

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Význam umělých plovoucích ostrovů pro vodní ptáky
a ostatní organismy vázané na vodní prostředí a jejich role
při zvyšování kvality vody mokřadů**

Vedoucí práce: Mgr. Zuzana Musilová, Ph.D.

Bakalant: Martina Chrastinová

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martina Chrastinová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Význam umělých plovoucích ostrovů pro vodní ptáky a ostatní organismy vázané na vodní prostředí a jejich role při zvyšování kvality vody mokřadů

Název anglicky

Artificial floating islands for waterbirds, fresh water organisms and increase of water quality

Cíle práce

Cílem práce je shrnutí literárních poznatků o významu umělých plovoucích ostrovů jako alternativních hnízdišť vodních ptáků (např. kachen, racků, rybáků), dále pak role ostrovů při zvyšování celkové biodiverzity mokřadů (mikroorganismy, vodní makrofyta, vodní bezobratlí, obojživelníci, ryby). Součástí práce je i zhodnocení umělých plovoucích ostrovů jako úkrytů ryb před rybožravými predátory a při zvyšování kvality vody pomocí odstraňování organického znečištění a živin.

Metodika

- Souhrn literárních poznatků o možnostech technických řešení umělých plovoucích ostrovů
- Zpracování literární poznatků o dopadu ostrovů na biodiverzitu mokřadu
- Zhodnocení významu ostrovů pro zvyšování kvality vody

Doporučený rozsah práce

30-40 stran

Klíčová slova

uměle vytvořené hnízdní biotopy, mokřady, vodní ptáci, vodní makrofyta, management mokřadů, kvalita vody

Doporučené zdroje informací

- Brenner, F. J. and Mondok, J. J. 1979. Waterfowl Nesting Rafts Designed for Fluctuating Water Levels. – The Journal of Wildlife Management 43: 979–982.
- Broukalova, I. and Kohoutkova, A. 2018. Concrete Composite – Sustainable Material for Floating Islands. – Fib Conference: Sustainable Concrete: Materials and Structures, 2018. Iop Publishing Ltd, pp. UNSP 012022.
- Burgess, N. D. and Hirons, G. J. M. 1992. Creation and management of artificial nesting sites for wetland Birds. – Journal of Environmental Management 34: 285–295.
- Hancock, M. 2000. Artificial floating islands for nesting Black-throated Divers *Gavia arctica* in Scotland: construction, use and effect on breeding success. – Bird Stud. 47: 165–175.
- Hoeger, S. 1988. Schwimmkampen – Germanys Artificial Floating Islands. – J. Soil Water Conserv. 43: 304–306.
- Chang, Y., Cui, H., Huang, M. and He, Y. 2017. Artificial floating islands for water quality improvement. – Environ. Rev. 25: 350–357.
- Lu, H.-L., Ku, C.-R. and Chang, Y.-H. 2015. Water quality improvement with artificial floating islands. – Ecol. Eng. 74: 371–375.
- Yao, K., Song, S., Zhang, Z., Xu, J., Zhang, R., Liu, J., Cheng, L. and Liu, J. 2011. Vegetation characteristics and water purification by artificial floating island. – Afr. J. Biotechnol. 10: 19119–19125.
-

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

Mgr. Zuzana Musilová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2023

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2023

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Význam umělých plovoucích ostrovů pro vodní ptáky a ostatní organismy vázané na vodní prostředí a jejich role při zvyšování kvality vody mokřadů“ vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů. Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla. Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 31. 3. 2023

.....

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych tímto poděkovala všem, kteří mi pomohli při zpracování bakalářské práce nebo mi byli po celou dobu oporou. Zejména bych chtěla poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Mgr. Zuzaně Musilové, Ph.D. a konzultantce Ing. Dorotě Gajdošové za jejich cenné rady a připomínky.

ABSTRAKT

Mokřady jsou jedním z celosvětově nejohroženějších biotopů. Ztráta jejich biodiverzity je velmi často spojená s činností člověka. Tvorba a aplikace umělých plovoucích ostrovů v mokřadních ekosystémech je jedním z řešení, jak biodiverzitu mokřadům navrátit.

Tato bakalářská práce shrnuje poznatky o umělých plovoucích ostrovech a jejich vlivu na biodiverzitu mokřadu. Zejména vyzdvihuje jejich význam pro vodní ptáky. Studie zmíněné v bakalářské práci dokazují, že použití technologií zelených plovoucích ostrovů má ve většině případů pozitivní dopad na společenstva mokřadu, a zvyšuje tak jeho celkovou biodiverzitu. Bylo zjištěno, že použití umělých plovoucích ostrovů na vodních nádržích souvisí se zvýšením početního stavu vodního ptactva typicky hnízdícího v přirozených mokřadech, například rybáka obecného (*Sterna hirundo*) nebo potáplice severní (*Gavia arctica*).

KLÍČOVÁ SLOVA: uměle vytvořené hnízdní biotopy, mokřady, vodní ptáci, vodní makrofyta, management mokřadů, kvalita vody

ABSTRACT

Wetlands are one of the world's most endangered habitats. The loss of their biodiversity is very often related to human activities. Construction and application of artificial floating islands in wetland ecosystems is one of the solutions to restore wetland biodiversity.

This bachelor thesis summarizes the knowledge of artificial floating islands and their effect on wetland biodiversity. In particular, it emphasises their importance for waterbirds. The studies mentioned in the bachelor thesis show that the use of green floating island technologies has in most cases a positive impact on wetland communities, thus increasing the overall biodiversity of the wetland. It has been found that the use of artificial floating islands in reservoirs has been associated with an increase in the number of waterbirds typically breeding in natural wetlands, such as the Common Tern (*Sterna hirundo*) or the Black-throated Diver (*Gavia arctica*).

KEY WORDS: artificial breeding habitats, wetlands, waterfowl, water macrophytes, wetland management, water quality

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	2
3. Metodika	3
4. Literární rešerše	4
4.1 Mokřady	4
4.1.1 Definice pojmu mokřad.....	4
4.1.2 Význam mokřadů v krajině.....	4
4.1.3 Příčiny úbytku mokřadů.....	5
4.1.4 Ochrana mokřadů	6
4.2 Ostrovy	7
4.2.1 Definice pojmu ostrov	7
4.2.2 Funkce umělých ostrovů v mokřadních biotopech	8
4.2.3 Struktura umělého plovoucího ostrova	9
4.2.4 Technická řešení umělých plovoucích ostrovů	10
4.2.5 Význam plovoucích ostrovů pro vodní ptáky	20
4.2.6 Význam plovoucích ostrovů pro zvyšování biodiverzity mokřadu	23
4.2.7 Význam plovoucích ostrovů pro zlepšování kvality vody	25
4.2.8 Historie využití umělých plovoucích ostrovů	27
4.2.9 Umělé plovoucí ostrovy v ČR.....	28
4.2.9.1 Projekt TH02030633	29
4.2.9.2 Projekt 3211100016	29
5. Výsledné zhodnocení	31
6. Diskuse.....	35
7. Závěr	37
8. Přehled literatury a použitých zdrojů.....	38
9. Zdroje obrázků a tabulek	47

1. Úvod

Mokřadní biotopy patří mezi jedny z nejvíce ohrožených biotopů na celém světě. Svou druhovou biodiverzitou a dalšími ekosystémovými službami, jako jsou čištění vody nebo zásobní či stabilizační funkce, vytváří příhodné podmínky pro život nejen lidem, ale i mnoha jiným organismům. Zejména kvůli antropogennímu vlivu dochází s úbytkem mokřadů i ke ztrátě území hojně využívaného vodním ptactvem a dalšími organismy vázanými na vodní prostředí (Fošumová a kol. 1996; Kender 2000).

Lidské zásahy v krajině historicky způsobily mnoho škod. I proto, že zhruba do 60. let 20. století byly mokřady chápány jako biotop bez většího významu (Vymazal 2004). Příkladem nevhodných zákroků může být odvodňování mokřadních ploch nebo úpravy koryt vodních toků (narovnávání, zpevňování břehů apod.). Velkým problémem bylo také nestřežené vypouštění odpadních vod, což často vedlo až k nevratné devastaci mokřadů (Vymazal 2004). Jejich revitalizace a konkrétní managementová opatření jsou proto nedílnou součástí současné aktivní péče a ochrany těchto území.

Změna vnímání mokřadů z oblastí využívaných hospodářsky na oblasti ekologicky významné s sebou přináší otázky, jak tento biotop krajině alespoň částečně navrátit. Jedním z řešení jsou umělé plovoucí ostrovy, které by funkčně nahrazovaly ostrovy přirozené a kompenzovaly tak úbytek litorálních porostů. Tyto inovativní technologie mají oproti přírodním i řadu dalších výhod, a tak přináší velký potenciál uplatnění do budoucna (Vymazal 2004).

Tato bakalářská práce shrnuje poznatky o využití umělých plovoucích ostrovů jako náhrady za ubývající přirozené habitaty litorálních porostů mokřadů a dalších vodních ploch. Práce je zaměřena zejména na význam těchto zelených ostrovů při zvyšování kvality vody a následného dopadu na biodiverzitu prostředí. Také poskytuje náhled na současné využití těchto technologií ve světě a v České republice a představuje aktuální projekty věnující se aplikaci umělých plovoucích ostrovů v naší krajině a její důsledky.

2. Cíle práce

Cílem práce je shrnutí literárních poznatků o významu umělých plovoucích ostrovů jako alternativních hnízdišť vodních ptáků (např. kachen, racků, rybáků), dále pak role ostrovů při zvyšování celkové biodiverzity mokřadů (mikroorganismy, vodní makrofyta, vodní bezobratlí, obojživelníci, ryby). Součástí práce je i zhodnocení umělých plovoucích ostrovů jako úkrytů ryb před rybožravými predátory a při zvyšování kvality vody pomocí odstraňování organického znečištění a živin.

3. Metodika

V rámci této bakalářské práce byla provedena rešerše, jejíž postup by se dal shrnout do 3 následujících bodů:

- Shrnutí literárních poznatků o možnostech technických řešení umělých plovoucích ostrovů, představení těchto technologií.
- Zpracování literární poznatků o dopadu ostrovů na biodiverzitu mokřadu se zaměřením na vodní ptactvo.
- Zhodnocení významu ostrovů pro zvyšování kvality vody.

Rešerše byla na začátku doplněna o důvody, proč je tvorba a aplikace umělých plovoucích ostrovů v krajině přínosná a jaký potenciál představuje jejich využití do budoucna. K závěru práce jsou představeny projekty, v rámci kterých byly umělé plovoucí ostrovy aplikovány v České republice.

4. Literární rešerše

4.1 Mokřady

4.1.1 Definice pojmu mokřad

Vymezení termínu mokřad, jakožto pro přírodu klíčového biotopu, není pro jeho variabilitu vůbec snadné. Podle Ramsarské úmluvy z roku 1971 však chápeme pojem mokřad jako území původem přírodní nebo uměle vytvořené člověkem, se stojatou či tekoucí vodou. Může se jednat o vody sladké, slané i brakické, přičemž hloubka vody při odlivu nesmí přesáhnout šest metrů. Mezi mokřady spadá oblast bažin, slatinišť, rašelinišť a dalších ploch pokrytých vodou trvale nebo dočasně. Může se jednat například o tůně, bažiny či lužní lesy (Chytil a kol. 1999).

Mokřadní ekosystémy jsou druhově bohaté a různorodé a vyznačují se charakteristikami typickými jak pro prostředí vodní, tak pro prostředí terestrické. Jsou ekotonální přechodovou zónou mezi oběma těmito prostředími (Prach a kol. 2009). Pro tento typ prostředí je tedy nezbytná propojenost mezi oběma částmi, a to zejména komunikace s vodní složkou (Vymazal 1995).

Zároveň v důsledku vyšší a trvalejší nasycenosti vodou vyžaduje život v tomto prostředí pro organismy určitou asimilaci s danými náročnějšími životními podmínkami (Vymazal 1995). Jakýkoliv nežádoucí zásah v okolí mokřadu může vést až k jeho postupnému zániku a tím i k zániku organismů vázaných na toto prostředí (Kender 2000).

4.1.2 Význam mokřadů v krajině

Mokřady jsou biotopem s velkým počtem funkcí. Jejich hlavním přínosem v přírodě je jejich schopnost čistit vodu (pomocí fyzikálních, biologických i chemických procesů) a zbavovat ji tak přebytečných živin, drobného sedimentu a jiných látek znečišťujících vodní prostředí (Anonymus 1 2022). Podle Primacka a kol. (2011) jsou mokřady důležité jako stanoviště pro mnoho živočišných i rostlinných druhů, například pro bezobratlé, ptáky, ryby či obojživelníky (Primack a kol. 2011).

Příbřežní zóny mokřadů slouží k reprodukci obojživelníků. Ti sem kladou svá vajíčka a následně zde dochází k přirozenému vývoji larev. Rybám tato území poskytují

vhodné podmínky pro výtěr. Také zooplankton využívá litorální oblasti k reprodukci (Just 2003). Slouží také jako zdroj pro zavlažování, pro čištění odpadních vod nebo jako prvek tlumící náhlé povodně (Primack a kol. 2011). Díky jejich regulační funkci, kdy jsou schopné reagovat na nenadálé změny vodního režimu a snižovat případné negativní dopady, je můžeme nazývat jako tzv. přírodní houbu. Ve stavu nadbytku srážek v sobě vodu hromadí a udržují. V době sucha ji naopak do okolní přírody upouští (Franková 2011).

V neposlední řadě slouží mokřady jako přirozený akumulátor organických látek a živin (Fošumová a kol. 1996). I to je příčina vývoje mnoha mikroorganismů, které tvoří základ potravního řetězce (Chen a Lu 2003).

Zvláštní význam je u mokřadů a zavodněných ploch přisuzován litorálním zónám. Jsou považovány za ekologicky velmi cenné části mokřadů. Jedná se o mělké příbřežní zóny zhruba do hloubky 0,5 m, kde bychom mohli nalézt velkou část biodiverzity mokřadu. Jsou to území, která plynule spojují břeh a vodní prostředí (Just 2003).

Proto, aby byly zajištěny všechny zmíněné funkce mokřadů, je důležité, aby byl podpořen růst litorální vegetace, uplatňován vhodný management a příslušné oblasti byly chráněny (Just 2003).

4.1.3 Příčiny úbytku mokřadů

Ohrožené jsou mokřady především z důvodu urbanizace, používání intenzivního hospodářství a s tím spojenou regulací vodních toků (Kučera a kol. 2001). Meliorace, tedy postupy a opatření, která vedou k navýšení úrodnosti půd, jsou jedním z dozvuků systémového hospodaření druhé poloviny 20. století (Just 2003). Dalšími faktory, které mokřady mohou ovlivňovat, jsou absence pravidelných záplav a tím pádem nedostatek vláhy, kterou by si mokřad dokázal udržet. Kosení vodní a břehové vegetace, nadměrné používání herbicidů a pesticidů nebo rozšiřování neofytů a rumištních bylin taktéž vede k redukci mokřadních ploch (Kučera a kol. 2001).

Zásadní vliv na mokřady a přirozené vodní toky měly z vodohospodářských technických úprav narovnávání, prohlubování a umělé zpevňování stran koryt. Výsledkem těchto činností je zrychlení toku a často nevratné odvodnění rozsáhlých oblastí. Tato narušení přirozeného vodního oběhu a přírodní rovnováhy ještě více

podpořila erozi. Rychlý proud je navíc schopen strhnout a nést s sebou více materiálu, což vede k zanášení vodních nádrží i koryt různými naplaveninami (Just 2003).

K úbytku mokřadů přispěly i další lidské zásahy. Zasypávání mělkých vodních ploch, ramen řek a tůní odpadem. V současné době je hlavní příčinou znehodnocení mokřadů intenzivní zarybnění, často nepůvodními druhy. Nadměrně vysazovanými druhy jsou kapr obecný (*Cyprinus carpio*), amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*) a tolstolobik bílý (*Hypophthalmichthys molitrix*) (Kučera a kol. 2001).

4.1.4 Ochrana mokřadů

Z důvodu rapidního úbytku mokřadů v krajině je nutné stav mokřadů sledovat a přizpůsobovat mu ochranná opatření. Šťastný a Riegert (2021) uvádí, že v důsledku lidské činnosti zmizelo z evropské přírody zhruba 90 % mokřadů. Ve světovém měřítku ubylo až 50 % těchto zamokřených ploch.

Dobrym ukazatelem pro zhodnocení stavu mokřadu je přítomnost a početnost druhů, pro které je mokřad přirozeným prostředím, například vodních ptáků (Šťastný a Riegert 2021). Vodní ptáci pocházejí nejčastěji z čeledi volavkovitých, potápkovitých a řádu vrubozobých (Wetlands International 2023). Salmon a kol. (2022) uvádí, že jako indikátor kvality prostředí mokřadních ploch a litorálních zón může být i diverzita vodních bezobratlých živočichů (Salmon a kol. 2022).

Cílem revitalizací a managementových zásahů je navrácení přirozených funkcí mokřadu. Podstatné je vytvoření dlouhodobého plánu schopného průběžné adaptace na měnící se podmínky. Společně s navrácením přirozených funkcí je cílem úprav i návrat původních druhů živočichů, například opětovné usídlení vodního ptactva (Šťastný a Riegert 2021).

Dnes jsou v České republice mokřady již chráněny zákonem 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny. Na celosvětové úrovni byla pro ochranu mokřadů sepsána Ramsarská úmluva. Mokřadům přisuzuje význam stanovišť pro vodní ptactvo. K roku 2022 měla 172 smluvních států včetně České republiky. V České republice vstoupila v platnost v roce 1993. Úkolem každého členského státu je přidat do seznamu mezinárodně významných mokřadů (Ramsar Sites) minimálně jednu lokalitu a poskytnout jí plnou ochranu. Tu v České republice koordinuje Český ramsarský výbor (Ramsar Convention Secretariat 2013).

Jak uvádí Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, za mokřady s mezinárodním významem bylo v České republice označeno 14 lokalit (AOPK 2023). Tyto oblasti jsou vyhlášovány většinou jako velkoplošná chráněná území. Jedná se o národní parky a chráněné krajinné oblasti. Mohou být vyhlášeny i jako národní přírodní rezervace (AOPK 2023). Mezi chráněné mokřady v České republice řadíme například Třeboňské a Lednické rybníky, Šumavská a Krkonošská rašeliniště a prameniště, Podzemní Punkvu nebo Litovelské Pomoraví (Ramsar Convention Secretariat 2013).

K aktivnímu managementu mokřadů patří úprava vegetace, kosení rákosu a náletových dřevin, strhávání nebo narušování drnů (Fošumová a kol. 1996). Instalace umělých plovoucích ostrovů je také managementovým opatřením mokřadních biotopů (Hladík 2018). Za nevhodné zásahy je považovaná nadměrná výsadba dřevin, zavážení, úpravy vedoucí k narovnávání povrchů a odvodňování (Fošumová a kol. 1996). Just (2003) zmiňuje, že při údržbě litorální vegetace je dobré vždy část ponechat, aby nebyl postižen celý biotop najednou a organismy závislé na tomto typu prostředí měly alespoň zmenšený prostor, který mohou využívat například pro reprodukci (Just 2003). Důležité je při aplikaci managementových opatření dbát na to, aby byly zásahy extenzivní a citlivé k životnímu prostředí (Kučera a kol. 2001).

4.2 Ostrovy

4.2.1 Definice pojmu ostrov

Za ostrov považujeme část pevniny, která je ze všech stran obklopená vodou. Ostrovy mohou být různých forem a velikostí a mohou se nacházet v rozdílných prostředích s odlišnými podmínkami. Například se může jednat o větší ostrovy v mořích, oceánech či jezerech nebo naopak o menší ostrůvky vyskytující se na tocích řek, na rybnících nebo jiných vodních nádržích. V závislosti na pestrosti přírodních podmínek v okolí ostrova se na něm pak vyskytují specifické druhy organismů (Anonymus 2 1996).

Jedním z typů jsou ostrovy umělé, tedy území vytvořená člověkem nebo v závislosti na jeho aktivitě. Jsou tvořené různými způsoby z různých materiálů a pro různé účely (Anonymus 2 1996). Příkladem takových ostrovů jsou i umělé plovoucí ostrovy. Ostrovy mohou být využívány v rámci revitalizačních opatření jako vhodné doplňky mokřadní krajiny (Just 2003).

Pro plovoucí ostrovy ale není jedinou cestou vzniku lidská činnost. V některých oblastech se vyskytují jako přirozený jev. Může se jednat například o vodní prostředí s vysokým obsahem živin, které podporuje růst vodních rostlin. Za přírodní vznik ostrůvku považujeme i oddělení vodních rostlin o břehu a jejich pospolité pohyby po volné vodní hladině (Duzer 2004).

4.2.2 Funkce umělých ostrovů v mokřadních biotopech

Umělé plovoucí ostrovy (treatment wetlands) jsou systémy, které napodobují funkce přirozených mokřadů v krajině. Mezi tyto funkce patří například vytváření prostředí pro zvyšování biodiverzity anebo udržování kvality vody pomocí čistících procesů (Calherios a kol. 2020).

Probíhající čistící procesy v těchto systémech se odvíjejí od působících činitelů. Ti mohou být jak vnitřní, tak vnější. Vnějšími činiteli myslíme faktory související určitým způsobem s klimatem, jako jsou teplota vody a teplota vzduchu nebo intenzita slunečního záření. Za vnitřní činitele považujeme typ podloží nebo například typ rostlin, které se zde vyskytují (Kočková 1994).

Ostrovy ale přináší i mnoho dalších pozitiv. Můžeme je označit za mechanismus se schopností zlepšovat ekologické vlastnosti oblastí (zejména vodních nádrží), kde se nacházejí (Kubečka a kol. 2020). Mohou sloužit jako útočiště volně žijícím vodním a suchozemským živočichům (Anonymus 1 2022). Zároveň jejich pozvolné a zarostlé břehy vytváří přechodné území mezi terestrickým a vodním prostředím (Cowardin a kol. 1992). Tím zvětšují diverzitu životních podmínek na lokalitách, které jsou hojně využívány vodním ptactvem jako hnízdiště (Just 2003).

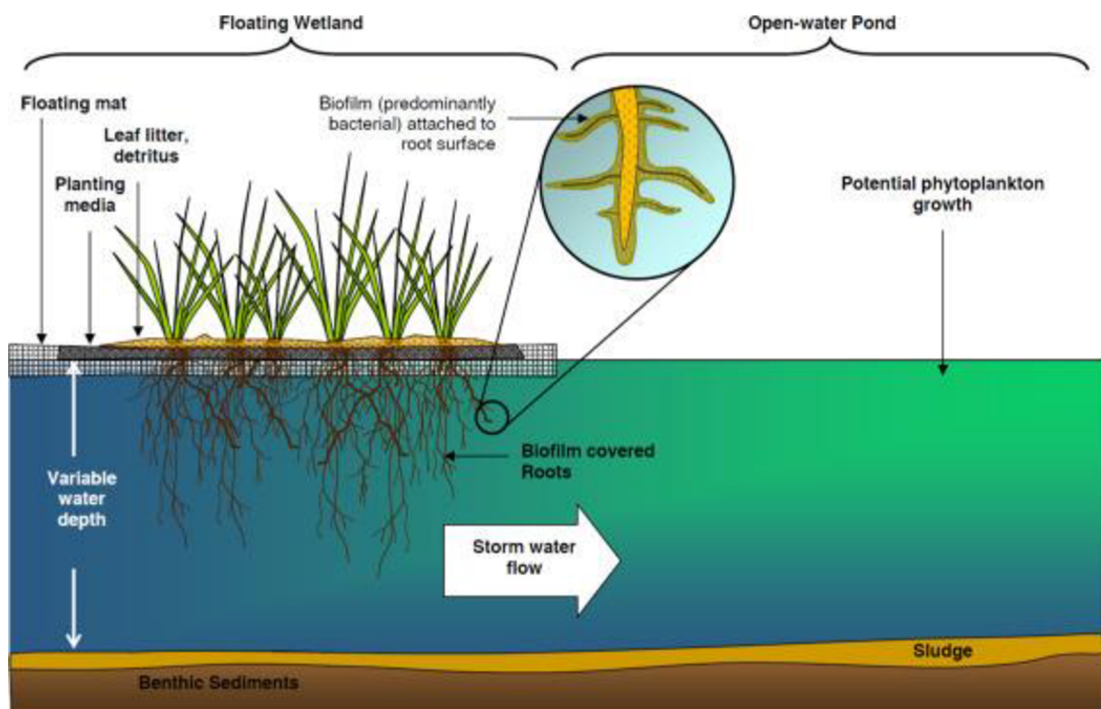
Ve městech a obydlených územích mohou plovoucí ostrovy sloužit jako okrasný prvek. Zároveň jsou nezbytné pro zmírnění vlivu extrémního počasí (Kubečka a kol. 2020, Biomatrix water 2023).

Technologie plovoucích ostrovů se již dříve využívaly například v zemědělství a pro výrobu elektrické energie nebo pro stabilizaci dopadu vlnění na břehové porosty (Kubečka a kol. 2020).

4.2.3 Struktura umělého plovoucího ostrova

Za umělé plovoucí ostrovy můžeme považovat konstrukce, které nejsou tvořené klasickou půdou, ale pouze konstrukcemi s rohožemi schopnými se udržet na vodní hladině doplněnými o vhodnou vegetaci (Yeh a kol. 2015).

Jak je znázorněno na Hardingově schématu (Obrázek 1), umělé plovoucí ostrovy jsou tvořeny třemi vrstvami. Svrchní částí tvořenou listy a stonky rostlin. Středovou částí tělesa, tedy organickou rohoží, kde se nachází materiál pro zafixování rostlin a který podporuje jejich růst. Tímto médiem může být například rašelina, do které se postupně prolétají rozrůstající se kořeny zasazených rostlin. Ve vrstvě rohože se zachycuje rozkládající se biomasa a detrit, který pak využívají další organismy (Yeh a kol. 2015). Rohož může být tvořena z materiálů jako jsou například kokosová vlákna. Je také možné ji celkově nahradit za válec z kokosových vláken. Smyslem použití rohože je vytvoření substrátu pro rychlé zakořenění a rozvoj vegetace, která je na ostrově vysazena. Další výhodnou vlastností rohože je její biodegradovatelnost. Je to schopnost postupem času se samovolně rozložit. Následně ji nahrazují již rozvinuté kořenové systémy rostlin (Kubečka a kol. 2020). Třetí částí plovoucího ostrova je samotný kořenový systém rozvíjející se pod vodní hladinou (Chang a kol. 2017).



Obrázek 1: Schéma umělého plovoucího ostrova na vodní hladině, znázorňující jeho jednotlivé vrstvy (URL 1).

Protože je ostrov z části smáčen, vzniká na ostrůvku i vrstva zvaná vodní sloupec. Výše této volné vodní zóny závisí na výšce hladiny v tělese. Pod volnou vodní zónou se vytváří vrstva organického kalu (Yeh a kol. 2015).

Součástí tohoto vodního útvaru jsou také společenstva řas, biofilmu, zooplanktonu a ostatních bezobratlých živočichů vázaných na vodní prostředí (Chang a kol. 2017).

4.2.4 Technická řešení umělých plovoucích ostrovů

Existuje velké množství technických řešení umělých plovoucích ostrovů. V závislosti na konkrétních podmínkách vodního prostředí, kde je ostrov umístěn, se uzpůsobuje jeho podoba a použití konstrukčních materiálů. Při přípravě a stavbě konstrukcí by měly být zohledněny následující faktory: trvanlivost a odolnost konstrukce ve vodním prostředí, funkce plovoucího ostrova, jeho hmotnost a výsledná vztlaková síla, přizpůsobivost měnícím se přírodním podmínkám a celkové náklady na jejich aplikaci v krajině. Důležité je zohlednit i stav oblastí, kde je v plánu jednotlivé ostrovy aplikovat a přizpůsobit tak například metody uchycení ostrova ke dnu. Celkově je nutné zvážit citlivost konstrukce k životnímu prostředí (Kerr-Upal a kol. 2000).

Každá konstrukce vyžaduje zhodnocení, jaké materiály budou pro její stavbu nejvhodnější. Mezi běžně používané materiály, které slouží k udržení ostrova na vodní hladině patří PVC trubky, polystyren a výrobky z něj, bambus, uzavřené PET lahve a další materiály, které dokážou konstrukci nadnášet (Headley a Tanner 2006).

Stavba plovoucího ostrova se provádí na základě 2 přístupů. Prvním je využití materiálu, který slouží jako podklad pro plovoucí rostliny a který zároveň podporuje jejich růst. Představit si ho můžeme jako již hotová plovoucí „hnízda“, na kterých tyto rostliny přímo rostou. Druhým přístupem je vytvoření větší a pevnější konstrukce, kdy se do jejího rámu vloží výplň plnící úlohu substrátu. Teprve tato vrstva se osadí vhodnou vegetací. Dalším způsobem je vytvoření ostrůvku samotnými rostlinami, které mají schopnost vytvořit si ze svých těl a kořenů vlastní rohože. Příkladem tohoto způsobu je orobinec (*Typha spp.*) (Headley a Tanner 2006).

Pokud uvažujeme o plovoucích ostrovech jako o systémech sloužících k čištění vody, můžeme rozdělit jejich typy podle typu proudění vody na systémy vybudované s podpovrchovým tokem, systémy s povrchovým tokem a plovoucí systémy (Chang a kol. 2017; Jespersen 2020). Klíčovým faktorem u konstrukcí těchto kořenových

čistíren je typ použitého materiálu. Jespersen (2020) uvádí, že je možné používat materiály jak přírodního původu, tak umělého původu. Důležitou součástí konstrukce je substrát. Jeho potřebnou vlastností je poréznost. Vhodnými materiály pro použití jako substrát jsou: písek, štěrk, vermikulit či zeolit (Jespersen 2020).

Konstrukce, u nichž byla ověřena účinnost jakožto náhradních biotopů pro vodní ptactvo, jsou poskládané z modulů. Pro stavbu těchto modulů se využívají gabionové sítě, které jsou dohromady připojené pomocí spojovacích spirál. Doprostřed jsou umístěna kokosová vlákna. Ta konstrukci vyplňují a poskytují rostlinám vysazeným na ostrově prostor pro zakořenění (Mikeš a kol. 2021). Konstrukce je nadnášena pomocí plováků. Ty udržují ostrov v poloze, kdy je část ponořená, ale celá vrstva z kokosových vláken není pod vodou. Rohož je vodou pouze smáčená (Kubečka a kol. 2020). Plovoucí ostrovy mohou být ukotveny ke dnu pomocí kotev a kotevních lan (Mikeš a kol. 2021). Pro ukotvení ostrovů a jejich udržení ve stabilní poloze mohou být použity i tvárnice, ke kterým je konstrukce ostrova připevněna. (Hladík a Musilová 2022).

Hancock (2000) dokázal zvýšit početní stav potáplic severních (*Gavia arctica*) pomocí „sendvičové“ konstrukce z polystyrenových bloků upevněných v dřevěném rámu. Vrstva z jutoviny podporovala zakořenění rostlin. Celý objekt byl zabalen do rybářské sítě. Po obvodu ostrova bylo natažené lano, na které byly připevněny kotvy vyrobené z betonu (Hancock 2000).

Hladík (2018) během svého projektu na lipenské vodní nádrži testoval několik konstrukčních prototypů ostrovů.

Testované prototypy ostrovů:

- prototyp z plotovky
- prototyp z gabionů
- prototyp z PE síťoviny s výztuhou
- prototyp z kompozitních materiálů

Nejjednodušším typem použitým v projektu byl prototyp z plotovky. Konstrukce byla tvořena plotovou drátěnkou, jako plovák sloužily plastové lahve. K jejich připojení byly použité plastové pásky a místo rohože byl zvolen kokosový válec.

Složitější konstrukcí byl prototyp z gabionů, kdy byla pro konstrukci použita ocelová mříž s ochranou proti korozi, spojená do tvaru kvádrů pomocí ocelových spirál. Konstrukce má dvojité dno a nadnášet ji mohou plastové lahve nebo plováky.

Základní částí konstrukce dalšího prototypu umělého plovoucího ostrova byla PE síťovina. V ní byla vytvořena místa pro připojení PET lahví a obvodový rám. Pro rám byl jako materiál použit polyethylen. Výztuha byla vyrobena z plotovky s antikorozií ochranou zasazené v pevném rámu.

Posledním testovaným prototypem byl prototyp z kompozitních materiálů neboli materiálů vzniklých z více složek s rozdílnými fyzikálními vlastnostmi. V tomto případě byl použit kompozit na bázi laminátu (Hladík 2018).

Za účinné, poměrně levné a dostupné řešení považuje Kubečka a kol. (2020) konstrukci podle užitného vzoru CZ 34438 U1. Jedná se o konstrukční řešení pomocí ocelových mříží, laminátu nebo plastu (Kubečka a kol. 2020). Prvním typem je použití ve formě „sendviče“, tedy jako spodní a horní mříž, mezi které je vložena vrstva, která má za úkol fixaci vodních rostlin. Mříže jsou propojené pomocí spojovacích spirál. Pod spodní mříž se umísťuje jeden či více plastových nebo nafukovacích plováků, které konstrukci nadnáší. Druhým typem uspořádání je použití mříží ve tvaru kvádrů. Použity jsou 3 vrstvy mříží. Dno objektu je tvořeno ze dvou na sobě uspořádaných mříží, mezi kterými se nachází fixační vrstva. Nad nimi se nachází plovák, který konstrukci udržuje při povrchu hladiny. Nad plovákem je umístěná svrchní mříž. Mříže jsou opět vzájemně spojeny pomocí spojovacích spirál. Rozdíl mezi oběma typy konstrukčních řešení je ten, že v případě sendvičového uspořádání je fixační vrstva pouze smáčená vodou, naopak u kvádového uspořádání je fixační vrstva zcela pod vodou (Kubečka a kol. 2020).

Karstens a kol. (2021) pro svou studii také vyhodnotili jako nejvhodnější materiál nerezovou ocel. Označují ji za trvanlivé a udržitelné řešení. Na rozdíl od ostatních technických řešení nechtěli v rámci své konstrukce použít k nadnášení žádný materiál z polymerů jako je polyethylen nebo polypropylen. K nadnášení objektu byl proto zvolen rákos (Obrázek 2). Obalová ocelová síť spolu s výplní z rákosu obecného (*Phragmites australis*) byly tvarovány do šestibokých modulů (Karstens a kol. 2021).



Obrázek 2: Detail konstrukce z ocelové sítě vyplněné rákosem (URL 2).

Konstrukční řešení skotské firmy Biomatrix se podobá konstrukci dle užitého vzoru CZ 34438 U1. Ke konstrukci umělých plovoucích ostrovů jsou používány moduly různých velikostí a tvarů. Základem konstrukce je plastový rám vypletený plastovou sítí. Rohože z kokosových vláken poskytují prostor pro zakořenění rostlin. Rostliny jsou na ostrově upevněny pomocí flexibilních válců. Dohromady je vše propojeno kovovými destičkami. 3D moduly (Obrázek 3) patří k nejpoužívanějším typům konstrukcí od této firmy (Anonymus 5).



Obrázek 3: Konstrukce 3D modulu plovoucího ekosystému firmy Biomatrix (URL 3).

Jako nevýhodu použití technologií umělých plovoucích ostrovů Čamlík a kol. (2014) považuje manipulaci s konstrukcí. Některé konstrukce se musí v době nízkých teplot vytahovat na pevninu, protože by je mráz mohl poničit (Čamlík a kol. 2014). Hammond a Mann (1956) označují za nejvhodnější formu konstrukce ostrovy ve tvaru obdélníku. Jejich stavbu a manipulaci s nimi označují za mnohem snazší než

s ostatními. Za méně vhodné považují ostrovy ve tvaru čtverce, kruhu a elipsy, protože mají menší obvod (Hammond a Mann 1956).

Jako odolnější materiál pro tvorbu konstrukcí se jeví beton. Lépe odolává větru a vlnobití (Chytil a kol. 2017). Betonové kompozity navyšují odolnost a trvanlivost i podle Broukalové a Kohoutkové (2018). Vláknobeton byl zhodnocen jako moderní efektivní materiál pro stavbu plovoucích ostrovů. Je více ekologický než klasický beton, protože při menší tloušťce vykazuje stejnou odolnost. Zároveň je považován za trvale udržitelný materiál. Při stavbě bloků ve tvaru šestibokých hranolů určených pro konstrukci ostrovů byl použit vysokopevnostní vláknobeton, který byl navíc ještě vyztužen umělými vlákny (Obrázek 4). Odlehčen byl ostrov pomocí polystyrenové vrstvy uvnitř konstrukce. Ve spodní části jsou připevněny háky, pomocí kterých je ostrov ukotven. První takový umělý ostrov byl aplikován v roce 2009 (Broukalova a Kohoutkova 2018).



Obrázek 4: Stavba umělého plovoucího ostrova z betonových konstrukcí (URL 4).

Salmon a kol. (2022) během své studie použili systém FLOLIZ napodobující přirozenou litorální zónu. Konstrukce tohoto systému je vytvořená z polyetylenových kesonů. Zhruba do poloviny z nich jsou vyvrtány otvory, do kterých jsou následně umístěny rostliny. Byly použity různé typy substrátu. Kesonů byly připevněny na hliníkovou konstrukci. Ze spodní části konstrukce byly připojeny ocelové mříže, do kterých byl umístěn biogenní materiál. Celý objekt byl přikotven a zapuštěn do dna pomocí betonových tyčí. Bóje plovoucí na povrchu jsou ke konstrukci připojeny

lanem, jehož délku je možné upravovat v závislosti na výšce vodní hladiny (Salmon a kol. 2022) (Obrázek 5).



Obrázek 5: Konstrukční řešení umělých plovoucích ostrovů typu FLOLIZ (URL 5).

Jiný typ konstrukčního řešení používal Calheiros a kol. (2020) při své studii v Portugalsku. Plovoucí systém byl vyroben z korku, ve kterém byly vytvořeny otvory pro rostliny zasazené v kelímcích z kokosového vlákna. Korková vrstva byla připevněna ke kovové konstrukci. K propojení byly použity plastové svorky. Ostrov byl ukotven pomocí dvou lan se závažím tak, aby byl schopný reagovat na změnu výšky vodní hladiny (Calheiros a kol. 2020) (Obrázek 6).



Obrázek 6: Konstrukce z korku (URL 6).

Kombinací umělých a přírodních materiálů vytvořil Overton a kol. (2015) konstrukci z recyklovaného plastu a matrace z vysokohustotní pěny (Obrázek 7). Na ostrově byla

vytvořena zástěna z palmových listů, která byla připevněna k obvodovému rámu z PVC. Konstrukce byla upevněna pomocí nylonových lan a šroubových kotev. Celý objekt tak mohl působit dojmem uzavřeného prostoru (Overton a kol. 2015).



Obrázek 7: Konstrukce z recyklovaného plastu a matrace z vysokohustotní pěny (URL 7).

Pro konstrukci je možné použít i polystyren. To dokázal Shealer a kol. (2006), který v rámci své studie o efektu plovoucích platform na hnízdění rybáka černého (*Chlidonias niger*) zjistil, že konstrukce z polystyrenu vloženého mezi dva kusy překližky, může mít pozitivní dopad na hnízdní úspěšnost rybáků a jiných druhů vodních ptáků. Jednotlivé části k sobě byly spojeny kloubním šroubem a na horní část objektu byl připevněn zelený koberec. Ten měl imitovat přirozené prostředí. Do platformy pak byly vyvrtány otvory, které zajišťovaly odtok vody. Konstrukce byla ukotvena pomocí PVC trubek, které sloužily jako vodící lišta. Ostrov tak mohl reagovat na kolísání vodní hladiny (Shealer a kol. 2006).

Dřevěnou konstrukci použil ve své studii Piper a kol. (2002). Hlavním materiálem pro stavbu plošin byly upravené cedrové klády, které přišroubováním k sobě vytvořily pevný rám. Nadnášecím prvkem konstrukce byly polystyrenové bloky pokryté plastem. K plošině byl připojen i kus požární hadice, která měla sloužit jako rampa pro snadnější vstup mláďat (Piper a kol. 2002).

Lu a kol. (2015) při stavbě své konstrukce zkombinovali materiály používané pro stavbu klasických umělých plovoucích ostrovů ještě s provzdušňovacím zařízením, které bylo poháněné sluneční energií. Ostrov byl osázen rostlinami orobincem (*Typha orientalis*), bahničkou jedlou (*Eleocharis dulcis*) a sítinou rozkladitou (*Juncus effuses*) (Lu a kol. 2015) (Obrázek 8).



Obrázek 8: Konstrukce umělého plovoucího ostrova s provzdušňovacím zařízením (URL 8).

Některé firmy se dnes zabývají přímo zakázkovou výrobou plovoucích ostrovů. Příkladem může být skotská firma Biomatrix, jejíž technické řešení ostrova bylo použito i v rámci projektu Plovoucí zelené ostrovy nebo americká společnost BioHaven. Další společnosti poskytující zakázkovou výrobu umělých plovoucích ostrovů jsou německá firma Bestmann Green Systems nebo britská firma ARM Reedbeds Ltd, A.G.A. (Kohut 2015). Mezi české firmy zabývající se zakázkovou výrobou plovoucích struktur patří například firma Beňo-biotech.

Tabulka 1 převzatá z článku Karstens a kol. (2021) uvádí příklady firem, zabývajících se zakázkovou výrobou plovoucích systémů ve světě. Uvádí i materiály, které se pro konstrukci hlavní části tělesa používají. Pro zhotovení konstrukcí se velmi často využívají syntetické polymery (polyurethan, polyethylen, polystyren) (Karstens a kol. 2021).

Tabulka 1: Příklady firem zabývajících se zakázkovou výrobou plovoucích ostrovů s uvedením materiálů pro stavbu konstrukce (URL 11).

Company	Country	Material
AquaBiofilter	Australia	Polyurethane foam (PU)
Aquaterra Solutions	France	Polyethylene (PE)
Beemats	USA	Polyvinyl alcohol foam (PVA)
BGS Ingenieurbiologie Vegetationstechnik	Germany	Polyethylene (PE), polypropylene (PP), polyurethane foam (PU)
Biomatrix	Scotland	Thermo fused high-density polyethylene (PE)

Blue Mater	Portugal	Cork & polyurethane paste (PU)
Frog Environmental BioHaven	USA/UK	Polyurethane foam (PU)
Marcanterra	France	Wood & cork
Ökon-Vegetationstechnik	Germany	Stainless steel & reed stems Thermowood
Rhizotech	Germany	Polyurethane foam (PU)
Spel environmental integrated water solutions	Australia	Recycled polyethyleneterephthalat (PET)
Terrapin Water	Canada	High density polyethylene (HDPE)
Veg Tec	Sweden	Polyethyleneterephthalat (PET)

V tabulce 2 jsou uvedené příklady konstrukčních řešení umělých plovoucích ostrovů a jejich aplikace ve světě a České republice.

Tabulka 2: Typy konstrukcí umělých plovoucích ostrovů (Zdroj: vlastní).

Příklady konstrukčních typů a jejich použití				
typ konstrukce	stát	účel	rok použití	citace
konstrukce z ostricové rohože (40–60 cm) přidátovaná na dřevěný rám	USA (Minnesota)	studium hnízdní úspěšnosti na ostrovech a mimo ně	1970	McIntire a Mathisen 1977
konstrukce z překližky v dřevěném rámu s plováky z plastových barelů a okrajem z plastových parapetů	Kanada	vytvoření umělých hnízdišť	1990	Dunlop a kol. 1991
konstrukce z překližky v dřevěném rámu s plováky z PVC trubky (zakryté plachtou)	Kanada	vytvoření alternativních hnízdišť	1993	Lampman a kol. 1996
konstrukce z nerezové oceli s uretanovou vrstvou	Japonsko	čištění vody a zlepšování kvality mokřadu	1993	Nakamura a Shimatani 1997
konstrukce z plastových kanystrů pokrytá rašelinou, mechem a travinami	Finsko	zvýšení produktivity hnízdicí populace potápic malých	1994	Nummi a kol. 2013
dřevěná (cedrová) konstrukce s polystyrenem	USA (Wisconsin)	zvýšení reprodukční úspěšnosti a udržení populace potápic	1996 - 1999	Piper a kol. 2002

konstrukce překližek s vrstvou polystyrenu	USA (Wisconsin)	testování hypotézy, že reprodukční úspěšnost rybáka černého je ovlivněna kvalitou a dostupností hnízdních lokalit	2003 - 2004	Shealer a kol. 2006
konstrukce z dřevěných překližek pokrytá pytlou a nadnášená plováky	USA (Kalifornie)	vývoj umělých hnízd přizpůsobivých kolísající hladině vody	2006 - 2008	Rienschke a kol. 2009
konstrukce z matrace z polypropylenové pěny a kokosových vláken (Bestmann green systems)	Singapur	studium výkonnosti systému plovoucích mokřadů při odstraňování živin z vody	2011	Chua a kol. 2012
umělé plovoucí ostrovy na bázi zelené energie (konstrukce s provzdušňovacím zařízením na sluneční energii)	Taiwan	sledování účinnosti plovoucího ostrova pro čištění vody	2012	Lu a kol. 2015
konstrukce z polyuretanových matrací, recyklovaného plastu a palmových listů	USA (Kalifornie)	posouzení míry využití umělých konstrukcí	2014	Overton a kol. 2015
konstrukce z rohože z plastových vláken s vysokohustotní pěnou pokrytá kokosovým vláknem s předvrtanými otvory pro rostliny	Austrálie	snížení zatížení prostředí znečišťujícími látkami	2014	Schwammberger a kol. 2017
konstrukce z polyethylentereftalátu s vysokohustotní pěnou pokrytá rohoží z kokosových vláken	Austrálie	studium účinnosti odstraňování znečišťujících látek pomocí umělých plovoucích mokřadů	2015	Walker a kol. 2017
konstrukce z polyethylenové pěnové matrace s otvory na plastové perforované kelímky s rostlinami (Beemats)	USA (Washington)	výzkum vlivu konstrukce na hydrologický režim a odstraňování dusíku	2015	McAndrew a Anch 2017
betonová konstrukce	Česká republika	představení vláknobetonu jako přírodě blízkého materiálu	2018	Broukalova a Kohoutova 2018
konstrukce z ocelových sítí vyplněná stonky rákosu	Německo, jižní pobřeží Baltského moře	vytvoření náhradních habitatů v eutrofizovaných vodách	2018	Karstens a kol. 2021

kovová konstrukce s korkovou platformou	Portugalsko	hodnocení biodiversity v přístavu Port Marina	2018	Calheiros a kol. 2020
hliníková konstrukce s polyethylenovými kesony (FLOLIZ)	Francie	posouzení účinnosti plovoucího ostrova pro bezobratlé a další živočichy	2018	Salmon a kol. 2022
konstrukce z ocelových mříží s rostlinnou fixační vrstvou a plováky	Česká republika	zlepšení ekologických vlastností vodních nádrží	2020	Kubečka a kol. 2020
konstrukce z gabionových sítí s rohoží z kokosových vláken a s plováky	Česká republika	zlepšení ekologického stavu vodní nádrže Lipno a vytvoření alternativních litorálních pásem	2020	Mikeš a kol. 2021

4.2.5 Význam plovoucích ostrovů pro vodní ptáky

Podobně jako ptáci v terestrickém prostředí, potřebují pro svůj život různé druhy vodních ptáků odlišné podmínky. Některé druhy preferují břehy tekoucích vod potoků a řek, jiné spíše okolí stojatých vod. Podle geografické polohy se jedná o vody slané či sladké, popřípadě brakické. Mezi sladkovodní stojaté vody řadíme jezera, tůně a rybníky. Kromě geografické polohy plovoucího ostrova je pro ptáky důležitým faktorem i jeho rostlinný pokryv (Burgess a kol. 1992; Just 2003; Mikeš a kol. 2021).

Zásadní jsou pro vodní ptactvo břehové zóny. Zarostlé břehy a rákosiny poskytují vhodné podmínky pro jejich výskyt, například v období hnízdění pro inkubaci snůšky (Grüll 1982). Vodními ptáky, kteří si staví svá hnízda na zemi, jsou například kachny, lisky, rybáci a racci. Přestože jsou jejich hnízda schovaná mezi vysokou vegetací, čelí v období hnízdění tyto jedinci mnoha výzvám. Predace nebo poničení hnízda vlivem klimatických podmínek nejsou výjimkou. (Cuthbert 1985; Cuthbert 1988).

Litorální oblasti poskytují živočichům pestrou potravní nabídku, což je také jedním z faktorů výběru tohoto území pro zahnízdění (Grüll 1982). Mnoho druhů obývajících litorální oblasti podle Cepáka a kol. (2017) zaznamenalo vysoký nárůst početnosti během 20. století. Mezi tyto druhy můžeme zařadit poláka velkého (*Aythya ferina*), poláka chocholačku (*Aythya fuligula*) a potápku černokrkou (*Podiceps nigricollis*). Během 80. let 20. století se ale situace rapidně změnila a početnost těchto druhů začala

klesat. Jedním z hlavních faktorů poklesu bylo odbahňování rybníků a s tím související poškození a zánik litorální vegetace (Cepák a kol. 2017).

Litorální a příbřežní vegetace se především vlivem lidské činnosti z vodních ploch vytrácí a organismy závislé na jejich výskytu jsou nuceny hledat jiné alternativy. Plovoucí ostrovy jsou systémy, které takové alternativy nabízejí. Just (2003) uvádí, že vytváření umělých ostrovů za účelem podpořit populace vodního ptactva má význam tehdy, pokud je rozdíl mezi vodní hladinou a povrchem ostrova maximálně 30 cm. V případě většího rozdílu dojde k vytvoření výškové bariéry, kterou mláďata nemusí být schopna překonat (Just 2003).

Podle Šťastného a Riegerta (2021) jsou důležitými faktory ovlivňujícími přítomnost ptáků na přírodních ostrovech, jejich početnost a druhové zastoupení, především míra podmáčení vegetace, vzdálenost od nejbližší komunikace a podíl zarostlé plochy mokřadní vegetací ve srovnání s otevřenou a dobře přístupnou vodní hladinou. Ve své publikaci uvádějí, že čím větší byla plocha, která byla zarostlá keři, popřípadě rákosinami, tím vyšší byl index diverzity (Šťastný a Riegert 2021). Burgess a Hirons (1992) zmiňují, že například jedinci ze skupiny kachnovitých potřebují pro zahníždění více zarostlý terén (Burgess a Hirons 1992). Můžeme tedy předpokládat, že faktory, které ovlivňují výskyt ptáků na uměle vytvořených ostrůvcích, budou podobné faktorům působícím v přirozeném prostředí.

Mikeš a kol. (2021) ve svém článku uvádí, že plovoucí zelené ostrovy slouží jako náhrada hnízdních stanovišť pro rybáka obecného (*Sterna hirundo*). Často rybáci hnízdí v koloniích v blízkosti kolonií racků (Mikeš a kol. 2021). Podle Burgesse a Hironse (1992) rybáci využívají především ty typy ostrovů, na kterých roste řídká vegetace (Burgess a Hirons 1992). Podle Čamlíka a kol. (2014) bylo zaznamenáno hnízdění rybáků na umělých plovoucích ostrovech jak v jižních Čechách (přehrada Lipno), tak na jižní Moravě (Čamlík a kol. 2014). Shealer a kol. (2006) také během své studie zjistili, že plošiny umělých plovoucích ostrovů mohou nahrazovat přirozená hnízdiště pro vodní ptáky. Ve svém výzkumu se zabývali rybákem černým (*Chlidonias niger*). Použití plovoucích ostrovů jako vhodného managementu bylo zaregistrováno zejména v případě nedostatku hnízdních stanovišť z důvodu povodní (Shealer a kol. 2006).

Přítomnost vodních ptáků na umělých plovoucích ostrovech byla pozorována i během studie Hancocka z roku 2000. Potáplice severní (*Gavia arctica*) běžně hnízdí v blízkosti břehu sladkovodních jezer. Velmi často staví svá hnízda na přirozených ostrůvcích, kde pak vyvede své mladé. Její hnízda byla nalezena i na rohožích s vynořující se vegetací. 3 umělé plovoucí ostrovy byly využity i dalším druhem – potáplicí malou (*Gavia stellata*) (Hancock 2000).

Jiný druh potáplice – potáplice lední (*Gavia immer*) zaznamenal nárůst počtu jedinců po aplikaci umělých plovoucích plošin pro hnízdění ve státě Winsconsin. Zdejší populace jsou ohrožené zejména z důvodu znečištění a kontaminace vody olovem a methylrtutí. Umělé plovoucí ostrovy tvořené dřevěnou konstrukcí podpořily úspěšné zahnízdění druhu (Piper a kol. 2002).

Overton a kol. (2015) uvádí, že systém umělých plovoucích ostrovů vytvořených z polyuretanových matrací, recyklovaného plastu a palmové zástěny napomohl navýšení počtu chřástalů, konkrétně druhu *Rallus obsoletus*. Ti jsou výrazně ohroženi kvůli zaplavování přílivových stanovišť v průběhu zimy. Ze studie vyplývá, že díky umělým plovoucím ostrovům byla výrazně snížena úmrtnost druhu. Zároveň dokládá, že byl umělý ostrov využíván i jinými druhy než cílovým chřástalem, a to berneškou velkou (*Branta canadensis*), rybákem forsterovým (*Sterna forsteri*) nebo kachnou divokou (*Anas platyrhynchos*) (Overton a kol. 2015).

Pozitivní dopad měla aplikace umělých plovoucích ostrovů na vodní ptáky i během výzkumu Giroux (1981) v Kanadě. Plovoucí ostrovy byly preferovány především druhy kopřivkou obecnou (*Anas strepera*), kachnou divokou (*Anas platyrhynchos*) a polákem vlnkovaným (*Aythya affinis*). Kladně působily i na bernešku velkou (*Branta canadensis*). Nejčastěji vybírané ostrovy byly menšího charakteru a hojně zarostlé makrofytní vegetací. Zároveň byly relativně dost vzdálené od břehu. Reprodukční úspěšnost těchto druhů se pohybovala kolem 43–59 % (Giroux 1981).

Významem umělých plovoucích ostrovů pro potápky se zabýval Riensche a kol. (2009). Ohrožení potápek vzniká v důsledku lidské činnosti, kontaminace vody, intenzivního zemědělství. To způsobuje zánik jejich přirozeného habitatu. Na vytvořených umělých kruhových platformách z překližek, pokrytých pytlovinou a nadnášených plováky se podařilo několika jedincům zahnízdit, ale celkově měla jejich početnost během studie klesající tendenci (Riensche a kol. 2009).

Využití umělých plovoucích konstrukcí pro hnízdění bylo zjištěno i v londýnském přístavu Ballymore's Millwall Harbour. Potápka roháč (*Podiceps cristatus*) zde úspěšně zahnízdila a vyvedla mládě (Shaw 2021). Je tedy zřejmé, že umělé plovoucí ostrovy slouží jako alternativní hnízdiště i v urbanizovaných rušných oblastech.

I přes to, že původním smyslem ostrovů nebylo sloužit jako prostor pro vodní ptactvo, bylo jeho zahnízdění vedlejším efektem po jejich aplikaci v krajině (například ve studii Nakamura a Shimatani 1997). Diverzita podmínek na jednotlivých ostrovech poskytuje ptákům plochy vhodné jako hnízdiště, odpočívadla nebo shromaždiště. Výhodné je jejich využívání pro ptactvo především proto, že zamezují vstupu velkých býložravců a suchozemských predátorů. Stále jsou ale ohroženi predátory ze vzduchu, například motákem pochopem (Knight a kol. 2004). Predace hnízd se snůškou je častým negativním faktorem ovlivňujícím úspěšnost hnízdění (Grüll 1982). Vliv tohoto faktoru je na plovoucích ostrůvcích redukován (Knight a kol. 2004).

4.2.6 Význam plovoucích ostrovů pro zvyšování biodiverzity mokřadu

Biodiverzita je termín označující různorodost napříč živými organismy od terestrických až po různé vodní ekosystémy. Zahrnuje biodiverzitu vnitrodruhovou, mezidruhovou ale i rozmanitost v rámci ekosystému (CBD 1992). Mokřady patří mezi typy prostředí s nejvyšší biodiverzitou jak po stránce množství nabídek různorodých habitatů, tak po stránce biodiverzity druhové. Vytváří příhodné podmínky pro tvorbu biomasy (světla, kyslíku a minerálních látek) (Maltby a Barker 2009).

Vytvořená biomasa a biofilm na kořenech rostlin k sobě lákají živočichy žijící pod vodní hladinou. Jsou pro ně zdrojem potravy. Podle Mikeše a kol. (2020) slouží plovoucí ostrovy zejména jako útočiště pro tohoroční stádia ryb (Mikeš a kol. 2021). Karstens a kol. (2021) uvádí jako příklad úhoře říčního (*Anguilla anguilla*) (Karstens a kol. 2021). Podvodní část ostrova s rozrostlým kořenovým systémem poskytuje juvenilním jedincům ryb úkryt před případnými predátory (Mikeš a kol. 2021). Hladík 2018 uvádí, že v okolí umělých plovoucích ostrovů v nádrži zaznamenal až 1,4krát větší početnost ryb než na referenčních lokalitách (Hladík 2018).

Část ostrova nad vodní hladinou je také hojně využívána. Kromě větších živočichů ostrovy používají i drobná hmyzí společenstva. Společně s dorůstáním a postupným kvetením rostlin slouží ostrovy jako stanoviště pro opylovače. Jsou vhodným

habitatem například pro stejnokřídlé a různokřídlé. Pozorované bylo využití zarostlého ostrova vážkami, motýlicemi a šidélky (Shaw 2022).

Salmon a kol. (2022) ve své studii uvádí, že plovoucí ostrovy mohou sloužit i pro podporu společenstev vodních bezobratlých živočichů, tzv. makrozoobentosu. Tito drobní živočichové jsou důležitým článkem potravního řetězce. Plovoucí ostrovy jsou ve studii hodnoceny jako prostředek pro zachování biologické rozmanitosti v degradovaných ekosystémech. Mají podobné funkce jako litorální zóny v přirozených ekosystémech a mohou tak alespoň částečně kompenzovat jejich úbytek. Uměle vytvořené plovoucí struktury byly osídleny různými společenstvy vodních bezobratlých (Salmon a kol. 2022). Různorodé materiály použité v konstrukcích ostrovů vytváří více heterogenní prostředí, což navyšuje jak početnost, tak diverzitu druhů bezobratlých (Schmude a kol. 1998). Vysoká míra osídlení umělých plovoucích ostrůvků může být způsobena i tím, že se jedná o stabilní a pro bezobratlé snadno přístupné a plovoucí technologie, u kterých nezávisí na výšce vodní hladiny. Salmon a kol. (2022) uvádí jako hlavní zástupce bezobratlých vyskytujících se na konstrukcích plovoucích ostrovů čeled' pakomárovitých (*Chironomidae*), třídu máloštětinatců (*Oligochaeta*) a řádu vodních roztočů skupinu vodulí (*Hydracarina*). Jako druhy, které byly během studie nalezeny ve zvýšeném počtu pouze na umělých plovoucích ostrovech, a ne na kontrolních stanicích, jmenuje v článku taxony jako *Gyraulus sp.* (*Gastropoda*), *Wiedemannia sp.* (*Diptera*) nebo *Caenis sp.* (*Ephemeroptera*). Na umělých plovoucích strukturách byl zaznamenán i výskyt jedinců ze skupin žahavců (*Cnidaria*), chrostíků (*Trichoptera*) a mlžů (*Bivalvia*) (Salmon a kol. 2022). Hladík 2018 v rámci svého projektu aplikace umělých plovoucích ostrovů na nádrži Lipno pozoroval na kořenech rostlin přítomnost těchto skupin: máloštětinatci, pakomáři, chrostíci (Hladík 2018).

Mokřadní prostředí je nezbytné i pro obojživelníky. Protože v přírodě ubývají přirozeně vlhká území a mělké tůně, přesunuli se některé druhy do člověkem vytvořených rybníků. Některé druhy využívají vodní prostředí pouze v období rozmnožování, jiné potřebují vodní plochu nepřetržitě. Zásadní jsou mokřadní biotopy a litorální oblasti rybníků pro obojživelníky pro kladení vajíček a jejich následný vývoj. Kořeny makrofyt vytváří bariéru, a tak se do mělčích oblastí nedostanou ryby, které jsou hlavními predátory nedospělých jedinců. S úbytkem těchto přirozených oblastí ztrácí obojživelníci prostředí, které by mohli pro rozmnožování využívat.

(Fischer 2016). Využití plovoucích struktur obojživelníky pozorovali v rámci výzkumu na jižním pobřeží Baltského moře. Detekováni byli jedinci skokana zeleného (*Rana esculenta*). Kromě obojživelníků byl zaznamenán i jeden druh hada, a to užovka obojková (*Natrix natrix*) (Karstens a kol. 2021).

Umělé plovoucí ostrovy přispívají k rozvoji makrofytní vegetace. Jsou alternativním prostředím pro její růst. Z důvodu obvyklé eutrofizace jsou živiny pro makrofyta dobře dostupné. To jim umožňuje vytvářet husté porosty odolné konkurenci a klimatickým podmínkám. Zároveň se na ostrovech nenachází predátoři ve formě spásačů. (Headley a Tanner 2006).

Z důvodu výrazného kolísání výšky vodního sloupce v nádrži dochází k úbytku makrofyt. To má za následek také změnu dynamiky eufotické zóny, tedy vrchní vrstvy vodní plochy, na kterou dopadá sluneční záření a kde může probíhat fotosyntéza. Mění se interakce mezi organismy obývajícími mělké litorální území a v neposlední řadě dochází i k narušení transportních procesů (Coops a Hosper 2002). Společně s litorální vegetací tvoří tato makrofytní vegetace důležitou část vodních nádrží, kde vytváří husté porosty. Za makrofytní vegetaci považujeme takovou, která je tvořena vodními rostlinami zcela ponořenými (emerzními) či částečně ponořenými (submerzními) nebo plovoucími na vodní hladině (natantní). Rostliny mohou kořenit v substrátu dna, ale není to podmínkou. Zároveň mohou vytvářet několik vrstev. Běžnými druhy cévnatých rostlin vyskytujícími se v přirozeně eutrofních a mezotrofních stojatých vodách jsou různé druhy okřehků, stulíků nebo rdestů (Kučera a kol. 2001). Příkladem vynořené vegetace běžně rostoucí v litorálních zónách a březích je rákos obecný (*Phragmites australis*) a orobince (*Typha* spp.). Za submerzní vegetaci je považován například rdest hřebenitý (*Potamogeton pectinatus*) nebo lekníny (*Nymphaea* spp.). Okřehky (*Lemna* spp.) jsou typickým příkladem plovoucích makrofyt (Kalff 2003). Ostřice štíhlá (*Carex acuta*) a ostřice měchýřkatá (*Carex vesicaria*) se jeví jako velice vhodné pro tvorbu habitatu pro vodní organismy (Hladík 2018).

4.2.7 Význam plovoucích ostrovů pro zlepšování kvality vody

Při průchodu vody konstrukcí ostrova může docházet ke zlepšení kvality vody. Pohyb vody skrz jednotlivé vrstvy způsobuje odejmutí látek, které jsou znečišťovatelem vodního prostředí (Yeh a kol 2015). Just (2003) zmiňuje, že hlavní filtrační procesy nastávají díky přítomným mikroorganismům (Just 2003). Ze znečišťujících látek se

jedná především o dusík a fosfor, tedy prvky, které jsou při větší koncentraci považovány za hlavní zdroj tvorby vodního květu a vedou ke zvýšené eutrofizaci vody (Yeh a kol. 2015). Dusík i fosfor jsou prvky nezbytné pro biologický růst (Wang a kol. 2012). Přemíra živin však společně s nadměrnou či nevhodně druhově zvolenou rybí obsádkou zvyšují pravděpodobnost zakalení nádrže nebo rybníka. Kvůli početnější rybí obsádce tak dochází ke zrychlenému úbytku potravní nabídky v nádrži, četnějšímu víření sedimentů na dně a tím pádem i zamezení výskytu přirozené a tolik potřebné litorální vegetace (Just 2003).

Jak uvádí Dodkins a Mendzil (2014), v rámci plovoucích ostrovů probíhají podobné procesy jako v mokřadních ekosystémech. Jsou to procesy fyzikální, biochemické, mikrobiální a rostlinné. Kořeny vodních rostlin zabírají větší plochu a tím pádem více podporují děje jako jsou sedimentace, mikrobiologický rozklad, nitrifikace a denitrifikace. Současně se mění chemismus vody, zejména koncentrace rozpuštěného kyslíku a pH (Dodkins a Mendzil 2014). Yao a kol. (2011) zaznamenali při použití umělých plovoucích ostrovů zvyšování hodnoty pH (Yao a kol. 2011).

Lu a kol. (2015) pro zlepšení kvality vody použili plovoucí ostrov se solárními panely, aby získali energii potřebnou pro provzdušňování. Z výzkumu zjistili, že tento typ ostrova dokáže potlačit růst řas a zvýšit obsah rozpuštěného kyslíku. Může být jedním z řešení pro znečištěné vody (Lu a kol. 2015).

Ze studie Pavlineri a kol. z roku 2016 vyplývá, že mezi rostliny, kterým se daří odstraňovat z vody přebytečné živiny, patří zejména ty z čeledi šachorovitých (*Cyperaceae*). Ostřice (*Carex*) má vliv zejména na redukci dusíku. Nejčastěji používanými jsou ostřice štíhlá (*Carex acuta*) a ostřice latnatá (*Carex paniculata*). Na odstranění nadměrného množství fosforu je účinný šachor hlíznatý (*Cyperus spp*) (Pavlineri a kol. 2016). Naproti tomu Wang a kol. (2012) zmiňuje, že na rozdíl od dusíku není odstraňování fosforu pomocí ostrovů tak účinné (Wang a kol. 2012).

Hladík 2018 uvádí, že při použití plovoucích ostrovů pro účely snížení koncentrace živin je klíčová velikost nádrže, kde jsou ostrovy aplikovány. Při velké ploše nádrže se snižuje pravděpodobnost retence a výraznějšího úbytku živin ve vodě (Hladík 2018).

Hu a kol. (2010) testovali využití kalu v kombinaci s umělými plovoucími ostrovy pro snižování živinové zátěže v eutrofních vodách. Pro tento účel byla plovoucí rohož osázena rostlinou puškorce obecného (*Acorus calamus*), který dokáže absorbovat živiny a působí tak proti nadměrnému znečištění vody v nádrži. Výsledkem bylo snížení dusíku, fosforu a chlorofylu a (Hu a kol. 2010). Podle Liu a kol. (2016) napomáhá odstraňování škodlivých látek z vody i *Iris wilsonii* a vlhkomilná kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*) (Liu a kol. 2016).

Yao a kol. (2011) uvádí, že za sníženým obsahem fosforu stojí rostliny *Iris wilsonii*, *Scirpus validus Vahl* a *Lythrum salicaria*. Pro odstranění dusíku byl efektivní kromě již zmíněných 3 emerzních rostlin ještě orobinec nejmenší (*Typha minima*) (Yao a kol. 2011).

4.2.8 Historie využití umělých plovoucích ostrovů

Původ plovoucích ostrovů nalezneme v jihovýchodní Asii. Části těl vodních plovoucích rostlin (zejména listy) se používaly již v 11. století. Tamní zemědělci využívali pole a mokřady pro zisk živin. Ve vodě rozpuštěné látky se po vysušení oblasti dostaly do půdy, která byla následně použita jako hnojivo v zemědělství (Whitton a Potts 2002).

Myšlenka na využití ostrovů jako média ke zlepšení vlastností vody má poměrně dlouhou historii (Hoeger 1988). I tak byly první plovoucí ostrovy pro účel zlepšení kvality vody sestavené v Japonsku až kolem 90. let 20. století. Důležitou rostlinou použitou v dané konstrukci ostrovů byla *Canna generalis*. Ta pohlcuje přebytečné živiny z rybníků a jiných vodních nádrží (Wu a kol. 2000). V Německu byl naopak pro zvýšení kvality znečištěných vod použit vodní hyacint (*Eichhornia crassipe*). Účelem bylo odstranění některých chemických prvků z vodního prostředí. Snaha byla především o redukci množství stříbra, kobaltu a stroncia (Wolverton a McDonald 1975).

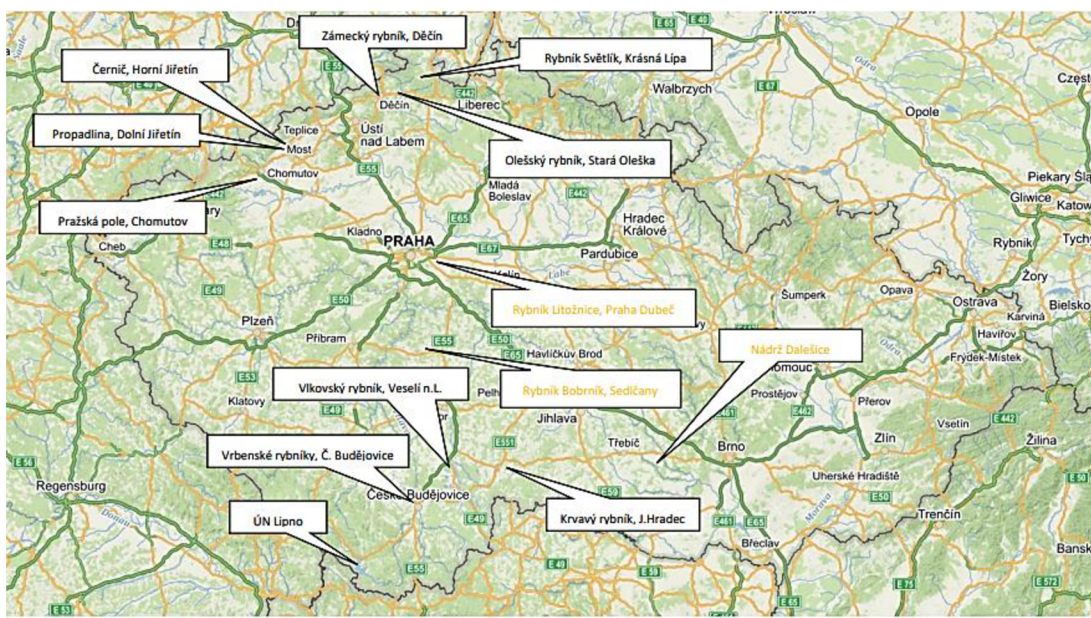
Umělé plovoucí ostrovy jsou relativně mladé technologie, které si teprve prorážejí svoji cestu. Nespočet možností jejich využití a eventuelní modularita zaručuje jejich aplikaci pro různé potřeby i do budoucna.

4.2.9 Umělé plovoucí ostrovy v ČR

Jedním z hlavních důvodů aplikace technologií umělých plovoucích ostrovů v České republice bylo vytvoření nových lokalit vhodných pro živočichy primárně obývající příbřežní zóny nebo přesunutí chybějících litorálních částí vodních nádrží na vodní hladinu. Pro konstrukci prvních ostrovů byly inspirovány technologiemi plovoucích ostrovů ze zahraničí. Tam se ostrovy hojně využívají jako kořenové čistírny odpadních vod nebo jako stanoviště pro vodní ptactvo a další organismy. Případně jsou prvkem plnicím estetickou funkci (například na vodních plochách ve městech) (Hladík 2018).

V České republice musí být na rozdíl od zahraničí přihlédnuto k náročnějším klimatickým podmínkám (led, sníh) (Kubečka a kol. 2020).

V České republice již proběhlo několik instalací umělých plovoucích ostrovů. Ne vždy se jednalo o aplikaci za účelem vytvořit nová stanoviště pro vodní ptactvo. S tímto cílem byly na vodu spuštěny ostrovy v lokalitách Třeboňska, Jindřichova Hradce a Horního Jiřetína (Hladík a Musilová 2022). Další lokality, kde proběhla aplikace ostrovů se stejným záměrem jsou vodní nádrž Lipno a jižní Morava (Čamlík a kol. 2014). Na obrázku 9 jsou graficky znázorněna území České republiky, kde již instalace umělých plovoucích ostrovů proběhla nebo kde je jejich realizace v přípravě.



Obr. 20: Mapa již realizovaných a připravovaných instalací plovoucích ostrovů

Obrázek 9: Mapa instalací umělých plovoucích ostrovů v ČR (URL 9).

4.2.9.1 Projekt TH02030633

Jedním z projektů zabývajících se vývojem technologií umělých plovoucích ostrovů zejména pro prostředí vodních nádrží byl projekt Plovoucí zelené ostrovy, perspektivní alternativa pro zlepšení ekologického potenciálu a podporu rozvoje litorálních společenstev na vodních nádržích (TH02030633). Byl uskutečněn mezi lety 2017 a 2020 v rámci programu Epsilon. Cílem bylo vytvořit plovoucí systémy, které by odolaly přírodním podmínkám v České republice a zároveň by zlepšovaly ekologickou funkčnost vodních nádrží. Součástí projektu bylo i sestavení ostrova zapuštěného pod vodní hladinou a poskytujícího vhodné podmínky pro růst emerzních rostlin. V projektu byla použita konstrukce firmy Biomatrix. Instalace vodního ostrova proběhla na vodní nádrži Lipno (Anonymus 3) (Obrázek 10).



Obrázek 10: Zelené plovoucí ostrovy na nádrži Lipno (URL 10).

4.2.9.2 Projekt 3211100016

Současně probíhajícím projektem na Fakultě životního prostředí České zemědělské univerzity je Realizace plovoucích zelených ostrovů pro zlepšení hnízdních podmínek pro vodní ptáky a posílení biodiverzity rybníčních ekosystémů (3211100016). Jedná se o projekt v rámci programu RAGO spolufinancovaný z norských fondů s plánovanou dobou trvání od roku 2022 do roku 2024. Hlavním cílem projektu je vytvoření alternativních hnízdišť pro určité druhy ptáků (kachny, racky a rybáky) (Anonymus 4 2022).

Konstrukce používané během projektu jsou vytvářené dle užitého vzoru CZ 34438 U1. Dohromady má být sestaveno 20 plovoucích ostrovů. Každý z nich zaujímá plochu 32 m² (Obrázek 11, Obrázek 12).

V roce 2022 bylo zkonstruováno 8 z nich na rybnících Krvavý a Vlkovský a dále na lokalitách u Horního Jiřetína. Projekt je úspěšný již po prvním roce. Na rybníce Krvavý se podařilo vyvést mladé samice Poláka chocholačky (*Aythya fuligula*). Na rybníce Vlkovský ptákům slouží ostrůvky jako odpočívadla. (Hladík a Musilová 2022).



Obrázek 11: Využívání plovoucích ostrovů vodním ptactvem (URL 11).



Obrázek 12: Vodní plovoucí ostrov zkonstruovaný v rámci programu RAGO (Jůnek 2022).

5. Výsledné zhodnocení

V rámci této bakalářské práce byla představena problematika umělých plovoucích ostrovů. Podstatná část byla věnována jejich technickým řešením. Při tvorbě plovoucích konstrukcí je podstatné zvážit jejich velikost, složení vegetačního krytu a typ substrátu nebo fixační vrstvy. Jako velmi efektivní řešení pro podporu hnízdění vodního ptactva a rozvoj biodiverzity mokřadu se ukázalo použití konstrukce z oceli s antikorozi ochranou. Většinou byla aplikovaná v kombinaci s rohoží z kokosových vláken (Kubečka a kol. 2020; Karstens a kol. 2021). Výhodou této konstrukce je především jeho modularita, odolnost, trvanlivost a cenová i materiální dostupnost. Dalším vhodným materiálem používaným pro stavbu umělých plovoucích ostrovů je dřevo, beton a polyuretanové matrace. Syntetické polymery (polyurethan, polyethylen, polystyren) jsou pro konstrukci ostrovů používané zejména v zahraničí (Kartens a kol. 2021). Užití jednotlivých konstrukcí je zobrazeno v tabulce 2.

Lze předpokládat, že používání syntetických polymerů bude v budoucnu omezováno v souvislosti s ochranou životního prostředí (ústup od plastových výrobků). V budoucnu by se mělo více dbát na využívání striktně přírodních materiálů (dřevo, korek), aby vznikaly přírodě blízké ekosystémy, u kterých nebude vznikat po ukončení životnosti ekologicky závadný odpad.

Umělé plovoucí ostrovy se pro účely vytvoření náhradních habitatů pro vodní ptactvo konstruuji napříč státy. Ostrovy ptákům nejčastěji slouží jako alternativní hnízdiště. Doloženy jsou příklady z USA, Německa, Velké Británie i České republiky. Hnízda si na plovoucích ostrovech vytvářejí potáplice lední (*Gavia immer*) a potáplice severní (*Gavia arctica*), slípka zelenonohá (*Gallinula chloropus*) nebo rybák obecný (*Sterna hirundo*) (Nakamura a Shimatani 1997; Piper a kol. 2002; Mikeš a kol. 2021). V tabulce 3 jsou zaznamenány další příklady studií, které se problematice věnují. Ve většině případů vede použití ostrovů ke zvýšení početnosti populací vodního ptactva. Zároveň umělé plovoucí ostrovy snižují predační tlak a mortalitu.

Tabulka 3: Plovoucí ostrovy pro hnízdění ptáků. (Zdroj: vlastní)

Plovoucí ostrovy pro hnízdění ptáků				
druh	území (stát)	důvod instalace	dopad na cílový druh	citace
rybák obecný	Česká republika	zlepšení ekologického stavu vodní nádrže Lipno	úspěšné vyvedení mláďat	Mikeš a kol. 2021
lyska černá, potápka roháč, polák velký, kachna divoká, rybák bahenní, rybák bělokřídlý	Čína	ochrana mokřadů a vodních ptáků, zvyšování biodiversity mokřadu	zvýšení početnosti druhů	Yuan a kol. 2020
potáplice malá	Finsko	zvýšení produktivity hnízdící populace potáplíc malých	zvýšení hnízdní úspěšnosti potáplíc	Nummi a kol. 2013
slípka zelenonohá	Japonsko	čištění vody a zlepšování kvality mokřadu	zahnízdění slípky zelenonohé	Nakamura a Shimatani 1997
berneška velká, kachna divoká, kopřivka obecná	Kanada	výzkum využívání umělých plovoucích ostrovů vodním ptactvem	navýšení density druhu	Giroux 1981
volavka popelavá, racek chechtavý, kachna divoká	Německo, jižní pobřeží Baltského moře	vytvoření náhradních habitatů v eutrofizovaných vodách	ostrov nebyl využit pro hnízdění, sloužil jako odpočívadlo	Karstens a kol. 2021
rybák černý	Nizozemí	zvýšení početnosti druhu na základě dodání umělých plovoucích ostrovů k zahnízdění	úspěšné zahnízdění a navýšení populace	Tinbergen a Heemskerk 2016
rybák velkozobý	Kanada	vytvoření alternativních hnízdišť	nárůst populace	Lampman a kol. 1996
kvakoš noční, rybák obecný, rybák velkozobý	Kanada	udržení a monitoring kolonií vodních ptáků, studium jejich vzájemných vztahů	zahnízdění rybáka obecného	Quinn a kol. 2011
potáplice malá, potáplice severní	Skotsko	navýšení hnízdní úspěšnosti	zvýšení hnízdní úspěšnosti potáplíc, zahnízdění racka bouřního	Merrie 1996
potáplice severní, potáplice malá	Skotsko	podpora hnízdních stanovišť	zvýšení populace potápek	Hancock 2000

potáplice lední	USA (Minnesota)	studium hnízdní úspěšnosti na plovoucích ostrovech a mimo ně	více párů potáplíc zahnízdilo na plovoucích ostrovech	McIntire a Mathisen 1977
potáplice lední	USA (Wisconsin)	zvýšení reprodukční úspěšnosti a udržení populace potáplíc	úspěšné zahnízdění, snížení predatorního tlaku na druh	Piper a kol. 2002
rybák černý	USA	ověření hypotézy, že reprodukční úspěšnost je omezena dostupností vhodného prostředí	dostupnost ostrovů zvýšila reprodukční úspěšnost a pravděpodobnost přežití	Shealer a kol. 2006
potáplice lední	USA (New Hampshire)	výzkum rozdílů ve využívání plošin na jezerech se stálou a kolísající hladinou a identifikace faktorů ovlivňujících hnízdění	zahnízdění potáplice na plošině	DeSorbo a kol. 2007
potápka západní, potápka Clarkova	USA (Kalifornie)	vývoj umělých hnízd přizpůsobivých kolísající hladině vody	úspěšné zahnízdění druhu	Rienschke a kol. 2009
chřástal - <i>Rallus obsoletus</i>	USA (Kalifornie)	posouzení míry využití umělých konstrukcí	snížení úmrtnosti populace	Overton a kol. 2015
rybáci, bahňáci, racci, potápky (rybák severní, rybák malý, racek černohlavý, polák velký, potáplice malá a další)	Velká Británie	vytvoření bezpečných hnízdišť pro vybrané druhy ptáků	vytvoření hnízdišť	Burgess a kol. 1992

Stejně jako pro ptáky jsou plovoucí ostrovy útočištěm i pro ryby (zejména juvenilní stádia), obojživelníky (*Rana esculenta*) nebo bezobratlé (Karstens a kol. 2021; Mikeš a kol. 2021; Salmon a kol. 2022). Makrofytní vegetace rostoucí na plovoucích ostrovech a v jejich okolí, typicky orobince (*Typha spp.*) a ostřice (například *Carex acuta*), nahrazuje přítomným živočichům úkryty, které jim běžně poskytují litorální porosty (Headley a Tanner 2006).

Vliv mají ostrovy i na kvalitu vody. Kořenové systémy vysazené vegetace plní čistící funkci (Dodkins a Mendzil 2014). Zvyšují pH (Yao a kol. 2011) a odstraňují z vodního prostředí přebytečné živiny (dusík, fosfor) (Yeh a kol. 2015).

Také pro člověka jsou plovoucí ostrovy přínosem. Kromě estetického významu slouží i jako čistící filtry v zásobárnách vody. Udržení dostatečného množství čisté vody v krajině bude v příštích letech stále větší problém. Proto bude rozvoj technologií umělých plovoucích ostrovů jistou součástí výzkumu v následujících letech. I kvůli důsledkům globálního oteplování a zvyšující se hladiny světového oceánu by tyto konstrukce mohly v příštích letech představovat alternativní prostředí pro větší počet druhů.

Snaha o navrácení přirozených biotopů do krajiny je v zájmu celé naší společnosti. S narůstající potřebou stabilizovat degradující životní prostředí v příštích letech je nutné zvyšovat i finanční podporu projektů, které mají na zlepšení této situace prokazatelně pozitivní vliv. Dostupnost finančních zdrojů by zásadně změnila situaci. Jak uvádí Hladík (2018), konstrukce jednoho čtverečního metru ostrova v současné době vychází asi na 7 000 Kč (Hladík 2018). I přes to, že jsou projekty podporovány dotacemi, je nedostatek finančních zdrojů jejich limitem.

6. Diskuse

Plovoucí ostrovy jsou alternativou litorálních hnízdních lokalit. Aby představovaly vhodné útočiště pro ptáky, musí odpovídat nárokům konkrétních druhů. To je patrné i ze studií Dunlop a kol. (1991) a Lampman a kol. (1996). Obě studie se zabývají vytvořením alternativních hnízdišť pro rybáka obecného (*Sterna hirundo*), který je jedním z druhů hojně využívající ostrovy pro zahnízdění. U obou studií je použita stejná konstrukce z překližek upevněných v dřevěném rámu. Rozdíl je pouze v použitém plováku. Dunlop a kol (1991) během výzkumu používá pro nadnesení ostrova barely. Tím vytváří mezi plošinou a vodní hladinou rozdíl asi 30 cm. Lampman a kol. (1996) naopak používá upravenou konstrukci, kdy místo barelů objekt nadnáší PVC trubky. Tím pádem je ostrov blíže vodní hladině. Dalo by se tak předpokládat, že pro lepší přístupnost bude ostrov s PVC trubkami více osídlen. To se v rámci studií potvrzuje. Z ostrova s PVC trubkami vzešlo 97 mlád'at, z plovoucího ostrova s barely 64 mlád'at. Roli hraje i bouřka, kvůli které bylo poničeno hnízdní stanoviště na ostrově s barely, protože ostrov nebyl dobře ukotven (Dunlop a kol. 1991; Lampman a kol. 1996).

Při rešerši jsem zjistila, že rybáci nepreferují konkrétní typ ostrova nebo určitý materiál konstrukce. To potvrzuje i studie Mikeše a kol. (2021), která se tvorbou umělých plovoucích struktur pro rybáky obecné také zabývá. Při ní jsou rybákům poskytnuty ostrovy z gabionových sítí s rohožemi z kokosových vláken. Mikeš a kol (2021) navíc zdůrazňuje, že rybáci jsou v Čechách silně vázaní na kolonie racků, na jejichž hnízda má negativní dopad kolísání vodní hladiny. Toto tvrzení koresponduje i s výzkumem Dunlopa a kol. (1991) a Lampman a kol. (1996).

Také Hancock uvádí, že nezáleží přímo na konstrukčním typu, ale spíše na zvolení vhodné lokality. Většina polystyrenových ostrovů (44) sice byla v rámci jeho výzkumu osídlena cílovým druhem – potáplicemi severními, ale 9 nebylo navštíveno vůbec (Hancock 2000). Přitom potáplice jsou druhem, pro který měly ostrovy jednoznačně pozitivní vliv. Početní nárůst zaznamenaly populace potáplic během studií ve Finsku, Skotsku i USA (Merrie 1996; Piper a kol. 2002; Nummi a kol. 2013).

Je zajímavé, že v případě zahraničních kořenových čistíren a ostrovů pro zlepšování ekologických vlastností je většinou použita konstrukce z vysokohustotní pěny

v kombinaci s rohožemi z přírodních materiálů (Chua a kol. 2012; Schwammberger a kol. 2017; Walker a kol. 2017). Naproti tomu v České republice jsou nejběžnější kovové konstrukce (Kubečka a kol. 2020; Mikeš a kol. 2021). Z důvodu klimatických podmínek by konstrukce z polystyrenu, korku nebo dřeva v České republice dlouhodobě nevydržely.

Broukalová a Kohoutová (2018) navrhuje jako moderní ekologické řešení moduly z vláknobetonu. Výhodou těchto konstrukcí je vysoká odolnost a trvanlivost (Broukalová a Kohoutová 2018). Odolnost si vědci slibovali i od konstrukce z korku. Ten se prokázal jako uhlíkově neutrální materiál schopný vydržet i nejednoduché přímořské podmínky. Problém ale nastal při zarůstání ostrova, kdy se vodní rostliny nepřestaly rozvíjet a způsobily tak ponoření platformy (Calheiros a kol. 2020).

Vliv umělých plovoucích ostrovů na zvyšování kvality vody je nepopiratelný. (Nakamura a Schimatani 1997; Chua a kol. 2012). Naproti tomu význam pro zvyšování diverzity hmyzích společenstev není tak vysoký, z důvodu chybějícího pevného podloží (Nakamura a Schimatani 1997). To naopak vyhovuje drobným bezobratlým živočichům usídlujícím se na kořenech rostlin (Salmon a kol. 2022). Pro ryby jsou ostrovy úkrytem před většími predátory (Karstens a kol. 2021).

Současné výzkumy dokazují, že umělé plovoucí ostrovy jsou vhodnou náhradou za ubývající litorální biotopy. Jestli jsou ale jediným důvodem navýšení biodiverzity mokřadu musí být ještě detailně prozkoumáno.

7. Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo shrnout dostupné poznatky o umělých plovoucích ostrovech. Pozornost byla kladena zejména na jejich význam v rámci zvyšování ekologických vlastností životního prostředí v důsledku jejich aplikace. Téměř všechny dostupné zdroje se shodují, že aktivní kořenové systémy umělých plovoucích ostrovů přispívají ke zvyšování kvality vody. Zároveň ostrovy vytváří alternativu hnízdišť, zimovišť nebo odpočívadel pro vodní ptactvo. V práci jsou uvedeny konkrétní příklady využití umělých plovoucích ostrovů například využití potáplicí severní (*Gavia arctica*), rybákem obecným (*Sterna hirundo*) nebo polákem velkým (*Aythya ferina*). Systémy působí i jako habitaty a úkryty pro další vodní živočichy (ryby, obojživelníky a bezobratlé).

Díky své modularitě mají umělé plovoucí ostrovy velký potenciál využití do budoucna. To naznačuje i navyšující se počet studií z celého světa. V bakalářské práci byly shrnuty informace o aplikaci umělých plovoucích ostrovů ve světě a uvedeny 2 konkrétní příklady projektů zabývajících se použitím umělých plovoucích ostrovů za účelem vytvoření náhradních lokalit pro hnízdění ptáků v České republice a zlepšení ekologických vlastností vodních nádrží. Dokazují, že použití zelených ostrovů má jednoznačně pozitivní význam pro zvyšování biodiverzity mokřadů a zvyšování kvality životního prostředí.

8. Přehled literatury a použitých zdrojů

BROUKALOVA I., KOHOUTKOVA A., 2018. Concrete Composite – Sustainable Material for Floating Islands. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 442. Iop Publishing Ltd. 1-7.

BURGESS N. D., HIRONS G. J. M., 1992: Creation and management of artificial nesting sites for wetland Birds. – Journal of Environmental Management 34. 285–295.

COOPS H., HOSPER S. H., 2002: Water-level management as a tool for the restoration of shallow lakes in the Netherlands. Lake and Reservoir Management 18 (4). 293–298.

COWARDIN L. M., CARTER V., GOLET F. C., LAROE E. T., 1992: Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. U.S. Department of Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C., USA: 142 s.

CUTHBERT F. J., 1985: Intra-seasonal movement between colony sites by Caspian Terns in the Great Lakes. Wilson Bulletin 97. 502-510.

CUTHBERT F. J., 1988: Reproductive success and colony-site tenacity in Caspian Terns. Auk 105. 339-344.

ČAMLÍK G., ZAŇÁT J., BERKA P., 2014: Opatření na podporu hnízdění rybáka obecného (*Sterna hirundo*) v Jihomoravském kraji v letech 2008 až 2014 a jejich výsledky. Crex 34. 8–38.

DESORBO C. R., TAYLOR K. M., KRAMAR D.E., FAIR J., COOLEY J. H. Jr., EVERS D. C., HANSON W., VOGEL H.S., ATWOOD J.L., 2007: Reproductive advantages for common loons using rafts. Journal of Wildlife Management 71. 1206–1213.

DUNLOP C. L., BLOKPOEL H., JARVIE S., 1991: Nesting rafts as a management tool for a declining common tern (*Sterna hirundo*) colony. Colonial Waterbirds 14. 116-120.

FISCHER D., 2016: Přežijí obojživelníci současný způsob nakládání s rybníky?. Fórum ochrany přírody 03/2016. 24-29.

FOŠUMOVÁ P., HAKR P., HUSÁK Š. [eds], 1996: Mokřady České republiky: Sborník abstraktů z celostátního semináře k 25. výročí Ramsarské konvence. Botanický ústav AV ČR, Třeboň: 167 s.

FRANKOVÁ L., 2011: Mokřady a rašeliniště horských oblastí: obnova a způsoby hospodaření. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha: 28 s.

GIROUX J. F., 1981: Use of Artificial Islands by Nesting Waterfowl in Southeastern Alberta. *The Journal of Wildlife Management*, vol. 45, no. 3. 669–79.

GRÜLL A., 1982: *Sterna hirundo* Linnaeus 1758 – Flußseeschwalbe. – In: Glutz von Blotzheim U. N. (ed.), *Handbuch der Vögel Mitteleuropas: Band 8/II: Charadriiformes (3. Teil)*, Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden. 791–846.

HAMMOND M. C., MANN G. E., 1956: Water-fowl nesting islands. *J. Wildl. Manage.* 20. 345–352.

HANCOCK M., 2000: Artificial floating islands for nesting Black-throated Divers *Gavia arctica* in Scotland: construction, use and effect on breeding success, *Bird Study*, 47:2. 165-175.

HEADLEY T. R., TANNER C. C., 2006: Application of Floating Wetlands for Enhanced Stormwater Treatment: A Review. Auckland Regional Council Technical Publication, New Zealand: 93 s.

HLADÍK M., 2018: Plovoucí zelené ostrovy. *Racek – Magazín státního podniku povodí Vltavy*. 16–19.

HOEGER S., 1988: Schwimmkampen - Germanys Artificial Floating Islands. – *J. Soil Water Conserv.* 43. 304–306.

HU G. J., ZHOU M., HOU H. B., ZHU X., ZHANG W. H., 2010: An ecological floating-bed made from dredged lake sludge for purification of eutrophic water, *Ecological Engineering*, Volume 36, Issue 10. 1448-1458.

CHANG Y., CUI H., HUANG M., HE Y., 2017: Artificial floating islands for water quality improvement. *Environ. Rev.* 25. 350–357.

CHEN Y. Y., LU X. G., 2003: The Wetland Function and Research Tendency of Wetland Science. *Wetland Science* 1. 7-11.

CHUA L. H. C., TAN S. B. K., SIM C. H., GOYAL M. K., 2012: Treatment of baseflow from an urban catchment by a floating wetland system, *Ecological Engineering*, Volume 49. 170-180.

CHYTIL J., HAKROVÁ P., HUDEC K. (eds.), 1999: Mokřady České republiky – přehled vodních a mokřadních lokalit České republiky. Český ramsarský výbor, Mikulov: 327 s.

CHYTIL J., LOREK K., VERMOUZEK Z., BOTKOVÁ K., 2017: Výsledky hnízdění rybáka obecného (*Sterna hirundo*) na umělých plovoucích ostrůvcích na střední Moravě. *Zprávy MOS 75/76*. 4-17.

JESPERSEN A.N. (ed.), 2020: *An Introduction to Constructed Wetlands*, Nova Science Publishers, Incorporated, USA: 185 s.

JUST T., 2003: Revitalizace vodního prostředí: všem, kteří si přejí udělat z příkopů a kanálů zase potoky a řeky. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha: 144 s.

KALFF J., 2003: *Limnology, Inland water ecosystems*. Prentice Hall: 592 s.

KARSTENS S., LANGER M., NYUNOVA H., ČARAITÉ I., STYBEL N., RAZINKOVAS-BAZIUKAS A., BOCHERT R., 2021: Constructed floating wetlands made of natural materials as habitats in eutrophicated coastal lagoons in the Southern Baltic Sea. *Journal of Coastal Conservation* 25: 44. 1-14.

KENDER J. (ed.), 2000: *Teoretické a praktické aspekty ekologie krajiny*. Ministerstvo životního prostředí, Praha: 220 s.

KERR-UPAL M., SEASONS M., MULAMOOTTIL G., 2000: Retrofitting a stormwater management facility with a wetland component, *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 35:8. 1289-1307.

KNIGHT R. L., WALTON W. E., O'MEARA G., REISEN W. K., WASS R., 2004: Strategies for effective mosquito control in constructed treatment wetlands. *Ecological Engineering* 21. 211–232.

KOČKOVÁ E., 1994: Vegetační kořenové čistírny odpadních vod. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha: 67 s.

KOHUT R., 2015: Technologie plovoucích ostrovů pro čištění odpadních vod. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny, Brno. 94 s. Bakalářská práce. „nepublikováno“.

KUČERA T., KOČÍ M., CHYTRÝ M. (ed.), 2001: Katalog biotopů České republiky: interpretační příručka k evropským programům Natura 2000 a Smaragd. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha: 304 s.

LAMPMAN K. P., TAYLOR M. E., BLOKPOEL H., 1996: Caspian Terns (*Sterna caspia*) Breed Successfully on a Nesting Raft. *Colonial Waterbirds*, 19(1). 135–138.

LIU J. L., LIU J. K., ANDERSON J. T., ZHANG R. and ZHANG Z. M., 2016: Potential of aquatic macrophytes and artificial floating island for removing contaminants. – *Plant Biosyst.* 150. 702–709.

LU H. L., KU C. R., CHANG Y. H., 2015: Water quality improvement with artificial floating islands. *Ecol. Eng.* 74. 371–375.

MALTBY E., BARKER T. (eds.), 2009: *The Wetlands Handbook*. Blackwell Publishing Ltd. Great Britain: 800 s.

MCANDREW B., AHN CH., 2017: Developing an ecosystem model of a floating wetland for water quality improvement on a stormwater pond, *Journal of Environmental Management*, Volume 202, Part 1. 198-207

MCINTIRE J. V., MATHISEN J. E., 1977: Artificial Islands as Nest Sites for Common Loons. *The Journal of Wildlife Management*, 41(2). 317–319.

MERRIE T. D. H., 1996: Breeding success of raft-nesting divers in Scotland. *British Birds* 89. 306–309.

MIKEŠ V., MUŠKA M., VONDRKA A., RIEGERT J., HLADÍK M., 2021: Hnízdění rybáků obecných (*Sterna hirundo*) na vodní nádrži Lipno. *Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích. Přírodní vědy* 61. 80–86.

NAKAMURA K., SHIMATANI Y., 1997: Water purification and environmental enhancement by the floating wetland. 6th IAWQ Asia-Pacific Regional Conference. 888-895.

NUMMI P., VÄÄNÄNEN V. M., PAKARINEN R., PIENMUNNE E., 2013: The Red-throated Diver (*Gavia stellata*) in human-disturbed habitats – building up a local population with the aid of artificial rafts. *Ornis Fennica* 90. 16–22.

OVERTON C. T., TAKEKAWA J. Y., CASAZZA M. L., BUI T. D., HOLYOAK M., STRONG D. R., 2015: Sea-level rise and refuge habitats for tidal marsh species: Can artificial islands save the California Ridgway's rail? *Ecological Engineering* 74. 337–344.

PIPER W. H., MEYER M. W., KLICH M., TISCHLER K. B., DOLSEN A., 2002: Floating platforms increase reproductive success of common loons. *Biological Conservation*, Volume 104, Issue 2. 199–203.

PRACH K., ŠTECH M. a ŘÍHA P., 2009: *Ekologie a rozšíření biomů na Zemi*. Scientia, Praha: 151 s.

PRIMACK R. B., KINDLMANN P., JERSÁKOVÁ J., 2011: *Úvod do biologie ochrany přírody*. Portál, Praha: 466 s.

QUINN J.S., MORRIS R.D., BLOKPOEL H., WESELOH D.V., EWINS P.J., 2011: Design and management of bird nesting habitat: tactics for conserving colonial waterbird biodiversity on artificial islands in Hamilton Harbour, Ontario. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*: 53 (S1). 45-57.

RIENSCHÉ D. L., MENA J. D., SHAWEN A. B., 2009: Western and Clark's grebes nest platforms designed for fluctuating water levels. *Transaction of the western section of the wildlife society* 45. 7-16.

SHEALER D.A., BUZZELL J. M., HEIAR J.P., 2006: Effect of floating nest platforms on the breeding performance of Black Terns. *Journal of Field Ornithology*, 77. 184-194.

SCHMUDE K. L., JENNINGS M. J., OTIS K. J., PIETTE R. R., 1998: Effects of habitat complexity on macroinvertebrate colonization of artificial substrates in North Temperate Lakes. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 17. 73–80.

SCHWAMMBERGER P., WALKER C., LUCKE T., 2017: Using floating wetland treatment systems to reduce stormwater pollution from urban developments. *International Journal of GEOMATE*. Vol. 12, Issue 31. 45-50.

ŠŤASTNÝ V., RIEGERT J., 2021: Habitat use of breeding birds in Central European reed beds. *Wetlands Ecology and Management* 29. 81–91.

TINBERGEN J. M., HEEMSKERK L. M., 2016: Local Black Tern *Chlidonias niger* Population Trends in Relation to Nest Platform Provisioning. *Ardea* 104(3). 239-252.

VAN DUZER C., 2004: Floating Islands: A Global Bibliography. *Scientia Marina* 69. 183-186.

VYMAZAL J., 1995: Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách. ENVI, Třeboň: 147 s.

WALKER C., TONDERA K., LUCKE T., 2017: Stormwater Treatment Evaluation of a Constructed Floating Wetland after Two Years Operation in an Urban Catchment. *Sustainability* 9(10); 1687. 1-10.

WANG G. F., WANG X. J., WU L., LI, X. N., 2012: Contribution and purification mechanism of bio-components to pollutants removal in an integrated ecological floating bed. *J. Civil Arch. Environ. Eng.* 34(4). 136-141.

WHITTON B. A., M. POTTS M. (eds), 2002: *The Ecology of Cyanobacteria. Their diversity in Time and Space*. Kluwer Academic Publishers, New York: 669 s.

WOLWERTON B.C., MCDONALD R.C., 1975: Water hyacinth and alligator weeds for removal of Silver, Cobalt and Strontium from polluted waters. *Nasa Technical Memorandum*. 72: 727 s.

WU W., SONG X., JIN Q., YING H., ZOU G., 2000: Study on soilless culture of canna on fish pond. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology* 6. 206–210.

YAO K., SONG S., ZHANG Z., XU J., ZHANG R., LIU J., CHENG L., LIU J., 2011: Vegetation characteristics and water purification by artificial floating island. *Afr. J. Biotechnol* 10. 19119–19125.

YEH N., YEH P., CHANG Y. H., 2015: Artificial floating islands for environmental improvement, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 47. 616-622.

YUAN Z. A., LIU X., DU H., ZHANG M. H., 2020: Can Artificial Ecological Islands Alter the Biodiversity of Macroinvertebrate and Waterfowl? A Case Study in Fujin National Wetland Park, Heilongjiang Province, China. *Authorea* 1-13.

INTERNETOVÉ ZDROJE:

AOPK ČR, ©2023: Ramsarská úmluva (online) [cit.2023.03.31], dostupné z <<https://nature.cz/ramsarska-umluva>>.

ANONYMUS 1: Department of Environment and Science, Queensland, 2022: Treatment wetlands, Wetland (online) [cit.2023.03.31], dostupné z <<https://wetlandinfo.des.qld.gov.au/wetlands/management/treatment-systems/for-agriculture/treatment-sys-nav-page/constructed-wetlands/>>.

ANONYMUS 2: National Geographic Society, 1996: Island Education (online) [cit.2023.03.31], dostupné z <<https://education.nationalgeographic.org/resource/island/>>.

ANONYMUS 3: TA ČR STARFOS, 2021: Plovoucí zelené ostrovy, perspektivní alternativa pro zlepšení ekologického potenciálu a podporu rozvoje litorálních společenstev na vodních nádržích (online) [cit.2023.03.31], dostupné z <[Plovoucí zelené ostrovy,... - CEP - TA ČR Starfos \(tac.r.cz\)](#)>.

ANONYMUS 4: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2022: Realizace plovoucích zelených ostrovů pro zlepšení hnízdních podmínek pro vodní ptáky a posílení biodiverzity rybníčních ekosystémů (online) [cit.2023.03.31], dostupné z <ragoostrovy.fzp.czu.cz>.

ANONYMUS 5: Biomatrix Water, 2023: Floating ekosystem modules (online) [cit.2023.03.31], dostupné z <[Floating Ecosystems – Biomatrix \(biomatrixwater.com\)](#)>.

BIOMATRIX WATER, ©2023: Bringing water to life. (online [cit.2023.03.31], dostupné z <[Bringing Water To Life - Biomatrix \(biomatrixwater.com\)](#)>.

CALHEIROS C. S. C., CARECHO J., TOMASINO M. P., ALMEIDA C. M. R., MUCHA A. P., 2020: Floating Wetland Islands Implementation and Biodiversity Assessment in a Port Marina. (online) [cit.2023.03.31], dostupné z <<https://doi.org/10.3390/w12113273>>.

CEPÁK J., LUMPE P., MACHÁČEK P., PAVELKA K., SLABEYOVÁ K., 2017: Zpráva o stavu vybraných druhů vodních a mokřadních ptáků využívajících mokřady mezinárodního významu v České republice a doporučení pro jejich management a udržitelné využívání. (online) [cit.2023.03.31], dostupné z <[Microsoft Word - Zprava o stavu ptaku v RS CR_edZ.doc \(birdlife.cz\)](#)>.

DODKINS I., MENDZIL A.F., 2014: Floating Treatment Wetlands (FTWs) in Water Treatment: Treatment efficiency and potential benefits of activated carbon (online) [cit.2023.03.31], dostupné z <[29-dodkins-report.pdf \(floatingislandinternational.com\)](#)>.

HLADÍK M., MUSILOVÁ Z., 2022: Unikátní umělé plovoucí ostrovy poskytují vodním ptákům nová hnízdiště, tisková zpráva (online) [cit.2023.03.31], dostupné z <[ragoostrovy.fzp.czu.cz](#)>.

PAVLINERI N., SKOULIKIDIS N. T., TSIHRINTZIS V. A., 2016: Constructed Floating Wetlands: A review of research, design, operation and management aspects, and data meta-analysis (online). [cit.2023.03.31], dostupné z: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894716313857>>.

SALMON Q., COLAS F., WESTERLIN S., DUBLON J., BAUDOIN J. M., 2022: Floating Littoral Zone (FLOLIZ): A solution to sustain macroinvertebrate communities in regulated lakes?, Ecological Engineering, Volume 176 (online) [cit.2023.03.31], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857421003645>>.

SHAW L., 2021: Complex Food Chains Support Biodiversity Gains in London's Docklands – Biomatrix. Bringing Water To Life – Biomatrix (online) [cit.2023.03.31], dostupné z <<https://www.biomatrixwater.com/news/a-refuge-for-wildlife-in-the-urban-jungle/>>.

SHAW L., 2022: An Expanding Floating Wildlife Corridor in Nottingham. Biomatrix. Bringing Water To Life – Biomatrix (online) [cit.2023.03.31], dostupné z <[An Expanding Floating Wildlife Corridor in Nottingham - Biomatrix \(biomatrixwater.com\)](https://www.biomatrixwater.com/news/an-expanding-floating-wildlife-corridor-in-nottingham/)>.

VYMAZAL J., 2004: Kořenové čistírny odpadních vod. Třeboň, 2004. (online) [cit. 2023.03.31], dostupné z <<https://www.enki.cz/cs/publikace/ke-stazeni/item/93-korenove-cistirny-odpadnich-vod>>.

WETLANDS INTERNATIONAL, ©2023: Waterbird population estimates (online)[cit.2023.03.31], dostupné z <[Waterbird Population Estimates \(wetlands.org\)](https://www.wetlands.org/waterbird-population-estimates/)>.

LEGISLATIVNÍ ZDROJE:

Secretary of the Convention on Biological Diversity 1992: Convention on Biological Diversity (CBD), (Rio de Janeiro, Brasil, 1992), UNCED

Ramsar Convention Secretariat 2013: The Ramsar Convention Manual: a guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971), 6th ed. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.

OSTATNÍ ZDROJE:

Biologické centrum AV ČR. v.v.i., Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s., 2020: Zařízení pro zlepšení ekologických vlastností vodních nádrží a sestava s tímto zařízením. [CZ 34438 U1]. Kubečka J., Čtvrtílková M., Muška M., Hladík M., České Budějovice, 9 s. „nepublikováno“. Dep.: Úřad průmyslového vlastnictví ČR, Praha.

9. Zdroje obrázků a tabulek

SEZNAM OBRÁZKŮ:

- URL 1: <[Artificial floating islands for environmental improvement - ScienceDirect](#)>[cit.2023.03.31]
- URL 2: <[Figure 1 | Constructed floating wetlands made of natural materials as habitats in eutrophicated coastal lagoons in the Southern Baltic Sea | SpringerLink](#) >[cit.2023.03.31]
- URL 3: <<https://www.biomatrixwater.com/wp-content/uploads/2019/10/biomatrix-3d-floating-ecosystem-768x361.jpg>>[cit.2023.03.31]
- URL 4: <https://www.researchgate.net/figure/Assembling-of-artificial-floating-island-three-elements-joint-together_fig1_329230464>[cit.2023.03.31]
- URL 5: <<https://www.ecocean.fr/2019/wp-content/uploads/2019/11/Radeau-v%C3%A9g%C3%A9talis%C3%A9-%C2%A9-Remy-Dubas-ECOCEAN-1-300x200.jpg>>[cit.2023.03.31]
- URL 6: <[Figure 3 from Floating Wetland Islands Implementation and Biodiversity Assessment in a Port Marina | Semantic Scholar](#)>[cit.2023.03.31]
- URL 7: <<https://d3i71xaburhd42.cloudfront.net/9c256dff4a9cf48fb2309e29c4af0a3fe4d878b/2-Figure1-1.png>>[cit.2023.03.31]
- URL 8: <<https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0925857414005849-gr1.jpg>>[cit.2023.03.31]
- URL 9: <[2022_09_05_VRV_Katalog plovoucí ostrovy.pdf](#)>[cit.2023.03.31]
- URL 10: <[VRV a.s. - Experimentální ostrovy na Lipně – Rozhovor s RNDr. Milanem Hladíkem, Ph.D. o experimentálních ostrovech na Lipně](#)>[cit.2023.03.31]
- URL 11: <[ragoostrovy.fzp.czu.cz/aktuality](#)>[cit.2023.03.31]

Obrázek 12: Vodní plovoucí ostrov zkonstruovaný v rámci programu RAGO. (JŮNEK T., 2022).

SEZNAM TABULEK:

URL 11: <[Table 1 | Constructed floating wetlands made of natural materials as habitats in eutrophicated coastal lagoons in the Southern Baltic Sea | SpringerLink](#)>[cit.2023.03.31]

Tabulka 2: Typy konstrukcí umělých plovoucích ostrovů. (Zdroj: vlastní)

Tabulka 3: Plovoucí ostrovy pro hnízdění ptáků. (Zdroj: vlastní)