | ✓ |
|  | velké konkurence    | ✗ |
|  | neadaptovali se     | ✗ |

13 - Quiz

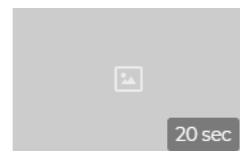
Kdo jsem?



- |                                     |                   |   |
|-------------------------------------|-------------------|---|
| <input type="checkbox"/>            | lupeník březový   | ✗ |
| <input checked="" type="checkbox"/> | hlíva ústříčná    | ✓ |
| <input type="checkbox"/>            | šedopórka osmahlá | ✗ |
| <input type="checkbox"/>            | trámovka plotní   | ✗ |

14 - True or false

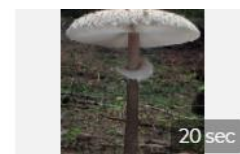
Při kolonizaci nového stanoviště saprotrofy nastupují nejdříve houby stopkovýt...



- |                                     |       |   |
|-------------------------------------|-------|---|
| <input type="checkbox"/>            | True  | ✗ |
| <input checked="" type="checkbox"/> | False | ✓ |

15 - Quiz

Na jakém substrátu bys hledal tohoto rozkladače?



- |                          |                |   |
|--------------------------|----------------|---|
| <input type="checkbox"/> | rostlinný opad | ✓ |
| <input type="checkbox"/> | hnůj           | ✗ |
| <input type="checkbox"/> | rohovina       | ✗ |
| <input type="checkbox"/> | spáleniště     | ✗ |

16 - True or false

**Houby bílé hniloby rozkládají celulózu i lignin.**



20 sec

True



False



17 - Quiz

**Kdo jsem?**



20 sec

pevník chlupatý



klanolístka obecná



outkovka chlupatá



troudnatec pásovaný



18 - True or false

**Saprotrofové rozkládají odumřelý (mrtvý) organický materiál.**



20 sec

True



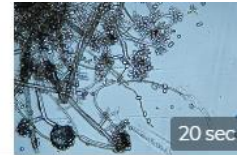
False













19 - Quiz

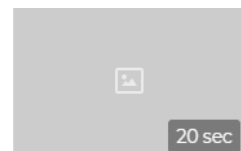
**Kdo jsem?**



- |   |             |   |
|---|-------------|---|
|  | štětíčkovec |  |
|  | plíseň šedá |  |
|  | kropidlovec |  |
|  | kropidlák   |  |

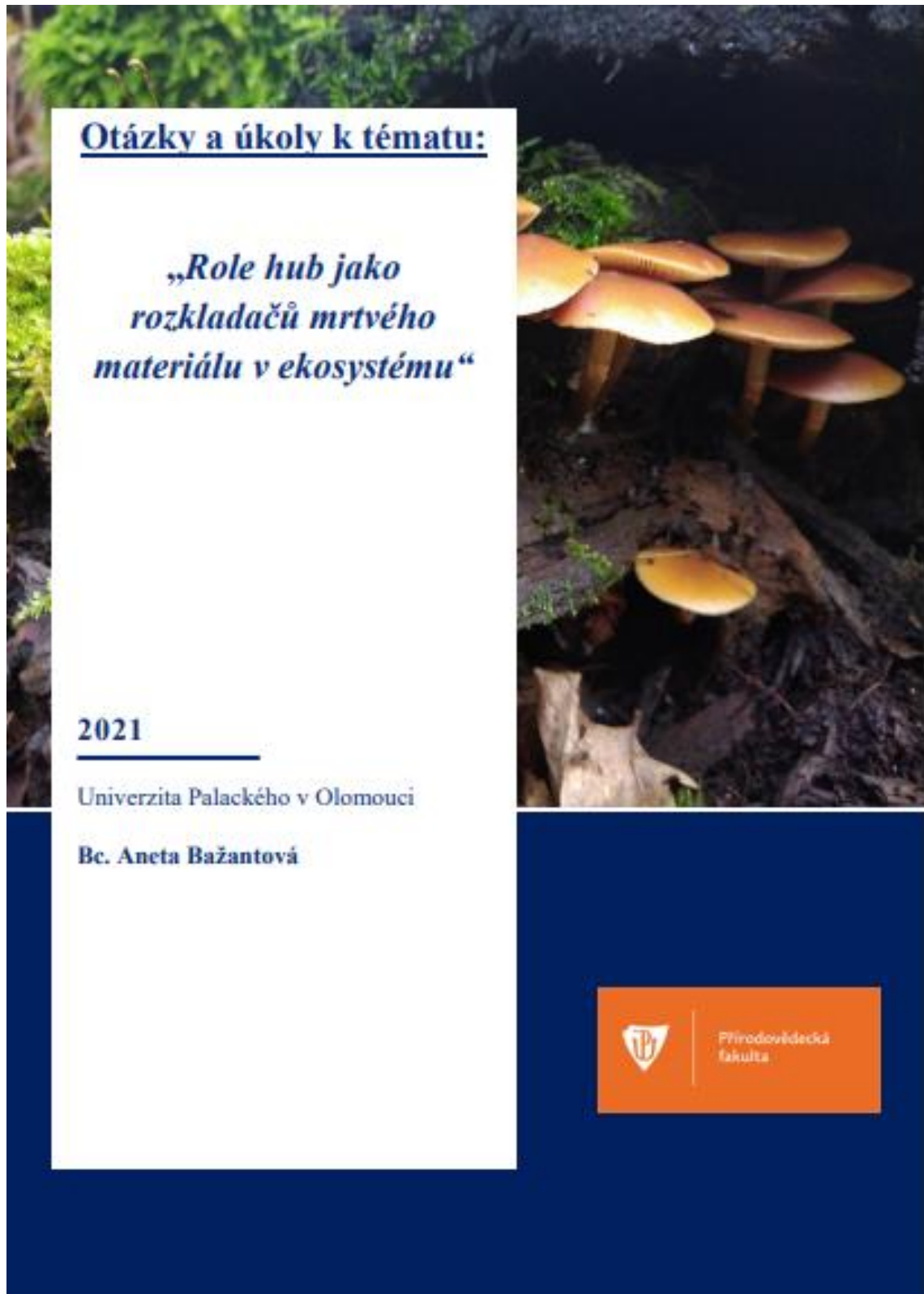
20 - True or false

**Saprotrofové jsou při život na planetě Zemi nezbytní :)**



- |   |       |   |
|---|-------|---|
|  | True  |  |
|  | False |  |

## 10.3 Pracovní list s otázkami a úkoly




**Otázky a úkoly k tématu:**

*„Role hub jako rozkladačů mrtvého materiálu v ekosystému“*

**2021**

Univerzita Palackého v Olomouci

Bc. Aneta Bažantová

 Přírodovědecká fakulta



d) Mezi houby (Fungi) patří pouze jednobuněčné organismy. P L

---

e) Hyfy jsou větvená vlákna, která vytváří stélku hub. P L

---

f) Pohlavní rozmnožování hub (Fungi) je zajištěno výtrusy. P L

---

g) Propletené hyfy vytváří plodnice, ve kterých vznikají výtrusy. P L

---

**3. Uveď pozitivní a negativní významy hub (Fungi) pro člověka.**

**POZITIVA**

**NEGATIVA**

4. Už víme, že hub (Fungi) v přírodě ubývá. Zamysli se nad tím, jak ty sám můžeš přispět tomu, aby tento trend nepokračoval.

---

---

---

---

---

---

---

5. Přiřaď název ekologické skupiny hub k její charakteristice.

Nabídka: symbionti, parazité, endofyté, saprotrofové

a) \_\_\_\_\_

- houba profituje na úkor partnerského organismu, který ze vztahu nemá užitek (čerpá z něho živiny)

b) \_\_\_\_\_

- obsahují enzymy, díky kterým jsou schopni rozkládat mrtvý materiál (dřevo, opadané listy a jehličí, zbytky těl rostlin, živočišné hmoty atd.)

e) \_\_\_\_\_

- většinu svého života tráví skrytě v pletivu rostliny (v podobě podhoubí, rostlině neškodí), někteří zástupci ale na oslabeném hostiteli vytváří plodnice či stromata (slabší parazitě)

d) \_\_\_\_\_

- podhoubí houby propojeno s kořenovým systémem stromů či bylin (oboustranně prospěšný vztah)

## 6. Doplň text.

### *Houboví rozkladači*

Saprotrofové rozkládají \_\_\_\_\_ materiál. Tento proces provádí pomocí pronikání \_\_\_\_\_ do substrátu, ze kterých se uvolňují \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_ pak rozkládají větší molekuly na menší, které mohou difundovat přes BS zpět do \_\_\_\_\_. Bez jejich činnosti by byla půda pokryta vysokou vrstvou \_\_\_\_\_ hmoty (bez humusu). Rozkladači jsou důležití při recyklaci \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_, degradují i další přírodní a umělý materiál. Pro Život na Zemi mají obrovský význam – bez rozkladačů by zanikl. Nejvíce saprotrofů se podílí na rozkladu \_\_\_\_\_ dřeva a listového \_\_\_\_\_.

7. Spoj životní strategii saprotrofních hub s vhodnou adaptací.

R – strategové

velká konkurence

C – strategové

vysoký stres

S – strategové

vysoké narušování a malý stres

8. Dle obrázku urči, o jakého kolonizátora rostlinného opadu se jedná (primární/sekundární).



a) \_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_ →





9. Dle saprotrofa na obrázku urči, jaký substrát či prostředí je pro něho typické.

Nabídka: dřevo, voda, rohovina, louky a pastviny, rostlinný opad, půda, hnůj, spáleniště, dřevěné budovy



a) \_\_\_\_\_



b) \_\_\_\_\_



c) \_\_\_\_\_



d) \_\_\_\_\_



e) \_\_\_\_\_



f) \_\_\_\_\_



g) \_\_\_\_\_



h) \_\_\_\_\_



i) \_\_\_\_\_

10. Dle zástupce na obrázku vyhledej v osmisměrce jeho rodové jméno, druhové doplň.



a) \_\_\_\_\_

T	N	Ú	Í	K	Ň	B	Ň	A	Ř
R	Y	P	S	E	Ř	Ý	Ě	P	
O	Ú	I	Z	D	S	E	O	Z	C
U	U	A	V	Ň	Í	Z	H	D	E
D	Ť	T	R	F	L	O	N	J	V
N	Š	L	K	Á	P	V	I	A	O
A	Z	W	Ú	O	O	N	V	Ú	R
T	Z	T	A	Ú	V	Í	K	É	Í
E	T	Ť	S	V	L	K	A	Ž	S
C	Ě	I	Č	H	J	E	A	H	Ú



b) \_\_\_\_\_



c) \_\_\_\_\_



d) \_\_\_\_\_



e) \_\_\_\_\_



f) \_\_\_\_\_



g) \_\_\_\_\_

## ŘEŠENÍ

### 1. primitivní prvoci, houby, živočichové

2. a) Houby (Fungi) jsou autotrofní organismy L  
Houby (Fungi) jsou heterotrofní organismy
- b) Houby (Fungi) mají ve své buněčné stěně chitin. P
- c) Houby (Fungi) získávají výživu pouze parazicky či symbiózou. L  
Houby (Fungi) získávají výživu parazicky, symbiózou či saprofyticky.
- d) Mezi houby (Fungi) patří pouze jednobuněčné organismy. L  
Mezi houby (Fungi) patří jednobuněčné i mnohobuněčné organismy.
- e) Hyfy jsou větvená vlákna, která vytváří stélku hub. P
- f) Pohlavní rozmnožování hub (Fungi) je zajištěno výtrusy. P
- g) Propletené hyfy vytváří plodnice, ve kterých vznikají výtrusy. P

3. POZITIVA: potrava, potravinářský průmysl; náboženské slavnosti a obřady; léčiva; boj proti škůdcům; biologické indikátory životního prostředí; biodegradace lidského odpadu

NEGATIVA: původci mnoha onemocnění (alergie, mykózy); rozklad dřevěných domů; škody v ledních monokulturách; původci chorob zemědělských plodů; znehodnocení lidské potravy (plísň)

4. Nesbírat ohrožené a kriticky ohrožené druhy; regulovat sběr (po určité období omezit sběr plodnic); neznehodnocovat plodnice (např. rozkopnutím, vytrhnutím apod.); chránit lokality se zvýšeným výskytem hub (chráněná území, nesbírat přírodniny či nevystupovat z vyznačených cest) apod.

5. a) parazité, b) saprotrofové, c) endofyté, d) symbionti

6.

Saprotrofové rozkládají mrtvý (osumřelý) organický materiál. Tento proces provádí pomocí pronikání hyf do substrátu, ze kterých se uvolňují enzymy. Enzymy pak rozkládají větší molekuly na menší, které mohou difundovat přes BS zpět do hyfy. Bez jejich činnosti by byla půda pokryta vysokou vrstvou mrtvé organické hmoty (bez humusu). Rozkladači jsou důležití při recyklaci ligninu, celulózy a hemicelulóz, degradují i další přírodní a umělý materiál. Pro Život na Zemi mají obrovský význam – bez rozkladačů by zanikl. Nejvíce saprotrofů se podílí na rozkladu mrtvého dřeva a listového opadu.

7.



8. a) sekundární (penízovka smrková), b) primární (plíseň šedá)

9. a) hnůj (hnojník inkoustový)

b) rostlinný opad (bedla vysoká)

c) louky a pastviny (pečárka polní)

d) dřevo (troudušník pásováný)

e) půda (kropidlovec)

f) spáleniště (ohnívka spáleništní)

g) rohovina (kazíroh koňský)

h) dřevěné budovy (dřevomorka domácí)

i) voda (*Clavariopsis aquatica*)

10.



- a) březovník obecný
- b) outkovka pestrá
- c) hlíva ústřičná
- d) sírovec žlutooranžový
- e) troudnatec kopytovitý
- f) plíseň železná
- g) ohnivka spáleníštní

## 10.4 Didaktická hra: HON NA ROZKLADAČE

Didaktická hra s názvem HON NA ROZKLADAČE má za cíl zpestřit výuku biologie a žáky motivovat. Níže popsaná hra se zaměřuje na zopakování vyučovací látky o saprotrofních houbách. Předpokladem je využití získaných znalostí o rozkladačích a jejich praktická aplikace při individuální a týmové spolupráci.

Před začátkem samotné hry je nutné připravit výukový materiál, se kterým žáci budou pracovat. Fotografie s jednotlivými rozkladači a názvy substrátu či prostředí jsou umístěny v přílohách této diplomové práce. Vyučující jej musí před výukou barevně vytisknout, nastříhat a doporučeno je kartičky zalaminovat, aby nedošlo k jejich poškození a mohly být využity vícekrát. Kartičku se zástupcem je doporučeno provázat provázkem tak, aby jej žák mohl zavěsit kolem krku a během hry mu tak nepřekážela, zároveň všichni spolužáci uvidí, kterého rozkladače ostatní mají. Kartičky s prostředím se viditelně rozmístí po třídě, aby jednotliví žáci, jež se u nich sejdou a vytvoří tým, měli soukromí pro další úkoly ze hry.

Prvním úkolem žáka je poznat přiděleného rozkladače vyobrazeného na obrázku, jež mu byl přidělen. Dále se žák musí rozhodnout, pro jaké prostředí je jeho rozkladač typický a najít kartičku s daným názvem (dřevo, půda, opad apod.). U zvolené kartičky s názvem prostředí by se měl sejít se spolužáky, jenž mají rozkladače ze stejné kategorie. Tým dále provede kontrolu, zda všichni členové mají zástupce ze stejného prostředí a následně je mezi sebou porovnájí pomocí typických znaků (barva, tvar a velikost plodnice apod.). Následujícím úkolem týmu bude charakterizovat danou skupinu saprotrofních hub v několika větvích, které si sepíše. V poslední fázi hry pak se svými zástupci a prostředím předstoupí před ostatní týmy a svou skupinu jim stručně představí.

Vyučující po celý průběh hry na žáky dohlíží a snaží se do ní co nejméně zasahovat. V případě, že některý žák nebude vědět, pro jaké prostředí je jeho zástupce typický, mu učitel poskytne rady, aby jej našel. Jednotlivé týmy následně obchází a zkontroluje, zda jsou všichni rozkladači u správného prostředí a zda tým svou skupinu vhodně charakterizuje. Pro přehlednou kontrolu je na každé kartičce rozkladače v levém dolním rohu pořadové číslo, díky kterému učitel rychle pozná správné zařazení k prostředí. Při prezentaci jednotlivých týmu případně opravuje nejasnosti či doplní informace.

Hra se dá realizovat v různé počtu žáků, nejnižší počet je ale 16, neboť celkově je 8 druhů substrátů a v každém týmu musí být alespoň 2 žáci. Celkově bylo sestaveno 30 kartiček s různými zástupci saprotrofních hub. Vyučující pak dle počtu žáků ve třídě odloží libovolné kartičky rozkladačů s tím, že u každého prostředí zanechá alespoň 2 zástupce.



DŘEVO

ROSTLINNÝ OPAD

LOUKY A PASTVINY

PŮDA

HNŮJ

SPÁLENIŠTĚ

ROHOVINA

VODA

Kartičky: zástupci saprotrofů











Foto: A. Bažantová

21

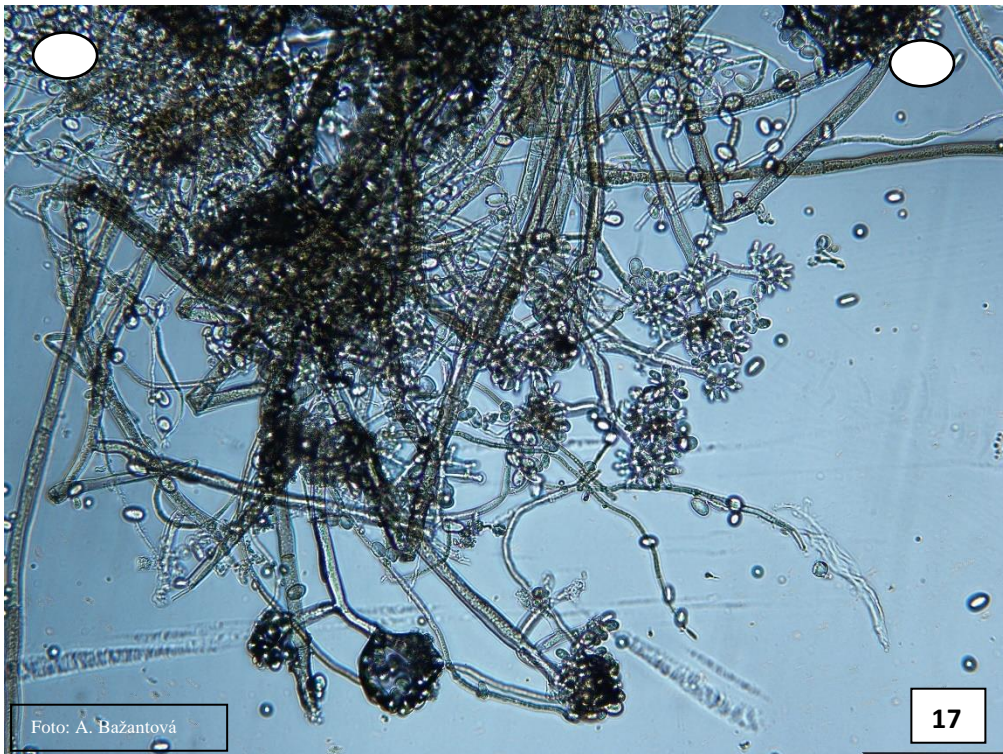


Foto: A. Bažantová

17







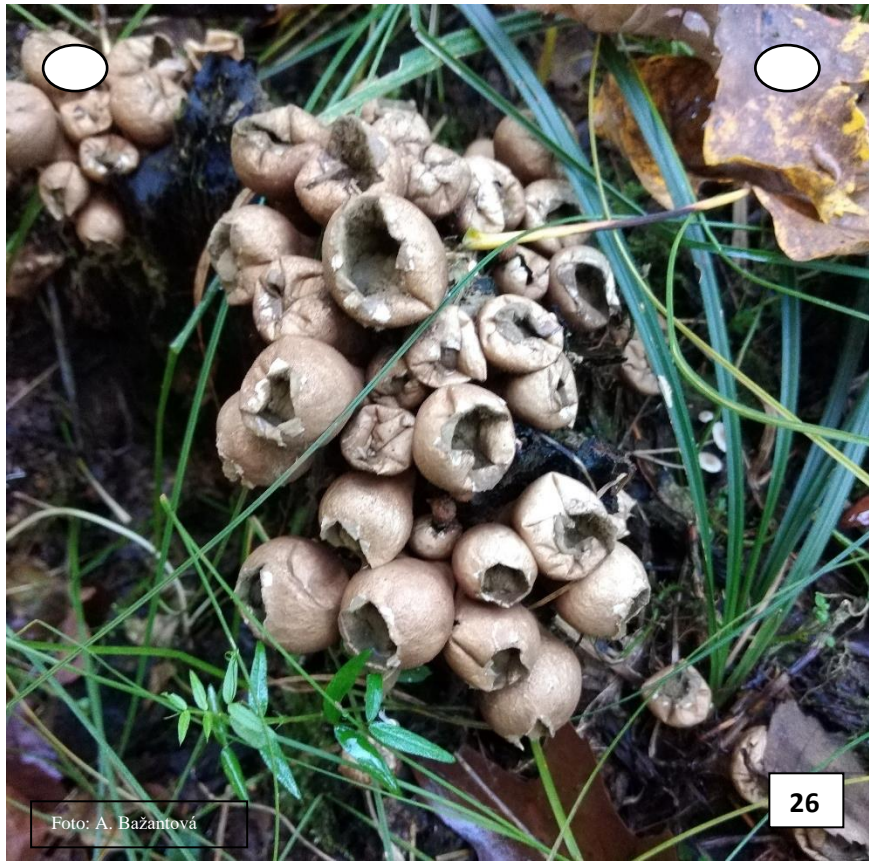


Foto: A. Bažantová

26



Foto: A. Bažantová

6

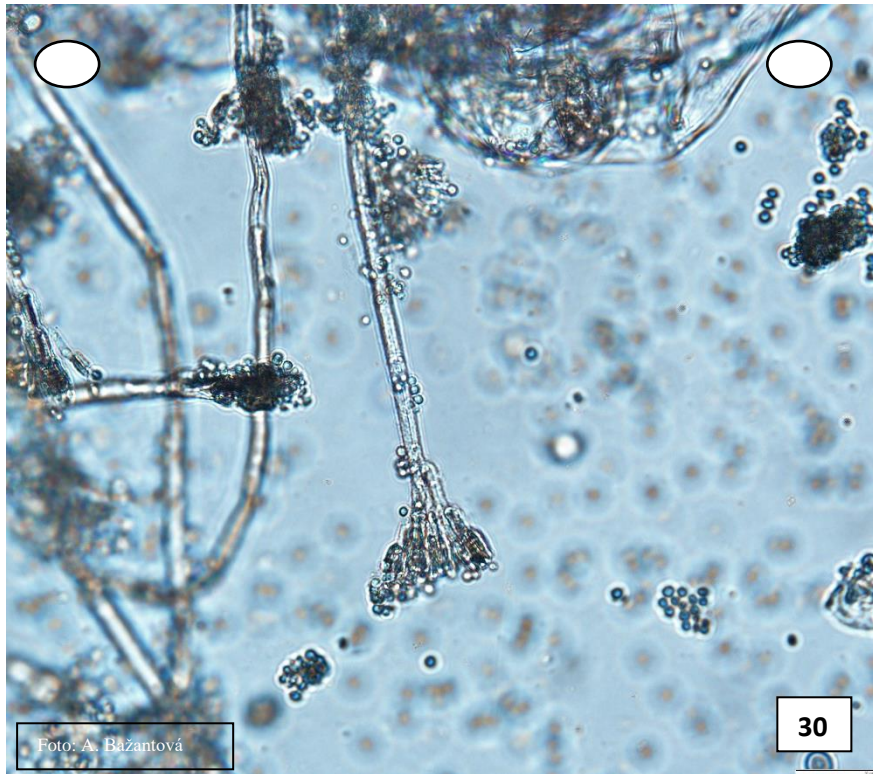


Foto: A. Bážantová

30

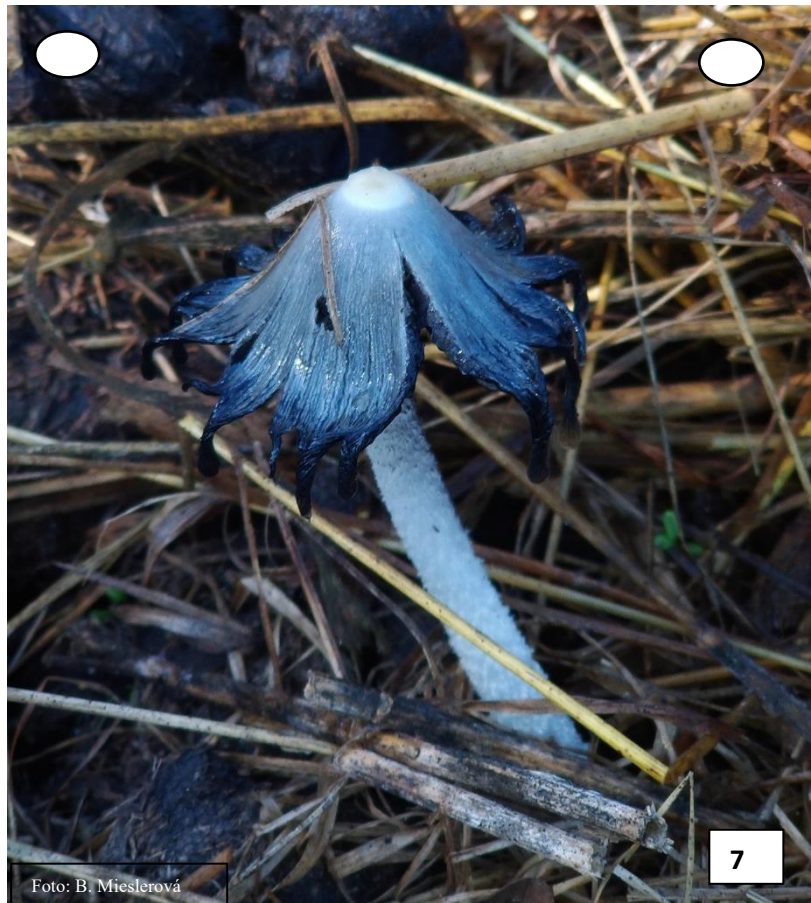


Foto: B. Mieslerová

7







Foto: L. Zibarová

1

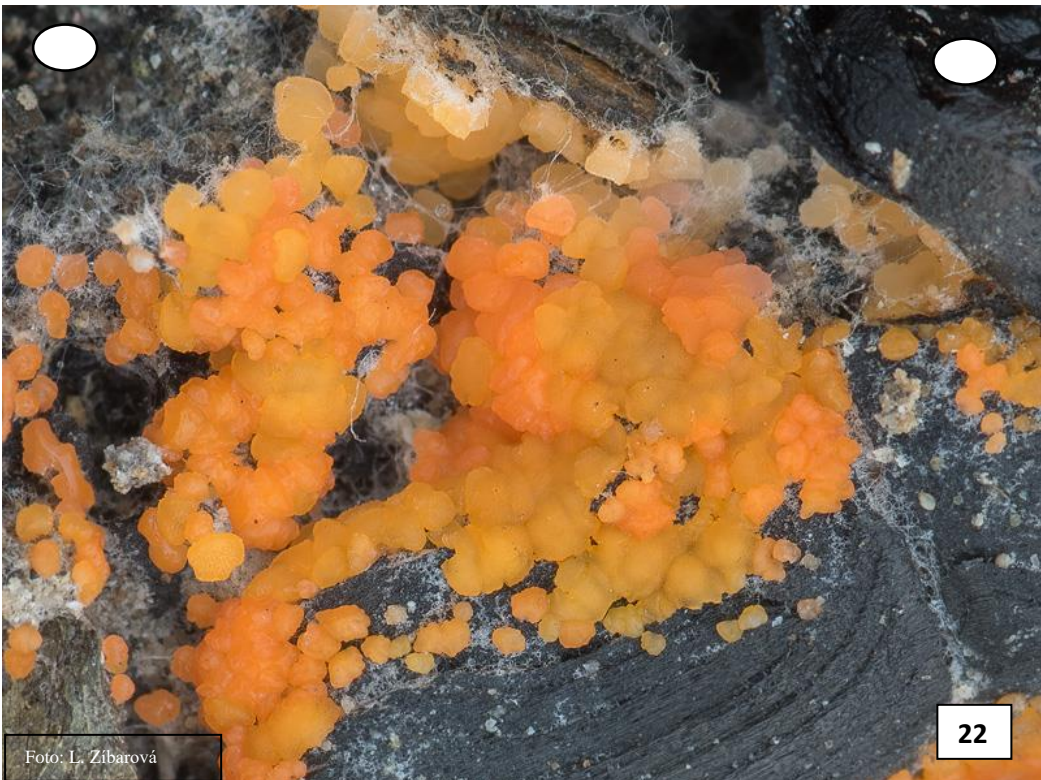


Foto: L. Zibarová

22









Foto: L. Zibarová

16



Foto: L. Zibarová

9





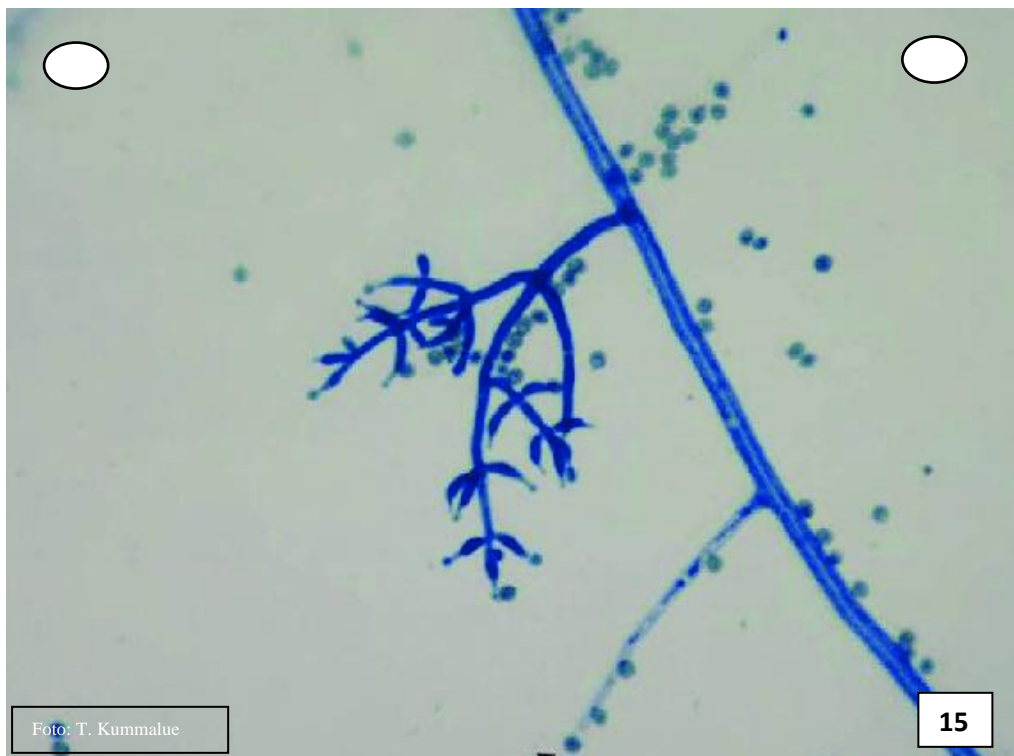
Foto: L. Zibarová

25



Foto: L. Zibarová

29



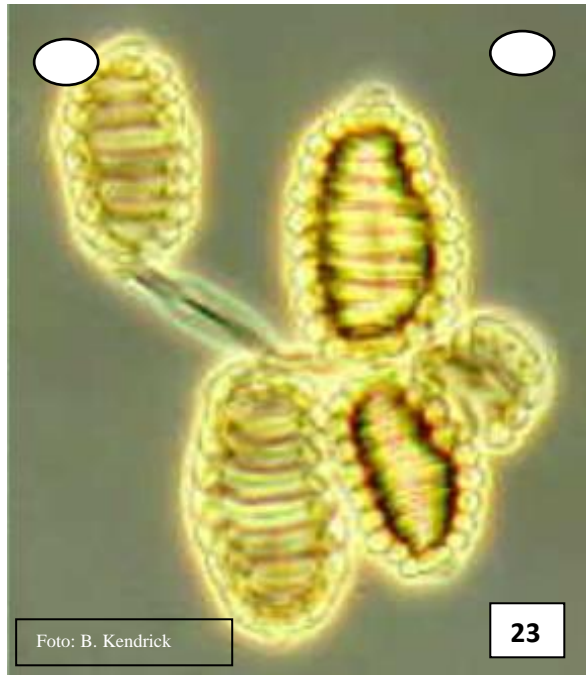










Foto: A. Bažantová

20

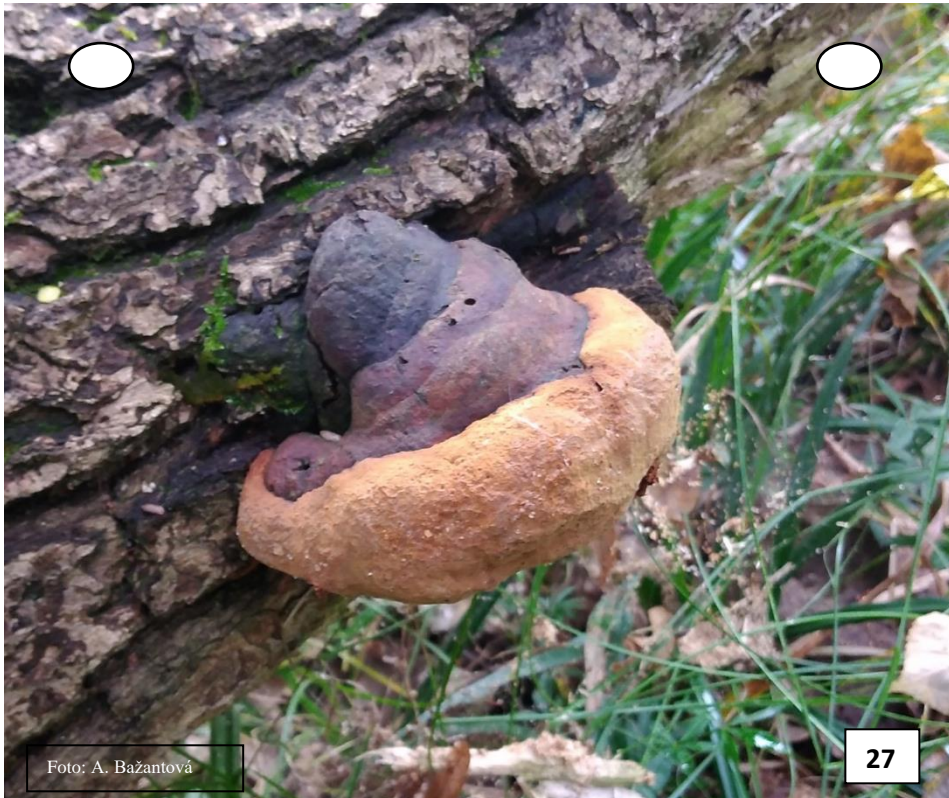


Foto: A. Bažantová

27

Pomocný klíč pro učitele k určení rozkladačů a jejich substrátů

Pořadové číslo rozkladače	Název rozkladače	Prostředí rozkladače
1	měchomršť krystalický ( <i>Pilobolus crystallinus</i> )	hnůj
2	pečárka polní ( <i>Agaricus campestris</i> )	louky a pastviny
3	hlíva ústřičná ( <i>Pleurotus ostreatus</i> )	dřevo
4	řasnatka nařialovělá ( <i>Peziza violacea</i> )	spáleniště
5	bedla vysoká ( <i>Macrolepiota procera</i> )	rostlinný opad
6	kropidlovec ( <i>Rhizopus</i> )	půda
7	hnojník inkoustový ( <i>Coprinopsis atramentaria</i> )	hnůj
8	<i>Clavariopsis aquatica</i>	voda
9	kaziroh koňský ( <i>Onygens equina</i> )	rohovina
10	špička obecná ( <i>Marasmius oreades</i> )	louky a pastviny
11	kořenitka nadmutá ( <i>Rhizina undulata</i> )	spáleniště
12	hnojenka ( <i>Sordaria</i> )	hnůj
13	pýchavka hnědá ( <i>Lycoperdon lividum</i> )	louky a pastviny
14	klanolístka obecná ( <i>Schizophyllum commune</i> )	dřevo
15	<i>Trichoderma</i>	půda
16	spálenitka uhelná ( <i>Anthracobia melaloma</i> )	spáleniště
17	plíseň šedá ( <i>Botrytis cinerea</i> )	rostlinný opad
18	lesklokorka jehličnanová ( <i>Ganoderma carnosum</i> )	dřevo
19	hnojník obecný ( <i>Coprinus comatus</i> )	hnůj
20	outkovka pestrá ( <i>Trametes versicolor</i> )	dřevo
21	penízovka jarní ( <i>Gymnopus vernus</i> )	rostlinný opad
22	ohnivka spáleništní ( <i>Pyronema omphalodes</i> )	spáleniště
23	<i>Helicoon ellipticum</i>	voda
24	helmovka mléčná ( <i>Mycena galopus</i> )	rostlinný opad
25	kaziroh ovčí ( <i>Onygena corvina</i> )	rohovina
26	pýchavka stlačená ( <i>Vascellum pratense</i> )	louky a pastviny
27	ohňovec obecný ( <i>Phellius igniarius</i> )	dřevo

28	troudnatec pásovaný ( <i>Fomitopsis pinicola</i> )	dřevo
29	penízovka smrková ( <i>Strobilurus enculentus</i> )	rostlinný opad
30	štetičkovec ( <i>Penicillium</i> )	půda