

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**KATEDRA ENVIRONMENTÁLNÍHO
INŽENÝRSTVÍ A OCHRANY PROSTŘEDÍ**



**EKOLOGICKÝ VÝZNAM MOKŘAD V OBLASTECH
S VÝSKYTEM EKOLOGICKÝCH ZÁTĚŽÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VEDOUCÍ PRÁCE: ING. ANDREA HLAVOVÁ

BAKALANT: TEREZA BAZGEROVÁ

2011



Česká zemědělská univerzita v Praze

Katedra: Environmentálního inženýrství a ochrany prostředí

Fakulta životního prostředí

Školní rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro: Terezu Bazgerovou

obor: BEKOL

Název tématu: Ekologický význam mokřad v oblastech s výskytem ekologických zátěží

Název tématu v anglickém jazyce: Ecological importance of wetlands in the environmental damages areas

Zásady pro vypracování:

Studentka ve své práci zpracuje rešerši v níž se zaměří na typizaci mokřad a to podle přírodních, ekologických a hydrologických atp. podmínek. Pokud možno ve formě tabulek roztřídí mokřady a podle možností zpracuje fotodokumentaci. Zaměří se na význam mokřad z hlediska eliminace nežádoucích látek a zvýšení doby zdržení hlavně na území s antropogenní zátěží.

Současně v rámci rešerše posoudí současné trendy výzkumu mokřad.

Práce bude rozdělena na úvod, rešerši, typizace, výsledky a závěry.



Rozsah grafických prací: 20

Rozsah průvodní zprávy: 30

Seznam odborné literatury:

Černík et. al. 2008: Mokřady a jejich význam při eliminaci důlních vod, TUL, Liberec
Internetové zdroje

Vedoucí bakalářské práce: ing. Andrea Hlavová

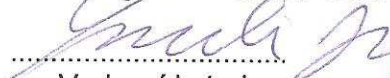
Konzultant bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: 10.9.2009

Termín odevzdání bakalářské práce: 30.4.2009

L.S.

Doc. RNDr. Ing. Ivan Landa, DrSc.


.....
Vedoucí katedry



Doc. Ing. Petr Sklenička, CSc.


.....
Děkan

V Praze dne 10.9.2009.....

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod vedením Ing. Andrey Hlavové. Další informace a cennou literaturu mi poskytl pan doc. Ing. Jan Vymazal, CSc. Paní PhDr. Helena Svitavská – Svobodová, CSc. mi s laskavým svolením zapůjčila fotografie Šumavských rašelinišť, kam běžně není možné vstoupit bez povolení.

V seznamu literatury jsem uvedla všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

Ve Velkých Přílepech 29. 4. 2011

Tereza Bazgerová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat každému, kdo mi při studiu vycházel vstříc.

Abstrakt

Cílem práce bylo shrnout a ucelit informace o tom, jak mokřadní ekosystémy fungují, jaký je jejich význam v přírodě a jak velký vliv mají na své okolí. O tematice mokřadů existuje poměrně málo publikací dostupných v českém jazyce. Tato práce přispívá k rozšíření jejich počtu a srovnává názory světově významných autorů, zabývajících se studiem mokřadů. Část z jejich výzkumu a poznatků byla použita a srozumitelně přenesena do bakalářské práce. Typizace mokřadů byly hodnoceny z různých zdrojů dle historických hledisek, funkcí mokřadů, složení a druhů půd, vegetace, hydrologických podmínek a dalších. V neposlední řadě byla zmíněna zákonná ochrana mokřadů, jež je pro jejich existenci a udržení nepostradatelná.

Klíčová slova: typizace mokřadů, umělé mokřady, revitalizace, Ramsarská úmluva

Abstract

The concern was to summarize information about wetlands function, their role inside the nature and influence to their environment. There is a lack of available publications in Czech language concerning wetlands. This work increases their quantity and compares different attitudes of world known wetlands experts and it brings some of their knowledge and research results to the readers. It was assessed unification of wetlands according to their historical background, function, composition and types of soil, vegetation, hydrological conditions, etc. Last but not least it was mentioned wetlands protection by law, which is essential for their existence and continuance.

Keywords: typology of wetlands, constructed wetlands, revitalisation, Ramsar Convention

OBSAH BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

1. Úvod	9
2. Metodika	10
3. Mokřadní ekosystémy	11
3.1 Mokřady	11
3.2 Historie a využití mokřadů	11
4. Mezinárodní ochrana mokřadů	12
4.1 Ramsarská úmluva	12
4.1.1 Hlavní body Úmluvy	13
4.1.2 Definice mokřadů podle Úmluvy	13
4.1.3 Seznam mokřadů mezinárodního významu	13
4.1.4 Seznam ohrožených mokřadů	14
4.1.5 Správní orgány Ramsarské úmluvy	14
4.1.6 Významné mokřady České republiky	14
4.2 Rámcová směrnice	16
4.2.1 Cíle Rámcové směrnice	16
4.2.2 Priority	16
4.2.3 Časový plán	17
5. Typizace mokřadů	18
5.1 Definice mokřadů	18
5.2 Funkce mokřadů	20
6. Umělé mokřady	21
6.1 Ekologický význam umělých mokřadů v krajině	21
7. Využití UM k biodegradačním procesům prostřednictvím vegetace	22
7.1 Rozdělení umělých mokřadů	22
7.2 Umělé mokřady s volně plovoucími rostlinami	22

7.2.1 Umělé mokřadys vodním hyacintem	23
7.2.2 Umělé mokřady s okřešky	24
7.2.3 Ostatní plovoucí rostliny využívané v umělých mokřadech	24
7.3 Umělé mokřady s rostlinami s volně plovoucími listy	25
7.4 Umělé mokřady se submerzní vegetací	25
7.5 Umělé mokřady s emerzními rostlinami	26
7.5.1 Systémy s povrchovým tokem	26
7.5.2 Systémy s podpovrchovým horizontálním průtokem	27
7.5.3 Systémy s podpovrchovým vertikálním průtokem	29
7.5.4 Kombinované (hybridní) systémy	30
8. Doba zdržení	31
8.1 Biochemická spotřeba kyslíku (BSK)	32
9. Revitalizace mokřadů	33
10. Současné trendy ve výzkumu mokřadů	35
11. Diskuse	36
12. Závěr	37
13. Terminologický slovníček	38
14. Přehled literatury a použitých zdrojů	39
15. Příloha	44
Datový nosič - DVD	

1. ÚVOD

Význam mokřadů v krajině je nezastupitelný. Jsou domovem velkého množství druhů jak živočišných, tak i rostlinných. Jsou to jedinečné biotopy tvořící přechod mezi pevninským a vodním prostředím. Současně jsou biotopem s existencí vlastních unikátních organismů. V našich zeměpisných šířkách jsou to druhově nejbohatší ekosystémy se složitou vnitřní strukturou. Po deštných pralesích a korálových útesech jsou to biotopy s největší biologickou aktivitou. V případě nadměrných srážek slouží jako retenční nádrže zadržující velké množství vody. Ve světě, ale i u nás, se stále více rozvíjí snaha tyto pestré biotopy chránit. Je důležité správně pochopit jak mokřadní ekosystémy fungují, jak křehké jsou a jak úzká je provázanost vztahů mezi všemi organismy a vnitřním koloběhem látek a živin.

Cílem práce bylo:

Typizovat mokřady dle přírodních, ekologických, hydrologických podmínek.

Popsat význam mokřadů z hlediska eliminace nežádoucích látek.

Napsat jak působí zvýšení doby zdržení na území s antropogenní zátěží.

Zhodnotit současné trendy ve výzkumu mokřad.

Vytvoření fotodokumentace vybraných mokřadů.

2. METODIKA

Ke zpracování problematiky je použita jak tištěná odborná literatura zejména v anglickém jazyce, tak naučná a populárně vědecká literatura. Zdroje jsou rozšířeny o publikace a materiály dostupné z internetových stránek, odborných institucí, organizací a agentur. Pro účely fotodokumentace jsou zpracovány fotografie pořízené ve vybraných mokřadních oblastech.

Bakalářská práce využívá převážně metodu deskripce, dále komparace a analýzy.

První kapitola se zabývá mokřadními ekosystémy, jejich historií a využitím. Stěžejním podkladem ke zpracování této kapitoly je publikace Löffler H., Human Uses. Následující kapitola pojednává o mezinárodní ochraně mokřadů, konkrétně je zaměřená na Ramsarskou úmluvu, z jejichž zásad celá kapitola vychází. Další část práce popisuje typizaci mokřadů, jejich definici a funkci. Typizace jsou nastíněny dle různých kritérií a kategorií, které se liší přístupy jednotlivých autorů. Následuje charakteristika umělých mokřadů a jejich ekologického významu, která je zpracována na základě publikací pana docenta Jana Vymazala představujícího významnou osobnost dané problematiky. Kapitola pojednávající o době zdržení obsahuje komparaci vzorců probíhajících procesů. Dále je v práci zpracované téma revitalizace mokřadů vycházející z podkladů specializované Agentury pro ochranu přírodu a krajiny (AOPK). Závěrečná část je věnována současným trendům ve výzkumu mokřadů, kde byly využity informace především z aktuálních internetových zdrojů. Fotodokumentace byla provedena částečně z letecké perspektivy kolem řeky Ploučnice, Novozámeckého rybníku a Máchova jezera.

3. MOKŘADNÍ EKOSYSTÉMY

3.1 Mokřady

Český ekvivalent anglického slova wetland - mokřad pochází od Dr. Jana Květa z Jihočeské univerzity, který tento termín zavedl v 70. letech 20. století. Dříve tento výraz označoval mokré, nikdy nevysychající nebo jen dočasně vysychající místo (ČSAV, 1960).

Mokřady dnes zauímají asi 6% z pevniny. Dříve bylo toto procento vyšší. Postupem času docházelo k jejich úbytku zavezením zeminou, bagrováním, odvodňováním a následným využitím na zemědělskou půdu, některé zanikly znečištěním. (Meadows, 1992). Naproti tomu Vymazal (in Příklad, 2008) uvádí, že mokřady tvoří přibližně 7% z povrchu zemského. Tento rozdíl může být způsoben tím, že během těchto 16 let docházelo ke znovuoobnovení některých mokřadů a ke zvýšení hladiny spodních vod v oblastech s přirozeným výskytem mokřadů.

Mokřady se vyskytují na všech kontinentech vyjma jediného, a to Antarktidy, kde z důvodu celoročního zalednění je přítomnost tohoto biotopu vyloučena. (Mitsch et Gosselink, 2000)

3.2 Historie a využití mokřadů

Z historického hlediska byly mokřady místy, kolem kterých se začaly formovat první civilizace. Lidé od pradávna využívali přirozené mokřady a dokonce už 4000 let před naším letopočtem začali budovat mokřady umělé a využívali je k chovu ryb a zavlažování. Ve stejnou dobu se v Indii na úpatí Himalájí začala zakládat rýžová pole. Naproti tomu ve středověku byly mokřady využívány hlavně k těžbě dřeva a rašeliny (Löffler, 1990).

V dalších letech se možnosti vyžívání mokřadů výrazně rozšířily, jak můžeme vidět v Tab. 1. Na druhou stranu mnoho mokřadů zaniklo díky rozvoji zemědělství, průmyslu a rozšiřování měst a dopravy. Z těchto nových využití se velké množství ukázalo v delším časovém horizontu jako neefektivní. Ve vyspělých zemích se klade velký důraz na zachování stávajících mokřadů a zabránění jejich znehodnocování. Prostřednictvím mnoha legislativních úprav se daří alespoň zpomalovat jejich úbytek. Bohužel v rozvojových zemích ekonomický tlak způsobuje, že mokřady ubývají díky intenzivnímu zemědělství a těžbě dřeva a rašeliny (Löffler, 1990).

	VR	SL	MB	MD	MJ	NI	RB	MP
Využití vody								
Pitná voda					N	V		
Zavlažování			S		N	V		
Kontrola záplav	S	S	S	S	S	V		
Kvalita vody			V	S	N	S	S	
Těžba								
Písek, štěrk	S	S	S		S	S		
Rašelina	V	S						
Využití rostlin								
Potrava lidí	S	S	S		S	S		V
potrava zvířata			S		S	N		
Dřevo		S		S		V		
Původní biotopy			S	S	S	S		
Ryby a bezobratlí			S		S	S	V	S
Integrované systémy			S		S	S	V	S
Energie								
Vodní					S	V	S	
Solární, tepelná čerpadla					V			
Plyn	S	S	N					
Pevná a kapalná paliva	V	V	N	S		S		N
Výuka a školení								→
Rekreace (komerční i nekomerční)	S	S	S	N	S	S	S	
Ztráta mokřadů za účelem jiného využití			←					

Tab. 1. Využití mokřadů (upraveno podle Löffler, 1990). VR = vrchoviště, SL = slatiniště, MB = mokřady s bylinnou vegetací, MD = mokřady s dřevinami, MJ = mělká jezera, NI = nivy, RB = rybníky, MP = mokřadní plodiny (mokřady zakládáné pouze za účelem pěstování potravy). V = vysoká priorita, S = střední priorita, N = nízká priorita.

4. MEZINÁRODNÍ OCHRANA MOKŘADŮ

4.1 Ramsarská úmluva

Mokřady jsou jediným biotopem chráněným mezinárodní konvencí - takzvanou Ramsarskou úmluvou, podepsanou dne 2. 2. 1971 v Íránském městě Ramsaru, odtud nese svůj název. Po celém světě je 2. února slaven jako Světový den mokřadů (MŽP, 2010). Sídlo Sekretariátu Úmluvy se nachází ve Švýcarsku ve městě Gland. V letošním roce slaví Ramsarská úmluva čtyřicetileté výročí. Tato konvence je jedinou mezinárodní úmluvou, která má za cíl chránit a moudře využívat přírodní zdroje. Státy, jež ji podepsaly, se zavázaly vyhlásit na svém území alespoň jeden

mokřad mezinárodního významu, který splňuje všechny podmínky nutné pro jeho zapsání na Seznam mokřadů mezinárodního významu (List of Wetlands of International Importance), a také se zavázaly tyto mokřady chránit (The Ramsar Convention on Wetlands, 1971).

4.1.1 Hlavní body Úmluvy

- 1) Uchování ekologického charakteru mokřad a jejich rozumné využívání
- 2) Vyhlásit mokřady mezinárodního významu a pečovat o ně
- 3) Prostřednictvím mezinárodní spolupráce zajišťovat a realizovat jejich mezinárodní ochranu

Prvotním důvodem pro sepsání Ramsarské úmluvy bylo nejen velké snížení počtu vodních ptáků, ale i mizení samotných druhů ptactva. Ve svém původním pojetí měla Ramsarská úmluva chránit vzácné druhy ptáků, vyskytující se v mokřadních oblastech, které byly chápány jako ptačí útočiště. Touto úmluvou je nyní zajištěna nejen celosvětová ochrana všech typů mokřadních ekosystémů, ale zároveň i jejich rozumné využívání. (Hails, 1996)

4.1.2 Definice mokřadů podle Úmluvy:

Jsou to všechny bažiny, slatiny, rašeliniště, území pokrytá vodou, trvale i dočasně, přirozeně i uměle vytvořená, s vodami stojatými i tekoucími, sladkými, brakickými a slanými a mořská území, jejichž hloubka při odlivu není větší než šest metrů. (Hails, 1996)

Nyní je Ramsarskou úmluvou vázáno dohromady 159 smluvních členů. V roce 1990 se smluvní stranou stala i Česká republika a je jejím aktivním členem (MŽP, 2010).

4.1.3 Seznam mokřadů mezinárodního významu

Pro zapsání mokřadu na Seznam mokřadů mezinárodního významu musí splňovat přísná kritéria mezinárodního významu pro ochranu biologické rozmanitosti, kritéria reprezentativnosti, vzácnosti nebo unikátnosti (Vlasáková in Příkryl, 2008). Na Seznamu mokřadů mezinárodního významu je dnes zapsáno přes 1800 mokřadů ze všech zemí světa a jejich celková rozloha činí 148 milionů hektarů. Odhad celkové rozlohy všech mokřadů světa z roku 1999 je dle Millenium Ecosystem Assessment (2005) 1 280 mil ha. Na africký kontinent připadá (údaje

v mil ha) 121 - 125, Asii 204, Severní Ameriku 242, Evropu 258, Neotropic 415 a Oceánii 36.

4.1.4 Seznam ohrožených mokřadů

Ramsarská úmluva také zahrnuje Seznam ohrožených mokřadů. Seznam uvádí přehled mokřadů mezinárodního významu, u kterých se může z různých příčin změnit jejich ekologický charakter a mohlo by dojít k jejich ohrožení, degradaci nebo dokonce k úplnému zničení. Ve spolupráci politiků s vědci a odborníky se hledá nejlepší řešení dané situace (Vlasáková in Příkryl, 2008).

V Seznamu ohrožených mokřadů jsou čtyři mokřady z České republiky (Ramsar site - RS) - RS Třeboňské rybníky, RS Mokřady dolního Podolí, RS Poodří a RS Litovelské Pomoraví (Chytil et al., 1999).

4.1.5 Správní orgány Ramsarské úmluvy

V roce 1993 byl v České republice ustanoven Český ramsarský výbor, který je koordinačním a poradním orgánem Ministerstva životního prostředí (MŽP). Tvoří ho jednotliví zástupci MŽP, pracovníci Agentury ochrany přírody a krajiny (AOPK), pracovníci vědeckých a výzkumných pracovišť a zástupci nevládních organizací. Výbor má mimo jiné k dispozici Expertní skupinu, kterou tvoří odborníci kvalifikovaní v ochraně mokřadů a vodních ptáků, dalšími členy jsou potom garanti jednotlivých mokřadů mezinárodního významu. Za plnění Ramsarské úmluvy odpovídá odbor mezinárodní ochrany biodiverzity. Nejvyšší orgán Ramsarské úmluvy je konference všech smluvních stran scházející se pravidelně po třech letech. Hlavním cílem konference je přijímání zásadních rozhodnutí a doporučení týkajících se dalšího vývoje a naplňování Úmluvy. V období mezi konferencemi smluvních stran řídí přípravu všech dokumentů a Úmluvu Stálý výbor, do kterého byla v období 2005 – 2008 zvolena i Česká republika. Složitě vědecké a odborné otázky jsou řešeny Výborem pro vědecko-technické otázky (STRP). (Vlasáková in Příkryl, 2008)

4.1.6 Významné mokřady České republiky

Ramsarskou úmluvou chráněné a na Seznam mokřadů mezinárodního významu zapsané jsou následující mokřady (AOPK ČR, 2011):

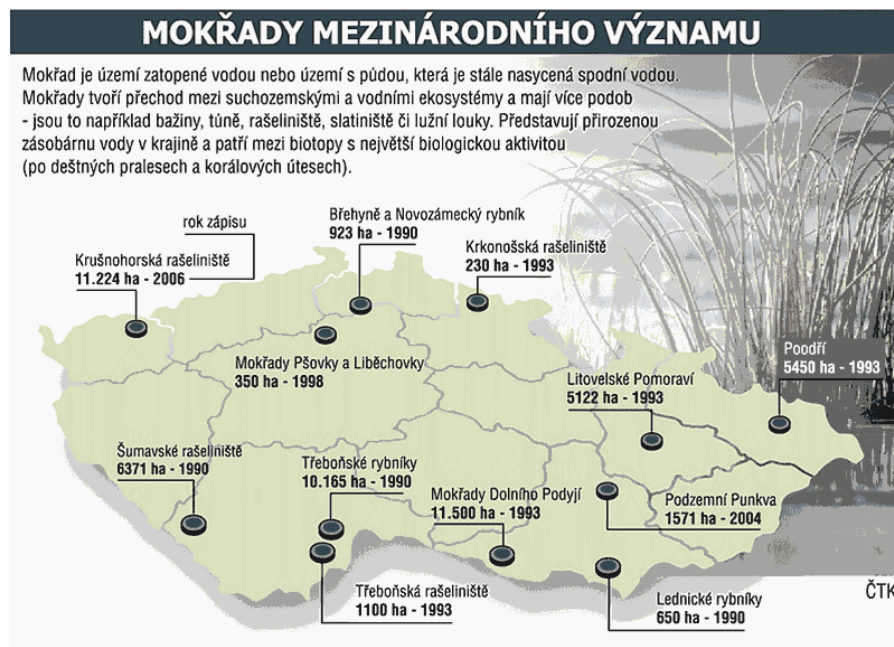
RS1: Šumavské rašeliniště - 3371 ha, rok zápisu 1990

RS2: Třeboňské rybníky - 10 165 ha, rok zápisu 1990

- RS3: Břehyně a Novozámecký rybník - 923 ha, rok zápisu 1990
- RS4: Lednické rybníky - 665 ha, rok zápisu 1990
- RS5: Litovelské Pomoraví - 5122 ha, rok zápisu 1993
- RS6: Poodří - 5450 ha, rok zápisu 1993
- RS7: Krkonošská rašeliniště - 230 ha, rok zápisu 1993
- RS8: Třeboňská rašeliniště - 1100 ha, rok zápisu 1993
- RS9: Mokřady Dolního Podují - 11500 ha, rok zápisu 1993
- RS10: Mokřady Pšovky a Liběchovky - 350 ha, rok zápisu 1998
- RS11: Podzemní Punkva – 1.57 ha, rok zápisu 2004
- RS12: Krušnohorská rašeliniště – 11224 ha, rok zápisu 2006

V České republice je celková rozloha mokřadních oblastí 54 656 ha. Tyto oblasti jsou chráněny formou národních parků (RS1, RS7), chráněných krajinných oblastí (CHKO) (RS2, RS5, RS6, RS8, RS10, RS11) nebo národních přírodních rezervací (RS3, RS4, RS9). Na většině území CHKO jsou mokřadní oblasti navíc pod ochranou statutu rezervace (AOPK ČR, 2011).

Mapka České republiky znázorňující české mokřady zapsané na Seznam mokřadů s mezinárodním významem:



Obr. 1. Mapa mokřadů mezinárodního významu (idnes.cz, 2008).

4.2 Rámcová směrnice

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/EC ustavující činnost Společenství Evropské Unie (EU) v oblasti vodní politiky nabyla platnosti dne 22. 12. 2000. Představuje nástroj legislativy pro veškeré vodní oblasti, který bude v mezinárodním měřítku implementován během několika let a plánovaně v celé Evropě zajišťovat lepší ochranu vod až do roku 2027.

Rámcová směrnice obsahuje plány vedoucí k zachování udržitelného, stabilního a spravedlivého užívání vod, k eliminaci znečištění povrchových i podzemních vod, k ochraně výsostných a mořských vod a k dodržování mezinárodních limitů týkajících se toxicity látek.

4.2.1 Cíle Rámcové směrnice

- rozšířit činnosti sloužící k ochraně vod povrchových i podzemních,
- zastavit zhoršování stavu vodních biotopů,
- podpora trvale udržitelného užívání vod z hlediska dlouhodobé ochrany využitelných vodních zdrojů,
- kontrolovat míru znečištění a snížit či zastavit vypouštění a úniky nebezpečných látek,
- zlepšit ochranu a stav vodního prostředí,
- redukovat znečištění podzemních vod,
- zmírnit účinky povodní a období sucha,
- provést opatření vedoucí k dosažení tzv. „dobrého stavu“ všech vod v navrženém časovém období.

4.2.2 Priority

Stanovení priorit Rámcovou směrnicí mění celkový přístup k ochraně vod:

- péče o vodu jako o celek v rámci povodí,
- kombinovaný přístup kontroly znečištění a stanovení emisních a imisních limitů,
- uživatel musí hradit náklady odrážející skutečnou hodnotu vody (náklady spojené s dopravou a čištěním vody včetně nákladů spojených s ochranou zdrojů a životního prostředí),

- zapojit veřejnost do rozhodování o záležitostech vodní politiky.

4.2.3 Časový plán

Časový plán stanovuje pro všechny země Evropské unie jednotné termíny na plnění požadavků vydaných Rámcovou směrnicí. Jednotlivé kroky jsou detailně časově rozvrženy do jednotlivých etap:

- 2003 – dosáhnout převedení do národního právního řádu každé zúčastněné země.
- 2004 – dokončit analýzy charakteristik jednotlivých povodí.
- 2008 – zpřístupnit návrhy prvních plánů povodí veřejnosti.
- 2009 – přijmout a zveřejnit plány povodí a příslušná plánovaná opatření.
- 2012 – realizovat plánovaná opatření.
- 2015 – dosáhnout plánovaného zlepšení stavu vod (tzv. „dobrý stav“).
- V následných dvou cyklech plánování pro období do roku 2015 a 2021 – vyhodnotit opatření a dosažený stav povodí, aktualizovat příslušné plány povodí a plánovaná opatření.
- 2018 a 2024 – implementovat plánovaná opatření pro druhý a třetí plánovací cyklus.
- 2027 – konečný termín pro naplnění cílů Rámcové směrnice.

Rámcová směrnice je jedna z nejsložitějších směrnic v Evropské unii pokrývající celou oblast hydrosféry. Její implementace aplikuje nejen nové technické normy, ale i nový režim řízení založený na jednotlivých oblastech povodí. Do mezinárodní spolupráce jsou zapojeny státy Evropské unie, kandidátské a přistupující země a i nečlenské země, pod jejichž území spadají dotčená povodí (MŽP, 2004).

5. TYPIZACE MOKŘADŮ

5.1 Definice mokřadů

Dlouhou dobu neměly mokřady žádnou definici, dle které by mohly být dále klasifikovány. Až v 50. letech 20. století si lidé začali uvědomovat, že plochy mokřadů stále více ustupují výstavbě měst, zemědělské činnosti a průmyslu. Tím docházelo ke ztrátě schopnosti krajiny zadržovat vodu, k degradaci půdy, způsobené zvýšeným odtokem živin a v neposlední řadě k vyhynutí mnoha živočišných a rostlinných druhů, vázaných na tento druh ekosystému, jak uvádí Vymazal in Příklad (2008).

První typizace mokřadů je dělila pouze na pevninské a pobřežní a další podle vegetace na bylinné a dřevinné (Penfound, 1952).

Další definice pak braly v potaz kromě vegetace i hydrologii a typy půd. V dnešní době se nejčastěji používá definice mokřadů, kterou publikovali Cowardin et al. (1979). Mokřady jsou dle této definice:

Přechodné ekosystémy mezi suchozemským a vodním prostředím, kde se nachází vodní hladina blízko dna, nebo je zemský povrch zaplaven na tak dlouhou dobu, aby se v oblasti alespoň část roku vyskytovala hlavně hydrofytní vegetace a půdu bylo možné označit jako hydričnou. Různé ekologické funkce mokřadů lze popsat v několika rovinách – globální, ekosystémové, populační a druhové.

Klasifikace mokřadů použitá v Directory of Neotropical Wetlands (Scott and Carbonell, 1986) určuje mokřady na základě geomorfologických funkcí, typu stanoviště, vegetačního typu a substrátu.

Vegetační typ odkazuje na číselný systém, který použili Scott a Carbonnel (1986) uvedený v tab 2.

Vegetační typ	Popis
1	Mělké mořské zátoky a úžiny
2	Ústí řek, delty
3	Malé pobřežní ostrovy a ostůvky
4	Kamenná mořská pobřeží, mořské útesy
5	Mořské pláže (písečné, oblázkové)
6	Příbřežní mělčiny v ústí řek
7	Pobřežní brakické a slané laguny a močály, slané pánve
8	Mangrovové porosty, brakické vody
9	Pomalou tekoucí řeky, potoky (spodní tok)
10	Rychle tekoucí řeky, potoky (horní tok)
11	Říční jezera (zahrnující slepá ramena), říční močály
12	Sladkovodní jezera a přidružené močály (jezerní)
13	Sladkovodní rybníky (<8 ha), močály, bažiny (močálové)
14	Slatinná jezera, vnitrozemské vodní systémy
15	Rezervoáry, přehrady
16	Sezónně zaplavované travnaté plochy, savany, palmové savany
17	Rýžová pole, orné půdy, zavlažované půdy
18	Bažinné lesy, dočasně zaplavené půdy
19	Rašeliniště, vlhké andské louky, bažiny z odtávající sněhu

Tab. 2. (Upraveno podle Scott and Carbonell, 1986)

Dle definice Environmental Laboratory (1987) jsou mokřady oblasti trvale zaplavené nebo nasycené povrchovou či podzemní vodou na dostatečně dlouho dobu, aby se zde vyskytovala vegetace adaptovaná na tyto podmínky. V této definici se do základních charakteristik mokřadů řadí:

Vegetace – převládají makrofyta, adaptovaná na hydrogeologické a půdní podmínky uvedené v definicích. Vodní druhy rostlin jsou morfologicky, fyziologicky a reprodukčně adaptovány na přežití v anaerobních podmínkách. Úspěšně zde rostou, rozmnožují se a jsou schopny konkurence.

Půda – je klasifikována jako hydrická nebo s vlastnostmi souvisejícími s redukovanými půdními podmínkami.

Hydrologie – území permanentně nebo periodicky zaplavené do průměrné hloubky < 2 m nebo území, kde je půda ve vegetačním období saturována vodou až k povrchu. Přítomnost vody určuje charakteristické podmínky pro vegetaci a půdu díky anaerobním procesům. Pokud je území zaplaveno delší

dobu, dochází zde k tvorbě hydrických půd, podporujících růst vegetace adaptované na anaerobní podmínky.

V mokřadech se vyskytují hydrické řady půd v rozmezí 4 - 6, které jsou klasifikovány jako mokré, zamokřené a rašelinné (Buček et Lacina, 1999).

Díky hydrologii se v mokřadech vytváří jedinečné fyziologické podmínky, odlišující mokřadní ekosystémy od všech systémů suchozemských a vodních. V koloběhu živin figurují srážky, povrchové odtoky, podzemní voda, slapové jevy a záplavy. Hydrologické vstupy a výstupy ovlivňují biochemii půd a utvářejí rostlinná a živočišná společenstva typická pro mokřady. Hydrologie hraje nejvýznamnější roli v procesech probíhajících v mokřadech a v utváření specifických mokřadních typů (Mitch et Gosselink, 1986).

Definici vycházející z podstaty procesů charakteristických pro mokřadní ekosystémy uvádí Keddy (2000):

„Mokřad je ekosystém, vznikající důsledkem zaplavení vodou, kdy v půdě převládou anaerobní neboli anoxické procesy vedoucí k adaptaci rostlinných a živočišných společenstev na zaplavení.“

Dle definice IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) z r. 1971 (Gopal et al. 1990) jsou mokřady definovány jako:

„Území trvale zaplavená vodou či zamokřená, vzniklá přirozeně i uměle, dočasná či trvalá, s vodami stojatými či tekoucími, sladkými, brakickými i slanými. Zaplavené oblasti, považované za mokřady, zahrnují rašeliniště, slatiniště s bylinnou i dřevinnou vegetací, ústí řek, zálivy, rybníky, tůně, jezera, řeky a vodní nádrže. Z mořských a pobřežních ekosystémů, jsou zahrnuta území hluboká do 15 m.“

5.2 Funkce mokřadů

Do nejdůležitějších funkcí mokřadů patří (Löffler, 1990; Whigham a Brinson, 1990):

Hydrologická – mají schopnost zadržet povodňové vlny, doplňují rezervoáry podzemních vod, jsou zásobárnou pitné vody, pozitivně ovlivňují kvalitu povrchové vody, slouží k zavlažování.

Biologická – produkují základní složky potravy, jako jsou například ryby, bezobratlí, řasy, ale třeba i rýže, produkce dřevin a keřů s různými bobulemi, stabilizují břehy pomocí kořenových systémů rostlin a eliminují vlivy eroze.

Biochemické – zadržují a kumulují živiny a sedimenty z náhlých záplav, smyvů z eroze a z oblastí se zemědělskou činností, čistí odpadní vody.

Společenská – vytváří prostor k rekreaci, lovu, jsou to oblasti, kde se vyskytují ohrožené a chráněné rostlinné i živočišné druhy, těží se zde šterk, písek a rašelina, jsou zdrojem energie (vodní, solární, pevná i kapalná paliva, plyn), mají význam kulturní a z hlediska historie, neboť veškerá starověké civilizace vznikaly v úrodných nížinách záplavových oblastí velkých řek a v mokřadních oblastech.

Samostatným oddílem k typizaci jsou mokřady umělé.

6. UMĚLÉ MOKŘADY

6.1 Ekologický význam umělých mokřadů v krajině

Umělé mokřady (UM) jsou člověkem vytvořené soustavy zatopených nebo mělce zaplavených půd s výsadbou vegetace, které se snaží napodobovat přirozené mokřady a mají stejné praktické využití (Hammer et Bastian, 1989).

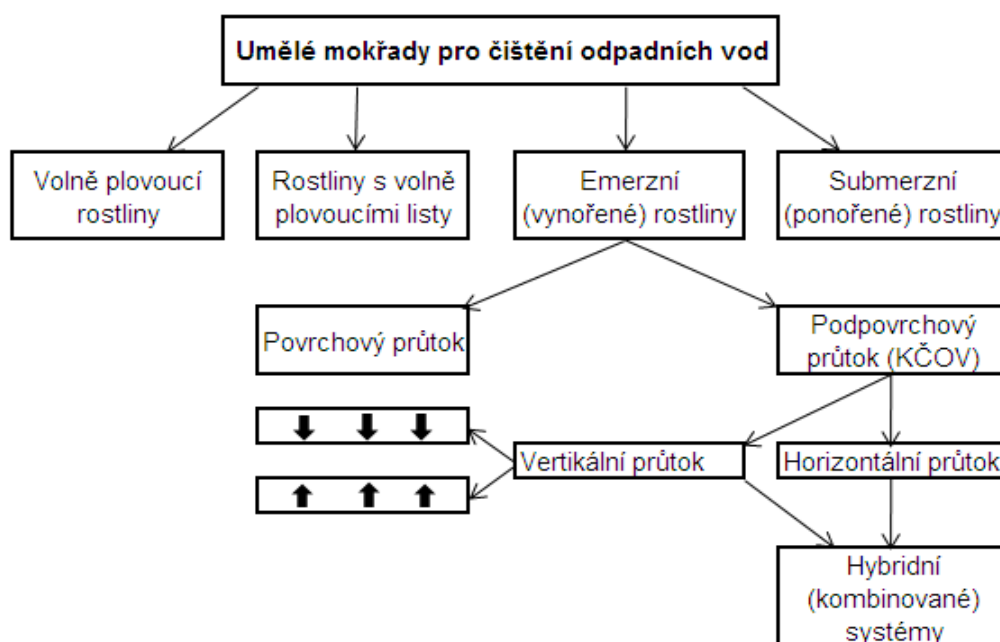
Z hlediska ochrany přírody a krajiny (OPK) mohou být umělé mokřady ceněny zejména pro tyto funkce (Just, 2003):

- Prostředí pro vodní, mokřadní a pobřežní druhy rostlin a živočichů, ekologicky stabilní prvek krajiny.
- Vytvoření obvodového vegetačního lemu nádrže a navazujícího přírodního území.
- Zásoba vody v krajině.
- Zvýšení obsahu vody v malém pevninském koloběhu.
- Místní podpoření zásob podzemní vody.
- Příznivé ovlivnění průběhu velkých vod.

7. VYUŽITÍ UM K BIODEGRADAČNÍM PROCESŮM PROSTŘEDNICTVÍM VEGETACE

7.1 Rozdělení umělých mokřadů

Na obrázku č. 2 je schematicky znázorněno rozdělení umělých mokřadů pro čištění odpadních vod. Nejobvyklejší způsob dělení je podle typů použité vegetace. Umělé mokřady porostlé emerzními (vynořenými) rostlinami lze dále dělit dle typů průtoků odpadních vod na povrchové a podpovrchové. Umělé mokřady s podpovrchovým průtokem, známé jako kořenové čistírny, se dále dělí dle směru průtoku. Kombinací různých typů umělých mokřadů vznikají hybridní a kombinované systémy s různým vertikálním a horizontálním prouděním (Vymazal, 2001a).

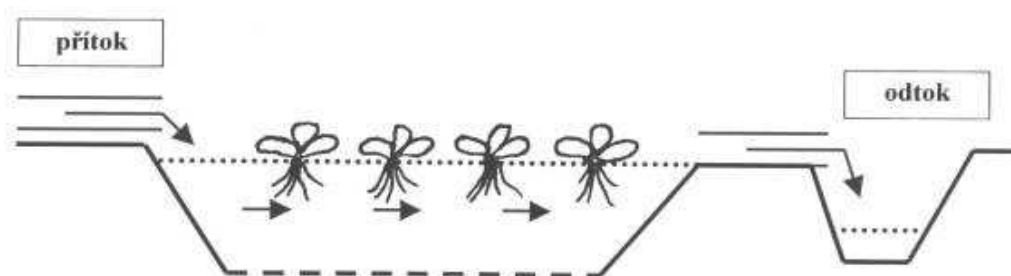


Obr. 2: Rozdělení umělých mokřadů (upraveno podle Vymazal 2001a).

7.2 Umělé mokřady s volně plovoucími rostlinami

Nejčastěji používanými rostlinami v těchto umělých mokřadech jsou vodní hyacinty (*Eichhornia crassipes*) a různé druhy okřehků (*Lemnaceae*). Hlavní čistící účinek tohoto umělého mokřadu spočívá v odčerpávání živin rostlinami, které jsou poté sklizeny (Vymazal, 2001). Vodní hyacint patří mezi nejproduktivnější rostliny na Zemi a v tropických a subtropických oblastech je nejobtížnějším plevelem (Sculthorpe, 1967). Jak uvádí Penfound et Earle (1948) už 10 rostlin je schopno

během 8 měsíců vyprodukovat až 600 000 nových rostlinek a zcela pokrýt vodní hladinu o rozloze 4 000 m².



Obr. 3. Schematické znázornění UM s volně plovoucími rostlinami (Vymazal 2001a)

7.2.1 Umělé mokřady s vodním hyacintem

Na rozdíl od nádrže bez vegetace, vytváří vodní hyacint odlišné podmínky ve vodním sloupci. Jednotlivý pokryv hladiny znemožňuje světlu pronikat do vodního sloupce a eliminuje růst řas, tím je udržována neutrální hodnota pH. Navíc rostliny minimalizují proudy a míchání vody způsobené větrem, povrchovou výměnu kyslíku a snižují kolísání teploty vody. Díky těmto jevům vrstva vody pod hladinou obsahuje velmi málo rozpuštěného kyslíku a větší část vodního sloupce je anoxická až anaerobní i v malých a mělkých nádržích, jak zmiňují Reed et al. (1988).

Látky nerozpuštěné ve vodě jsou odstraňovány sedimentací a organické látky rozkladem bakteriemi. Vysoká účinnost odstraňování je zaručena díky kořenům rostlin, sloužícím jako báze pro přichycení velkého počtu přisedlých bakterií. Odstraňování dusíku z odpadní vody je zaručeno několika procesy, kromě přijímání dusíku rostlinami se projevuje v aerobních zónách mikrobiální komplex nitrifikace, v anoxických a anaerobních zónách denitrifikace a v malé míře i těkání amoniaku. Rostliny odstraňují téměř veškerý fosfor z odpadních vod. Udržení optimálního počtu rostlin v mokřadních systémech zaručí maximální využití živin z odpadní vody (Vymazal, 2001)

7.2.2 Umělé mokřady s okřehky

Mezi nejrychleji rostoucí rostlina na světě se řadí okřehky (*Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia*, *Wolffiella*), které mohou během příznivých podmínek zdvojnásobit svou

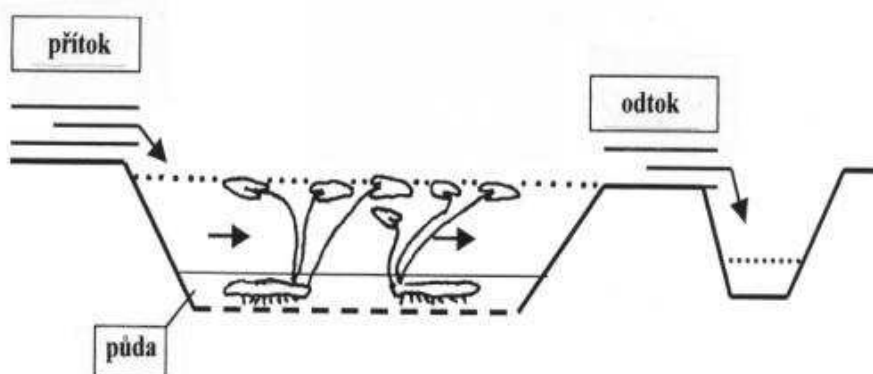
biomasu během pouhých dvou až tří dnů (Rejmánková, 1971). Komplexy používající okřehky (*Lemnaceae*) mají širší geografické využití než vodní hyacint, protože dovedou snášet nižší teploty a mohou přežívat i při teplotách pod bodem mrazu. Ideální tepelné podmínky pro růst okřehků jsou kolem 33 až 40°C. Okřehky se vlivem větru snadno posouvají po hladině, proto se na hladinu instaluje zařízení, udržující rostliny rozprostřené na celé ploše. Tímto zařízením je však značně ztížena sklizeň rostlin, nutná pro optimální chod systému (Brix, 1993).

7.2.3 Ostatní plovoucí rostliny využívané v umělých mokřadech

V tomto typu mokřadu najdeme rostlinu pupečník (*Hydrocotyle umbellata*) a babelku řezanovitou (*Pistia stratiotes*). *Hydrocotyle* je rostlina ze subtropů, vyskytující se na okrajích vodních ploch, kde koření, ale zároveň je schopna růst jako plovoucí trs. Roste velmi rychle a přijímá poměrně velké množství živin. *Pistia stratiotes* je rostlina tropického a subtropického pásma, která ovšem nedokáže přežít v mírném pásmu, její uplatnění je především v tropických oblastech Afriky (Moorhead et Reddy, 1988).

7.3 Umělé mokřady s rostlinami s volně plovoucími listy

Pro čištění odpadních vod je využití kořenujících rostlin s volně plovoucími listy (Obr. 4.) výjimečné, neboť účinnost tohoto systému je velmi nízká. Je znám pouze jeden případ plného provozu a to v Bainikengu v jihovýchodní Číně. V nádrži byl zasazen lotos (*Nelumbo nucifera*) a vodní hyacint. Další rostliny, spadající do tohoto typu umělého mokřadu jsou lekníny (*Nymphaea spp.*) a stulíky (*Nuphar spp.*) (Vymazal, 1998).

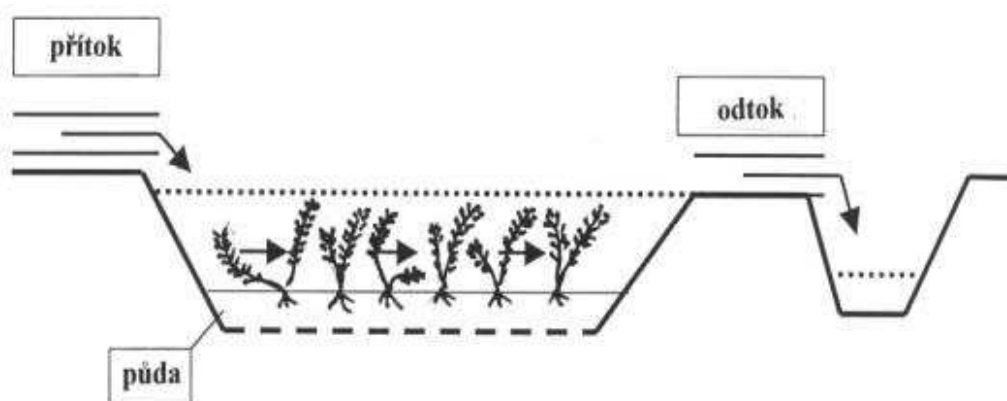


Obr. 4. Schematické znázornění UM s rostlinami s plovoucími listy (Vymazal 2001a).

Všechny tyto rostliny kumulují převážnou část živin v mohutných oddencích a jejich odstraňování by vedlo ke zničení celého komplexu. Velké plovoucí listy neumožňují průnik světla do vodního sloupce a látky vylučované řapíky rostlin brání přisedání většího počtu nárostových řas. Důsledkem toho jsou v těchto systémech eliminovány řasy, které spolu s rostlinami mají pozitivní vliv na odstraňování znečištění z odpadních díky fotosyntéze. Z daných důvodů je využití těchto umělých mokřadů v praxi problematické a nejspíše nenajde široké uplatnění (Vymazal, 2001a).

7.4 Umělé mokřady se submerzní vegetací

Submerzní rostliny mají veškeré fotosyntetizující orgány ponořeny pod vodní hladinou. Přijímají živiny z vody jak listy a stonky, tak i kořenovým systémem ze dna (Obr. 5.). Ekologické nároky submerzních rostlin výrazně omezují jejich využití v umělých mokřadech. Rostliny vyžadují vyšší obsah rozpuštěného kyslíku a malý zákal vody, a to většina odpadních vod nesplňuje. Proto se umělé mokřady se submerzní vegetací využívají pouze na dočišťování odpadních vod (Rattray et al., 1991).



Obr. 5. Schematické znázornění UM se submerzní vegetací (Vymazal 2001a).

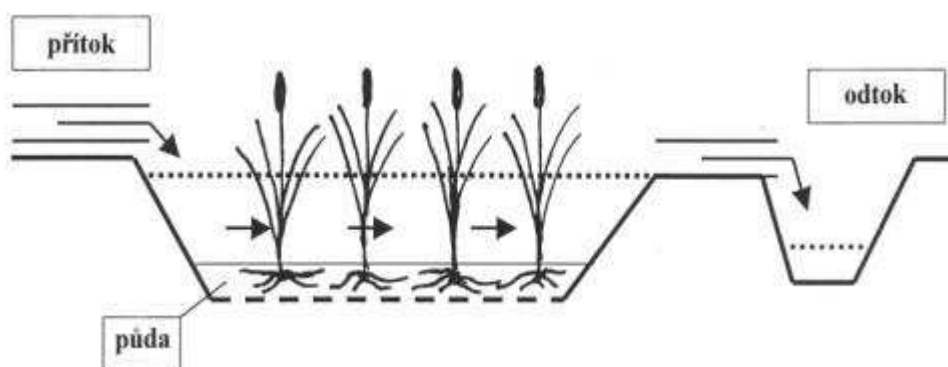
Submerzní rostliny většinou porůstá velké množství nárostových řas, tzv. epiphyton. Tyto řasy, přirostlé na listech a stoncích submerzních rostlin, mohou výrazně redukovat růst a fotosyntézu. Nárostové řasy velmi rychle odčerpávají podstatnou část živin, ale pokud nejsou spolu s rostlinami sklizeny, živiny se po úhynu řas dostávají zpět do vody. Nejvíce prospěšné pro tyto systémy jsou rostliny: *Ceratophyllum demersum*, *Egeria densa*, *Elodea canadensis*, *Elodea nuttallii*, *Hydrilla verticillata*, *Myriophyllum heterophyllum* a různé druhy rdestů (*Potamogeton spp.*) (Lakatos, 1998).

7.5 Umělé mokřady s emerzními rostlinami

7.5.1 Systémy s povrchovým tokem

Neboli systémy „s volnou vodní hladinou“ (angl. FWS – Free Water Surface). První umělé mokřady tohoto typu byly v Evropě použity před třiceti lety, nejvíce jich je však v provozu v Severní Americe. Slouží hlavně k odstraňování manganu a železa z kyselých důlních vod, čištění dešťových smyvů ze silnic, dálnic, letištních ploch a parkovišť a též k čištění vod prosakujících z provozu skládek s pevným odpadem (Kadlec et Knight, 1996). V Evropě se tyto typy systémů vyskytují nejvíce v Polsku a Nizozemí (Vymazal et al., 1998).

Nádrže mají hloubku okolo 20 – 40 cm a půda na dně slouží jako živný substrát pro růst rostlin (Obr. 6). Samotný proces čištění odpadní vody se odehrává ve vodním sloupci, hustě prorostlém emerzními rostlinami. Typickými druhy jsou rákos obecný (*Phragmites australis*), orobinec (*Typha* spp.) a skřipinec (*Scirpus* spp.).



Obr. 6. Schematické znázornění UM s emerzní vegetací a povrchovým tokem (Vymazal 2001a).

Ponořené a zetlelé části rostlin slouží jako mechanický filtr pro suspendované látky a jako podklad pro bakterie, podílející se na likvidaci znečištění. Organické látky se odstraňují mikrobiálním rozkladem, zčásti filtrací a sedimentací. Nerozpuštěné látky pouze filtrací a sedimentací. Vegetace není pravidelně sklížena, a tak se po odumření rostlin dostávají živiny obsažené v biomase zpět do vodního prostředí, jak uvádí Vymazal (2001a).

Umělé mokřady s povrchovým tokem mají vysokou účinnost při odstraňování nerozpuštěných a organických látek. Účinnost čištění odpadních splaškových vod

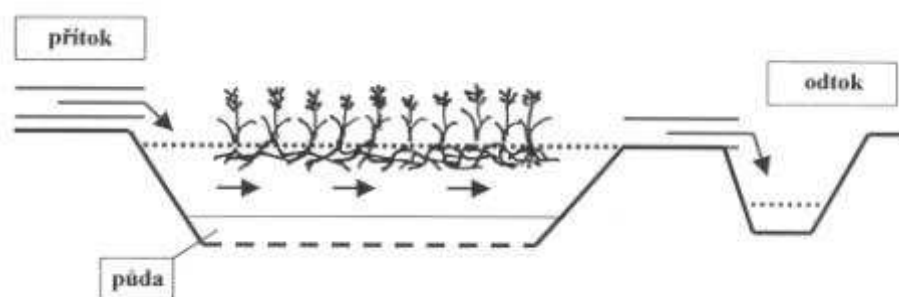
činí obvykle až 90 %, při odstraňování dusíku se pohybuje v rozmezí 40 – 60 % a při likvidaci fosforu většinou nepřesahuje 50 % (Kadlec et Knight, 1996).

Komplexy s povrchovým tokem se využívají převážně v oblastech s teplým podnebím. Při odstraňování dusíku nitrifikací a denitrifikací hraje důležitou roli teplota vody, na které závisí činnost bakterií (Vymazal, 2001a).

Základní návrhové parametry umělých mokřadů s emerzní vegetací a povrchovým tokem jsou (Kadlec et Knight, 1996):

- organické zatížení: $< 80 \text{ kg BSK}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$,
- hydraulické zatížení: $0,7 - 5,0 \text{ cm d}^{-1}$,
- doba zdržení: 5-15 dní, poměr šířka:délka: 2:1 až 10:1,
- hloubka vody: 40 cm,
- vrstva substrátu dna: 20-30 cm.

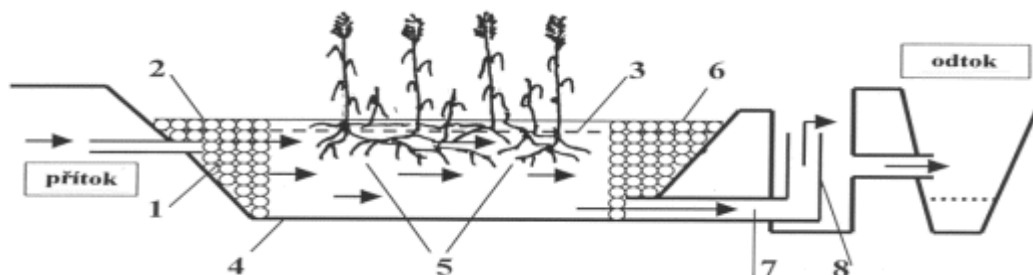
Část emerzních rostlin má schopnost vytvářet trsy plovoucí na hladině (Obr. 7.) toho se záměrně využívá ke sklizení celých rostlin a oddenků (Vymazal, 2001a)



Obr. 7. Schematické znázornění UM s emerzní vegetací plovoucí na hladině (Vymazal 2001a).

7.5.2 Systémy s podpovrchovým horizontálním průtokem

U nás jsou tyto umělé mokřady známy jako „kořenové čistírny“ (Končalová et Květ, 1987). V roce 1974 byl v Německu uveden do provozu první systém tohoto typu umělého mokřadu. V současnosti je v provozu zhruba 10 tisíc kořanových čistíren, rozmístěných po celém světě. Při tomto způsobu čištění odpadních vod prochází odpadní voda porézním filtračním ložem, osázeným mokřadními rostlinami (Obr. 8.) (Vymazal, 2001a).



Obr. 8. Schematické znázornění kořenové čistírny (Vymazal 2001a). 1 - rozvodná drenáž, 2 - povrch filtračního lože, 3 - hladiny vody, 4 - nepropustná vrstva (fólie), 5 - filtrační materiál, 6 - sběrná zóna, 7 - drenážní trubka, 8 - nastavitelná výška vodní hladiny. Šipky znázorňují pouze hlavní směr proudění odpadní vody filtračním ložem.

Filtračním materiálem je nejčastěji praný štěrk nebo drcený kámen se zrnistostí 4/8, 8/16 mm a někdy i 16/32 mm. Sběrné a rozvodné zóny jsou zaplněny hrubým kamenivem. Mezi nejčastěji používané rostliny patří rákos obecný (*Phragmites australis*), chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*) – využívaná zejména v českých umělých mokřadech, zblochan vodní (*Glyceria maxima*) a různé druhy orobinců (*Typha* spp.), nejčastěji využívané v Severní Americe (Vymazal, 2001a).

Hlavní funkce vegetace:

- 1) zateplovat vegetační pole během zimního období,
- 2) vytvářet vhodné podmínky pro život mikroorganismů (bakterie, houby, prvoci), podílejících se na čisticím procesu v kořenové zóně,
- 3) dodávat kyslík do kořenového systému, vytvářet aerobní zóny v blízkém okolí kořenů,
- 4) ochránit vegetačního pole před erozí,
- 5) estetické důvody.

Podíl rostlin na čištění odpadních vod je pouze minimální, množství živin akumulované do rostlinné biomasy se pohybuje okolo 5 – 10 %. Jejich hlavní funkce je utvářet systém, který napomáhá k optimalizaci procesů, podílejících se na odstraňování znečištění. Sklizeň rostlin probíhá kosením, nedoporučuje se však kosit porosty rákosu obecného (*Phragmites australis*) ve vegetačním období, kvůli možnosti oslabení rostlin (Vymazal, 2001a).

Jediným typem umělých mokřadů využívaných v České republice jsou kořenové čistírny odpadních vod (KČOV). První KČOV byla v České republice uvedena do provozu v roce 1989. V dnešní době je na území ČR více než 140 KČOV. Kořenové čistírny jsou většinou projektovány jako hlavní stupeň čištění domovních a městských splaškových vod. Jako dočišťovací stupeň slouží pouze šest KČOV. Počet obyvatel napojených na KČOV se pohybuje v rozmezí od 2 až do 1200. Nejvíce kořenových čističek (53) je navrženo pro zdroje znečištění od 100 – 500 ekvivalentních obyvatel (EO) a 32 KČOV je navrženo pro <10 EO, což jsou většinou malé domovní čistírny (Vymazal, 2001b).

Plocha KČOV (A) je dimenzována podle vzorce:

$$A(\text{m}^2) = [Q_d (\ln C_o - \ln C_t)] / K_{\text{BSK}} \quad \text{Vzorec č. 1}$$

Q_d = průtok odpadní vody ($\text{m}^3 \text{d}^{-1}$)

C_o a C_t = koncentrace BSK₅ na přítoku a odtoku (mg l^{-1})

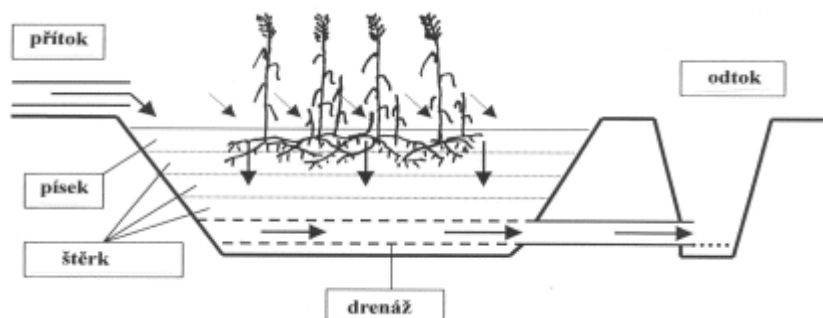
K_{BSK} = rychlostní konstanta (m d^{-1})

Hodnota K_{BSK} je volena na základě provozních zkušeností 0,1

KČOV v České republice jsou dimenzovány na odstraňování organických a nerozpuštěných látek, a díky tomu je eliminace živin relativně nízká, jak píše Vymazal (2001b).

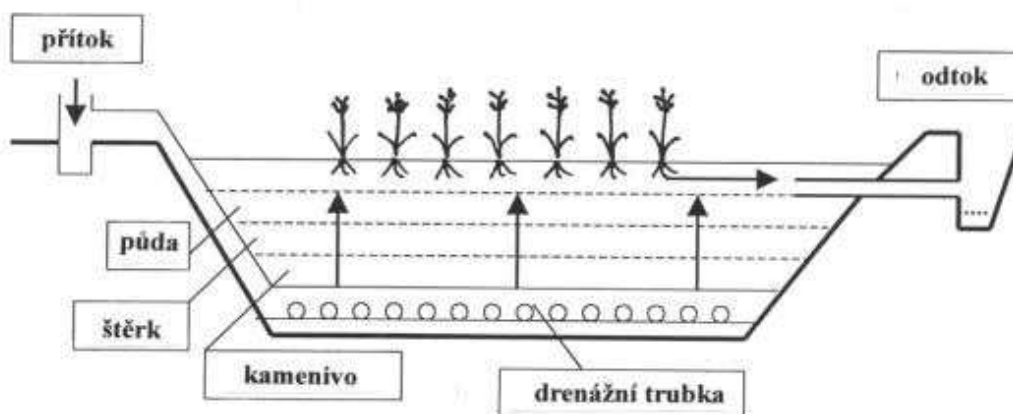
7.5.3 Systémy s podpovrchovým vertikálním průtokem

Na rozdíl od předchozího systému není voda na filtrační pole přiváděna kontinuálně, ale je čerpána periodicky na povrch filtračního lože. Odpadní voda směřuje ke dnu lože, kde je umístěna sběrná drenáž. Filtrační náplň tvoří vrstvy štěrku a písku (Obr. 9.) Díky většímu přístupu vzduchu dochází k oxidaci amoniaku (nitrifikaci). Oproti UM s horizontálním průtokem, kde je doba zdržení 5 – 10 dní, je u tohoto typu systému doba zdržení krátká (řádově několik hodin), s tím souvisí i menší množství odstraněných organických a nerozpuštěných látek. Komplexy s vertikálním prouděním směrem dolů jsou především využívány v oblastech, kde je potřeba eliminovat dusík. Tyto umělé mokřady jsou v současnosti předmětem výzkumu kvůli potřebě odstranit z odpadních vod dusík (Vymazal, 2001a).



Obr. 9. Schematické znázornění UM s vertikálním průtokem směrem dolů (Vymazal, 2001a).

Uplatnění umělých mokřadů s vertikálním prouděním směrem nahoru (Obr. 10.) v praxi je známo pouze z Brazílie, v současnosti však zájem o jejich využití celosvětově vzrůstá. Principem je rozvod odpadní vody nade dnem přes vrstvu kameniva. Přítok vody je souvislý a voda je protlačována přes filtrační vrstvy. Pokusné systémy byly osázeny rostlinami s velkými podzemními orgány, jako je rákos (*Phragmites australis*) nebo skřípina (*Scirpus spp.*) a vykazovaly kladné působení rostlin při odstraňování živin z odpadních vod (Rogers et al. 1990).



Obr. 10. Schematické znázornění UM s vertikálním průtokem směrem nahoru (Vymazal 2001a).

7.5.4 Kombinované (hybridní) systémy

Hybridní systémy využívají výhod jednotlivých typů umělých mokřadů k dosažení co nejefektivnějšího čistícího procesu. Hybridní systémy mohou kombinovat jakékoliv typy umělých mokřadů, nejčastěji se však používá kombinace horizontálního a vertikálního mokřadu. V současnosti se používají dvě různé varianty (Cooper, 2001):

V první variantě protéká odpadní voda přes velké horizontální pole, kde dochází k odstranění organických a nerozpuštěných látek, pak je svedena do malého vertikálního pole, kde se odehrává nitrifikace. Odtok z vertikálního pole je recirkulován zpátky do horizontálního pole, kde dochází k denitrifikaci v anoxických až anaerobních podmínkách. Umělé mokřady tohoto typu jsou využívány především v Dánsku a Polsku.

Ve druhé variantě je odpadní voda nejprve vedena do série vertikálních polí, kde je nitrifikována a částečně zbavena organických a nerozpuštěných látek. Odtok z vertikálních polí je poté veden do horizontálních polí, kde dochází k denitrifikaci a k dočištění organických a nerozpuštěných látek. Tento princip se využívá ve Francii, Velké Británii a Rakousku.

8. DOBA ZDRŽENÍ

Teoretická doba zdržení (TRT z anglického Theoretical Retention Time) je důležitý parametr kvality vody.

$$TRT = V / Q_i \quad \text{Vzorec č. 1.}$$

V = objem

Q_i = průtok

Základní rovnováha mezi retencí vody, přítokem a odtokem je vyjádřena vztahem:

$$\Delta V = P_n + S_i + G_i - ET - S_0 - G_0 \pm T_{i,0}, \quad \text{Vzorec č. 2.}$$

ΔV = změna objemu vody v mokřadu

P_n = čisté srážky

S_i = povrchový přítok včetně záplavových toků

G_i = přítok podzemní vody

ET = evapotranspirace

S_0 = povrchové odtoky

G_0 = podpovrchové odtoky

$T_{i,0}$ = příliv, odliv

Stanovení čistícího účinku, jak uvádí Gergel (1992), vychází z předpokladu, že pro poutání dusíku a fosforu na organickou masu fytoplanktonu je potřebná doba

zdržení v nádrži minimálně 14 dní, nejlépe až 35 dní. Vychází z údajů, že fytoplankton je za 1 týden schopen navázat 14 až 20% dusičnanových iontů, za 3 týdny 41 – 60%, za 5 týdnů 81 – 100%. Platí to pouze za předpokladu, že ve vodním prostředí je ideální poměr C : A : P = 40 : 10 : 1. Nedostatek fosforu neumožňuje přiměřený rozvoj fytoplanktonu a N je poután jen zčásti. Další kritérium ovlivňující vázání N a P je hloubka průhlednosti vody v nádrži. Podle ČSN 83 0530 se hloubka pohybuje od 0,1 do 1,5 m a přibližně odpovídá hloubce produkční vrstvy v malé vodní nádrži. Výpočet množství poutaných živin V_{n1} se provádí výpočtem, který odvodil Gergel (1992). Výsledky jsou vyhodnocovány pomocí tabulek a přepočítávány na 1 ha plochy nádrže.

$$V_{n1} = 0.0864 \sum_{i=1}^n \Delta t_i \left(\sum_{j=1}^m p_{ij} Q_{ij} - \sum_{k=1}^r o_{ik} Q_{ik} \right)$$

Vzorec č. 3.

i = i -tý interval šetření

t_i = doba trvání i -tého intervalu (d)

j = j -tý přítok do nádrže v i -tém šetření ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)

Q_{ij} = průtok vody j -tého přítoku a i -tého šetření ($\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$)

Q_{ik} = průtok vody k -tého odtoku i -tého šetření ($\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$)

O_{ik} = koncentrace odosu sledované látky k -tého odtoku i -tého šetření ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)

8.1 Biochemická spotřeba kyslíku (BSK)

Biochemická spotřeba kyslíku je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku v roztoku spotřebovaná během biochemické oxidace organických látek za určitých podmínek. Nepřímo ukazuje množství biologicky rozložitelných organických látek ve vodě. Nejčastěji používanou metodou je BSK₅, kterou se stanoví biochemická spotřeba kyslíku zředovací metodou během pěti dní, v aerobních podmínkách a za teploty 20°C. BSK ukazuje na množství kyslíku spotřebované mikroorganismy a zahrnuje je znečištění biologicky odbouratelnými látkami. Látky rezistentní proti biochemickému rozkladu oxidací nepodlehnu a žádný kyslík na ně není spotřebován. Proto se k orientačnímu stanovení biologické rozložitelnosti porovnává hodnota BSK₅ s CHSK, což je chemická spotřeba kyslíku,

při které dochází k oxidaci látek biochemicky nerozložitelných. Poměr BSK₅ ku CHSK bývá u dobře rozložitelných látek > 0,5. Poměr BSK₅ ku CHSK > 0,3 ukazuje na zvýšený výskyt biologicky špatně odbouratelných organických látek (Pitter, 1999).

Vzorec pro výpočet čistícího účinku biologických nádrží navrhl Uhlmann (1985).

$$S_{\text{odt}} = \frac{S_{\text{přít}}}{\left(1 + \frac{K_1 t}{n}\right)^n}$$

Vzorec č.4.

S_{odt} a $S_{\text{přít}}$ = hodnota BSK₅ (biochemická spotřeba kyslíku) v odtékající a přitékající vodě (g . m⁻³)

t = průměrná doba zdržení (d)

n = počet za sebou napojených biologických nádrží

Autor na základě důkladných výzkumů v nově vybudovaných biologických nádržích stanovil rychlost odstranění BSK₅ a K_1 nelineární regresní analýzou.

$$K_1 = \frac{t^{-1/[1.391+1.304/T+(0.061+0.05T)/L]}}{0.327 + 10.277/T + 1/[(0.25 + 0.476/T)L]}$$

Vzorec č. 5.

K_1 = f (objemové zatížení, teplota a doba zdržení)

T = střední teplota vody v jednotlivých ročních obdobích (°C)

$L = S_{\text{pr}} / t$ = objemové zatížení BSK₅ (g . m⁻³ . d⁻¹)

9. REVITALIZACE MOKŘADŮ

Důvod k revitalizaci narušených mokřadů či odvodněných ploch je hned dvojitý. Zprvce se zamezí ztrátě vody z odvodněných území a tím se podpoří zadržování vody v krajině a zadruhé vytvoření dalších vodních ploch a mokřadů vede k obnově flóry a fauny vázané na tyto ekosystémy. Cílem revitalizací je zvýšit schopnost krajiny zadržovat vodu, zlepšit vodní režim obnovením přirozených koryt vodních toků,

realizovat protierozní opatření a znovu obnovit odvodněné plochy (AOPK ČR, 2011).

Revitalizace nevhodně odvodněných ploch může být realizována zaslepením drenáží, sloužících k odvodu vody z území. Tůně jsou vytvářeny hloubením, svahy tůní mají mírný sklon kvůli stabilitě břehu a rozvoji příbřežních zón. Díky vegetaci a sklonu svahů není většinou potřeba břehy tůní zpevňovat. Mokřady se vytváří či obnovují různými způsoby – zahlobením terénu, nízkým hrázováním, zvýšením hladiny podzemních nebo tvorbou hrází na toku odvádějícím vodu z území (nejčastěji používané při revitalizaci rašelinišť). Značnou výhodou mokřadů a tůní oproti malým vodním nádržím jsou minimální pořizovací a provozní náklady (AOPK ČR, 2011).

Hlavním zájmem ochrany přírody a krajiny je ochránit stávající mokřady. V krajinoformních programech se klade důraz na budování a podporu především těchto objektů:

- Zlepšit podmínky ve stávajícím mokřadu zahrazením odtoku nebo odstraněním nevhodného odvodnění.
- Stabilizovat hodnotný mokřad vzniklý v místě starého rybníku upravením přelivného objektu do odpovídajícího technického stavu.
- Vytvářet mokřady při stavbě víceúčelového poldru, jak vyhloubením v zátopové oblasti, tak i v rámci částečně trvalého nadržení vody vzdouvacím účinkem hráze.
- Stavět mokřady nízkým hrázováním. V plochých nivních oblastech se hráze budují podobně jako u malých vodních nádrží, jen jsou nižší a vytváří mělké mokřadní zaplavení. Součástí je přelivný objekt bez spodní výpusti.
- Hloubit mokřady. Podobně jako u hloubených tůní nedochází k problémům s převodem větších vod, které jsou řešeny u hrazených objektů. Mohou to být jednotlivé mokřady v ploché široké nivě.

Součástí doprovodných revitalizací upravených vodních toků je členění jejich břehů pomocí hloubených postranních klků, tůní a souběžných ramen. Takto vzniklé útvary tvoří v podstatě nová mokřadní území a představují členité seskupení vodních ploch a souše. Při hloubení je třeba vzít v potaz případné nakládání

s vytěženým materiálem, aby nedošlo k poškození nivy. Přípustná je i kombinace hloubení a nízkého hrázování (AOPK ČR, 2003).

10. SOUČASNÉ TRENDY VE VÝZKUMU MOKŘADŮ

V současnosti se výzkumy mokřadů zaměřují na to, jaký vliv má úbytek mokřadů při změnách klimatu, jak ovlivní přímořské mokřady zvýšení hladiny moří a dopad vysušování mokřadů lidskou činností na klimatické změny (Čížková, 2011).

V dnešní době je stále nedostatek českých publikací a pořádá se málo konferencí v českém jazyce, čímž se zpomaluje vývoj a aplikace nových trendů ve výzkumu na mokřadní ekosystémy u nás. Pracovníci konající výzkum nejsou motivováni k vlastnímu vyhledávání informací, které jsou k dispozici pouze v anglickém jazyce. Na rozdíl od západních zemí je v České republice nedostatek pracovních sil v tomto oboru. Důležitou úlohou výzkumu mokřadů je mezinárodní spolupráce a vzájemné předávání informací. Dalším významným úkolem je zprostředkovat komunikaci mezi jednotlivými vědeckými i nevědeckými sektory (experti versus rybáři, zemědělci, správci toků) (Pithart, 2011).

Další výzkumy se zabývají zdokonalováním procesů v umělých mokřadech při odstraňování nežádoucích látek z odpadních vod (CWA, 2011).

11. DISKUSE

Je otázkou, zda je právní ochrana mokřadů v dnešní době dostatečná. Přestože jsou mokřadní oblasti pod mezinárodní ochranou a vynakládá se obrovské úsilí a nemalé finance na osvětu veřejnosti, stále dochází k jejich znečištění a degradaci. V současnosti stále dochází ke vzniku černých skládek. Většinou se jedná o odpady ohrožující svou toxicitou životní prostředí. Přestože hrozí vysoký finanční postih za zakládání černých skládek ve volné přírodě, leckoho to neodradí. Další krok k ochraně mokřadů by měl vést k interaktivnímu vzdělávání malých dětí, vzbudit v nich zájem o přírodu.

Je možné mít doma svůj vlastní malý mokřad? V dnešní době už je možnost se aktivně zapojit do čištění odpadních vod. Pro majitele rodinných domků existují návrhy malých kořenových čistíren. Díky stoupající poptávce o pasivní domy a ekologičtější přístup k životnímu prostředí, stoupá zájem i o kořenové čistírny.

12. ZÁVĚR

Přítomnost mokřadů v přírodě jednoznačně pozitivně ovlivňuje druhovou skladbu živočichů a rostlin. Poskytují jim útočiště, zdroje potravy a místa vhodná k rozmnožování. Mokřadní oblasti produkují velké množství organických látek, které jsou vázány vegetací a vytvářejí tak hodnotnou biomasu v podobě dřeva a rašeliny.

Typizování mokřadů je založené na mnoha faktorech a nelze je shrnout do jednotné tabulky. Každý autor se zaměřuje na specifické podmínky a podle nich odvozuje své definice. Na základě nových poznatků o mokřadech je patrný vývoj od prvotních typizací k přesnějšímu vymezení.

Samočisticí schopnosti mokřadů prospívají svému okolí likvidací nežádoucích látek, redukcí na jednodušší sloučeniny a jejich opětovným zapojením do koloběhu živin. Rostoucí zájem o kořenové čističky odpadních vod je důkazem, že i uměle vybudované mokřady fungují velmi efektivně.

Ke zvýšení doby zdržení v umělých mokřadech je zapotřebí správně zvolený typ průtoku, odpovídající filtrační podloží a vhodně vybrané vegetační osázení.

Díky probíhajícím revitalizacím na nevhodně upravených vodních tocích a vytvářením umělých mokřadů získává opět okolní krajina ztracenou ekologickou rovnováhu. Tvorba umělých mokřadů zvyšuje retenční schopnost krajiny, důležitou úlohu hraje i estetika.

13. TERMINOLOGICKÝ SLOVNÍČEK

Anaerobní – bez přístupu vzdušného kyslíku.

Anoxické – bezkyslíkaté.

Biotop – neboli habitat, též stanoviště; ovlivněné živou složkou přírody.

Ekosystém – ucelená část přírody, např. les, louka, rybník atd.

Emerzní (rostliny) – vodní rostliny s kořeny ve dně a s asimilační částí nad hladinou.

Hydrofyta – vodní rostliny.

Makrofyta – vyšší vodní rostliny.

Neotropic – pevninské ekoregiony.

Revitalizace – obnovení, oživení.

Revitalizace vodních toků – provedení nápravy po nevhodném zásahu do toku koryta.

Saturace – nasycení.

14. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

AOPK ČR, 2011: *Ramsarská úmluva – Úmluva o mokřadech majících mezinárodní význam především jako biotopy vodního ptactva.* online: <http://www.ochranaprirody.cz/> → Mezinárodní spolupráce → Úmluvy a strategické dokumenty → Ramsarská úmluva, cit. 4. 3. 2011.

AOPK ČR, 2011: *Revitalizace odvodněných ploch - tůň, mokřady, rašeliniště.* online: <http://www.dotace.nature.cz/voda-opatreni/revitalizace-odvodnenych-ploch-tune-mokrady-raseliniste.html>, cit. 19. 2. 2011.

BUČEK A. et LACINA J., 1999: *Geobiocenologie II.* 1. vyd., Mendelova zemědělská a lesnická universita, Brno. 240 s.

BRIX H., 1993: *Wastewater Treatment in Constructed Wetlands: System Design, Removal Processes and Treatment Performance.* In: Moshiri, A.G. (ed.), *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*, CRC Press, Boca Raton, USA, 9-22.

COOPER P., 2001: *Nitrification and Denitrification in Hybrid Constructed Wetlands Systems.* In: Vymazal, J. (ed.), *Transformations of Nutrients in Natural and Constructed Wetlands.* Backhuys Publishers, Leiden, Nizozemí, 257-270.

COWARDIN L.M., CARTER V., GOLET F.C., LAROE E.T., 1979: *Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States.* FWS/OBS-79/31, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.

Construct Wetland Association (CWA), 2011: , online: <http://www.constructedwetland.co.uk/>

ČÍŽKOVÁ H., 2011: *Současný stav evropských mokřadů a jejich pravděpodobný vývoj v kontextu klimatických změn* in: Sborník přednášek Mokřady a klimatická změna, Blansko. online: <http://www.mokrady2011.cz/seznam-prednasek#01>, cit. 22. 4. 2011.

ENVIRONMENTAL LABORATORY, 1987: *Corps of Engineers Wetlands Delineation Manual*, Technical Report Y-87-1, Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

GERGEL J., 1992: *Ochrana krajinného prostředí pomocí malých vodních nádrží.* Metodika. VÚMOP, Praha, 29 s.

HAILS A.J. (ed.), 1996: *Wetlands, Biodiversity and The Ramsar Convention: The Role of the Convention on Wetlands in the Conservation and Wise Use of Biodiversity*. Ramsar Convention Bureau, Gland, Switzerland.

HAMMER D.A., BASTIAN R.K., 1989: *Wetland Ecosystems: Natural Water Purifiers?* Ve sborníku konference *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Lewis publishers. Chelsea, Michigan.1.

CHYTIL J., HAKROVÁ P., HUSÁK Š., JANDOVÁ J., PELLANTOVÁ J. (eds), 1999: *Mokřady České republiky - přehled vodních a mokřadních lokalit ČR*. Český ramsarský výbor, Mikulov.

IDNES.CZ, 2008: *Krušnohorské mokřady: už ne obyčejná rašeliniště, ale vzácnost*.

ČTK MF DNES, online:

http://cestovani.idnes.cz/igcechy.asp?r=igcechy&c=A080516_115735_igcechy_tom, cit. 8. 10. 2010.

JUST T. et al., 2003: *Revitalizace vodního prostředí*. AOPK ČR, Praha.

KADLEC R.H. et KNIGHT R.L., 1996: *Treatment Wetlands*. CRC Press/Lewis Publishers, Boca Raton, USA.

KEDDY P.A. et L.H. FRASER, 2000: *Four General Principles for the Management and Conservation of Wetlands in Large Lakes: The Role of Water Levels, Nutrients, Competitive Hierarchies and Centrifugal Organization*. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 177-185.

KONČALOVÁ H. et KVĚT J., 1987: *Možnosti a omezení "kořenových čistíren" s využitím helofyt*. In: Žáková, Z., Květ, J., Lhotský, O. a Marvam, P. (eds), *Sb. konf. Vegetační způsoby čištění odpadních vody a možnosti jejich aplikace*, ČSVTS Brno, 187-192.

LAKATOS G., 1998: *Hungary*. In: Vymazal, J., Brix, H., Cooper, P.F., Green, M.B. a Haberl, R. (eds), *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Europe*. Backhuys Publishers, Leiden, Nizozemí, 191-206.

LÖFFLER H., 1990: *Human Uses*. In: PATTEN B.C. (ed.), *Wetlands and Shallow Continental Water Bodies*, SPB Academic Publishing, The Hague, Nizozemí, 17-27.

MEADOWS D., 1992: *Meze růstu*, Argo, Praha, 89 s.

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005: *Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.

MITSCH W. et GOSELINK J.G., 1986: *Wetlands*. Van Nostrand Reinhold Company Inc, 539 s.

MITSCH W. et GOSELINK J.G., 2000: *Wetlands*. John Wiley & Sons, Inc. Ohio, USA. 920 s.

MOORHEAD K.K. et REDDY K.R. 1988: *Oxygen Transport Through Selected Aquatic Macrophytes*. J. Environ. Qual. 17: 138-142.

MŽP, 2004: *Implementace rámcové směrnice EU pro vodní politiku v České Republice*, Praha, ISBN 80-7212-273-8.

MŽP, 2010: Roubíčková P., *Tisková zpráva: Druhý únor je Světovým dnem mokřadů*, Ministerstvo životního prostředí, online: http://www.mzp.cz/cz/news_tz100202mokrady_svetovy_den, cit. 14. 4. 2011.

PENFOUND W.T., 1952: *Southern Swamps and Marshes*. Botanical Review 18: 413-446.

PENFOUND W.T. et EARLE T.T., 1948: *The Biology of the Water Hyacinth*. Ecol. Monogr. 18: 447-472.

PITHART D., 2011: *Transfer vědeckých poznatků do praxe*. Institut aplikované ekologie, Daphne ČR, Třeboň.

PITTER P., 1999: *Hydrochemie*. VŠCHT Praha, ISBN 80-7080-340-1, 568 s.

RATTRAY M.R., HOWARD-WILLIAMS C. et BROWN J.M.A., 1991: *Sediment and water as sources of nitrogen and phosphorus for submerged rooted aquatic macrophytes*. Aquat. Bot. 40: 225-237.

REED S.C., MIDDLEBROOKS E.J. et CRITES R.W., 1988: *Natural Systems for Waste Management and Treatment*. McGraw-Hill Book Company, New York.

REJMÁNKOVÁ E., 1971: *Vliv teploty a osvětlení na růst a produkci okřehků (Lemna gibba, Lemna minor a Spirodela polyrhiza)*. Diplomová práce, Karlova Universita, Praha.

ROGERS K.H., BREEN P.F. et CHICK A.J., 1990: *Hydraulics, root distribution and diphosphorus removal in experimental wetland system.* In: Cooper, P.F. a Findlater, B.C. (eds), *Constructed Wetlands in Water Pollution Control.* Pergamon Press, Oxford, 587-590.

SCOTT D.A. et CARBONELL M., 1986: *A Directory of Neotropical Wetlands,* IUCN, Gland, Switzerland.

THE RAMSAR CONVENTION ON WETLANDS, 2011: *The text of the Ramsar Convention and other key original documents.* online: http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-documents-texts/main/ramsar/1-31-38_4000_0__, cit. 4. 3. 2011.

UHLMANN D. et SCHWARZ S., 1985: *Erfahrungen mit der Berechnung des Wirkungsgraden von Abwasserteichen.* *Wasserwirtschaft- Wassertechnik*, 104 - 105.

ÚSTAV PRO JAZYK ČESKÝ (ČSAV), 1960: *Slovník spisovného jazyka českého I. (a-m).* Praha : Nakladatelství Československé akademie věd, 1270 s.

VLASÁKOVÁ L., 2008: *Mezinárodní ochrana mořadů.* In: PŘÍKRYL I., KRÖPFLOVÁ L., PECHAR L. (eds), 2008: *Mokřady a voda v krajině. Sborník přednášek.* ENKI, Třeboň, 108 s.

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

VYMAZAL J., 1998: *Types of constructed wetlands for wastewater treatment.* In: Tauk-Tornisielo, S.M. a Salati Filho, E. (eds), *Sb. 6. konf. Wetlands Systems for Water Pollution Control,* Águas de São Pedro, Brazílie, IWA a UNESP São Paulo, 150-166.

VYMAZAL J., 2001a: *Types of constructed wetlands for wastewater treatment: their potential for nutrient removal.* In: Vymazal, J. (ed.), *Transformations of Nutrients in Natural and Constructed Wetlands.* Backhuys Publishers, Leiden, Nizozemí, 1-93.

VYMAZAL J., 2001b: *Constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic.* *Water Sci. Tech.* 44 (11-12): 369-374.

VYMAZAL J., 2005: *Removal of heavy metals in horizontal sub-surface flow constructed wetland.* Journal of environmental science and health part a toxic/hazardous substances & environmental engineering. 40 (6-7): 1369-1379.

VYMAZAL J., 2008: *Funkce mokřadů.* In: PŘIKRYL I., KRÖPFELOVÁ L., PECHAR L. (eds.), 2008: Mokřady a voda v krajině. Sborník přednášek. ENKI, Třeboň, 108 s.

WHIGHAM D.F. et BRINSON M.M., 1990: *Wetland value impact.* In: PATTEN, B.C. [ed.], Wetlands and Shallow Continental Water Bodies, SPB Academic Publishing, The Hague, Nizozemí, 401-421.

15. PŘÍLOHA

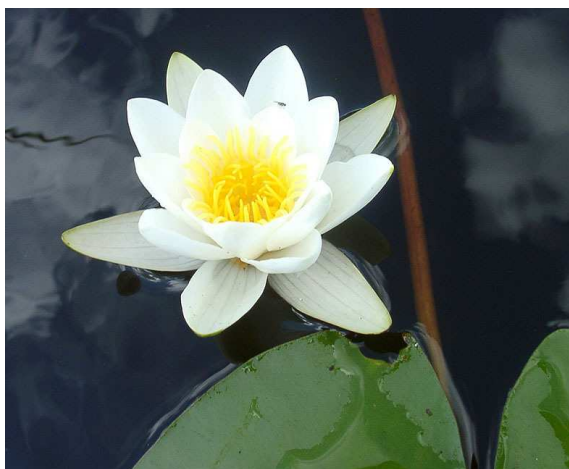
Příloha č. 1. Obrázky mokřadních rostlin využitých v UM



Babelka řezanovitá (*Pistia stratiotes*), <http://botany.cz/cs/pistia-stratiotes/>



Douška hustolistá (*Egeria densa*), <http://zvirata.grandinzerce.cz/magazin/detail-38-akvarijni-rostliny>



Leknín (*Nymphaea*), <http://plantas-y-jardineria.blogspot.com/2010/04/nymphaea-nombre-comun-o-vulgar-nenufar.html>



Lotos indický (*Nelumbo nucifera*)

http://topropicals.com/cgi-bin/garden_catalog/cat.cgi?number=5&find=Nelumbonaceae&imagesonly=1



Okřehkovité (*Lemnaceae*), <http://botany.cz/cs/lemna-gibba/>



Orobinec (*Typha*), http://www.victoria-adventure.org/aquatic_plants/werner_2003/typha_laxmannii01.html



Přeslice vodní (*Hydrilla verticillata*), <http://djringer.com/photos/tag/submerged+macrophytes>



Pupečník (*Hydrocotyle umbellata*), <http://plants.ifas.ufl.edu/images/hydspe/hydumb5.jpg>



Rákos (*Phragmites*), <http://www.stewartfarm.org/phragmites/index.php>



Rdest (*Potamogeton* spp.), <http://jlcheype.free.fr/Pages/chroniques.htm>



Růžkatec ponořený (*Ceratophyllum demersum*), <http://www.biolib.cz/en/taxonimage/id65312/>



Skřípina (*Scirpus*), <http://www.soquelnursery.com/grasses.html>



Stolístek (*Myriophyllum heterophyllum*),
http://www.floridaaquatic.com/whatsnew_aquarium_plants1.html



Stulík (*Nuphar*), <http://plantas-y-jardineria.blogspot.com/2010/03/nuphar-luteum-nombre-comun-o-vulgar.html>



Vodní hyacint (*Eichhornia crassipes*) <http://botany.cz/cs/eichhornia-crassipes/>



vodní mor americký (*Elodea nuttallii*), <http://www.biolib.cz/en/taxonimage/id91637/?taxonid=41890>



vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*),
<http://www.korseby.net/outer/flora/liliopsida/hydrocharitaceae/index.html>

Příloha č. 2 Fotografie mokřadních oblastí



RS2: Třeboňské rybníky (Svět), fotografováno 19. 5. 2010.



RS2: Třeboňské rybníky (Svět), fotografováno 19. 5. 2010.



RS2: Třeboňské rybníky (Svět), fotografováno 19. 5. 2010.



RS3: Novozámecký rybník, fotografováno 3. 4. 2010.



RS3: Novozámecký rybník, fotografováno 3. 4. 2010.



Meandry řeky Ploučnice, fotografováno 3. 4. 2010.



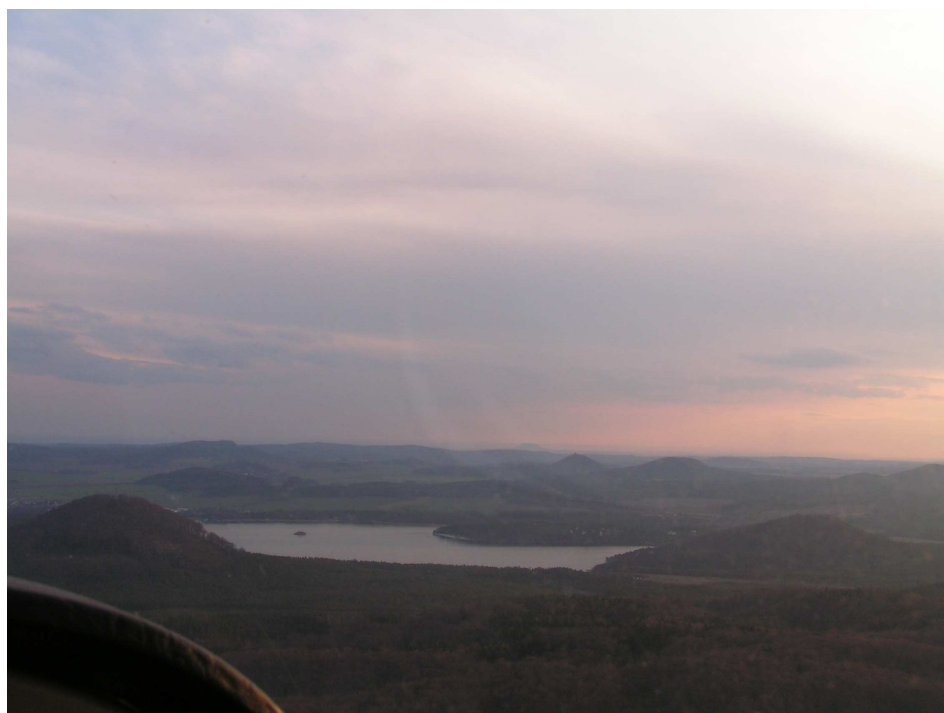
Meandry řeky Ploučnice, fotografováno 3. 4. 2010.



Meandry řeky Ploučnice, fotografováno 3. 4. 2010.



Meandry řeky Ploučnice, fotografováno 3. 4. 2010.



Máchovo jezero, fotografováno 3. 4. 2010.



Máchovo jezero, fotografováno 3. 4. 2010.



Máchovo jezero, fotografováno 3. 4. 2010.



Komořanské tůně, fotografováno 18. 4. 2011.



Komořanské tůně, fotografováno 18. 4. 2011.



Komořanské tůň, fotografováno 18. 4. 2011.



Komořanské tůň, fotografováno 18. 4. 2011.

Šumavská rašeliniště – fotografie od paní PhDr. Heleny Svitavské – Svobodové, CSc.



RS1 Šumavská rašeliniště, Buková slat'.



RS1 Šumavská rašeliniště, Buková slat'.



RS1 Šumavská rašeliniště, Hůrecká slat'.



RS1 Šumavská rašeliniště, Jezerní slat'.



RS1 Šumavská rašeliniště, Rokytecká slat'.



RS1 Šumavská rašeliniště, Rokytecká slat'.



RS1 Šumavská rašeliniště, Rakouská loučka.



RS1 Šumavská rašeliniště, Mrtvý luh.



RS1 Šumavská rašeliniště, Mlynářská slat'



RS1 Šumavská rašeliniště, Mlynářská slat'



RS1 Šumavská rašeliniště, Luzenská slat'.



RS1 Šumavská rašeliniště, Luzenská slat'.



RS1 Šumavská rašeliniště, Luzenská slat'.