

**Česká zemědělská univerzita**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra aplikované ekologie**



**Vodní měkkýši území Dolu Nástup Tušimice a přilehlých  
rekultivací**

**Vedoucí práce: doc. Mgr. Vladimír Vrabec, Ph.D.**

**Bakalant: Tereza Dvořáková**

© 2024 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tereza Dvořáková

Aplikovaná ekologie

Název práce

**Vodní měkkýši území Dolu Nástup Tušimice a přilehlých rekultivací**

Název anglicky

**Aquatic molluscs of the Doly Nástup Tušimice area and adjacent reclamation areas**

---

### Cíle práce

Cílem studie je faunistická dokumentace výskytu vodních měkkýšů v původních i nově vzniklých stanovištích Dolu Nástup Tušimice. Záměrem je posouzení kvality životního prostředí na základě ekologické valence přítomných vodních měkkýšů a porovnání jejich fauny mezi různými stanovišti. Testována bude hypotéza: Fauna měkkýšů je bohatší v plošně rozsáhlejších tůních než v malých vodních ploškách.

### Metodika

Ve zkoumaném území budou vybrána modelová stanoviště, odkud bude vlastním sběrem shromážděn materiál vodních měkkýšů. K dispozici bude databáze nálezů z předchozích let. Budou sestaveny druhové seznamy pro jednotlivá stanoviště a tyto porovnány z hlediska počtu zastoupených a výskytu bioindikačně významných druhů, jakož i z hlediska přítomných společenstev měkkýšů, pokud to získané výsledky umožní.

**Doporučený rozsah práce**

30 str.

**Klíčová slova**

Sladkovodní měkkýši, faunistika, ekologie, bioindikace, povrchová těžba uhlí

---

**Doporučené zdroje informací**

- Beran, L. & Horsák, M. 1998. Aquatic molluscs (Gastropoda, Bivalvia) of the Dolnomoravský úval lowland, Czech Republic. Acta Soc. Zool. Bohem. 62. 7–23.
- Beran, L. 1998. Vodní měkkýši ČR. ZO ČSOP, Vlašim. 113 s.
- Dillon, T. D. 2004. The Ecology of Freshwater Mollusc. Cambridge University. Cambridge. 509 p.
- Gloer, P. & Meier-Brook, C. 1994. Süßwassermollusken. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, Hamburg, 136 str.
- Horsák, M., Juříčková L., Pícka J. 2013. Měkkýši České a Slovenské republiky. Kabourek Zlín. 264 s.
- Jozwiak, M. A., Jozwiak, M., Kozłowski, R., Rabajczyk, A. 2010. The role of indicator malacofauna in pollution assesment of inland waters exposed to anthropopressure: the case of the Kielce lake. Ecological Chemistry and Engineering. 4. 485–495.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2023/24 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. Mgr. Vladimír Vrabec, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra zoologie a rybářství

Elektronicky schváleno dne 5. 12. 2022

**prof. Ing. Iva Langrová, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 12. 2022

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 06. 03. 2024

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Vodní měkkýši území Dolu Nástup Tušimice a přilehlých rekultivací“ vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 28.3.2024

---



## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce Mgr. Vladimíru Vrabcovi, Ph.D. za odborné rady a poskytnuté podklady k psaní bakalářské práce. Současně chci poděkovat mé rodině za pochopení a trpělivost během celého mého studia.

# Vodní měkkýši území Dolu Nástup Tušimice a přilehlých rekultivací

## Souhrn

Cílem této bakalářské práce je faunistická dokumentace výskytu vodních měkkýšů na zrekontrovaných částí na území Dolu Nástup Tušimice po těžbě nerostných surovin. K ověření byla navržena hypotéza: Fauna měkkýšů je bohatší v plošně rozsáhlejších tůň než v malých vodních ploškách.

Sledování vývoje bylo prováděno v letech 2010-2023. Vlastní sběr vodních měkkýšů proběhl na 18 lokalitách pomocí cedníku a pinzety. Získaný materiál byl uložen do sklenic s roztokem ethanolu a později předán vedoucímu práce, který jej determinoval. Výsledky determinace byly vloženy do tabulky, se kterou jsem dále zpracovala a z níž bylo provedeno vyhodnocení. Tabulka zahrnovala i nálezy na území Dolu Nástup Tušimice z předchozího období.

Na sledovaném území Dolu Nástup Tušimice bylo na 18 stanovištích nalezeny 2 blíže neurčené rody (*Gyraulus* sp. a *Pisidium* sp.) a 11 konkrétních druhů (*Galba truncatula*, *Gyraulus albus*, *Gyraulus crista*, *Lymnaea stagnalis*, *Musculium lacustre*, *Physa fontinalis*, *Physella acuta*, *Potamopyrgus antipodarum*, *Radix auricularia*, *Radix labiata* a *Sphaerium corneum*). Nejpočetnějším taxonem byl druh *Galba truncatula*, který byl nalezen na 6 lokalitách. Jeden druh (*Physa fontinalis*) je zařazen v Červeném seznamu jako téměř ohrožený druh.

Testována byla hypotéza, že je fauna měkkýšů bohatší v plošně rozsáhlejších tůň než v malých vodních ploškách. Na základě výpočtů průměrného výskytu taxonů na stanovišti a určení podobnosti malých a velkých nádrží podle Jaccardova indexu byla hypotéza potvrzena, z dlouhodobého hlediska vykazují lepší osídlení vodními měkkýši plošně rozsáhlejší nádrže.

Z výsledků vyplývá, že rekultivace Dolu Nástup Tušimice představují perspektivní lokalitu pro vodní měkkýše a poskytují jim i některá náhradní stanoviště, o která v našich podmínkách přicházejí zejména likvidací či změnou jejich biotopu v přírodě. Nic nenaznačuje horší kvalitu vodního prostředí. Rekultivace zde probíhá úspěšně a příroda se postupně navrácí na území zasažená těžbou hnědého uhlí.

**Klíčová slova:** bioindikace, povrchová těžba uhlí, rekultivace, vodní měkkýši

# Aquatic molluscs of the Doly Nástup Tušimice area and adjacent reclamations areas

## Summary

The aim of this bachelor thesis is the faunistic documentation of the occurrence of aquatic molluscs in the reclaimed parts of the Nástup Tušimice Mine after mineral extraction. A hypothesis was proposed for testing: the mollusc fauna is richer in the large areas of the pools than in the small water areas.

The actual collection of aquatic molluscs was carried out at 18 sites using a colander and tweezers. The collected material was placed in jars of ethanol solution and later handed over to the study leader for determination. The results of the determinations were entered into a spreadsheet, which I further worked with and from which an evaluation was made. The spreadsheet also included finds in the Doly Nástup Tušimice area from the previous period.

In the monitored area of Doly Nástup Tušimice, were found at 18 sites: 2 unspecified genera (*Gyraulus* sp. and *Pisidium* sp.) and 11 specific species (*Galba truncatula*, *Gyraulus albus*, *Gyraulus crista*, *Lymnaea stagnalis*, *Musculium lacustre*, *Physa fontinalis*, *Physella acuta*, *Potamopyrgus antipodarum*, *Radix auricularia*, *Radix labiata* and *Sphaerium corneum*). The most abundant taxon was *Galba truncatula*, which was found at 6 localities. One species (*Physa fontinalis*) is listed as Near Threatened on the Red List.

The hypothesis that the mollusc fauna is richer in large pools than in small pools was tested. Based on calculations of average taxa abundance per site and determination of the similarity of small and large pools by Jaccard's index, the hypothesis was confirmed; in the long term, larger pools show better aquatic mollusc colonization.

The results show that the reclamation of the Nástup Tušimice Mine represents a promising habitat for aquatic molluscs and provides them with some alternative habitats, which they lose in our conditions mainly by destruction or alteration of their habitat in nature. There is no indication that the quality of the aquatic environment is deteriorating. Reclamation is proceeding successfully and nature is gradually returning to the areas affected by lignite mining.

**Keywords:** bioindication, surface coal mining, reclamation, aquatic molluscs

<b>1 Úvod</b>	1
<b>2 Cíl práce</b>	2
<b>3 Literární rešerše</b>	3
<b>3.1 Vodní měkkýši</b>	3
3.1.1 Stavba a charakteristika schránek	3
3.1.2 Způsob života a potrava	5
3.1.3 Stanoviště	5
3.1.4 Ohrožení vodních měkkýšů v České republice	6
3.1.4.1 Ohrožení a ochrana biotopů	6
3.1.4.2 Ohrožení a ochrana druhů	8
<b>3.2 Organismy jako bioindikátory</b>	9
3.2.1 Bioindikace sladkovodními měkkýši	9
<b>3.3 Plži</b>	10
3.3.1 Morfologie plže	10
3.3.2 Anatomie plže	11
3.3.3 Rozmnožování a životní cyklus plže	13
<b>3.4 Mlži</b>	14
3.4.1 Morfologie mlže	14
3.4.2 Anatomie mlže	15
3.4.3 Rozmnožování a životní cyklus mlže	16
<b>3.5 Povrchová těžba uhlí</b>	17
3.5.1 Dopady těžby na životní prostředí	17
3.5.2 Vodní plochy vzniklé v souvislosti s těžbou	18
<b>3.6 Rekultivace</b>	18
<b>4 Metodika</b>	20
<b>4.1 Charakteristika zájmového území</b>	20

4.2 Popis zkoumaných stanovišť	21
4.3 Vlastní metodika práce	24
5 Výsledky	26
5.1 Výsledky sledování	26
5.2 Frekvence výskytu jednotlivých taxonů	26
5.3 Zjištěné významné druhy	27
5.3.1 Charakteristika druhu <i>Physa fontinalis</i> (Linnaeus, 1758)	27
5.4 Velké a malé nádrže	28
6 Diskuse	31
6.1 Zjištěné druhy a jejich výskyt na stanovištích	31
6.2 Charakteristiky zjištěných taxonů	32
6.3 Posouzení kvality životního prostředí na základě nalezených druhů	40
6.4 Testovaná hypotéza	41
7 Závěr	42
8 Literatura	43
9 Seznam obrázků a grafů	51

# 1 Úvod

Uhlí je v současné době nejvýznamnějším zdrojem pro výrobu energie v ČR (Vráblíková 2016). Česká republika je čtvrtým největším producentem hnědého uhlí v Evropské unii (Hendrychová a kol. 2020). Dobývací prostor Nástup Tušimice se nachází mezi městy Chomutov a Kadaň, kde se nachází jeden velký povrchový důl s průměrnou roční těžbou 11,5 mil. tun (Cablik a kol. 2018). Těžba hnědého uhlí zde probíhá od přelomu 18. a 19. století. Těžba uhlí, provoz závodů na zpracování uhlí a podnikových elektráren, negativně ovlivňuje nejenom životní prostředí.

Při povrchové těžbě hnědého uhlí dochází též k celkové změně krajinného rázu, dochází ke znečištění ovzduší, povrchových a podzemních vod a půdy. Rekultivace představuje soubor opatření a úprav na zúrodnění půdy znehodnocené přírodní či antropogenní činností, přispívá k obnově produkčnosti a funkčnosti krajiny (Vráblíková 2010). Ozdravit krajinu po povrchové těžbě uhlí je možné nejen technicky náročnými rekultivačními postupy, ale také přirozenou obnovou neboli sukcesí, kdy si příroda musí poradit sama (Vrba 2023).

Sledování a upozorňování na reakce organismů citlivých na změnu se začalo používat ke kontrole kvality životního prostředí a vznikla tak nová vědní disciplína známá jako bioindikace (Jozwiak a Jozwiak 2014).

Bioindikátory jsou živé organismy, jako jsou rostliny, plankton, zvířata a mikrobi, které se využívají ke sledování zdraví přirozeného ekosystému v prostředí. Používají se pro hodnocení zdraví životního prostředí a biogeografických změn probíhajících v životním prostředí. Každá organická entita uvnitř biologického systému poskytuje indikaci týkající se zdraví svého okolí, jako například plankton, který rychle reaguje na změny probíhající v okolním prostředí a slouží jako důležitý biomarker pro hodnocení kvality vody a také jako indikátor znečištění vody (Parmar a kol. 2016).

Velecká (2002) uvádí, že vodní měkkýši jsou nápadnou složkou makrozoobentosu a tradičně nacházejí uplatnění v ekologických studiích hodnotících kvalitu vodního prostředí. Vnímavost ke změnám prostředí, malá vagilita a přítomnost schránky na těle živočicha činí z měkkýšů bioindikačně zajímavou skupinu organismů. Vodní měkkýši citlivě reagují na změny životních podmínek posunem v druhové skladbě společenstva.

## **2 Cíl práce**

Cílem je faunistická dokumentace výskytu vodních měkkýšů v původních i nově vzniklých stanovištích Dolu Nástup Tušimice. Záměrem je posouzení kvality životního prostředí na základě ekologické valence přítomných vodních měkkýšů a porovnání fauny mezi různými stanovišti.

Testována bude hypotéza: Fauna měkkýšů je bohatší v plošně rozsáhlejších tůň než v malých vodních ploškách.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Vodní měkkýši

Měkkýši jsou starobyloou živočišnou skupinou, která za 500 miliónů let své existence dokázala osídlit prakticky všechny typy biotopů (Horsák a kol. 2013). Měkkýše lze nalézt v suchozemském, sladkovodním a mořském prostředí (Sturm a kol. 2006). Dle Haszprunara (2020) jsou měkkýši po členovcích jedním nejpočetnějším kmenem živočišné říše. Zahrnuje přibližně 117 000 druhů (Horsák 2013). Vodní měkkýši jsou rozděleni na dvě třídy, Bivalvia a Gastropoda (plže a mlže) (Lydeard a Cummings 2019).

Smrž (2013) uvádí, že tělo měkkýše se rozčleňuje na tři části, hlava – noha – útrobní vak, které mají u různých skupin různou podobu. Velmi aktivní tělní složku představuje pokožka. Její buňky, kromě krycí funkce, vylučují kvantum slizu chránícího tělo.

Naši vodní měkkýši zahrnují poměrně malý počet předožábřích plžů a více druhů plicnatých plžů a mlžů. Předožábří plži a mlži jsou příbuzní mořským měkkýšům a přešli do sladkých vod z moře, na rozdíl od vodních plžů plicnatých, kteří se vyvinuli ze suchozemských plžů (Beran 1998).

Na území České republiky bylo ve volné přírodě doposud nalezeno 249 druhů měkkýšů, z toho je 221 druhů plžů (50 vodních a 171 suchozemských) a 28 mlžů (Horsák a kol. 2013). Červený seznam ohrožených druhů České republiky obsahuje celkem 134 druhů měkkýšů, které tvoří 56 % naší malakofauny. U vodních měkkýšů to je 43 druhů, kteří představují více než polovinu naší vodní malakofauny. Současné rozšíření, ekologické nároky a holocenní vývoj jsou u měkkýšů střední Evropy velmi dobře prostudovány, což má velký význam i pro ochranu přírody (Farkač a kol. 2005).

#### 3.1.1 Stavba a charakteristika schránek

Beran (1998) uvádí, že schránka měkkýšů je vylučována kožním záhybem, který se nazývá plášť. Stěny schránky se skládají z několika vrstev. Vrchní vrstva se nazývá periostrakum a je tvořena konchinem, což je organická látka blízcí se svým složením chitinu hmyzu. Tato vrstva je také nositelem zbarvení. Pod konchinem leží vrstva tvořená 2 vrstvami uhličitanu vápenatého. Harper (1997) píše, že periostrakum je vrstva sklerotizované bílkoviny, která chrání vápenatou část skořápky před vnějšími vlivy.

Uhličitan vápenatý ( $\text{CaCO}_3$ ) je všeobecně oblíbená stavební látka u bezobratlých živočichů. K vytváření kosterních prvků či alespoň inkrustaci pevných částí svého těla ho

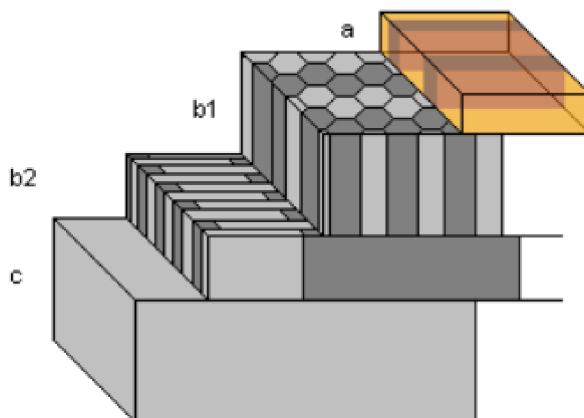


používají také některé houby, ramenonožci, korýši, mechovky, mořští mnohoštětinatci nebo koráli. Uhlíčan vápenatý se vyskytuje v několika krystalografických variantách, z nichž nejčastější jsou v živočišné říši kalcit a aragonit. Obě varianty se mírně liší svými fyzikálními vlastnostmi. Kalcit má nižší hustotu, méně stabilní je však aragonit. Měkkýši své schránky vytvářejí z obou variant (Říhová a Juračka 2010).

Vrstva blíže periostraku se nazývá ostrakum a je tvořena hranolky uhličitanu vápenatého uspořádanými kolmo k povrchu lastury. Wilmot a kol. (1992) zmiňují, že ostrakum je tvořeno lamelární vrstvou, která je složena z aragonitu. Vrstev může být obsaženo více, pokud má schránka více než jednu lamelární vrstvu, tak vrstvy k sobě těsně přiléhají a lamely jsou v jednotlivých vrstvách k sobě pootočený o 90°.

Nejspodnější vrstvou schránky je hypostrakum tvořené aragonitem, který je jinou minerální formou  $\text{CaCO}_3$ . Tato vrstva může být složena z několika vrstev, které jsou uspořádány rovnoběžně s povrchem lastury (Dauphin a Denis 2000). Beran (1998) uvádí, že tato vrstva je vytvořena především u velkých mlžů a nejvíce souvisí s tvorbou perel a podobných útvarů. U ostatních měkkýšů je perleťová vrstva pouze naznačena

Mladý čerstvě vylíhlý měkkýš je opatřen tzv. embryonální schránkou. Ta během života postupně dorůstá spolu s tělem živočicha až dosáhne určité velikosti. Zatímco ulita plžů roste pouze do dospělosti a její růst je ukončen vývinem znaků v oblasti ústí, tak u mlžů roste schránka víceméně po celý život (Beran 1998).



Obr. 1: Schéma vrstvy lastury měkkýšů – a: Periostrakum, b1: Ostrakum (hranolová vrstva), b2: Ostrakum (desková vrstva), c: Hypostrakum (Ghesquiere, 2000)

### 3.1.2 Způsob života a potrava

Beran (1998) uvádí, že mlži jsou typickými obyvateli dna vodních nádrží a vodních toků. Většina našich mlžů žije v malých hloubkách do 1,5 m. Hlouběji nalezneme naše mlže spíše ojediněle. Žijí zahrabaní v sedimentech a často nad dno vystupuje pouze okraj schránky s přijímacím a vyvrhovacím otvorem. Po dně se pohybují pomocí nohy, která má funkci kotvy (Savazzi a Peiyi 1992). Potravu získávají filtrací z vody a jedná se zejména o drobný plankton (řasy, prvoci apod.) a také jemný detrit (odumřelé části živočichů a rostlin). Cranford a kol. (2011) uvádějí, že částice zachycené v napájecím proudu jsou zachyceny žábami. Množství profiltrované vody činí u škeble až 1,5 l a u velevrubu až 3,6 l za hodinu (Piechocki a Durych – Falniowska 1993). Tato filtrace může pozitivně ovlivňovat kvalitu vody, a to zejména při větším množství mlžů.

Zato vodní plži jsou efektivními spásáči (Cattaneo a Kalff 1986). Plže najdeme nejspíše na vegetaci v blízkosti hladiny, dále na různých předmětech včetně opadaného listí stromů ve vodě. Pouze některé (zvláště předožábré) plže nalezneme na povrchu bahnitých sedimentů či částečně zahrabané. Potravou většiny vodních plžů jsou nárosty (řas, sinic, bakterií, prvoků apod.) na vegetaci, listí, bahně, kamenech, větvích a jiných předmětech ve vodě. Další velkou složkou potravy tvoří odumřelé i živé tkáně rostlin. Někteří předožábrí plži se také živí detritem a u několika druhů byla zjištěna i schopnost získat potravu filtrací vody (*Bithynia*, *Valvata*). Dillon (2004) uvádí, že na rozdíl od mlžů, mají různé skupiny plžů různé preference pro potravní zdroje, a to zejména preference k různým druhům rostlin. Někteří plži (např. *Theodoros*, *Viviparus*) přijímají živočišnou potravu, a to zejména formou konzumace mrtvých těl různých živočichů (Beran 1998).

### 3.1.3 Stanoviště

Vodní měkkýše lze nalézt v našich podmínkách od horských potoků a podzemních vod až po nivy velkých řek. Horské a podhorské potoky a říčky jsou obývány obvykle pouze několika málo druhy. V podzemních vodách žije jako jediný druh bývalého Československa vývěrka slovenská (*Belgrandiella slovenica*) popsána až v roce 1964. Kovac a kol. (1998) uvádějí, že tento endemický druh se nyní vyskytuje ve středním a severním krasu Slovenska. Většina našeho druhového bohatství vodních měkkýšů je však soustředěna do nížin, zejména v nivách velkých řek. Zde obývají jak vodní toky a kanály, tak odstavená ramena a tůně, rybníky i periodické mokřiny (Beran 1998).

### **3.1.4 Ohrožení vodních měkkýšů v České republice**

Beran (2002) uvádí, že značná část vodních měkkýšů v České republice patří v současnosti k ustupujícím druhům. Dochází jak k restrikci celkového rozšíření u nás, tak i ke snižování počtu lokalit až může dojít k úplnému vymizení. Úbytek či jejich vymizení můžeme jen z malé části připsat přirozenému ústupu (Ložek 1981). Ve většině případů úbytek přímo souvisí s antropogenními změnami prostředí. Ohrožení vodních měkkýšů a s tím související nutnost ochrany biotopů i samotných druhů se stává v současnosti velmi aktuální tematikou (Beran 1998).

V našich podmínkách je ohrožení vodních měkkýšů dáno zejména likvidací či změnou jejich biotopů, a proto také ochrana vodních měkkýšů musí být v první řadě zaměřena na ochranu a vhodnou péči o biotopy. Pro některé druhy je již pozdě a jiné bez speciálních ochrannářských opatření mají pouze malou šanci na přežití (Beran 1998).

Beran a kol. (2005) uvádějí, že v případě vodních měkkýšů dochází stále k dalšímu zhoršování situace. Nejvíce je situace znát u druhů vázaných na stojaté vody v nivách větších řek, neboť regulací došlo k umrtvení dynamiky těchto řek, zamezení vzniku nových odstavených ramen a tůní, přičemž staré biotopy postupně zanikají. Ke konci 20. století došlo k výraznému zlepšení kvality vody, ale v současnosti kvalita vody stagnuje. Za tohoto stavu se nelze divit, že do červeného seznamu bylo zařazeno 40 druhů vodních měkkýšů, což je 51 % z celkového počtu druhů.

#### **3.1.4.1 Ohrožení a ochrana biotopů**

Regulace vodního toku – může mít řadu forem od zatrubnění či tvrdé napřímení po mírnější formy jako je např. kamenný zához. Regulacemi je postižena většina našich vodních toků. Hlavním problémem je ztráta diverzity koryta, se kterou se vodní měkkýši vypořádají tím, že zůstane pouze několik nenáročných druhů, zatímco ostatní druhy vyhynou.

Řešením je ochrana zbytků přirozeně meandrujících toků. Meandry jsou buďto údolní (zákruty údolí), volné (zákruty řeky v široké nivě) či zakleslé (v tvrdých horninách hlubokých údolí) (Demek 1987). Nebo revitalizační opatření na zregulovaných tocích. Může se jednat např. o umístění ostrůvků z kamenů, vložení jednotlivých kamenů či skupin do koryta střídavě na levou a pravou stranu koryta, drobné jízky či kamenné prahy.

Přehrazení toku – budování přehrad, stupňů, jezů a hrází je jedním z nejzávažnějších problémů. Přehrazením toku dochází k vytvoření nepřekonatelné

překážky pro vodní živočichy, zejména pro ryby. Dochází tak k izolaci jednotlivých subpopulací vodních živočichů, což může mít za následek jejich postupné oslabení či vyhynutí. V případě, že dojde v určitém úseku k vyhynutí nějakého druhu (např. následkem znečištění), není možné, aby se tento druh zpětně proti proudu rozšířil do zasaženého úseku. Z vodních měkkýšů jsou tímto zásahem ohroženi nejvíce velcí mlži (perlorodka, velevrubi, škeble), neboť jejich šíření na větší vzdálenosti je možné pouze ve formě larev. Parazitické larvy škeblí – glochidie se po uvolnění z mateřského jedince zachytí na těle ryb, často na ploutvích nebo žábřácích (Ondráčková 2010). Nepřekoná-li překážku glochidiami napadená ryba, zůstane dotčený úsek bez mlžů.

Řešením je likvidace nefunkčních stupňů a jezů a u zbývajících bariér vybudování rybích přechodů či ještě lépe obtokových kanálů a struh (bypass).

Zánik stojatých vod – přirozenými stojatými vodami jsou u nás zejména ramena a tůň v různém stupni zazemnění v nížinách, které vznikají odškrcováním a postupným zazemňováním meandrů větších řek. Tyto biotopy jsou stále vzácnější. Stávající odstavená ramena a tůň postupně zarůstají a zazemňují se a během několika desítek až stovek let úplně zaniknou. Stejně tak zanikají i drobné tůň a mokřady.

Řešením je údržba a pravidelné odbahňování vybraných ramen a tůní, a ještě lepším řešením je obnova již zaniklých tůní, ramen či mokřadů a budování nových.

Další stojaté vody – rybníky, nádrže apod. - jsou dílem lidských rukou. Zejména rybníky jsou pro naše území tradičním a již dlouhou dobu se vyskytujícím fenoménem a jsou obývány i vzácnými a ohroženými živočichy. Jejich vhodné extenzivní využívání, pravidelná a citlivá údržba a budování nových rybníků je základem pro přežití populací živočichů na ně vázaných. U stávajících rybníků s výskytem významnějších druhů (např. početné populace škeble rybničně) je také nutné upravit manipulační a provozní řád tak, aby vypouštění rybníka bylo co nejvíce omezeno, probíhalo ve vhodné období (podzim) a trvalo krátce (cca 1 týden). Bohužel většina našich rybníků je výrazně přerybněna (zejména kapr) a nadměrná rybí obsádka likviduje porosty vodní a mokřadní vegetace, která slouží k rozvoji společenstev měkkýšů, zejména plžů. Znečištění a zvýšený přísun živin – tento problém je jednou z hlavních příčin špatného stavu našich vod.

Řešením, jak situaci zlepšit je kromě snížení množství používaných hnojiv a jiných chemických prostředků také zachování či budování dostatečně širokých ochranných pásů zeleně či trvalých travních porostů podél vodních toků a nádrží. Organické

znečištění zvyšuje množství živin ve vodě a ovlivňuje tak kyslíkový režim, množství živin působí na měkkýše různě, např. velké množství může způsobit úplné vyčerpání kyslíku a tím vyhynutí většiny měkkýšů. Ve většině případů je jediným vhodným řešením snížení přísunu znečištění (Beran 2002).

Uvedené vlivy nepostihují pouze vodní malakofaunu, ale i jiné skupiny živočichů jako např. ryby (Hanel 1995).

### 3.1.4.2 Ohrožení a ochrana druhů

Beran (2002) uvádí, že přímé ohrožení vodních měkkýšů je ve srovnání s ohrožením jejich biotopů naštěstí malé a týká se v podstatě dvou oblastí.

Přímé využívání – to hrálo v minulosti poměrně významnou roli v případě velevrubů a škeblí, používaných jako krmivo, lastury snad využívané k výrobě knoflíků (Beran 2002; Butcher 2004), ale zejména perlorodky, která byla zdrojem perel (Kobbé 1916). V současnosti tyto způsoby využívání pominuly.

Negativní ovlivnění původních měkkýšů nepůvodními druhy – Seddon (1998) uvádí druh *Dreissena polymorpha* jako jeden z nejvíce destruktivně působících druhů. Tento druh je označován za hlavní příčinu rapidního poklesu populací velkých mlžů v kanadském jezeře Erie (Schloesser & Nalepa 1994). Je otázkou, zda v případě České republiky lze vůbec výraznější vliv tohoto druhu očekávat, neboť se jedná původně o druh evropský (ponticko-kaspický), který ve svém původním areálu koexistoval prakticky se všemi našimi druhy velkých mlžů. Ani v případě dalších nepůvodních druhů nebyl zatím prokazatelně zjištěn silnější negativní vliv na populace našich druhů, a to i přesto, že některé nepůvodní druhy žijí v obrovských koncentracích (např. *Potamopyrgus antipodarum* i více než 10 000 jedinců na 1 m<sup>2</sup>). To ovšem neznamená, že tento vliv neexistuje. Přinejmenším se jedná o potravní konkurenci, která zákonitě musí alespoň částečně původní společenstva ovlivňovat. Proto je nutné tento problém neustále sledovat.

Opatření mohou být různá. Nejčastěji se jedná o vysazení na novou či historickou lokalitu nebo posilování slabých populací. Dalším opatřením je umělý nebo polopřirozený chov (Beran 2002).

### 3.2 Organismy jako bioindikátory

Bioindikátory jsou živé organismy, jako jsou rostliny, plankton, zvířata a mikrobi, které se využívají ke sledování zdraví přirozeného ekosystému v prostředí, k hodnocení stavu životního prostředí a důležitým nástrojem pro zjišťování změn (pozitivních a negativních) v prostředí a jejich následných dopadů na lidskou společnost. Plankton je společenstvo rychle reagující na změny probíhající v okolním prostředí a sloužící jako důležitý biomarker pro hodnocení kvality vody a také jako indikátor znečištění vody a funguje jako včasný varovný signál. Prostřednictvím stavu a přítomnosti bioindikátorů můžeme předpovídat přirozený stav určité oblasti nebo úroveň/stupeň kontaminace (Parmar a kol. 2016).

Změny prostředí jsou často připisovány antropogenním disturbancím (např. znečištění, změny využití půdy) popř. přirozené stresory (např. sucho, pozdní jarní mrazy), ačkoli antropogenní stresory tvoří primární zaměření výzkumu bioindikátorů. K rozsáhlému rozvoji oboru a aplikaci bioindikace na základě indikátorů došlo především od 60. let 20. století (Holt a Miller 2011). Dle Boháče (1999) se vývoj a používání biologických systémů včasného varování ve vodním prostředí v posledních letech zvýšil.

Paul a Kumani (2020) uvádějí, že biota ve vodních ekosystémech je obvykle vystavena stresovým podmínkám, jako jsou přirozené změny prostředí a antropologické narušení včetně vypouštění znečišťujících látek do vodních zdrojů. Nejproblematičtější je degradace sladkovodních zdrojů, jako jsou rybníky, jezera, mokřady atd. v důsledku odtékající vody, která neustále sčítá znečišťující látky z různých oblastí (Parmar et al., 2016). Pro hodnocení zdravotního stavu sladkovodních útvarů mají ekologové dvě možnosti, mohou užít buď tradiční chemickou analýzu, nebo se mohou rozhodnout pro použití bioindikátorových druhů.

#### 3.2.1 Bioindikace sladkovodními měkkýši

Bioindikační metody pracují s diverzitou společenstev, valencí a s bioindikační vahou druhů. Mezi důležité charakteristiky lze považovat životní cyklus, reprodukční a potravní strategie jednotlivých druhů.

Vodní měkkýši jsou dokonalými bioindikátory, protože svou přítomností hodnotí kvalitu vodního prostředí, což je činí velice zajímavou skupinou živočichů. Už pouhý fakt presence či absence druhů indikuje narušení biotopu. Jestliže dojde k narušení životních podmínek, je ovlivněno rozmnožování sladkovodních měkkýšů, snížení počtu vajíček, popřípadě jejich tvar a velikost. Vodní měkkýši indikují znečištěné, na kterém se mohou

podílet těžké kovy Cu, Pb, Zn, Mn, Co, Ni, Cd, Cr nebo organické látky (Velecká 2002). Vodní mlži a plži jsou velice vhodnými bioindikátory těžkých kovů, protože žijí přisedavým způsobem života a filtrují vodu, ze které získávají potravu, a tak zachytávají těžké kovy (O'Leary a Breen 1997). Pro českou faunu vodních měkkýšů je k dispozici návrh hodnot saprobního indexu a saprobní vaslenice pro všechny druhy (Vrabec et al. 1998, 1999, 2000, Vrabec 2003).

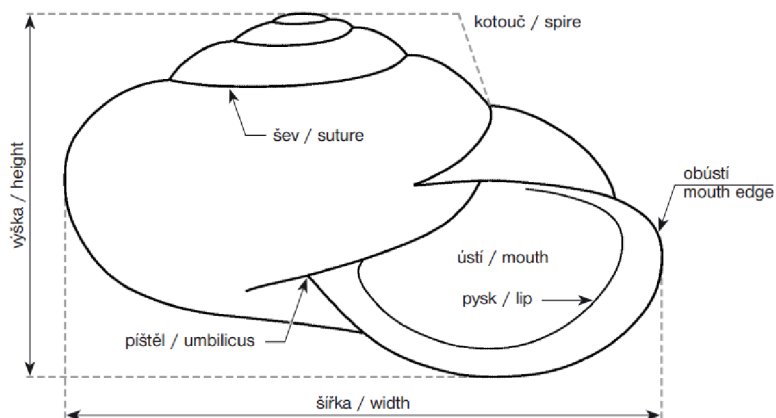
### 3.3 Plži

Plži jsou nejpočetnější skupinou měkkýšů s asi 40 000 popsánymi druhy. Z celkového počtu druhů plžů je asi 7 000 sladkovodních forem (Cuezzo 2009).

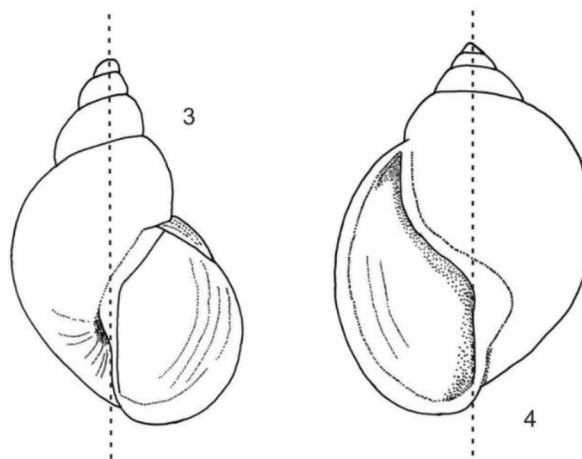
#### 3.3.1 Morfologie plže

Tělo plžů se skládá ze souměrné nohy, hlavy a z útrobního vaku, který je spirálně vinutý a nesouměrný (Ložek 1956). Noha je část těla, kterou plž vysunuje z ulity, sloužící především k pohybu a k přijímání potravy. Je opatřena silnou svalovinou a vpředu je ukončena hlavou, která nese ústa a hlavní smyslové orgány. Hlava je určena k vnímání a uchopení potravy (Greyer 1896). Plášť je vytvářen útrobním vakem. Plášť je kožní záhyb, jehož okraj a vnější strana vylučuje ulitu (Ložek 1956).

Ulita je spirálně vinutá. Při pohledu na ulitu ze spodní strany můžeme u některých druhů vidět otvor do cívky neboli píštěl (umbriculus), která je otevřená nebo uzavřená, případně překrytá okrajem ústí (Horsák a Juričková 2013). Důležitým znakem je směr vinutí závitů. Většina ulit je pravotočivá, některé ulity – např. u čeledi levatkovití (*Physidae*) – jsou levotočivé. Zda jde o levotočivou či pravotočivou ulitu poznáme, když ji postavíme ústím k sobě. Stoupá – li spirála k pravé straně, ulita je pravotočivá, obráceně je levotočivá (Beran 1998)



Obr. 2: Morfologie ulity pravotočivého plže (Horsák a Vašátko, 2007)



Obr. 3: Směr spirály – č. 3 Pravotočivý a č. 4 Levotočivý (Cuezzo, 2009)

### 3.3.2 Anatomie plže

Ulita a plášť kryjí útrobní vak s většinou orgánů. V dutině pláště jsou uloženy dýchací orgány. Předožábří plži mají vytvořeny žábry, plicnatí prokrvenou stěnu pláště neboli plicní vak, někteří zástupci řádu *Basommatophora* mohou mít druhotné žábry.

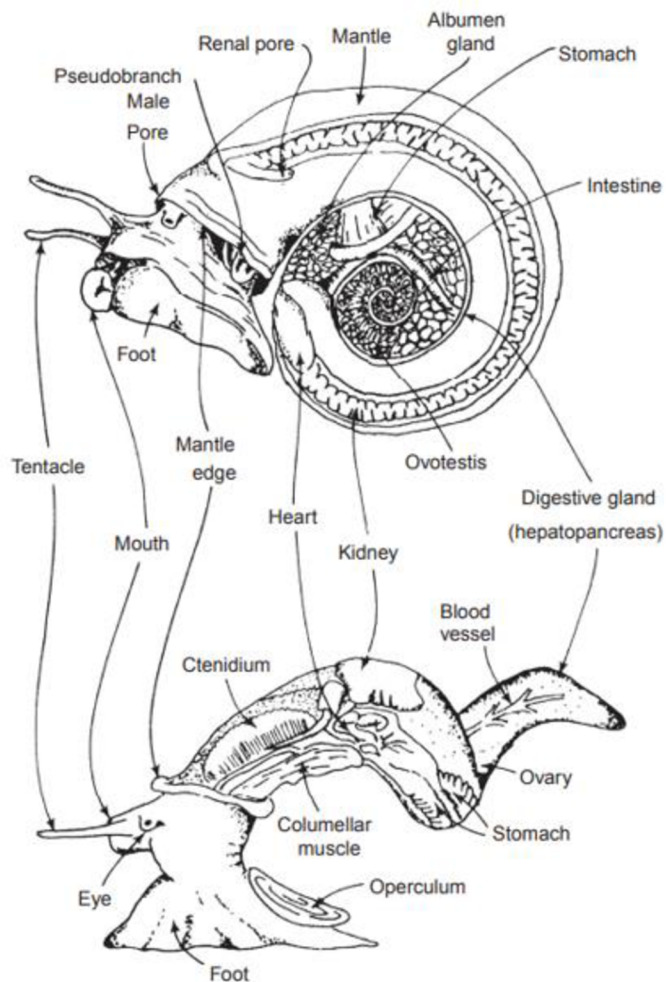
Cévní soustava je otevřená, krev (hemolymfa) je modrá díky přítomnosti mědi ve volně rozpuštěném krevním barvivu (hemocyanin). Po navázání molekulárního kyslíku se ionty oxidují na Cu(II), což vede k vytvoření modrého komplexu (Hoogenboom 2019). Pouze okružáci (*Planorbidae*) mají barevnou krev s hemoglobinem. Srdce má většinou jednu předsíň a komoru, nebo dvě předsíně a komoru (u nás pouze rod *Theodoxus*). Je uloženo v perikardu propojeném s ledvinou – filtrace krve probíhá v obou těchto orgánech. Z ledviny vede primární močovod.



Na rozhraní ústní dutiny a jícnu mají plži zvláštní ozubenou pásku připomínající struhadlo (radula), která je vyztužená chrupavkou (odontophor). Radula je struktura používaná pro zpracování potravin (Krings a kol. 2021). Jícen je obvykle opatřen slinnými žlázami. Pokračuje voletem zaústěným do malého vakovitého žaludku, který má u primitivnějších plžů složitější strukturu, u pokročilejších se jedná o jednoduchý vak. Zde je potrava přetrávena a v některých případech i roztříděna do jednotlivých frakcí, případně rozdrcena. Ze žaludku vychází trávicí žláza (hepatopankreas), ve které dochází k vlastnímu trávení. Nestrávené zbytky odcházejí dlouhým střevem do řitního otvoru, ústícího do plášťové dutiny. Plži obvykle požírají zetlelé i čerstvé rostliny a houby. Jako jedni z mála živočichů produkují vlastní enzym celulózu, takže mohou rostlinnou potravu strávit bez účasti symbiontů.

Nervová soustava plžů je poměrně jednoduchá. Předožábří plži mají málo koncentrovanou nervovou soustavu překříženou do tvaru číslice 8 (streptoneurie). U plžů se setkáme s unikátním jevem zvaným torze, kdy se útrobní vak larvy v určitém stádiu vývoje přetočí o 180° proti směru hodinových ručiček, čímž dochází k zásadní přestavbě tělní organizace. Plicnatí plži mají všechna nervová ganglia v hlavě, u spodnookých jsou ještě méně koncentrovaná, kdežto u stopnookých už tvoří shluk ganglií – jakýsi mozek.

Pohlavní soustava je u plžů většinou složitě utvářena a často nese celou řadu důležitých determinačních znaků. Předožábří plži jsou odděleného pohlaví (gonochoristé), zatímco plicnatí plži jsou obojetníci. U odděleného pohlaví se u některých taxonů zvětší zadní okraj skořápky samice, což je jeden z nejnápadnějších příkladů sexuálního dimorfismu u měkkýšů (Dillon 2004; Horsák a Juričková 2013).



Obr. 4: Základní vnitřní anatomie nahoře *Planorbis pulmonate* a dole *Pleurocerid coenogastropod* (Pyron a Brown, 2015)

### 3.3.3 Rozmnožování a životní cyklus plže

U plžů, kteří jsou odděleného pohlaví se spolu pochopitelně páří samec se samicí. U hermafroditických plžů (obojetného pohlaví) obvykle jeden jedinec funguje jako samec a druhý jako samice. Vzácně dochází i k páření většího množství jedinců najednou a častěji dochází k tomu, že po páření dvou jedinců si jedinci vymění role a páření se opakuje. Samooplození u hermafroditických druhů není příliš běžné, ale ani vzácné. Po oplození vajíček dochází obvykle k jejich kladení. Výjimkou jsou bahenky (*Viviparus*) a písečník novozélandský (*Potamopyrgus antipodarum*), jejichž vajíčka se vyvíjejí v těle a snášení jsou mladí plži obalení průhledným rosolovitým slizem. Vajíčka jsou snášena většinou v kokonech. Počet vajíček v kokonu stejně jako tvar kokonu je různý a často charakteristický pro jednotlivé čeledi či rody. Vajíčka jsou obvykle nalepována na různé

předměty ve vodě. Nejčastěji se jedná o vodní rostliny, kameny a jiné neživé předměty, ulity jiných plžů. Dobou kladení je obvykle léto a podzim. Po určité době (několik dnů až týdnů), která závisí zejména na teplotě vody, dochází k líhnutí malých plžů. Vylíhlá mláďata jsou miniaturami dospělců. Během růstu se jim zvětšuje ulita. Většina druhů dospívá za rok, délka života se pohybuje od 1 do 10 let (obvykle žije většina našich vodních plžů kolem 1 až 3 let.

Úmrtnost plžů je jako u většiny bezobratlých živočichů nejvyšší v raných obdobích vývoje. Již vajíčka mohou vyschnout nebo poslouží jako potrava jiných živočichů. Stejně tak mláďata, která jsou také vystavena nepříznivým životním podmínkám. Z původní snůšky tak dospívá nezřídka i méně než 5 % plžů (Beran 1998).

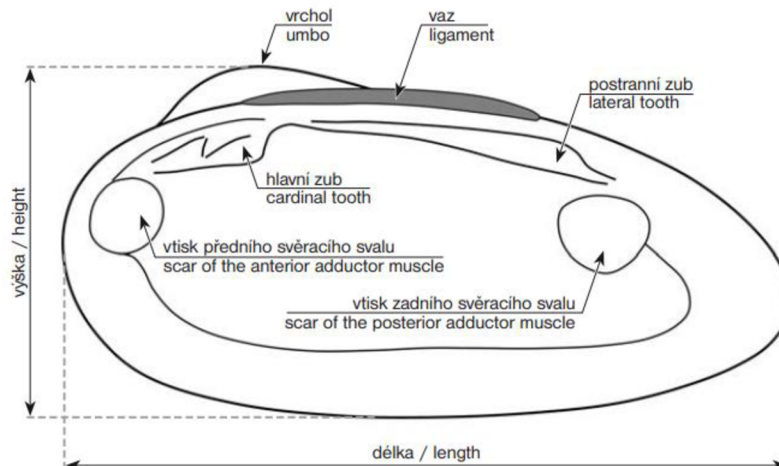
### 3.4 MIŽI

Třída mlžů zahrnuje zvířata uzavřená ve dvou lasturových chlopních. Příkladem jsou mušle, ústřice, hřebenatky a škeble. Tato třída obsahuje relativně malý počet druhů, asi 7 500 (Gosling 2003).

#### 3.4.1 Morfologie mlže

Celé tělo mlžů je kryté schránkou v podobě dvou lastur produkovaných dvěma plášťovými lupeny. Naším největším zástupcem je škeble rybníčná (*Anodonta cygnea*), jejíž lastury vzácně dorůstají 25 cm. Naopak lastury nejmenší hrachovky čárkované (*Pisidium tenuilineatum*) nepřesahují délku 2,2 mm. Stejně jako u plžů sestávají lastury mlžů ze tří vrstev. Vnitřní perleťová vrstva (hypostrakum) může být lesklá a mohutná, a proto byly v minulosti lastury běžně využívány např. k výrobě knoflíků. Dostane-li se mezi plášťový lupen a lasturu nečistota, je obalena perletí, aby nedráždila jemnou tkáň pláště. Tak vznikají známé perly. Lastury jsou spojené v oblasti vrcholů organickým vazem (ligament) a často i zuby zámku, které si na obou lasturách odpovídají systémem „zámek a klíč“. Proti síle vazy působí svírací svaly (adduktory), které svírají lastury k sobě, proto se po odumření živočicha obě poloviny rozevřou.

Na horním okraji lastury je po stranách vrcholu na straně ligamentu vytvořen větší štít a na opačné straně malý, často neznatelný štítek. Lastury mohou být na obě strany stejně široké (stejnostranné, např. u rodu *Sphaerium*) nebo mohou být nestejnostranné s kratší přední a delší zadní stranou (čeledi *Unionidae* a *Margaritiferidae*) nebo s delší přední a kratší zadní stranou (většina zástupců rodu *Pisidium*) (Horsák a Juričková 2013).



Obr. 5: Morfologie lastury mlže (Horsák a Vašátko, 2017)

### 3.4.2 Anatomie mlže

Greyer (1896) uvádí, že skořepiny jsou konstruovány rovnoměrně a hřbet skořápky s jednotlivými kusy jsou navzájem spojeny. Lupeny se mohou po obvodě buď volně přikládat (u našich velkých mlžů) nebo mohou srůst a vytvářet pouzdro s otvory pro nohu a pro příjem a vývod vody, které mohou být protaženy v tzv. sifony (u čeledi *Sphaeriidae*). Většina našich mlžů ryje svou svalnatou nohou v substrátu, pouze slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha*) žije přichycená k pevnému podkladu pomocí pružných nitřovitých vláken (tzv. byssových vláken). Asi nejdůležitějším rozdílem oproti plžům je úplná redukce hlavy a orgánů s ní spojených.

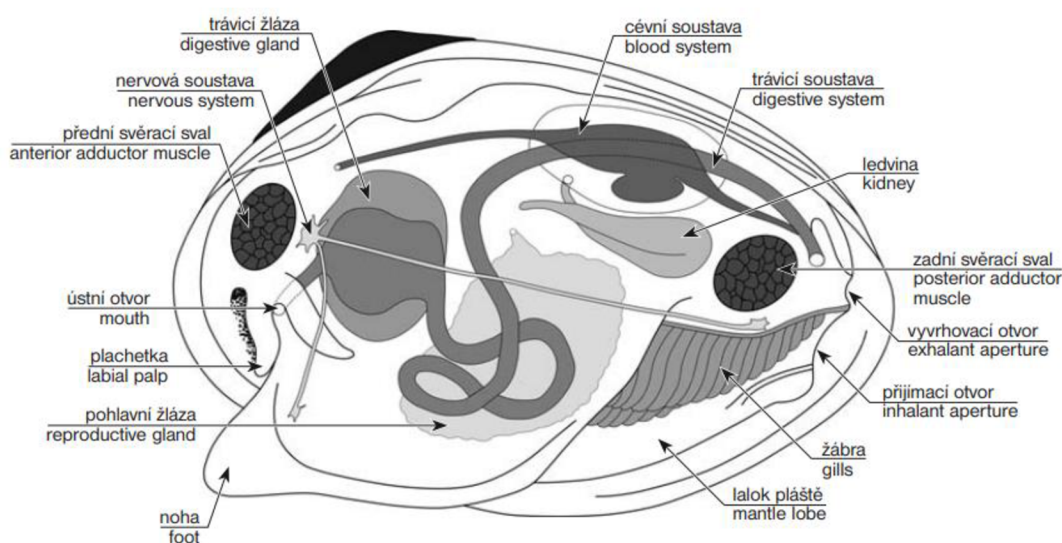
Mlži dýchají žábrami, které u našich zástupců srůstají ve složitou strukturu, zabírající většinu útrobního prostoru. Jsou to suspenzožraví filtrátoři a žábrý mají kromě dýchání také funkci účinného filtračního aparátu. S jeho pomocí zachycují drobné organické částičky, posouvají je pomocí brv a slizu k ústům, do nichž je vsunou tzv. labiálními palpami.

Radula sekundárně chybí, potrava se dostává krátkým jícnem do složitě strukturovaného žaludku. Ten je opatřen váčkem s krystalickým tělískem, což je pevná enzymatická struktura, fungující jako kvedlačka vířící obsah žaludku. Zbytek žaludku tvoří obrvený aparát, který třídí klesající potravu podle váhy, a tedy i stravitelnosti. Lehké stravitelné částičky putují do trávicí žlázy, nestravitelné zbytky odcházejí střevem a vyvrhovacím otvorem ven z plášťové dutiny. V koncové třetině prochází střevo srdcem, které svými kontrakcemi napomáhá peristaltice čili posunování potravy střevem.

Oběhová soustava je podobná jako u plžů, jen céva vedoucí do nohy je opatřena chlopní, po jejímž uzavření vzniká v noze tlak, umožňující rytí a pohyb po dně.

I vylučovací soustava je podobná jako u plžů, močovod je krátký.

Nervová soustava mlžů je značně primitivní, je tvořena jakýmsi trojúhelníkem nervových uzlin, propojených konektivy. Smyslové orgány se omezují na chemorepci a vnímání světla a tmy (Horsák a Juričková 2013).



Obr. 6: Základní anatomie těla sladkovodního mlže (Horsák a Vašátko, 2017)

### 3.4.3 Rozmnožování a životní cyklus mlže

Beran (1998) uvádí, že k oplození mlžů dochází ve vodě. V případě slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) jsou spermie i vajíčka vypouštěny do volné vody, kde dojde k oplození a vzniku volně plovoucí larvy, označované jako trochofora. Ta určitý čas volně plave, mění se v další larvální stadium – veliger – a později přisedá ke dnu přeměňuje se na malou slávičku, která celý následující život žije přisedlá k pevnému podkladu. U ostatních našich mlžů jsou do vody vypouštěny pouze spermie, které jsou nasáty samicí a dochází k oplození vajíček v těle samice.

U perlorodky, velevrubů a škeblí se vajíčka vyvíjí v larvu zvanou glochidium. Tyto larvy jsou v obrovském množství (stovky tisíc) vypouštěny do vod. V případě, že se zachytí (obvykle na žábách) vhodných rybích hostitelů (každý druh má často jiné rybí hostitel) dojde k jejich dalšímu vývoji, který po několika týdnech končí při odpadnutí z ryby přeměnou v malou podobu dospělého.

Ostatní naši mlži (čel. *Sphaeriidae*) jsou hermafrodité. K oplození vajíček dochází také v těle a oplozená vajíčka se vyvíjí v části žaber (marsupia), která je uzpůsobena pro tento účel.

Zatímco mlži čeledi *Sphaeriidae* žijí obvykle pouze několik let, tak velevrubí a škeble i několik desítek let (obvykle se dožívají 10–15 let). Velevrub tupý (*Union crassus*) se může dožít v chladných a málo úživných vodách i 50 let. Nejdéle však žije perlorodka, a to zejména díky tomu, že obývá málo úživné toky. Tento druh se dožívá 100–200 let (Ziuganov a kol. 2000).

### 3.5 Povrchová těžba uhlí

Kennedy (1990) uvádí, že povrchová těžba rozhodně nebyla vynálezem 20. století. Nejstarší relativně rozsáhlá těžba, původně mědi, probíhala již v letech 5 000 až 15 000 před naším letopočtem. V České republice povrchová těžba hnědého uhlí začala v 70. letech 18. století a provádí se nyní převážně v Mostecké a Sokolovské pánvi, zásobuje uhelné elektrárny a tvoří přibližně 40% vyrobené elektrické energie.

Těžba uhlí v povrchové těžbě přináší nejen pozitivní ekonomické přínosy, ale i závažné negativní důsledky, zahrnující destrukci biologické produktivity krajiny, jejích hygienických, estetických a společenských hodnot. Tyto významné problémy je třeba řešit nápravnými opatřeními, kterými jsou sanace a rekultivace zdevastovaných důlních prostor (Dirner a kol. 2014). Cílem obnovy je vytvořit krajinu podobnou jejímu předchozímu charakteru, někdy je však cílem vytvořit krajinu s novými hodnotami. V každém případě by měl vytvořit mozaiku stabilních a udržitelných ekosystémů s různým využitím půdy (Vymazal a Sklenička 2012).

Při povrchové těžbě je důl ze všech stran obklopen uměle vytvořenými svahy. Ve směru postupu probíhající těžby jsou tzv. skrývkové svahy, tedy svahy vznikající při těžbě nadložních zemín (tzv. skrývky). Tento materiál je transportován z místa těžby a následně zakládán do rozsáhlých sypaných těles (tzv. výsypek) (Burda a Kycl 2023).

#### 3.5.1 Dopady těžby na životní prostředí

Těžba má různé typy vlivů na životní prostředí, mezi které patří dopady na vodní zdroje, včetně kyselého odvodňování dolů a vyplavování kontaminantů, eroze odpadů z těžby půdy do povrchových vod, dopady odvalů a odvalovacích zařízení, dopady odvodňování dolů a znečištění ovzduší, dopady na kvalitu ovzduší, hluk, dopady na volně žijící živočichy, dopady na kvalitu půdy, ztráta přístupu, dopady na společenské hodnoty,

dopady na živobytí, dopady na veřejné zdraví, dopady na kulturní a estetické zdroje, dopady na klima změna atd. (Sengupta 2021).

### 3.5.2 Vodní plochy vzniklé v souvislosti s těžbou

Vodní biotopy vznikají těžbou přímo či nepřímo (poddolováním, na výsypkách). Společným znakem je vznik na čerstvých substrátech bez organických sedimentů. V oblasti hlubinné těžby uhlí vznikají vodní plochy poddolováním a umělým založením na výsypkách.

Mělké a rozlohou menší plochy velmi brzy zarůstají a po několika desítkách let je patrný i proces zazemňování, čímž se tyto plochy i jejich vývoj blíží odstaveným ramenům a tůňím. V případě rozsáhlých a velmi hlubokých ploch je zarůstání omezeno často pouze na břehovou linii (pokud se nevyskytují i mělká místa). Stejně jako i v jiných případech je malakofauna těchto biotopů závislá na nadmořské výšce. Dalším významným faktorem je doba existence lokality.

Jedním z charakteristických rysů společenstev měkkýšů na těchto lokalitách je jejich obvykle vysoké zastoupení nepůvodních druhů, které se k nám šíří v posledních desetiletích a zejména v posledních letech. Jedná se o druhy *Potamopyrgus antipodarum*, *Gyraulus parvus*, *Menetus dilatatus*, *Ferrissia clessiniana*, *Physella acuta*, *Dreissena polymorpha*. Krátce po vzniku jsou nádrže obsazovány z našich původních druhů zejména druhy *Radix auricularia*, *Gyraulus albus*. Z velkých mlžů se nejčastěji a nejdříve dostane do těchto lokalit běžná škeble *Anodonta anatina*.

S postupující sukcesí přibývá dalších druhů, až se může vyvinout velmi bohaté společenstvo. Obecně v pozdějších stádiích sukcese postupně přibývají zejména druhy *Bithynia tentaculata*, *Galba truncatula*, *Radix ovata*, *Stagnicola turricula*, *Lymnaea stagnalis*, *Planorbis planorbis*, *Anisus vortex*, *Gyraulus crista*, *Hippeutis complanatus*, *Unio pictorum*.

Výsledné společenstvo pochopitelně závisí také na výskytu měkkýšů v okolí těchto lokalit a celkově na jejich umístění. Změny společenstev vodních měkkýšů jsou rychlé zejména v ranějších fázích sukcese (Beran 2002).

### 3.6 Rekultivace

V ČR platí pro těžaře povinnost rekultivace. Většinou v ní převládá technický přístup, který obvykle vede k rovnoměrnějšímu prostředí a ničí rozmanitost stanovišť sukcesních lokalit, včetně rozmanitosti vodních těles, která jsou zásadními stanovišti pro

mnoho vodních a semi-vodních druhů (Vymazal a Sklenička 2012). Technickou rekultivaci zahajují různé terénní úpravy, jako je navážení materiálu, úprava stěn apod. (Doležalová a kol. 2012). Kromě technické rekultivace se lze setkat i s obnovou formou řízené a přirozené sukcese.

Řízená sukcese – Na některých plochách probíhá po skončení těžby přirozená sukcese. Tyto biotopy se po drobných technických a biologických úpravách formou tzv. řízené sukcese (Chuman 2012) mohou stát krajinným prvkem, který může navázat či doplnit některé z klasických forem rekultivace, zemědělské nebo lesnické. Toto netradiční řešení by se mohlo uplatnit zejména tam, kde jsou již vymodelovány prvky, které v případě drobných terénních úprav území rozčlení a dotvoří, zejména v návaznosti na svahové části či budoucí záměr rekreační zóny (Vráblíková 2010).

Přirozená sukcese – Vráblíková (2010) uvádí, že primární sukcese probíhá na ploše, kde se nenachází pedon, kde není vytvořena půda. Vývoj ekosystémů je závislý na biologických a fyzikálních procesech. Pro rozvoj biotopů jsou primární fyzikální a chemické vlastnosti nově vzniklých ploch, důležitější je biologický proces, zejména proces akumulace živin. To platí především pro dusík, který je obsažen v půdě pouze v organické hmotě. V místech, kde není vyvinuta půda, lze předpokládat, že bude i nedostatek dusíku. Akumulace živin je limitujícím faktorem rychlosti rozvoje ekosystému. Mladá sukcesní stadia charakterizuje otevřenost ekosystémů a pomáhají vytvářet ekosystémy bohaté na druhy. Ponechání ploch samovolnému vývoji je finančně nenáročné a umožňuje zhodnotit potenciál systému k přirozené obnově, tj. zda je ekosystém schopen přirozeného návratu do požadované (referenční) podoby cestou samovolné sukcese a je-li doba k přirozené obnově přijatelná.



## 4 Metodika

### 4.1 Charakteristika zájmového území

Zájmové území Dolu Nástup Tušimice se nachází v severní části České republiky, které je zizvené těžbou uhlí již téměř 200 let (Vráblíková a kol. 2016). Vlček a Černocho (2012) uvádějí, že vlastníkem je společnost Severočeské doly a.s., která vznikla dne 1. ledna 1994 a hlavním předmětem jejího podnikání je těžba, úprava a odbyt hnědého uhlí a doprovodných surovin. Svou těžební činnost provozují v Severočeské hnědouhelné pánvi na dvou odloučených lokalitách Tušimice a Bílina. Doly Nástup Tušimice produkují energetické uhlí. Dobývací prostor Tušimice je obklopen městy Chomutov a Kadaň (Cablik a kol. 2019). Severně od Dolu Nástup Tušimice se nacházejí obce Černovice a Málkov, severovýchodně leží Spořice, na které navazuje Chomutov, východně leží Droužkovice, jihovýchodně Březno a západně Prunéřov, navazující na Kadaň. Na jižním okraji Dolu Nástup Tušimice se nachází ČEZ, a.s. Elektrárna Tušimice II a na západní straně ČEZ, a. s. Elektrárna Prunéřov I. a II.. Západní část zaujímají rekultivované výsypky (Merkur a Prunéřov), střední část je vlastní dobývací prostor (lom Libouš) a východní část je rezervována pro postup lomu. Současná rozloha dobývacího prostoru činí 42 km<sup>2</sup>. Dominantním odběratelem uhlí z produkce Dolů Nástup Tušimice jsou ekologizované elektrárny ČEZ a. s. Praha.

Historie vzniku podniku se datuje do doby již před první světovou válkou, kdy byl rozšířen hlubinný Důl Merkur a koncem války otevřen nový Důl Meissner, přejmenovaný v roce 1945 na Důl Šatra. V roce 1951 Důl Šatra změnil název na Důl Libuše a pak v roce 1958 přejmenován na Důl Nástup se třemi podřízenými závody, a to Důl Merkur, Důl Nástup a Výstavbový závod.



Obr. 7: Zobrazení lokality dolu (Google Earth)

## 4.2 Popis zkoumaných stanovišť

### Nádrže:

#### **N7 – Prunéřov XI** (50°26'7.124"N, 13°18'3.249"E)

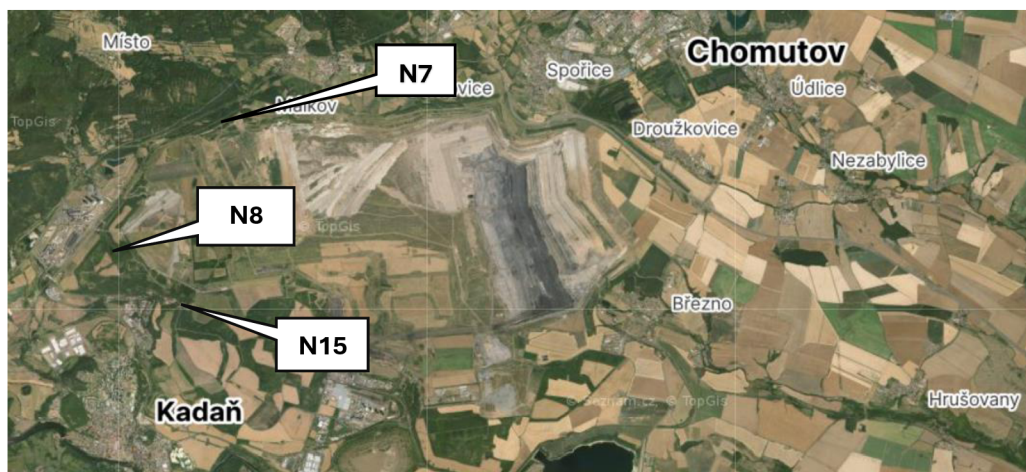
Nachází se na severním svahu, přejmenována je „U Vydrýska“ jak lidová slovesnost označila přítomné nutrie. Ty byly vyhubeny a nádrž postupně zarůstala. Je zastíňována břehovými dřevinami. Vzhledem k rybí osádce se její diverzita za poslední leta podstatně změnila.

#### **N8 – Prunéřov VII** (50°24'44.036"N, 13°16'9.784"E)

Jedná se o velkou nádrž střední rekultivace o délce 438 m a šířce 83 m, která vznikla ještě před technickými úpravami, mající charakter retenční nádrže v terénní depresi výsypky. Po celém okraji se vyskytuje hustý porost a na březích proniká rákos, v němž prorůstají dva druhy orobince (širokolistý a úzkolistý). Vodní nádrž byla opatřena pozorovacím molem a jednoduchými lávkami umožňujícími ornitologická pozorování. Z hlediska limnofauny nádrž příliš nevyniká, což je dáno pravděpodobnou přítomností ryb a hnízděním vodních ptáků (predační tlak, změny v kvalitě vody).

**N15 – Merkur XI (50°24'8.053"N, 13°17'23.986"E)**

Jedná se o spíše menší nádrž s rozměry 74 x 45 m a hloubkou okolo 2 m. Nádrž se zazemňuje a je dostatečně obohacena organickými látkami, aby zde docházelo k nežádoucímu přemnožení sinic. Břehová linie je lemována rákosovým porostem. V této nádrži jsou přítomni jsou zelení skokani (*Pelophylax* sp.) a rovněž ryby.



Obr. 8: Zobrazení umístění sledovaných stanovišť N7, N8 a N15 (Mapy.cz)

**Tůně:**

**T1** – vznik: 2013, souřadnice: 50°23'34.573"N, 13°19'6.682"E, lokalita: Merkur VII (směr Tumerity)

**T2** – vznik: 2013, souřadnice: 50°23'36.212"N, 13°18'4.433"E, lokalita: Merkur V (za nádrží)

**T3** – vznik: 2013, souřadnice: 50°23'35.703"N, 13°18'5.092"E, lokalita: Merkur V (za nádrží)

**T5** – vznik: 2013, souřadnice: 50°24'19.883"N, 13°17'6.909"E, lokalita: Pruněřov (vyčnívající drát)

**T9** – vznik: 2014, souřadnice: 50°26'4.522"N, 13°23'39.763"E, lokalita: Spořice OP

**T16** – vznik: 2015, souřadnice: 50°24'5.426"N, 13°17'30.265"E, lokalita: Merkur XI (pod letištěm)

**T18** – vznik: 2015, souřadnice: 50°25'29.458"N, 13°17'49.009"E, lokalita: Merkur XVII (pytlíky)

**T30** – vznik: 2018, souřadnice: 50°25'45.680"N, 13°18'12.660"E, lokalita: Merkur XXIII – 1 část (pod severními svahy)



**T33** – vznik: 2018, souřadnice: 50°24'18.335"N, 13°19'57.283"E, lokalita: Merkur XXIX – 1 část (příkop)

**T40** – vznik: 2019, souřadnice: 50°25'49.041"N, 13°17'38.041"E, lokalita: Prunéřov IX B (dole za oplocenkou)



Obr. 9: Zobrazení umístění sledovaných tůní (Mapy.cz)

#### **Nádrže na Severním lomu:**

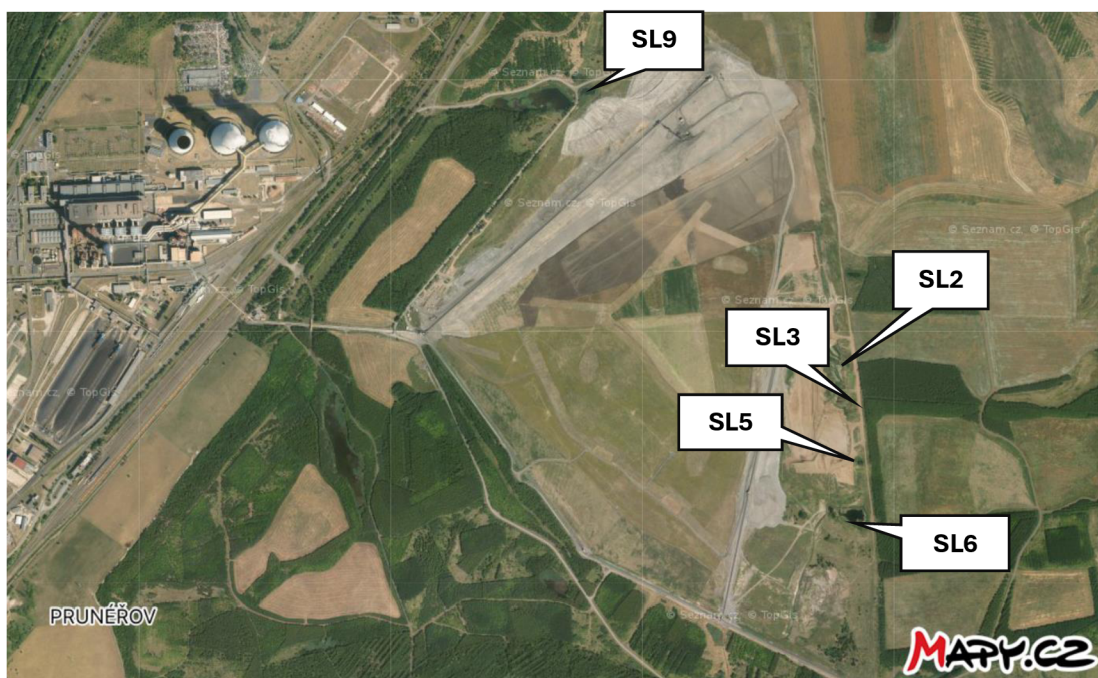
**SL2** – souřadnice: 50°24'52.688"N, 13°17'29.141"E (zrušená částečně, uchová malý fragment rákosin)

**SL3** – souřadnice: 50°24'49.096"N, 13°17'26.900"E (zrušená částečně, doporučení uchování alespoň jejího fragmentu jako refugia vodních organismů pro oživení náhradních stanovišť, v letech 2022 a 2023 problém se zatěsněním oddělující hráze)

**SL5** – souřadnice: 50°24'42.705"N, 13°17'31.017"E (zůstane uchována bez narušení)

**SL6** – souřadnice: 50°24'37.389"N, 13°17'30.168"E (zůstane uchován její fragment jako refugium organismů, na přelomu let 2022 a 2023 rozdělena náspem hráze)

**SL9** – souřadnice: 50°25'19.769"N, 13°16'48.299"E (úpravou plánu sypání zůstane uchovaná)



Obr. 10: Zobrazení umístění sledovaných nádrží na Severním lomu (Mapy.cz)

### 4.3 Vlastní metodika práce

Vlastní sběr materiálu pod vedením vedoucího práce proběhl v podzimním období, kdy nejsou ještě měkkýši ukrytí před zimou, stalo se tak přesně 16. září 2022, navštívila jsem osobně celkem 18 lokalit.

Potřeby pro sběr: Pro sběr vodních měkkýšů byl použit kuchyňský kovový cedník s průměrem 20 cm a s oky o velikosti přibližně 1 mm. Měkká pinzeta, která nepoškodí křehké části měkkýšů a lze jej díky tomu bezpečně odebírat. Plastová miska o průměru 25 cm a výšce 10 cm bílé barvy, pro lepší viditelnost obsahu a snadnějšímu rozpoznání měkkýšů od jiných předmětů. Nepromokavou obuv s výškou 41 cm, abych zajistila ochranu nohou před vlhkem a pomocí nichž jsem se mohla dostat do větší hloubky. Grafitová tužka s tvrdostí HB, což je střední tvrdost, s délkou kolem 17 cm a průměrem 7 mm, protože grafický materiál není rozpustitelný v ethanolu. Papíry A4, které se podle potřeby rozstříhaly na štítky přibližně o velikosti 2 cm na 6 cm, kde při této velikosti byl text stále dobře čitelný. Roztok ethanolu, který poskytl vedoucí práce, díky němuž byla těla měkkýšů udržena v původním stavu.

Na každém stanovišti probíhal průzkum přibližně 20 minut, doba závisela na charakteru lokality. Nejprve došlo k vizuální metodě, po kterém následovalo obracení kamenů, dřeva a ostatních předmětů, abychom případně mohli vyjmout větší druhy, které

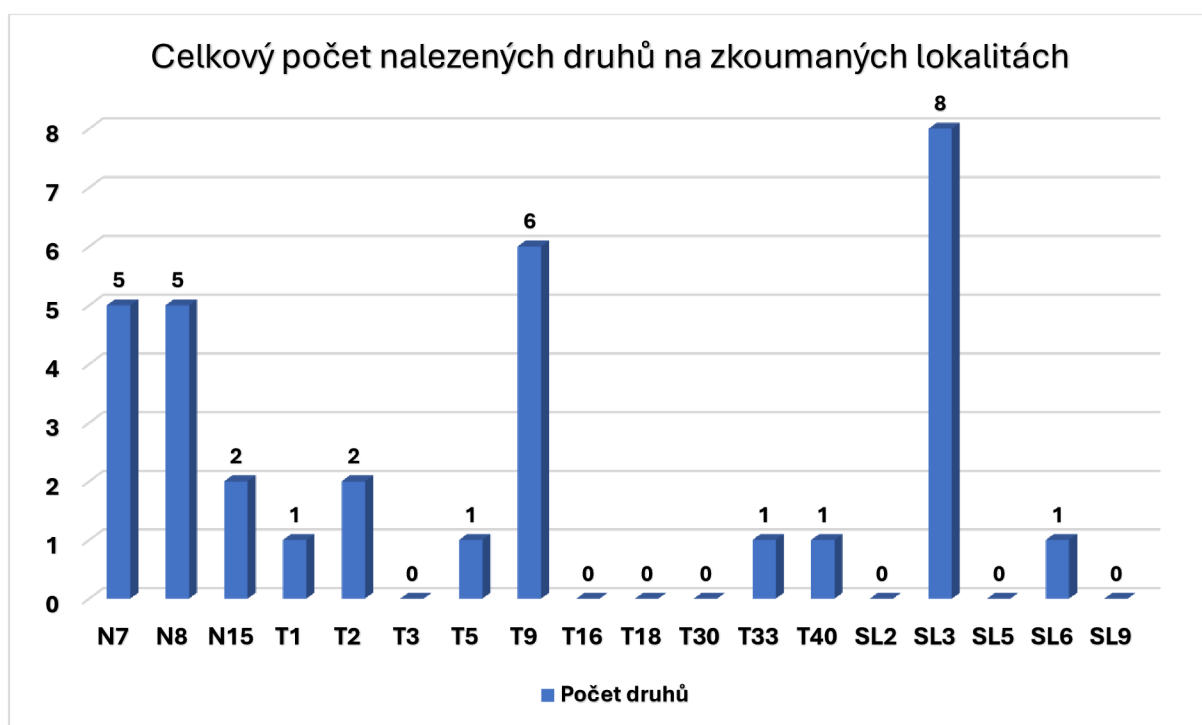
je možné hledat pomocí hmatu. Sběr prováděný cedníkem se prováděl několikanásobným provedením smyček vodní vegetací a probíráním sedimentu dna. Získaný materiál byl vysypán z cedníku do plastové misky, odkud byli jednotliví jedinci vybírání za pomoci měkké pinzety. Pinzetou byli jedinci vloženi do připravené skleněné nádoby o objemu 150 ml. Sklenice obsahovala přibližně do tři čtvrtin objemu 70% roztok ethanolu. Na každé lokalitě se napsal tužkou na papír název lokality, další označení a datum sběru. Papír se vložil do sklenice s ethanollem. Takto proběhl sběr na každé navštívené lokalitě.

Nasbíraný materiál si ponechal vedoucí práce a následně jej zpracoval v laboratoři na ČZU FAPPZ. Determinace byla prováděna podle znalostí vedoucího práce a Glöer a Meier-Brook (1994) či Horsák et al (2013). Po určení druhů mi vedoucí práce předal výsledky ke zpracování. K výsledkům vlastního sběru byla přidána data o předchozích nálezech vodních měkkýšů na lokalitách Dolu Nástup Tušimice, kde záznamy jsou za období 2010 až 2023. Zpracování poskytnutých dat proběhlo pomocí programu Microsoft Office Excel, kde byly vytvořeny použité tabulky a graf.

## 5 Výsledky

### 5.1 Výsledky sledování

Sběry proběhly celkem na 18 lokalitách, které byly rozděleny do 3 skupin – nádrže (3), tůně (10) a nádrže Severního lomu (5). Celkem bylo ve studovaných a zde hodnocených vodních plochách nalezeno 13 druhů vodních měkkýšů, z toho 3 mlži a 10 druhů plžů, z toho 2 jedinci byli determinováni pouze do úrovně rodu (jinak je z území Dolu Nástup Tušimice známo celkem 18 taxonů). V grafu číslo 1 je znázorněn celkový počet nalezených druhů na zkoumaném území Doly Nástup Tušimice za dosavadní období sledování těchto lokalit (2010-2023).



Graf 1: Celkový počet nalezených druhů na zkoumaných lokalitách.

### 5.2 Frekvence výskytu jednotlivých taxonů

Seznam zjištěných taxonů včetně autorů a let jejich popisu a s údajem o frekvenci výskytu na jednotlivých lokalitách Dolu Nástup Tušimice ukazuje tabulka 1. Druhem, vyskytujícím se nejfrekventovaněji je *Galba truncatula*, který se vyskytl celkem na 6 lokalitách. Zato druhů, který se vyskytovaly nejméně, konkrétně s výskytem pouze na

jednom stanovišti, bylo celkově 4: *Gyraulus* sp., *Physa fontinalis*, *Physella acuta* a *Radix auricularia*.

Latinský název (autor, rok popisu)	Celkem stanovišť
<i>Galba truncatula</i> (O. F. Müller, 1774)	6
<i>Gyraulus</i> sp. Charpentier, 1837	1
<i>Gyraulus albus</i> (O. F. Müller, 1774)	5
<i>Gyraulus crista</i> (Linnaeus, 1758)	3
<i>Lymnaea stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)	3
<i>Musculium lacustre</i> (O. F. Müller, 1774)	2
<i>Physa fontinalis</i> (Linnaeus, 1758)	1
<i>Physella acuta</i> (Draparnaud, 1805)	1
<i>Pisidium</i> sp. C.Pfeiffer, 1821	5
<i>Potamopyrgus antipodarum</i> (J. E. Gray, 1843)	2
<i>Radix auricularia</i> (Linnaeus, 1758)	1
<i>Radix labiata</i> (Rossmässler, 1835)	3
<i>Sphaerium corneum</i> (Linnaeus, 1758)	2

Tab. 1: Seznam vodních měkkýšů nalezených na sledovaném území a celkový počet stanovišť na kterých se nacházejí.

### 5.3 Zjištěné významné druhy

Při sběrech na území Doly Nástup Tušimice byl zjištěn 1 druh, který je zařazen do Červeného seznamu Berana a kol. (2017) a je označen jako téměř ohrožený (NT). Jedná se o citlivější druh *Physa fontinalis* (Beran 2002). Beran (2002) ji označil za ustupující druh, který byl nalezen pouze v jedné nádrži na Severním lomu, jedná se o nádrž s označením SL3.

#### 5.3.1 Charakteristika druhu *Physa fontinalis* (Linnaeus, 1758)

*Physa fontinalis* neboli levatka říční je plž z čeledi levatkovití (Horsák a kol. 2013).

Ulita je křehká se žlutou barvou. Velikost ulity je až 12 mm, většinou ale nalezneme o velikosti okolo 8 mm (Horsák a kol. 2013) s oblým vrcholem (Beran 1998).

Beran (2007) uvádí, že je v současnosti vzácnějším obyvatelem odstavených ramen a tůň a pomaleji tekoucích vodních toků, který preferuje bohatěji zarostlé biotopy.



Je patrný postupný pokles nálezů a nelze vyloučit mizení v některých oblastech (např. Dolnomoravský úval) (Beran 2002; Beran a Horsák, 1998).

Živí se převážně detritem, který tvoří až 70 % jídelníčku, dále také zelenými řasami a rozsivkami (Jozwiak a kol. 2010).

Vyskytuje se nejběžněji v nadmořských výškách od 200 do 250 m, nejnižší zjištěná nadmořská výška činila 135 m a nejvyšší 728 m (Beran 2002). Horsák a kol. (2013) uvádějí, že v Čechách je častá v nižších polohách, na jižní Moravě a na Slovensku poněkud vzácnější.

Na území Dolu Nástup Tušimice byl do roku 2023 nalezen celkem na 1 stanovišti.



Obr. 11: Ulita *Physa fontinalis* (Kapeller, 2023)

#### 5.4 Velké a malé nádrže

Plošně rozsáhlých tůní je 8: N7, N8, N15, SL2, SL3, SL5, SL6 a SL9. Druhy, které se vyskytovaly v plošně velkých nádržích zobrazuje tabulka 2. Nacházejí se zde taxony: *Gyraulus* sp., *Gyraulus albus*, *Gyraulus crista*, *Lymnaea stagnalis*, *Musculium lacustre*, *Physa fontinalis*, *Physella acuta*, *Pisidium* sp., *Potamopyrgus antipodarum*, *Radix auricularia*, *Radix labiata* a *Sphaerium corneum*. *Lymnaea stagnalis* dominuje svým výskytem nad ostatními druhy, tento taxon byl identifikován v 3 rozlehlých vodních nádržích. Nádrž SL3, kde se nachází 8 taxonů, je nejpestřejší velkou nádrží. Naopak na 4 lokalitách nebyl nalezen žádný druh. Průměrný počet nalezených druhů na jednu plošně velkou lokalitu je 2, 375.

Velká nádrž	Nalezené druhy
N7	<i>Gyraulus</i> sp., <i>Gyraulus albus</i> , <i>Gyraulus crista</i> , <i>Lymnaea stagnalis</i> , <i>Pisidium</i> sp.
N8	<i>Gyraulus</i> sp., <i>Gyraulus crista</i> , <i>Lymnaea stagnalis</i> , <i>Potamopyrgus antipodarum</i> , <i>Radix labiata</i>
N15	
SL2	
SL3	<i>Lymnaea stagnalis</i> , <i>Musculium lacustre</i> , <i>Physa fontinalis</i> , <i>Physella acuta</i> , <i>Pisidium</i> sp., <i>Radix auricularia</i> , <i>Radix labiata</i> , <i>Sphaerium corneum</i>
SL5	
SL6	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>
SL9	

Tab. 2: Seznam druhů, kteří se nacházeli v konkrétních velkých nádržích.

Malých nádrží je 10: T1, T2, T3, T5, T9, T16, T18, T30, T33 a T40. Druhy, které se vyskytovaly v plošně malých nádržích zobrazuje tabulka 3. Nacházejí se zde taxony: *Galba truncatula*, *Gyraulus albus*, *Gyraulus crista*, *Musculium lacustre*, *Pisidium* sp. a *Sphaerium corneum*. *Galba truncatula* dominuje svým výskytem nad ostatními druhy, tento taxon byl identifikován v 5 malých vodních nádržích. Nádrž T9, kde se nachází 6 taxonů, je nejpestřejší malou nádrží. Naopak na 4 lokalitách nebyl nalezen žádný druh. Průměrný počet nalezených druhů na jednu plošně malou lokalitu je 1, 2.

Malá nádrž	Nalezené druhy
T1	<i>Galba truncatula</i>
T2	<i>Galba truncatula</i> , <i>Gyraulus albus</i>
T3	
T5	<i>Galba truncatula</i>
T9	<i>Galba truncatula</i> , <i>Gyraulus albus</i> , <i>Gyraulus crista</i> , <i>Musculium lacustre</i> , <i>Pisidium</i> sp., <i>Sphaerium corneum</i>
T16	
T18	
T30	
T33	<i>Pisidium</i> sp.
T40	<i>Galba truncatula</i>

Tab. 3: Seznam druhů, kteří se nacházeli v konkrétních malých nádržích.

Společným taxonem v rozsáhlejších vodních nádržích a zároveň v malých nádržích je *Gyraulus albus*, *Gyraulus crista*, *Musculium lacustre*, *Pisidium* sp. a *Sphaerium corneum*.

Pro zjištění míry podobnosti mezi velkými a malými nádržemi jsem použila Jaccardův index. Jaccardův index vypovídá o podobnosti druhového složení a porovnává počet druhů, kterými každé společenství disponuje (A, B) s počtem druhů, která ta společenství sdílejí (Losos et al. 1985).

$$IS_J = \frac{c}{A + B - c} \cdot 100$$

$IS_J$  značí Jaccardův index, A představuje počet druhů zjištěných ve velkých nádržích (12), B počet zjištěných druhů v malých nádržích (7) a za c dosadíme počet sdílených druhů (5). Po dosazení do vzorce je zjištěn zaokrouhlený výsledek 35,7 %.

## 6 Diskuse

### 6.1 Zjištěné druhy a jejich výskyt na stanovištích

Na zájmovém území Doly Nástup Tušimice se sledují vodní nádrže již od roku 2010. Nejpestřejším stanovištěm, co se týče taxonomického výskytu, byla nádrž na Severním lomu s označením SL3, v této nádrži se, i když je částečně zrušená, podařilo zjistit 8 různých druhů vodních měkkýšů. S nejnižší frekvencí výskytu byla uchatka nadmutá (*Radix auricularia*), levohrotka ostrá (*Physella acuta*), levatka říční (*Physa fontinalis*) a rod kružník (*Gyraulus*). Nejfragmentovanějším druhem je bahnatka malá (*Galba truncatula*), která byla nalezena celkem na 6 místech. Tato zjištění na nově vzniklých náhledných stanovištích jsou v souladu s Beranem (2002).

Výsledky mohou být mírně zkresleny z různých důvodů, jakými může být například nevylovení všech přítomných druhů, protože u hlubších nádrží nebyl proveden sběr sedimentu v nejhlubších částech, sběry byly u hlubších nádrží prováděny pouze z několika míst na břehu. V některých nádržích nebyly nalezeny žádné druhy, to může způsobovat i fakt, že se jedná o nově vzniklé a mladé stanoviště, a ještě nebylo osídleno či se jedná nádrž s malým množstvím vegetace apod. Dalším problémem při práci v terénu byl problém s nalezením některých stanovišť v málo přehledném terénu rekultivací, řešením by mohlo být, aby bylo každé stanoviště označeno například dřevěným kůlem s výškou 2 m, který by měl na vrcholu výraznou barvou 20 cm pruh, aby byla místa snadno naležitelná i z dálky.

V okolí Beran (2015) prováděl výzkum řeky Ohře se zaměřením na druh *Unio Crassus* (Philipson, 1788). Sbírány byly však všechny druhy vodních měkkýšů, a to na několika místech Ohře, sběr probíhal i na Nechranické přehradě, která byla vybudována v letech 1966 až 1971. Jedná se o 18 metrů vysokou hráz, která slouží k hydroenergetickým, průmyslovým a rekreačním účelům (Dvořák a kol. 2007), a která se nachází přímo pod Tušimicemi. Terénní práce Berana probíhaly v letech 2000–2014 a na Nechranické přehradě se sladkovodní měkkýši odebírali ze dvou stanovišť (severní břeh: 50°22'34"N, 13°23'31"E, jihovýchodní břeh: 50°22'30"N, 13°25'04"E, 5646). Terénní práce ukázaly, že v Nechranické přehradě se nachází celkem 7 druhů vodních měkkýšů. V řádu jednotek až desítek to byly druhy: *Bithynia tentaculata*, *Valvata piscinalis*, *Radix auricularia*, *Gyraulus albus*, *Ancylus fluviatilis*, v řádu stovek *Viviparus viviparus* a v největších počtech v řádu tisíců druh *Dreissena polymorpha*. Z druhů

uvedených Beranem (2015) se na území Dolu Nástup Tušimice vyskytují *Radix auricularia* a *Gyalus albus*.

## 6.2 Charakteristiky zjištěných taxonů

Jednotlivé zjištěné taxony jsou seřazeny abecedně.

### ***Galba truncatula* (O. F. Müller, 1774)**

*Galba truncatula* neboli bahnatka malá je plž z čeledi plovatkovití (Horsák a kol. 2013).

Ulita tohoto druhu je hnědavá, tenkostěnná s kuželovitě vytaženým kotoučem (Beran, 1998). Horsák a kol. (2013) uvádějí, že ulita dorůstá do výšky 12 mm, většinou je ale menší. Beran (1998) uvádí, že závitů jsou jakoby nafouklé a odsazené.

Obývá zejména biotopy na hranici mezi vodou a souší (Beran 2002), mělké stojaté vody a v bahnitých litorálech pomalu tekoucích vod (Horsák a kol. 2013).

Živí se nárosty na bahně, především řasou, dále odumřelými a živými částmi rostlin a detritem (Beran 1998).

Díky své nenáročnosti je velmi hojná na celém našem území a proniká i do vyšších poloh. Je hlavním přenašečem motolice jaterní (Horsák a kol. 2013).

Na území Dolu Nástup Tušimice byl do roku 2023 nalezen celkem na 6 stanovištích.



Obr. 12: Ulita *Galba truncatula* (Horsák a kol., 2013)

### ***Gyraulus* sp. Charpentier, 1837**

*Gyraulus* neboli rod kružník zahrnuje drobné plže z čeledi okružákovití (Beran 1998).

Horsák a kol. (2013) uvádějí, že jde o druhově početnější rod s několika nesnadno odlišitelnými zástupci. V poslední době byly na našem území nalezeny dva nepůvodní druhy tohoto rodu: asijský *Gyraulus chinensis* (Dunker, 1848) žije pouze v akváriích, severo – americký *G. parvus* (Say, 1817) je stále častěji nalézán i ve volné přírodě.

Na území Dolu Nástup Tušimice byl do roku 2023 nalezen celkem na 1 stanovišti.

### ***Gyraulus albus* (O. F. Müller, 1774)**

Ulita je terčovitá s hlouběji prohnutým středem se značně rozšířeným posledním závitem při ústí a tzv. kladívkováním ulitky (Horsák a kol. 2013). Beran (1998) uvádí barvu ulity jako žlutavou, žlutošedou až zelenavě bělavou o velikosti 7 mm.

Beran (2007) uvádí, že obývá zejména méně zarostlá stanoviště. Rybníky, vodní plochy vzniklé v souvislosti s těžbou, odstavená ramena, tůň i pomalu tekoucí vodní toky (Beran 2002).

Jeho potrava se skládá především z řas, dále odumřelými i živými částmi rostlin (Beran 1998).

V ČR je rozšířený na většině území s výjimkou nejvyšších poloh. Jeho počty se zvýšily. Možným vysvětlením může být skutečnost, že tento nárůst způsobilo obsazování nových druhotných biotopů (pískovny a jiné vodní plochy vzniklé v souvislosti s těžbou), kterých v posledním období přibývalo (Beran 2002).

Na území Dolu Nástup Tušimice byl do roku 2023 nalezen celkem na 5 stanovištích.



Obr. 13: Ulita *Gyraulus albus* (Horsák a kol., 2013)

### ***Gyraulus crista* (Linnaeus, 1758)**

Horsák a kol. (2013) uvádějí, že ulita je drobná s kýlovitou hranou na horní hraně. Velikost ulity je 3 mm. Na povrchu nese mázdřítá různě nápadná žebírka.

Můžeme ho nalézt ve stálých, ale malých, mělkých a obvykle intenzivně zarostlých vodních plochách (Alexandrowicz a Žurek 2013; Spyra a Strzelec 2013; Gloer a Meier-Brook 1994). Beran (2002) uvádí, že obývá vodní plochy vzniklé v souvislosti s těžbou. V několika případech byl nalezen na lokalitách s extrémními podmínkami, kde se jiné druhy nevyskytovali. Jednalo se např. o usazovací nádrž znečištěnou ropnými produkty či silně eutrofní rybníky a tůně.

Druh je rozšířen na většině území ČR s tím, že nejvíce nálezů pochází z oblastí nižších poloh (Beran 2002; Horsák a kol. 2013).

Na území Dolu Nástup Tušimice byl do roku 2023 nalezen celkem na 3 stanovištích.



Obr. 14: Ulita *Gyraulus crista* (Horsák a kol., 2013)

### ***Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758)**

*Lymnaea stagnalis* neboli plovatka bahenní je plž z čeledi plovatkovití (Beran 1998, Horsák a kol. 2010).

Tenkostěnná a křehká ulita o výšce 30-60 mm je tvaru vejčitého až protáhle vejčitého se štíhle vytaženým a špičatým kotoučem. Barva ulity je světle rohová a mírně průsvitná. Povrch je jemně rýhován (Beran 1998).

Obývá pomalu tekoucí vodní toky, rybníky, pískovny, odstavená ramena a tůně. Často patří k druhům, které nejdříve osidlují nově vzniklé či obnovené biotopy (Beran 2002).

Beran (1998) uvádí, že se živí nárosty (především řas), odumřelými a živými částmi rostlin, detritem a mrtvými živočichy.

Jde o široce rozšířený druh na území ČR.

Na území Dolu Nástup Tušimice byl do roku 2023 nalezen celkem na 3 stanovištích.



Obr. 15: Ulita *Lymnaea stagnalis* (Schmidt, 2005)

### ***Musculium lacustre* (O. F. Müller, 1774)**

*Musculium lacustre* neboli okrouhlice rybničná je drobnější mlž z čeledi okružankovití (Beran 1998; Horsák a kol. 2010).

Beran (1998) popisuje, že povrch lastury je výrazně žebnatý s barvou žlutohnědou až hnědou a lichoběžníkovitým obrysem. Lastury vynikají nápadným čepičkovitým vrcholem. Velikost lastur je až 9 mm (Horsák a kol. 2013).

Obývá pomalu tekoucí vody, nejčastěji ji nalezneme ve stojatých vodách, například v odstavených ramenou a tůních a rybnících (Beran 2002).

Druh se živí filtrací detritu a planktonu (Beran 1998).

Horsák a kol. (2013) uvádějí, že se nejvíce vyskytuje v nižších polohách je poměrně častá na celém území ČR i SR. Beran (2002) uvádí, že nálezy ukazují mírný úbytek tohoto druhu. Příčinou může být zánik vhodných biotopů a změny životních podmínek na původních lokalitách.

Na území Dolu Nástup Tušimice byl do roku 2023 nalezen celkem na 2 stanovištích.



Obr. 16: Lastura *Musculium lacustre* (Horsák a kol., 2013)



### ***Physella acuta* (Draparnaud, 1805)**

*Physella acuta* neboli levohrotka ostrá je plž čeledi levatkovití (Beran 1998, Horsák a kol. 2010).

Pevná ulita s výrazně špičatým vrcholem dorůstá velikosti 12 mm (Horsák a kol. 2013). Beran (1998) popisuje ulitu jako levotočivou, pevnou s ostře kuželovitým kotoučem a sklovitě průhlednou a žlutavou.

Žije hojně ve stojatých a pomalu tekoucích vodách (Horsák a kol. 2013), dokáže obývat i vody silně znečištěné (Beran 1998). Kerney (1999) uvádí, že se tento druh byl zavlečen do Evropy ze Severní Ameriky ještě před rokem 1800.

Z rostlinné potravy se jedná o nárosty, živé či mrtvé části rostlin a listy stromů a z živočišné především rozkládající se těla drobných živočichů (Beran 1998).

Výskyt levohrotky ostré je v ČR hojný, nejčastěji ji v hojnosti nalezneme ve velkých nížinách (Horsák a kol. 2013). Beran (1998) uvádí, že v ČR se šíří od 20. století.

Na území Dolu Nástup Tušimice byl do roku 2023 nalezen celkem na 1 stanovišti.



Obr. 17: Ulita *Physella acuta* (Horsák a kol., 2013)

### ***Physa fontinalis* (Linnaeus, 1758)**

Charakteristika *Physa fontinalis* je uvedena výše ve výsledcích, vzhledem k tomu že se jedná o taxon z Červeného seznamu.

### ***Pisidium* sp. C. Pfeiffer, 1821**

*Pisidium* neboli rod hrachovka jsou drobní mlži z čeledi okružankovití (Beran 1998).

Horsák a kol. (2013) uvádějí, že se jedná o velmi bohatý rod až vysloveně miniaturních mlžů.

V České republice i na Slovensku bylo doposud nalezeno 14 druhů. Mají většinou nestejnostranné lastury, jejichž předek je alespoň mírně delší než zadek. Na jediné lokalitě žije často pohromadě více druhů, běžně tři až pět. Jejich determinace je pro nespecialistu dosti náročná, protože mnoho spolehlivých znaků nese zámková lišta uvnitř

lastur. Podle sdělení vedoucího práce (Vrabec pers. comm.) se patrně v případě většiny nalezených jedinců jedná o druh *Pisidium casertanum* (Poli, 1791).

Na území Dolu Nástup Tušimice byl do roku 2023 nalezen celkem na 5 stanovištích.

### ***Potamopyrgus antipodarum* (Gray, 1843)**

*Potamopyrgus antipodarum* neboli písečník novozélandský je plž z čeledi praménkovití (Beran 1998).

Horsák a kol. (2010) popisují ulitu jako protáhlou, která dorůstá do výšky 6,5 a šířky 3,6 mm. Ulita má tvar kuželu se špičkou na konci a s hladkým povrchem rohově zbarveným (Beran 1998).

Obývá vodní toky, pískovny a jiné vodní plochy vzniklé těžbou či poddolováním (Beran 2002). Je původem z Nového Zélandu, odkud byl zavlečen prakticky do celého světa. Zajímavé je, že populace šířící se invazivně, jsou tvořeny pouze samicemi, které se množí partenogeneticky (Horsák a kol. 2013).

Živí se nárosty na štěrkopísčitém či písčitém dně nebo vegetací či detritem (Beran 1998).

Poprvé byl zjištěn v Čechách v r. 1981 (Kuchař 1983), dnes se vyskytuje roztroušeně v nížinách po celém území. Nálezy v Čechách jsou stále častější, zejména v Polabí, kde je dostatek sekundárních biotopů vzniklých v souvislosti s důlní činností či s těžbou štírků a písků. Podobná situace je i na Slovensku (Horsák a kol. 2010).

Na území Dolu Nástup Tušimice byl do roku 2023 nalezen celkem na 2 stanovištích.



Obr. 18: Ulita *Potamopyrgus antipodarum* (Horsák a kol., 2010)

### ***Radix auricularia* (Linné, 1758)**

*Radix auricularia* neboli uchatka nadmutá je stejně jako následující druh plž z čeledi plovatkovití (Horsák a kol. 2010).

Horsák a kol. (2013) popisují ulitu jako velkou, která dorůstá až do 31 mm. Na ulitě je charakteristický drobný a úzce špičatý vrchol. Ústí je široce uchovité, horní okraj tvoří vycházející oblouk směřující nepatrně nahoru (Ložek 1956).

Druh obývá větší stojaté vody – rybníky, pískovny, odstavená ramena, tůně a pomalu tekoucí vodní toky. Patří k druhům, které nejdříve osidlují nově vzniklé či obnovené biotopy (např. pískovny) (Beran 2002). Preferuje vody bohaté na živiny a dobře snáší i vyšší stupeň eutrofizace (Horsák a kol. 2013).

Horsák a kol. (2013) zmiňují, že je *Radix auricularia* významným mezihostitelem motolic, které dokončují svůj životní cyklus jako paraziti vodních ptáků.

Je široce rozšířeným druhem v ČR, zejména v nížinách, zasahuje však i do podhůří (např. horní tok Vltavy) (Beran 2002; Horsák a kol. 2013).

Na území Dolu Nástup Tušimice byl do roku 2023 nalezen celkem na 1 stanovišti.



Obr. 19: Ulita *Radix auricularia* (Horsák a kol., 2013)

### ***Radix labiata* (Rossmässler, 1835)**

Beran (1998) popisuje ulitu jako poměrně silnostěnnou se špičatě kuželovitým kotoučem. Je nejmenším zástupcem rodu, dorůstá do výšky 20 mm. V porovnání s ostatními druhy rodu rostou závitě na ulitě nejpomaleji, takže ústí nedominuje nad zbývající částí ulity. (Horsák a kol. 2013).

Schniebs a kol. (2013) uvádějí, že obývá zejména prameniště, pramenné stružky, vodní toky a drobné stojaté vody. Beran (2002) uvádí, že bývají v chladné, živinami chudé a dobře okysličené vodě.

Živí se nárosty na bahně, především porosty řas, odumřelými a živými částmi rostlin a detritem (Beran 2002).

Je velmi hojná na celém území, vzácnější jen ve velkých nížinách (Horsák a kol. 2013).

Na území Dolu Nástup Tušimice byl do roku 2023 nalezen celkem na 3 stanovištích.



Obr. 20: Ulita *Radix labiata* (Schniebs a kol., 2013)

### ***Sphaerium corneum* (Linné, 1758)**

*Sphaerium corneum* neboli okružanka rohovitá je drobnější mlž z čeledi okružankovití (Beran 1998; Horsák a kol. 2010).

Má stejnostrannou schránku. Lastura je tenkostěnná, avšak pevná a nadmutá. Dále se okružanky vyznačují nápadně špičatým vrcholem, a téměř rovnou zámkovou lištou mezi postranními zuby. Velikost lastur se pohybuje v dospělosti okolo 13 mm (Horsák a kol. 2013). Určování těchto druhů vyžaduje zhodnocení celého souboru konchologických i anatomických znaků (Korniushin 2001).

Obývá stanoviště živinami bohatší (často i organicky znečištěná) vodní toky, kanály, odstavená ramena a tůně, rybníky, převážně v nížinách (Beran 1998; Horsák a kol. 2013).

Beran (1998) uvádí, že se živí se filtrací detritu a planktonu.

V ČR i SR je hojný s výjimkou horských poloh, tedy zejména v nížinách (Horsák a kol. 2013).

Na území Dolu Nástup Tušimice byl do roku 2023 nalezen celkem na 2 stanovištích.



Obr. 21: *Lastura Sphaerium corneum* (Horák a kol., 2013)

### 6.3 Posouzení kvality životního prostředí na základě nalezených druhů

Posouzení stavu životního prostředí vodního prostředí je založeno na poznání životních cyklů a reprodukčních a behaviorálních strategií vodních měkkýšů (Saru 2014; Velecká 2002). Indikace narušení biotopu může být často provedena již na základě pouhé přítomnosti či absence bioindikačně významných druhů (Pecina 1991; Beran 1993; Beran 1995).

Dále Odum (1971) uvádí, že skupina makrozoobentos má zásadní roli jako indikátor znečištění, protože vodní měkkýši pohotově odrážejí abiotický nebo biotický stav vodního prostředí, který představuje dopad změny prostředí na stanoviště (Lewin 2014), díky relativně malé pohyblivosti a úzké vazbě na určitý typ stanoviště jej tedy velmi dobře charakterizují (Horsák a kol. 2013).

Omezená migrační schopnost má za následek, že rozšíření jednotlivých druhů odráží i dávné události v krajině – měkkýši jsou tak jakési paměťové buňky krajiny (Ložek 1981, 1988).

Schopnost řady druhů citlivě reagovat na změny těchto podmínek, z nich činí důležité indikátory využívané v ochraně přírody. Důvodem ohrožení nebo lokálního vyhynutí některých druhů je snížená schopnost tolerovat přirozené i člověkem způsobené změny jejich stanovišť (Ložek 1992; Štefek 1994; Juříčková et al. 2001, Beran 2002).

Cenným nálezem na zájmové lokalitě Doly Nástup Tušimice je ustupující druh *Physa fontinalis*, který je zařazen do Červeného seznamu České republiky (Beran a kol. 2017), kde je označen jako téměř ohrožený (NT). Beran (2002) ve své práci uvádí, že tato levatka postupně ubývá v souvislosti se zánikem a znečištěním vody její přirozených biotopů. V Dolu Nástup Tušimice, tak vidíme příklad, že druh se vyskytl v nepůvodní nově

vzniklé krajině. Bohužel jeho stanoviště je nyní opět ohroženo sypáním vedlejších energetických produktů (popílku) z elektrárny Prunéřov na Severním lomu.

Dalším zajímavým, avšak běžným druhem je *Gyraulus crista*, který byl v některých případech doložen i v extrémně znečištěných stanovištích (Beran 2002), což se nepotvrzuje na Dolu Nástup Tušimice, kde naopak obývá stanoviště s čistou vodou.

*Radix labiata* obývá vodní toky bohaté na kyslík (Beran 2002), v Dolu Nástup Tušimice je přítomna i ve stojatých vodách, což může opět upozorňovat na jejich poměrně dobrou kvalitu.

Na sledovaném území Doly Nástup Tušimice byly zaznamenány 2 druhy, které označujeme jako tzv. pionýrské druhy. Z vodních plžů se do této skupiny řadí *Radix auricularia* a *Gyraulus albus*. Pro tyto dva druhy je typické osidlování nových či obnovených vodních biotopů (Beran 2002).

Všechny ostatní druhy jsou běžné a netřeba je komentovat.

Z výše uvedených nálezů a zjištění lze konstatovat, že vodní stanoviště na sledovaném území vykazují poměrně dobrý stav, co se kvality vody týče a jejich další osidlování citlivějšími druhy vodních měkkýšů je jen otázkou času.

#### **6.4 Testovaná hypotéza**

Po výpočtech průměrného počtu nalezených druhů na jednu lokalitu nám po zaokrouhlení vyšlo, že na velkých lokalitách se průměrně vyskytují 3 druhy, oproti tomu na malých lokalitách se průměrně vyskytuje pouze 1 druh vodního měkkýše. Po porovnání obou průměrů, můžeme potvrdit, že fauna měkkýšů je bohatší v plošně rozsáhlejších tůň než v malých vodních ploškách.

Dále jsem použila pro porovnání podobnosti druhového složení velkých a malých nádrží Jaccardův index. Podle Jaccardova indexu jsou si obě skupiny nádrží podobné jen z 36 %.

## 7 Závěr

Mnohaleté sledování zájmového území Doly Nástup Tušimice, s nejstaršími záznamy z roku 2010 nám pro zde zkoumaných 18 stanovišť zjistilo celkem 13 druhů vodních měkkýšů, z toho 3 mlže a 10 plžů. Z toho 11 bylo přesně determinováno do druhové úrovně (*Galba truncatula*, *Gyraulus albus*, *Gyraulus crista*, *Lymnaea stagnalis*, *Musculium lacustre*, *Physa fontinalis*, *Physella acuta*, *Potamopyrgus antipodarum*, *Radix auricularia*, *Radix labiata* a *Sphaerium corneum*) a 2 druhy byly determinovány do rodové úrovně (*Gyraulus* sp. a *Pisidium* sp.). Na území Dolu Nástup Tušimice byl nalezen 1 druh, který je zařazen v Červeném seznamu Berana a kol. (2017) jako téměř ohrožený druh (NT), jedná se o druh *Physa fontinalis*. Nejvyšší frekvenci výskytu měl druh *Galba truncatula*, který se vyskytl celkem na 6 lokalitách. Naopak nejnižší frekvenci výskytů vykazují druhy *Gyraulus* sp., *Physa fontinalis*, *Physella acuta* a *Radix auricularia*, všechny tyto druhy byly nalezeny pouze v jedné nádrži. Nejbohatší lokalitou je nádrž na Severním lomu s označením SL3, v této nádrži se podařilo nelézt 8 různých druhů vodních měkkýšů. Nádrž je však ohrožena rušením v souvislosti se sypáním popílku na Severním lomu.

Jelikož se v případě Doly Nástup Tušimice jedná o těžbou poznamenané lokality, tak bývají na takových prostorech zpravidla mezi prvními vodními měkkýši tzv. pionýrské druhy pro které je typické osidlovat nové či obnovené vodní biotopy, jsou to druhy *Radix auricularia* a *Gyraulus albus*.

Na základě výpočtů byla potvrzena hypotéza, že z dlouhodobého hlediska vykazují lepší osídlení vodními měkkýši plošně rozsáhlejší nádrže.

Výsledky bakalářské práce shrnují dokumentaci nalezených vodních měkkýšů a mají využitelnost pro budoucí terénní výzkum a další studium vývoje malakofauny území Dolu Nástup Tušimice.

## 8 Literatura

Alexandrowicz P. W. & Žurek S., 2013: Holocene malacofauna from a peat bog in zydowiec, near wislica (Nida Basin, Southern Poland). *Folia Malacologica* 21(3): 161-170.

Beran L., 1993: Vyhynou v našich vodách velcí mlži. *Ochrana přírody* 48(10): 301–304.

Beran L., 1995: Návrh Červeného seznamu měkkýšů české republiky. *Ochrana přírody* 50(1): 41–44.

Beran L., 1998: Metodika Českého svazu ochránců přírody č. 17: Vodní měkkýši ČR, Vlašim: ZO ČSOP Vlašim, 113 s.

Beran L., 2002: Vodní měkkýši České republiky – rozšíření a jeho změny, stanoviště, šíření, ohrožení a ochrana, červený seznam. Přírodovědný klub v Uherském Hradišti, 258 s.

Beran L., 2007: Vodní měkkýši přehradní nádrže Slapy (Česká republika). *Malacologica Bohemoslovaca* 6: 11–16.

Beran L., 2015: Aquatic mollusc fauna of the Ohře river – an important site of *Unio Crassus* Philipsson, 1788 (*Bivalvia*: *Unionidae*) in northwestern bohemia. *Folia Malacologica* 23(4): 243-261.

Beran L. & Horsák M., 1998: Aquatic molluscs (*Gastropoda*, *Bivalvia*) of the Dolnomoravský úval lowland, Czech Republic. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae* 62: 7–23.

Beran L., Juříčková L. & Horsák M., 2005: Mollusca (měkkýši). Str. 69-74. In: Farkač J., Král D. & Škorpík M., 2005: Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. List of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 760 pp.

Beran L., Juříčková L. & Horsák M., 2017: Mollusca (měkkýši). Str. 71-76. In: Hejda R., Farkač J. & Chobot K. (eds.), 2017: Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Red list of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 612 pp.



Boháč J., 1999: Organisms as Bioindicators of Environmental Changes. *Životné prostredie* 33(3): 126-129.

Burda J. & Kycl P., 2023: Vybrané poznatky z monitoringu a hodnocení stabilitních poměrů lomu ČSA. *Příroda*, Praha, 45: 141-164.

Butcher J. G., 2004: The closing of the Frontier: A History of the Marine Fisheries of Southeast Asia c.1850-2000. Institute of Southeast Asian Studies, Singapore, 279 pp.

Cablik V., Hlavata M. & Janakova I., 2018: Górnictwo węgla kamiennego i brunatnego w Czechach. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią* 104: 85-96.

Cablik V., Hlavata M., Janakova I. & Tora B., 2019: Coal industry in Czech Republic. *Materials Science and Engineering* 545: 1-11.

Cattaneo A. & Kalf J., 1986: The effect of grazer size manipulation on periphyton communities. *Oecologia* 69: 612–617.

Cranford P. J., Ward J. E. & Shumway S. E., 2011: Bivalve filter feeding: variability and limits of the aquaculture biofilter. Pp. 81-124. In: Shumway S. E. (ed.), 2011: Shellfish aquaculture and the environment. John Wiley & Sonss, Inc., Hoboken, 194 pp.

Cuezzo M. G., 2009: Mollusca gastropoda. Pp. 595-629. In: Domínguez E. & Fernández R. H. (eds.), 2009: Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. *Sistemática y biología*. Fundacion Lillo, Tucumán, 656 pp.

Dauphin Y. & Denis A., 2000: Structure and composition of the aragonitic crossed lamellar layers in six species of Bivalvia and Gastropoda. *Comparative Biochemistry and Physiology a Molecular and Integrative Physiology* 126(3): 367-377.

Demek J., 1987: *Obecná geomorfologie*. Academia, Praha, 480 s.

Dillon R. T., Wethington A. R., Rhett J. M. & Smith T. P., 2002: Populations of the European freshwater pulmonate *Physa acuta* are not reproductively isolated from American *Physa heterostropha* or *Physa integra*. *Invertebrate Biology* 121: 226-234.

Dillon T. R., 2004: *The Ecology of Freshwater Molluscs*. Cambridge University Press, Cambridge, 509 pp.

Dirner V., Dobeš A., Dobeš A., Polínková K., & Urbaník F., 2014: Present and Trends of Reclamations within North Bohemian Brown-Coal District. Pp. 761-772. In: Drebenstedt C. & Signal R. (eds.), 2014: *Mine Planning and Equipment Selection*. Springer International Publishing, Dresden, 1 517 pp.

Doležalová J., Vojar J., Smolová D., Solský M. & Kopecký O., 2012: Technical reclamation and spontaneous succession produce different water habitats: A case study from Czech post-mining sites. *Ecological Engineering* 43: 5-12.

Dvořák O., Svobodová Z., Kroča J. & Holečková M., 2007: *Ohře – měsíční řeka: putování od pramene k ústí*. MH, Beroun, 199 s.

Farkač J., Král D. & Škorpík M., 2005: *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. List of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 760 pp.

Glöer P. & Meier-Brook C., 1994: *Süßwassermollusken*. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, Hamburg, 136 pp.

Gosling E., 2003: *Bivalve Molluscs: Biology, Ecology and Culture*. Fishing News Books, Blackwell Publishing, Oxford, 443 pp.

Greyer D., 1896: *Unsere Land – und Süßwasser – Mollusken. Einführung in die Molluskenfauna*, Stuttgart, 85 pp.

Hanel L., 1995: *Ochrana ryb a mihulí. Metodika Českého svazu ochránců přírody č. 10*, ZO ČSOP, Vlašim, 139 s.

Harper E. M., 1997: The molluscan periostracum: An important constraint in bivalve evolution. *Palaeontology* 40: 71-97.

Haszprunar G., 2020: *Mollusca (Molluscs)*. Zoologische Staatssammlung, München, 565–571.

Hendrychová M., Svobodova K. & Kabrna M., 2020: Mine reclamation planning and management: Integrating natural habitats into post-mining land use. *Resources Policy* 69: 1-13.

Holt A. E. & Miller S. W., 2011: Bioindicators: Using Organisms to Measure Environmental Impacts. *Nature Education Knowledge* 2(8): 1-10.

Hoogenboom R., 2019: Copper Curiosity: From Blue Blood to Click Chemistry. *Australian Journal of Chemistry* 72(7): 490-491.

Horsák M. & Vašátko J., 2007: Měkkýši. Str. 18-35. In: Hudec K., Kolibáč J., Laštůvka Z. & Peňáz M. (eds.): *Příroda České republiky: průvodce faunou*. Academia, Praha, 440 s.

Horsák M., 2013: *Měkkýši (Mollusca)*. Kabourek, Praha, 270 s.

Horsák M., Juričková L. & Picka J., 2013: *Měkkýši České a Slovenské republiky*, Kapourek, Zlín: 268 s.

Horsák M., Juříčková L., Beran L., Čejka T. & Dvořák L., 2010: Komentovaný seznam měkkýšů zjištěných ve volné přírodě České a Slovenské republiky. *Malacologica Bohemoslovaca* 1: 1–37.

Chuman T., 2012: Using Spontaneous Vegetation Succession in Restoration of Quarries. *Životné prostredie* 46(3): 134–138.

Jozwiak M. A., Jozwiak M., Kozłowski R. & Rabajczyk A., 2010: The role of indicator malacofauna in pollution assesment of inland waters exposed to anthropopressure: the case of the kielce lake. *Ecological chemisry and engineering* 4: 485–495.

Jozwiak M.A. & Jozwiak M., 2014: *Ecological Chemistry and Engineering. Bioindication as Challenge in Modern Environmental Protection* 4: 577-591.

Juříčková L., Horsák M. & Beran L., 2001: Check-list of the molluscs (Mollusca) of the Czech Republik. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae* 65: 25-40.

Kennedy B. A., 1990: *Surface mining – Second edition*. Society for Mining. Kabourek, Praha, 194 pp.

Kerney M., 1999: Atlas of the Land and Freshwater Molluscs of Britain and Ireland. Harley Books, London, 261 pp.

Kobbé G., 1916: The pearl. The Lotus Magazine 8(1), 19-24.

Korniushin A. V., 2001: Taxonomic revision of the genus *Sphaerium* s. l. in the Palaearctic region, with some notes on the North American species. Archív für Molluskenkunde 129: 77-122.

Kovac L., Hudec I. & Palacios-Vargas J., 1998: Los invertebrados de las cuevas de eslovaquia. El Guacharo 43: 45-59.

Krings W., Karabacak H., & Gorb S. N., 2021: From the knitting shop: the first physical and dynamic model of the taenioglossan radula (Mollusca: Gastropoda) aids in unravelling functional principles of the radular morphology. Journal of the Royal Society Interface 18(182): 1-11.

Kuchař P., 1983: *Potamopyrgus jenkinsi* poprvé v Československu. Živa 31(1): 1-23.

Lewin I., 2014: Mollusc communities of lowland rivers and oxbow lakes in agricultural areas with anthropogenically elevated nutrient. Folia Malacologica 22(2): 87-159.

Losos B., Gulička J., Lellák J., & Pelikán J., 1985: Ekologie živočichů. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 316 s.

Ložek V., 1956: Klíč československých měkkýšů. Vydavateľstvo Slovenskej Akadémie Vied Bratislava, 435 s.

Ložek V., 1981: Měkkýši jako modelová skupina v ochranářském výzkumu. Památky a příroda 6: 171–178.

Ložek V., 1988: Měkkýši a změny prostředí. Památky a příroda 13(9): 547-553.

Ložek V., 1992: Měkkýši (Mollusca). Str. 22-39. In: Škapec L. (ed.): Červená kniha ohrožených a vzácných rostlin a živočichů ČSFR 3. Bezobratlí. Příroda, Bratislava, 155 s.

Lydeard Ch. & Cummings K. S., 2019: Freshwater mollusks of the world: A distribution atlas. JHU Press, Baltimore, 241 pp.

Odum E.P., 1971: *Fundamental of Ecology*. Third Edition. WB. Saunders Co. Toronto: 574 pp.

O'Leavy C. & Breen J., 1997: Metal levels seven species of mollusc. *Biology and Environment proceding of the royal irish academy* 97(2): 121-132.

Ondráčková M., 2010: Slunečnice pestrá a její ektoparaziti v Evropě. *Živa* 5: 233-235.

Parmar K. T., Rawtani D. & Agrawal K. Y., 2016: Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. *Frontiers in life science* 9(2): 110-118.

Paul K. D. & Kumani D., 2020: Assesing the Role of Bioindicator in Freshwater Ecosystem. *Journal of Interdisciplinary Cycle Research* 12(9): 58-74.

Pecina P., 1991: Skupiny a druhy živočichů významné pro bioindikaci a biomonitoring. *Památky a příroda* 8: 481–485.

Piechocki A. & Dudych-Falniowska A., 1993: *Mieczaki (Mollusca), Malže (Bivalvia)*. Panstwowe Wydaw. naukowe (Fauna Sladkowodna Polski), Warszawa, 200 pp.

Pyron M. & Brown M. K., 2015: Ecology and General Biology. Str. 381-421. In: Thorp H. J., Rogers C. D. (eds.): *Introduction to Mollusca and the Class Gastropoda*. Academic Press, Boston, 381–421.

Říhová D. & Juračka J. P., 2010: Příběhy z elektronového mikroskopu. Jakou mají měkkýši strukturu své schránky. *Živa* 3: 121–122.

Saru A., 2014: Contribution of Environmental Parameter on Stability Ecosystem of Habitat of Molluscs. *International Journal of Marine Science* 4(67): 1-6.

Savazzi E. & Peiyi Y., 1992: Some morphological adaptations in freshwater bivalves. *Lethaia* 25: 195-209.

Seddon B. M., 1998: Red Listing for Molluscs: a tool for Conservation? *Journal of Conchology* 2: 27-44.

Sengupta M., 2021: *Environmental impacts of mining: monitoring, restoration, and control*. CRC Press, Boca Raton, 57 pp.

Schloesser D. W. & Nalepa T. F., 1994: Dramatic decline of native unionid bivalves in offshore waters of western Lake Erie after infestation by the zebra mussel *Dreissena polymorpha*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 2234-2242.

Schniebs K., Peter G., Vinarski M. V., & Hundsdoerfer A. K., 2013: Intraspecific morphological and genetic variability in the European freshwater snail *Radix labiata* (Rossmassler, 1835) (Gastropoda: Basommatophora: Lymnaeidae). *Contributions to Zoology* 82(1): 55-68.

Smrž J., 2015: *Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů*. Karolinum Press, Charles University in Prague, 191.

Spyra A. & Strzelec M., 2013: Occurrence and morphological variability of *Gyraulus crista* (L., 1753) (Gastropoda: Pulmonata: Planorbidae) on different types of substratum in woodland ponds. *Biologia* 68/4: 1-8.

Sturm F. Ch., Peatce A. T. & Valdés A., 2006: *The Mollusks: A Guide to Their Study, Collection, and Preservation*. American Malacological Society, Pittsburgh, 445 pp.

Štefek J., 1994: Current status of the molluscs of Slovakia in relation to their exposure to danger. *Biologia* 49: 651-655.

Velecká I., 2002: Perspektivy bioindikačního využití vodních měkkýšů na základě znalosti biologie jednotlivých druhů. *Malacologica Bohemoslovaca* 1: 11–14.

Vlček T. & Černoch F., 2012: *Energetický sektor České republiky*. Masarykova univerzita, Brno, 505 s.

Vrabec V., Velecká I., Sládeček V. 1998: Plži (Gastropoda) ve vodárenských tocích a nádržích České republiky a jejich individuální saprobní index. In *Aktuální otázky vodárenské biologie*. Sborník příspěvků 14. semináře, 4. a 5. února 1998 v Praze, ČVVS, Národní komitety IWSA ČR a SR, Ústav technologie vody a prostředí VŠCHT Praha, ČLS, str. 108-118.

Vrabec V., Velecká I., Sládeček V. 1999: Plži (Gastropoda) ve vodárenských tocích a nádržích II – klíč k určování. In *Aktuální otázky vodárenské biologie*. Sborník příspěvků

15. semináře, 3. a 4. února 1999 v Praze, ČVVS, Ústav technologie vody a prostředí VŠCHT Praha, ČLS, str. 83-93.

Vrabec V., Velecká I., Sládeček V. 2000: Klíč k určování mlžů (Bivalvia) z vodárenských toků ČR a jejich individuální saprobní index. In Aktuální otázky vodárenské biologie. Sborník příspěvků 16. semináře, 2. a 3. února 2000 v Praze, ČVVS, Ústav technologie vody a prostředí VŠCHT Praha, ČLS, str. 143-159.

Vrabec V. 2003: Nově ohlášené druhy vodních měkkýšů pro ČR – doplňky našich klíčů. p. 155–160. In: 19. seminář Aktuální otázky vodárenské biologie, 5. – 6. února 2003, Praha, Česká republika, Ambrožová Jana (Edit.), VŠCHT Praha, MZe, ČLS, Vodní zdroje Ekomonitor, s. r. o., str. 262 + CD.

Vráblíková J., 2010: Recultivation of Area after Coal Mining on Example of North Bohemia. *Životné Prostredie* 6: 24-29.

Vrabliková J., Wildová E. & Vrablik P., 2016: Sustainable development and restoring the landscape after coal mining in the northern part of the Czech Republic. *Journal of Environmental Protection* 7(11): 1483-1496.

Vráblíková J., Wildová E., Blažková M., Šoch M. & Vráblík P., 2016: Zdravotní důsledky těžby a zpracování uhlí a zpracování uhlí v Podkrušnohoří a analýza budoucího energetického potenciálu modelového území. *Informace* 35: 34-43.

Vrba T., 2023: Výsledky biologického monitoringu na rekultivacích DNT. *Hornické listy* 3: 22-25.

Vymazal J. & Sklenička P., 2012: Restoration of areas affected by mining. *Ecological Engineering* 43: 1-4.

Wilmot V. N., Barber J. D., Taylor D. J. & Graham L. A., 1992: Electron microscopy of molluscan crossed-lamellar microstructure. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences* 337(1279): 21-35.

Ziuganov V., San Miguel E., Neves R. J., Longa A., Fernández C. Amaro R., ... & Johnson T., 2000: Life span variation of the freshwater pearl shell: a model species for testing longevity mechanisms in animals. *A journal of the Human Environment* 29(2): 102-105.

## 9 Seznam obrázků a grafů

### Obrázky:

Obrázek 1: Schéma vrstvy lastury měkkýšů – a: Periostrakum, b1: Ostrakum (hranolová vrstva), b2: Ostrakum (desková vrstva), c: Hypostrakum (Ghesquiere, 2000)

Obrázek 2: Morfologie ulity pravotočivého plže (Horsák a Vašátko, 2007)

Obrázek 3: Směr spirály – č. 3 Pravotočivý a č. 4 Levotočivý (Cuezzo, 2009)

Obrázek 4: Základní vnitřní anatomie nahoře *Planorbis pulmonate* a dole *Pleurocerid coenogastropod* (Pyron a Brown, 2015)

Obrázek 5: Morfologie lastury mlže (Horsák a Vašátko, 2017)

Obrázek 6: Základní anatomie těla sladkovodního mlže (Horsák a Vašátko, 2017)

Obrázek 7: Zobrazení lokality dolu (Google Earth)

Obrázek 8: Zobrazení umístění sledovaných stanovišť N7, N8 a N15 (Mapy.cz)

Obrázek 9: Zobrazení umístění sledovaných tůní (Mapy.cz)

Obrázek 10: Zobrazení umístění sledovaných nádrží na Severním lomu (Mapy.cz)

Obrázek 11: Ulita *Physa fontinalis* (Kapeller, 2023)

Obrázek 12: Ulita *Galba truncatula* (Horsák a kol., 2013)

Obrázek 13: Ulita *Gyraulus albus* (Horsák a kol., 2013)

Obrázek 14: Ulita *Gyraulus crista* (Horsák a kol., 2013)

Obrázek 15: Ulita *Lymnaea stagnalis* (Schmidt, 2005)

Obrázek 16: Lastura *Musculium lacustre* (Horsák a kol., 2013)

Obrázek 17: Ulita *Physella acuta* (Horsák a kol., 2013)

Obrázek 18: Ulita *Potamopyrgus antipodarum* (Horsák a kol., 2010)

Obrázek 19: Ulita *Radix auricularia* (Horsák a kol., 2013)

Obrázek 20: Ulita *Radix labiata* (Schniebs a kol., 2013)

Obrázek 21: Lastura *Sphaerium corneum* (Horák a kol., 2013)

### Grafy:

Graf 1: Celkový počet nalezených druhů na zkoumaných lokalitách.

### Tabulky:

Tabulka 1: Seznam vodních měkkýšů nalezených na sledovaném území a počet stanovišť na kterých se nacházejí.

Tabulka 2: Seznam druhů, kteří se nacházeli v konkrétních velkých nádrží.



Tabulka 3: Seznam druhů, kteří se nacházeli v konkrétních malých nádržích.