



Středoškolská technika 2025

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Výskyt želvušek na Křivoklátsku

Michaela Tvrzová

Gymnázium Zikmunda Wintra

náměstí Jana Žižky 186, 269 01 Rakovník

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou ročníkovou práci vypracovala samostatně a použila jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Rakovníku dne 13.12.2024.....
Michaela Tvrzová

Poděkování

V první řadě bych chtěla poděkovat především vedoucí mé ročníkové práce, Mgr. Jitce Matyášové, která mi umožnila zkontaktovat se s panem Vollerem z Univerzity Palackého v Olomouci a díky které jsem mohla v rámci praktické části mé ročníkové práce uskutečnit svá pozorování ve školní biologické laboratoři. Dále chci poděkovat samotnému Mgr. Jiřímu Vollerovi, Ph.D., který mi poskytl řadu klíčových informací při tvorbě mé práce a který organizuje (v současné době již pravidelně) velkolepá setkání lovců želvušek, odkud jsem si také odnesla (a věřím, že nejen já, ale i mnoho dalších účastníků) spoustu cenných znalostí a zkušeností ohledně želvušek i obecně vědy a vědecké práce. V poslední řadě patří velké poděkování také Janu Vrbovi za pomoc s technickými úpravami a trpělivost, která byla někdy díky mým nedostatkům vědomostí v této oblasti opravdu potřeba.

Anotace

Tato práce se zabývá především zmapováním výskytu želvušek v lokalitě Křivoklátsko, dále také charakteristikou kmene želvušek a jejich schopností přežít v extrémních podmínkách. Součástí praktické části je pozorování a analýza jejich tělesných struktur pomocí mikroskopu.

Klíčová slova

Želvušky; Křivoklátsko; Baermannova nálevka; kryptobióza; přežití; výzkum

Annotation

This paper deals mainly with the mapping of the Tardigrades in the locality of Křivoklátsko, as well as the characteristics of the Tardigrades and their ability to survive in extreme conditions. The practical part includes observation and analysis of their body structures using a microscope.

Keywords

Tardigrades; Křivoklát region; Baermann funnel; cryptobiosis; survival; research

Obsah

1	Úvod.....	6
2	Želvušky (<i>Tardigrada</i>)	7
2.1	Základní charakteristika kmene	7
2.1.1	Taxonomie	8
2.1.2	Anatomie a morfologie	9
2.2	Výskyt.....	11
2.3	Životní strategie	11
2.3.1	Klidová stadia	12
2.4	Význam želvušek ve vědě a výzkumu	13
3	Praktická část	15
3.1	Křivoklátsko.....	15
3.1.1	Charakteristika lokality	15
3.2	Metody izolování mechu	15
3.3	Vlastní výzkum	16
3.3.1	Výsledky pozorování	19
4	Závěr	21
5	Použitá literatura	22
6	Seznam tabulek	24
7	Seznam obrázků	24

1 ÚVOD

Téma své ročníkové práce jsem si zvolila z několika důvodů, přičemž hlavním z nich je pro mě velmi fascinující povaha želvušek. Tyto mikroskopické organismy, ač na první pohled nenápadné a věřím, že pro mnoho lidí i neznámé, představují velkou záhadu pro mnoho oblastí vědy. Jejich jedinečné schopnosti přežití v extrémních podmínkách, od vesmírného prostoru až po extrémní teploty, činí z želvušek objekty výzkumu s obrovským potenciálem nejen pro současnou vědu, ale také pro budoucnost, zejména tedy v oblasti medicíny, biotechnologie, a dokonce různých vesmírných výzkumů, kterých postupem času přibývá.

V rámci teoretické části mé ročníkové práce se zaměřím na zpracování širokého spektra poznatků o těchto výjimečných organismech. Nejprve představím jejich taxonomické zařazení, základy jejich anatomie a fungování jejich těla, abych ukázala, jak zvláštní a komplexní jsou z biologického hlediska. Dále se budu věnovat schopnostem želvušek přežít v extrémních prostředích a mechanismům, které jim tuto odolnost umožňují. Závěrečná část teorie pak odkryje možnosti, jak mohou být želvušky využity v různých oblastech lidského života, od základního výzkumu až po technologické aplikace v budoucnosti.

Praktická část této práce bude věnována terénnímu výzkumu želvušek v mé oblíbené přírodní lokalitě na Křivoklátsku, kde hodlám provést pozorování jejich výskytu. Součástí pozorování bude i odeslání několika vzorků mechu na Lékařskou fakultu Univerzity Palackého v Olomouci pro bližší analýzu vzorků z mnou vybraných míst sběru. Tento osobní výzkum bude sloužit nejen pro doplnění teoretických poznatků, ale také jako příležitost k vlastnímu přispění do světa vědeckého bádání o těchto fascinujících tvorech.

2 ŽELVUŠKY (*TARDIGRADA*)

Želvušky (latinsky *Tardigrada*) jsou mikroskopičtí bezobratlí živočichové kosmopolitního výskytu s mimořádnými schopnostmi přežití v extrémních podmínkách. Tímto termínem lze ale označit i celý kmen, do kterého tyto organismy patří. Z dalších kmenů živočichů jsou nejbližší příbuzné členovcům, dále pak také drápkovcům. Společně s těmito dvěma kmeny se totiž *Tardigrada* řadí do skupiny *Panarthropoda* (Smith, Goldstein, 2017).

Poprvé byly pozorovány přibližně v roce 1773 německým zoologem Johannem Augustem Ephraimem Goezem, který pozorovaný exemplář popsal slovy „malý vodní medvěd“. Pozdější latinský a zároveň dodnes mezinárodně používaný název „*Tardigrada*“ zavedl o 4 roky později, tedy roku 1777, italský biolog Lazzaro Spallanzani, kterému tyto organismy údajně připomínaly želvy. Z tohoto slova bylo poté odvozeno české pojmenování „želvušky“ (Czerneková, 2011).

Prvopočátek evoluce želvušek můžeme ale odhadovat už na období kambria, kdy se patrně vyvíjely z podstatně větších předků, a to v mořích a oceánech. Na sladkou vodu se tedy začaly vázat až o něco později.

2.1 Základní charakteristika kmene

Kmen želvušky řadíme mezi kmeny živočichů se 3 zárodečnými listy (tzv. triblastica) a jako převážná většina triblastic mají i želvušky dvoustrannou (bilaterální) tělní souměrnost.

Všichni živočichové patřící do kmene želvušek jsou drobní, přičemž jejich velikost se pohybuje přibližně od 50 do 1200 mikrometrů (tyto krajní hodnoty jsou považovány spíše za extrémní případy, ale i přesto se takoví jedinci najdou), a tudíž je nelze vidět pouhým okem (Nelson, Guidetti, Rebecchi, 2010).

Většina želvušek je průsvitná. Platí to především v případě mořských druhů, ale i želvušek, které jsou po delší dobu bez přísunu potravy. Co se týče suchozemských druhů, u nich se můžeme setkat s větší barevnostní variabilitou, mohou mít kutikulu totiž zbarvenou do barev poměrně širokého spektra – od bílé a žluté přes růžovou a oranžovou až po nazelenalou či hnědou. Obvykle jde ale o barvy světlejších odstínů (Nováková, Pavlík, Vítek, Voller, 2024).

U zástupců tohoto kmene se vyskytuje pohlavní dvojtvárnost, tedy viditelný rozdíl mezi samcem a samicí téhož druhu. Podstatné rozdíly můžeme pozorovat například ve velikosti jednotlivých zástupců nebo v délce hlavových přívěsků. U některých druhů želvušek můžou být samice dokonce až dvojnásobně větší než samci.

Želvušky jsou převážně gonochoristé, ale mohou být i hermafrodité. Jejich pohlavní orgány jsou nepárové. Může docházet jak k vnitřnímu, tak k vnějšímu oplození, a možné je dokonce rozmnožování prostřednictvím partenogeneze. U některých druhů byly pozorovány snubní tance, které se lišily v závislosti na druhu želvušek. Samice buď po oplození nebo v některých případech dokonce ještě před ním naklade 1-20 vajíček, která jsou mnohdy velmi rozmanitá, a

tak často slouží jako jeden ze zásadních znaků při určování, o který druh želvušky jde, do kutikuly, kterou předtím svlékla. Jejich vývoj je přímý a k líhnutí z vajíček může docházet po 10 až 14 dnech od jejich naklazení, někdy to ale trvá i několik měsíců, opět záleží na druhu a také na podmínkách (Nováková, Pavlík, Vítek, Voller, 2024).

2.1.1 Taxonomie

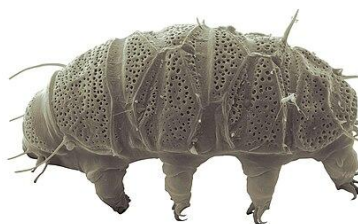
Kmen *Tardigrada* lze v současné době rozdělit na 2 třídy – *Eutardigrada* a *Heterotardigrada* (Gruntová, 2015). V roce 1937 byl sice popsán ojedinělý druh želvušky zařazený do třídy *Mesotardigrada*, lokalita výskytu byla ale později díky zemětřesení zničena a prozatím se nikomu dalšímu nepovedlo najít tento nebo jiný druh patřící to této třídě. Jelikož je ale velice známá želvuščí odolnost, vědci dokonce polemizují nad tím, jestli nalezeným organismem vůbec byla želvuška, protože převážná většina želvušek by si se seismickou činností pravděpodobně dokázala poradit (Nováková, Pavlík, Vítek, Voller, 2024).

Celkem bylo zatím popsáno přes 1400 druhů želvušek (k roku 2023 to bylo konkrétně 1464 druhů), přitom z toho přibližně 110 druhů se vyskytuje na území naší republiky. Vzhledem k tomu, že želvušky a lokality jejich výskytu nejsou dodnes stále ještě řádně prozkoumány, se celkový počet všech druhů odhaduje až na 10000 (Nováková, Pavlík, Vítek, Voller, 2024).

Základními rozdíly mezi dvěma známými třídami, *Eutardigrada* a *Heterotardigrada*, jsou především v povrchu jejich kutikuly a prostředí, ve kterém se vyskytují. Pro třídu *Eutardigrada* je typická celistvá hladká kutikula a život vázaný na sladkou vodu, byť jen ve formě velice tenkého filmu na vegetaci. Oproti tomu u zástupců třídy *Heterotardigrada* můžeme pozorovat tělo kryté pórovitými kutikulárními pláty s rozmanitými výběžky všeho druhu a vyskytují se převážně v mořském prostředí. Tato třída bývá také označována za vzácnější a díky neobvyklejší stavbě těla i za zajímavější. Další významný rozdíl je v přítomnosti malpighických trubic v rámci trávicí soustavy (Nováková, Pavlík, Vítek, Voller, 2024).



Obr. 1: Želvuška třídy Eutardigrada s hladkou kutikulou (Schokraie a kolektiv, 2012)



Obr. 2: Želvuška třídy Heterotardigrada s pórovitými kutikulárními pláty (Schokraie a kolektiv, 2012)

2.1.2 Anatomie a morfologie

Tělo želvušek je válcovité a složené celkem z 5 článků, a to jednoho hlavového, tří trupových a jednoho koncového. Všechny články kromě hlavového nesou pár zavalitých nečlámkovaných končetin s drápky, které jsou jedním z hlavních rozlišovacích znaků při určování konkrétních druhů želvušek. První tři páry končetin na trupových člancích slouží k pohybu, poslední pár pomáhá při přichycení k substrátu (Gruntová, 2015). V želvušcím těle se nachází obvykle pouze okolo 1000 buněk, ale i přes malou velikost těchto organismů je jejich stavba těla poměrně komplikovaná.

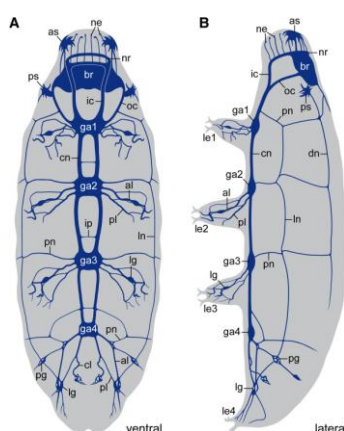
Celé tělo mají želvušky pokryté chitinózní kutikulou, která je buď souvislá nebo složena z plátů, u některých druhů může být zdobena různými výrůstky a vzniká z výměšků pokožky. Během růstu želvušek dochází k jejímu svlékání. Samice některých druhů do svlečky dokonce kladou svá vajíčka (Houfková, 2023).

Hemocoel, tělní dutina želvušek, vznikla při jejich vývoji splynutím pravé tělní dutiny coelomu a dutiny blastocoel. Uvnitř dutiny se kromě orgánů nachází i tekutina s volnými buňkami, které mají nejen zásobní a imunitní funkci, ale slouží i jako primitivní oběhová soustava. Tyto buňky jsou proto někdy označovány jako buňky zásobní (Miller, 2011).

Trávicí soustava začíná v hlavové části ústy a stylety neboli bodci, které jsou velice důležité kvůli příjmu potravy, jelikož slouží k jejímu napichování. Nabodnutá potrava je poté díky pohybu hltanu vysáta a pokračuje přes jícen do střeva, které se dělí na přední a zadní. Tam už následuje samotné trávení, nestrávené zbytky pak putují ven skrz konečník. Celá trávicí soustava je ukončena řitním otvorem, jenž se nachází mezi posledním párem končetin,

v případě třídy *Eutardigrada* potažmo kloakou. Tento pojem je zde používán především kvůli přítomnosti malpighických tubic, které u zmíněné třídy spolu s reprodukčním systémem vyúsťují právě v oblasti konečníku (Nováková, Pavlík, Vítek, Voller, 2024).

Nervová soustava želušek je žebříčková. Lze ji rozdělit na dvě části – centrální nervovou soustavu (dále CNS) a periferní nervovou soustavu (PNS). CNS je složena z laločnatého mozku, který se nachází v hlavové části těla, a nervových ganglií, ta se nachází v dalších článcích těla a jsou s mozkem propojena pomocí břišních nervových provazců (Gruntová, 2015). PNS se poté skládá z nervových vláken, která leží úplně mimo hlavní řetězec CNS a jsou na ně navázána další nervová ganglia vyskytující se zhruba na spojnicích těla s končetinami. Celá soustava obsahuje podélné (konektivy) a příčné (komisury) spojky jednotlivých ganglií a jejich párů, tudíž může svým dojmem opravdu připomínat jakýsi žebřík, podle toho také nese svůj název (Beránková, 2014).

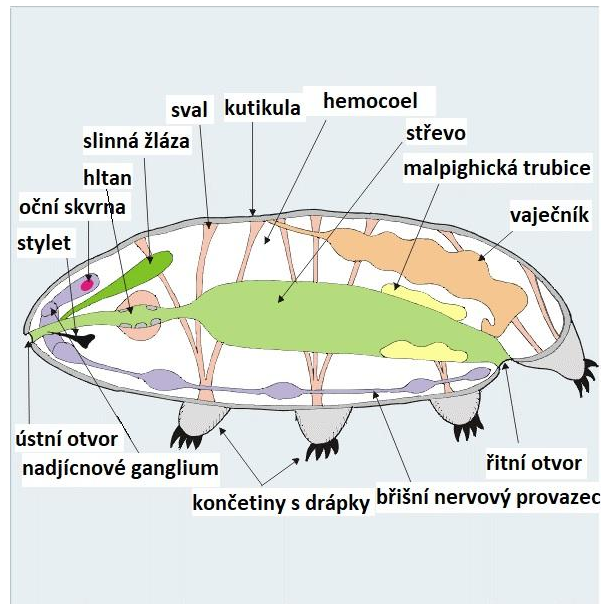


Obr. 3: Nervová soustava želušek (pohled shora a z boku) (Mayer a kolektiv, 2023)

Co se týče želušcích smyslů, doposud nebyly nijak důkladně prozkoumány. Spolehlivě byly zatím identifikovány dva typy smyslových orgánů, a to ciry a oční skvrny. Ciry nebo také hmatové štětinky mají želušky většinou umístěné nejen na břišní nebo přední (hlavové) části těla, ale i na nohách, a plní funkci hmatu. Oční skvrny by se daly označit jako jednoduchá oka, jelikož nesou fotoreceptory a jsou tvořeny pigmentovými pohárky (každá skvrna obsahuje pouze jeden), které jsou pod mikroskopem obvykle viditelné v černé nebo hnědé barvě, to se liší u jednotlivých druhů. Oční skvrny se nachází v krajních lalocích mozku (Gruntová, 2015).

Veškeré svalstvo želušek je příčně pruhované a jelikož jsou to bezobratlí živočichové, svaly se neupínají na kosti jako je tomu u obratlovců, nýbrž na jiné pevné struktury v jejich těle. Svalstvo želuškám umožňuje v první řadě pohyb nohou i těla, dále také ale stahování hltanu, což je pro ně naprosto nezbytné kvůli příjmu potravy (Gruntová, 2017).

Želušky dýchají celým povrchem těla, nemají tedy žádný speciální dýchací orgán nebo orgány.



Obr. 4: Stavba těla samice želvušky (vlastní, s použitím Hoffman, Schrag, 2024)

2.2 Výskyt

Želvušky se vyskytují prakticky všude. Vysoko v horách i hluboko v oceánu. Nachází se ve sladkých i slaných vodách, ale také na souši. Jejich výskyt tak můžeme označit za kosmopolitní. Nejčastěji se s nimi můžeme setkat v meších, lišejnících, jatrovkách, dalších rostlinách, pobřežních sedimentech nebo v půdě, kde žijí v tenkých filmech (vrstvách) vody.

Narazíme na ně ale i v poněkud extrémních podmínkách jako jsou ledovce, pouště, sopečné bahno nebo horké prameny. V těchto lokalitách ale není výskyt želvušek prozkoumán detailněji. Jasně ovšem je, že se na takových místech mohou vyskytovat právě díky jejich jedinečné schopnosti přejít do klidového stadia (Nováková, Pavlík, Vítek, Voller, 2024).

2.3 Životní strategie

Potrava želušek je velmi různorodá. Některé druhy mohou být vyloženě parazitické, jiné si naopak vystačí pouze s rostlinnou potravou. Dravé želvušky se živí například prvoky, vířníky, hlísticemi, různými bakteriemi nebo detritem, přičemž některé požírají i jiné želvušky, což by se dalo s největší pravděpodobností označit za jistý druh kanibalismu. Býložravé želvušky zase požívají rostlinné buňky, mech a řasy (Bryndová, Stec, Schill, Michalczyk, Devetter, 2020).

I přes to, že převážná většina všech druhů želušek žije na souši, jejich aktivní životní cyklus je vázán na vodu, tudíž o nich můžeme v podstatě hovořit jako o vodních živočích, a přitom pravý úspěch jejich přežití spočívá v první řadě v tom, že mimořádně dobře přežívají vyschnutí (Gruntová, 2015). Někdy je vyschnutí dokonce důležité pro vylíhnutí vajíček, která nakladla samice, aby tak mohl být dokončen životní cyklus. Vysychání pro želvušky představuje i jistou výhodu v tom, že díky sníženému obsahu vody na minimum může poměrně snadno dojít k redukci vodu vyžadujících predátorů a parazitů, kteří by želvušku mohli jakkoli ohrožovat (Veselá, 2022).

Nejen při vyschnutí, ale i za jiných nepříznivých podmínek želvušky přechází do klidového stadia a tvoří tzv. soudeček (Czerneková, 2011), a právě díky této schopnosti jsou želvušky takto velkolepě odolné.



Obr. 5: Soudeček (vlastní, s použitím Voller, 2023)

2.3.1 Klidová stadia

Jednotlivá klidová stadia, do kterých želvušky přechází za nepříznivých podmínek pro život, se liší právě v závislosti na konkrétních podmínkách, tedy spouštěcím faktoru. Obecně rozlišujeme tyto základní klidová stadia: anabióza, osmobióza, kryobióza, anoxybióza a cysta.

Do anabiózy přechází želvušky zpravidla při nedostatku vody, která je pro její život zcela zásadní. Podíl vody v jejím těle klesá, a i propustnost kutikuly se snižuje. Následně se želvuška zabalí do již zmiňovaného soudečku. Tvorba soudečku je poměrně rychlou záležitostí, ovšem jeho rozbalení, které nastává po rehydrataci, může díky případné obnově tkání a opravě buněk trvat až několik hodin či dnů (Nováková, Pavlík, Vítek, Voller, 2024).

Osmobióza je klidové stadium, do kterého želvuška může přejít po vystavení se vysokým koncentracím solí a dalších osmoticky aktivních látek.

Při vystavení se velkému mrazu, kdy klesá jejich metabolická teplota, přecházejí želvušky do kryobiózy.

Když se želvušky vyskytnou v prostředí, kde je nedostatek kyslíku, na který jsou želvušky opravdu citlivé, dostanou se do klidového stadia zvaného anoxybióza. V tomto stadiu ale želvušky netvoří pro jiná stadia velmi typický soudeček, ale upadají do jakéhosi kómatu. K přechodu do tohoto stadia dochází především ve vodním prostředí a během doby, kdy je želvuška v kómatu, vstupuje do jejího organismu neregulovatelně velké množství vody. Do aktivního stavu se vrátí, jako je tomu i u jiných stadií, až při nastání příznivějších podmínek, v tomto případě při zvýšení hladiny kyslíku (Kropáčová, 2019).

Speciálním případem klidového stavu je potom cysta, k jejímuž vzniku dochází reakcí želvušky na změnu délky dne, změnu teploty nebo nedostatek potravy. Dojde při něm, podobně jako u dalších stadií, k přerušení vývoje, které se vyznačuje sníženými nebo úplně zastavenými metabolickými ději (Nováková, Pavlík, Vítek, Voller, 2024).

Běžné želvušky žijící aktivním životem se obvykle dožívají věku okolo několika měsíců až přibližně dvou let. V klidových stádiích ale mohou přežít i několik desetiletí. Některé zdroje uvádí, že po navrácení do příznivých podmínek mohou pohnout dokonce i želvuška z mechu sebraného před 120 lety (Chattová, 2016). Během pobytu v soudečku se zastaví jejich stárnutí, takže po navrácení se zpět do aktivního života mohou takřka pokračovat tam, kde skončily, a žít dál.

2.4 Význam želvušek ve vědě a výzkumu

Díky svým mimořádným schopnostem se želvušky čím dál více s postupující dobou stávají předmětem různých vědeckých výzkumů a experimentů.

Byly například již několikrát poslány do vesmíru. Poprvé k tomu došlo v roce 2007, kdy bylo do vesmíru posláno několik různých druhů želvušek a vědci u nich poté zkoumali hladinu stresu, míru poškození DNA, dále taky ještě vliv vesmírné radiace. Výsledek pokusu byl takový, že želvušky zvládly celkem desetidenní vystavení nepříznivým anaerobním vesmírným podmínkám a nic z toho nemělo žádný zásadní vliv na jejich následný život po návratu na Zem. Podobné průzkumy proběhly i v roce 2011 (Chattová, 2016).

Roku 2019 želvušky dokonce dostaly šanci podívat se na Měsíc. Několik tisíc jich bylo vzato v časové kapsli do izraelské vesmírné sondy Beresheet, která byla poté vyslána na Měsíc. V dubnu toho roku pak ale došlo k náhlému zřícení sondy se želvuškami na měsíční povrch (Shahar, Greenbaum, 2020). Nabízí se tedy otázka, jestli je možné, aby želvušky byly schopny nějakým způsobem skutečně žít v tomto prostředí? Pravda je taková, že britští vědci, kteří se touto otázkou zabývali, zjistili, že je to poměrně nepravděpodobné, protože díky svému výzkumu, při kterém stříleli želvušky ze speciálního k tomuto účelu sestaveného přístroje, přišli na to, že jsou schopny odolávat tlaku přibližně v hodnotě 1,01 GPa, ale už ne tlaku 1,14 GPa a zřícení měsíční sondy by tedy nejspíš nemohly přežít, protože tlak byl v danou chvíli údajně větší než krajní hodnota 1,01 GPa (Nováková, Pavlík, Vítek, Voller, 2024).



Obr. 6: Izraelská sonda Beresheet obsahující časovou kapsli s tisícem želvušek (TaBaZzz, 2019)

Je už tedy více než jasné, že želvušky mají v živočišné říši opravdu výjimečné schopnosti. Astrobiologové se v nedávné době také zabývali odhadem, zda by někdy v budoucnu mohlo dojít k apokalypse, a tedy případně úplnému vyhynutí živé populace. Při zkoumání situací, které by mohly nastat, brali v potaz například výbuch supernovy, blízký průlet jiné planety nebo záblesky gama záření. A přišli na to, že pokud neproběhne vyvaření vody z oceánů, nemuselo

by k žádné globální sterilizaci života vůbec dojít, a to právě a především díky želvuškám a jejich neuvěřitelné odolnosti (Nováková, Pavlík, Vítek, Voller, 2024).

Želvušky tedy rozhodně mají velký potenciál k dalšímu zužitkování pro nás, ale i pro mnohé další generace. Samozřejmě pouze pokud bude tento potenciál správně a dostatečně využit.

3 PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části mé ročníkové práce jsem se mimo jiné rozhodla zmapovat výskyt želvušek na Křivoklátsku. Po dobu jednoho roku jsem na osmi různých místech v této oblasti pravidelně sbírala vzorky mechu, izolovala je a poté pozorovala pod mikroskopem a průběžně zaznamenávala, kde přesně je výskyt nejfrekventovanější a jak se liší v jednotlivých obdobích celého roku.

Než přejdu k samotnému popisu toho, co konkrétně jsem v praktické části své práce prováděla, jak jsem to prováděla a co jsem zjistila, chtěla bych nejprve stručně charakterizovat lokalitu, ve které jsem vykonala sběr mechu, a také zmínit postupy, jak lze mech před samotným pozorováním izolovat.

3.1 Křivoklátsko

Pro sběr mechu, který byl nezbytný při realizaci praktické části mé ročníkové práce, jsem si vybrala lokalitu Křivoklátsko. Učinila jsem tak především proto, že je to má oblíbená a mně velmi známá a sympatická lokalita, ve které je míst, kde lze najít dobře vyhlížející a kvalitní mech, poměrně hodně. Mohla jsem díky tomu také spojit příjemné s užitečným-příjemné procházky křivoklátskými lesy a sběr mechu, tedy věnování se ročníkové práci.

3.1.1 Charakteristika lokality

CHKO Křivoklátsko se nachází na západním okraji středních Čech a jeho celková rozloha činí přibližně 624 km². Z této plochy je potom asi 62 % zalesněno a lesy jsou především listnaté, ale také smíšené (AOPK ČR, 2024).

Díky dlouhodobě probíhajícímu výzkumu v této oblasti byla také prokázána přítomnost přibližně 1800 druhů rostlin, což je cca 60 % celkového druhového bohatství České republiky (AOPK ČR, 2024). Přičemž se zde nachází až 107 druhů mechorostů, konkrétně asi 92 mechů a 15 jatrovek (Franklová, Kolbek, 2005).

3.2 Metody izolování mechu

Mech můžeme obecně izolovat hned několika různými způsoby, k tomu abychom ale dosáhli požadovaného výsledku, tedy získání co největšího počtu želvušek oddělených od mechu, jsou podle mého názoru nejlepší tyto dva způsoby (oba jsem během provádění svého vlastního malého výzkumu vyzkoušela a oba se osvědčily).

Prvním, a zároveň tím jednodušším, způsobem je „mech v krabičce“. K izolaci mechu tímto způsobem jsou potřeba pouze dvě, respektive 3, věci – krabička (z umělé hmoty atd. – na materiálu nezáleží), voda a samotný mech, který chceme izolovat. Celý proces izolace pak spočívá v tom, že sebraný mech položíme do krabičky zelenými lístky směrem dolů a zalijeme vodou. Takto připravený mech poté necháme ve vodě 1-2 dny. Po uplynulé době by se želvušky,

žijící převážně v zelených částech mechu, měly přesunout do vody, pro jejich pozorování by už tedy v tuto chvíli mělo stačit jen nabrat pomocí pipety vodu z krabičky, nakapat ji na podložní sklíčko, přikrýt sklíčkem krycím a vložit pod mikroskop.

Druhý, poněkud složitější, způsob se nazývá Baermannova nálevka. K provedení izolace mechu tímto způsobem je zapotřebí o něco více věcí než v případě izolace prvním způsobem. K postavení nálevky je zapotřebí laboratorní stojan, filtrační nálevka (vylepšená o přilepené sítko po celém povrchu hrdla), filtrační kruh, gumová hadička, mikrozkuhavka s odstřiženým víčkem a kousek tenkého toaletního papíru. Při sestavování se nejprve připevní filtrační kruh k laboratornímu stojanu, poté je důležité navléknout na vývod filtrační nálevky gumovou hadičku a do hadičky pak ještě vmáčkнуть část mikrozkuhavky. Takto připravená nálevka se následně umístí do filtračního kruhu, a pak už jen stačí položit na ni dvě vrstvy toaletního papíru a nálevka je hotová. Stejně jako je tomu u první z metod izolace, je nejvhodnější nechat mech v nálevce přibližně 1-2 dny. Před pozorováním je poté třeba vyjmout mikrozkuhavku (s pravděpodobně největší koncentrací želvušek z celé nálevky) z gumové hadičky a následně se postupuje stejně jako je tomu u předchozí metody, jen vodu nenabíráme pipetou z misky, ale z mikrozkuhavky.

3.3 Vlastní výzkum

Výzkum jsem začala výběrem co nejvhodnějších míst pro sběr mechu. Pak přišel na řadu samotný sběr a izolace, která nebyla zpočátku úplně jednoduchá. Přes všechny strasti, a především díky prostředkům potřebným pro provedení poskytnutých panem Vollerem jsem se nakonec dopracovala ke správnému vytvoření Baermannovy nálevky. Izolace mechu touto metodou, tedy s pomocí nálevky, patří údajně k těm nejefektivnějším.

Mým původním plánem bylo sbírat mechy z vybraných lokalit zhruba každé tři měsíce (tzn. jeden sběr a analýza vzorků za jedno roční období). Z důvodu časových omezení se mi ale sběr a následnou izolaci s analýzou podařilo uskutečnit pouze třikrát, a to na podzim 2023, na jaře 2024 a naposledy na podzim 2024 (tento sběr jsem však díky nedostatku času neuskutečnila kompletně), během doby, po kterou jsem pracovala na své ročníkové práci.

Sběr mechu byl poměrně jednoduchý. Bylo k němu potřeba pouze několik málo věcí, a to příborový nůž k jednoduššímu odejmutí potřebného množství mechu z jeho substrátu v dané lokalitě, krabičky na uskladnění jednotlivých vzorků, které samozřejmě musely být pečlivě popsány, aby následně při pozorování nedošlo k nějakému omylu, a mobilní telefon, pomocí kterého jsem pořizovala fotografie míst sběru, také detailní záběry na samotné vzorky těsně před sběrem a použila jsem ho i k získání souřadnic z těchto míst, které byly nezbytné pro analýzu mechu, jejichž část (konkrétně z prvního sběru na podzim 2023) jsem poté odeslala na důkladnější analýzu panu Vollerovi, odbornému konzultantovi mé práce z Univerzity Palackého v Olomouci.

Zbytek sebraného mechu pak byl určen k mému vlastnímu zkoumání ve školní biologické laboratoři. Jak už jsem výše zmiňovala, zpočátku jsem měla se sestavením a funkcí Baermannovy nálevky trochu problém, jelikož prvních několik verzí bylo vytvořeno poněkud

improvizovaně z toho, co bylo v tu chvíli k dispozici. Nakonec se to ale podařilo a má pozorování se tak mohla stát úspěšnějšími.



Obr. 7: Improvizovaná Baermannova nálevka (vlastní)



Obr. 8: Současná Baermannova nálevka (vlastní)

Dalším nezbytným krokem po úspěšném sběru mechu a sestavení nálevky byla izolace mechu. V tuto chvíli stačilo už jen položit mech na složený papír na vrchu nálevky zelenými lístky dolů a přilít do nálevky vodu tak, aby byl mech potopený. Jak už jsem dříve zmiňovala, izolovat mech v Baermannově nálevce je nejlepší přibližně 48 hodin, z vlastní zkušenosti ale vím, že ve většině případů lze želvušky pozorovat už po pouhých 24 hodinách. Čím déle se mech izoluje, tím se samozřejmě zvýší šance na výskyt želvušek, celá nálevka totiž funguje tak, že během doby, co je mech v podstatě ponořený do vody, se z něj želvušky uvolňují a postupně putují až na úplné dno, což v tomto případě znamená do špičky mikroskopu.

Pro následné pozorování želvušek jsem poté opatrně vyjmula mikrozkuhavku z gumové hadičky a dostala její obsah pomocí pipety na podložní sklíčko, které jsem přesně podle výše popisovaného postupu následně přikryla sklíčkem krycím a pak jsem celý hotový preparát vložila pod mikroskop.



Obr. 9: Želvuška pod mikroskopem (zvětšení 40x) (vlastní)



Obr. 10: Želvuška pod mikroskopem (zvětšení 40x) (vlastní)

V průběhu svých pozorování, která jsem při tvorbě ročníkové práce vykonávala pravidelně, jsem se už se želvuškami stihla docela dobře seznámit a zastihla jsem je v různých životních situacích od klidné chůze, přes požívání nalezené potravy a kontakt s jinými organismy ve vzorcích, až po tvorbu klidového stadia. Po několika měsících strávených zabýváním se želvuškami se mi nyní také mnohem lépe daří rozeznávat jednotlivé struktury želvušcích těl a rozumím více jejich pohybu. Bohužel jsem se ještě ale nedopracovala k určování jednotlivých rodů želvušek. Ráda bych se o to v budoucnu ještě pokusila, ale vzhledem k tomu, že s tím mívají velmi často problémy i poměrně zkušení vědci věnující se těmto mikroorganismům pěknou řádku let, myslím, že se mi to s velkou pravděpodobností nepodaří úplně tak, jak bych si přála.

V rámci mé spolupráce s panem Vollerem jsem také dostala příležitost zúčastnit se setkání lovců želvušek, a to právě na Lékařské fakultě Univerzity Palackého v Olomouci, kde jsem měla spolu s dalšími zúčastněnými studenty možnost prozkoumat tamější prostory využívané mikrobiologií, mohla jsem si také prohlédnout obsah vlastního vzorku vyizolovaného

v Baermannově nálevce pod elektronovým mikroskopem a dozvěděla jsem se spoustu zajímavostí jak ze světa želvušek, tak z celé oblasti moderní vědy.

3.3.1 Výsledky pozorování

Během svých pozorování ve školní biologické laboratoři jsem obvykle věnovala analýze 1 vzorku, tedy prohlížení preparátu a hledání želvušek pod mikroskopem, zhruba 1 hodinu. K pozorování jsem používala různá zvětšení, přičemž nejčastěji zvětšení 40x. Velká většina želvušek, které se mi podařilo při analýzách najít, se nehýbala, takže jsem si často ani nebyla zcela jistá, jestli jsou nalezené želvušky vůbec naživu. Ale vzhledem k tomu, co už jsem věděla o jejich mimořádných schopnostech přežít všelijaké složité podmínky, se domnívám, že úplně mrtvé nejspíš nebyly. Tuto domněnku dokonce potvrzuje fakt, že se mi několikrát stalo, že se takto ztuhlé a téměř neživé vypadající želvušky dokázaly po několika minutách intenzivního ozáření světlem mikroskopu opět nepatrně rozpohybovat. Jednu z želvušek se mi pak podařilo spatřit v pohybu hned, když jsem ji našla.

Pro souhrn výsledků mých pozorování jsem se rozhodla vytvořit tabulku, do které jsem zvolila údaje o všech osmi vzorcích ze dvou kompletně provedených sběrů, tedy na podzim 2023 (ve dvou dnech 12.11. a 14.11.) a na jaře 2024 (během dne 11.5.), přičemž má tato tabulka sloužit k porovnání jednotlivých míst, a ukázat tak, kde se na základě mých pozorování vyskytuje želvušek nejvíce. Zároveň slouží i pro porovnání výskytu želvušek na stejných místech ve dvou ročních obdobích (tedy na podzim a na jaře), a zobrazuje tak, v jakém období je výskyt želvušek hojnější. Jsou zde zahrnuty také výsledky z podzimního sběru, které mi z Olomouce zaslal pan Voller. Ve sloupci, kde jsou zapsány záznamy z mých vlastních pozorování je vždy za odpovědi ANO (viděla jsem v tomto vzorku želvušky, v závorce ještě doplňující informace kolik) /NE také rozlišení, zda jsem k izolaci daného vzorku ve zmíněném období použila původní improvizovanou Baermannovu nálevku (IBN) nebo novou Baermannovu nálevku (NBN).

Tab. 1: Porovnání výskytu želvušek na jednotlivých místech a ve dvou obdobích (vlastní)

Číslo vzorku	Místo sběru	Typ substrátu	Výskyt želvušek		
			podzim		jaro
			vlastní pozorování (počet želvušek)	Olomouc	vlastní pozorování (počet želvušek)
V1	Smíšený les	Kámen, stinné místo	Ano (2) IBN	Ano	Ano (1) NBN
V2	Smíšený les	Kmen stromu, vystavené slunci	Ne IBN	Ano	Ne NBN
V3	Obec	Trávník, stinné místo	Ne IBN	Ano	Ano (2) NBN
V4	Obec	Patník u silnice, vystavené slunci	Ne NBN	Ano	Ne NBN
V5	Okraj lesa	Kmen stromu, vystavené slunci	Ano (1) IBN	Ano	Ne NBN
V6	Louka	Štěrková cesta uprostřed louky, vystavené slunci	Ano (1) NBN	Ano	Ne NBN
V7	Obec	Obrubník, vystavené slunci	Ne NBN	Ano	Ne NBN
V8 (lišejník)	Skála	Keř trnky, stinné místo	Ano (3) NBN	Ano	Ano (1) NBN

Z pozorování, tedy analýzy vzorků odebraných na různých místech vyplývá, že se želvušky vyskytují nejvíce na stinných a vlhkých místech, kde mají k dispozici substráty, jako jsou například kmeny stromů. Největší počet želvušek jsem našla ve vzorku č.8 sebraného na podzim 2023 (skála s lišejníkem na stinném místě), a to celkem 3. Další významný výskyt byl ve vzorku č.1, také z podzimu téhož roku (kámen na stinném místě ve smíšeném lese), kde se mi podařilo nalézt 2 želvušky, jednu z nich jsem dokonce zachytila v pohybu, a stejný počet želvušek jsem našla i ve vzorku č.3 z jara 2024.

O něco nižší výskyt jsem pak zaznamenala u vzorků č.5 (kmen stromu na okraji lesa, vystavený slunci) a č.6, oba z podzimního sběru (šterková cesta na louce, vystavená slunci), a dále ještě u vzorků č.1 a č.8 z jarního sběru, kde se vyskytovala vždy jedna želvuška. Tyto lokality, nejspíš kvůli pouze dočasné vlhkosti, pravděpodobně neposkytují v obou obdobích tak dobré podmínky, jako stinná místa sběru nejúspěšnějších vzorků.

Ve zbytku vzorků se mi nepodařilo najít žádné želvušky. Z porovnání všech výsledků odhaduji, že by to mohlo zavinit přímé vystavení míst slunci a také méně příznivé substráty, jako je obrubník nebo patník, anebo horší podmínky v jednom ze sledovaných období, jako je tomu například u vzorku č.3, kde, i přes to, že jde o stinné místo, byl výskyt želvušek mou analýzou prokázán pouze na jaře, a nikoliv na podzim na rozdíl od zbytku vzorků ze stinných míst.

V Olomouci při podrobnější a rozhodně také odbornější analýze mnou zaslaných mechů se expertům z týmu pana Vollera povedlo nalézt želvušky úplně ve všech osmi vzorcích. Pokusili se také určit druhy želvušek pohybujících se v každém ze vzorků a některé z nich prý dokonce tvořily vajíčka. Hned v tom prvním by se například měl vyskytovat želvuščí rod s názvem *Macrobiotus*, který byl ve vzorcích údajně objeven nejvícekrát, dalším čteně zastoupeným rodem byl poté *Hipsibius*.

Sám pan Voller mi během zkoumání želvušek z mých mechů také sdělil, že v několika ze vzorků byla nalezena jakási želvuškožravá houba. Jiné parazitické houby podobné této se používají i jako biocidní prostředky (k regulaci nežádoucích organismů jako jsou plísňe, viry atd.) O kultivaci této houby měli prý zájem i další vědci, konkrétně přímo mykologové.

Dalším porovnávaným faktorem byl rozdílný výskyt želvušek v jednotlivých obdobích. Na základě zjištěných údajů můžeme odvodit, že se želvušky vyskytují více na podzim (nález želvušek ve 4 z 8 vzorků, v 1 vzorku nejvíce 3 želvušek) než na jaře (nález pouze ve 3 z 8 vzorků, v 1 vzorku nejvíce 2 želvušky). Je možné, že by takovýto výskyt mohl být způsoben vyšší vlhkostí v podzimním období díky častým deštům, která by mohla podporovat aktivitu želvušek. Takové prostředí totiž umožňuje jejich život v aktivním stavu (nemají potřebu přecházet do žádné z forem kryptobiózy), což je pro ně samozřejmě o poznání výhodnější. Dalo by se pravděpodobně také čekat, že rozdíly mohou být nepříznivě ovlivněny použitím nálevky, jelikož jsem například při izolaci prvního vzorku na podzim použila ne úplně správně postavenou (improvizovanou) Baermannovu nálevku, a k izolaci mechu ze stejného místa na jaře jsem poté použila už novou a správně vyrobenou Baermannovu nálevku, ale podle výsledků pozorování se tento předpoklad nepotvrdil.

4 ZÁVĚR

Cílem mé ročníkové práce bylo bližší seznámení se s tak jedinečnými organismy, jako jsou želvušky, a dále také pokus o zmapování jejich výskytu na Křivoklátsku. Myslím, že oba uvedené cíle se mi podařilo poměrně dobře splnit. V teoretické části práce jsem se zaměřila na podrobnou charakteristiku těchto organismů, jejich anatomii, morfologii a výjimečnou životní strategii (především přechod do klidových stadií), díky které dokážou přežít extrémní podmínky, jako jsou vysoké teploty, dehydratace nebo radiace. Součástí této části bylo také zhodnocení jejich potenciálního využití ve vědě, medicíně a dalších oborech, což mi rozšířilo obzory a posílilo můj zájem o biologii a chemii.

Tvorba praktické části mi poskytla mnoho cenných zkušeností s laboratorními technikami a nástroji, zejména s mikroskopováním, a nakonec také s tvorbou Baermannovy nálevky, což považuji za nemalý úspěch. Díky tomu jsem nejen získala dovednosti potřebné k pozorování mikroskopických organismů, ale také jsem se naučila analyzovat vzorky přímo z terénu. Získané výsledky ukázaly, že želvušky pravděpodobně preferují spíše lokality s kombinací vlhkosti, stínu a přítomnosti organických substrátů, jako jsou například kmeny stromů. Tyto podmínky jim podle mého názoru umožňují přežít v aktivním stavu, zatímco suché a slunečné lokality mnohdy mohou znamenat nutnost přechodu do kryptobiózy, a to, řekla bych, není pro kvalitu jejich života úplně nejvhodnější.

V mém případě se jedná o první práci v takovém rozsahu, především co se praktické části (vlastního výzkumu) týče, a tak si uvědomuji limity své práce, hlavně v oblasti přesnosti analýzy všech vzorků, protože tam každá z mých chyb mohla ovlivnit získané výsledky a způsobit mnohé nepřesnosti. Přesto věřím, že získané poznatky mohou být dále přínosné jako základ pro další potenciální výzkum, ať už v Olomouci nebo někde jinde, kam se výsledky mé práce rozšíří. Ráda bych v této práci pokračovala, zaměřila bych se zejména na rozšíření okruhu míst sběru a také rozhodně na zlepšení metodologie, například větší pravidelnost v analyzování vzorků, ustálení postupu při pozorování nebo přesnější analýzu substrátů, které želvušky preferují.

Celkově mi práce na tomto projektu nejen pomohla rozšířit vědomosti o želvuškách, ale také posílila mé praktické schopnosti v laboratorním i terénním prostředí. Nejzásadnější však bylo uvědomění si, jak důležité je spojovat teoretické poznatky s praktickými zkušenostmi. Pozorování želvušek, jejich chování a prostředí, které obývají, pro mě bylo nejen přínosné, ale také inspirativní a zábavné. Doufám, že mé závěry a zkušenosti přispějí k dalšímu poznání těchto fascinujících organismů.

5 POUŽITÁ LITERATURA

AOPK ČR. *Charakteristika oblasti*. Online. CHKO Křivoklátsko. 2024. Dostupné z: <https://krivoklatsko.nature.cz/charakteristika-oblasti#:~:text=K%C5%99ivokl%C3%A1tsko%20le%C5%BE%C3%AD%20ve%20St%C5%99edo%C4%8Desk%C3%A9m%20a,p%C5%99ev%C3%A1%C5%BEn%C4%9B%20listnat%C3%A9%20sm%C3%AD%C5%A1en%C3%A9%20porosty.> [cit. 2024-11-06].

BERÁNKOVÁ, Alena. *Vzorové příklady bezobratlých živočichů v učebnicích základních a středních škol*. Online, bakalářská práce, vedoucí Hanel, Lubomír. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Katedra biologie a environmentálních studií, 2014. Dostupné z: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/70341/BPTX_2012_2_11410_0_35204_2_0_129021.pdf?sequence=1&isAllowed=y . [cit. 2024-10-7].

BRYNDOVÁ, Michaela; STEC, Daniel; O SCHILL, Ralph; MICHALCZYK, Łukasz; DEVETTER, Miloslav. *Dietary preferences and diet effects on life-history traits of tardigrades*, Zoological Journal of the Linnean Society, 2020, p. 865–877. Dostupné také z: <https://doi.org/10.1093/zoolinlean/zlz146> .

CZERNEKOVÁ, Michaela. „Pomalé“ želvušky a jejich rozmnožování. *Živa*. 2011, roč. 2011, č. 6, s. 285.

FRANKLOVÁ, Hana a KOLBEK, Jiří. Mechorosty Přírodních rezervací Na Babě a Brdatka v CHKO a BR Křivoklátsko. Online. *Zprávy České botanické společnosti*. 2005, s. 151-158. Dostupné z: <https://botanospol.cz/sites/default/files/2018-02/Zpravy-40%281%29-151-158.pdf>. [cit. 2024-11-10].

GRUNTOVÁ, Zuzana. *Želvušky (Tardigrada) a jejich schopnost přežití v extrémních podmínkách*. Online, bakalářská práce, vedoucí Mgr. Dagmar Říhová. Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, Katedra biologie, geologie a environmentálních studií, 2015. Dostupné z: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/64988/BPTX_2013_2_11410_0_386863_0_146204.pdf?sequence=1. [cit. 2024-9-12].

GRUNTOVÁ, Zuzana. *Želvušky (Tardigrada) a jejich využití ve výuce*. Online, diplomová práce, vedoucí Říhová, Dagmar. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Katedra biologie a environmentálních studií, 2017. Dostupné z: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/84876/DPTX_2015_1_11410_0_471209_0_173057.pdf?sequence=1&isAllowed=y [cit. 2024-11-20].

HOUFKOVÁ, Ludmila Hana. *Filtrační aktivita vířníků a želvušek v kryokonitech Svalbardu*. Online, bakalářská práce, vedoucí RNDr. Miloslav Devetter, Ph.D. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, 2023. Dostupné z: https://theses.cz/id/7mmjz6/Houfkova_Ludmila_Hana_2023_BP.pdf. [cit. 2024-11-15].

KROPÁČOVÁ, Barbora. *Meiofauna vázaná na mechové nárosty*. Online, bakalářská práce, vedoucí Mgr. Marie Zhai, Ph.D. Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta, Ústav botaniky a zoologie, 2019. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/gopac/Bakalarska_prace_Kropacova.pdf. [cit. 2024-11-24].

MILLER, William Randolph. *Tardigrades*. Online. 2011. Dostupné z: American Scientist, <https://www.americanscientist.org/article/tardigrades> . [cit. 2024-11-23].

NELSON, Diane R.; GUIDETTI, Roberto; REBECCHI, Lorena. "Tardigrada." *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. Academic Press, 2010, p. 455-484. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780123748553000145>.

SHAHAR, K.; GREENBAUM, D. *Lessons in space regulations from the lunar tardigrades of the Beresheet hard landing*. Nat Astron, 2020, p. 208–209. Dostupné také z: <https://doi.org/10.1038/s41550-020-1034-2>.

SMITH, F.W.; GOLDSTEIN, B. *Segmentation in Tardigrada and diversification of segmental patterns in Panarthropoda*. Arthropod structure & development, 2017, p. 328-340. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1467803916301487>.

VESELÁ, Anna. *Přenos želvušek (Tardigrada) v půdě trávicí soustavou žížal*. Online, bakalářská práce, vedoucí Mgr. Michala Tůmová. Univerzita Palackého v Olomouci, Katedra ekologie a životního prostředí, 2022. Dostupné z: https://theses.cz/id/5timyy/Vesela_BP.pdf. [cit. 2024-11-27].

VOLLER, Jiří; NOVÁKOVÁ, Jitka; VÍTEK, Dominik a PAVLÍK, Jakub. *Tardigrades*. Online. 2024. Dostupné z: <https://tardigrades.netlify.app/>.

6 SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Porovnání výskytu želvušek na jednotlivých místech a ve dvou obdobích (vlastní) ...19

7 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Želvuška třídy Eutardigrada s hladkou kutikulou	9
Obr. 2: Želvuška třídy Heterotardigrada s pórovitými kutikulárními pláty.....	9
Obr. 3: Nervová soustava želvušek (pohled shora a z boku).....	10
Obr. 4: Stavba těla samice želvušky	11
Obr. 5: Soudeček.....	12
Obr. 6: Izraelská sonda Beresheet obsahující časovou kapsli s tisícem želvušek	13
Obr. 7: Improvizovaná Baermannova nálevka	17
Obr. 8: Současná Baermannova nálevka	17
Obr. 9: Želvuška pod mikroskopem (zvětšení 40x).....	18
Obr. 10: Želvuška pod mikroskopem (zvětšení 40x).....	18

Zdroje obrázků

Obr. 1: SCHOKRAIE, E.; WARNKEN, U.; HOTZ-WAGENBLATT, A., GROHME, M.A.; HENGHER, S. *Comparative proteome analysis of Milnesium tardigradum in early embryonic state versus adults in active and anhydrobiotic state*. Online. In: Wikimedia Commons. 2012. Dostupné

z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SEM_image_of_Milnesium_tardigradum_in_active_state_-_journal.pone.0045682.g001-2.png?uselang=cs. [cit. 2024-05-20].

Obr. 2: SCHOKRAIE, E.; WARNKEN, U.; HOTZ-WAGENBLATT, A., GROHME, M.A.; HENGHER, S. *Comparative proteome analysis of Milnesium tardigradum in early embryonic state versus adults in active and anhydrobiotic state*. Online. In: Wikimedia Commons. 2012. Dostupné

z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SEM_image_of_Milnesium_tardigradum_in_active_state_-_journal.pone.0045682.g001-2.png?uselang=cs. [cit. 2024-05-20].

Obr. 3: MAYER, Goerg; MARTIN, Christine; RÜDIGER, Jan. *Diagrams showing the organisation of the tardigrade nervous system*. Online. In: Wikimedia Commons. 2019.

Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tardigrade_zenuw.jpg. [cit. 2024-09-10].

Obr. 4: HOFFMAN, P. F.; SCHRAG, D. P. *Internal anatomy of a tardigrade*. Online. In: Biocyclopedia. 2024. Dostupné

z: https://biocyclopedia.com/index/general_zoology/phylum_tardigrada.php. [cit. 2024-12-07].

Obr. 5: VOLLER, Jiří. *Ramazzottius vytváří soudeček při vysychání*. Online. In: YouTube. 2023. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=_OSIwl5YH68. [cit. 2024-09-15].

Obr. 6: TaBaZzz. *A full scale model of Beresheet moon probe, presented at Habima Square (Tel aviv)*. Online. In: Wikimedia Commons. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Beresheet_model_on_Habima_Square_20190222_01.jpg. [cit. 2024-10-08].

Obr. 7: vlastní

Obr. 8: vlastní

Obr. 9: vlastní

Obr. 10: vlastní