Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra vodního hospodářství
a environmentálního modelování

Vliv výskytu slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) na technologickou funkci vodních elektráren

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Petra Sychová, Ph.D.

Diplomant: Bc. Pavel Čanda, DiS.

ČZU, ©2025

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Pavel Čanda, DiS.

Regionální environmentální správa

Název práce

Vliv výskytu slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) na technologickou funkci vodních elektráren

Název anglicky

The impact of Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) on the hydropower facilities

---

Cíle práce

Předmětem diplomové práce je chatakteristika vlivu invazního mlže, slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) na okolní prostředí. V obecné rovině je popsáno chování slávičky mnohotvárné v přirozeném prostředí (především vliv na průhlednost vody a na vodní organismy). Speciální pozornost je věnována vlivu sledovaného organismu na funkčnost technických zařízení u vodních staveb.
Cílem praktické části je vyhodnocení šíření slávičky a vlivu jejího masivního rozvoje na provoz konkrétní vodní elektrárny. Posouzena je rovněž efektivita proaktivních opatření.

Metodika

- literární rešerše k dotčenému tématu

- výběr vhodné vodní elektrárny

- shromáždění informací o výskytu a rozvoji slávičky mnohotvárné v technologickém provozu vybrané vodní elektrárny

- vyhodnocení zjištěných informací

Doporučený rozsah práce

Dle metodických pokynů

Klíčová slova

vodní elektrárna, slávička mnohotvárná, invazní druh

Doporučené zdroje informací

Beran L., (2002): Vodní měkkýši České republiky – rozšíření a jeho změny, stanoviště, šíření, ohrožení a ochrana, červený seznam. Sborník přírodovědného klubu v Uh. Hradišti, Supplementum 10: 258 s.

IPCC, (2012): Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambidge: Cambridge University Press, 1088 p.

Mastný P., Drápela J., Míšák S., Macháček J., Ptáček M., Radil L., Bartošík T., Pavelka T. (2001): Obnovitelné zdroje energie. Praha: ČVUT v Praze. 257 s.

Minchin D., Lucy F., Sullivan M., (2002): Zebra mussel: impacts and spread. In Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management. Springer Netherlands: 135-146.

Předběžný termín obhajoby

2024/25 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Petra Sychová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 10. 12. 2024

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 12. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 23. 01. 2025

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: **Vliv výskytu slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) na technologickou funkci vodních elektráren** vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou 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 vědom, že odevzdáním diplomové 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, že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze 30. 3. 2025

Bc. Pavel Čanda, DiS.

…….

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Petře Sychové, Ph.D. za ochotu, odborné rady a připomínky, kterými přispěla k vypracování této diplomové práce. Dále pak své manželce za její trpělivost a psychickou podporu při psaní této práce, a nakonec společnosti ČEZ, a. s., Vodní elektrárny za poskytnuté materiály.

Abstrakt

Předmětem práce je posouzení vlivu slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) na technologická zařízení elektrárny ve vodní nádrži Mohelno. V této lokalitě byl zaznamenám výskyt tohoto invazního druhu mlže, jehož početnost neustále narůstá, hojně se množí a nekontrolovatelně se šíří v rámci vodních toků, což způsobuje značné negativní dopady. V rámci práce byly posuzovány dva typy opatření, jednak mechanické odstraňování a jednak automatizované použití UV lampy. Efektivita opatření je řešena jak s ohledem na míru omezení rozvoje slávičky, tak i s ohledem na náročnost provozního zatížení personálu elektrárny. Mechanické odstraňování sláviček je management efektivním, nicméně provozně velmi náročným. Instalace UV lamp je opatřením rovněž účinným, vyžadujícím jen pravidelnou kontrolu, avšak v závislosti na intenzitě záření je významným způsobem ovlivněna životnost lampy.

Klíčová slova:

Vodní elektrárna, vodní dílo, slávička mnohotvárná, invazní druh

Abstract

The diploma thesis is focused on the impact of Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) on the hydropower facilities in the Mohelno water reservoir. In studied area, the occurrence of this invasive species was recorded. The increased abundance of the species, which is uncontrollably multiplying and spreading within the watercourse, has a negative impact. Two types of management practices were assessed, the mechanical removal and the use of the UV lamps, which is fully automatized. The effectiveness of the mitigation strategies are evaluated with regard to the effectivity of Zebra Mussel limitation and also the manpower requirements. Physical removing of the shells could be effective but is often costly. The installation of the UV lamps requires only the occasional intervention. On the other hand, in relation of the operating radiation of the UV lamps, the service time could be significantly limited.

Keywords:

Hydroelectric power plant, water reservoir, zebra mussel, invasive species

Seznam použitých zkratek

ČR	Česká republika
EMO	elektrárna Mohelno
JE	jaderná elektrárna
MPP	místní provozní předpis
OOPP	osobní ochranné pracovní prostředky
PVE	přečerpávací vodní elektrárna
TBD	technickobezpečnostní dohled
VD	vodní dílo
VE	vodní elektrárna
VN	vodní nádrž
VZ	vodní zákon
ŽP	životní prostředí

Obsah

1 Úvod 1

2 Cíle práce 3

3 Literární rešerše 5

3.1 Vodní díla a jejich účely 5

3.2 Vodní elektrárny a jejich význam pro Českou republiku 9

3.3 Slávička mnohotvárná 11

3.4 Životní cyklus slávičky 14

3.4.1 Způsob šíření slávičky mnohotvárné 16

3.4.2 Rozšíření slávičky mnohotvárné ve světě 22

3.4.3 Výskyt slávičky mnohotvárné v ČR 25

3.4.4 Faktory prostředí ovlivňující slávičku mnohotvárnou 27

3.4.5 Prevence proti výskytu 29

4 Dopady výskytu slávičky mnohotvárné na vodní elektrárny 30

4.1 Monitoring 32

5 Metodika 34

5.1 Měření průtoku 35

5.2 Metoda UV 36

5.3 Hodnota pH 36

6 Charakteristika vybraného území 37

6.1 Vodní díla Dalešice a Mohelno 37

7 Výsledky 43

7.1 Pravděpodobnost osídlení lokality Mohelno 44

7.2 Ověření účinnosti filtrů v eliminaci slávičky mnohotvárné 44

7.3 Naměřené hodnoty průtoku 46
7.4 Parametry UV lampy 46
7.5 Počty provozních zásahů 47
8 Diskuse 50
9 Závěr 53
10 Přehled literatury a použitých zdrojů 54
10.1 Seznam literatury 54
10.1.1 Odborné publikace 54
10.1.2 Legislativní zdroje 59
10.1.3 Internetové zdroje 59
10.1.4 Ostatní zdroje 60
10.2 Seznam obrázků 61
10.3 Seznam tabulek 62
11 Přílohy 63

1 Úvod

Vodní díla jsou zákonem č. 254/2001 Sb., zákon o vodách a o změně některých zákonů (dále jen vodní zákon) definována jako vodní stavby, které slouží ke vzdouvání a zadržování vod, k umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod, k úpravě vodních poměrů a k dalším účelům, které jsou definovány zákonem. Jedním typem, ze zákonem jmenovaných vodních staveb, jsou stavby sloužící k využívání vodní energie a energetického potenciálu, tj vodní elektrárny.

Vodní elektrárny plní na území České republiky řadu velice důležitých funkcí. Jednou z hlavních výhod je i ekologická a ekonomická výroba elektrické energie. Vzhledem k neustále narůstající spotřebě elektrické energie mají vodní elektrárny vedle jiných zdrojů energie svoji nezastupitelnou roli. Vedle produkce elektrické energie plní vodní elektrárny i řadu dalších důležitých funkcí, jako je regulace průtoků, která může pomoci v rámci ochrany před povodněmi, což bylo v případě České republiky patrné třeba i v průběhu září roku 2024. Z tohoto důvodu je třeba zajistit jejich bezpečné provozování.

Výrazným technologickým, ale i ekologickým problémem vodních elektráren je výskyt slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) jakožto invazivního mlže. Tento nepůvodní mlž masově přisedá a v koloniích žije a rozmnožuje se na stavebních částech vodních děl, technologických prvcích i na zařízeních, která jsou zapotřebí pro bezpečný chod a provozování elektráren. Slávička má vysoký reprodukční potenciál a může se nekontrolovatelně a velmi rychle šířit. Tento invazní druh vytváří souvislý pokryv na osídleném materiálu a znemožňuje do té doby bezproblémový průchod vody nebo chod dané technologie. Při využití surové vody z toku představuje tento masový výskyt vysoké riziko poruch a havarijních stavů.

Do legislativy ČR bylo implementováno Nařízení Evropského parlamentu a Rady ze dne 22. října 2014 (Nařízení EP a Rady (EU) č.1143/2014) o prevenci a regulaci zavlékání či vysazování a šíření invazních nepůvodních druhů. Jako invazní nepůvodní druh je dle tohoto nařízení definován

nepůvodní druh, u kterého bylo zjištěno, že jeho zavlečení či umělé vysazení nebo šíření ohrožuje biologickou rozmanitost a související ekosystémové služby dané lokality nebo na ně má nepříznivý dopad. Pojem „způsoby šíření“ je definován v článku 3 nařízení EP a Rady EU č. 1143/2014, jako trasy a mechanismy zavlékání nebo vysazování a šíření invazních nepůvodních druhů.

Dále je možné konstatovat, že zvolená problematika slávičky mnohotvárné je aktuální nejen v České republice, ale celosvětově, protože invazivní druhy, jako je slávička mnohotvárná, představují jednu z hlavních hrozeb pro biologickou rozmanitost.

I proto můžeme uvést, že problematika zvolená pro tuto diplomovou práci je velmi aktuální. Jaderná energie je rovněž v kontextu prosazování čisté energie v České republice do budoucna velmi důležitá. Současná politická reprezentace České republiky navíc počítá s tím, že význam jaderné elektrárny v Dukovanech dál poroste. Počítá se totiž s rozšířením a výstavbou dalších bloků, a i proto je třeba, aby vodní elektrárna Mohelno v dalších letech bezproblémově fungovala.

2 Cíle práce

Cílem této diplomové práce je posoudit vliv výskytu slávičky mnohotvárné na technologickou funkci vodní elektrárny Mohelno, která je součástí komplexu vodního díla Dalešice.

Tato diplomová práce se zabývá dopadem invazivní slávičky mnohotvárné na technologickou funkci vybraných vodních elektráren. Pro zpracování této diplomové práce byla zvolena lokalita vodní elektrárny Mohelno, která je součástí komplexu vodního díla Dalešice, kdy platí, že vodní elektrárna Mohelno hraje důležitou roli v podobě zdroje zásobování chladící vody pro nedalekou jadernou elektrárnu Dukovany.

Problematika zvolená pro tuto diplomovou práci je velmi aktuální. Jaderná energie je rovněž v kontextu prosazování čisté energie v České republice do budoucna velmi důležitá. Současná politická reprezentace České republiky navíc počítá s tím, že význam jaderné elektrárny v Dukovanech dál poroste. Počítá se totiž s rozšířením a výstavbou dalších bloků, a i proto je třeba, aby vodní elektrárna Mohelno v dalších letech bezproblémově fungovala.

Tato diplomová práce je strukturována do několika částí. V teoretické části jsou popsány základní charakteristické znaky slávičky mnohotvárné, její rozšíření i vlivy na životní prostředí. Pozornost je věnována faktorům prostředí, jakými jsou teplota vody, pH a dostupnost vhodného substrátu. Tato část rovněž představí přehled legislativních opatření na úrovni Evropské unie i České republiky, která se týkají prevence a regulace šíření invazivních druhů obecně.

Praktická část se zaměřuje na konkrétní dopady výskytu slávičky na vodní elektrárnu Mohelno a vyhodnotí efektivitu dvou možných opatření, která se využívají v praxi, a to konkrétně mechanického odstraňování sláviček mnohotvárných a použití UV lamp. Výsledky jsou následně obsahovat možné dopady výše uvedených opatření na omezení populace slávičky. Práce se rovněž zaměřuje na problematiku personálního zatížení vodní elektrárny.

Závěr práce se následně zaměří na komplexní zhodnocení jednotlivých opatření a přinese konkrétní doporučení pro minimalizaci rizik, které jsou

spojené s invazivními druhy v prostředí vodních elektráren, a to právě na příkladu vodního díla Mohelno.

Součástí analýzy je zhodnocení účinnosti ochranných opatření, konkrétně mechanického odstraňování a aplikace UV lamp. Práce se zaměří na praktické aspekty provozu vodní elektrárny, zejména na zátěž personálu a dlouhodobou udržitelnost těchto opatření.

V rámci zpracování této práce byly definovány následující výzkumné otázky:

- Jaký je vliv výskytu slávičky mnohotvárné na bezpečnost a provozní efektivitu technologických zařízení vodní elektrárny Mohelno?
- Které z posuzovaných ochranných opatření je efektivnější z hlediska prevence?
- Jaké jsou provozní a ekonomické dopady zavedení ochranných opatření proti výskytu a rozšiřování populací slávičky na provoz vodní elektrárny?

3 Literární rešerše

3.1 Vodní díla a jejich účely

Dle § 55 zákona č. 254/2001 Sb., *Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v pozdějším znění* (dále jen vodní zákon), jsou vodní díla stavby, sloužící ke vzdouvání a zadržování vod, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod, k úpravě vodních poměrů nebo k jiným účelů, sledovaným tímto zákonem.

Zákon o vodách konkrétně uvádí, že se mezi vodní díla řadí zejména přehrady, hráze, vodní nádrže, jezy a zdrže; stavby, jimiž se upravují, mění nebo zřizují koryta vodních toků; stavby vodovodních řadů a vodárenských objektů včetně úpraven vody, kanalizačních stok, kanalizačních objektů, čistíren odpadních vod, jakož i stavby k čištění odpadních vod před jejich vypouštěním do kanalizací; stavby na ochranu před povodněmi; stavby k vodohospodářským melioracím, zavlažování a odvodňování pozemků; stavby, které se k plavebním účelům zřizují v korytech vodních toků nebo na jejich březích; stavby k využití vodní energie a energetického potenciálu; stavby odkališť; stavby sloužící k pozorování stavu povrchových nebo podzemních vod; studny; stavby k hrazení bystřin a strží, pokud zvláštní zákon nestanoví jinak; a jiné stavby potřebné k nakládání s vodami..

Podle § 55 odst. 3 vodního zákona však zároveň platí, že některá zařízení se za vodní díla nepovažují. Za vodní díla se nepovažují zejména jednoduchá zařízení umístěná či vybudovaná mimo koryta vodních toků na pozemcích nebo stavbách sloužící k zachycení vody a k jejich ochraně před škodlivými účinky povrchových nebo podzemních vod, vodohospodářské úpravy, terénní úpravy, bezodtokové jímky včetně přítokového potrubí, vnitřní vodovody a vnitřní kanalizace, vodovodní a kanalizační přípojky, průzkumné hydrogeologické vrty, další zařízení vybudovaná v rámci geologických prací a vrty primárně sloužící k využívání energetického potenciálu podzemních vod, pokud nedochází k jejich čerpání či odběru. Podle § 55 odst. 4 dále platí, že v pochybnostech o tom, zda jde je možno toto zařízení definovat jako vodní dílo, rozhoduje místně příslušný vodoprávní úřad.

Účel konkrétní vodní nádrže je uveden v manipulačních řádech, a to dle platného povolení k nakládání s vodami a hospodařením s vodou, které je vydáváno místně příslušným vodoprávním úřadem. Náležitosti manipulačních a provozních řádů vodních děl jsou definovány *Vyhláškou č. 216/2011 Sb., Vyhláška o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl, v pozdějším znění.* Manipulační řád lze dle výše jmenované vyhlášky definovat jako soubor zásad a pokynů pro manipulaci s vodou k jejímu účelnému a hospodárnému využití, ke snižování nepříznivých účinků povodní, sucha a ledových jevů, k ochraně a zlepšení jakosti vody, jakož i k zajištění bezpečnosti, stability a spolehlivosti vodního díla.

Účely vodních děl jsou definovány jako technické údaje o vodním díle, kdy za základní účel vodních děl definujeme tyto činnosti:

- akumulace a vzdouvání povrchové vody,
- zajišťovat minimální průtok pod vodním dílem,
- částečné snížení povodňových průtoků za účelem ochrany území pod vodním dílem před účinky povodní,
- využití odtoku z vodní nádrže k výrobě elektrické energie ve vodní elektrárně fungující v dohodnutém režimu, která je součástí vodního díla,
- vytváření podmínek pro povolená nakládání s vodami,
- vyrovnávání kolísání průtoků,
- nadlepšování průtoků ve vodním toku,
- nadlepšování průtoků pod vodními díly za účelem zlepšení jakosti vody,
- ovlivňování zimního průtokového režimu pod vodními díly a omezení nežádoucích ledových jevů,
- plavba,
- rekreace a vodní sporty,
- extenzivní rybí hospodaření.

Přehrady umožňují zadržovat vodu pro zásobování obyvatel pitnou vodou, pro závlahy či jiné využití. Zachytí povodňovou vlnu, nadlepší průtok v toku v době sucha – tedy umožní úpravu vodohospodářské bilance. Velkým přínosem v boji proti suchu je komplexní přístup v celém povodí, které vede k zadržení vody v krajině (Motlík, 2007).

Povinnosti vlastníků jednotlivých vodních děl jsou definována §59 vodního zákona. Z tohoto paragrafu nebo části zákona… vyplyvá primární odpovědnost vlastníka za dané vodní dílo. Tato odpovědnost nespadá na oprávněného z povolení nakládání s vodami a dále platí, že vlastník vodního díla má některá specifická práva a povinnosti, které mu ukládá výše uvedený zákon (Horáček, 2015).

Jedním ze základních práv vlastníka vodního díla je právo vstupovat na cizí pozemky. Toto právo lze využít v případech nutné údržby nebo zajištění bezproblémového provozu vodního díla. Vlastník vodního díla je dle § 60 vodního zákona povinen nahradit případnou škodu, která při vstupu na cizí pozemek vznikne. § 59a vodního zákona definuje povinnost vlastníka strpět cizí vodní dílo na vlastním pozemku, a to v případě, že bylo vybudováno před 1. lednem 2002.

Zákon však klade na vlastníka i řadu významných povinností. Mezi hlavní povinnost patří udržovat vodní dílo v bezpečném a provozuschopném stavu. Tato údržba zahrnuje mimo jiné i provádění technickobezpečnostního dohledu (dále jen TBD). Smyslem těchto prací je zachovat stavbu v souladu s projektovou dokumentací, která byla ověřena při stavebním řízení. Stavba musí odpovídat veškeré dokumentaci, která byla schválena v rámci stavebního řízení nebo ohlášení (Horáček, 2015).

Další povinností vlastníka je dodržovat manipulační a provozní řády, které stanovují pravidla pro bezpečný provoz vodního díla. Vlastník musí také plnit závazné pokyny vodoprávního úřadu a správce vodního toku. Náležitosti manipulačních a provozních řádu jsou definovány ve Vyhlášce č. 216/2011 Sb., Vyhláška o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl. Manipulačním řádem se dle této vyhlášky rozumí soubor zásad a pokynů pro manipulaci s vodou podzemní i povrchovou k jejímu účelnému

a hospodárnému využití podle povolení k nakládání s vodami. Provozní řád je chápán jako soubor zásad, pokynů a dokumentace zaměřené primárně pro obsluhu a údržbu objektů a zařízení vodního díla. Zmíněná vyhláška definuje jednotlivé náležitosti manipulačních i provozních řádů vodních děl i s odkazem na technické normy vztahující se k této problematice.

Ochrana vodních děl je důležitou součástí právní úpravy zajišťující bezpečnost a správné fungování těchto staveb. Podle § 58 vodního zákona je zakázáno poškozovat vodní díla a ohrožovat jejich funkce. Tento zákaz se vztahuje na všechny činnosti, které by mohly nepříznivě ovlivnit technický stav nebo účel vodních děl, a jeho cílem je zajistit ochranu veřejného i soukromého zájmu.

Horáček (2015) uvádí, že mezi konkrétní zakázané činnosti patří například vysazování dřevin na ochranných hrázích, kdy kořeny stromů mohou postupem času narušit strukturu hráze, což by mohlo vést k oslabení její stability a potencionálního ohrožení její funkčnosti. Dále je zakázáno jezdit po ochranných hrázích motorovými vozidly, pokud tato činnost přímo nesouvisí s jejich údržbou či kontrolou stavu těchto hrází. Výjimkou jsou pouze místa, která byla pro tyto účely výslovně definována. Tato opatření mají primárně za cíl minimalizovat riziko poškození ochranných hrází, které jsou klíčové pro ochranu před povodněmi.

Další důležitou preventivní ochranou je zákaz poškozování technických a technologických zařízení, která slouží k monitorování a řízení vodních děl. Patří sem zejména vodočty, vodoměry, cejchy, vodní značky a značky velkých vod. Tato zařízení poskytují nezbytné informace pro efektivní správu vodních zdrojů a jejich poškození může vážně narušit schopnost jednoduše sledovat a řídit a ovlivňovat stav vodních toků či nádrží. Ochrana těchto zařízení je proto klíčová pro zajištění bezpečnosti a stability vodních systémů (Horáček, 2015).

Kromě výše jmenovaných opatření má dle vodního zákona vodoprávní úřad pravomoc na návrh vlastníka vodního díla stanovit ochranná pásma podél vodního díla. Tato ochranná pásma mohou zahrnovat omezení nebo zákaz určitých staveb či provádění činností, které by mohly ohrozit samotné vodní dílo či jeho jednotlivé funkce. Rozsah těchto omezení se individuálně

odvíjí od povahy daného vodního díla a jeho významu pro okolní prostředí a infrastrukturu.

Nárok na náhradu majetkové újmy vzniká vlastníkům pozemků či staveb v případě, že v ochranném pásmu dojde k omezení práv a tuto náhradu je povinen poskytnout vlastník vodního díla. Pokud se obě strany nedohodnou na výši náhrady, rozhoduje následně o této otázce soud. Tím je zajištěna ochrana práv všech dotčených subjektů (Horáček, 2015).

3.2 Vodní elektrárny a jejich význam pro Českou republiku

Využívání vodní energie má v českých zemích dlouholetou tradici, sahající od mechanického pohonu mlýnů a pil až po moderní výrobu elektrické energie.

Motlík (2007) upozorňuje, že vodní elektrárny byly v českých zemích budovány již od počátku 20. století a dodnes patří k důležitým prvkům energetické infrastruktury.

Vodní elektrárny jakožto významný zástupce obnovitelných zdrojů využívá hydroenergetický potenciál toků s vysokou účinností a minimálním dopadem na životní prostředí. Jedná se o výrobu ekologicky čisté elektrické energie při nízkých provozních nákladech (ČEZ, 2024).

Svými provozními vlastnostmi a rychle ovladatelným výkonem zajišťují dynamické funkce elektrizační soustavy, což zajišťuje dostatek elektrické energie ve špičce a pokrývá krátkodobé výpadky výkonů. Jejich provozování je nezbytné pro výkonovou zálohu soustavy. Provozní vlastnosti vodních elektráren umožňují rychlou a přesnou regulaci výkonů, zásadní pro udržení frekvence soustavy (Motlík, 2007).

Rozdělují se do několika skupin dle různých hledisek, a to podle instalovaného výkonu (malé, střední a velké VE), dále dle využitého spádu (nízkotlaké, středotlaké a vysokotlaké). V rámci této práce je podstatné definovat rozdělení vodních elektráren dle využití vodního toku, a to následovně:

- průtočné vodní elektrárny

- akumulační vodní elektrárny
- přílivové vodní elektrárny
- přečerpávací vodní elektrárny.

Výhodou vodních elektráren je ekonomická výroba elektrické energie, jejíž spotřeba neustále roste. I když přírodní podmínky v ČR nejsou ideální pro velké vodní elektrárny, jsou i tak velmi významným a důležitým zdrojem obnovitelné energie, která přispívá k energetické bezpečnosti a nezávislosti České republiky.

Díky schopnosti rychlého najetí na plný výkon umožňují operativní vyrovnání energetické bilance v elektrizační soustavě (Kubín, 2009).

Vodní elektrárny tak mohou reagovat na změny v poptávce po elektřině rychleji než většina jiných výrobních zdrojů (ČEZ, 2024). Mezi nejvýznamnější zdroje vodní energie patří přečerpávací elektrárny, ty slouží nejen k výrobě elektřiny, ale také k vyrovnávání výkyvů v energetické síti.

V České republice nalezneme 3 významné přečerpávací vodní elektrárny:

- PVE Štěchovice,
- PVE Dalešice a
- PVE Dlouhé Stráně.

Vodní energie představuje významnou součást evropského energetického mixu, a to nejen z pohledu jejího historického významu, ale také s ohledem na současné ekologické, ekonomické a geopolitické výzvy. Týká se to i České republiky, kde je mnoho vodních elektráren, které jsou stále v provozu. Zároveň platí, že Česká republika díky své geografické poloze a přírodním podmínkám využívá vodní zdroje jako stabilní a obnovitelný zdroj energie, který hraje důležitou roli v zajištění udržitelného rozvoje. V kontextu budoucího vývoje českého energetického mixu je pravděpodobné, že vodní energie bude hrát spíše doplňkovou než dominantní roli, a to kvůli omezeným geografickým možnostem pro výstavbu a rozvoj nových velkých vodních elektráren. Zároveň ale podotýká, že je stále nezbytné investovat do

modernizace stávajících vodních elektráren a do výzkumu technologií, které umožní jejich ještě lepší využití v praxi (Kubín, 2009).

Nicméně, funkce technologických zařízení elektráren, ale obecně i dalších vodohospodářských zařízení na vodních dílech může být negativně ovlivněna řadou různých faktorů. Jedním z nejzásadnějších a v poslední době bohužel nejaktuálnějších se jeví vysoké riziko sucha. Vodní nádrže jsou závislé na klimatických podmínkách v dané oblasti. Výskyt srážek a riziko minimálních hodnost průtoků je velmi častým jevem na celém území ČR. Dalším výrazným rizikem je i výskyt invazních druhů mlžů, které v rámci svého životního cyklu mohou negativně funkci vodohospodářských zařízení ovlivnit (Quaschning, 2010).

3.3 Slávička mnohotvárná

Slávička mnohotvárná (*latinsky Dreissena polymorpha, anglicky zebra mussel*) je živočich kmene měkkýšů. Dle další kategoriazace je zařazen do třídy mlžů z čeledi slávičkovití (*Dreissenidae*) (Horsák a kol., 2013).

Slávička je invazním druhem, který se ze svého původního místa výskytu – Kaspického a Černého moře dostal díky rozmachu lodní dopravy do Evropy a Severní Ameriky. Pfleger (1988) konstatuje, že slávička je nepůvodní a invazivní druh a v ČR není zahrnut do seznamu ohrožených a chráněných druhů.

Tento mlž je charakteristický trojhrannými lasturami, které mají na povrchu výrazné přírůstkové linie. Na starších částech lastury jsou linie jemné, zatímco na mladších částech jsou hrubé a dobře patrné. Zbarvení slávičky se liší v závislosti na konkrétní populaci a prostředí, ve kterém žije, ale nejčastěji je zbarvena v kombinaci žlutošedých odstínů s černými pruhy, které tvoří jedinečné vzory. Průměrná délka slávičky činí přibližně 2,5 centimetru, přičemž maximální délka může dosahovat až 5 centimetrů (Beran, 2018).

Beran (2018) dále uvádí, že slávička mnohotvárná je příkladem druhu schopného přizpůsobit se rozmanitým podmínkám prostředí. Tělo slávičky je chráněno pevnou lasturou, jejíž přední část je zakončena ostrým umbem, zatímco ventrální část je zploštělá a mírně vydutá. Tento tvar lastury umožňuje mlži pevně se přichytit na tvrdé substráty, jako jsou skály, dřevo, betonové povrchy nebo dokonce jiné organismy. Zámek lastury, který drží obě poloviny schránky pohromadě, postrádá zuby.

Pod lasturou se nachází měkké tělo slávičky, které je chráněno pláštěm. Plášť nejenže chrání vnitřní orgány, ale také hraje důležitou roli při tvorbě samotné lastury. Na zadní straně těla jsou umístěny dva sifony – inhalantní a exhalantní. Prostřednictvím inhalantního sifonu je do těla přiváděna voda, která obsahuje potravu, zatímco exhalantní sifon slouží k odvodu odpadních látek a přefiltrované vody zpět do okolního prostředí (Beran, 2018).

Žábry slávičky, stejně jako u většiny mlžů, plní dvojí funkci – jsou využívány k dýchání i příjmu potravy. Povrch žaber je pokryt drobnými řasinkami, které zajišťují aktivní pohyb vody skrze tělo mlže. Potrava je zachycována na žábrech a směrována k ústnímu otvoru, zatímco nestrávené částice jsou obaleny hlenem a vylučovány skrze exhalantní sifon. Typická potrava slávičky zahrnuje seston, zooplankton, fytoplankton a drobné organické částice o velikosti 15–40 mikrometrů. Podle Berana (2018) bylo zjištěno, že filtrační aktivita sláviček je mimořádně intenzivní – jediný jedinec dokáže denně přefiltrovat až jeden litr vody.

Birnbaum (2011) tvrdí, že přestože jsou dospělí jedinci pohybově omezeni, hrají pohyblivá vývojová stádia klíčovou roli při osidlování nových stanovišť. Larvy, známé jako veligery, využívají proudění vody k přenosu na vzdálená místa, kde se následně usazují a přisedají na vhodné substráty. Přichycení je umožněno produkcí byssových vláken, která jsou tvořena speciální žlázou umístěnou na spodní části svalnaté nohy mlže. Tato vlákna se rozdělují na trvalá a dočasná, přičemž trvalá vlákna zajišťují pevné ukotvení, zatímco dočasná umožňují přizpůsobení polohy jedince.

Dále je třeba uvést, že v oblastech s vyšší rychlostí proudu dochází k vyšší koncentraci rozptýlených sedimentů, které negativně ovlivňují filtrační

a asimilační schopnosti sláviček. Pokud koncentrace těchto částic přesáhne kritické hodnoty, může dojít k úplnému zastavení růstu, a populace tak nejsou schopny dlouhodobého přežití. Ideální podmínky pro výživu a růst jsou nacházeny při rychlostech proudu od 0,1 do 1 m/s, přičemž vyšší hodnoty již představují limitující faktor (AOPK ČR, 2023).

Slávička prosperuje nejlépe v mezotrofních vodách, kde je přítomno optimální množství živin. Bylo zjištěno, že její metabolismus a růst jsou silně ovlivňovány poměrem fosforu v okolním prostředí, přičemž nedostatek fosforu může být kompenzován adaptivními změnami v tkáních. Naopak přebytek fosforu může mít negativní dopad na fyziologické procesy, což ilustruje citlivost tohoto druhu k chemickým změnám v prostředí (Sedlák, 2002).

Přestože slávičky preferují tvrdé substráty, mohou se usazovat i na měkčích površích, například na schránkách jiných organismů či na ponořených rostlinách. Výběr místa pro přisednutí je ovlivněn světelnými podmínkami a dostupností potravy (Sedlák, 2002). Pomocí řasinek, které má slávička umístěny na žábrech filtruje slávička vodu a dochází k tím selekci potravy. (Fanslow et al. 1995). Dospělý mlž je schopen přefiltrovat až 5 litrů vody za den. Přes žábry se odfiltruje kyslík a částečky potravy a zbytek vody odchází z těla exhalačním otvorem (Kryger a Riisgård 1988).

Distribuce slávičky mnohotvárné v řekách je ovlivňována především rychlostí proudu, kvalitou substrátu a koncentrací suspendovaných sedimentů. Přirozené prostředí pro tento druh se nachází převážně v dolních tocích řek, kde proudění vody není příliš rychlé, což umožňuje stabilní přichycení a standartní vývoj. V horních tocích řek s rychlým proudem bývá kolonizace kriticky omezena, protože rychlé proudění narušuje proces oplození a omezuje aktivní pohyb veligerů, což znemožňuje stabilní usídlení (AOPK ČR, 2023).

Dostatek kyslíku je nezbytným faktorem pro správný metabolismus sláviček. Optimální hodnota saturace kyslíkem se pohybuje kolem 80-100 %. Kritické hodnoty saturace kyslíkem se pohybují okolo 4 mg/l při teplotě 18°C. S rostoucí teplotou klesá tolerance sláviček k hypoxickým podmínkám, což ukazuje na jejich omezenou schopnost přizpůsobit se dlouhodobému nedostatku kyslíku (Beran, 2018)

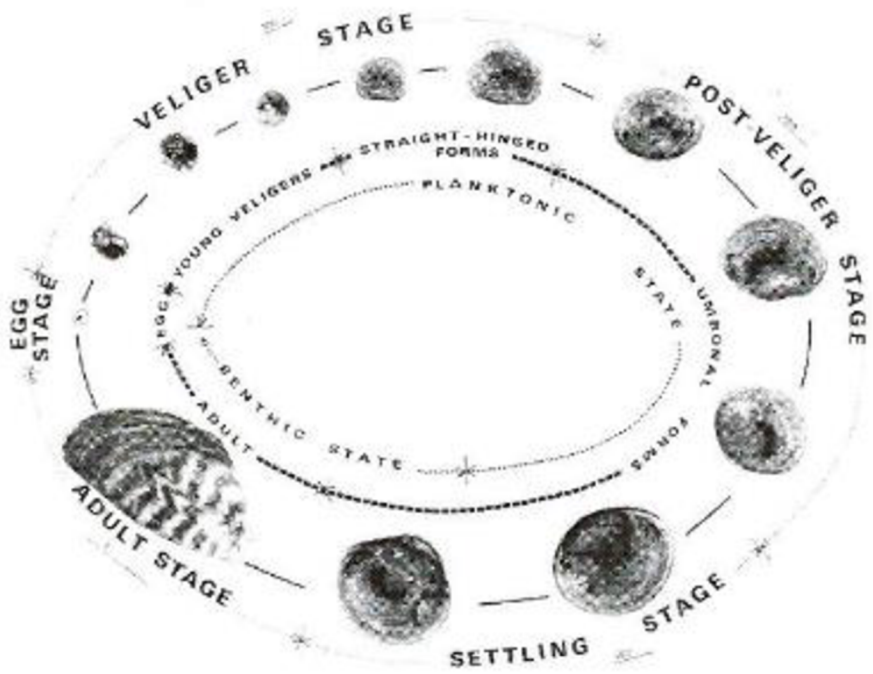
Slávičky může ohrožovat zvýšená koncentrace draslíku v okolním prostředí. Koncentrace draslíku vyšší než 39 mg/l působí na slávičky toxicky a vede k narušení činnosti jejich buněčných membrán a k následnému selhání základních životních funkcí. Nejvýraznějším zdrojem draslíku v ekosystémech jsou přirozené procesy eroze hornin ale i lidská činnost, zejména v zemědělství. Z tohoto tvrzení lze konstatovat, že v oblastech se zvýšeným znečištěním vody je silně omezena schopnost sláviček se rozmnožovat, ale i přežívat (Sedlák, 2002).

Dalším výrazným limitujícím faktorem pro život sláviček je salinita. Tolerance sláviček vůči okolnímu prostředí je závislá na teplotě, geografické lokalitě a vývojovém stádiu jedince. Optimální rozmezí chloridových iontů se pohybuje mezi 0,4 a 0,7 g/l, přičemž rychlé změny salinity snižují šance na její přežití (Beran, 2018). Tento aspekt ilustruje vysokou citlivost tohoto druhu k dynamickým změnám prostředí.

3.4 Životní cyklus slávičky

Birnbaum (2011) uvádí, že pro růst a reprodukci slávičky je nezbytná přítomnost vápenatých iontů v koncentraci alespoň 12 mg/l. Vyšší koncentrace vápníku jsou preferovány během reprodukčních procesů. Zvýšená koncentrace vápníku zajišťuje správný vývoj a růst jedinců. Významnou roli v osmoregulaci a tvorbě lastur hraje i hořčík, který může vápník nahradit.

Reprodukce sláviček probíhá prostřednictvím vnějšího oplodnění, kdy vajíčka obsahují chemické látky přitahující spermie. Po oplodnění vajíčka procházejí několika vývojovými fázemi, během nichž se z trochofor a veligerů vyvíjejí juvenilní jedinci. Tento proces trvá přibližně čtyři týdny a zahrnuje přeměnu pelagické fáze na fázi bentickou. Dospělí jedinci se obvykle dožívají tří až devíti let, přičemž délka života závisí na geografických a ekologických podmínkách (Beran, 2018).



Obrázek 1 Vývojová stadia slávičky mnohotvárné (Mackie, 1991).

Z larvy se v dalším stádiu stává veliger. V tomto stádiu se dokáže pohybovat ve vodním sloupci a přepravovat se dál pomocí proudu vody. V rámci růstu ve spodní části těla se vytvoří tělní svalovina a proměňuje se v nohu. Na spodní části nohy v jamce je zvláštní žláza, která vylučuje sekret. Tím se dokáže přichytit k podkladu (Lang et al. 1974).

Život stráví trvale přisedlá na rozmanitých předmětech ve vodě nebo její bezprostřední blízkosti, zobrazující kolonii slávičky na břehu vodní nádrže Mohelno) a živí se jako většina mlžů filtrací (Beran, 2018). *Dreissena polymorpha* přisedá na pevné podklady a hromadí se ve velkém koloniálním shluku, který se označuje jako „drúzy“ (Kolibáč et al. 2019).

Obrázek 2. Slávička mnohotvárná přisednutá na břehu VN Mohelno
Zdroj: Čtyřoká, 2021

3.4.1 Způsob šíření slávičky mnohotvárné

Do České republiky byla slávička zavlečena nepochybně už v 19. století. Do vodního toku Labe byla zanesena lodní dopravou (Ložek,1956). Původně se vyskytovala pouze v deltách s brakickou vodou a postupně se dostala proti proudu řek i do sladké vody (Zicháček, 2012). Vzhledem k této skutečnosti a k tomu, že slávička je schopna žít ve sladké i slané vodě je označována za tzv. euryhalinního živočicha (McMahon, 1996). V posledních letech dochází k extrémnímu zrychlení jejího šíření (Bij de Vaate et al., 2002).

K přirozenému šíření slávičky může docházet díky tomu, že slávička je schopna pohybovat po proudu vody. K umělým způsobům šíření slávičky patří zintenzivnění lodní dopravy, ať nákladní nebo rekreační, které vede k velkému přenosu organismu v různých vývojových stádiích. V nejmenším larválním stádiu se může i přichytit na ptačí nohy a osídlit nové lokality. K dalšímu výraznému umělému rozšiřování se přisuzuje přenos na rybářském náčiní (Carlton, 1993). Pro zamezení dalšího šíření je zásadní omezit šíření lidskou činností.

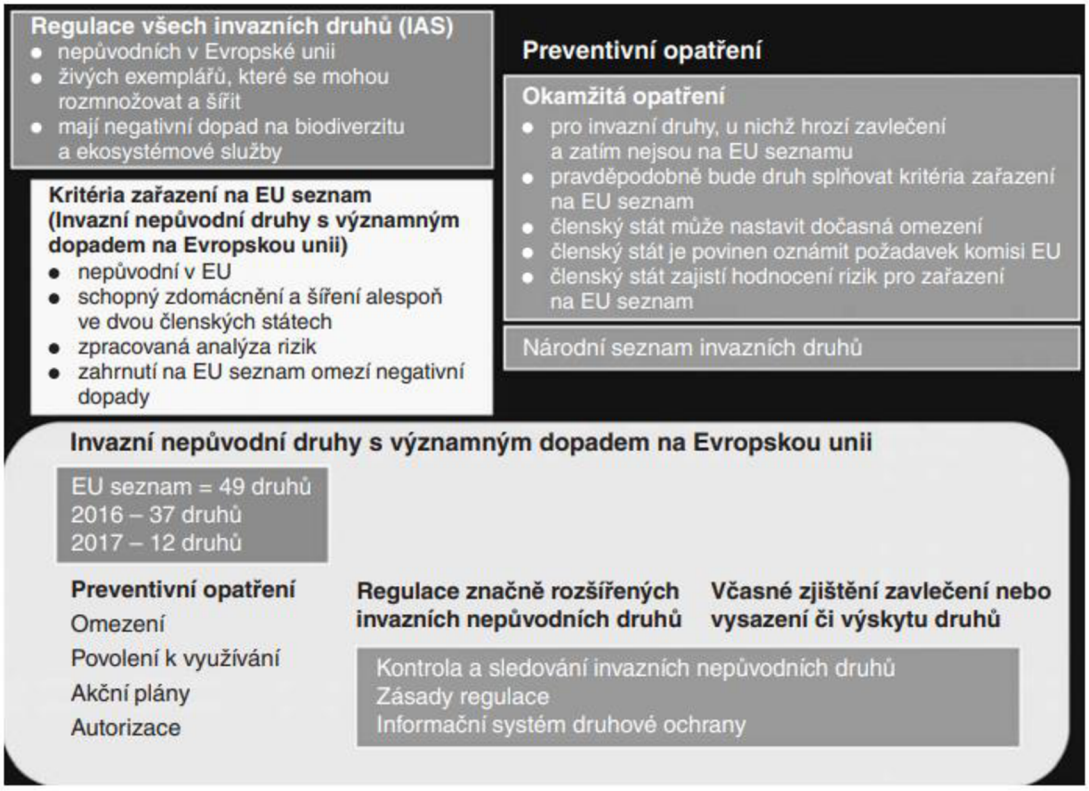
Problematika výskytu a rozšíření invazních druhů je velmi komplikovaná. Často se jedná o druhy, které jsou primárně vnímány jako okrasné (netýkavka žláznatá či křídlatka) nebo lesnicky využitelné (trnovník akát, douglaska tisolistá), nicméně v kontextu dopadu invaze s ohledem na místní podmínky se může vnímání výskytu nepůvodního druhu významným způsobem změnit.

Míru nebezpečí vlivu výskytu nepůvodních druhů na přírodu i na člověka je možno dle klasifikace nalézt v tzv. černých a šedých seznamech, které nepůvodní druhy klasifikují dle dopadů na ŽP, náročnosti managementu likvidace apod. (Pergl et al., 2018).

Z hlediska legislativní regulace výskytu nepůvodních zdrojů je reprezentována především právní úprava Evropské unie, která byla přijata *Nařízením Evropského parlamentu a Rady č. 1143/2014, o prevenci a regulaci zavlékání či vysazování a šíření invazních nepůvodních druhů*, což již tato práce v předešlých částech zdůraznila.

Podle výše zmíněného nařízení EP představují invazní nepůvodní druhy jednu z hlavních hrozeb pro biologickou rozmanitost a související ekosystémové služby. Ke zvýšenému riziku dochází zejména v zeměpisně a evolučně izolovaných ekosystémech a mohou tak být umocněna intenzivnějším celosvětovým obchodem, dopravou, cestovním ruchem a změnou klimatu (Nařízení EP a Rady (EU) č. 1143/2014).

Zmíněný legislativní předpis EU je úzce provázán s řadou legislativních předpisů České republiky. Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů, v § 2, odst. 2, písm. l, definuje ochranu přírody a krajiny také nástrojem prevence a regulace zavlékání nebo vysazování a šíření invazních nepůvodních druhů rostlin a živočichů do krajiny.



Obrázek 2. Schéma částí evropského nařízení č. 1143/2014 o prevenci a regulaci zavlékání nebo vysazování a šíření invazních nepůvodních druhů Zdroj: Pergl, 2018

Zároveň platí, že omezování negativních dopadů invazních druhů je již několik let řešeno i obecnými standardními postupy tvorby plánů péče o zvláště chráněná území a obdobnými principy ochrany přírody (Šíma, 2017).

Z výše uvedeného je možné shrnout, že problematika výskytu a šíření drobného invazního druhu mlže však spočívá nejen ve vlivu na okolní, vodní životní prostředí, ale výskyt kolonií těchto jedinců může výrazným způsobem ovlivňovat i technologická zařízení vodohospodářských staveb (Beran, 2018).

Při usídlování sláviček v nových koloniích hraje zásadní roli výběr vhodného substrátu. Tvrdé povrchy, jako jsou kameny, kmeny stromů nebo dokonce schránky jiných organismů, jsou upřednostňovány. Na měkkých substrátech, jako je písek nebo bahno, je kolonizace méně častá, avšak může

být pozorována, pokud jsou k dispozici vhodné opory. Na některých místech dochází ke specifickému jevu, kdy slávičky osidlují povrchy jiných mlžů, což může přinášet výhody ve formě ochrany před predátory, avšak zvyšuje vnitrodruhovou konkurenci (AOPK ČR, 2023).

V jezerech s převahou měkkého dna se často usazuje na vegetaci nebo schránkách jiných organismů. Specifickým jevem je přichycení na makrofytech, které slouží nejen jako substrát, ale také jako ochrana před sedimentací (Minchin et al., 2002).

Beran (2018) uvádí, že další důležitý faktor představuje šířka a geomorfologie toku řeky. Slávičky se častěji vyskytují v tocích s šířkou přesahující 30 metrů, což zajišťuje dostatek prostoru pro jejich rozvoj. Naopak úzké toky s vyšší rychlostí proudění vody jsou osidlovány jen zřídka. Významnou roli hraje také stabilita koryta řeky, protože časté změny, například v důsledku povodní, mohou vést k narušení existujících populací (AOPK ČR, 2023).

Přestože jsou některé populace schopny krátkodobě tolerovat vyšší sedimentaci, dlouhodobá expozice těmto podmínkám vede ke snížení vitality a reprodukce. Z tohoto důvodu je v řekách s pravidelnými záplavami nebo vysokou sedimentací bývá výskyt sláviček omezen. Řeky s pomalým proudem a nízkou sedimentací tak představují optimální prostředí, kde je zajištěno stabilní usazení i dlouhodobý růst populací (Beran, 2018).

Beran (2018) dále uvádí, že význam řek pro distribuci slávičky mnohotvárné je dán nejen přírodními podmínkami, ale i lidskou činností, která může významně přispět k jejich šíření. Umělé kanály nebo vodní díla často propojují oddělené říční systémy, což umožňuje šíření tohoto druhu do nových oblastí. Tímto způsobem je slávička schopna kolonizovat i vzdálené řeky, kde by se přirozeným způsobem neobjevila.

V mělčích jezerech, která jsou charakterizována vyšší teplotou vody a lepším přístupem světla, se slávičky vyskytují ve vyšší hustotě. Naopak v hlubokých jezerech je růst často zpomalován nižší teplotou a omezeným přísunem živin. Bylo pozorováno, že rychlost růstu sláviček klesá s rostoucí

hloubkou, přičemž kritická hranice je obvykle stanovena na 4 metry hloubky, kde je růst omezen o více než 15 % s každým dalším metrem.

Chemické vlastnosti vody, jako je obsah živin, hrají významnou roli při výběru stanovišť. Slávičky prosperují nejlépe v mezotrofních jezerech, kde je k dispozici dostatek potravy bez přítomnosti nadměrné sedimentace způsobené eutrofizací. V jezerech s vyšší trofií dochází ke snížení možnosti přichycení, protože substráty bývají pokryty organickým materiálem. Naopak v oligotrofních jezerech je růst omezen nedostatkem živin, ale za vhodných podmínek zde mohou populace dlouhodobě přetrvávat (Minchin et al. 2002).

Teplotní podmínky v jezerech zásadně ovlivňují nejen reprodukci, ale také metabolické procesy. Slávičky vykazují nejvyšší růstovou aktivitu při teplotách mezi 20 a 25 °C, zatímco při teplotách nižších než 10 °C je růst výrazně zpomalen. Přesto bylo prokázáno, že slávičky jsou schopny přežít nízké teploty během zimního období, kdy adaptivní mechanismy umožňují snížení energetických nároků. V menších jezerech může rychlé oteplení vody způsobit teplotní šoky, které jsou pro populace kritické (Minchin et al. 2002).

Dalším důležitým faktorem je dostupnost kyslíku, který je pro slávičky nezbytný pro přežití a růst. V jezerech s vysokou saturací kyslíkem dochází k podpoře metabolických procesů a rozmnožování. Naopak v oblastech s častým výskytem hypoxických podmínek nebývá jejich výskyt tak výrazný. Přesto jsou některé populace schopny krátkodobě tolerovat snížené koncentrace kyslíku, což svědčí o adaptivních schopnostech tohoto druhu.

Jezera představují nejen přírodní, ale i antropogenně ovlivněná stanoviště. Voda v jezerech je často ovlivňována lidskou činností, například výstavbou přehrad nebo regulací hladiny vody. Tyto změny mohou mít na slávičky jak pozitivní, tak negativní vliv. V některých případech přehrady poskytují stabilní prostředí s dostatkem substrátů a živin, zatímco časté kolísání hladiny může vést k úhynu jedinců žijících v mělkých oblastech (Minchin et al. 2002).

Slávička mnohotvárná se ve vodních dílech vyskytuje díky jejich specifickým podmínkám, které umožňují vysokou hustotu populací a usnadňují rozšiřování tohoto druhu. Uměle vytvořená vodní díla, jako jsou přehrady,

kanály, chladicí nádrže a pískovny, poskytují rozmanité prostředí, ve kterém jsou splňovány klíčové ekologické požadavky tohoto invazivního mlže (Minchin et al. 2002).

Přehrady bývají charakterizovány stabilními podmínkami, které zahrnují pomalejší proudění vody, široké spektrum substrátů a dostatek živin. Na dně těchto vodních děl se často nacházejí ponořené zbytky vegetace, staveb nebo dalších struktur, které poskytují slávičkám ideální povrchy pro přichycení. Přestože jsou podmínky v přehradách obecně příznivé, může docházet k negativnímu vlivu náhlého kolísání hladiny, které ohrožuje populace žijící v mělkých oblastech. Tyto jedinci jsou vystaveni riziku vyschnutí, pokud se nepřichytí na mobilní substráty, jako jsou schránky jiných živočichů (Pfleger, 1988).

Dalším typem vodních děl, kde jsou slávičky nacházeny ve vysokých hustotách jsou umělé vodní kanály. Ty jsou oproti přehradám charakteristické zejména jednosměrným prouděním vody a nízkou koncentrací suspendovaných částic, což zajišťuje stabilní prostředí. Bylo pozorováno, že v těchto podmínkách dochází k rychlejšímu růstu populací díky nižší sedimentaci a snadnějšímu přístupu k živinám (Pfleger, 1988).

Specifickou kategorií vodních děl jsou chladicí nádrže jaderných a tepelných elektráren, kde se slávičky často přemnožují. V těchto lokalitách je voda ovlivněna vyššími teplotami, které podporují růst a reprodukci, avšak při extrémních hodnotách mohou teplotní podmínky populaci ohrozit (Pfleger, 1988).

V pískovnách a lomech, které nejsou přirozeně propojeny s jinými vodními plochami, se slávičky šíří především antropogenními a zoogenními mechanismy. Povodně nebo činnost člověka zde mohou zavléct veligery, které se následně šíří a osidlují vhodné substráty. Tyto vodní plochy poskytují biologicky rozmanité prostředí, přičemž rychlejší růst bývá zaznamenán zejména v mělčích a teplejších pískovnách (Pfleger, 1988).

Kolonizace vodních děl je často podporována lidskou činností, zejména přesuny lodí, technologického vybavení nebo řízeným transportem vody. Balastní nádrže lodí a různé typy vodohospodářských zařízení slouží jako

nechtěné prostředky pro šíření tohoto invazivního druhu. Výstavba a správa vodních děl tak představují nejen zdroj vhodných stanovišť, ale také cestu pro neomezené šíření slávičky do nových oblastí (Beran, 2018).

3.4.1.1 Šíření lodní dopravou

Zhruba před 200 lety se začala slávička mnohotvárná, s narůstající mezinárodní dopravní lodní přepravou a transportu nárostů na trupech lodí nebo spolu s balastní vodou šířit ze svého domovského areálu. I přesto, že je lodní doprava vnímána jako jedna z příznivějších k životnímu prostředí. Na rybářských lodích se slávička přichytává na sítě a obrůstá rybářské vybavení (Beran 2018). Na naše území se s největší pravděpodobností dostala po řece Labe z Německa s lodní přepravou zboží.

I v dnešní době dochází k rozšiřování na vodní plochy s narůstající plavbou rekreačních plavidel. Lodě rekreantů často mění lokality, a když nejsou očištěny, tak mohou být v záhybech, motorech a na trupu larvální zárodky. Ty dokážou přežít delší dobu a počkat si na vhodné podmínky při spuštění plavidla do vody v jiné lokalitě. Toto neuvědomělé šíření v novém areálu působí expanzivně (Beran, 2018).

Plavidla jsou v podstatě dopravci nejen tohoto invazivního druhu, ale zároveň jsou i napadeny a může dojít k ohrožení jejich bezproblémového provozu, kdy velkým rizikem mohou být nánosy na konstrukcích a zanášení trupů, lodních šroubů, vyvazovacích lan nebo řetězů a další technologie pro spolehlivou plavbu. Přisednutý mlž se tedy musí z osídlené konstrukce lodi manuálně odstranit (Beran, 2018).

3.4.2 Rozšíření slávičky mnohotvárné ve světě

Globálně se slávička mnohotvárná pokládá za jeden z nejagresivnějších invazivních vodních druhů její Ppůvodní areál byl v pontokaspické oblasti, tj. oblast od severního pobřeží Černého moře až k pobřeží Kaspického moře. Slávička měla dispozice šířit se směrem na sever a západ do Evropy (Uvíra et al., 2009).

Obrázek 3. Šíření druhu slávičky mnohotvárné v Evropě (Minchin et al. 2002)

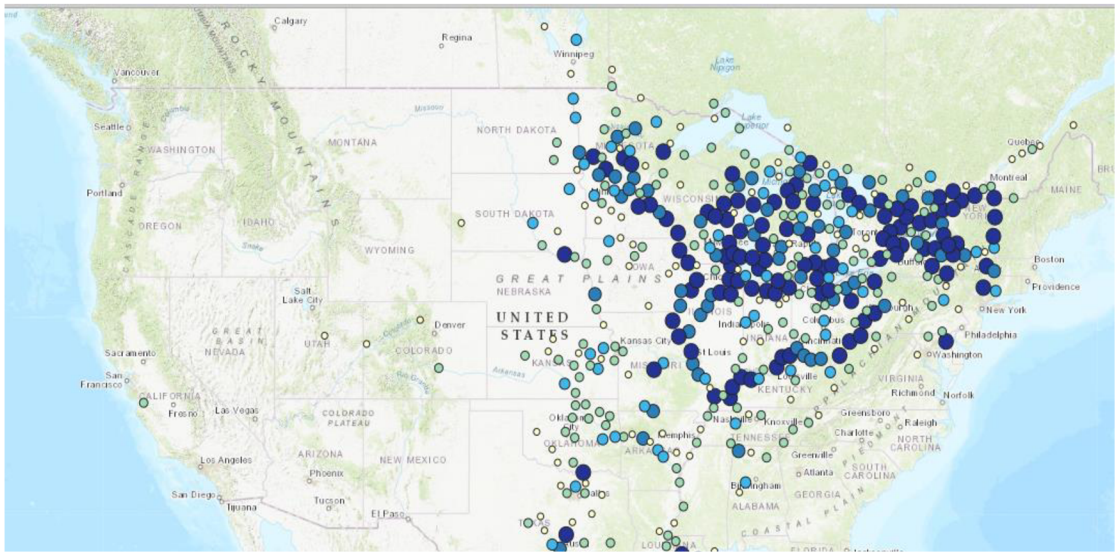
Šíření tohoto druhu nebylo přirozené a velmi mu dopomohla globalizace a lidské aktivity. Jako jeden z hlavních zdrojů invaze nepůvodního druhu do evropských toků byla lodní doprava, vybudování kanálu a propojení velkých evropských řek. Lodní doprava tím nabrala na intenzitě a způsobila rozšíření slávičky do větší části Evropy (Van der Velde et al. 2002).

Problematika rozšíření slávičky je řešena i v zemích sousedících s Českou republikou. Na Slovensku, na vodním toku Váh je provozována VE Kráľová nad Váhom, kde byl výskyt potvrzen v roce 2020. Problém výskytu se potvrdil při hrazení, kdy tento bezpečnostní prvek dosedl na metrovou vrstvu lastur a neplnil tak svojí funkci (Dušička et al. 2007). Pět let před tímto nálezem byl na VE Nosice, také při hrazení stroje, zaznamenán nález těchto mlžů. Na slovenských vodních elektrárnách se k omezení přisedací schopnost slávičky využívá tzv. *antifoulingových nátěrů*. Nátěrové látky vytvoří povrch natolik hladký a slávička se nedokáže přichytit. To zobrazují srovnávací obrázky před a po hradící tabule z VE Nosice.

Obrázek 4: Aplikace antifoulingového nátěru na hradící Zdroj: Ježík (2014)

V letech 2001 až 2003 probíhaly v Anglii rozsáhlé průzkumy mnoha lokalit vodárenských zařízení. Z těchto průzkumů vyšlo najevo, že slávička zanáší nárusty zejména přívody surové vody do vodárenských technologii. V analyzovaných lokalitách, kde se přestala používat chemická úprava vody, byly nálezy slávičky vysoké a proto se z potrubí během oprav odstaňují stovky tun drůz (Elliott et al. 2007). Lze tedy předpokládat, že v oblastech kde dochází k chemické úpravě vody není výskyt slávičky tak výrazný.

Aktuálně se tento vodní mlž vyskytuje nejen v Evropě, ale proniká až do západní části Asie a výrazně rozšířený je i v Severní Americe, kde vláda na odstraňování populace invazivního mlže vynakládá desítky milionu dolarů



Obrázek 5: Výskyt slávičky na území USA Zdroj: USGS, 2023

ročně (Beran, 2018). V období 80. a 90. let 20. století, se na trupech zaoceánských lodí dostala slávička na území Velkých jezer v Severní Americe

Na vodním díle *Parker Dam*, které je označováno nejhlubší přehradou na světě, bylo aplikováno nové a vysoce účinné řešení, které prakticky eliminovalo invazivní druhy z chladicích systémů. (Pichlová, 2004).

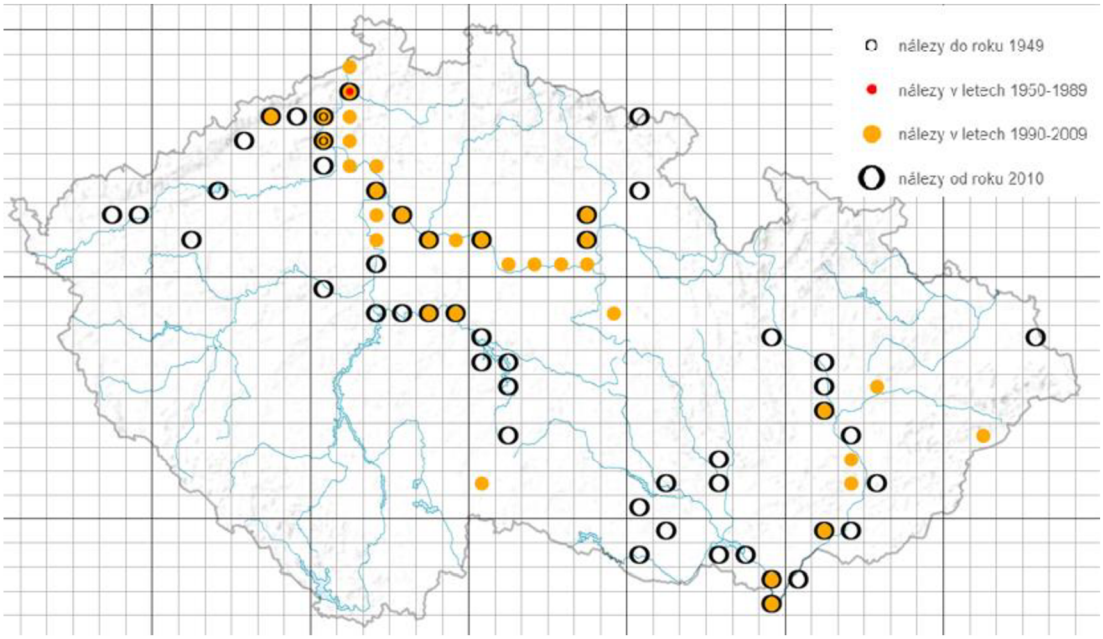
3.4.3 Výskyt slávičky mnohotvárné v ČR

Během jednoduchého průzkumu sledovaných oblastí byl zjištěn při sběru po březích toků hojný výskyt prázdných lastur a živí jedinci byli zjištěni na lehko dostupných místech přichycené v koloniích (Uvíra et al., 2016).

Dostupnými místy pro sledování výskytu slávičky na území ČR se stávají i břehy sledované lokality. Z důvodu kolísání vodní hladiny dochází k odkrytí kamenů na březích sledované lokality a předmětů osídlené lasturami (Pfleger, 1988).

Na tohoto malého mlže můžeme narazit v klidných vodách řek a stojatých vodách, ale vyhýbá se rybníkům s velkou eutrofizací (Beran, 2022). Je to nepůvodní a invazivní druh a v ČR není zahrnut do ohrožených a chráněných druhů (Pfleger, 1988).

V tomto ohledu je možné zmínit, že výskyt sláviček v lokalitě se může zdát zprvu jako velmi přínosný. Průvodním jevem jejich přítomnosti ve vodním zdroji je totiž zvyšující se čistota vody (Minchin et al., 2002).



Obrázek 6: Výskyt druhu Dreissena polymorpha Zdroj: AOPK ČR, 2023

Mapa na obrázku 7 výše zobrazuje nálezy mlže v různých lokalitách České republiky a časové znázornění od prvního nálezu před rokem 1949 na našem území až do současnosti. Z mapky je zřejmé, že v oblasti Polabí je slávička silně přemnožená a k jejímu šíření zde docházelo nejdříve. Což lze přičíst i splavnění Labe až do Severního moře. Zde dochází k přirozenému šíření vlivem silného proudění řeky Labe (AOPK ČR, 2023). Další výraznou lokalitou výskytu sláviček je oblast řeky Moravy.

Nejnovější nálezy (nálezy od r. 2010) jsou nejčetnějším symbolem na obrázku 7, je tedy zřejmé zrychlení rozmnožování slávičky což můžeme soudit z toho, že se jedná o menší toky, které jsou přítoky velkých řek a proudění vody zde může být rychlejší.mV případě novějších nálezů lokalit výskytu slávičky je zřejmé, že se nejedná jen o lokality velkých řek (odkaz na zdroj obrázku). Místa nálezu slávičky jsou rozptýlena po dalších místech České republiky, ve kterých se nenachází velký vodní tok, např. oblast na pomezí Krkonoš a Broumovské vrchoviny, dále pak v okolí Českého Těšína. Další

významná lokalita výskytu slávičky se nachází na řece Sázavě a vodní nádrži Želivka.

Další lokalitou výskytu sláviček objevenou v poslední době jsou jezera Most a Milada v Ústeckém kraji a zde také v lokalitách v blízkosti uhelných elektráren (zdroj).

3.4.4 Faktory prostředí ovlivňující slávičku mnohotvárnou

Zde platí, že podle Berana (2018) pro vhodné osídlení slávičky na nových místech jsou důležité následující činitele:

- vhodný substrát pro přichycení,
- vhodné fyzikální a chemické parametry vody (např. pH, teplota),
- vhodné životní podmínky (dostatek potravy).

Jako důležitý ukazatel, který ovlivní šíření a počet populací slávičky je vhodný a dostupný substrát pro přichycení (Karatayev et al.1998). Ve vodě se mohou nacházet skalní útvary, kameny a jiné tvrdé předměty, které ty jsou vhodné k jejímu přisednutí. Na vodních dílech jsou zvláště využívané betony a kovy (Berkman et. al. 1998).

Dále je třeba uvést, že teplota vody je fyziologický parametr, který na slávičku rozdílně působí v různých životních etapách. Ovlivňuje její růst a přežívání. Rychlá adaptace tohoto mlže na místní teplotní podmínky může mít za následek šíření i v chladnějším období (Griebeler a Seitz 2007).

Zároveň platí, že chemický parametr pH má značný vliv na přežití sláviček v dané lokalitě. Při realizaci testování v laboratořích, byla stanovena hranice pH, při které docházelo ke 100% mortalitě jedinců. Tato kritická hranice byla stanovena na hodnotu nižší než pH 7,3 (Sprung 1991).

Naopak biologickým faktorem je zdroj potravy. Slávička je filtrátor, který zachycuje v proudění vody potravní částice žaberními řasinkami a posune zachycené planktonní larvy k ústnímu otvoru. (Strayer et al. 1996). K obohacení vody o živiny a rozvoj planktonu souvisí s budováním čistíren odpadních vod na tocích (Ježík 2010).

K rozmnožování a dobrému prospívání potřebují malé množstvíkyslíku. Proto je výskyt nejčastěji ve stojatých vodách. Toto se netýká vybrané lokality, kde se voda okysličuj promícháváním vody při přečerpání (Beran, 2018).

Pravděpodobnost osídlení slávičkou v rámci vodních elektráren zobrazuje tabulka 1 níže. Při vyhodnocení těchto fyzikálně-chemických faktorů lze určit možné riziko zavlečení tohoto invazivního druhu do sledované lokality. Mohou se určit preventivní opatření. Při velmi nízkém riziku je v dané lokalitě a blízkém okolí doporučen monitoring parametrů vody. Se zvyšujícím se rizikem je za potřebí součinnost s odborníky, pravidelné kontroly parametrů vody a v případě potvrzeného výskytu poučit stav a vyhodnotit aktuální problém. Monitorování a prevence může zabránit ekonomickým ztrátám.

Tabulka 1 Pravděpodobnost osídlení slávičkou v závislosti na faktory vodního prostředí (vlastní zpracování autora dle Inci et al., 2004)

Pravděpodobnost osídlení slávičkou / Faktory vodního prostředí	Vysoká	Střední	Nízká	Velmi nízká
Rychlost proudění [m/s]	0,5-0,7	0,7-1	1-2,2	>2,2
Teplota [°C]	17-25	25-27	15-17	<15>27
Hloubka [m]	2 až 14	1 až 2	méně než 1	na hladině
pH	7,4-8,5	8,5-9	6,5-7	<6,5
Ohrožené zařízení VE	Chladící systémy, česle, šachty	Přivaděče	Stavidla (hrazení)	Potrubní systémy

3.4.5 Prevence proti výskytu

Následující kapitola se věnuje preventivním opatřením, která by mohla pomoci předcházet rychlému osidlování nových lokalit.

Preventivní opatření jsou lépe proveditelná v uzavřených systémech a na dobře dostupných místech. Na velké ploše o velkém objemu vody je veškerá možná aplikace opatření proti šíření obtížná. Jako opatření v nárůstu populace je možné teplou vodou odstranit přítomnost planktonu coby zdroj potravy pro slávičky nebo použitím UV záření. Dále se doporučuje zvýšení rychlosti proudění vody nad 2 m/s (nemožnost přisednutí), toto je opět limitováno na uzavřené systémy (Conelly et al. 2007).

Proti dalšímu šíření na nové lokality by mohla dopomoci osvěta provozovatelů lodí a rybářů, například vyvěšení letákových materiálů. Při velkých opravách a generálních opravách vodních děl, kdy je pro práce hladina snížena, je vhodné využít antifoulingové nátěry proti uchycení mlžů. Tyto nátěry, ale mohou vlivem proudění vody slábnout a budou se muset obnovovat (Kilgour a Mackie 1993).

V závěru této podkapitoly je možné uvést, že u některých technologických zařízení VE se dá jednoduše a téměř bez dopadu do ekonomiky provozů použít vysoušení anebo vymrzání. To spočívá ve vytažení například hradících tabulí na vzduch. Po dobu 2 až 5 dnů působí okolní teplota a vzduch jako karanténa a lastury uschnou nebo vymrznou (Kilgour a Mackie 1993).

4 Dopady výskytu slávičky mnohotvárné na vodní elektrárny

Vzhledem ke skutečnostem, které byly zmíněny v předchozích kapitolách této práce lze konstatovat, že přítomnost slávičky v jakékoli lokalitě může být kvalifikována jako značný enviromentální, technický, ale i následný finanční problém.

Časový horizont, za který dokáže slávička zvětšit svůj nárůst až desetinásobně je poměrně rychlý (Karatayev et al., 1997). Tyto nárůsty představují problém pro bezpečný provoz vodních elektráren. Kolonie blokují spolehlivé proudění vody, snižují hydrologickou kapacitu technologie a ohrožují bezpečný chod a provoz (Bobat, 2004).

Nárůsty kolonií v chladící technologii a následné přicpání potrubí by mohlo způsobit přehřátí turbogenerátoru a havarijní odstavení chodu celé elektrárny. Beran (2018) říká, že jako další problém pro vodní elektrárny jsou nárůsty kolonií sláviček v hradícím systému a omezení spolehlivého používání hradítek.

Tento systém slouží k omezení průtoku vody do technologie elektrárny anebo k bezprostřednímu odstavení elektrárny – bezpečnostní/havarijní prvek. Hradící tabule může mít hmotnost i několik tun a při hrazení se může stát, že nedosedne na dosedací práh díky nahromadění lastur. V ohrožení jsou jak betonové konstrukce vodního díla, tak i kovové prvky (Bobat, 2004).

Z výše uvedeného lze konstatovat, že slávičky mnohotvárné způsobují vodním elektrárnám závažné technické a ekonomické problémy, které výrazně ovlivňují jejich provozní efektivitu i dlouhodobou udržitelnost. Jejich přítomnost vede k narušení normálního průtoku vody, což omezuje výkon turbín a přímo snižuje množství vyrobené energie. Dochází tak k energetickým ztrátám, které mohou být v extrémních případech provázeny úplným zastavením provozu elektrárny.

Jak již bylo uvedeno, tak ucpávání sacích kanálů a potrubí slávičkami je jedním z nejčastějších problémů, se kterými se vodní elektrárny potýkají.

Kromě toho jsou při vyšších hustotách sláviček usazeniny schopny narušit funkčnost filtračních zařízení, která jsou klíčová pro udržení čistoty vody.

Vzhledem ke skutečnosti, že odstraňování vykazuje vysoké náklady, jsou ekonomické dopady tohoto problému velmi výrazné. Ty náklady zahrnují manuální čištění, chemické ošetření a někdy i pořízení a instalaci nových speciálních zařízení, která mají zabránit jejich dalšímu šíření.

Zde platí, že frekvence výše uvedených zásahů závisí na míře zasažení, přičemž silně zasažené elektrárny mohou vyžadovat i několik údržeb ročně. To následně zvyšuje provozní náklady. Častě jsou také odstávky, které mají negativní dopad na spolehlivost dodávek elektrické energie a mohou způsobovat další ekonomické ztráty. Náklady na údržbu vodních elektráren kvůli výskytu slávičky mnohotvárné mohou být výrazně vyšší, než v lokalitách, ve kterých mlž nebyl nalezen. Přesné zvýšení nákladů závisí na několika faktorech, včetně velikosti elektrárny, rozsahu zamoření a frekvence údržby. Obecně se však odhaduje, že náklady na údržbu mohou vzrůst o desítky až stovky procent. Například v některých případech může být nutné provádět častější čištění a údržbu potrubí a filtrů, což může vést k výraznému zvýšení provozních nákladů. Navíc, pokud dojde k ucpání nebo poškození zařízení, mohou být náklady na opravy velmi vysoké. Náklady na pravidelné čištění potrubí a filtrů dosahují až několika milionů korun ročně, v závislosti na četnosti čištění a rozsahu zamoření.

Dalším problémem spojeným s přítomností sláviček je jejich vliv na chladicí systémy vodních elektráren. Tyto systémy, které využívají okolní vodu k chlazení klíčových částí elektrárny, jsou zvláště citlivé na změny v chemickém a biologickém složení vody.

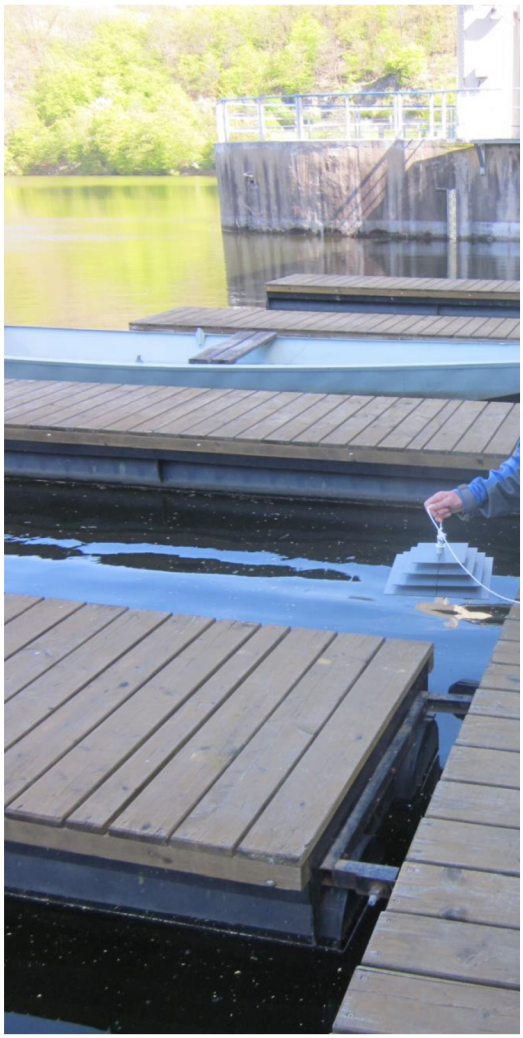
Přemnožení sláviček v blízkosti vodních elektráren také představuje výrazné ekologické riziko. Intenzivní filtrace vody těmito mlži vede ke změně trofických podmínek v okolních ekosystémech, což může způsobit úbytek některých druhů planktonu a dalších organismů. Tyto změny mohou ovlivnit širší potravní řetězec a narušit biologickou rozmanitost vodních systémů, což má nepřímý dopad na kvalitu vody používané elektrárnami.

4.1 Monitoring

Nejlepší metodou v rámci preventivních opatření proti výskytu slávičky je pravidelný monitoring.

Vzhledem ke stavbě těla, velikosti a zbarvení slávičky může při jejím rozšíření do nové lokality uniknout pozornosti, což může vést k riziku masového nárustu slávičky v nové lokalitě.

Již od roku 2015 Skupina ČEZ úzce spolupracuje s Univerzitou Palackého v Olomouci za účelem monitorování, včasného odhalení a snižování výskytu slávičky mnohotvárné ve vodních nádržích, kde ČEZ provozuje svá zařízení. Ze začátku výskytu uniká slávička pozornosti, ale pak je odhalení masového nárůstu velice neočekávané.



Obrázek 7: Umístění substrátového vzorkovače pro monitoring Zdroj: Čtyroká, 2019

Monitoring na VN Mohelno probíhá od roku 2016. Na této nádrži z výsledků stanovení optimálních chemických vlastností vody bylo osídlení velice pravděpodobné. Od roku 2019 byl zaznamenám již výrazný výskyt ve VN Mohelno, z čehož plyne, že velmi rychlý rozvoj slávičky dokazuje vhodné podmínky, které tato vodní nádrž pro další výskyt sledované slávičky nabízí. Vzhledem k ohrožení technologických zařízení VE je na této lokalitě již aplikována metoda k odstranění populace slávičky mnohotvárné, což diplomová práce v dalších částech bere v potaz.

5 Metodika

Pro zpracování praktické části práce byla použita poskytnutá data a praktické zkušenosti zaměstnanců společnosti ČEZ a.s., a organizační jednotky vodní elektrárny. Problém v podobě ohrožení invazivním druhem mlže, který byl popsán v teoretické části práce, je diskutován se zaměstnanci elektrárny Mohelno a s dalšími kolegy, zaměstnanci společnosti ČEZ, a.s.

V praktické části práce je provedena analýza dvou metod, využívaných k zabránění šíření slávičky mnohotvárné. První metodou je mechanické odstraňování a druhou analyzovanou metodou pak o použití UV lampy.

Naplnění cíle práce je dosaženo prostřednictvím zpracování dílčích úkolů:

- zpracování literární rešerše" v rámci, něhož je uveden přehled legislativních předpisů, týkajících s problematiky vodních děl, charakteristika vodních elektráren a konkrétně pak i VD Dalešice.
- Definování charakteristických znaků slávičky mnohotvárné, jejího invazního rozšíření a faktorů, ovlivňujících životní cyklus slávičky,
- Zhodnocení dopadů výskytu sláviček na vodní elektrárny obecně, tak i v konkrétním případě na vyhodnocení nálezu slávičky ve vodní elektrárně Mohelno.

Ověření účinnosti metod, které jsou využívány při eliminaci slávičky obecné v potrubí zařízení a možném poškození chlazení výrobního zařízení.

Výskyt zástupců slávičky mnohotvárné byl monitorován v různých lokalitách, kde ČEZ, a.s. provozuje vodní elektrárny. Na vodním toku Vltava byla vytipována místa, která se jevila jako nejvhodnější pro monitoring. Dle dřívějšího potvrzeného nálezu (r. 2016) a dokladu o rozmnožování, se ukázala být jako nejvhodnější vodní nádrž Slapy. V hloubce 1-4 metrů byly nalezeny vícegenerační populace (Uvíra et al. 2016). Na lokalitě Slapy je popisován preventivní způsob k zjištění stavu a probíhá kontinuální monitoring výskytu. Zde nebyla zapotřebí prozatím žádná metoda k zabránění k rozmnožování do technologie VE.

5.1 Měření průtoku

Za účelem získání dat využitých pro zpracování této práce, byla provedena měření průtoku v potrubí na elektrárně Mohelno. Měřilo se na přívodním potrubí a při měření byla turbína v provozu. Použit byl ultrazvukový měřící přístroj TransPort PT878 (obrázek 17 níže), který využívá dvojici převodníků fungujících jako vysílače a přijímače signálu. Po namontování na potrubí se naváže akustická komunikace, umožňující vzájemný přenos ultrazvukových signálů. Každý snímač střídavě vysílá a přijímá akustické pulzy, přičemž byl měřen časový interval mezi přenosem a příjmem signálů v obou směrech. Snímač má funkci vysílače a zároveň přijímače. Vysílá akustické pulzy a přijímá stejný počet pulzů. Měření průtoku proběhlo na turbínách TG5 a TG6 dne 16.10.2020 mezi 12:00 a 13:00 hod. Pro měření průtoku chladící vody na VE Mohelno byly v provozu obě turbínová soustrojí. Potrubí je vyrobené z nerezové oceli, jak je patrné na obrázku 8.

Obrázek 8 Umístění snímače průtoku na chladícím potrubí

5.2 Metoda UV

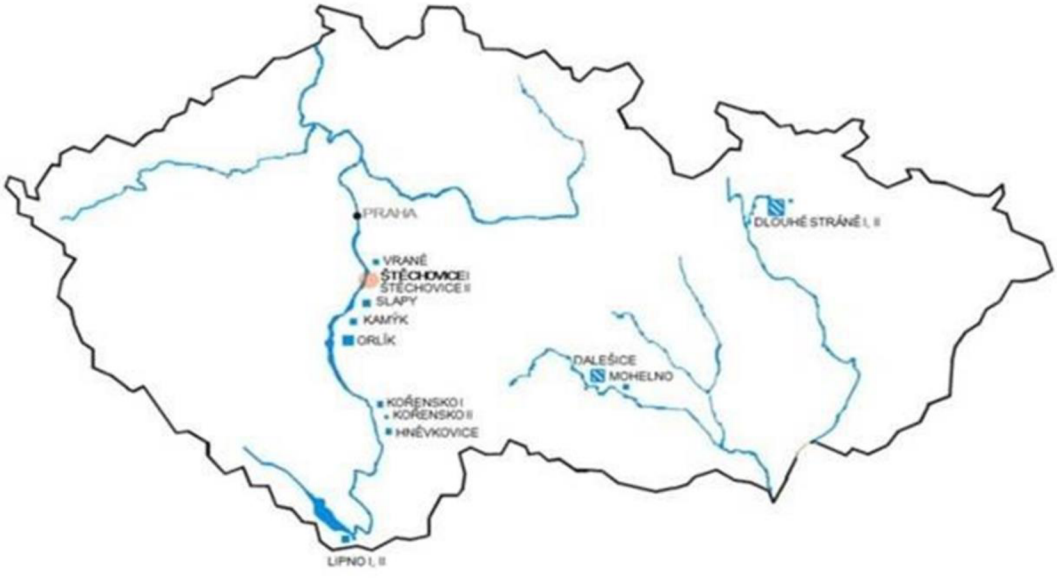
UV lampy s vysokou intenzitou poskytují UV záření v dávkách dostatečně silných na to, aby eliminovaly makro a mikro vodní invazivní druhy, patogeny, bakterie, viry, houby a další mikroorganismy přítomné ve vodě. Ultrafialové záření je nejúčinnější při ničení mikroorganismů a má nejvyšší baktericidní účinky. UV technologie účinně zabraňuje usazování sláviček a snížení jejich počtu. Mezi výhody patří inhibice invazivních druhů, nekorozivní řešení, ekologické řešení bez chemikálií, inovativní přístup a automatický provoz. Další výhodu je, že do chladícího systému putuje voda, která je již bez možných škodlivin. UV systém na elektrárně Mohelno je ze dvou hlavních částí. Komory UV reaktoru, přes kterou prochází voda a řídící jednotky. UV systém je potřeba často udržovat, je vyroben z křemenné trubice a pravidelná údržba prodlužuje provozuschopnost (Místní provozní předpis, 2023).

5.3 Hodnota pH

Na měření složení vody v nádrži Mohelno byla použitá jednoduchá a levná varianta pomocí papírku. Papírek se ponoří na několik sekund do vody a po vyjmutí se ihned porovnává s barevnou škálou na přiloženém obalu. Podle změny barvy se určí na barevné škále hodnota pH, vápníku, a další jiné parametry.

6 Charakteristika vybraného území

Pro zpracování této práce byly vybrány dvě odlišné lokality. Jedná se o lokalitu přečerpávací vodní nádrže Dalešice společně s vodní nádrží Mohelno, které nachází na řece Jihlavě v kraji Vysočina. Jako druhá lokalita byla vybrána pro porovnaní vodní nádrž Slapy, která se rozprostírá na řece Vltavě a je součástí tzv. Vltavské kaskády.

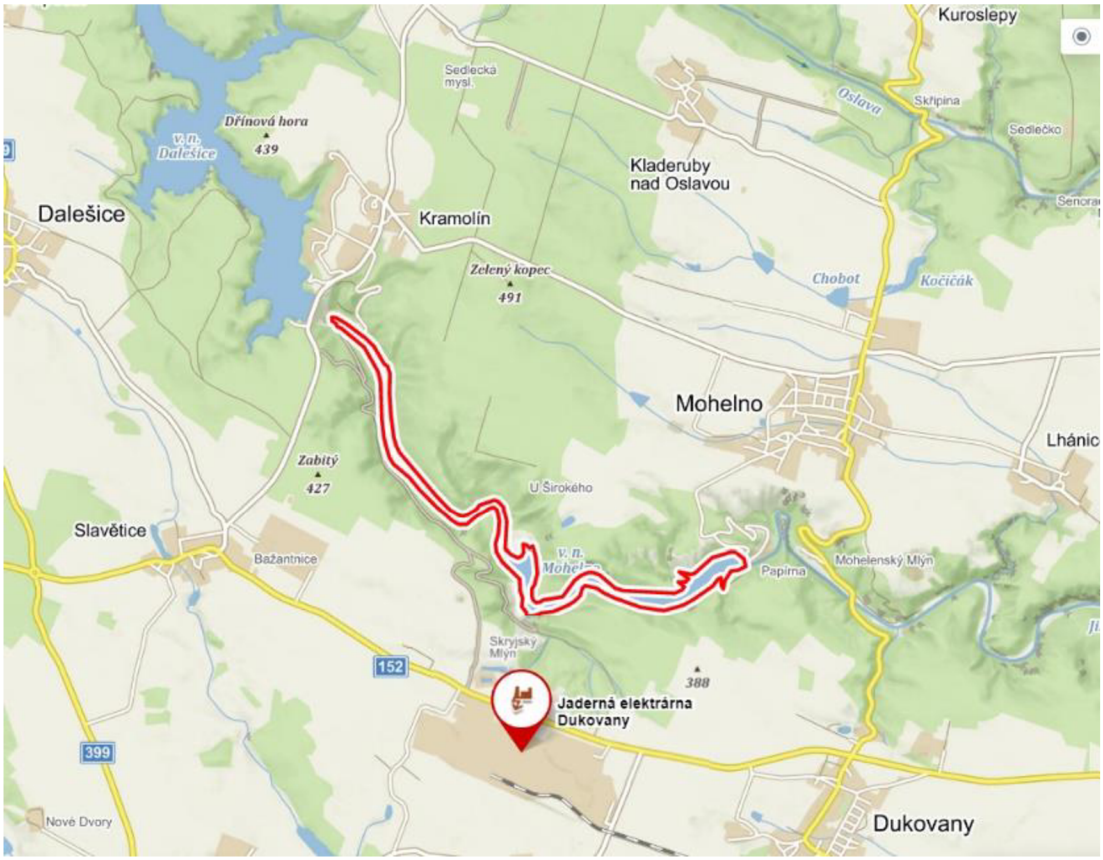


Obrázek 9 Umístění vybraných lokalit VN na vodních tocích v ČR (ČEZ, 2018)

6.1 Vodní díla Dalešice a Mohelno

Vodní dílo Dalešice bylo vybudováno v letech 1970 až 1978 na vodním toku Jihlava, kdy hráz se nacházív ř. km 87,5 až 59,2. Jeho hlavním účelem je až do dnešního dne zajištění technologické vody pro Jadernou elektrárnu Dukovany, což tato práce již částečně nastínila. Kromě toho plní i další funkce, jako je regulace průtoku řeky Jihlavy, zaměřuje se také na ochranu před povodněmi a výrobu elektrické energie (ČEZ, 2024).

Hlavní částí vodního díla je nádrž Dalešice s objemem 127 milionů m³. Tato nádrž je doplněna vyrovnávací nádrží Mohelno o objemu 17,1 milionů m³. Dalešická nádrž pomáhá tlumit povodňové špičky a udržuje průtok řeky v suchých obdobích. Využívá se také k rekreačním účelům, chovu ryb a zlepšení kvality vody. Pod vyrovnávací nádrží Mohelno se díky kvalitní vodě vyskytují raci a pstruzi (ČEZ, 2024).



Obrázek 10: VN Dalešice a Mohelno v blízkosti JE Dukovan Zdroj: Mapy.cz, vlastní zpracování (2024)

Hráz nádrže je sypaná rokfilová konstrukce s jílovým těsněním. Je vysoká 100 metrů a umožňuje převádění velkých vod a vypouštění nádrže. K elektrárně vede čtveřice ocelových potrubí, která přivádějí vodu na turbíny. Hlavní části elektrárny a rozvodna se nacházejí přímo u paty hráze. Po generálních opravách turbosoustrojí dosahuje elektrárna celkového výkonu 480 MW. Součástí zařízení jsou synchronní generátory s obousměrným točením a transformátory, které přeměňují napětí na hodnotu 420 kV a i díky tomu je vodní dílo Dalešice významnou součástí českého energetického systému i celkového mixu (ČEZ, 2024).

Vodní dílo zahrnuje přečerpávací vodní elektrárnu Dalešice a průtočnou elektrárnu Mohelno. Elektrárna Dalešice má instalovaný výkon 475 MW. Hlavními prvky této elektrárny jsou čtyři soustrojí s turbínami Francis, která pracují s převýšením 90 metrů. Elektrárna je schopná dosáhnout plného výkonu do 60 sekund, což je zásadní pro regulaci výkonu energetické sítě. Zároveň slouží jako rezerva při energetických výpadcích, což její účel a smysl ještě umocňuje (ČEZ, 2024).

V rámci plánování v oblasti vod byly vodní nádrže v České republice klasifikovány jako silně ovlivněné útvary povrchových vod s cílem dosáhnout dobrého ekologického potenciálu. Ekologický potenciál vodní nádrže Dalešice a Mohelno byl vyhodnocen jako zničený. Největší překážkou pro dosažení lepšího stavu je pravidelné kolísání hladiny vody způsobené provozem přečerpávací elektrárny. To vede k pravidelnému obnažování břehů, které se v denním režimu může pohybovat až o 3 metry a v ročním režimu i více, v závislosti na množství srážek (ČEZ, 2024).

Nádrž, spolu s údolní nádrží Mohelno, slouží také k zajištění minimálního průtoku v řece Jihlavě. V obdobích bez srážek proto dochází k poklesu celkového objemu vody v nádrži a tím i hladiny. Kolísání hladiny způsobuje, že v nádrži zcela chybí litorální vegetace a společenstva, která jsou v přirozených nádržích biologicky nejhodnotnější. To také ztěžuje tření většiny druhů ryb (pravděpodobně se třou v přítoku) a znemožňuje hnízdění vodních ptáků (ČEZ, 2024).

Vzhledem ke skutečnosti, že tato nádrž byla primárně vybudována za účelem pravidelného kolísaní hladiny, není možné tento negativní vliv na ekosystém nádrže odstranit. V tomto ohledu totiž platí, že vodní dílo Dalešice je vodním dílem s významnými vodohospodářskými užitky. Podstatně ovlivňuje a zásadně mění režim hospodaření s vodou na řece Jihlavě. Optimální vodohospodářské užitky tohoto díla jsou umožněny nejen vlastní stavbou obou nádrží tvořících Vodní dílo Dalešice, ale také hospodaření s vodou v celém povodí řeky Jihlavy. Svými retenčními účinky výrazně ovlivňuje průběh povodní na řece Jihlavě. Manipulace s vodou v nádržích musí být prováděna v součinnosti s ostatními nádržemi v celém povodí řeky Dyje nad soutokem s řekou Moravou (ČEZ, 2024).

Technologické zařízení vodní elektrárny Mohelno je navrženo za účelem energetického využití nutných průtoků korytem řeky Jihlavy pod přehradou a spádu získaného potřebným vzdutím hladiny v přehradní nádrži – ve vyrovnávací nádrži pod PVE Dalešice (ČEZ, 2024).

Vodní elektrárna umístěna v tělese hráze je tvořená Kaplanovou turbínou o výkonu 1,2 MW a Francisovou turbínou s deklarovaných výkonem ,6 MW Turbína je v trvalém provozu s ohledem na zajištění průtoku v řece Jihlavě. Pouze v době poruchy turbíny nebo údržby je průtok nahrazen automaticky otevíranou výpustí (ČEZ, 2024).

Jak již bylo řečeno v rámci předchozích částí práce je VE Mohelno součástí vodního díla Dalešice a slouží zejména k vyrovnání odtoku právě z přečerpávací vodní elektrárny Dalešice. Zajišťuje odběr chladící vody pro nedalekou jadernou elektrárnu Dukovany, což masivně zvyšuje její význam (ČEZ, 2024).

Dalším účelem vybudování nádrže je protipovodňová ochrana lokality a odběr vody pro závlahy a pro průmyslové objekty v blízkosti této nádrže. Oproti vodnímu dílu Dalešice není vodní nádrž Mohelno využívána k rekreaci ani k rekreační plavbě (ČEZ, 2024).

Obrázek 11: VN Mohelno v roce 2018 Zdroj: ČEZ, 2018

Zároveň je možné uvést, že dle manipulačního řádu vodního díla Mohelno je hráz zařazena do I. kategorie technickobezpečnostního dohledu z pohledu zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly.

Víceúčelová nádrž zajišťuje (podle platného rozhodnutí Okresního národního výboru Třebíč ze dne 17.12.1973 č.j. vod 3780/1973-405) tyto účely:

- energetické účely spočívající ve využití vodní energie prostřednictvím přečerpací vodní elektrárny k výrobě elektrické energie pro potřeby špičkového zatížení,
- vodohospodářské účely spočívající v zajištění 1,0 m3.s-1 nenávratné vody pro jadernou elektrárnu Dukovany, v zásobení průmyslu vodou, v zajištění vody pro 10 000 ha závlah, zlepšení hygienických poměrů na toku, v ochraně před povodněmi, v obecné všeužitečnosti (rekreace, rybářství apod.).

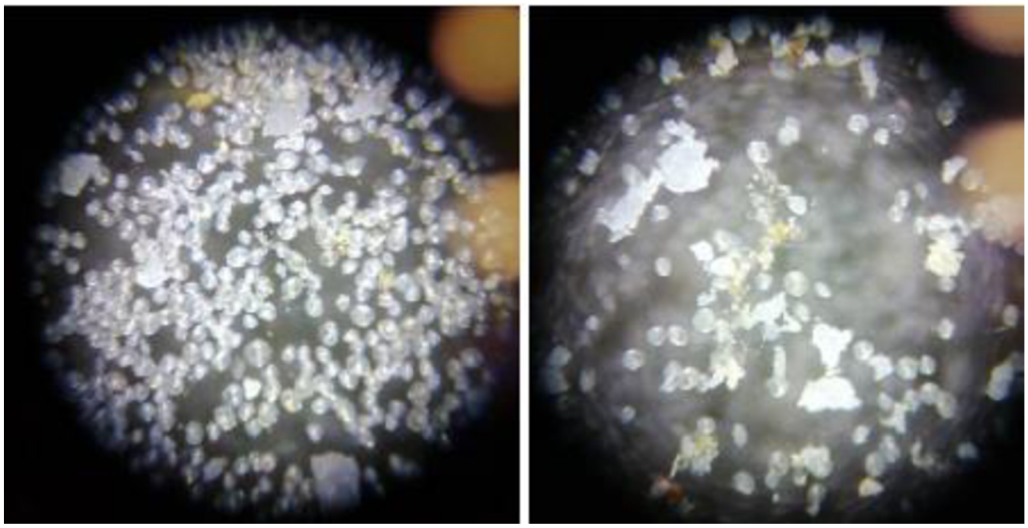
Obrázek 12 Hráz VN Mohelno (vlastní foto autora)

Vtok do přivaděčů této elektrárny je z blízkosti hladiny. Voda se zde promíchává při přečerpávání a odstává se do ní dostatek kyslíku pro životaschopnost slávičky (ČEZ, 2024).

7 Výsledky

Na lokalitě Mohelno se pro vzorkování a určení výskytu využilo přímo na technologii chlazení. Po demontáži potrubí a filtrů technologie byly očištěny nánosy přisedlých sláviček a bylo zřejmé, kolik se jich dostane do útroby elektrárny, jak moc se jí daří v rozmnožování a růstu. Jedinci sláviček byli zachyceny na filtru s propustností 100 μm. Tato hustota filtru je nedostačující pro malé larvy. Filtrem projde asi 25 % živých veligerů (obrázek č.11). Na první pohled je zřejmé, že přes filtry prošlo větší množství veligerů. Následně může dojít postupu do dalších částí technologie a nekontrolovatelnému růstu. To, co bylo zachyceno flitrem, byly již starší populace a torza rozbitých škeblí.

Další problém se objevil ve zhoršení kvality hygieny pracovního prostředí. V letních měsících docházelo ke vzniku hnilobných procesů rozkladem schránek měkkýšů. Silný zápach s obsahem sirovodíku byl cítit ve spodních patrech VE Mohelno.



Obrázek 13 Porovnání výskytu veligerů před a za filtrem (Uvíra, 2020)

7.1 Pravděpodobnost osídlení lokality Mohelno

Vodní nádrž Mohelno slouží mimo jiné jako zásobárna chladící vody pro JE Dukovany. Zároveň se do toku vrací odpadní voda. Ta je svedena do malé VN. V té byla slávička objevena již v roce 2011 (Uvíra et al. 2016).

Naměřené hodnoty pH v nádrži Mohelno a na toku Jihlava se blíží pH 8 - mírně zásadité. Na stupnici pH, která se pohybuje od 0 do 14, je hodnota 7 neutrální (tj. čistá voda). Hodnoty pod 7 jsou kyselé a hodnoty nad 7 jsou zásadité. Na testovacím papírku byla měřená koncentrace vápníků. Tyto dva chemické parametry vody jsou důležité pro životní cyklus slávičky. Vápník slávička potřebuje pro tvorbu schránky a hodnota pH má vliv na samotné přežití v lokalitě. Koncentrace vápníku se přibližovala k 40 mg/l. Slávička má tedy ideální prostředí, co se týče v koncentraci vápníku a pH vody.

7.2 Ověření účinnosti filtrů v eliminaci slávičky mnohotvárné

Na technologii chladící vody elektrárny byly nainstalovány unikátní štěrbinové filtry HYDAC. Ty měly zabránit pronikání larev slávičky mnohotvárné do systému chladící vody VE Mohelno.

Současná verze bubnového filtru (obrázek 16 níže) pracuje s filtrací o velikosti 1 mm. Z provozního hlediska je toto řešení dostatečně robustní, avšak pro slávičky, které mohou systémem volně proplout, je nedostatečné. Minimální bezpečná hodnota filtrace je pro zabránění průchodu larev sláviček mnohotvárných pod 100 µm. Takto jemná filtrace při požadovaném průtoku je téměř nereálná. V potrubí však mohou zůstat lokální oblasti, kde dochází ke zpomalení rychlosti proudu vody, což může být označeno za potenciálně kritické místo pro vznik kolonie slávičky mnohotvárné.

Po vyhodnocení všech rizik ohrožující elektrárnu bylo rozhodnuto pro umístění filtrů. Tyto filtry jsou primárně určeny pro hrubé nečistoty ze surové vody a předpokládalo se, že slávička se nedostane dál do technologie. Filtr je vybaven automatickým zpětným proplachem a s filtračními elementy se štěrbinami 100 µm a 50 µm. U obou velikostí filtračních elementů dochází jen k částečnému zachycení raných vývojových stádií slávičky.

Provozní personál musel provádět dodatečné ruční čištění i přes samočistící funkci filtru v měsíční periodě. To spočívalo v odstranění přisedlých stádii slávičky. Zanášení filtrů bylo tak moc neefektivní a zachytávalo se na něm mimo nečistot i mnoho lastur slávičky (obrázek č. 16). To mělo za následek ještě rychlejší zanesení tubusu filtru a tím pádem častý zásah obsluhy.

Obrázek 14 Nálezy slávičky na VE Mohelno – zanesené filtry Hydac (Čtyroká ©2019)

7.3 Naměřené hodnoty průtoku

Naměřené hodnoty rychlosti proudění jsou nižší než hodnoty, které by omezovaly možnost přisednutí slávičky na povrch potrubí. To znamená, že proudění je tak malé a slávičky osídlí stěny potrubí, což může mít vliv na jeho provozní efektivitu a vyžaduje pravidelnou údržbu a čištění, aby se zabránilo případným problémům s průtokem v systému chladící vody.

Tabulka 2 Naměřené hodnoty proudění

Naměřený průtok	Rychlost proudění
2,1 l/s	0,40 m/s

7.4 Parametry UV lampy

Před instalací UV lampy (modelové označení UVM 25-6) od firmy EVOQUA byly za filtry chladící vody objeveny jedinci slávičky. Takže se stávalo v testovaném období, že za filtry se nacházeli i dvouleté lastury, ale ne v takové míře jako před lampou. Tyto jedinci byli zachyceny na potrubí před instalací. Nasazená UV lampa se testovala v různých intenzitách provozního rozsahu (30, 50, 80 a 100 %). Provozování na nižší výkon prodlouží životnost lampy, ale při nastavení lampy na nižší intenzitu bylo v technologii za ní nalezeno velký počet přeživších a patrně méně inhibovaných jedinců larev. Bylo tedy vypozorováno, že je nutné provozovat lampu v plném provozním rozsahu na 100 % intenzitu a po dobu zhruba 7 měsíců v roce.

Tabulka 3 Parametry UV lampy (vlastní zpracování autora)

Parametr	Hodnota
Průtok	280 l/min
Průtokové množství	Pouze při provozu turbín, průtok v potrubí je dán momentální výškou hladiny v nádrži
Průměr potrubí	DN 90 mm
Vstupní tlak	Max: 3,6 bar, Min: 2,2 bar
Charakter vstupního znečištění	Filtrované médium je říční voda, cca 10-15 °C, z vodní nádrže s předzdrží (k období se zvýšeným zákalem dochází minimálně)

7.5 Počty provozních zásahů

Na základě předaných zkušeností od provozních zaměstnanců jsou v tabulce uvedeny počty manuálních zásahů na VE Mohelno. V běžném provozu, před detekcí výskytu slávičky bylo čištění technologie prováděno jedenkrát za rok z preventivních důvodu během odstávky elektrárny.

Množství odstraněných lastur se lišil v daném období a s narůstající teplotou. Jako měrná jednotka byla použita 10 litrová nádoba. Manuální odstraňování je prováděno na potrubí o vnitřním průměru 10 cm a v celkové délce do 10 metrů. Teplota je v daném období uvedena v rozsahu jednotlivých naměřených hodnot během daného kalendářního měsíce. Každodenní údaje jsou zaznamenávány a přeneseny do tabulky z provozního deníku na elektrárně. V ročním období, kdy fyzikální hodnota vody přesahovala 10 °C, se musel ruční zásah provádět minimálně jednou měsíčně. To obsahovalo rozebrání filtrů a nástrojem v podobě kartáče odstranit přisedlé lastury.

Dle MPP řádu je běžné pracovní nasazení v pracovní dny v jedné ranní směně jedním pracovníkem. To znamená, že bylo zapotřebí pomoci provozních pracovníku z lokality Dalešice a nárůst odpracovaných člověkohodin. Důležitá je bezpečnost práce a předcházet možnosti zranění

o celkem ostré okraje lastur. Energetici mají OOPP v podobě neprořízntelných rukavic.

Jako ukazatel stupně znečištění slouží sít ve filtrech, kde je umístěn diferenciální manometr. Po nasazení UV lampy se údržba na chlazení, stala téměř zautomatizovaná a bez obslužná. Zaznamenán byl během roku 2022 třikrát ruční provozní zásah. To znamenalo, že jeden člověk, jakožto obsluha elektrárny, musel ručně přes dotykový panel, viz obrázek č. 18 kvitovat znovu spuštění UV lampy.

Obrázek 15 Řídicí panel UV lampy na VE Mohelno (fotografie P. Čanda)

V tabulce 4 níže je zřejmé nakolik se usnadnila obsluha technologie chlazení elektrárny a mechanické zásahy se omezili na minimum. To obnáší zásah energetika v řádech minut ke znovu zprovoznění UV lampy po neočekávaném výpadku. Do budoucna se uvažuje o řízení přes vzdálený řídicí systém a celková náročnost bude tedy nulová.

Tabulka 4 Počty provozních zásahů po zprovoznění UV lampy

Období (rok 2022)	**Počet zásahů [*měsíčně*]**	**Počet zaměstnanců**
Leden	0	0
Únor	0	0
Březen	0	0
Duben	1	1
Květen	0	0
Červen	0	0
Červenec	1	1
Srpen	0	0
Září	0	0
Říjen	0	0
Listopad	1	1
Prosinec	0	0

8 Diskuse

Po zpracování této práce lze konstatovat, že všechny tři výzkumné otázky, které byly definovány v kapitole 2 Cíle práce, byly na základě provedené analýzy dostupných informací a dat týkající se vybrané problematiky, potvrzeny. Níže jsou uvedena zhodnocení zjištěných výsledků.

Před zahájením instalace UV lampy bylo kompletně vyčištěno dostupné potrubí okruhu chlazení technologie elektrárny. Každé zhoršení průtoku vlivem zanesení průřezu potrubí je signalizováno na digitálním průtokoměru. V roce 2022 se rozhodlo pro instalaci UV lampy na technologii EMO. Ta by měla fungovat na principu inhibice larev slávičky a pozdější mortality, což znemožní proces množení a následného růstu populace sledovaného druhu mlže v technologii VE.

Obrázek 16 Instalace UV lampy na VE Mohelno (fotografie P. Čanda)

Účinnost lampy se přepokládá taková, že v následujících letech se nebudou vyskytovat v chladící technologii elektrárny slávičky ve stádiu do 1 cm, tj. mladá stádia. Bohužel, ale s přibývajícími provozními hodinami UV lampy se může projevit i poruchovost a budoucí výměna lampy což není zanedbatelná položka v rozpočtu. Zatím vzhledem ke krátké testovací lhůtě nejsou energetici schopni určit životnost přesně.

Výrobce uvádí i snížení účinnosti při znečištěné vodě, která odráží UV záření. Tento parametr, je ale celkem zanedbatelný, protože kvalita vody a její čistota v hloubších lokalitách odpovídá požadovaným parametrům. Z preventivních důvodu se zahajuje provoz UV lampy, když dosáhne teplota vody v VN 10 °C i když hojnost slávičky začíná s teplejší vodou někde mezi 16-18°C. Častější teplé zimy a celkové oteplování slávičce jenom prospívá.

Jedna z alternativních metod chlazení technologie elektrárny by mohlo být nepřímé chlazení, které by nepoužívalo surovou vodu z říčního toku. Toto omezující řešení lze praktikovat na nejmenších provozech. a bylo by aplikované i u technologie, která odebírá vodu pro chlazení JE Dukovany.

Zkušenosti z lokality Slapy na vodním toku Vltava jsou takové, že pracovníci vodní elektrárny umístili substrátový vzorkovač a během vzorkovací časové periody sledovali přisedání slávičky. Tento druh vzorkovače je pro slávičky ideální z důvodu snadného přichycení na jeho povrch. Vždy po měsíci byl vytažen vzorkovač a zaznamenána struktura a denzita populace. Nejhojnější struktura byla v letních měsících (červen–srpen) a zhruba podobně (září–říjen). Tento výsledek je ukazatelem, že pro rozmnožování slávičky je důležitá teplota vody. Teplota ovlivňuje i velikostní nárust generačních potomků. Výsledky monitoringu / vzorkování a následný rozbor velikostních a generačních stadií slávičky indikuje zvyšující se výskyt, slávičky mnohotvárn na VN Slapy.

I přesto, že se v lokalitě VN Slapy, konkrétně v technologii elektrárny lastury neobjevily, je potřeba vyřešit ochranu proti potenciálnímu nebezpečí výskytu nových kolonií. Toto vhodné opatření následně ochrání přehradní stavbu a zajistí tím bezpečný provoz vodní elektrárny. Slávička v současné době provozní zaměstnance elektrárny Slapy zatím tolik nezatěžuje. Vzhledem k tomu, že vtoky do přivaděčů elektrárny se nacházejí více než 25 metrů pod hladinou, lze konstatovat, že zde kolonie sláviček nebyly nalzeny pravděpodobně z toho důvodu, že tato výrazná hloubka je parametrem pro neschopnost života a rozmnožování slávičky (Uvíra, 2016).

Způsoby přímého zneškodňování ve světě jsou minimální a v ČR vůbec žádné. Odstranit slávičku a nevyhubit vše živé v povodí je celkem obtížné.

Možnosti, jak se zbavit ekologicky invaze slávičky studují na britské Univesity of Cambridge. Vědci vyvinuli částice, které nazývají BioBullets. Jde o malinké kuličky připomínající tvarem a strukturou mikroskopické vodní jedince, jimiž se slávička živí. Kuličky z tuku obsahují směs solí, která slávičku zevnitř rozleptá a částice, které neprojdou přes trávicí ústrojí, se ve vodě rozpustí (Coxworth 2022).

Slávička v některých ohledech umí být i užitečná. Má užasnou filtrační schopnost, která má za následek zlepšení průzračnosti vody. S činností potápěčů se dostává na místa, jako jsou lomy a pískovny. Do několika let se značně voda pročistí i s následkem nevědomého šíření. Možná i proto jí v Německu znají pod názvem „Wander-muschel“ ve volném překladu znamená putující mušle. V některém možném využití by bylo přínosné využití její filtrační schopnosti k filtrování škodlivin a bakterií.

Náklady v ČR na celkový boj s nepůvodním druhem slávičky mnohotvárné nejsou vyčísleny. Ani společnost ČEZ, a.s. nemá vyčíslenou finanční náročnost pro ochranu technologie elektráren před mlžem. Největší rozšíření je v ČR na Nových mlýnech, kde přemnožení slávičky poškozuje technologická zařízení malé vodní elektrárny. Dostává se do technologie vodou chlazené a ucpává zde tyto důležité části pro bezpečný provoz.

Ve světě jsou známé výdaje spojené s invazivními druhy. Celkový odhad činí v průměru 600 miliard korun ročně. Toto bylo vyčíslené za období 1970–2017. Samozřejmě, že náklady s každým rokem narůstají. Škody způsobené přímo těmito druhy jsou vyšší než náklady na prevenci, kontrolní činnost nebo likvidaci.

9 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo ověření funkčnosti nasazených opatření proti šíření slávičky mnohotvárné do technologie vodní elektrárny. Aktuálně aplikovaná metoda UV lampy se jeví jako dobrý způsob a slávička se za ní nemá schopnost dál rozmnožovat. Výskytu slávičky ve vodních dílech se nelze ubránit a radikální metody jejího odstraňování nepřipadají v úvahu jak z ekologického hlediska, tak ani z hlediska ekonomického. Lze tedy konstatovat, že rozmnožování slávičky, jako nepůvodního druhu na těchto stanovištích, nelze zabránit a přirozeně se tak bude rozmnožovat dále. Ohrožené technologie na vodních elektrárnách proto lze ochránit nasazením UV lamp.

Výskyt a ohrožení se pravděpodobně bude do budoucna týkat mnohem více provozovaných elektráren, a tak je nadále důležitě monitorovat prostředí vodní hladiny. Snad se invazivní druh nerozšíří natolik jako v Severní Americe, kde je považována slávička mnohotvárná za nejnebezpečnější nepůvodní druh ve sladkovodním ekosystému. Jako nejlevnější řešení pro účinné odstranění kolonií sláviček se může jevit vypuštění těchto nádrží a tyto lastury přirozeně ponechat vyschnout. Toto řešení na průtočných nádržích není realizovatelné.

Na výrobu energie z vodních elektráren se začíná klást velký důraz. Významnou funkci právě plní i VE Mohelno ve funkci přečerpávání energie v podobě vody z její hladiny do nádrže Dalešice. Využívá se tak potenciál levné energie v noci k naplnění akumulačního prostoru a pozdějšímu využití při nedostatku energie. Proto, s ohledem na požadavky, co možná nejvíce vyrobené energie z tohoto zdroje se bude brát i v potaz ohrožení malým mlžem, který by dokázal i vyřadit z provozu elektrárnu z důvodu provozní bezpečnosti.

10 Přehled literatury a použitých zdrojů

10.1 Seznam literatury

10.1.1 Odborné publikace

- Beran, L. (2002): Vodní měkkýši České republiky – rozšíření a jeho změny, stanoviště, šíření, ohrožení a ochrana, červený seznam. – Sborník Přírodověd. Kl. Uh. Hradiště, 10 s.
- Beran, L. (2018): Slávička mnohotvárná – náš nejstarší přistěhovalec mezi mlži. Živa, 5. 255-256 s.
- Berkman, P.A., Haltuch, M.A., Tichich, E., Garton, D.W., Kennedy, G.W. Gannon, J.E. Mackey, S.D., Fuller, J.A., Liebenthal, D.L. (1998): Zebra mussels invade Lake Erie munds. Nature 393, 27-28 s.
- Bij de Vaate, A., Jazdzewski, K., Ketelaars, H.A.M, Golasch, S., Van der Velde, G. (2002): Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1159 s.
- Bobat, A., Hengirmen, M.O., Zapletal, W. (2004): Zebra musel and fouling problems in the Euphrates Basin. Turkish Journal of Zoology 28. 161-177 s.
- Burlakova, L., Karatayev, A., Adilla, D. (2000): The impact of Dreissena polymorpha (PALLAS) invasion on unionid bivalves. International Review of Hydrobiology, 85. 529–541 s.
- Carlton, J. T. (1993): Disperzal Mechanisms of the zebra mussel (Dreissena polymorpha), Zebra mussel Biology, Impacts and control (eds Nalepa T. F., Schloesser D. W.), Boca Raton, Florida, 677-697 s.
- Conelly, N.A. O´Neil, Ch.R., Knuth, B.A, Brown, T.L (2007): Economic Impact of Zebra Mussel on Drinking Water Treatment and Electric Power Generation Facilities. Environ Manage 40, 105–112 s.
- Coxworth, B. (2022): Salt-loaded BioBullets kill zebra mussels by passing as food, New Atlas 6. 5. 2022.

- ČEZ, a.s. Dalešice. [online]. Dostupné z: https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/obnovitelne-zdroje/voda/vodni-elektrarny/ceska-republika/dalesice-58156 [cit. 1. 12. 2024].
- Dušička, P., Květon, R., Rumann, J. (2007): Terénne merania hladinového režimu a stanovenie stupňa drsnosti derivačného kanála skupiny VE Hričov – Mikšová – Považská Bystrica. 50. Rokov prevádzky vodnej elektrárne Nosice – zborník prednášok, Pobočka Slovenskej energetickej vedeckotechnickej spoločnosti pri SEVE, Trenčín.
- Elliott, P., Aldridge, D.C., Geoff, D., Moggridge, G.D., Chipps, M. (2007): The increasing effects of zebra mussels on water installations in England, Water and Environment Journal 19(4), 367–375 s.
- Fanslow, D.L., Nalepa, T.F. & Lang, G.A. (1995): Filtration Rates of the Zebra musel (Dreissena polymorpha) on Natural Seston from Saginaw Bay, Lake Huron. J. Great Lakes Research 21(4): 489–500 s.
- Gribeler, E.M, Seitz, A. (2007): Effect of increasing temperatures on population dynamic of the zebra musel Dreissena polymorpha: implications from an individual-based model. Oecologia 151,530-543 s.
- Horáček, Zdeněk. Vodní zákon: s aktualizovaným podrobným komentářem po roce účinnosti nového občanského zákoníku k 15.3. 2015. III. vydání. Paragrafy do kapsy. Praha: Sondy, 2015. ISBN 978-80-86846-57-6.
- Horsák, M., L. Juřičková a J. Picka (2013): Měkkýši České a Slovenské republiky: Molluscs of the Czech and Slovak Republics. Zlín: Kabourek. ISBN 978-80- 86447-15-5. 270 s.
- Inci, G., Miller, C.J., Yesiller, N. (2004): Design of Zebra Mussel Control Measures for Hydro-Elektric Power Projects. Hydrovision
- Ježík, B. (2010): Výskyt kopýtka prirasteného na elektrárnach na dolnom toku Váhu. Hydro Turbo. 215-224 s.

- Ježík, B., Rehák, M. (2014): Aplikácia antivegetatívnych náterov vo VE Nosice v rokoch 2012-13 a zhodnotenie účinnosti aplikácie v predchádzajúcich rokoch, Hydroturbo 2014, 306-317 s.
- Karatayev, A., Burlakova, L., Padilla, D. (1997): The Effects of Dreissena polymorpha (Pallas) Invasion on aquatic communities in Eastern Europe. Journal of Shellfish Research, 16. 187-203 s.
- Karatayev, A.Y., Burlakova, L.E., Padilla, D.K. (1998): Physical factors that limit the distribution and abundance of Dreissena polymorpha. J. Shellfish Res. 17, 1219–1235 s.
- Kilgour, B.W., Mackie, G.L. (1993): Colonization of different contruction materials by the zebra musel (Dreissena polymorpha). Zebra mussels: Biology, impact and control. T.F.Nalepa and D.W. Schloser, Lewis Publisher, Boca Raton. 167-173 s.
- Kolibáč, J., Hudec, K., Laštůvka, Z., Peňaz, M. (2019): Příroda České republiky: průvodce faunou. Druhé, upravené a doplněné vydání. Praha: Academia. 468 s.
- Kryger, J., Riisgård, H.U. (1988): Filtration rate capacities in 6 species of european freshwater bivalves. Oecologia 77 (1). 34-38 s.
- Kubín, Miroslav: Proměny české energetiky. Praha, 2009. ISBN 978-80-254 4524-2.
- Lang, J., Pravda, O., Doskočil, J., Hůrka, K. (1974): Zoologie. Státní pedagogické nakladatelství, Praha. 142-145 s.
- Ložek, V. (1956): Klíč československých měkkýšů. SAV. Bratislava, 358 s.
- McMahon, R. F. (1996): The physological ecology of the zebra mussel, Dreissena polymorpha, in North America and Europe, American Zoologist 36, 339–363 s.
- Minchin, D., Lucy, F., Sullivan, M., 2002: Zebra mussel: impacts and spread, Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management. Springer, 584 s.

- Motlík, Jan a kol. Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich využití v České republice. Praha, 2007. ČEZ, a.s., ISBN 978-80-239-8823-9.
- Musil, Petr: Globální a energetický problém a hospodářská politika – se zaměřením na obnovitelné zdroje. Praha, 2009. ISBN 978-80-7400-112-3.
- Pergl, J., Douda, K., Prančl, J., Perglová, I. (2020): Analýza způsobů šíření invazních nepůvodních druhů s významným dopadem na Unii a dalších prioritních invazních druhů České republiky. MŽP. 15 s.
- Pergl, J., Šíma, J., Görner, T., Pěknicová, J. (2018): Biologické invaze a související právní nástroje. Živa č. 5, 126-129.
- Pfleger, V. (1988): Měkkýši. Artia Praha, 191 s.
- Pichlová, R. (2004): Velká jezera a člověk – aneb o antropogenních vlivech, vědeckém bádání a věcech souvisejících. Limnologické noviny č. 2/2004. 8-11 s.
- Sedlák, E. (2002): Zoologie bezobratlých. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. 62-65 s.
- Spring, M. (1991): Costs of reproduction: A study on metabolic requiments of the gonads and fecundity of the bivalve Dreissena polymorpha. Malacologia 33, 63-70 s.
- Strayer, D.L., Powel, J., Ambrose, P., Smith, L.C., Pace, M.L., Fischer, D.T. (1996): Arrival, sread, and early dynamics of zebra musel (Dreissena polymorpha) population in the Hudson River estuary. Can J.Fish. Aquat.SCI 53, 1143–1149 s.
- Šíma, J. (2017): Legislativa v oblasti nepůvodních a invazních druhů a její změny. Fórum ochrany přírody, 3, 14-18 s.
- Uvíra, V. a kolektiv 2009: Slávička mnohotvárná (Dreissena polymorpha) v zatopených pískovnách a lomech na Moravě. Limnologické noviny 2, 1-16 s.
- Uvíra, V., Hekera, P. Janíčková, B., 2016: Hodnocení rizika výskytu slávičky mnohotvárné ve vodních nádržích a v objektech společnosti ČEZ, a.s. Vodní elektrárny, rekognoskace terénu, vyhodnocení

stávajícího stavu rozšíření slávičky. Přírodovědecká fakulta. Olomouc. 8 s.

- Uvíra, V. (2020): Monitoring výskytu slávičky mnohotvárné ve VN Mohelno a ověření účinnosti filtrů v eliminaci slávičky v chladícím systému vodní elektrárny. Olomouc, 9 s.
- Quaschning, Volker: Obnovitelné zdroje energie. Praha, 2010. ISBN 978 80-247-3250-3.
- Van der Velde, G., Nagelkerken, I., Rajagopal, S., Bij de Vaate, A. (2002): Invasions by alien species in insland freshwater bodies in western Europe, The Rhine delta. 360–372 s.
- Zicháček, V. (2012): Zoologie. 2. Nakladatelství Olomouc. Olomouc, 510 s.

10.1.2 Legislativní zdroje

- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1143/2014, ze dne 22. října 2014 o prevenci a regulaci zavlékání či vysazování a šíření invazních nepůvodních druh
- Zákon č. 254/2001 Sb. - Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v pozdějším znění.
- Vyhláška č. 471/2001 Sb. - Vyhláška Ministerstva zemědělství o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly, v pozdějším znění.
- Zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, v pozdějším znění.

10.1.3 Internetové zdroje

- Výskyt slávičky na území USA. USGS.cz [online]. 2023 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z https://nas.er.usgs.gov/viewer/

- VN Dalešice a Mohelno v blízkosti JE Dukovany. mapy.cz cz [online]. 2023 [cit. 2023-03-19] Dostupné z https://mapy.cz/

- Výskyt druhu Dreissena polymorpha. AOPK.cz [online]. 2023 [cit. 2023-03-19] Dostupné z https://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=34525

- Sledovaná lokalita VN Mohelno. mapy.cz cz [online]. 2023 [cit. 2023-03-19] Dostupné z https://mapy.cz/

- Umístění vybraných lokalit VN na vodních tocích v ČR. [online]. 2025 Dostupné z https://www.cez.cz/webpublic/file/edee/ospol/fileexport/o-spolecnosti/prododavatele/skoleni_dodavatelu_ke/prezentace/2018/01_uvod_evd_2020.pdf

10.1.4 Ostatní zdroje

- Provozní řád pro vodní dílo Dalešice přehrada Mohelno část A – stavební Zpracoval: Aquatis, a.s., Botanická 56, 602 00 Brno

- Provozní instrukce: Manipulační řád pro vodní dílo Mohelno. Zpracoval: VD TBD, 08/2021, Schválil: Krajský úřad Kraje Vysočina, odbor životního prostředí a zemědělství, Seifertova 1876/24, 586 01 Jihlava, čj.: KUJI 94725/2020 OŽPZ 1583/2020 PP-5, ze dne 2.11.2020

- Místní provozní předpis Elektrárna Mohelno, účinný od dne 12.6.2023, Zpracoval: Vodní elektrárny ČEZ, a.s.

- Rozhodnutí Okresního národního výboru Třebíč ze dne 17.12.1973 č.j. vod 3780/1973-405

- Čtyroká, I. (2022): Výskyt slávičky mnohotvárné na VN Mohelno (ústní sdělení a konzultace).

- AVex, expertní stanovisko AV ČR (2021): Invazní druhy: riziko pro krajinu i kvalitu života lidí. Akademie věd České republiky

10.2 Seznam obrázků

Obrázek 1 Vývojová stadia slávičky mnohotvárné (Mackie, 1991). 15

Obrázek 2. Schéma částí evropského nařízení č. 1143/2014 o prevenci a regulaci zavlékání nebo vysazování a šíření invazních nepůvodních druhů Zdroj: Pergl, 2018 18

Obrázek 3. Šíření druhu slávičky mnohotvárné v Evropě (Minchin et al. 2002) 23

Obrázek 4: Aplikace antifoulingového nátěru na hradící Zdroj: Ježík (2014) 24

Obrázek 5: Výskyt slávičky na území USA Zdroj: USGS, 2023 24

Obrázek 6: Výskyt druhu Dreissena polymorpha Zdroj: AOPK ČR, 2023 26

Obrázek 7: Umístění substrátového vzorkovače pro monitoring Zdroj: Čtyroká, 2019 32

Obrázek 8 Umístění snímače průtoku na chladícím potrubí 35

Obrázek 9 Umístění vybraných lokalit VN na vodních tocích v ČR (ČEZ, 2018) 37

Obrázek 10: VN Dalešice a Mohelno v blízkosti JE Dukovan Zdroj: Mapy.cz, vlastní zpracování (2024) 38

Obrázek 11: VN Mohelno v roce 2018 Zdroj: ČEZ, 2018 41

Obrázek 12 Hráz VN Mohelno (vlastní foto autora) 42

Obrázek 13 Porovnání výskytu veligerů před a za filtrem (Uvíra, 2020) 43

Obrázek 14 Nálezy slávičky na VE Mohelno – zanesené filtry Hydac (Čtyroká ©2019) 45

Obrázek 15 Řídicí panel UV lampy na VE Mohelno (fotografie P. Čanda) 48

Obrázek 16 Instalace UV lampy na VE Mohelno (fotografie P. Čanda) 50

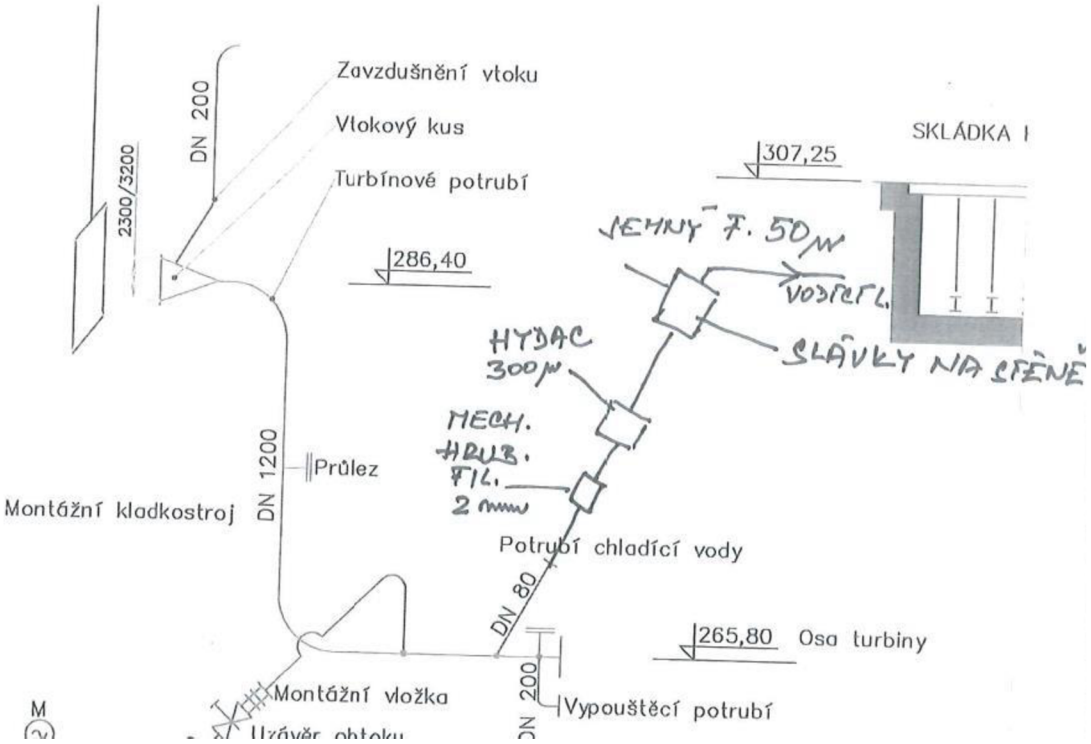
10.3 Seznam tabulek

Tabulka 1 Pravděpodobnost osídlení slávičkou v závislosti na faktory vodního prostředí (vlastní zpracování autora dle Inci et al., 2004)..... 28

Tabulka 2 Naměřené hodnoty proudění 46

Tabulka 3 Parametry UV lampy (vlastní zpracování autora) 47

Tabulka 4 Počty provozních zásahů po zprovoznění UV lampy..... 49

11 **P**řílohy

Schematický nákres umístění filtru (provoz VE Mohelno, 2021)