

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

katedra biologie

**Pařezy a pahýly stromů jako mikrostanoviště zvyšující druhovou
biodiverzitu lesních biocenóz a jejich využití ve vzdělávání**

Bakalářská práce

Autor: Kamila Šimková

Studijní program: B0114A030004 - Biologie se zaměřením na vzdělávání
B0114A090005 - Český jazyk a literatura se zaměřením na vzdělávání

Studijní obor: (BVBI-BVCJ) Biologie se zam. na vzd. - maior, Český jazyk a literatura se
zam. na vzd. - minor

Vedoucí práce: RNDr. Josef Halda, Ph.D.



Zadání bakalářské práce

Autor: Kamila Šimková

Studium: S21BI047BP

Studijní program: B0114A030004 Biologie se zaměřením na vzdělávání

Studijní obor: Český jazyk a literatura se zaměřením na vzdělávání, Biologie se zaměřením na vzdělávání

Název bakalářské práce: **Pařezy a pahýly stromů jako mikrostanoviště zvyšující druhovou biodiverzitu lesních biocenóz a jejich využití ve vzdělávání.**

Název bakalářské práce AJ: Stumps and tree stubs as microhabitats increasing the species biodiversity of forest biocenoses and their use in education.

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Cílem práce je v teoretické části zjištění významu a potenciálu málo známých lesních mikrostanovišť, která bude možné zábavnou formou přiblížit studentům SŠ v hodinách biologie. V praktické části budou monitorovány vybraná lesní mikrostanoviště a determinovány všechny viditelné organismy na nich žijící a pozorovány jejich vzájemné vztahy.

Horák J. (2008): Proč je mrtvé dřevo tak důležité? – Vesmír, 87/11: 460–464.

Humphrey J.W., Davey S., Peace A.J., Ferris R. & Harding K. (2002): Lichens and bryophyte communities of planted and semi-natural forests in Britain: the influence of site type, stand structure and deadwood. - Biological Conservation, 107: 165-180.

Nascimbene J., Dainese M. & Sitzia T. (2013): Contrasting responses of epiphytic and dead wood-dwelling lichen diversity to forest management abandonment in silver fir mature woodlands. – Forest Ecology and Management, 289: 325–332.

Rudolphi J. (2007): Bryophytes, lichens and dead wood in young managed boreal forests. - Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, 88: 1-32.

Zadávací pracoviště: Katedra biologie,
Přírodovědecká fakulta

Vedoucí práce: RNDr. Josef Halda, Ph.D.

Datum zadání závěrečné práce: 23.1.2020

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, z kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne

Kamila Šimková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce RNDr. Josefu Haldovi, Ph.D. za jeho cenné rady, odborné vedení a trpělivost při zpracovávání bakalářské práce. Děkuji za Vaši podporu. Dále bych chtěla poděkovat všem, kteří mi pomohli s identifikací taxonů. Bez Vašich odborných znalostí by mé výsledky neměly takovou hodnotu. Poděkování patří doc. Ing. Jakubu Horákovi, Ph.D., Bc. Tereze Tejklové a Mgr. Martinu Čapkovi. V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině, která mě při studiu neustále podporovala.

ANOTACE

ŠIMKOVÁ, K. *Pařezy a pahýly stromů jako mikrostanoviště zvyšující druhovou biodiverzitu lesních biocenóz a jejich využití ve vzdělávání*. Hradec Králové, 2024. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce Josef Halda. 60 s.

Tato bakalářská práce zkoumá význam a potenciál málo známých lesních mikrostanovišť, konkrétně pařezů a pahýlů stromů, pro biodiverzitu lesních biocenóz a jejich potenciální využití ve vzdělávání. Teoretická část práce se zaměřuje na literární rešerši, která zkoumá vztahy na mikrostanovištích, vliv mrtvého dřeva na lesní biocenózy, funkce a rozklad mrtvého dřeva a sukcese na pařezech a pahýlech. Praktická část práce se zabývá monitorováním vybraných stanovišť a determinací všech viditelných organismů, které se na nich vyskytují. Výsledky práce obsahují tabulky a grafy s determinovanými organismy. Ve výsledcích jsou též představeny pracovní listy, které mají za cíl přiblížit toto téma studentům středních škol.

Klíčová slova

pařez, pahýl, mikrostanoviště, biodiverzita, lesní biocenóza, vzdělávání

ANNOTATION

ŠIMKOVÁ, K. *Stumps and tree stubs as microhabitats increasing the species biodiversity of forest biocenoses and their use in education*. Hradec Králové, 2024. Bachelor Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis Supervisor Josef Halda. 60 p.

This bachelor thesis examines the significance and potential of little-known forest microsites, specifically tree stumps and logs, for the biodiversity of forest biocenoses and their potential utilization in education. The theoretical part of the thesis focuses on a literature review exploring relationships within microsites, the influence of dead wood on forest biocenoses, the functions and decay of dead wood, and succession on stumps and logs. The practical part of the thesis involves monitoring selected sites and determining all visible organisms inhabiting them. The results include tables and graphs of identified organisms. Additionally, worksheets are introduced in the results section aimed at introducing the topic to high school students.

Keywords

stumps, tree stubs, microhabitat, biodiversity, forest biocenosis, education

Obsah

1 Úvod	9
1.1 Obecný úvod do problematiky	9
1.2 Cíle práce	9
2. Přehled dosavadních poznatků o problematice	10
2.1 Problematika lesních biocenóz	10
2.1.1 Struktura biocenóz	10
2.1.2. Vztahy mezi organismy	10
2.1.2 Mikrostanoviště.....	12
2.1.3 Biodiverzita.....	12
2.2 Pařezy a pahýly stromů jako příklad mrtvého dřeva	13
2.2.1 Vznik mrtvého dřeva	13
2.2.2 Disturbance a jejich vliv na charakter mrtvého dřeva	13
2.2.2 Množství mrtvého dřeva v lesních ekosystémech.....	14
2.3 Funkce mrtvého dřeva.....	15
2.3.1 Role v produktivitě lesa.....	15
2.3.2 Role při poskytování stanovišť a struktury pro zachování biologické rozmanitosti	15
2.3.3 Role v geomorfologii toků a svahů.....	17
2.3.4 Role v dlouhodobém ukládání uhlíku	17
2.4 Rozklad mrtvého dřeva	17
2.4.1 Průběh rozkladu mrtvého dřeva.....	17
2.4.2 Doba rozkladu	18
2.4.3 Rozklad dřevokaznými houbami	19
2.4.4 Škála rozkladu dřeva	19
2.5 Sukcese	19
2.5.1 Sukcese hub	20
2.5.2 Sukcese bezobratlých živočichů	20
2.5.3 Sukcese mechrostů a lišejníků.....	20
2.5.4 Sukcese cévnatých rostlin.....	21
3 Metodika	22
3.1 Charakteristika vybraného modelového území	22

3.2 Vymezení stanovišť v modelovém území	22
3.3 Výběr přírodních objektů určených k prezentaci.....	23
3.4 Sběr dat a práce s nimi.....	23
3.5 Metody práce s žáky/ studenty v učebně	24
3.6 Metody terénní práce s žáky/ studenty v terénu	24
4 Výsledky	25
4.1 Data z modelového území.....	25
4.1.1 Mechorosty.....	26
4.1.2 Lišejníky	26
4.1.3 Houby	27
4.1.4 Cévnaté rostliny.....	27
4.1.5 Bezobratlí živočichové	28
4.2 Grafické znázornění získaných dat	29
4.3 Návrhy pracovních listů	32
4.3.1 Pracovní list 1.....	32
4.3.2 Pomůcky k Pracovnímu listu 1.....	37
4.3.3 Pracovní list 2.....	41
4.3.4 Řešení Pracovního listu 1.....	44
4.3.5 Řešení Pracovního listu 2.....	49
5 Diskuse	50
6 Závěr	52
7 Literatura.....	53
8 Seznam obrázků a tabulek.....	59
8.1 Seznam obrázků a jejich zdrojů.....	59
8.2 Seznam tabulek a jejich zdrojů.....	60

1 Úvod

1.1 Obecný úvod do problematiky

Téma práce „Pařezy a pahýly stromů jako mikrostanoviště zvyšující druhovou biodiverzitu lesních biocenóz a jejich využití ve vzdělávání“ jsem si vybrala proto, že mě zajímá komplexní pohled na problematiku člověkem silně ovlivňovaných lesních biocenóz, a ráda bych ji zajímavou formou přiblížila svým budoucím studentům. Lesy nejsou zajímavé jen z pohledu odborníků, ale mají velký potenciál z pedagogického hlediska. Snažila jsem se nalézt efektivní způsob, jak přiblížit toto téma žákům v rámci vzdělávání. Záměrem práce je využít pařezy a pahýly jako ekologicky významné části lesních biocenóz, které mohou hrát klíčovou roli v podpoře biodiverzity. O této problematice se v poslední době v odborných kruzích často diskutuje. Přesto jsem nenašla jedinou práci, která by systematicky zpracovala druhovou diverzitu pařezů a pahýlů komplexně. Proto jsem se o to pokusila sama.

1.2 Cíle práce

- 1) V teoretické části zjistit význam a potenciál málo známých lesních mikrostanovišť, která bude možné zábavnou formou přiblížit studentům SŠ v hodinách biologie.
- 2) V praktické části budou monitorovány vybraná lesní mikrostanoviště a determinovány všechny viditelné organismy na nich žijící a pozorovány jejich vzájemné vztahy.

2. Přehled dosavadních poznatků o problematice

V lesních ekosystémech je mrtvé dřevo klíčovým faktorem pro zachování biodiverzity, koloběhu a ukládání uhlíku a dynamiky živin (Harmon et al., 1986). Mrtvé dřevo představuje důležité stanoviště pro bezobratlé živočichy, ptáky, savce, houby, mechorosty a lišejníky z hlediska zdroje potravy a úkrytu (Christensen et al., 2005). 20–25 % lesních druhů je bezprostředně závislých na stanovištích mrtvého dřeva (Lassauce et al., 2011). Obsah mrtvého dřeva v lesních ekosystémech má vliv na jejich klima, v suchých obdobích je důležitá jeho schopnost zadržovat vodu (Harmon et al., 1986). Mrtvé dřevo je dlouhodobým zdrojem živin a humifikační procesy, které v něm probíhají, obstarávají neustálý přísun organických látek do půdy. Mrtvé dřevo, jako je například pařez, nabízí vhodný substrát pro klíčení semenáčků dřevin, a tedy i pro regeneraci lesa (Christensen et al., 2005). Mrtvé dřevo hraje v lesních ekosystémech důležitou roli, na které se v následujících kapitolách zaměříme.

2.1 Problematika lesních biocenóz

Lesní biocenózy představují komplexní soubor všech živých organismů ekosystému, které se vyskytují na daném ekotopu a vzájemně na sebe působí. Společenstvo se v čase a prostoru vyvíjí v závislosti na klíčových abiotických faktorech prostředí a geografickým podmínkám. Některé interakce mezi populacemi určitých druhů slouží jako autoregulační mechanismy a udržují rovnováhu uvnitř biocenózy. Významnou součástí lesních biocenóz jsou pařezy a pahýly stromů, které často nahrazují přirozená mikrostanoviště a zvyšují celkovou druhovou diverzitu.

2.1.1 Struktura biocenóz

Biocenóza jako komplexní soubor všech populací rostlin, živočichů, hub a mikroorganismů bývá strukturována do dílčích skupin. Členění je založeno na prostorovém uspořádání stanoviště, funkci, způsobu života či na uměle vytvořených souborech populací. Nejčastěji se rozděluje na tři základní soubory populací. Fytocenóza označuje rostlinné společenstvo, zoocenóza zahrnuje soubor populací živočichů a mikrobiocenóza je označení pro společenstvo mikroorganismů. Z hlediska prostorového uspořádání stanoviště se biocenóza může rozlišit jak ve vertikální, tak i v horizontální rovině. Při vertikálním členění vznikají biostrata neboli patra. Například v lesním společenstvu můžeme odlišit mechové, bylinné, keřové a stromové patro (Jørgensen & Fath, 2008). Během horizontálního členění biocenózy odlišujeme zóny, a proto se takové členění označuje termínem zonace biocenózy (Begon & Townsend, 2006).

2.1.2. Vztahy mezi organismy

Nejčastějším vztahem mezi organismy v lese je např. mykorhiza, kterou je možné označit jako symbiózu. Pochází z řeckého slova symbiōsis a znamená žít spolu. Z širšího pohledu symbióza zahrnuje veškeré vztahy, které se mezi organismy mohou vytvořit. Symbióza je obecně vnímána jako typ mutualistického vztahu. Pravděpodobně každý organismus, který žije na Zemi, se do nějakého symbiotického vztahu zapojuje (Petrušek, 2018).

Mezidruhové interakce mezi různými populacemi rostlin, živočichů a mikroorganismů bývají výsledkem dlouhodobé koevoluce v jednom společenstvu. Tyto interakce jsou klíčové pro vytvoření struktury a pro fungování biocenózy jako celku. Mezidruhové vztahy můžeme rozdělit na nevýhodné, neutrální a prospěšné. Dále můžeme odlišit, zda jsou oboustranné nebo jednostranné. Nejčastější interakcí mezi populacemi v biocenóze je mezidruhová konkurence neboli kompetice. Populace se vzájemně omezují v důsledku omezeného množství potravy a prostoru. Vztah je oboustranně nevýhodný, avšak jeho následky jsou pro každou populaci jiné. Dalšími vztahy jsou amensalismus a alelopatie. Během interakcí jedna populace vylučuje do okolí produkty metabolismu a druhá populace je jimi negativně ovlivněna. Pojem amensalismus se častěji používá u živočichů a alelopatie u rostlin (Begon & Townsend, 2006). Sekundární metabolity lišejníků působí alelopaticky na sinice (Ivanov et al., 2021) mechorosty (Goga et al., 2017), cévnaté rostliny a jiné lišejníky (Molnár & Farkas, 2010). Metabolity uvolněné lišejníky do prostředí mohou u ostatních organismů ovlivňovat fotosyntézu, transpiraci a syntézu proteinů. Tyto metabolity mohou u mechorostů způsobit zpomalení klíčení spor. Některé látky vylučované lišejníky mají fungistatickou schopnost a svým působením zpomalují rozklad dřevokaznými houbami (Molnár & Farkas, 2010). Mechorosty poskytují habitat pro různé organismy, některé z nich jsou řasy, prvoci (*Protozoa*), hlístice (*Nematoda*), vířníky (*Rotifera*) a želvušky (*Tardigrada*) (Guil et al., 2009). Vztah mezi mechorosty a jmenovanými organismy by bylo možné klasifikovat jako komensalismus. Pro mechorosty je vztah neutrální a pro ostatní organismy je vztah prospěšný. Vztah mezi želvuškami a mechorosty je komplikovanější, protože želvušky mají různé potravní strategie. Malé druhy se živí rozsivkami a bakteriemi. Jiné druhy jsou zaměřené na řasy či houby. Karnivorní želvušky se živí hlísticemi, prvoky, vířníky či menšími želvuškami. A některé druhy, jako například *Echiniscus testudo*, se živí výhradně mechorosty (Glime, 2021). U vztahu mezi herbivorními želvuškami a mechorosty se nabízí otázka, zda je vztah pro mechorosty neutrální nebo nevýhodný. Ačkoliv jsou želvušky pro některé obyvatele mechorostů predátory, pro plže žijících na listech mechorostů jsou kořistmi. Dalším organismem, který se živí mechorosty je plzák tmavý (*Arion subfuscus*) (Glime, 2021). Mechorosty jsou oblíbeným zdrojem živin několika stovek druhů hub, které na mechorostech parazitují. Zástupci kmene Chytridiomycota jsou mikroskopičtí vnitrobuněční parazité. Rody stopkovýtrusných hub *Arrhenia* (mecháček) a *Rimbachia* (mecháček) jsou častými makroskopickými parazity, které na hostitelích vytvářejí plodnice. Přibližně 400 druhů hub patřících do Ascomycota jsou bryofilní. Nejpočetnější bryofilní skupinou vřeckovýtrusných hub je rod zemnička (*Octospora*) (Jánošík, 2017). Další mezidruhovou interakcí je mutualismus. Mutualismus je vztah, který je pro oba zúčastněné prospěšný. Zásluhou dlouhodobého soužití a koevoluce dochází k těsnější a těsnější asimilaci mezi mutualistickými partnery. V mnoha případech jsou partneři natolik přizpůsobeni, že bez sebe nedokážou za normálních podmínek přežít a dají vzniknout novému organismu. Příkladem takového organismu je lišejník (Honegger, 2022). Lišejník představuje soužití mykobionta a fotobionta. Mykobionty jsou nejčastěji vřeckovýtrusé houby. Fotobionty jsou řasy nebo sinice. Lišejníkové stélky lze vnímat jako komplexní ekosystémy (Molnár & Farkas, 2010).

Přestože je snaha kategorizovat mezidruhové vztahy, v přírodě často není jednoznačné, jak těsný vztah je mezi danými organismy vytvořen. Situace je komplikovaná nejen neostrými hranicemi mezi parazity, komenzály a mutualistickými symbionty, ale i faktem, že tyto vztahy jsou proměnlivé v čase (Petrušek, 2018).

2.1.2 Mikrostanoviště

Stanoviště lze rozlišit na jednotlivá mikrostanoviště, která jsou ekologicky odlišná. U některých ekosystémů může být variabilita mikrostanovišť natolik významná, že mikrostanoviště dokážou konkurovat rozdílům na velkých stanovištích. Po extrémním narušení oblasti mohou mikrostanoviště sloužit jako záchranné prostory, které podpoří organismy v rekolonizaci dané oblasti (Torossian et al., 2016). Na pařezech se mohou vyskytovat mikrostanoviště ve formě hnilob kmene, dutin, skulin pod kůrou, epifytických organismů, prasklin nebo dutin naplněných vodou, které se nazývají dendrotelmy (Bače, 2016). Nejvzácnější mikrostanoviště pro saproxylické druhy představují dutiny velkých starých stromů. Dutiny poskytují dlouhodobá mikrostanoviště, stabilní teplotní a vlhkostní podmínky a dostatek zdrojů živin (Henneberg et al., 2021). Stabilita podmínek u větších kmenů je dána menším poměrem povrchu a objemu (Bače, 2016). Jedinečnost kombinací podmínek, které každá dutina nabízí, ovlivňuje druhové bohatství dutiny. U saproxylických brouků bývá druhová diverzita podpořena velikostí vchodu do dutiny. Druhovou diverzitu negativně ovlivňuje výška nad zemí a stupeň rozkladu (Henneberg et al., 2021).

Větší rozmanitost typů mrtvého dřeva v porostu poskytuje větší rozmanitost mikrostanovišť. Jelikož mrtvé dřevo v důsledku rozkladu neustále mizí, je pro rozmanitost saproxylických druhů nutná kontinuita jeho přítomnosti v lesních biocenózách. Kontinuita v čase znamená zastoupení mrtvého dřeva v různých fázích rozkladu (Bače, 2016). Kontinuita v prostoru představuje důležitou roli pro sukcesi. Pro osidlování mikrostanovišť pařezů je zásadní vzdálenost od ostatních mrtvých dřevin, a to jednak kvůli organismům s omezeným šířením, jako jsou mechorosty, jednak kvůli relativně krátké životnosti pařezů (Rudolphi, 2007).

2.1.3 Biodiverzita

Pojem biodiverzita neboli biologická diverzita zahrnuje všechnu pestrost živé přírody (Storch, 2019). Zahrnuje zvířata, rostliny, houby a mikroorganismy. Všechny tyto organismy spolupracují v ekosystémech, a vytvářejí tak složitou síť, která udržuje rovnováhu v přírodě. Tato rovnováha poskytuje potravu, čistou vodu, léky a přístřeší (Hancock, 2023). Tuto biologickou rozmanitost můžeme rozdělit do různých úrovní, a to podle toho, jaký index si pro měření biodiverzity vybereme (Cerrejón et al., 2023). Biodiverzita může být na úrovni genetické, funkční rozmanitosti ekosystému, druhové či na úrovni vyšších taxonů. Nejčastěji je využívána druhová diverzita. I když se jedná o nejpřístupnější metodu, nejpřístupnější z hlediska následné představy pro každého, nacházejí se i v tomto případě jisté nedostatky. Jedním z nich je fakt, že druhy nemohou být jednoznačně definovány. Dalším nedostatkem je, že počet druhů se vnímá jako

biodiverzita a už se nebere v potaz početnost druhu. Snahu o odstranění tohoto problému představují různé indexy, které vzali v úvahu relativní vyrovnanost druhů. Překážkou u indexů je jejich složitá interpretace. Například z vysoké hodnoty Shannova indexu, který zohledňuje počet druhů i relativní vyrovnanost, nedokážeme určit, zda je společenstvo druhově početné či početně vyrovnané. Je tedy praktické spoléhat na to, že druhová diverzita (počet druhů) bude odpovídat celkové diverzitě (Storch, 2019).

2.2 Pařezy a pahýly stromů jako příklad mrtvého dřeva

V literatuře se setkáváme s pojmem hrubé dřevní úlomky, které jsou vymezeny minimálními rozměry, tloušťkou a délkou, 10 cm pro tloušťku a 1 m pro délku (Máčka et al., 2011). Do kategorie nadzemní hrubé dřevní úlomky jsou řazeny stojící mrtvé stromy, ležící dřevěné úlomky a pařezy (Stevens, 1997). Vrška et al. (2002) rozlišují pařezy a pahýly především na základě jejich výšky. Pahýl je mrtvý stojící zbytek kmene, který je vyšší než 1,5 m. Za pařez považují oddenkovou část kmene s kořeny do výšky 1,5 m. Pařezy rozdělují na dva typy. První typ vzniká po pádu stromu a druhý po těžbě dřeva. U druhého typu bývají patrné řezné plochy. Horák et al. (2007) rozlišují pařezy a pahýly pouze podle příčiny jejich vzniku. Pahýly jsou pozůstatky po zlomených stromech a pařezy jsou nadzemní zbytky stromů po jejich pokácení.

2.2.1 Vznik mrtvého dřeva

Vstup mrtvého dřeva do ekosystému lesa je závislý na úmrtí živých stromů. Stav a struktura lesního porostu a disturbance jsou hlavní podmínky, které určují mortalitu živých stromů (Svoboda, 2007). Úmrtnost stromů je klíčovým faktorem pro pochopení dynamiky lesních ekosystémů. Dává možnost nahlédnout, jak vegetace reaguje na klimatické jevy, změny ve využívání půdy a biologické činitele, jako jsou houby a hmyz (Lima et al., 2022).

2.2.2 Disturbance a jejich vliv na charakter mrtvého dřeva

Faktory ovlivňující úmrtnost stromů jsou exogenní nebo endogenní. Mezi exogenní faktory patří klima, škůdci a požáry. Endogenní faktory představují vlastnosti a rysy stromu, jako jsou výška, přírůstek výšky, přírůstek průměru, přírůstek bazální plochy, věk či konkurence (Tymińska-Czabańska et al., 2022). Podle toho, jaký druh disturbance v daném porostu převládá, bude mít mrtvé dřevo určitý tvar a charakter (Svoboda, 2007).

V závislosti na geografické poloze, hloubce půdy, vlhkosti půdy, stáří stromu, umístění v porostu, struktuře porostu, vzhledu a druhu stromu bude vítr způsobovat zlomy větví či kmenů (Stevens, 1997). Výsledné poškození závisí i na síle a typu větru. Vlivem větru mohou vznikat jak zlomy, tak i vývraty (Svoboda, 2007). Vítr často bývá až tím posledním impulsem pro pád stromu či částí stromu. Tomu však předcházejí jiné disturbance, které strom oslabují (Stevens, 1997). Disturbanty jsou oheň, povodně, sesuvy půdy, škůdci a patogeny (Ochtyra, 2020). Působením ohně vzniká mrtvé dřevo přímo, nebo se zvyšuje náchylnost stromu k jinému poškození (Stevens, 1997).

Hořlavost porostu může být ovlivněna hmyzími ohnisky. U porostu s napadenými stromy je vyšší hořlavost a závažnost požáru (Shorohova et al., 2023). Gradace některých hmyzích druhů může zapříčinit smrt stromů přímo, anebo je může oslabit (Stevens, 1997). Narušení stromů hmyzem vytváří mrtvé dřevo ve formě stojících souší, které jsou umístěné v jedné oblasti. Dřevo-rozkladné houby často takto oslabené stromy nebo vzniklé souše osidlují a způsobují jejich lámání a vznik ležících klád. Ležící klády vznikající tímto způsobem mají odlišné vlastnosti než například klády vzniklé vývraty. Rozdíl tkví v kůře a převážné části koruny, které opadly již ve stádiu stojící souše (Svoboda, 2007). Houby jsou nejčastějšími původci chorob stromů. Přesto původci chorob mohou být i parazitické cévnaté rostliny či kyselé deště (Stevens, 1997). Některé houbové patogeny dokáží způsobit oslabení jen ve vybraných částech stromu. Podle toho, zda se jedná o část kořenovou, bazální či korunovou, může dojít snáze k lámání či vyvrácení v důsledku působení větru. Jiné druhy naopak přivodí smrt celého stromu, a tak vytvoří mrtvé dřevo v podobě stojící souše (Svoboda, 2007). Další příčinou vzniku mrtvého dřeva mohou být sesuvy půdy a eroze půdy v okolí vodních toků. Stárnutí stromů je příčinou jejich větší náchylnosti k chorobám, napadení hmyzem a polámání či vyvrácení větrem (Stevens, 1997). Po disturbancích získává lesní porost nové charakteristiky jako větší množství mrtvého dřeva, vyšší rychlost přízemního větru, extrémnější teploty a zvýšené množství slunečního záření (Thorn et al., 2017).

Uvedené disturbance měly původ v biotických či abiotických faktorech prostředí. Z biotických faktorů můžeme vyčlenit člověka do samostatné skupiny. Vznikají nám tak antropogenní vlivy na životní prostředí jako výrazný příklad příčin disturbancí v lesním ekosystému.

Přirozené lesy jsou formovány výše uvedenými disturbancemi, které nejsou způsobeny činností člověka. Jelikož větší část lesních porostů světa slouží jako hospodářské lesy, jejich vývoj ovlivňují především umělé disturbance způsobené činností člověka (Rudolphi, 2007, Ochtýra, 2020). Těžba dřeva ovlivňuje vlastnosti lesní biocenózy. Mění se objem živých a mrtvých stromů, věková struktura a složení dřevin. Změny mají vliv na strukturu zoocenózy a fytocenózy, které se odlišují od společenstev v neobhospodařovaných lesích (Jacobsen et al., 2020). Mrtvé dřevo ponechané po těžbě nalezneme často pouze ve formě pařezů. Pařezy jsou také označovány jako umělé pahýly, protože nevznikly přírodní cestou (Rudolphi, 2007).

2.2.2 Množství mrtvého dřeva v lesních ekosystémech

Množství mrtvého dřeva, které postupem času podléhá rozkladu, závisí na mnoha faktorech. Množství závisí na typu lesního ekosystému a jeho produktivitě, druhové struktuře lesa, disturbancích, stádiu vývoje, klimatických podmínkách, které ovlivňují rychlost rozkladu, a v neposlední řadě i na hospodářské činnosti (Bače & Svoboda, 2016). V lesích České republiky leží průměrně 10,7 m³/ha mrtvého dřeva ponechaného rozkladu. Do tohoto objemu je započítáno jak ležící tlející dřevo, tak i souše, přičemž jejich podíl je přibližně stejný. Tento objem dřeva nedosahuje doporučené hodnoty

standardem FSC (FSC Standards 2023), která v ČR činí 30 m³ mrtvého dřeva na hektar (Cienciala et al., 2015).

Mrtvé dřevo ponechané v lesích je klíčovým faktorem pro biodiverzitu. Na mrtvé dřevo jsou specializovány choroše a další skupiny hub, mechorostů, lišejníků a bezobratlých živočichů (Rudolphi, 2007). Mrtvé dřevo je též důležité pro život menších savců a ptáků (Stevens, 1997). Ze studií vychází, že život 30–40 % všech lesních organismů je podmíněn vazbou na různé formy tlejícího dřeva (Svoboda, 2007). Množství mrtvého dřeva bývá považováno za ukazatel rozdílu mezi přirozenými a obhospodařovanými lesy (Bujoczek & Bujoczek, 2022). Ve snaze zmírnit změny klimatu se zvyšuje využívání bioenergií. Příkladem zdrojů bioenergie, který se v posledních desetiletích v produkčních lesích objevoval častěji, jsou zbytky po těžbě. Zahrnují vrcholky stromů, větve a pařezy. Pařezy zajišťují stejně důležitý substrát pro saproxylické druhy jako jiné formy hrubého mrtvého dřeva a jejich těžba představuje omezení počtu vhodných stanovišť. Jejich nedostatek se negativně projevuje snížením biodiverzity druhů, které jsou na mrtvém dřevě závislé (Johansson et al., 2016).

2.3 Funkce mrtvého dřeva

Mrtvé dřevo plní v lesním ekosystému mnoho funkcí. Stevens (1997) rozděluje role do čtyř kategorií, které vzájemně korelují. První kategorie je role v produktivitě lesa. Následující kategorie obsahuje role při poskytování stanovišť a struktury pro zachování biologické rozmanitosti. Třetí kategorie představuje role v geomorfologii toků a svahů. Poslední kategorie zahrnuje roli v dlouhodobém ukládání uhlíku.

Význam následujících funkcí v jednotlivých ekosystémech je dán typem lesního ekosystému, stavem ekosystému, způsobem hospodaření a klimatickými podmínkami (Svoboda, 2007).

2.3.1 Role v produktivitě lesa

V závislosti na podmínkách uvolňuje mrtvé dřevo do půdy významné množství organických látek, které zlepšují strukturu půdy. Mrtvé dřevo zadržuje vlhkost, čímž následně ovlivňuje půdní vlhkost. Představuje stanoviště pro rozkladače, bakterie schopné poutat vzdušný dusík, ektomykorhizní kořeny a půdní organismy. Mrtvé dřevo hraje v lesním ekosystému významnou roli jako hlavní zásobárna živin, zajišťuje substrát pro obnovu stromů a podílí se na okyselování a podzolizaci půdy (Stevens, 1997). V průběhu rozkladu dřeva jsou prvky uvolňovány pomalu, a tak mrtvé dřevo funguje jako dlouhodobé hnojivo (Bače & Svoboda, 2016).

2.3.2 Role při poskytování stanovišť a struktury pro zachování biologické rozmanitosti

Mrtvé dřevo nabízí stanoviště pro různé druhy organismů. V některých ekosystémech může podle typu dekompozice rozklad velkých kusů mrtvého dřeva trvat více než 1000 let (Schweingruber & Börner, 2018). Jak bylo výše zmíněno, zásluhou dlouhého rozkladu

slouží dřevo jako dlouhodobé hnojivo. Během rozkladu se vytvářejí různá stanoviště a každé stanoviště je vhodné pro jiné organismy (Bače & Svoboda, 2016). Mrtvé dřevo může poskytovat prostor pro hnízda, doupata či nory (Stevens, 1997). Například lesák rumělkový žije v prostoru pod borkou. Kovařící, páchníci a zlatohlávci žijí v dutinách stromů (Horák, 2008). Svým umístěním může mrtvé dřevo vytvářet cesty pro živočichy přes potoky, nerovnosti v terénu a cesty jak přes sníh, tak i pod sněhem. Zásluhou schopnosti vázat vlhkost zajišťuje mrtvé dřevo vlhká mikrostanoviště pro obojživelníky, hmyz, žížaly, rostliny, ektomykorhizní houby a kořeny stromů. Mrtvé dřevo představuje na jedné straně úkryt pro dravce a na straně druhé úkryt pro jejich kořist. Kromě toho poskytuje útočiště během narušení či environmentálního stresu, který může být například ve formě extrémní vlhkosti nebo extrémního tepla (Stevens, 1997). Organismy, které jsou závislé na mrtvém dřevě, nazýváme saproxytické. Řadí se mezi ně houby, mechorosty, lišejníky, brouci a obzvláště jejich larvální stádia. Činností saprotrofního hmyzu se vytvářejí drobné chodby ve dřevě, které mohou následně fungovat jako úkryt pro jiný hmyz (Bače & Svoboda, 2016).

Hmyz s vazbou na mrtvé dřevo

Když se více zaměříme na hmyz vázaný na mrtvé dřevo, zjistíme, že jeho vztah ke dřevu je celkem komplikovaný a že některé hmyzí druhy, které k životu potřebují mrtvé dřevo, jsou celoevropsky ohrožené. Při osidlování dřeva bývá pro hmyz podstatné několik kritérií (Graf et al., 2022). Mezi hlavní kritéria patří druh stromu, stupeň rozkladu, druh hniloby a přítomnost kůry. Nejen pro hmyz, ale i pro ostatní organismy je důležité, aby strom měl kůru, protože kůra představuje důležitou složku v zásobě živin. Další podmínky, které ovlivňují atraktivnost dřeva pro hmyz jsou míra oslunění, velikost dřeva a forma mrtvého dřeva, tudíž zda dřevo stojí či leží (Horák, 2008). V nižších polohách je důležitější kvalita mrtvého dřeva. Saproxyličtí brouci preferují otevřený zápoj bez ohledu na druh porostu. Naopak ve vyšších polohách je pro diverzitu důležitější množství mrtvého dřeva, bez ohledu na zastínění a oslunění (Bače, 2016). Ve střední Evropě je nejoblíbenějším stanovištěm dub. Jeho atraktivnost nejspíš spočívá v dlouhověkosti, odolnosti dřeva a v místě výskytu. Pro duby jsou typické nížiny a pahorkatiny, kde je druhová bohatost hmyzu nejvyšší. Oblíbenými stromy jsou i javory, jasany, jilmy a buky. Brouky vázané na dřevo lze rozdělit do několika skupin, a to škůdci, predátoři, paraziti, parazitoidi a hyperparazitoidi bezobratlých. Škůdci jsou dvojího typu. Primární škůdci dokážou napadnout zdravý strom a způsobit jeho smrt. Příkladem primárního škůdce je lýkožrout smrkový (*Ips typhographus*). Sekundární škůdci napadají stromy nemocné, poškozené nebo napadené. Mezi potenciální škůdce se řadí tesařící a krasci. Příkladem predátorů jsou pestrokrovečníci, kteří se živí hmyzem vázaným na dřevo. Parazitoidi, jako jsou například lumčící, nakladou vajíčka do larev jiného hmyzu. Hostitele využívají během svého vývoje jako zdroj živin a na konci vývoje ho usmrtí. Na mrtvé dřevo je vázán larvální vývoj mnoha druhů hmyzu. Např. larvy tesaříka zavalitého jsou vázané na staré borovice či jejich pařezy. Larvy roháče obrovského, roháčků a nosorožíka se specializovaly na rozkládající se ležící dřevo. Na

mrtvé dřevo je též vázán larvální vývoj různých druhů krasců a tesaříka dubového, který probíhá ve starých dubech (Horák, 2008).

Biologická rozmanitost

Podle mnoha prací lze usoudit, že zvýšené množství mrtvého dřeva v lese zvýší druhovou biodiverzitu a sníží riziko extinkce druhů (Sandström et al., 2019). Podle teoretických poznatků vede ke zvýšení biodiverzity větší množství mrtvého dřeva, které má větší povrch, a tudíž poskytuje více živin. Kromě toho větší povrch nabízí i větší možnost k jeho diferenciaci. Větší povrch udrží na živu větší populaci, a tím sníží její riziko vymření. Zatím nebyly provedeny žádné experimentální studie, které by byly odpovědí na otázku, zda je pro biodiverzitu důležitější množství mrtvého dřeva či jeho rozmanitost (Bače & Svoboda, 2016).

2.3.3 Role v geomorfologii toků a svahů

Funkce, které spadají do této kategorie, jsou založeny na fyzikálních vlastnostech dřeva. Mrtvé dřevo se podílí na stabilizaci půdy, zvýšení stability svahů, prevenci proti erozi, řízení odtoku povrchové vody a půdy přes lesní půdu. Mrtvé dřevo též ovlivňuje ráz malých vodních toků v lesních ekosystémech (Stevens, 1997).

2.3.4 Role v dlouhodobém ukládání uhlíku

Stromy pohlcují oxid uhličitý z atmosféry a ukládají ho do sebe. Když strom odumře, začne podléhat rozkladným procesům (Marek, 2021). Hrubé dřevní úlomky hrají důležitou roli v cyklu uhlíku, poněvadž během jejich rozkladu dochází k přeměně živé biomasy na složky atmosféry a půdy (Russell et al., 2015). Jelikož se z tlejícího dřeva uvolňuje jen uhlík, který byl předtím navázán z atmosféry, mrtvé dřevo neprodukuje uhlík (Marek, 2021).

2.4 Rozklad mrtvého dřeva

Veškeré mrtvé dřevo podléhá rozkladu. V závislosti na příčině mortality stromu bude probíhat rozklad. Kromě toho je průběh rozkladu podmíněn druhem stromu, délkou a průměrem dřeva (Piaszczyk et al., 2022), formou mrtvého dřeva, režimem narušení, stanovištními podmínkami, třídou rozkladu, biologickou aktivitou na stanovišti i v mrtvém dřevě, klimatickými podmínkami (Svoboda, 2007), vlhkostí, teplotou a poměrem O₂ a CO₂ na stanovišti (Bače & Svoboda, 2016). Rozklad dřeva je nejdůležitějším procesem pro recyklaci živin, tvorbu půdy a koloběh uhlíku v lesním ekosystému (Lonsdale et al., 2008).

2.4.1 Průběh rozkladu mrtvého dřeva

Na dřevo působí několik dílčích procesů, které dohromady tvoří rozkladný proces, na jehož konci se dřevo stane součástí půdy (Svoboda, 2007). Dílčími procesy jsou fragmentace, vyluhování, usazování, respirace, biologické transformace a zvětrávání (Stevens, 1997).

Fragmentace se rozlišuje na fragmentaci fyzikální a biologickou. Fyzikální rozpad na menší částice nastává, když spadne souš (Svoboda, 2007) nebo když je dřevo narušeno padajícími stromy, větrem či deštěm (Stevens, 1997). Vedle toho k fyzikální fragmentaci dochází při procesu zmrznutí a rozmrzání, které způsobuje praskliny ve dřevě. Biologická fragmentace je způsobena činností mikroorganismů, hub, hmyzu, obratlovců a kořenů rostlin (Svoboda, 2007).

Vyluhování je proces, během kterého prosakuje voda skrz kmen, rozpouští ve vodě rozpustné látky, a nakonec je vyplavuje ven. V počátečních fázích rozkladu není vyluhování až tak důležité, protože dřevo neobsahuje materiál, který by byl rozpustný. Význam vyluhování vzrůstá až v pozdějších fázích rozkladu, kdy rozkladači mění polymery na rozpustné látky (Stevens, 1997).

Během rozkladných procesů dochází k oslabení vnitřní struktury a zásluhou toho nastává usazování. Po usazení je většinou větší kontakt kmene se zemí. V kontaktu kmene a půdy se může zvýšit aktivita organismů (Stevens, 1997).

Organismy, které se vyskytují v mrtvém dřevě, při své respiraci přeměňují uhlík navázaný ve dřevě na oxid uhličitý (Svoboda, 2007), čímž snižují hmotnost mrtvého dřeva (Stevens, 1997).

Biologická transformace zahrnuje veškeré přeměny, při nichž je dřevní organický materiál využíván organismy pro jejich metabolické procesy. Do těchto procesů se řadí například rozklad dřeva-rozkladnými houbami, při jejichž působení se rozkládá celulóza a lignin (Svoboda, 2007).

Kontakt rozkládajícího se dřeva s látkami z atmosféry způsobuje zvětrávání (Svoboda, 2007).

2.4.2 Doba rozkladu

Doba rozkladu mrtvého dřeva je ovlivněna různými faktory, podstatnými faktory jsou klimatické podmínky. Proces rozkladu je pozitivně ovlivněn vyšší teplotou, která podporuje aktivitu mikroorganismů (Hermann & Bauhus, 2013). Optimální vlhkost též aktivizuje mikroorganismy. Oproti tomu nadměrná vlhkost snižuje rychlost rozkladu, protože vytváří anaerobní podmínky. Dalším faktorem je obsah ligninu. Rychleji se rozkládá dřevo s nižším obsahem ligninu (Piaszczyk et al., 2022). Dalšími faktory, které ovlivňují dobu rozkladu, jsou typ dřeviny, struktura společenstva hub a biomasa rozkladačů (Jomura et al., 2022). Dobu rozkladu lze rozdělit na tři fáze. Rozklad během prvních 5 až 10 let probíhá pomalu. Poté následuje fáze rychlého rozkladu, která trvá 10 let. Po ní nastupuje fáze dlouhého a pomalého rozkladu. Celkový rozklad dřeva vyžaduje podle podmínek desítky až stovky let (Finér et al., 2016).

2.4.3 Rozklad dřevokaznými houbami

Hlavními složkami dřeva jsou celulóza, hemicelulóza a lignin. Lignin jsou schopné rozkládat pouze houby způsobující bílou hnilobu (tj. korozivní rozklad) (Bauhus et al., 2018). Procesem bílé hniloby je lignin rozložen rychleji než ostatní sacharidy a celulóza (Homolka et al., 1995). Houby způsobující bílou hnilobu se řadí mezi lignivorní houby. Během rozkladu dřevo světlá, avšak nákaza některými druhy způsobuje, že dřevo zpočátku získává přechodně tmavší barvu. Ve většině případů celé infikované dřevo bělá stejnoměrně. Méně často se vytváří bílé pruhy. Zetlelé části dřeva bývají ohraničené černohnědým pásem, který může být silný až 1 cm (Černý, 1989). Druhým typem hniloby je hnědá hniloba. Ačkoliv jsou houby, které způsobují hnědou hnilobu, schopné lignin chemicky měnit, nedokážou jej rozložit (Gabriel, 2013). Takové houby se označují jako celulózovorní houby, protože dokážou rozložit pouze celulózní složku dřeva. Zpočátku rozkladu se dřevo vyznačuje okrově žlutou barvou. V konečné fázi rozkladu má dřevo červenohnědé až hnědé zbarvení. Vlivem rozkladu dochází k velkému úbytku hmotnosti a objemu dřeva. Hnědou hnilobu způsobují například *Fomitopsis pinicola* (troudnatec pásovaný), *Postia stiptica* (bělochoroš hořký) a *Piptoporus betulinus* (březovník obecný). Příklady původců bílé hniloby jsou *Onnia leporina* (d'ubkatec smrkový), *Onnia triquetra* (d'ubkatec borový) a *Phellinus chrysoloma* (ohňovec smrkový) (Černý, 1989).

2.4.4 Škála rozkladu dřeva

U vizuální stránky rozkládajícího se dřeva lze odlišit pět fází. V první fázi je kůra neporušená, kmen může mít malé větve. Druhá fáze představuje stav, kdy je kůra uvolněná či odpadává a nedochází k degradaci bělového dřeva. Určitá degradace bělového dřeva se vyskytuje ve třetí fázi, pro kterou je charakteristická nepřítomnost kůry. Ve čtvrté fázi dochází k značné degradaci bělového dřeva. Pátá fáze se vyznačuje degradací bělového i jádrového dřeva (Hunter, 1990).

2.5 Sukcese

Proces sukcese zahrnuje autoregulační mechanismy biocenózy, které nepřetržitě směřují k rovnovážnému stavu biocenózy. Po jeho narušení následuje fáze reorganizace, po které přichází fáze rekolonizace (Holling et al., 1995). Výsledek těchto fází je do jisté míry ovlivňován ekologickou pamětí ekosystému. Ekologickou pamětí ekosystému lze rozdělit na dvě části, a to na vnitřní a vnější paměť. Vnitřní paměť zahrnuje biologické struktury, které slouží jako záchytné body při regeneraci. Příkladem těchto struktur jsou pařezy a klády ponechané po těžbě v lese představující nové niky pro různé organismy. Do vnitřní paměti patří i druhy, které v narušené oblasti přežívají buď nad zemí, nebo pod zemí a jsou součástí banky semen a diaspor. Vnější paměť představuje zdroje a druhy z okolí narušeného stanoviště. Tyto druhy se podílejí na rekolonizaci narušené plochy (Bengtsson et al., 2003).

Čerstvé pařezy představují dlouhodobý zdroj živin a energie, ze kterého lze těžit několik desítek let (Persson et al., 2017). Během sukcese se zastoupení druhů na pařezech mění, čímž se mění i mezidruhové interakce a charakteristika podmínek na mikrostanovišti (Wang et al., 2022). Maximální druhové diverzity bývá dosaženo po 10–20 letech (Persson et al., 2017).

2.5.1 Sukcese hub

Houby jsou hlavními rozkladači organického materiálu včetně chemického rozkladu mrtvého dřeva (Persson et al., 2017). Primární kolonizátory představují druhy hub, které se vyskytují v živém dřevě jako latentní obyvatelé. Jakmile dřevo odumře, stávají se aktivními kolonizátory, kteří využívají oligosacharidy a celulózu obsažené ve dřevní hmotě. Kompetitivně silnější jsou sekundární kolonizátoři, jejichž spory se šíří vzdušnými proudy. Sekundární kolonizátoři intenzivně rozkládají celulózu a vytvářejí několik mezistupňů rozkladu. Po sekundárních kolonizátorech přicházejí pozdní kolonizátoři, kteří dokončují rozklad dřeva. Druhové spektrum hub se vyvíjí podle fáze rozkladu dřeva a s rostoucím rozkladem se zvyšuje jejich biodiverzita (Fukasawa & Matsukura, 2021).

2.5.2 Sukcese bezobratlých živočichů

Prvními bezobratlými živočichy, kteří osídlují pařezy a pahýly, jsou kůrovci a tesaříci. Živí se lýkem, perforují dřevo a jsou přenašeči dalších druhů hub, které dřevo rozkládají. Tak se živiny ze dřeva stávají lépe stravitelné pro larvy brouků. Určité druhy brouků se živí výhradně dřevem, jiné hyfami hub. Jiné druhy jsou dravé a živí se bezobratlými žijícími v rozloženém dřevu (Persson et al., 2017). Podle Franche (Franch, 1985), který zkoumal sukcesi bezobratlých na pařezech v období 16 let, lze sukcesi rozdělit na čtyři fáze. První fáze zahrnuje konzumaci substrátu xylofágními larvami brouků, kteří vytváření ve dřevě tunely. Patří sem čeleď *Cerambycidae* (tesaříkovití), *Curculionidae* (nosatcovití) a *Ipidae* (kůrovci). Ve druhé fázi mají převahu saproxylofágní larvy *Melanotus rufipes* (kovařík protáhlý). Ve třetí fázi je pařez obsazen edafickou faunou, která jej využívá ke shánění potravy, k hnízdění a k úkrytu. Čtvrtá fáze představuje postupné uvolňování mikrostanoviště v důsledku nedostatku potravy, destrukce pařezu a nedostatku volného místa. Dalšími bezobratlými živočichy, kteří osídlují pařezy a pahýly stromů, jsou *Enchytraeidae* (roupicovití), *Collembola* (chvostokoci), *Oribatida* (pancířníci), *Mesostigmata* (čmelíkovci), *Formicidae* (mravencovití), *Myriapoda* (stonožkovci), *Insecta* (hmyz), *Opiliona* (sekáči), *Araneae* (pavouci), *Pseudoscorpiones* (štírci) (Persson et al., 2017).

2.5.3 Sukcese mechorostů a lišejníků

Epifytické mechorosty a lišejníky, jejichž významným stanovištěm je mrtvé dřevo, jsou podstatnými složkami biologické diverzity v lesních biocenózách (Humphrey et al., 2002). V mírných a boreálních lesích představují zásadní úlohu pro fungování ekosystému. Mechorosty a lišejníky se podílejí na fixaci uhlíku a dusíku (Persson et al.,

2021). Svým působením ovlivňují vodní a teplotní podmínky půdy i vegetace. Dále mají mechorosty a lišejníky vliv na půdní chemismus a na erozi půdy (Cornelissen et al., 2007). Málo osídleny bývají pařezy, které jsou mladší než 4 roky. Pařezy starší 18 let bývají značně rozpadlé a souvisle porostlé mechorosty (Rudolphi, 2007). Interakce mechorostů a lišejníků s cévnatými rostlinami ovlivňuje sukcesi vegetace (Cornelissen et al., 2007).

Mechorosty

Mechorosty nejsou stejně jako lišejníky schopné dostatečně regulovat příjem vody. Vodu přijímají rychle a pomalu ji uvolňují, čímž přispívají k udržení vlhkého mikroklimatu. Nedostatek mechorostů v lesních ekosystémech může mít negativní dopad na rychlost rozkladu, přístupnost dusíku a akumulaci uhlíku v půdě (Petersson et al., 2021). Při osídlování je rychlost sukcese mechorostů primárně ovlivňována povrchem pařezu a stupněm rozpadu. Osídlování mechorosty probíhá pomaleji a druhová diverzita se zvyšuje po celou dobu rozkladu (Rudolphi, 2007). Na tlejících pařezích rostou v podmínkách střední Evropy často mechorosty jako *Lophocolea bidentata*, *Lophocolea heterophylla*, *Brachythecium rutabulum*, *Tetraphis pellucida* a mnoho dalších (Atherton et al., 2010).

Lišejníky

Lišejníky dokážou přežít v prostředí s omezeným množstvím živin a vody, a proto mají důležitou funkci jako pionýrské druhy, které připravují stanoviště pro sukcesi dalších organismů (Zedda & Rambold, 2015). V raných sukcesních stádiích se lišejníky podílejí také na tvorbě a stabilizaci půdy (Petersson et al., 2021). Lišejníky kolonizují pařezy rychleji než mechorosty. Druhová rozmanitost bývá podpořena heterogenními mikrostanovišti na pařezu a též stářím substrátu (Rudolphi, 2007). Na pařezích se mohou vyskytovat lišejníky jako *Clanodia digitata*, *Lepraria finkii*, *Cladonia coniocraea* či *Pertusaria amara* (Nascimbene et al., 2013).

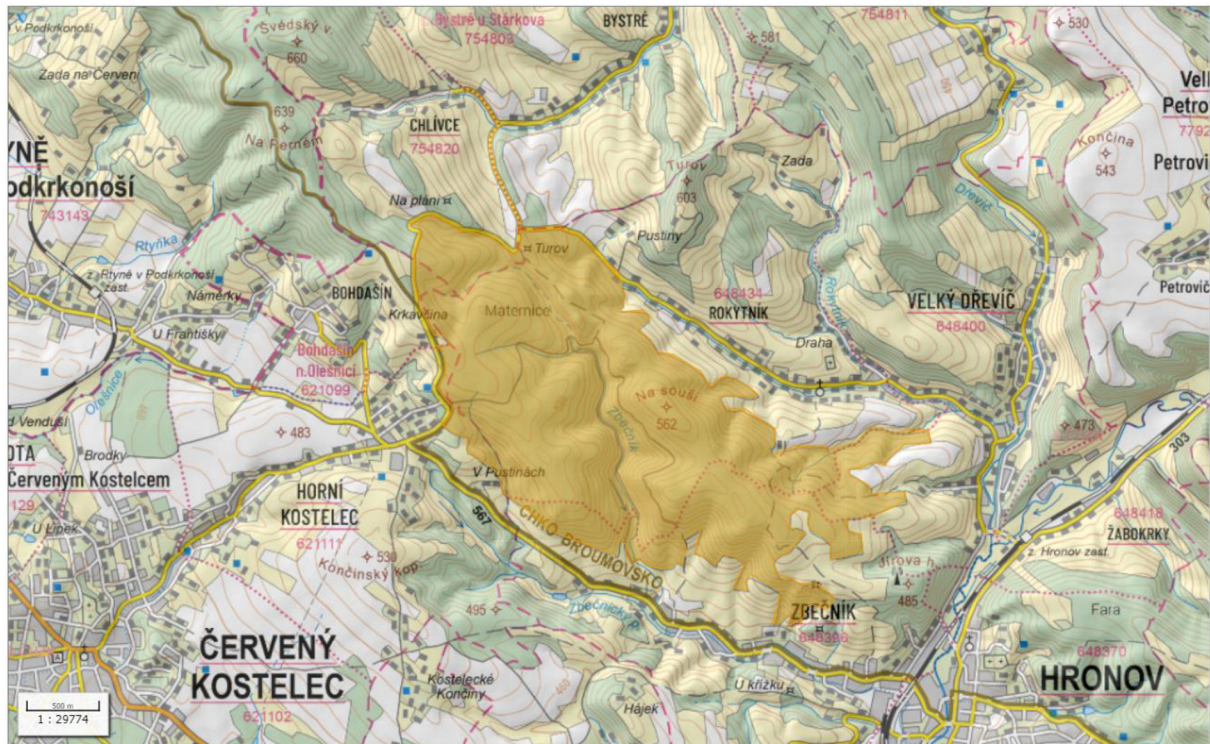
2.5.4 Sukcese cévnatých rostlin

Postupem času pařezy poskytují vhodné stanoviště i pro cévnaté rostliny. Výška pařezu je významná z hlediska množství slunečního záření (Wang et al., 2022). S rozkladem dřeva je spojena i regenerace lesa. Přirozená obnova smrku ztepilého probíhá mnohem rychleji, pokud mohou semenáčky růst na rozkládajícím se dřevu. Pařezy poskytují kromě uhlíku i další živiny, například dusík, který je významný pro další vývoj společenstva (Motta et al., 2006).

3 Metodika

3.1 Charakteristika vybraného modelového území

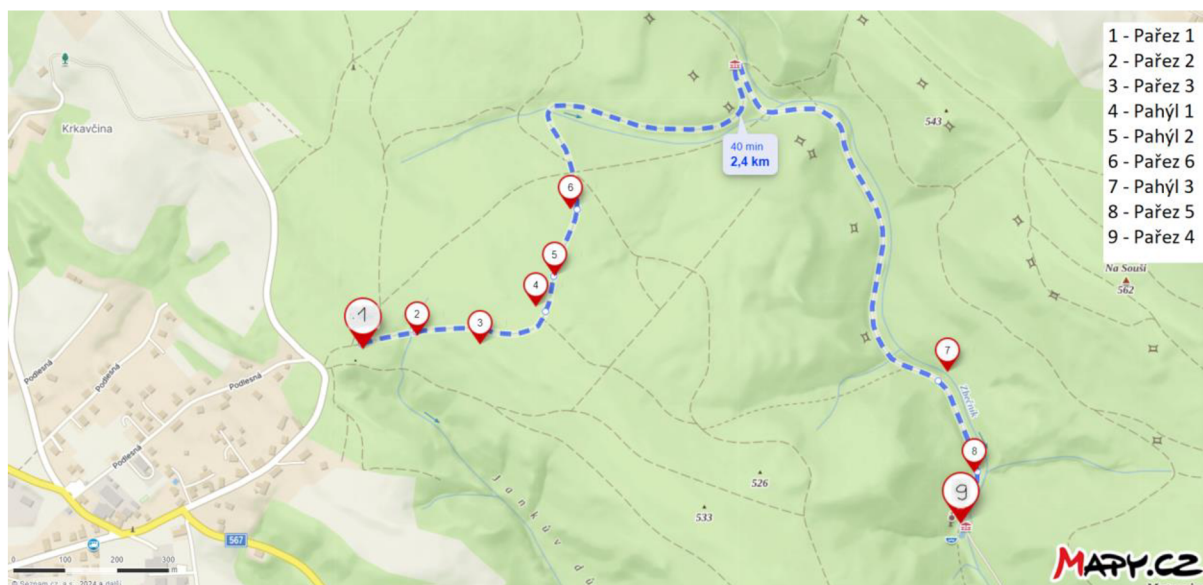
Pro monitorování mikrostanovišť jsem zvolila les Maternici, který se nachází v Královehradeckém kraji. Les se převážně nachází v obci Hronov a malou částí zasahuje do obce Červený Kostelec. Plochu lesa jsem vyměřila v programu Národní geoportal. Smíšený les porůstá území o rozloze 4,69 km².



Obr. 1. Les Maternice, výřez z mapy 1:29774.

3.2 Vymezení stanovišť v modelovém území

Stanoviště byla vybrána v lese Maternici několik desítek metrů od turistické cesty. Trasa mezi prvním a posledním stanovištěm činí 2,4 km. Pařezy a pahýly, které jsou předmětem monitorování, se nacházejí v blízkosti nezpevněné turistické cesty, což usnadňuje jejich přístupnost v rámci monitorování i v rámci možné exkurze do lesa se studenty. První stanoviště je vzdálené od autobusové zastávky Horní Kostelec, kovárna 830 m. Délka trasy pro terénní exkurzi se studenty činí 6,5 km. Aktivita pro studenty představuje střední fyzickou náročnost.



Obr. 2. Vyznačení stanovišť v lese Maternici, výřez z mapy 1:7500. V levém rohu mapy je patrný okraj města Červený Kostelec. Mapový podklad: [www. Mapy.cz](http://www.Mapy.cz).

3.3 Výběr přírodních objektů určených k prezentaci

Pro pozorování jsem zvolila 9 objektů, z toho 3 pahýly a 6 pařezů. Výškovou hranici pro rozlišení mezi pahýlem a pařezem jsem určila 1 m. Objekty jsem vybírala tak, aby byly v lese lokalizovány v různých světelných a vlhkostních podmínkách. Také rozměry a fáze rozpadu objektů jsou různé. Objekty z mého výzkumu budou dobře využitelné i pro prezentaci během terénní vycházky se studenty.

3.4 Sběr dat a práce s nimi

Monitorování stanovišť proběhlo od srpna do listopadu roku 2023. K určování mechorostů jsem využívala internetový klíč (Bryoweb, 2024), internetového atlasu Mechorosty (Bryo, 2024) a internetového atlasu mechů (Bidatlas-moose, 2024) a také klíče mechorostů Velké Británie (Atherton et al., 2010). Mechorosty a lišejníky jsem určovala pomocí mikroskopu Olympus BX53 DIC a stereoskopického mikroskopu Olympus SZ7. Odborným konzultantem v této oblasti byl pro mě pan RNDr. Josef Halda, Ph.D. Určování hub jsem konzultovala s paní Bc. Terezou Tejklovou. Determinace bezobratlých revidoval doc. Ing. Jakub Horák, Ph.D.

Materiál jsem v terénu sbírala do papírových sáčků pro každý objekt zvlášť a po determinaci zapsala údaje do tabulky v MS Excell.

Vzorky mechorostů, lišejníků a nelichenizovaných hub, které jsem určovala v laboratoři, jsou uloženy ve formě herbářové sbírky uspořádané podle stanovišť v laboratoři PŘF UHK. Ostatní materiál jsem uložila ve formě fotografií. K fotografování detailů mikroskopických živočichů jsem využila mikroskop Keyence WHX-S750S.

3.5 Metody práce s žáky/ studenty v učebně

Ve škole žáci dostanou pracovní list. Pracovní list je sestaven tak, aby žáky seznámil s celým tématem. Pracovní list 1 je připraven pro práci v učebně. Úkoly jsou založené na práci s textem. V prvním úkolu je zahrnuta práce s edukačním videem, které má sloužit k motivaci žáků. Při práci s pracovním listem lze využít formu výuky hromadnou, kdy každý pracuje sám a metoda výuky je samostatná práce, či skupinovou, kdy žáci pracovní list vypracovávají ve skupině.

Vzdělávací cíle: Žáci si uvědomí, jaký význam má mrtvé dřevo v lesích. Žáci specifikují charakteristiku hnilob. Žáci navrhnou, jaké podmínky ovlivňují rozklad dřeva. Žáci rozšíří své dosavadní obecné znalosti o mezidruhových interakcích o konkrétní příklady, ke kterým může docházet na pařezech a pahýlech. Žáci reprodukuje získané informace z textů k vypracování dílčích úkolů. Žáci prokáží porozumění tématu na základě řešení pracovních listů. Žáci si uvědomí, jaký význam mají pařezy a pahýly v lesích pro ekosystém a biodiverzitu.

Výchovné cíle: Žáci rozvíjejí své schopnosti práce s textem. Žáci kreativně přemýšlejí o ekologických otázkách. Žáci rozvíjejí analytické myšlení.

3.6 Metody terénní práce s žáky/ studenty v terénu

Pro výuku v terénu jsem zvolila metodu názorně-demonstrační, přesněji pozorování, v kombinaci s metodou dovednostně-praktickou, konkrétně manipulování a laborování. Pro terénní práci je vytvořen Pracovní list 2, který je zaměřen na práci v terénu a v laboratoři. V rámci terénní práce žáci navštíví vybrané modelové území pod vedením pedagoga. Vzdělávací a výchovné cíle Pracovního listu 2 jsou následující.

Vzdělávací cíle: Žáci aplikují získané vědomosti z Pracovního listu 1 v praktických úkolech Pracovního listu 2. Žáci zkoumají vzhled svého pařezu/pahýlu a vyvozují závěry o tom, jaký druh hniloby pařez/pahýl napadl a v jaké fázi rozkladu se daný pařez/pahýl nachází. Žáci pozorují život na pařezu/ pahýlu a registrují, jaké organismy se tam vyskytují. Ke každému organismu napíše, v jakých mezidruhových vztazích mohou být zapojeni a s kým. Žáci rozčlení pojmy k odpovídajícím kategoriím. Žáci analyzují stav semenáčků na daném pařezu/pahýlu. Žáci se naučí odebírat vzorky mechorostů. Žáci prohloubí své laboratorní dovednosti.

Výchovné cíle: Žáci se učí spolupracovat ve skupině. Žáci se učí respektovat přírodu. Žáci zlepšují svoji manuální dovednost.

4 Výsledky

4.1 Data z modelového území

Na devíti stanovištích v modelovém území jsem zaznamenala celkem 68 zástupců. Z toho bylo 25 druhů mechorostů, 6 druhů lišejníků a 7 druhů cévnatých rostlin. U některých zástupců bezobratlých živočichů a hub nebylo možné zařazení do druhu, a proto je u nich uveden pouze rod. Zaznamenala jsem celkem 23 zástupců bezobratlých živočichů a 7 zástupců hub.

Rozměry pařezů a pahýlů byly měřeny měřícím pásmem. Souřadnice objektů jsem zjistila pomocí hodinek Garmin Forerunner 735XT.

Tabulka 1: Charakteristika vybraných mikrostanovišť.

Mikrostanoviště	Výška (cm)	Průměr (cm)	Zápoj porostu (%)	Nadmořská výška (m n.m.)	Souřadnice N	Souřadnice E	fáze rozpadu (1-3)
Pahýl 1	300	89	30	558	50.4958616666667°	16.1334066666667°	2
Pahýl 2	100	61	65	557	50.496395°	16.133912°	2
Pahýl 3	120	50	40	474	50.494422°	16.144195°	1
Pařez 1	73	60	30	529	50.4951316666667°	16.12869°	3
Pařez 2	40	45	40	529	50.4958233333333°	16.12975°	3
Pařez 3	30	40	75	563	50.49521°	16.131883°	3
Pařez 4	54	60	90	470	50.49207°	16.14519°	3
Pařez 5	72	42	40	474	50.493057°	16.145587°	2
Pařez 6	78	43	60	536	50.49756°	16.134358°	2

4.1.1 Mechorosty

Tabulka 2: Seznam zaznamenaných mechorostů na vybraných stanovištích.

druh	český název	Pahýl 1	Pahýl 2	Pahýl 3	Pařez 1	Pařez 2	Pařez 3	Pařez 4	Pařez 5	Pařez 6
<i>Brachythecium rutabulum</i>	baňatka obecná			x		x			x	
<i>Dicranella heteromalla</i>	dvouhroteček různotvárný			x	x					
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	křídlečka zprohýbaná		x			x				x
<i>Dicranum montanum</i>	sobík chlumní			x						
<i>Dicranum scoparium</i>	dvouhrotec chvostnatý		x	x	x	x	x		x	x
<i>Harpanthus scutatus</i>	nivenka štítovitá								x	
<i>Hypnum andoi</i>	rokyt Andoův			x				x	x	x
<i>Hypnum cupressiforme</i>	rokyt cypřišovitý	x	x	x		x	x		x	x
<i>Chiloscyphus cuspidatus</i>	obhřebenka špičatá		x					x		x
<i>Chiloscyphus pallascens</i>	křehutka bledá			x						
<i>Chiloscyphus profundus</i>	obhřebenka různolistá	x	x	x	x	x	x	x		x
<i>Lepidozia reptans</i>	plevinka plazivá			x						
<i>Pellia neesiana</i>	pobřežnice Neesova							x		
<i>Plagiochila porelloides</i>	kaprad'ovka podhořankovitá								x	
<i>Plagiomnium affine</i>	měřík příbuzný			x				x	x	
<i>Plagiomnium cuspidatum</i>	měřík bodlavý							x		
<i>Plagiothecium curvifolium</i>	lesklec zakřivený	x	x			x	x	x	x	
<i>Plagiothecium laetum</i>	lesklec příjemný							x		
<i>Plagiothecium platyphyllum</i>	lesklec širolistý		x							
<i>Pleurozium schreberi</i>	travník Schreberův					x				
<i>Polytrichum formosum</i>	ploník ztenčený		x	x		x			x	x
<i>Rhynchostegium confertum</i>	zobanitka směstnaná							x		
<i>Riccardia latifrons</i>	stěkovec široký			x						
<i>Sciuro-hypnum reflexum</i>	baňatka zakřivená									
<i>Tetraphis pellucida</i>	čtyřzoubek průzračný			x				x	x	

4.1.2 Lišejníky

Tabulka 3: Seznam zaznamenaných lišejníků na vybraných stanovištích.

druh	český název	Pahýl 1	Pahýl 2	Pahýl 3	Pařez 1	Pařez 2	Pařez 3	Pařez 4	Pařez 5	Pařez 6
<i>Cladonia coniocraea</i>	dutohlávka jehlicovitá		x							
<i>Cladonia digitata</i>	dutohlávka prstovitá		x							
<i>Cladonia fimbriata</i>	dutohlávka třásnitá	x				x				
<i>Cladonia macilenta</i>	dutohlávka vyzáblá			x						
<i>Cladonia ochrochlora</i>	dutohlávka okrozelená			x					x	
<i>Lepraria finkii</i>	prášenka laločnatá	x		x						

4.1.3 Houby

Tabulka 4: Seznam zaznamenaných hub na vybraných stanovištích.

druh	český název	Pahýl 1	Pahýl 2	Pahýl 3	Pařez 1	Pařez 2	Pařez 3	Pařez 4	Pařez 5	Pařez 6
<i>Ceratiomyxa fruticulosa</i>	válečkovka keříčková								x	
<i>Dermocybe sp.</i>	pavučinec			x						
<i>Galerina sp.</i>	čepičatka							x		
<i>Gleophyllum odoratum</i>	anýzovník vonný			x						
<i>Hypnoloma sp.</i>	třepeňka	x								
<i>Laccaria amethystina</i>	lakovka ametystová				x					
<i>Lactarius rufus</i>	ryzec ryšavý				x					

4.1.4 Cévnaté rostliny

Tabulka 5: Seznam cévnatých rostlin zaznamenaných na vybraných stanovištích.

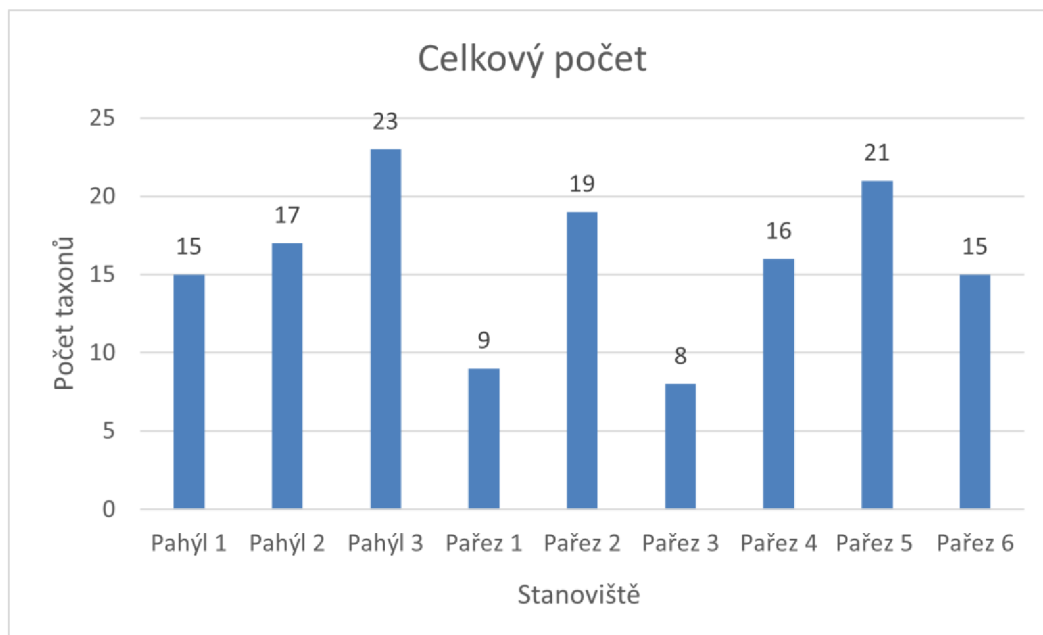
druh	český název	Pahýl 1	Pahýl 2	Pahýl 3	Pařez 1	Pařez 2	Pařez 3	Pařez 4	Pařez 5	Pařez 6
<i>Acer pseudoplatanus</i>	javor klen		x							
<i>Athyrium filix-femina</i>	paprátka samičí				x	x		x	x	
<i>Fagus sylvatica</i>	buk lesní				x			x		
<i>Larix decidua</i>	modřín opadavý						x	x		
<i>Oxalis acetosella</i>	šťavel kyselý	x	x			x			x	x
<i>Picea abies</i>	smrk ztepilý		x	x	x	x	x		x	x
<i>Vaccinium myrtillus</i>	brusnice borůvka					x			x	x

4.1.5 Bezobratlí živočichové

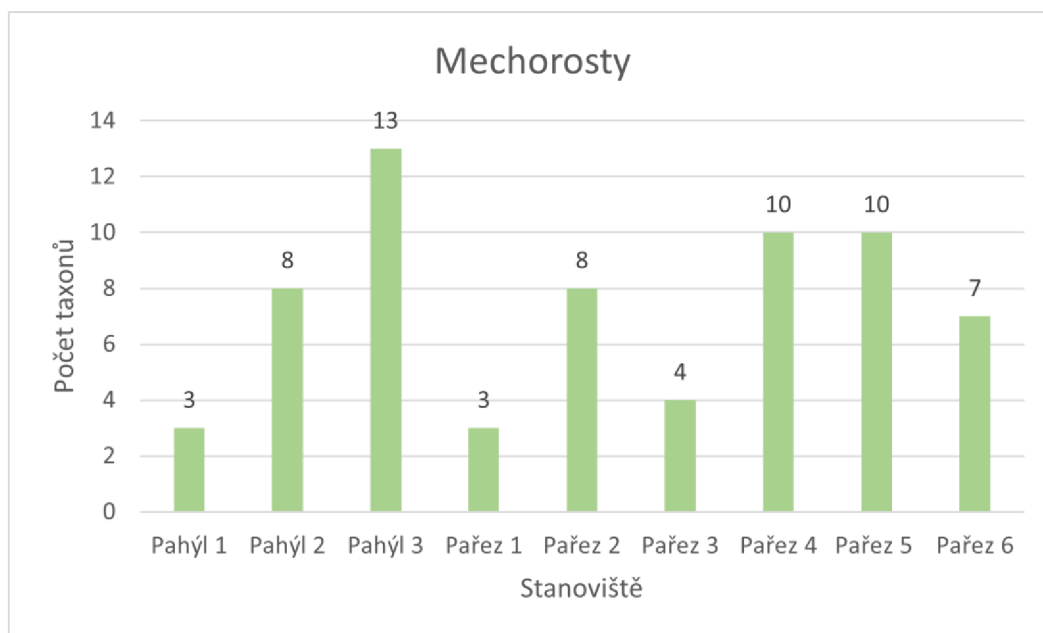
Tabulka 6: Seznam zaznamenaných bezobratlých živočichů na vybraných stanovištích.

taxon	český název	Pahýl 1	Pahýl 2	Pahýl 3	Pařez 1	Pařez 2	Pařez 3	Pařez 4	Pařez 5	Pařez 6
<i>Acari sp.</i>	roztoč								x	
<i>Acheta sp.</i>	cvrček					x				
<i>Amaurobius sp.</i>	cedivka	x								
<i>Arianta arbustorum</i>	plamatka lesní								x	
<i>Arion fuscus</i>	plzák hnědý		x	x		x				x
<i>Diplopoda</i>	mnohonožka	x								
<i>Harpella forficella</i>	krásněnka pařezová	x								
<i>Chasmias motatorius</i>							x			x
<i>Lacinius dentiger</i>	sekáč drobný									x
<i>Leptinotarsa</i>	mandelinka			x						
<i>Limax cinereoniger</i>	slimák popelavý	x					x			
<i>Myrmica rubra</i>	mravenec žahavý					x				
<i>Orchesella sp.</i>	huňatka			x					x	
<i>Pardosa sp.</i>	slíďák								x	
<i>Phaeostigma sp.</i>	dlouhošjka									x
<i>Phosphuga atrata</i>	mrchožrout černý	x								
<i>Platybunus bucephalus</i>	sekáč chlumní							x		
<i>Porcellio scaber</i>	stínka obecná	x	x			x				
<i>Pyropterus nigroruber</i>						x				
<i>Rilaena triangularis</i>	sekáč trojúhlný		x							
<i>Segestria senoculata</i>	segestra podkorní							x		
<i>Tetradontophora bielensis</i>	larvěnka obrovská	x	x	x	x	x			x	x
<i>Urocerus sp.</i>	pilořitka	x								

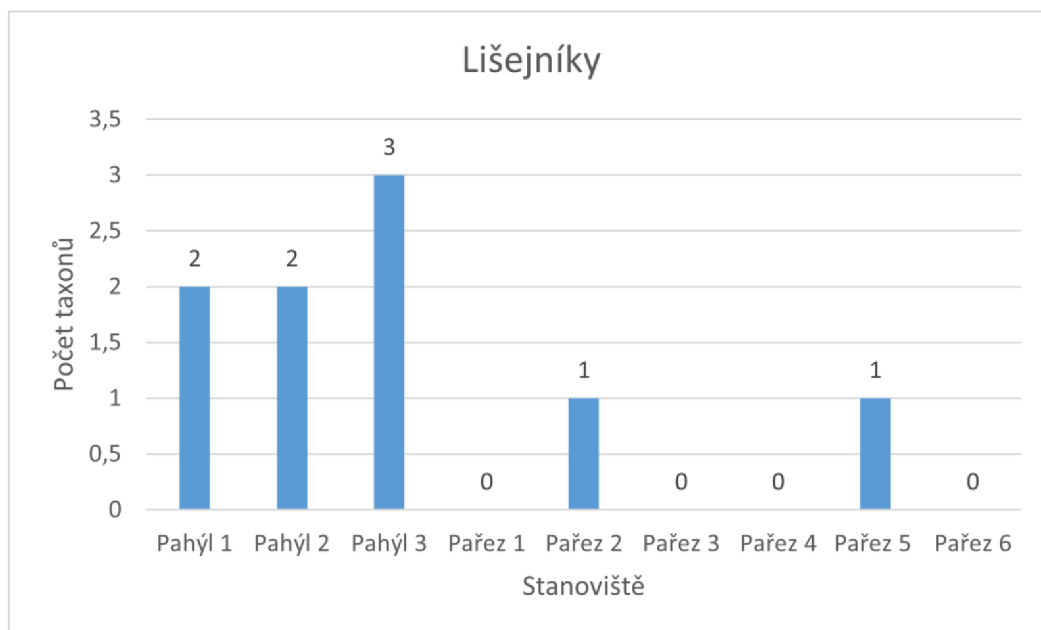
4.2 Grafické znázornění získaných dat



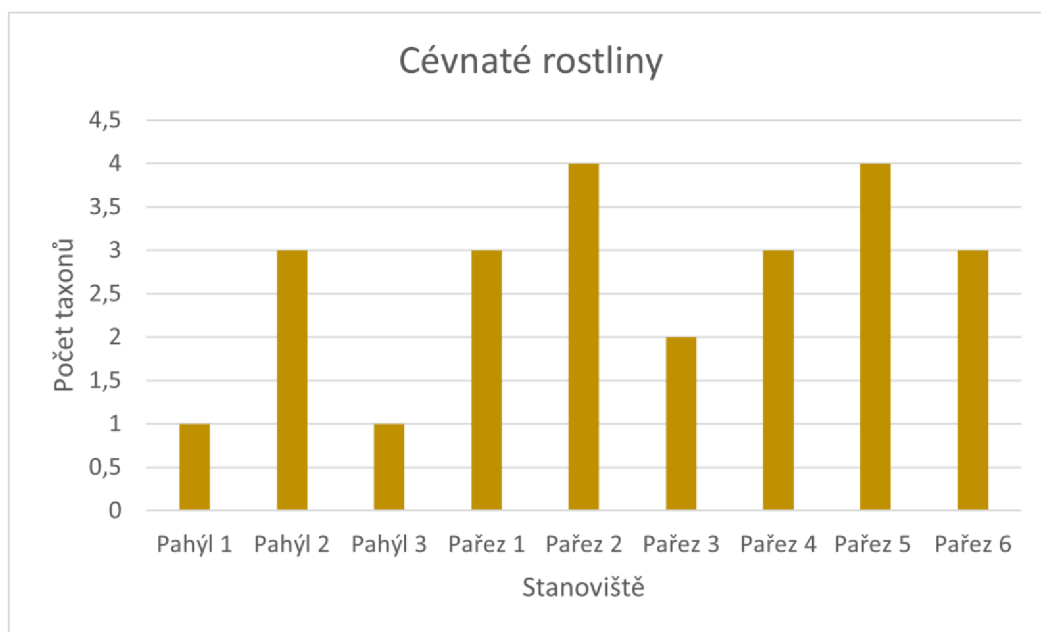
Obr. 3. Graf znázorňující celkový počet taxonů na vybraných stanovištích.



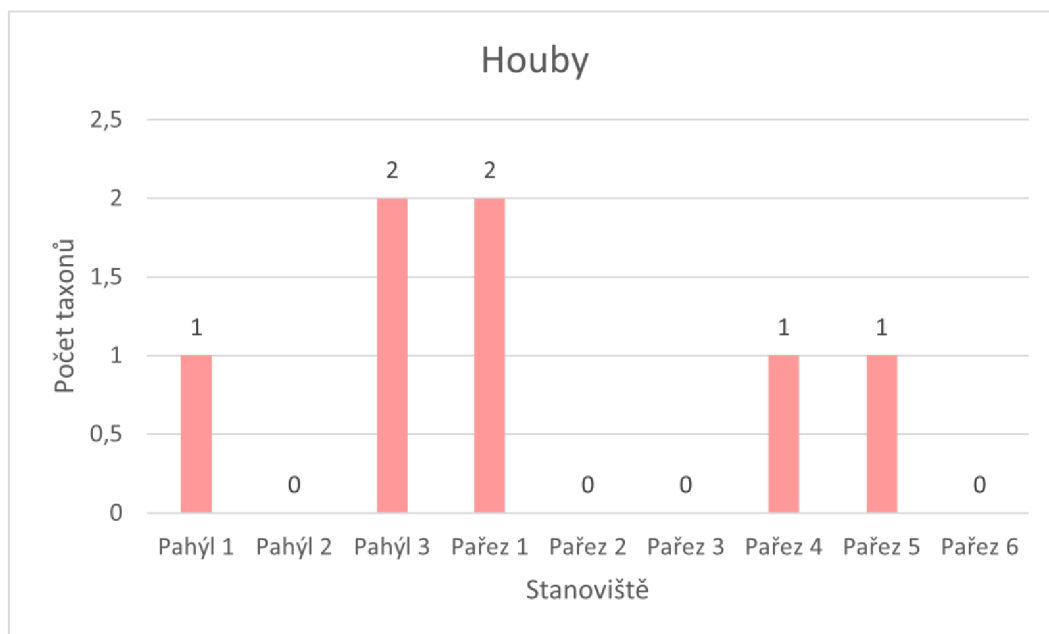
Obr. 4. Graf znázorňující celkový počet taxonů mechorostů na vybraných stanovištích.



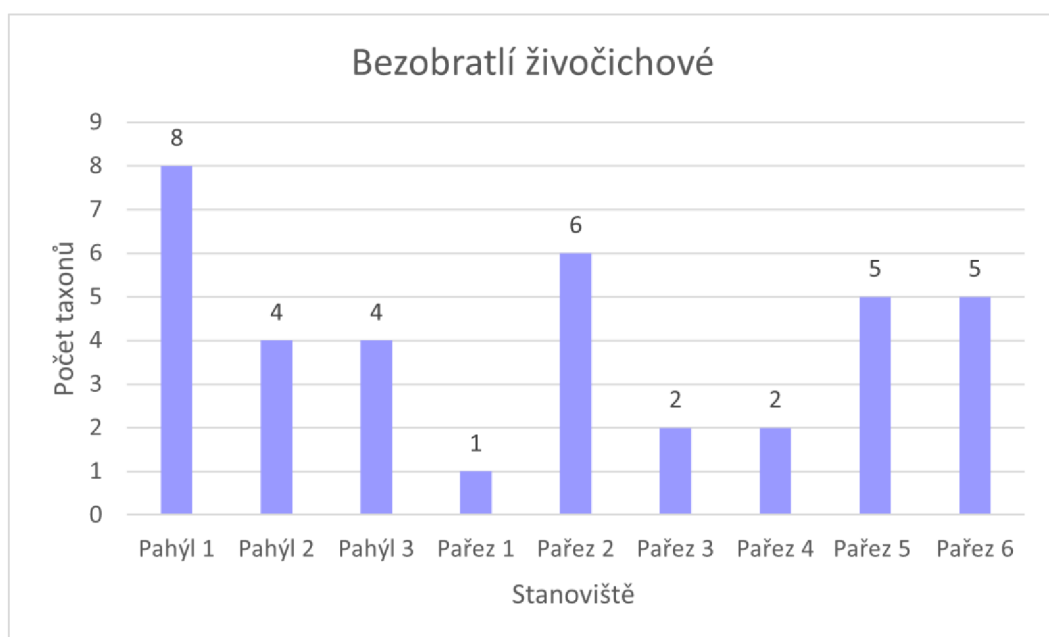
Obr. 5. Graf znázorňující celkový počet taxonů lišejníků na vybraných stanovištích.



Obr. 6. Graf znázorňující celkový počet taxonů cévnatých rostlin na vybraných stanovištích.



Obr. 7. Graf znázorňující celkový počet taxonů hub na vybraných stanovištích.



Obr. 8. Graf znázorňující celkový počet taxonů bezobratlých živočichů na vybraných stanovištích.

4.3 Návrhy pracovních listů

4.3.1 Pracovní list 1



PAŘEZY A PAHÝLY STROMŮ JAKO MIKROSTANOVIŠTĚ ZVYŠUJÍCÍ DRUHOVOU BIODIVERZITU LESNÍCH BIOCENÓZ

 Ahoj, jsem jedna z mnoha obyvatelů pařezů. Budu Vás provázet jednotlivými pasážemi a spolu si ukážeme, jaký je život na pařezu.

1) Zhlédněte edukační video, které je úzce spojeno s naším tématem. Odpovězte na otázky.

A) co je pro ekosystém důležité?
B) Jaké jsou jeho funkce?



 **2) Přečtěte si text o mrtvém dřevě (pařezy, pahýly) a rozhodněte o správnosti tvrzení.**

Významnou součástí lesních biocenóz jsou pařezy a pahýly stromů, které často nahrazují přirozená stanoviště a zvyšují celkovou druhovou diverzitu. Na mrtvé dřevo jsou specializovány choroše a další skupiny hub, mechorostů, lišejníků a bezobratlých živočichů. Mrtvé dřevo je též důležité pro život menších savců a ptáků. Ze studií vychází, že život 30—40 % všech lesních organismů je podmíněný vazbou na různé formy tlejícího dřeva. Na pařezech se vyskytují mikrostanoviště ve formě hnilob kmene, dutin, skulin pod kůrou, epifytických organismů, prasklin nebo dutin naplněných vodou. Větší rozmanitost typů mrtvého dřeva v porostu poskytuje větší rozmanitost mikrostanovišť. Jelikož mrtvé dřevo v důsledku rozkladu neustále mizí, je pro rozmanitost saproxylických druhů nutná kontinuita jeho přítomnosti v lesních biocenózách. Kontinuita v čase znamená zastoupení mrtvého dřeva v různých fázích rozkladu. Kontinuita v prostoru představuje důležitou roli pro sukcesi. Pro osidlování mikrostanovišť pařezů je zásadní vzdálenost od ostatních mrtvých dřevin, a to jednak kvůli organismům s omezeným šířením, jako jsou mechorosty, jednak kvůli relativně krátké životnosti pařezů.

TVRZENÍ

Pařezy a pahýly stromů nahrazují přirozená stanoviště.
Nižší diverzita mrtvého dřeva poskytuje větší rozmanitost mikrostanovišť.
Saproxylické druhy nejsou potravně nebo stanovištně vázané na mrtvé dřevo.
Při sukcesii pařezů není podstatná vzdálenost od jiných mrtvých dřevin.
Pro udržení a rozvoj diverzity saproxylických druhů je klíčová kontinuita mrtvého dřeva.

ROZHODNUTÍ

Ano	Ne
Ano	Ne
Ano	Ne
Ano	Ne
Ano	Ne

 **3) Zamyslete se nad tím, jakou roli mají pařezy a pahýly v lese. Své nápady si запиšte. K tomuto úkolu Vám mohou pomoci i jiné úkoly v pracovním listu.**



Obr. 9. První strana Pracovního listu 1.



4) V této části se zaměříme na rozklad dřeva. Jistě byste přišli na to, že veškeré mrtvé dřevo podléhá rozkladu. Věděli byste však, jak tento proces probíhá?

Na dřevo působí několik dílčích procesů, které dohromady tvoří rozkladný proces, na jehož konci se dřevo stane součástí půdy. Dílčími procesy jsou fragmentace, vyluhování, usazování, respirace, biologické transformace a zvětrávání. Biologická transformace zahrnuje veškeré přeměny, při nichž je dřevní organický materiál využíván organismy pro jejich metabolické procesy. Do těchto procesů se řadí například rozklad dřevorozkladnými houbami, při jejichž působení se rozkládá celulóza a lignin.

Rozklad dřeva je nejdůležitějším procesem pro recyklaci živin, tvorbu půdy a koloběh uhlíku v lesním ekosystému. Rozklad během prvních 5 až 10 let probíhá pomalu. Poté následuje fáze rychlého rozkladu, která trvá 10 let. Po ní nastupuje fáze dlouhého a pomalého rozkladu. Celkový rozklad dřeva vyžaduje podle podmínek desítky až stovky let.

A) Zjistěte, jaké druhy hnilob způsobují dřevokazné houby na dřevě. Najděte o nich několik informací a vyplňte tabulku.

DRUH HNILOBY		
CO JE ROZKLÁDÁNO		
VIZUÁLNÍ ZMĚNA		
STRUKTURÁLNÍ ZMĚNA		
PŘÍKLAD DŘEVOKAZNÉ HOUBY		

B) Vymyslete, co všechno může ovlivnit rozklad dřeva. Svě nápady запиšte.



Obr. 10. Druhá strana Pracovního listu 1.



5) Obecnými informacemi jste se již zabývali v ekologii, proto se teď zaměříme na konkrétní vztahy mezi organismy, které žijí na pařezech a pahýlech. Přečtěte si následující text a vypracujte úkoly.



V této kapitole se dozvíte více informací i o mně.

Sekundární metabolity lišejníků působí alelopaticky na mechorosty, cévnaté rostliny a jiné lišejníky. Metabolity uvolněné lišejníky do prostředí mohou u ostatních organismů ovlivňovat fotosyntézu, transpiraci a syntézu proteinů. Tyto metabolity mohou u mechorostů způsobit zpomalení klíčení spor. Některé látky vylučované lišejníky mají fungistatickou schopnost a svým působením zpomalují rozklad dřevokaznými houbami. Mechorosty poskytují habitat pro různé organismy, některé z nich jsou řasy, prvoci (Protozoa), hlístice (Nematoda), vířníky (Rotifera) a želvušky (Tardigrada). Vztah mezi mechorosty a jmenovanými organismy by bylo možné klasifikovat jako komensalismus. Pro mechorosty je vztah neutrální a pro ostatní organismy je vztah prospěšný. Vztah mezi želvuškami a mechorosty je komplikovanější, protože želvušky mají různé potravní strategie. Malé druhy se živí rozsivkami a bakteriemi. Jiné druhy jsou zaměřené na řasy či houby. Karnivorní želvušky se živí hlísticemi, prvoky, vířníky či menšími želvuškami. A některé druhy, jako například *Echiniscus testudo*, se živí výhradně mechorosty. U vztahu mezi herbivorními želvuškami a mechorosty se nabízí otázka, zda je vztah pro mechorosty neutrální nebo nevýhodný. Ačkoliv jsou želvušky pro některé obyvatele mechorostů predátory, pro plže žijící na listech mechorostů jsou kořistmi. Dalším organismem, který se živí mechorosty je plzák tmavý (*Arion subfuscus*). Mechorosty jsou oblíbeným zdrojem živin několika stovek druhů hub, které na mechorostech parazitují. Zástupci kmene Chytridiomycota jsou mikroskopičtí vnitrobuněční parazité. Rody stopkovýtrusných hub *Arrhenia* (mecháček) a *Rimbachia* (mecháček) jsou častými makroskopickými parazity, které na hostitelích vytvářejí plodnice. Další mezidruhovou interakcí je mutualismus.

A) Doplňte text:

Mutualismus je vztah, který je pro oba zúčastněné _____. Zaslouhou dlouhodobého soužití a koevoluce dohází k těsnější asimilaci mezi mutualistickými partnery. V mnoha případech jsou partneři natolik přizpůsobeni, že bez sebe nedokážou za normálních podmínek přežít a dají vzniknout novému organismu. Příkladem takového organismu je _____. _____ představuje soužití mykobionta a fotobionta. _____ jsou nejčastěji vřeckovýtrusé houby. Fotobiontem jsou _____ nebo _____.

B) Spojte informace tak, aby byly správné.

mechorosty
želvušky
želvušky
plzák
plzák
houby
houby

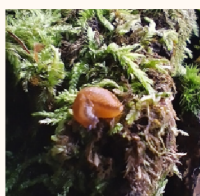
predace, karnivorie
mutualismus
parazitismus
komensalismus
herbivorie
predace, karnivorie
herbivorie

mechorosty
mechorosty, řasy
želvušky
hlístice, vířníci, prvoci
řasy, sinice
hlístice, vířníci, prvoci, řasy
mechorosty

alelopatie lišejníků
fungistatické látky
alelopatie lišejníků

zpomalení rozkladu dřevokaznými houbami
působení na klíčení spor mechorostů
ovlivnění fotosyntézy, transpirace, syntézy proteinů

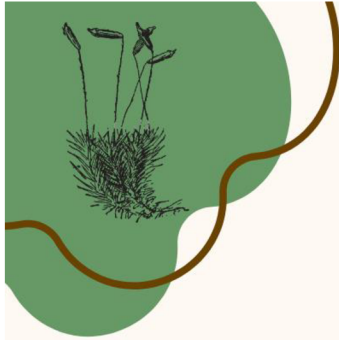
C) Na obrázku je plzák na pařezu. Napište, jaké mezidruhové vztahy zde můžeme pozorovat.



Plzák. Foto Kamila Šímková 2023.



Obr. 11. Třetí strana Pracovního listu 1.



6) V této části se budeme zabývat procesem sukcese na pařezech a pahýlech.



Sukcese se snaží o znovunastolení rovnováhy narušeného místa. Po těžbě/disturbanci dochází k reorganizaci a rekolonizaci. Proces je ovlivněn vnější i vnitřní ekologickou pamětí. Během sukcese se mění zastoupení druhů, čímž se mění i mezidruhové interakce. Maximální druhové diverzity bývá dosaženo po 10-20 letech.

Ve třídě jsou rozmístěné kartičky s informacemi o sukcesí. Vaším úkolem je (zástupce skupiny/skupina) získat informace z kartiček, díky kterým vyplníte následující cvičení.

Text 1: Sukcese hub

- Jaký je význam hub v procesu sukcese?
- Jaké látky v dřevě kolonizátoři využívají?
- Čím je ovlivněna diverzita hub na rozkládajícím se dřevě?



Třepenitka a larvénka obrovská.
Foto Kamila Šímková 2023.

Text 2: Sukcese bezobratlých živočichů

Rozhodněte o následujících větách:

Sukcesi bezobratlých živočichů rozdělujeme na 5 fází.

Prvními bezobratlými živočichy osídlující pařezy a pahýly jsou kovaříci.

Kůrovci a tesaříci jako první bezobratlí kolonizátoři na pařezech a pahýlech se živí lýkem, čímž perforují dřevo.



ANO X NE
ANO X NE
ANO X NE

Text 3: Sukcese bezobratlých živočichů

K jednotlivým fázím sukcese bezobratlých živočichů přiřadte správnou charakteristiku:

První fáze Druhá fáze Třetí fáze Čtvrtá fáze

vytváření tunelů ve dřevě,
nedostatek potravy a volného místa,
xylofágní larvy brouků,
saproxylofágní larvy (př. kovařík protáhlý),
edafická fauna,
uvolňování pařezu/pahýlu,
tesaříkovití + nosatcovití + kůrovci



Obr. 12. Čtvrtá strana Pracovního listu 1.



Text 4: Sukcese vyšších rostlin

Někdo pomotal informace. Zjistěte správné informace o daných tvrzeních a případné chyby opravte:

Pařezy nikdy neposkytují vhodné stanoviště pro vyšší rostliny.

Pařezy poskytují vhodný substrát pro klíčení semen dřevin, a to kvůli živinám, uhlíku a dusíku, které pařezy poskytují.



Semenáček smrku. Foto Kamila Šimková 2023.

Text 5: Sukcese mechorostů a lišejníků

Napište alespoň 3 věci, které lišejníky a mechorosty ovlivňují.

Jak se vyvíjí osídlení pařezů mechorosty?



Lišejníky a mechorosty. Foto Kamila Šimková 2023.

Text 6: Sukcese mechorostu a text 7: Sukcese lišejníků

Spojte čarou ty pojmy, které spolu souvisejí:

MECHOROSTY

pionýrské druhy,
udržují vlhké klima,
osidlování probíhá pomaleji,
tvorba a stabilizace půdy,
osidlování probíhá rychleji,
dutohlávka jehlicová,
křehutka různolistá

LIŠEJNÍKY



Obr. 13. Pátá strana Pracovního listu 1.

4.3.2 Pomůcky k Pracovnímu listu 1

1)

Houby jsou hlavními rozkladači organického materiálu včetně chemického rozkladu mrtvého dřeva. Primární kolonizátory představují druhy hub, které se vyskytují v živém dřevě jako latentní obyvatelé. Jakmile dřevo odumře, stávají se aktivními kolonizátory, kteří využívají oligosacharidy a celulózu obsažené ve dřevní hmotě. Kompetitivně silnější jsou sekundární kolonizátoři, jejichž spory se šíří vzdušnými proudy. Sekundární kolonizátoři intenzivně rozkládají celulózu a vytvářejí několik mezistupňů rozkladu. Po sekundárních kolonizátorech přicházejí pozdní kolonizátoři, kteří dokončují rozklad dřeva. Druhové spektrum hub se vyvíjí podle fáze rozkladu dřeva a s rostoucím rozkladem se zvyšuje jejich biodiverzita.



Třepenitka. Foto Kamila Šimková 2023 .



Třepenitka a larvénka obrovská. Foto Kamila Šimková 2023.

Obr. 14. Kartička s textem 1) k úloze 6) v Pracovním listu 1.

2)

Prvními bezobratlými živočichy, kteří osídlují pařezy a pahýly, jsou kůrovci a tesaříci. Žijí se lýkem, perforují dřevo a jsou přenašeči dalších druhů hub, které dřevo rozkládají. Tak se živiny ze dřeva stávají lépe stravitelné pro larvy brouků. Určité druhy brouků se živí výhradně dřevem, jiné hyfami hub. Jiné druhy jsou dravé a živí se bezobratlými žijícími v rozloženém dřevu. Sukcesi bezobratlých živočichů lze rozdělit na čtyři fáze.



Housenka krásněnky pařezové.
Foto Kamila Šimková 2023.

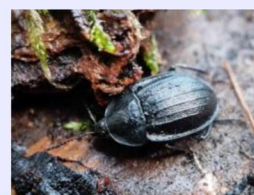


Larva dlouhošijky. Foto Kamila Šimková 2023 .

Obr. 15. Kartička s textem 2) k úloze 6) v Pracovním listu 1.

3)

První fáze zahrnuje konzumaci substrátu xylofágními larvami brouků, kteří vytváření ve dřevě tunely. Patří sem čeleď tesaříkovití, nosatcovití a kůrovci. Ve druhé fázi mají převahu saproxylofágní larvy kovařika protáhlého. Ve třetí fázi je pařez obsazen edafickou faunou, která jej využívá ke shánění potravy, k hnízdění a k úkrytu. Čtvrtá fáze představuje postupné uvolňování mikrostanoviště v důsledku nedostatku potravy, destrukce pařezu a nedostatku volného místa. Dalšími bezobratlými živočichy, kteří osídľují pařezy a pahýly stromů, jsou roupicovití, chvostoskoci, pancířníci, čmelíkovci, mravencovití, stonožkovci, hmyz, sekáči, pavouci a štírci.



Mrchožrout černý. Foto Kamila Šimková 2023.

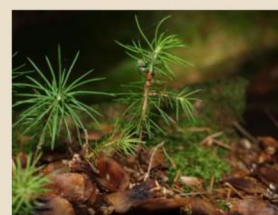


Slíďák. Foto Kamila Šimková 2023.

Obr. 16. Kartačka s textem 3) k úloze 6) v Pracovním listu 1.

4)

Postupem času pařezy poskytují vhodné stanoviště i pro vyšší rostliny. Rozkládající se dřevo poskytuje vhodný substrát pro klíčení semen dřevin, a tedy i pro regeneraci lesa. Přirozená obnova smrku ztepilého probíhá mnohem rychleji, pokud mohou semenáčky růst na rozkládajícím se dřevu. Pařezy poskytují kromě uhlíku i další živiny, například dusík, který je významný pro další vývoj společenstva.



Semenáček smrku. Foto Kamila Šimková 2023.



Brusnice borůvka. Foto Kamila Šimková 2023.

Obr. 17. Kartačka s textem 4) k úloze 6) v Pracovním listu 1.

5)

Epifytické mechorosty a lišejníky, jejichž významným stanovištěm je mrtvé dřevo, jsou podstatnými složkami biologické diverzity v lesních biocenózách. V mírných a boreálních lesích představují zásadní úlohu pro fungování ekosystému. Mechorosty a lišejníky se podílejí na fixaci uhlíku a dusíku. Svým působením ovlivňují vodní a teplotní podmínky půdy i vegetace. Dále mají mechorosty a lišejníky vliv na půdní chemismus a na erozi půdy. Málo osídleny bývají pařezy, které jsou mladší než 4 roky. Pařezy starší 18 let bývají značně rozpadlé a souvisle porostlé mechorosty. Interakce mechorostů a lišejníků s cévnatými rostlinami ovlivňuje sukcesi vegetace.

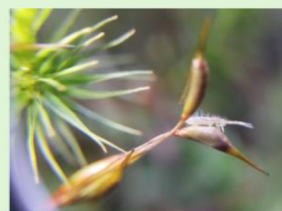


Lišejníky a mechorosty. Foto Kamila Šimková 2023.

Obr. 18. Kartička s textem 5) k úloze 6) v Pracovním listu 1.

6)

Mechorosty neumí dostatečně regulovat příjem vody, a tak vodu přijímají rychle, avšak ji pomalu uvolňují, čímž přispívají k udržení vlhkého mikroklimatu. Nedostatek mechorostů může mít negativní dopad na rychlost rozkladu, přístupnost dusíku a akumulaci uhlíku v půdě. Osidlování mechorosty probíhá pomaleji a druhová diverzita se zvyšuje po celou dobu rozkladu. Na tlejících pařezech rostou mechorosty jako obhřebenka špičatá (*Lophocolea bidentata*), křehutka různolistá (*Lophocolea heterophylla*), baňatka obecná (*Brachythecium rutabulum*), čtyřzoubek průzračný (*Tetraphis pellucida*) a mnoho dalších.



Dvouhrtec chvostnatý a huňatka. Foto Kamila Šimková 2023.



Křehutka různolistá. Foto Kamila Šimková 2023.

Obr. 19. Kartička s textem 6) k úloze 6) v Pracovním listu 1.

7)

Lišejníky dokážou přežít v prostředí s omezeným množstvím živin a vody, a proto mají důležitou funkci jako pionýrské druhy, které připravují stanoviště pro osídlování dalšími organismy. V raných sukcesních stádiích se lišejníky podílejí také na tvorbě a stabilizaci půdy. Lišejníky kolonizují pařezy rychleji než mechorosty. Na pařezech se mohou vyskytovat lišejníky jako dutohlávka jehlicovitá (*Cladonia digitata*), prášenka (*Lepraria*), dutohlávka jehlicovitá (*Cladonia coniocraea*) a mnoho dalších.



Dutohlávka jehlicovitá a semenáček smrku.
Foto Kamila Šimková 2023.



Dutohlávka třásnitá. Foto Kamila Šimková 2023.

Obr. 20. Kartička s textem 7) k úloze 6) v Pracovním listu 1.

4.3.3 Pracovní list 2



PAŘEZY A PAHÝLY STROMŮ JAKO MIKROSTANOVIŠTĚ ZVYŠUJÍCÍ DRUHOVOU BIODIVERZITU LESNÍCH BIOCENÓZ

PRÁCE V TERÉNU

Doposud jsme se zabývali teorií. V této části budeme zkoumat pařezy a pahýly v lese. A poté budeme zkoumat vzorky v laboratoři.

1) Ze škály pro rozklad dřeva vyberte tu fázi, která odpovídá Vašemu pařezu/pahýlu:

1. fáze - kůra je neporušená
2. fáze - kůra je uvolněná či odpadává, nedochází k degradaci bělového dřeva
3. fáze - kůra není přítomna, dochází k degradaci bělového dřeva
4. fáze - kůra není přítomna, značná degradace bělového dřeva
5. fáze - kůra není přítomna, dochází k degradaci bělového i jádrového dřeva

2) Popište vzhled Vašeho pařezu/pahýlu. Jakým druhem hniloby je pařez/pahýl napaden?

3) Pozorujte život na pařezu/pahýlu. Zapište druhy (rody) nebo skupiny organismů, které se zde nacházejí. Ke každé skupině napište, v jakým mezidruhových vztazích mohou být zapojeni a s kým.

1

Obr. 21. První strana Pracovního listu 2.



4) Mechorosty a lišejníky jsou nejčastějšími organismy na pařezech/pahýlech. Vzpomenete si na jejich charakteristiky? Přiřadte pojmy k příslušným kategoriím. Některé pojmy mohou být využity 2x.

Pojmy: kauloid, fyloid, rhizoid; bioindikátor; štět s tobolečkou; stélka (korovitá, lupenitá, keříčkovitá, vláknitá); mutualismus; plodnice; rodozměna; poikilohydrie; množilky (gemy); zadržování vody; epifytismus; sekundární metabolity; vznik rašeliny; dříve využívány jako barvivo; pionýrský organismus; fotobiont a mykobiont; stélka (lupenitá, rozlišená); podstatnější je nepohlavní rozmnožování; převažuje haploidní gametofyt; usnová kyselina (antivirové, spasmolytické, antimikrobiální účinky); vázané na vlhké prostředí



MECHOROSTY	LIŠEJNÍKY

6) Prozkoumejte daný pařez/pahýl a zjistěte, kolik se na něm vyskytuje semenáčků. Vytvořte nákresy semenáčků a poté zjistěte, k jakému druhu patří. Čím je mrtvé dřevo pro semenáčky prospěšné?

Počet: Druhy:

Nákres:

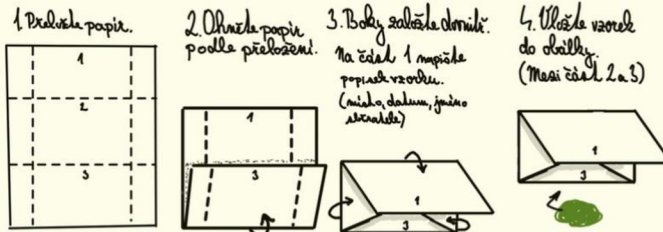
Mrtvé dřevo a semenáčky:



Obr. 22. Druhá strana Pracovního listu 2.



5) Odeberte vzorek libovolného mechorostu.

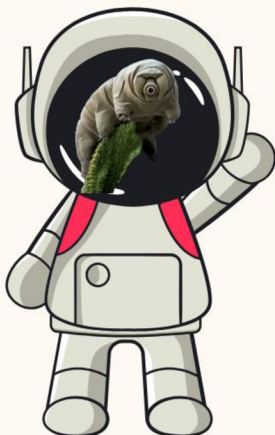


6) V laboratoři připravte preparát ze vzorku mechorostu a nahlédněte do mikroskopického světa mechorostů. Pokud budete mít štěstí, můžete tam objevit i mě, jak si pluji zeleným vesmírem.



Vytvořte nákresy organismů, které jste objevili. Za pomoci vyučujícího se je pokuste určit. Objevili jste tvora, který nás celou dobu doprovází?

Nákres:



Přišli jste na to, kdo jsem?

Jsem želvuška (Tardigrada). Mými nejbližšími příbuznými jsou členovci (Arthropoda) a drápkovci (Onychophora). Měřím kolem 250–500 μm . Žiju v mořských, sladkovodních i terestrických habitatech. Pro aktivní život potřebuju vodní prostředí.

Věděli jste, že nás několikrát poslali do vesmíru, kde jsme se zúčastnily výzkumů? Zjistili, že jsme schopné přežít extrémní podmínky ve vesmíru (vakuum, kosmické záření, mikrogravitace). Po návratu na Zemi jsme byly schopné se opět rozmnožovat. Naše existence otvírá otázky o potenciální distribuci života v kosmu.



Obr. 23. Třetí strana Pracovního listu 2.

4.3.4 Řešení Pracovního listu 1



PAŘEZY A PAHÝLY STROMŮ JAKO MIKROSTANOVIŠTĚ ZVYŠUJÍCÍ DRUHOVOU BIODIVERZITU LESNÍCH BIOCENÓZ

Ahoj, jsem jedna z mnoha obyvatelů pařezů. Budu Vás provázet jednotlivými pasážemi a spolu si ukážeme, jaký je život na pařezu.

1) Zhlédněte edukační video, které je úzce spojeno s naším tématem. Odpovězte na otázky.

A) co je pro ekosystém důležité? **mrtvé dřevo**
B) Jaké jsou jeho funkce? **zadržuje vodu v krajině; ovlivňuje vodní režim v lesích; obnova lesa; brání erozi; základ pro výživu další generace stromů; podpora uchycení mechorostů - poté dalších rostlin --> vytvoření mikroklima pro růst stromů**



2) Přečtěte si text o mrtvém dřevě (pařezy, pahýly) a rozhodněte o správnosti tvrzení.

Významnou součástí lesních biocenóz jsou pařezy a pahýly stromů, které často nahrazují přirozená stanoviště a zvyšují celkovou druhovou diverzitu. Na mrtvé dřevo jsou specializovány choroše a další skupiny hub, mechorostů, lišejníků a bezobratlých živočichů. Mrtvé dřevo je též důležité pro život menších savců a ptáků. Ze studií vychází, že život 30—40 % všech lesních organismů je podmíněn vazbou na různé formy tlejícího dřeva. Na pařezech se vyskytují mikrostanoviště ve formě hnilob kmene, dutin, skulin pod kůrou, epifytických organismů, prasklin nebo dutin naplněných vodou. Větší rozmanitost typů mrtvého dřeva v porostu poskytuje větší rozmanitost mikrostanovišť. Jelikož mrtvé dřevo v důsledku rozkladu neustále mizí, je pro rozmanitost saproxylických druhů nutná kontinuita jeho přítomnosti v lesních biocenózách. Kontinuita v čase znamená zastoupení mrtvého dřeva v různých fázích rozkladu. Kontinuita v prostoru představuje důležitou roli pro sukcesi. Pro osidlování mikrostanovišť pařezů je zásadní vzdálenost od ostatních mrtvých dřevin, a to jednak kvůli organismům s omezeným šířením, jako jsou mechorosty, jednak kvůli relativně krátké životnosti pařezů.

TVRZENÍ

Pařezy a pahýly stromů nahrazují přirozená stanoviště.
Nižší diverzita mrtvého dřeva poskytuje větší rozmanitost mikrostanovišť.
Saproxylické druhy nejsou potravně nebo stanovištně vázány na mrtvé dřevo.
Při sukcesii pařezů není podstatná vzdálenost od jiných mrtvých dřevin.
Pro udržení a rozvoj diverzity saproxylických druhů je klíčová kontinuita mrtvého dřeva.

ROZHODNUTÍ

<input checked="" type="radio"/> Ano	<input type="radio"/> Ne
<input type="radio"/> Ano	<input checked="" type="radio"/> Ne
<input type="radio"/> Ano	<input checked="" type="radio"/> Ne
<input type="radio"/> Ano	<input checked="" type="radio"/> Ne
<input checked="" type="radio"/> Ano	<input type="radio"/> Ne

3) Zamyslete se nad tím, jakou roli mají pařezy a pahýly v lese. Své nápady si запиšte. K tomuto úkolu Vám mohou pomoci i jiné úkoly v pracovním listu.

nahrazení přirozených stanovišť; zvýšení druhové diverzity; podklad pro mechorosty, lišejníky, řasy, houby, rostliny; úkryt pro zvířata; tvorba půdy; zdroj potravy; recyklace živin; koloběh uhlíku; regenerace lesa; nové stanoviště; zdroj živin a energie



1

Obr. 24. Řešení první strany Pracovního listu 1.



4) V této části se zaměříme na rozklad dřeva. Jistě byste přišli na to, že veškeré mrtvé dřevo podléhá rozkladu. Věděli byste však, jak tento proces probíhá?

Na dřevo působí několik dílčích procesů, které dohromady tvoří rozkladný proces, na jehož konci se dřevo stane součástí půdy. Dílčími procesy jsou fragmentace, vyluhování, usazování, respirace, biologické transformace a zvětrávání. Biologická transformace zahrnuje veškeré přeměny, při nichž je dřevní organický materiál využíván organismy pro jejich metabolické procesy. Do těchto procesů se řadí například rozklad dřevorozkladnými houbami, při jejichž působení se rozkládá celulóza a lignin.

Rozklad dřeva je nejdůležitějším procesem pro recyklaci živin, tvorbu půdy a koloběh uhlíku v lesním ekosystému. Rozklad během prvních 5 až 10 let probíhá pomalu. Poté následuje fáze rychlého rozkladu, která trvá 10 let. Po ní nastupuje fáze dlouhého a pomalého rozkladu. Celkový rozklad dřeva vyžaduje podle podmínek desítky až stovky let.

A) Zjistěte, jaké druhy hnilob způsobují dřevokazné houby na dřevě. Najděte o nich několik informací a vyplňte tabulku.

DRUH HNILOBY	bílá	hnědá
CO JE ROZKLÁDÁNO	celulóza, hemicelulóza, lignin	celulóza, hemicelulóza
VIZUÁLNÍ ZMĚNA	dřevo světlá, (přechodně může být i tmavší barva), zetlelé části dřeva ohraničené černohnědým pruhem	tmavošedé, hnědé, červené zbarvení
STRUKTURÁLNÍ ZMĚNA	dřevo celkově měkne	dřevo se rozpadá na drobné kostičky, později se rozmělní na prach
PŘÍKLAD DŘEVOKAZNÉ HOUBY	Onnia leporina (ďubkatec smrkový), Onnia triquetra (ďubkatec borový) a Phellinus chrysoloma (ohňovec smrkový)	Fomitopsis pinicola (troudnatec pásovaný), Postia stiptica (bělochoroš hořký) a Piptoporus betulinus (březovník obecný)

B) Vymyslete, co všechno může ovlivnit rozklad dřeva. Své nápady запиšte.

příčina úmrtí stromu, druh stromu, délka a průměr dřeva, forma mrtvého dřeva, režim narušení, stanovištní podmínky, třída rozkladu, biologická aktivita, klimatické podmínky, vlhkost, teplota, poměr O₂ a CO₂



Obr. 25. Řešení druhé strany Pracovního listu 1.



5) Obecnými informacemi jste se již zabývali v ekologii, proto se teď zaměříme na konkrétní vztahy mezi organismy, které žijí na pařezech a pahýlech. Přečtěte si následující text a vypracujte úkoly.



V této kapitole se dozvíte více informací i o mně.

Sekundární metabolity lišejníků působí alelopaticky na mechorostry, cévnaté rostliny a jiné lišejníky. Metabolity uvolněné lišejníky do prostředí mohou u ostatních organismů ovlivňovat fotosyntézu, transpiraci a syntézu proteinů. Tyto metabolity mohou u mechorostrů způsobit zpomalení klíčení spor. Některé látky vylučované lišejníky mají fungistatickou schopnost a svým působením zpomalují rozklad dřevokaznými houbami. Mechorostry poskytují habitat pro různé organismy, některé z nich jsou řasy, prvoci (Protozoa), hlístice (Nematoda), vířníky (Rotifera) a želvušky (Tardigrada). Vztah mezi mechorostry a jmenovanými organismy by bylo možné klasifikovat jako komensalismus. Pro mechorostry je vztah neutrální a pro ostatní organismy je vztah prospěšný. Vztah mezi želvuškami a mechorostry je komplikovanější, protože želvušky mají různé potravní strategie. Malé druhy se živí rozsivkami a bakteriemi. Jiné druhy jsou zaměřené na řasy či houby. Karnivorní želvušky se živí hlísticemi, prvoky, vířníky či menšími želvuškami. A některé druhy, jako například *Echiniscus testudo*, se živí výhradně mechorostry. U vztahu mezi herbivorními želvuškami a mechorostry se nabízí otázka, zda je vztah pro mechorostry neutrální nebo nevýhodný. Ačkoliv jsou želvušky pro některé obyvatele mechorostrů predátory, pro plže žijící na listech mechorostrů jsou kořistmi. Dalším organismem, který se živí mechorostry je plzák tmavý (*Arion subfuscus*). Mechorostry jsou oblíbeným zdrojem živin několika stovek druhů hub, které na mechorostrtech parazitují. Zástupci kmene Chytridiomycota jsou mikroskopičtí vnitrobuněční parazité. Rody stopkovýtusných hub *Arrhenia* (mecháček) a *Rimbachia* (mecháček) jsou častými makroskopickými parazity, které na hostitelích vytvářejí plodnice. Další mezidruhovou interakcí je mutualismus.

A) Doplňte text:

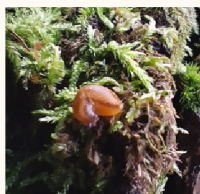
Mutualismus je vztah, který je pro oba zúčastněné **prospěšný**. Zásluhou dlouhodobého soužití a koevoluce dohází k těsnější asimilaci mezi mutualistickými partnery. V mnoha případech jsou partneři natolik přizpůsobeni, že bez sebe nedokážou za normálních podmínek přežít a dají vzniknout novému organismu. Příkladem takového organismu je **lišejník**. **Lišejník** představuje soužití mykobionta a fotobionta. **Mykobiontem** jsou nejčastěji vřekovýtusé houby. Fotobiontem jsou **sinice** nebo **řasy**.

B) Spojte informace tak, aby byly správné.

mechorostry	predace, karnivorie	mechorostry
želvušky	mutualismus	mechorostry, řasy
želvušky	parazitismus	želvušky
plzák	komensalismus	hlístice, vířníci, prvoci
plzák	herbivorie	řasy, sinice
houby	predace, karnivorie	hlístice, vířníci, prvoci, řasy
houby	herbivorie	mechorostry

alelopatie lišejníků	zpomalení rozkladu dřevokaznými houbami
fungistatické látky	působení na klíčení spor mechorostrů
alelopatie lišejníků	ovlivnění fotosyntézy, transpirace, syntézy proteinů

C) Na obrázku je plzák na pařezu. Napište, jaké mezidruhové vztahy zde můžeme pozorovat.

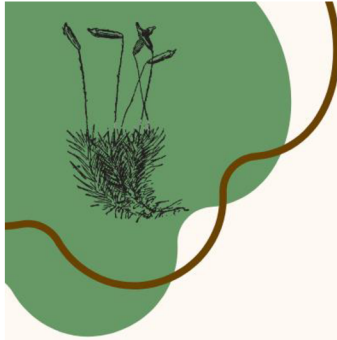


Plzák. Foto Kamila Šímková 2023.

- plzák - herbivorie na mechorostrtech
- plzák - karnivorie na želvuškách
- (mikroskopicky: želvušky - predace na jiných želvuškách, hlísticích, prvocích; želvušky - herbivorie mechorostrů a řas)



Obr. 26. Řešení třetí strany Pracovního listu 1.



6) V této části se budeme zabývat procesem sukcese na pařezech a pahýlech.



Sukcese se snaží o znovunastolení rovnováhy narušeného místa. Po těžbě/disturbanci dochází k reorganizaci a rekolonizaci. Proces je ovlivněn vnější i vnitřní ekologickou pamětí. Během sukcese se mění zastoupení druhů, čímž se mění i mezidruhové interakce. Maximální druhové diverzity bývá dosaženo po 10-20 letech.

Ve třídě jsou rozmístěné kartičky s informacemi o sukcesí. Vaším úkolem je (zástupce skupiny/skupina) získat informace z kartiček, díky kterým vyplníte následující cvičení.

Text 1: Sukcese hub

- Jaký je význam hub v procesu sukcese?
hlavní rozkladači organického materiálu, chemický rozklad mrtvého dřeva
- Jaké látky v dřevě kolonizátoři využívají?
oligosacharidy, celulózu
- Čím je ovlivněna diverzita hub na rozkládajícím se dřevě?
fází rozkladu, diverzita hub roste s rozkladem dřeva



Třepeňka a larvénka obrovská.
Foto Kamila Šímková 2023.

Text 2: Sukcese bezobratlých živočichů

Rozhodněte o následujících větách:

Sukcesi bezobratlých živočichů rozdělujeme na 5 fází. Prvními bezobratlými živočichy osídlující pařezy a pahýly jsou kovaříci. Kůrovci a tesaříci, jako první bezobratlí kolonizátoři na pařezech a pahýlech, se živí lýkem, čímž perforují dřevo.



ANO ~~X~~ NE
ANO ~~X~~ NE
ANO ~~X~~ NE

Text 3: Sukcese bezobratlých živočichů

K jednotlivým fázím sukcese bezobratlých živočichů přiřadte správnou charakteristiku:

První fáze	Druhá fáze	Třetí fáze	Čtvrtá fáze
vytváření tunelů ve dřevě, xylofágní larvy brouků, tesaříkovití + nosatcovití + kůrovci	saproxylofágní larvy (př. kovařík protáhlý)	edafická fauna	uvolňování pařezu/pahýlu, nedostatek potravy a volného místa
vytváření tunelů ve dřevě, nedostatek potravy a volného místa, xylofágní larvy brouků, saproxylofágní larvy (př. kovařík protáhlý), edafická fauna, uvolňování pařezu/pahýlu, tesaříkovití + nosatcovití + kůrovci			



Obr. 27. Řešení čtvrté strany Pracovního listu 1.



Text 4: Sukcese vyšších rostlin

Někdo pomotal informace. Zjistěte správné informace o daných tvrzeních a případné chyby opravte:

Pařezy nikdy neposkytují vhodné stanoviště pro vyšší rostliny.
chybné; Pařezy časem poskytují vhodné stanoviště pro vyšší rostliny.

Pařezy poskytují vhodný substrát pro klíčení semen dřevin, a to kvůli živinám, uhlíku a dusíku, které pařezy poskytují.
správné

Text 5: Sukcese mechorostů a lišejníků

Napište alespoň 3 věci, které lišejníky a mechorosty ovlivňují.

biologickou diverzitu v lesních biocenózách, fungování ekosystému, fixaci uhlíku a dusíku, vodní a teplotní podmínky půdy a vegetace, půdní chemismus, erozi půdy

Jak se vyvíjí osídlení pařezů mechorosty?

pařezy mladší 4 let jsou málo osídleny, pařezy starší 18 let bývají souvisle porostlé mechorosty



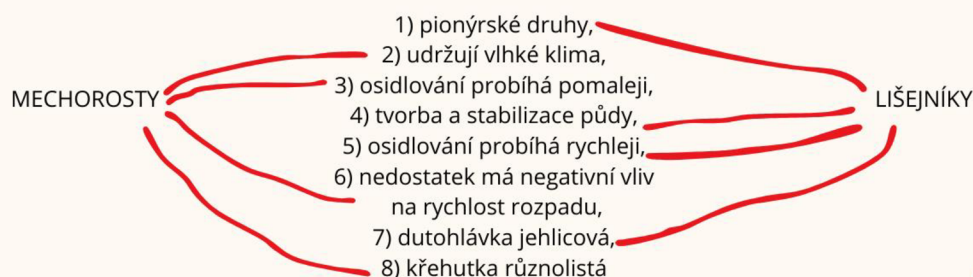
Semenáček smrku. Foto Kamila Šimková 2023.



Lišejníky a mechorosty. Foto Kamila Šimková 2023.

Text 6: Sukcese mechorostu a text 7: Sukcese lišejníků

Spojte čarou ty pojmy, které spolu souvisejí:



Obr. 28. Řešení páté strany Pracovního listu 1.

4.3.5 Řešení Pracovního listu 2



4) Mechorosty a lišejníky jsou nejčastějšími organismy na pařezech/pahýlech. Vzpomenete si na jejich charakteristiky? Přiřadte pojmy k příslušným kategoriím. Některé pojmy mohou být využity 2x.

Pojmy: kauloid, fyloid, rhizoid; bioindikátor; štět s tobolečkou; stélka (korovitá, lupenitá, keříčkovitá, vláknitá); mutualismus; plodnice; rodozměna; poikilohydrie; množilky (gemy); zadržování vody; epifytismus; sekundární metabolity; vznik rašeliny; dřívě využívány jako barvivo; pionýrský organismus; fotobiont a mykobiont; stélka (lupenitá, rozlišená); podstatnější je nepohlavní rozmnožování; převažuje haploidní gametofyt; usnová kyselina (antivirové, spasmolytické, antimikrobiální účinky); vázané na vlhké prostředí

MECHOROSTY	LIŠEJNÍKY
<ul style="list-style-type: none"> rodozměna převažuje haploidní gametofyt vázané na vlhké prostředí množilky (gemy) zadržování vody vznik rašeliny epifytismus poikilohydrické stélka (lupenitá, rozlišená) štět s tobolečkou pionýrský organismus bioindikátor kauloid, fyloid, rhizoid 	<ul style="list-style-type: none"> mutualismus stélka (korovitá, lupenitá, keříčkovitá, vláknitá) plodnice poikilohydrické dřívě využívány jako barvivo fotobiont, mikobiont epifytismus podstatnější je nepohlavní rozmnožování sekundární metabolity pionýrský organismus usnová kyselina (antivirové, spasmolytické, antimikrobiální účinky) bioindikátor

6) Prozkoumejte daný pařez/pahýl a zjistěte, kolik se na něm vyskytuje semenáčků. Vytvořte nákresy semenáčků a poté zjistěte, k jakému druhu patří. Čím je mrtvé dřevo pro semenáčky prospěšné?

Počet: Druhy:

Nákres:

Mrtvé dřevo a semenáčky:



Obr. 29. Řešení druhé strany Pracovního 2.

5 Diskuse

Nejvyšší celková diverzita byla zjištěna u Pahýlu 3 a Pařezu 5. Myslím si, že zde jsou nejlepší podmínky pro sukcesi organismy. Objekty se překvapivě nenacházejí na okraji lesa. Jsou lokalizovány v blízkosti potůčku, který zajišťuje vlhkost. Odhadovaný zápoj korun smrků byl nad těmito objekty stanoven přibližně 40 %. Objekty se lišily také fázemi rozkladu. Pahýl 3 byl v první fázi rozkladu (tj. téměř se nerozkládal). Pařez 5 se rozkládat začínal (druhá fáze rozkladu). V podobných podmínkách se nachází i Pařez 4, kde jsem zjistila celkem 16 taxonů.

Sukcesi lišejníků na mrtvém dřevě se v minulosti věnovali Nascimbene et al. (2013). V lesních ekosystémech zaznamenali celkem 22 lišejníků na mrtvém dřevě. Moje vlastní výsledky potvrzují výskyt 3 druhů lišejníků, a to *Cladonia coniocraea*, *Cladonia digitata* a *Lepraria finkii*. Sama jsem zaznamenala ještě dutohlávku *Cladonia fimbriata*, avšak Nascimbene et al. (2013) tento lišejník uvádějí pouze z živého stromu. Našla jsem také 2 druhy, které Nascimbene et al. (2013) neuvádějí: *Cladonia macilenta* a *Cladonia ochrochlora*.

Druhovú diverzitu mechorostů se počty od lišejníků lišila. Nejvyššího počtu dosáhla na Pahýlu 3 (13 druhů) a poté na Pařezu 5 a 4 bylo dosaženo stejného počtu (10 druhů). Tábořská et al. (2015) uvádí, že nejvyšší druhová diverzita mechorostů je vázána na druhou fázi rozkladu. V tomto tvrzení se rozcházíme, protože Pahýl 3 se nacházel v první fázi rozpadu. Tábořská et al. (2015) také zdůrazňuje význam pH rozkládajícího se dřeva pro diverzitu mechorostů. Sama jsem při svém výzkumu nezjišťovala pH rozkládajícího se dřeva a můžu se jen domnívat, že kvůli přítomnosti kůry na Pahýlu 3 byla hodnota pH dřeva vyšší než u Pařezu 5, což způsobilo vyšší diverzitu v první fázi než v druhé fázi rozkladu. Postupem rozkladu se pH rozkládajícího dřeva snižuje, avšak v poslední fázi se může zvýšit v důsledku nahromadění živin (Tábořská et al., 2015). Tato hypotéza by mohla podpořit diverzitu u Pařezu 4, který byl ve třetí fázi rozkladu. Porovnávání Pahýlu 3, Pařezu 5 a Pařezu 4 nemusí být přesné, protože vzhledem k fázi rozkladu Pařezu 4 nevíme, o jaký druh stromu se jedná. Nejméně mechorostů bylo nalezeno na Pahýlu 1, Pařezu 1 a Pařezu 3. Nižší diverzita může být ovlivněna stanovištními podmínkami. Pahýl 1 a Pařez 1 měly malý zápoj korun, což podle mě nejvíce ovlivnilo diverzitu mechorostů. Pařez 3 byl zastíněn více než Pařez 1 a 3, a přesto byla diverzita nízká. Myslím si, že vlhkost na stanovištích Pahýl 1, Pařez 1 a Pařez 3 byla nižší než na stanovištích Pahýl 3, Pařez 5 a Pařez 4. Ze svého pozorování usuzuji, že pro diverzitu mechorostů je důležitá vlhkost a přiměřený zápoj. Je-li zápoj příliš otevřený nebo uzavřený, musí být vyvážen vlhkostními podmínkami. Tábořská et al. (2015) předkládají, že druhová diverzita epifytických druhů je vyšší na listnatých stromech. V důsledku pozdní fáze rozkladu nebylo možné u Pařezu 1 určit druh stromu. Vzhledem k tomu, že Pařez 1 se nacházel v listnaté části lesa, mohu předpokládat, že Pařez 1 byl listnatý strom. Druhovú diverzitu mechorostů na Pařezu 1 však byla jedna z nejnižších, a proto se tvrzením rozcházím s prací Tábořská et al. (2015). Nevím s jistotou, které dřevině pahýl patří, a proto nemohu vyvodit žádný závěr o tom, zda je vyšší diverzita

mechorostů na listnatých či jehličnatých pařezech stromů. Svoji práci jsem zaměřila na pařezy a pahýly, které se pohledově vyskytují v odlišných vlhkostních a světelných podmínkách. Myslím si, že by bylo vhodné pokrýt i druhovou rozmanitost dřevin pařezů a pahýlů a následně porovnat, jestli a jak je biodiverzita organismů žijících na pařezech a pahýlech ovlivněna druhem stromu. Domnívám se, že by také bylo vhodné vybrat více objektů, které by zastupovaly jednotlivé fáze rozkladu a porovnat biodiverzitu vzhledem k druhu stromu a fázi rozkladu. Myslím si, že pozorování vzájemných vztahů by mohlo být dalším zajímavým cílem práce, z časových důvodů však nebylo možné tento směr výzkumu zvládnout.

Při vypracovávání této bakalářské práce jsem si uvědomila, jak je důležité určovat nejen mechorosty ale i ostatní organismy pomocí stereoskopického mikroskopu či mikroskopu. Příště začnu sbírat biologický materiál od samého začátku výzkumu, namísto toho, abych ho pouze fotografovala. Pomocí mikroskopování jsem objevila, že na Pařezu 5 se nacházela játrovka *Harpanthus scutatus*, která je vedena na Červeném seznamu jako ohrožený druh (Kučera & Váňa, 2005). Dalším pozoruhodným objevem byla játrovka *Riccardia latifrons* na Pahýlu 3. Tato játrovka není ohrožená, ale zasluhuje pozornost červeného seznamu ČR (Kučera & Váňa, 2005).

V odborné literatuře a mezi vysokoškolskými pracemi jsem nenalezla žádnou, která by komplexně pokrývala podobné téma jako moje práce. S tím se pojí i obtíže při zpracovávání problematiky. Z bakalářských prací je mé práci nejbližší Návrh výukového programu o problematice šumavských smrčín (Blažková, 2013). Práce je zaměřená celkově na šumavské smrčiny, nikoli pouze na pařezy a pahýly. Nachází se v ní ale jedna aktivita ve formě pracovního listu, která je zaměřena na mrtvé dřevo. Dle diskuse tato aktivita u dětí vzbudila zájem. S ohledem na tuto bakalářskou práci si myslím, že by mé pracovní listy mohly u žáků vzbudit podobný zájem. Bohužel jsem si tuto hypotézu zatím nemohla v praxi vyzkoušet. Česká společnost ornitologická nabízí dokument Mrtvé dřevo pro nový život (<https://www.birdlife.cz/wp-content/uploads/2019/01/v%C3%BDuk%C3%A1%C4%8D-Mrtv%C3%A9-d%C5%99evo.pdf>) obsahující výukový program, který je zaměřen na mrtvé dřevo a jeho ptačí obyvatele.

6 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zjistit význam a potenciál málo známých lesních mikrostanovišť. Tohoto cíle bylo dosaženo vytvořením literární rešerše. V literární rešerši jsem se zabývala lesními biocenózami, kde jsem se zaměřila na vztahy na mikrostanovištích – pařezech. Věnovala jsem pozornost mrtvému dřevu, a to přesněji disturbancím, které ovlivňují vznik a charakter mrtvého dřeva, a také množství mrtvého dřeva v lesích. Dále jsem se zabývala funkcemi a rozkladem mrtvého dřeva. V poslední části literární rešerše jsem se věnovala sukcesi na pařezech a pahýlech. Během psaní jsem si více a více uvědomovala, jak je mrtvé dřevo pro lesní biocenózu důležité.

Dalším cílem bylo vymyslet, jak zábavnou formou přiblížit toto téma studentům SŠ v hodinách biologie. V rámci toho cíle jsem vytvořila dva zajímavé pracovní listy. Jeden je zaměřen na získávání nových znalostí a druhý propojuje aplikaci získaných dovedností s praktickými činnostmi.

V praktické části jsem vybrala devět stanovišť, na kterých jsem determinovala všechny viditelné organismy, které se na nich vyskytovaly. Vynechala jsem organismy, které nelze spatřit pouhým okem, protože při terénním průzkumu s žáky či jinými zájemci o toto téma nebudeme mít s sebou k dispozici pomůcky pro pozorování mikroskopických organismů. Přes tyto okolnosti jsem do Pracovního listu 2 vložila úlohu s pozorováním mikroskopických organismů. Tuto úlohu jsem zvolila pro motivaci žáků. Žáci jsou pracovními listy provázeni želvuškou. Na konci Pracovního listu 2 mohou žáci v mikroskopickém světě spatřit její pravou podobu.

Zatím jsem neměla příležitost provést praktické ověření mých pracovních listů ve školním prostředí. Další možností průzkumu by mohlo být právě toto ověření. Průzkum by mohl poskytnout konkrétní poznatky o jejich účinnosti a přínosu pro žáky. Tyto poznatky pomohou zdokonalit vzdělávací nástroje. Další možností průzkumu by mohlo být rozšířit monitorování na různé druhy pařezů a fáze rozkladu, což by přispělo k celkovému porozumění problematice.

7 Literatura

Atherton, I., Bosanquet, S. & Lawley, M. [ed.] (2010): Mosses and Liverworts of Britain and Ireland – a field guide. British Bryological Society, Latimer Trend & Co. Ltd, Plymouth, 848 p., ISBN 978-0-9561310-1-0.

Bače R. (2016): Mrtvé dřevo klíčem k biodiverzitě lesa. Fórum ochrany přírody, Praha, 2: 25–27.

Bače R. & Svoboda M. (2016): Management mrtvého dřeva v hospodářských lesích. Certifikovaná metodika. Lesní průvodce 6/2016, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady, ISBN 978-80-7417-118-5.

Bauhus J., Baber K. & Müller J. (2018): Dead Wood in Forest Ecosystems. Ecology. Oxford Bibliographies, URL: <https://www.oxfordbibliographies.com/obo/page/Ecology>. DOI: <https://www.oxfordbibliographies.com/display/document/obo-9780199830060/obo-9780199830060-0196.xml>.

Begon M., Harper J. L. & Townsend C. R. (2006): Ecology: From Individuals to Ecosystems. Oxford: Blackwell Publisher. 4th ed. ISBN-13: 978-1-4051-1117-1.

Bengtsson J., Angelstam P., Elmqvist T., Emanuelsson U., Folke C., Ihse M., Moberg F. & Nystrom M. (2003): Reserves, resilience and dynamic landscapes. *Ambio Sv.* 32, č. 6, s. 389–396.

Bidatlas-moose (2024): Bildatlas der Moose Deutschlands. Online. Dostupné z: <http://www.bildatlas-moose.de/index.htm>. [citováno 2024-29-01].

Blažková M. (2013): Návrh výukového programu o problematice šumavských smrčín. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, České Budějovice 56s.

Bryo (2024): Mechorosty. Online. Dostupné z: <https://www.bryo.cz>. [citováno 2024-29-01].

Bryoweb (2024): Mechorosty České republiky. On-line klíče, popisy a ilustrace. Jan Kučera (ed.) Online. Dostupné z: <https://botanika.prf.jcu.cz/bryoweb/klic/index.php>. [citováno 2024-29-01].

Bujoczek L. & Bujoczek M. (2022): Factors influencing the diversity of deadwood, a crucial microhabitat for many rare and endangered saproxylic organisms. *Ecological Indicators* 142: 109197.

Cerrejón C., Valeria O. & Fenton N. (2023): Estimating lichen α - and β -diversity using satellite data at different spatial resolutions. - *Ecological Indicators*, 149: 110173. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110173>.

Cienciala E., Zatloukal V., Černý M., Russ R. & Beranová J. (2015): Vybrané výsledky šetření Inventarizace krajiny CzechTerra z let 2008/2009 a 2014/2015 a jejich

interpretace na příkladu dřevinné skladby. s. 70—76. In: Národní inventarizace lesů: XVIII. Sněm lesníků, Sborník příspěvků, 80 s., ISBN 978-80-02-02630-3.

Cornelissen J.H.C., Lang S.I., Soudzilovskaia N.A. & During, H.J. (2007): Comparative cryptogam ecology: a review of bryophyte and lichen traits that drive biogeochemistry. *Annals of Botany*, 99(7), 987-1001.

Finér L., Jurgensen M., Palviainen M., Piirainen S. & Page-Dumroese D. (2016): Does clear-cut harvesting accelerate initial wood decomposition? A five-year study with standard wood material. *Forest Ecology and Management*, Vol. 372, 10-18, ISSN 0378-1127.

Franch J. (1989): Some regularities in invertebrate succession in different microhabitats on pine stumps. *Orsis*, Barcelona, 4:69–79.

FSC Standards (2023): Protecting forests starts with rigorous standards. [online]. [ze dne 9. 9. 2023. dostupné z: <https://fsc.org/en/fsc-standards>].

Fukasawa Y. & Matsukura K. (2021): Decay stages of wood and associated fungal communities characterise diversity–decomposition relationships. *Nature portfolio. Sci Rep* 11, 8972.

Gabriel J. (2013): Dřevokazné houby v interiérech. *Živa*, Praha, 2: 54—57.

Glime J. M. (2021): *Bryophyte Ecology. Volume 2: Bryological Interaction*. [online]. Michigan Technological University [citováno 16.10. 2023]. Dostupné z [www: <https://digitalcommons.mtu.edu/oabooks/4>](http://www.digitialcommons.mtu.edu/oabooks/4).

Goga M., Antreich S.J., Bačkor M., Weckwerth W. & Lang I. (2017): Lichen secondary metabolites affect growth of *Physcomitrella patens* by allelopathy. *Protoplasma*. 254(3):1307-1315. doi: 10.1007/s00709-016-1022-7.

Graf M., Lettenmaier L., Müller J. & Hagge J. (2022): Saproxylic beetles trace deadwood and differentiate between deadwood niches before their arrival on potential hosts. *Insect Conservation and Diversity* 15: 48–60.

Guil N., Sanchez-Moreno S. & Machordom A. (2009): Local biodiversity patterns in micrometazoans: Are tardigrades everywhere?. - *Systematics and Biodiversity*, 7 (3): 259–268.

Hancock L. (2023): What is biodiversity? [online]. WWF – World Wide Fund For Nature [citováno 2023-15-03]. Dostupné z [www: <https://www.worldwildlife.org/pages/what-is-biodiversity>](https://www.worldwildlife.org/pages/what-is-biodiversity).

Harmon M. E., Franklin J. F., Swanson F. J., Sollins P., Gregory S. V., Lattin J. D., Anderson N.H., Cline S.P., Aumen N. G., Sedell J. R., Lienkaemper G. W., Crommack Jr. K. & Cummins

K. W. (1986): Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in ecological research*, 15, 133–302.

Henneberg B., Bauer S., Birkenbach M., Mertl V., Steinbauer M. J., Feldhaar H. & Obermaier E. (2021): Influence of tree hollow characteristics and forest structure on saproxylic beetle diversity in tree hollows in managed forests in a regional comparison. *Ecol Evol* 11: 17973-17999.

Herrmann S. & Bauhus J. (2013): Effects of moisture, temperature and decomposition stage on respirational carbon loss from coarse woody debris (CWD) of important European tree species. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Vol. 28 (4), 346—357. ISSN 16511891.

Holling C.S., Schindler D.W., Walker B.W. & Ruohgarden J. (1995): Biodiversity in the functioning of ecosystems. In: *Biodiversity loss - economic and ecological issues*. Eds. C. Perrings, K.-G. Mäler, C. Folke, C.S. Holling & B.-O. Jansson. Cambridge: Cambridge University Press.

Homolka L., Voláková I. & Nerud F. (1995): Variability of enzymatic activities in lignolytic fungi *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus tigrinus* after proto-plating and UV-mutagenization. *Biotechnological Techniques*, vol. 9, s. 157–162.

Honegger R. (2022): Lichens and their allies past and present. – In: Scott, B.& Mesarich, C. (eds.), *Plant relationships. Fungal-plant interactions*. - *The Mycota*, 3rd. ed., 5: 133–183. – Berlin, Heidelberg: Springer. ISBN13: 978-3-031-16502-3 (eBook 2023 – Cham: Springer N. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-16503-0_6.

Horák J., Adamová J., Boukal M., Čížková D., Košťálová V., Lemberk V., Lemberková M., Mertlík J., Pituchová L., Přihoda J., Řehouněk J., Sigl T., Vrána V. & Žaloudková R. (2007): Proč je důležité mrtvé dřevo? *Pardubický kraj, Pardubice*, 20 s., ISBN 978-80-903496-2-9.

Humphrey J.W., Davey S., Peace A.J., Ferris R. & Harding K. (2002): Lichens and bryophyte communities of planted and semi-natural forests in Britain: the influence of site type, stand structure and deadwood. - *Biological Conservation*, 107: 165–180.

Hunter M.L. (1990): *Wildlife, Forests and Forestry: Principles of Managing for Biological Diversity*. New Jersey: Prentice-Hall.

Christensen M., Hahn K., Mountford P. E., Ódor P., Standovár T., Rozenbergar D., Diaci J., Wijdeven S., Meyer P., Winter S. & Vrska T. (2005): Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest Ecology and Management*. Vol. 210, Issues 1–3: 267–282, ISSN 0378-1127.

Ivanov D., Yaneva G., Potoroko I. & Ivanova DG. (2021): Contribution of Cyanotoxins to the Ecotoxicological Role of Lichens. *Toxins (Basel)* Apr 29;13(5):321. doi: 10.3390/toxins13050321.

Jacobsen R. M., Burner R. C., Olsen S. L., Skarpaas O. & Sverdrup-Thygeson A. (2020): Near-natural forests harbor richer saproxylic beetle communities than those in intensively managed forests. *Forest Ecology and Management*, Vol. 466, 118—124, ISSN 0378-1127.

Jánošík L. (2017): Mech jako potrava – bryofilní askomycety všude kolem nás. *Živa*, Praha, 5: 222—226.

Johansson V., Felton A. & Ranius T. (2016): Long-term landscape scale effects of bioenergy extraction on dead wood-dependent species. *Forest Ecology and Management*, vol. 371, 103—113, ISSN 0378-1127.

Jørgensen S. E. & Fath B. D. (2008): *Encyclopedia of Ecology*. Amsterdam: Elsevier Amsterdam. ISBN: 978-0444520333.

Kowalski T. & Kehr R. D. (1997): Fungal endophytes of living branch bases in several European tree species In: Redlin S.C. et Carris L.M. (eds.) *Endophytic Fungi in Grasses and Woody Plants*. APS Press – The American Phytopathological Society, St. Paul, s. 67–86.

Kučera J. & Váňa J. (2005): Seznam a červený seznam mechorostů České republiky (2005). *Příroda* 23: 1-104.

Lassauce A., Paillet Y., Jactel H. & Bouget, C. (2011): Deadwood as a surrogate for forest biodiversity: Meta-analysis of correlations between deadwood volume and species richness of saproxylic organisms. *Ecological indicators*, 11(5), 1027–1039.

Lonsdale D., Pautasso M. & Holdenrieder O. (2008): Wood-decaying fungi in the forest: conservation needs and management options. *Eur J Forest Res* 127, 1–22.

Máčka Z., Krejčí L. ed. (2011): *Říční dřevo ve vodních tocích ČR*. Masarykova Univerzita Brno. ISBN 978-80-210-5624-4.

Marek L. (2021): Lesy emise vždy pohlcují, než vypouštějí. Mrtvé stromy neškodí, říká vědec [online]. Seznam Zprávy [citováno 2023-30-08]. Dostupné z [www:<https://www.seznamzpravy.cz/clanek/lesy-emise-vzdy-vic-pohlucuji-nez-vypousteji-mrtve-stromy-neskodi-rika-vedec-174698>](https://www.seznamzpravy.cz/clanek/lesy-emise-vzdy-vic-pohlucuji-nez-vypousteji-mrtve-stromy-neskodi-rika-vedec-174698).

Molnár K. & Farkas E. (2010): Current results on biological activities of lichen secondary metabolites: a review. *Zeitschrift fur Naturforschung. C, Journal of biosciences*, 65(3-4), 157–173.

Motta R., Berretti R., Lingua E. & Piussi P. (2006): Coarse woody debris, forest structure and regeneration in the Valbona Forest Reserve, Paneveggio, Italian Alps. *Forest Ecology and Management*, Volume 235, Issues 1–3:155–163, ISSN 0378-1127.

Ochtyra A. (2020): Forest Disturbances in Polish Tatra Mountains for 1985–2016 in Relation to Topography, Stand Features, and Protection Zone [online]. *Forests* [citováno 2023-21-11], Dostupné z [www:<https://www.mdpi.com/1999-4907/11/5/579>](https://www.mdpi.com/1999-4907/11/5/579).

Peňáz J. (2001): Výchova lesních porostů [online]. Pěstování lesa: Doplnkový učební text [citováno 2023-07-09]. Dostupné z www: <https://rumex.mendelu.cz/uzpl/pestovani_v_heslech/vychova/vych_vymlad.html>.

Persson T., Dahlberg A., Hjältén J., Jonsell M., Lenoir L., Malmström A., Rudolphi J., Svensson M. & Taylor A. (2017): High species richness in spruce stumps. In: Persson T., Egnell G., Lithell C. Stump harvesting – impact on climate and environment. IEA Bioenergy.

Petersson L., Nilsson S., Holmström E., Lindbladh M. & Felton A. (2021): Forest floor bryophyte and lichen diversity in Scots pine and Norway spruce production forests. *Forest Ecology and Management*, vol. 493, 1192210, ISSN 0378-1127.

Petrusek A. (2018): Symbióza aneb Žijeme pospolu. *Živa*, Praha, 1: 27-28.

Piaszczyk W., Lasota J., Błońska E. & Foremnik K. (2022): How habitat moisture condition affects the decomposition of fine woody debris from different species. *Catena*, Vol. 208, 105765, ISSN 0341-8162.

Rudolphi J. (2007): Bryophytes, lichens and dead wood in young managed boreal forests. - *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, 88: 1–32.

Russell M. B., Fraver S., Aakala T., Gove J. H., Woodall Ch. W., D'Amato A. W. & Ducey M. J. (2015): Quantifying carbon stores and decomposition in dead wood: A review. *Forest Ecology and Management*, Vol. 350, 107–128, ISSN 0378-1127.

S. A., Quesada C., Stropp J. & Feldpausch T. (2022): Primary modes of tree mortality in Lima E.F.D.C., Ribeiro S. C., Mews H. A., Costa R. S., Garvizu N. G. S., Brown I. F., Perz S. G., Schmidt F. A., Silveira M., Phillips O. L., Castro W., Baker T. R., Lloyd J., Camargo P. B., Vieira southwestern Amazon forests. *Trees, Forests and People*, Vol. 7, 100180, ISSN 2666-7193.

Sandström J., Bernes C., Junninen K., Löhmus A., Macdonald E., Müller J. & Jonsson B. G. (2019): Impacts of dead wood manipulation on the biodiversity of temperate and boreal forests. A systematic review. *Journal of Applied Ecology* 56: 1770–1781.

Shorohova E., Aakala T., Gauthier S., Kneeshaw D., Koivula M., Ruel J. & Ulonova N. (2023): Natural Disturbances from the Perspective of Forest Ecosystem-Based Management. In: Girona, M.M., Morin, H., Gauthier, S., Bergeron, Y. (eds) *Boreal Forests in the Face of Climate Change. Advances in Global Change Research*, vol 74. New York City: Springer, ISBN 978-3-031-15987-9.

Schweingruber F.H. & Börner A. (2018): Wood decay [online]. In: Schweingruber, F.H., Gruber, A. (Eds.), *The Plant Stem*. Springer, Zurich, pp. 173–182 [citováno 2023-10-03]. Dostupné z www: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73524-5_12>.

Stevens V. (1997): The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in B. C. forests. Res. Br., B.C.Min. For., Victoria, B.C. Work. Pap. 30/1997.

Storch D. (2019): Biodiverzita: co to je, jak ji měřit, co ji podmiňuje a k čemu je to všechno dobré. Živa, Praha, 5: 194–197.

Svoboda M. (2007): Mrtvé dřevo – přehled dosavadních poznatků [online]. Projekt Management biodiverzity v Krkonoších a na Šumavě [citováno 2023-10-08]. Dostupné z [www: <https://www.infodatasys.cz/biodivkursu/reserseDeadWood.pdf>](https://www.infodatasys.cz/biodivkursu/reserseDeadWood.pdf).

Táborská M., Přívětivý T., Vrška T. & Ódor P. (2015): Bryophytes associated with two tree species and different stages of decay in a natural fir-beech mixed forest in the Czech Republic. – Preslia 87: 387–401.

Thorn S., Bäessler C., Svoboda M. & Müller J. (2017): Effects of natural disturbances and salvage logging on biodiversity – Lessons from the Bohemian Forest. Forest Ecology and Management, Vol. 388, 113–119, ISSN 0378-1127.

Torossian J. L., Kordas R. L. & Helmuth B. (2016): Chapter Eight - Cross-Scale Approaches to Forecasting Biogeographic Responses to Climate Change. In: Dumbrell A. J., Kordas R. L. & Woodward G. (eds.) Advances in Ecological Research. Academic Press.

Tymińska-Czabańska L., Hawryło P., Janiec P. & Socha J. (2022): Tree height, growth rate and stand density determined by ALS drive probability of Scots pine mortality. Ecological Indicators, Vol. 145, 109643, ISSN 1470-160X.

Vrška T., Hort L., Adam D., Odehnalová P. & Horal D. (2002): Dynamika vývoje pralesovitých rezervací v České republice. Praha: Academia, sv. 1., 213 s., ISBN 80-200-0848-9.

Wang Q., Srivastava V., Super L., Wang T. & El-Kassaby Y. A. (2022): Tree regeneration on stumps in second-growth temperate rainforests of British Columbia. Global Ecology and Conservation, Canada 37: 1–11, ISSN 2351-9894.

Zedda L., & Rambold G. (2015): The diversity of lichenised fungi: Ecosystem functions and ecosystem services. Recent Advances in Lichenology: Modern Methods and Approaches in Lichen Systematics and Culture Techniques, Volume 2, 121–145.

8 Seznam obrázků a tabulek

8.1 Seznam obrázků a jejich zdrojů

Obr. 1. Les Maternice, výřez z mapy 1:29774. Geo portal [online]. [cit. 25. 11. 2024]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>.

Obr. 2. Vyznačení stanoviště v lese Maternici, výřez z mapy 1:7500. Mapy.cz [online]. [cit. 23. 1. 2024]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?planovani-trasy&rc=9k9Gtx-Nksg64R8gQCJYg6n-JRuXWRJgW4htyezD8cfTXIbfi9&rs=coor&rs=coor&rs=coor&rs=coor&rs=coor&rs=coor&rs=coor&rs=coor&rs=coor&ri=&ri=&ri=&ri=&ri=&ri=&ri=&ri=&ri=&ri=&mrp=%7B%22c%22%3A132%7D&xc=%5B%5D&x=16.1437480&y=50.4925866&z=15>.

Obr. 3. Graf znázorňující celkový počet taxonů na vybraných stanovištích. Šimková 2024.

Obr. 4. Graf znázorňující celkový počet taxonů mechorostů na vybraných stanovištích. Šimková 2024.

Obr. 5. Graf znázorňující celkový počet taxonů lišejníků na vybraných stanovištích. Šimková 2024.

Obr. 6. Graf znázorňující celkový počet taxonů cévnatých rostlin na vybraných stanovištích. Šimková 2024.

Obr. 7. Graf znázorňující celkový počet taxonů hub na vybraných stanovištích. Šimková 2024.

Obr. 8. Graf znázorňující celkový počet taxonů bezobratlých živočichů na vybraných stanovištích. Šimková 2024.

Obr. 9. První strana Pracovního listu 1. Šimková 2024.

Obr. 10. Druhá strana Pracovního listu 1. Šimková 2024.

Obr. 11. Třetí strana Pracovního listu 1. Šimková 2024.

Obr. 12. Čtvrtá strana Pracovního listu 1. Šimková 2024.

Obr. 13. Pátá strana Pracovního listu 1. Šimková 2024.

Obr. 14. Kartačka s textem 1) k úloze 6) v Pracovním listu 1. Šimková 2024.

Obr. 15. Kartačka s textem 2) k úloze 6) v Pracovním listu 1. Šimková 2024.

Obr. 16. Kartačka s textem 3) k úloze 6) v Pracovním listu 1. Šimková 2024.

Obr. 17. Kartačka s textem 4) k úloze 6) v Pracovním listu 1. Šimková 2024.

Obr. 18. Kartačka s textem 5) k úloze 6) v Pracovním listu 1. Šimková 2024.

Obr. 19. Kartička s textem 6) k úloze 6) v Pracovním listu 1. Šimková 2024.

Obr. 20. Kartička s textem 7) k úloze 6) v Pracovním listu 1. Šimková 2024.

Obr. 21. První strana Pracovního listu 2. Šimková 2024.

Obr. 22. Druhá strana Pracovního listu 2. Šimková 2024.

Obr. 23. Třetí strana Pracovního listu 2. Šimková 2024.

Obr. 24. Řešení první strany Pracovního listu 1. Šimková 2024.

Obr. 25. Řešení druhé strany Pracovního listu 1. Šimková 2024.

Obr. 26. Řešení třetí strany Pracovního listu 1. Šimková 2024.

Obr. 27. Řešení čtvrté strany Pracovního listu 1. Šimková 2024.

Obr. 28. Řešení páté strany Pracovního listu 1. Šimková 2024.

Obr. 29. Řešení druhé strany Pracovního 2. Šimková 2024.

8.2 Seznam tabulek a jejich zdrojů

Tabulka 1: Charakteristika vybraných mikrostanovišť. Šimková 2024.

Tabulka 2: Seznam zaznamenaných mechorostů na vybraných stanovištích. Šimková 2024.

Tabulka 3: Seznam zaznamenaných lišejníků na vybraných stanovištích. Šimková 2024.

Tabulka 4: Seznam zaznamenaných hub na vybraných stanovištích. Šimková 2024.

Tabulka 5: Seznam cévnatých rostlin zaznamenaných na vybraných stanovištích. Šimková 2024.

Tabulka 6: Seznam zaznamenaných bezobratlých živočichů na vybraných stanovištích. Šimková 2024.