

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA EKOLOGIE



**Fakulta životního
prostředí**

**MOŽNOSTI VYUŽITÍ BEZPILOTNÍCH
SYSTÉMŮ (UAS) PRO SLEDOVÁNÍ LITORÁLNÍ
VEGETACE VODNÍCH NÁDRŽÍ**
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Vlastimil Bogdan

Bakalant: Jan Vondrášek

2018



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autor práce:	Jan Vondrášek
Studijní program:	Krajinářství
Obor:	Územní technická a správní služba
Vedoucí práce:	Ing. Vlastimil Bogdan
Garantující pracoviště:	Katedra ekologie
Jazyk práce:	Čeština
Název práce:	Možnosti využití bezpilotních systémů (UAS) pro sledování litorální vegetace vodních nádrží
Název anglicky:	The possibilities of using unmanned aerial systems (UAS) for monitoring littoral vegetation of water reservoirs
Cíle práce:	Hlavní cílem práce je zjistit, jaké jsou možnosti ve využití bezpilotních systémů (UAS) pro sledování litorální vegetace vodních biotopů. Očekávaným přínosem využití UAS by mohlo být např. zhodnocení míry zazemňování nádrží, posouzení kvality litorální vegetace, posouzení poměru litorálu k ploše nádrže a tím jeho ekologické funkce, určení zásahu např. pokosení apod. Mezi dílčí cíle patří: -shrnout současný stav řešené problematiky zarůstání vodních biotopů litorální vegetací, -definovat typy UAS a jejich součásti potenciálně vhodné pro řešení dané problematiky, -navrhnout možné kroky pro ověření využití této moderní metody v prostředí České republiky.
Metodika:	Bakalářská práce bude typ literární rešerše. Na základě studia odborné domácí i zahraniční literatury bude provedena sumarizace poznatků o problematice litorální vegetace vodních biotopů a také o bezpilotních systémech, které by mohly ke studiu řešené problematiky významně přispět. Budou diskutovány výhody a nevýhody dostupných metod. Na základě analýzy zjištěných poznatků bude navržen experiment pro testování UAS při studiu litorální vegetace.
Doporučený rozsah práce:	30 stran

Klíčová slova: litorální vegetace, UAS, bezpilotní systém, vodní nádrž

Doporučené zdroje informací:

1. Getzin, S., Wiegand, K. & Schöning, I. (2012). Assessing biodiversity in forests using very high-resolution images and unmanned aerial vehicles. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(2):397–404.
2. Hejný, S., Pokorný, J., Květ, J., Husák, Š., Pecharová, E. (2000). *Rostliny vod a pobřeží*. East West Publishing Company, Praha, 118s.
3. Chytrý, M., Kučera, T., Kočí, M. (eds.). (2001). *Katalog biotopů České republiky*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 307s.
4. Jones, G.P., Pearlstine, L.G. & Percival, H.F. (2006). An Assessment of Small Unmanned Aerial Vehicles for Wildlife Research. *Wildlife Society Bulletin*, 34(3):750–758.

Předběžný termín obhajoby: 2017/18 LS – FŽP

Elektronicky schváleno: 22. 7. 2015
prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 4. 9. 2015
prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.
Děkan

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Možnosti využití bezpilotních systémů (UAS) pro sledování litorální vegetace vodních nádrží " jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce.

V Dubenci dne 5.4.2018

.....

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Vlastimilu Bogdanovi, za jeho ochotu, vstřícnost a věcné rady. Dále chci poděkovat panu Ing. Janu Komárkovi za představení bezpilotních letounů, ochotu a podnětné připomínky.

ABSTRAKT

Hlavní cílem práce je zjistit, jaké jsou možnosti ve využití bezpilotních systémů (UAS) pro sledování litorální vegetace vodních biotopů. Teoretická část je zaměřena na vymezení základních pojmů vztahujících se k bezpilotním systémům a legislativu v ČR pro získání povolení provozu bezpilotního systému. Teoretická část je zaměřena na význam litorální vegetace a její současné metody měření. Očekávaným přínosem využití UAS by mohlo být např. zhodnocení míry zazemňování nádrží, posouzení kvality litorální vegetace, posouzení poměru litorálu k ploše nádrže, a tím jeho ekologické funkce, určení zásahu, např. pokosení, apod.

Klíčová slova: litorální vegetace, UAS, bezpilotní systém, vodní nádrž

ABSTRACT

The main aim of this work is to find out what possibilities are in the use of unmanned aerial systems (UAS) for monitoring of littoral vegetation of water habitats. The theoretical part is focused on the basic concepts related to unmanned systems, legislation in the Czech Republic to obtain a permission for unmanned system operating. The theoretical part is focused on importance of the littoral vegetation and current measurement methods of the littoral vegetation. The expected benefits of the use of the UAS could be e.g. assessment of the land-filling degree of the reservoir, quality assessment of the littoral vegetation, consideration of the littoral to the reservoir area and its ecological function, intended action e.g. mowing etc.

Keywords: littoral vegetation, UAS, unmanned aerial system, water reservoir

OBSAH

1 ÚVOD	1
2 CÍLE PRÁCE	2
3 METODIKA PRÁCE	2
4 TEORETICKÁ ČÁST	3
4.1 Definice pojmů	3
4.1.1 Bezpilotní letadlo (UAV).....	3
4.1.2 Bezpilotní systém (UAS).....	3
4.1.3 Model letadla	3
4.1.4 Maximální vzletová hmotnost UAV	3
4.1.5 Vodní nádrže	4
4.2 Technologie UAS.....	4
4.2.1 Obecný úvod k technologii UAS.....	4
4.2.2 Využití pro tvorbu map a mapování terénu	5
4.2.3 Využití v oblasti biologického výzkumu	5
4.2.4 Příklady bezpilotní letadel.....	5
4.3 Legislativní rámec používání UAS.....	12
4.3.1 Platná legislativa EU pro bezpilotní letadla	12
4.3.2 Platná legislativa v ČR na využívání bezpilotních letounů.....	13
4.4 Vodní plochy a litorální vegetace.....	14
4.4.1 Pásma vodních ploch.....	14
4.4.2 Význam litorální zóny	18
4.5 Problematika vodních biotopů a jejich zarůstání litorální vegetací.....	19
4.5.1 Hlavní faktory ovlivňující litorální vegetaci v umělých vodních útvarech	20
4.6 Aktuální stav zarůstání vodních biotopů litorální vegetací v ČR	20
4.6.1 Metody mapování litorálních vegetací ve státech EU	21

4.7	Terénní průzkum slučující způsoby sběru materiálu	21
4.7.1	Floristické inventarizace.....	21
4.7.2	Fytocenologické snímky.....	21
4.7.3	Celkové fytolitorální mapování.....	22
4.7.4	Metodika transektů.....	23
5 VYUŽITÍ TECHNOLOGIE UAS KE SLEDOVÁNÍ JEVU ZARŮSTÁNÍ VODNÍCH BIOTOPŮ LITORÁLNÍ VEGETACÍ		25
6 DISKUSE		27
7 ZÁVĚR.....		29
ZDROJE.....		31
	Literární zdroje	31
	Online zdroje	33
SEZNAM OBRÁZKŮ.....		36
SEZNAM TABULEK.....		37

Seznam zkratek

UAS	Bezpilotní systém
UAV	Bezpilotní letoun
RPAS	Dálkově pilotované systémy
EU	Evropská unie
ES	Evropská směrnice

1 ÚVOD

Bezpilotní vzdušná zařízení UAV (v angličtině Unmanned Aerial Vehicles) jsou již po několik let velmi pozoruhodným technologickým „výdobytkem“ dnešní doby. Aktuální využití nacházejí především v armádě, ať již jde o průzkumné či bojové účely. Stávají se jakousi prodlouženou rukou vojáků a dalšího armádního personálu, který díky této technologii může zůstat skryt v bezpečí a plnit svůj úkol ze zálohy stejně dobře, jako kdyby se fyzicky nacházel na místě přímého konfliktu. Bezpilotní letadla a systémy jsou technologiemi, jež byly vyvinuty zejména pro vojenské účely, a až poté byly hledány civilní nebo mírové způsoby využití. Dalším velkým počinem bylo využití dronů (tentokrát bezpilotního vrtulníku) pro pořizování panoramatických fotografií či natáčení různých propagačních videí či dokonce filmů. S tímto trendem je dnes možné potkat se i v České republice, kde mnoho společností nabízí využití této techniky pro pořizování leteckých či panoramatických snímků. Za zajímavý způsob využití autor práce považuje například pořizování panoramatických fotografií za účelem prodeje rozsáhlejších nemovitostí, jež si nechávají zpracovat některé realitní kanceláře. Společně s virtuálními prohlídkami se tak jedná o nový způsob prezentace nabízených nemovitostí. Pro účely této práce je patrně nejpodstatnější využití ve vědeckém výzkumu, kde pomocí bezpilotních helikoptér či letounů lze pozorovat a zkoumat (případně zachycovat na snímky či video) život různých živočichů či monitorovat výskyt různých druhů flory. Využit se tato technologie dá zejména tam, kde je třeba výzkum provádět na rozsáhlém území, sběr informací prostřednictvím pracovníků není nákladově efektivní, kde je velmi obtížný přístup a případně tam, kde vědeckým pracovníkům hrozí různá rizika. Jak je možné vidět, způsobů využití nové technologie se i mimo armádu najde skutečně velmi mnoho.

Ve spojení s oblastí biologického výzkumu, jež bude popsána v této práci, tvoří UAS (Unmanned Aerial Vehicles) zajímavou alternativu právě z důvodu velké rozsáhlosti zkoumaného území, které by se prostřednictvím pracovních týmů zkoumalo jen velmi obtížně nebo s neúnosně vysokými náklady. Jelikož je biologický výzkum založen zejména na pozorování konkrétních jevů a na pořizování záznamů, což lze zařídit prostřednictvím kamery a fotoaparátu umístěného na UAV, zdá se tento způsob využití přímo ideální. Ověřit, zda tomu tak je, je jedním z hlavních cílů této práce.

2 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem této práce je představit bezpilotní systémy jako technologii využitelnou v ekologickém a biologickém výzkumu, zjistit, jaké jsou konkrétní možnosti využití bezpilotních systémů pro sledování litorální vegetace vodních biotopů a jaké výhody toto řešení může pro výzkumné týmy skýtat. Mezi dílčí cíle pak patří následující:

- Představit problematiku zarůstání vodních biotopů litorální vegetací a shrnout současný stav v České republice.
- V praktické části práce pak navrhnout možné kroky, jak lze tuto technologii využít právě pro sledování vodních biotopů v prostředí České republiky a pro provádění patřičného výzkumu.

3 METODIKA PRÁCE

Základní metodou použitou v této bakalářské práci je literární rešerše. Konkrétně půjde o studium domácí i zahraniční odborné literatury, článků a dostupných online zdrojů, na jehož základě bude provedena sumarizace poznatků o problematice litorální vegetace vodních biotopů a také o bezpilotních systémech (UAS/UAV). V případě rešerše jde zejména o jednorázovou výběrovou rešerši (tedy shrnutí poznatků z materiálů k vytyčenému tématu za konkrétní stanovené období, přičemž tyto materiály jsou vybrány na základě věcných a formálních kritérií), a to jak v klasickém provedení, tak ve variantě strojové. Bude tedy využito jak tištěných sekundárních a terciálních informačních zdrojů, tak počítačového vybavení pro vyhledávání informací ze zdrojů dostupných online (různé publikované články, výzkumy apod.).

4 TEORETICKÁ ČÁST

4.1 Definice pojmů

4.1.1 Bezpilotní letadlo (UAV)

V odborné terminologii se rozlišuje mezi pojmy bezpilotní letadlo (UAV – Unmanned Aerial Vehicle) (Úřad pro civilní letectví, 2011) a bezpilotní systém (UAS – Unmanned Aerial System) (Úřad pro civilní letectví, 2011). Oba tyto pojmy budou představeny níže. Bezpilotní letadlo je stroj pro provoz ve vzduchu určený k provozování bez pilota na palubě. Většinou se jedná o součást výše zmíněného bezpilotního systému. S ohledem na legislativu České republiky jsou za bezpilotní letadla považována všechna bezpilotní letadla kromě modelů letadel s maximální vzletovou hmotností nepřesahující 20 kg.

4.1.2 Bezpilotní systém (UAS)

V případě bezpilotního systému jde o soustavu skládající se z bezpilotního letadla (UAV), řídicí stanice a jakékoli další součásti nezbytné k umožnění letu. Těmito součástmi mohou být například komunikační spojení a zařízení pro vypuštění a návrat stroje apod. Bezpilotních letadel, řídicích stanic či například zařízení pro vypuštění a návrat stroje může být v rámci jednoho bezpilotního systému (UAS) více.

4.1.3 Model letadla

Modelem letadla je míněno zařízení – letadlo, které není připraveno pro nesení lidské posádky na palubě. Tyto stroje jsou používány pro různé soutěžní, sportovní či rekreační účely, nejsou vybaveny žádným zařízením, jež by umožňovalo automatický let na vybrané místo, a které v případě volného modelu, nejsou dálkově řízeny jinak než za účelem ukončení letu. Další možností jsou dálkově řízené modely, jež jsou po celou dobu letu pomocí vysílače přímo řízené pilotem, přičemž se musí nacházet v jeho vizuálním dohledu (Úřad pro civilní letectví, 2011).

4.1.4 Maximální vzletová hmotnost UAV

Maximální vzletovou hmotností UAV (popřípadě také modelu letadla) je myšlena celková hmotnost bezpilotního letadla, přičemž je započítáno také veškeré vybavení, provozní náplně, palivo (a případně také náklad), a to před samotným zahájením vzletu. Případně může jít o maximální vzletovou hmotnost bezpilotního stroje, jež byla schválena v rámci povolení k létání vydaného Úřadem pro civilní letectví, pokud tento

úřad dané povolení vydal (Úřad pro civilní letectví, 2011).

4.1.5 Vodní nádrže

Vodohospodáři důsledně rozlišují pojmy „nádrž“ a „přehrada“. Jako nádrž označují prostor, ve kterém je možné zadržet vodu pro pozdější využití, případně zachytit přívalovou povodňovou vlnu, aby dále po svém toku neškodila. Přehrada je naopak vodohospodářská stavba, jež umožnila vznik vodní nádrže (Schmelzová R., 2011).

4.2 Technologie UAS

4.2.1 Obecný úvod k technologii UAS

Pojmy UAS a UAV už byly definovány v kapitole 4.1. Bezpilotní letadla můžeme rozdělit na bezpilotní helikoptéry a letadla. Technologie bezpilotních letounů byla, stejně jako mnoho jiných technických objevů, vyvinuta pro potřeby armády. Tyto stroje se měli v první řadě stát bojovými a průzkumnými prostředky a při jejich použití zároveň nebyly ohrožovány životy vojenského a nevojenského personálu (droneweb, 2016; Karas J., 2016). Významnou roli sehrály tyto stroje, nesoucí americkou vlajku, například v operaci Pouštní bouře. Nicméně, jak je patrné na možnostech využití popsaných níže, tak najdou široké možnosti uplatnění také mimo bitevní pole. V Japonsku byl použit bezpilotní letoun při sledování reaktoru ve Fukušimě (Ravis B. et al., 2014). V některých světových městech jsou bezpilotní helikoptéry používány pro doručení defibrilátoru k pacientovi a zároveň pro komunikaci mezi personálem SOS linky a lidmi na místě události. Bezpilotní systémy nachází v současné době i uplatnění v Integrovaném záchranném systému (sitmp, 2016). Jinde je zase připravováno distribuční řešení pro rozvoz potravin a dalších potřebných zdrojů v těch částech Afriky, kam se automobily v určitých částech roku dostanou jen velmi těžší, nebo také vůbec. Toto řešení je taktéž postaveno na bezpilotních helikoptérách, tentokrát zapojených do husté sítě. Po odstranění všech administrativních a bezpečnostních překážek, jež velmi omezují možnosti civilního využití bezpilotních strojů, se nám otevřou široké možnosti jejich využití a také jejich výhody, například nízkonákladový provoz, ekologicky šetrný provoz atp.

4.2.2 Využití pro tvorbu map a mapování terénu

Bezpilotní helikoptéry dnes bývají využívány pro mapování nejrůznějších rozsáhlých územních celků. Mohou také pořizovat obrovské množství fotografií či jiných typů snímků, jež jsou následně zpracovány klasickým způsobem. Jsou tak ideálním prostředkem pro kartografické účely, pro tvorbu leteckých pohledů, které dnes ve svých mapách nabízí například služba Seznam Mapy či Google Maps. Mohou doplnit, či nahradit automobily, které dnes obě společnosti používají pro sběr panoramatických snímků.

4.2.3 Využití v oblasti biologického výzkumu

Vzhledem k velmi tichému letu mohou (zejména) bezpilotní helikoptéry sloužit vědcům k monitoringu a pozorování nejrůznějších přírodních jevů, aniž by vlivem hluku docházelo kupříkladu k výraznému rušení zvíře. Bezpilotní letouny, a speciálně pak drony (malé bezpilotní helikoptéry), tak dávají vědcům zcela nové možnosti pro jejich výzkum přírodních jevů a života v různých částech planety, a to s nižšími náklady a větším komfortem, než by to bylo možné při využití konvenčních helikoptér či letadel. Vhodně se dá bezpilotním letounem mapovat ve složitých městských krajinách díky vysokému rozlišení snímků (Rango A. et al., 2009).

4.2.4 Příklady bezpilotní letadel

Pro bližší představu o této technologii a jednotlivých druzích UAV níže uvádím několik příkladů modelů, jež jsou v dnešní době dostupné. Hlavní rozdíl mezi bezpilotními letouny a helikoptéry je shodný, jako u jejich větších variant pilotovaných lidskou posádkou. Jedná se tedy zejména o výhodu kolmého startu pro helikoptéry a s helikoptéry nesrovnatelná rychlost letu ve prospěch nepilotovaných letadel.

Bezpilotní letouny

Bezpilotní letadla dnes na rozdíl od helikoptér slouží zejména pro armádní účely, a to díky jejich rychlosti a operabilitě. Ta z nich dělá mnohem těžší cíle pro případný sestřel, než je tomu u bezpilotních helikoptér, jejichž rychlost je mnohem nižší. Na trhu se však již objevují společnosti vyvíjející bezpilotní letadla pro běžný komerční provoz. Jednou z nich je česká firma Primoco UAV SE se sídlem v Praze. Velmi oblíbeným typem je bezpilotní letoun křídlového typu SenseflyeBee od Švýcarské společnosti, který při svých výzkumech používá Česká zemědělská univerzita v Praze

(viz Obr. 1 a Tab. 1).

SenseflyeBee

Tabulka 1 Parametry bezpilotního letounu křídlového typu SenseflyeBee (Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, 2017)

Cena	308 400,-Kč
Maximální doba letu	35 minut
Nosnost	až 1 kg
Maximální rychlost	40 - 110 km h ⁻¹
Odolnosti vůči větru	45 km h ⁻¹
Váha/rozpětí	cca 1 kg/ 96 cm
Určení	lokality větší než 50 ha, důraz na liniové prvky



Obr. 1 Bepilotní letoun křídlového typu SenseflyeBee (Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, 2017)

Bezpilotní helikoptéry

Stejně jako byl představen vybraný typ bezpilotního letadla, níže je uvedený zástupce druhé kategorie, tedy bezpilotní helikoptéra. Helikoptéry bývají často děleny podle počtu vrtulí, a to na kvadroptéry, mající čtyři rotory, a multikoptéry, jež jich mají více – nejčastěji šest, či osm. Tento parametr je závislý na celkové velikosti a hmotnosti dronu a také na tom, jak velký náklad je dron schopen nést.

Robodrone Kingfisher

Společnost Robodrone Industries je příkladem české firmy, která se zabývá výrobou

bezpilotních letadel. Vznikla v Brně v kooperaci s Jihomoravským inovačním centrem a aktuálně nabízí dva modely – Kingfisher a Strix, jež se mimo jiné liší svou nosností znázorněny v Obr. 2 a tab. 2 (5 kg u modelu Kingfisher oproti 15 kg u modelu Strix) (Robodrone Industries s.r.o., 2015).

Tabulka 2 Parametry bezpilotního vrtulníku Robodrone Kingfisher (Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, 2017)

Cena	520 000,- Kč
Maximální doba letu	15 - 25 minut
Nosnost	až 5 kg
Maximální rychlost	70 km h ⁻¹
Odolnosti vůči větru	10 m s ⁻¹
Váha/rozpětí	cca 8 kg/ 120 x 110 cm
Určení	lokality menší než 10 ha, důraz na rozlišení



Obr. 2 Bezpilotní helikoptéra Robodrone Kingfisher (Robodrone, 2017)

Senzory vhodné pro mapování litorálních vegetací

Vývoj nové generace multispektrálních kamer určených přímo pro bezpilotní letecké prostředky, umožnil farmářům a zemědělcům používat malé multikoptery v rámci přesného zemědělství ještě přesněji a efektivněji. Při sledování litorální vegetace pomocí bezpilotních systémů je vhodné použít spektrální senzory, což se ukázalo jako slibná alternativa pro napomáhání mapování a sledování změn v litorální vegetaci (Salami E. et al., 2014). Multispektrální kamera ve vzduchu samozřejmě nabízí poměrně jasné výhody – umožňuje sledovat uschlé listy, vitalitu rostlin a potenciálu pro odhad výnosu plodin, výskyt invazních druhů rostlin, roční přírůstky litorální vegetace, kolísání výšky vodní hladiny a sledování ptactva v litorální vegetaci (Salami E. et al., 2014).

Spektrální obrazový snímač je pasivní snímač, který zachycuje obrazová data v určitých frekvencích v celém elektromagnetickém spektru. Údaje ze spektrálního obrazového snímače lze považovat za velké množství obrazů, přičemž každý obraz reaguje na jinou barvu nebo jiné spektrální pásmo. Pomocí optického hranolu je přicházející světlo rozloženo na červenou, modrou a zelenou složku a jednotlivé složky jsou pak snímány samostatnými čipy. Z jednotlivých barevných složek je posléze poskládána ucelená informace o barvě. Při sledování vegetace jsou nejčastěji využívané zelené a červené kanály. Multispektrální kamery jsou vhodné pro veškeré typy bezpilotních letounů, i díky své malé váze (Tetracam, 2017). Jednou z nejvíce rozšířených multispektrálních kamer pro Robodrone Kingfisher je multispektrální kamera od společnosti Tetracam, která sídlí v USA, která je zobrazena Obr. 3 a Tab. 3. Jedná se o multispektrální kameru TetracamMCA6, která je využívána i Českou zemědělskou univerzitou v Praze. Kamera je vybavena profesionální 6-kanálovou multispektrální kamerou. Nejrozšířenější multispektrální kamerou u bezpilotního letounu křídlového typu SenseflyBee je multispektrální kamera od společnosti Airinov, která sídlí ve Francii. Jedná se o multispektrální kameru AirinovmultiSPEC 4C, která je zobrazena na Obr. 4 a Tab. 4. Vybavena je profesionální 4-kanálovou multispektrální kamerou. AirinovmultiSPEC 4C vychází z modifikování fotoaparátů Canon do multispektrálních senzorů a tepelného infračerveného senzoru thermoMAP (Airinov, 2016).



Obr. 3 Multispektrální kamery Tetracam MCA6 (TETRACAM INC, 2017)

Tabulka 3 Parametry multispektrální kamery Tetracam MCA 6

Cena	330 203,-Kč
Fotoaparát	1,3 Mpix/ 1280x1024 px
váha	700 g
rozměry	131,4x78,3x87,6 mm
Počet senzorů	490, 550, 680, 720, 800, 900nm



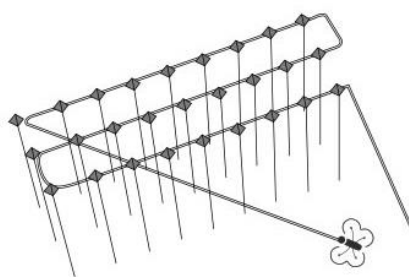
Obr. 4 Multispektrální kamery AirinovmultiSPEC 4C (AIRINOV, 2017)

Tabulka 4 Parametry multispektrální kamery AirinovmultiSPEC 4C

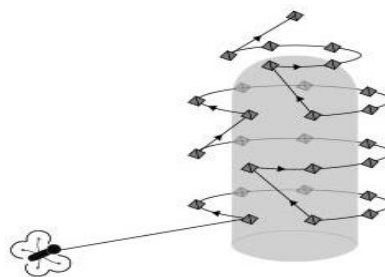
Cena	79 750,-Kč
Fotoaparát	1,2 Mpix/ 1280x960px
váha	160 g
rozměry	78x121x61 mm
Počet senzorů	550, 660, 735, 790 nm

Software

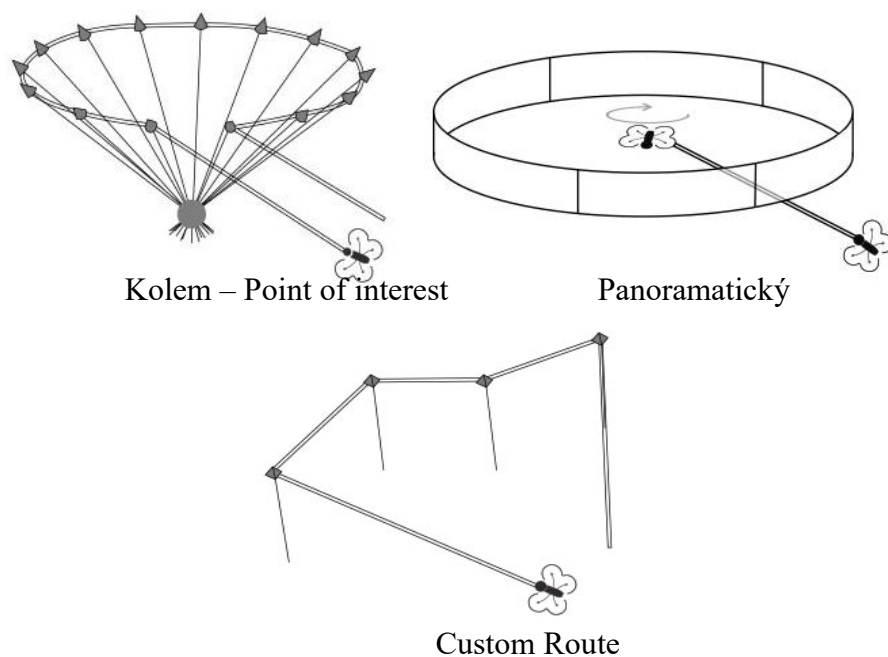
Pomocí softwaru na zpracování obrazu může AirinovmultiSPEC 4C jednotlivé zachycené záběry transportovat do jednoho velkého obrazu. Nejrozšířenějším softwarem využívajícím se u bezpilotního letounu křídlového typu SenseFlyEbee je software eMotion 3. Software eMotion 3 umí plánovat prostředí ve 2D, ale i 3D. 3D plánování umožňuje přesněji plánovat a vizualizovat dráhu letu. 3D plánování má vhodné využití v horských regionech, kde je velké členění a různé nadmořské výšky. eMotion 3 se připojuje k bezdrátovému letounu bezdrátově a dokáže přijímat i aktuální informace o počasí. eMotion 3 nabízí pět různých druhů mapování znázorněných v obr. 5 (eMotionsenseFly, 2017).



Horizontalní



Válec



Obr. 5 Mapovací módy eMotion 3 (eMotion senseFly, 2017)

Jedním z nejrozšířenějších softwarů u kvadrakoptér je open source MissionPlanner viz. Obr. 6. V základním nastavení se kvadrakoptéra vrací vždy na místo vzletu, kde má nastavenou i cílovou pozici. MissinPlanner má velice jednoduché a intuitivní ovládání, které si tímto získalo využití u UAV. Software je kompatibilní pouze s operačním systémem Windows. MissionPlanner dále nabízí plánování trasy pomocí mřížky, které je vhodné při mapování ploch (Ardupilot, 2017).



Obr. 6 Mapovací mód mřížka MissionPlanner (Ardupilot, 2017)

4.3 Legislativní rámec používání UAS

4.3.1 Platná legislativa EU pro bezpilotní letadla

Podle zprávy Evropské komise z roku 2014 (Evropská komise, 2014) se od roku 2013 snaží Evropský summit vyvíjet tlak na uvolnění legislativy, jež souvisí s technologií UAS v jednotlivých zemích, které jsou členy Evropské unie. Komise si uvědomuje význam, jenž může představovat rozvoj nových přepravních technologií. Z toho důvodu se ve své zprávě snaží prezentovat vizi pro rok 2050, přičemž uvádí, že v období kolem roku 2050 předpokládá fungování různých typů pilotovaných i nepilotovaných zařízení. Ze zprávy taktéž vyplývá, že Komise rozlišuje dva druhy systémů, v nichž pilot není usazen přímo ve stroji, a to:

1. UAV (UAS) – unmanned aerial vehicle (bepilotní system), tedy nepilotovaná zařízení, u nichž Komise předpokládá spíše automatizovaný provoz bez zásahu člověka – pilota (tedy na člověku v podstatě nezávislý systém ovládaný pomocí výpočetní techniky)
2. RPAS – remotely piloted aircraft systems – čili dálkově řízené (pilotované) letecké systémy, u nichž se naopak předpokládá, že sice pilot není umístěn přímo ve stroji, ale ovládá příslušný stroj na dálku, a to prostřednictvím dálkového ovládání

V rámci orgánů Evropské unie funguje několik různých subjektů, které se podílí na přípravě celounijní legislativy zaměřené na využívání vzdušného prostoru. Předpokládá se, že tyto instituce budou mít také co dočinění s úpravou současné legislativy související s využíváním UAS a UAV pro mírové (nevojenské) účely tak, jak je definuje zpráva Evropské komise (European Commission, 2014).

Na úrovni jednotlivých členských států Evropské unie jde pak především o národní autority v oblasti letecké dopravy a letectví (v České republice je to kupříkladu Úřad pro civilní letectví apod.). Subjekty přizvanými k rozhodování a k tvorbě legislativních rámců jsou také významní aktéři trhu s leteckými dopravními prostředky a bezpilotními letouny.

Evropská unie dnes má k dispozici data z vybraných zemí, v nichž je již dnes povoleno využívání dronů pro dopravní účely. Jde například o Velkou Británii, Francii či Švédsko (European Commission, 2014).

Největšími výzvami v této oblasti jsou podle Evropského komisaře pro přepravu a mobilitu, Siima Kallase (European Commission, 2014), následující témata:

- bezpečnost při provozu dronů (zejména pak co se týče pádů UAV či jejich přelety ve výšce, v níž se běžně mohou nacházet lidé, což významně zvyšuje pravděpodobnost kolize)
- ochrana soukromí a osobních údajů občanů Evropské unie (v souvislosti s kamerami a dalšími záznamovými zařízeními, jež běžně bývají součástí UAV a u nichž hrozí významné riziko, že budou zneužity pro narušování soukromí)
- otázka národní (či celounijní) bezpečnosti, ať již v souvislosti s vojenským tajemstvím, státním tajemstvím, významným obchodním tajemstvím atd., jež mohou být nezákonným způsobem získány právě za pomoci bezpilotních letounů a helikoptér a poté nejrůznějšími způsoby zneužity
- otázka pojištění UAS tak, aby v případě, kdy způsobí jakoukoli škodu, mohly být oběti nehod dostatečně odškodněny.

4.3.2 Platná legislativa v ČR na využívání bezpilotních letounů

Základní předpisy upravující provoz bezpilotních letounů

Zmíněné právní předpisy se týkají zejména zákona o civilním letectví č. 49/1997 Sb. a jeho prováděcí vyhlášky – č. 108/1997 Sb., případně zákona o ochraně osobních

údajů č. 101/2000 Sb.

„Letadlem se rozumí zařízení schopné vyvozovat síly nesoucí jej v atmosféře z reakcí vzduchu, které nejsou reakcemi vůči zemskému povrchu. Pro účely tohoto zákona se nepovažuje za letadlo model letadla, jehož maximální vzletová hmotnost nepřesahuje 20 kg.“

Specifické druhy bezpilotních či na dálku pilotovaných zařízení (zejména pak balóny bez pilota na palubě) ještě upravuje Dodatek 5 zákona č. 49/1997 – Volné balóny bez pilota na palubě se zátěží a také Doplněk R – Podmínky pro provoz balónů bez pilota na palubě.

V rámci mezinárodní právní úpravy pak pravidla pro provoz leteckých zařízení upravuje Předpis L2 – Pravidla létání. Provoz bezpilotních leteckých systémů je pak řízen také Dodatkem 4 – Systémy dálkově řízeného letadla.

Druhý zákon č. 101/2000 Sb, jenž se týká ochrany osobních údajů, se při řešení těchto otázek také musí brát v jisté míře v potaz. Jak již bylo uvedeno výše, tato zařízení (myšleno UAV) často obsahují nejrůznější záznamová zařízení (fotoaparáty, kamery apod.) pro snazší a bezpečné přistání či za účelem pořízení videozáznamu či fotodokumentace.

Pravidla získání povolení pro provoz bezpilotního letadla

Pro získání povolení pro provoz bezpilotních zařízení je dle aktuálních zákonných norem potřeba absolvovat určité kroky. Celá problematika se řídí § 52 zákona č. 49/1997 Sb., o civilním letectví ve znění pozdějších předpisů (většinou označovaného pojmem „letecký zákon“). Potřebné informace lze získat na webových stránkách Úřadu pro civilní letectví. Získání povolení lze rozdělit do dvou fází:

- Fáze 1– získání povolení k provozu letadla bez pilota na palubě (týká se také modelu letadla nad 20 kg)
- Fáze 2 – získání povolení k realizaci leteckých prací nebo leteckých činností pro vlastní potřebu.

4.4 Vodní plochy a litorální vegetace

4.4.1 Pásma vodních ploch

Typické vodní plochy se stojatými vodami (kupříkladu jezera) mají jasně rozlišená

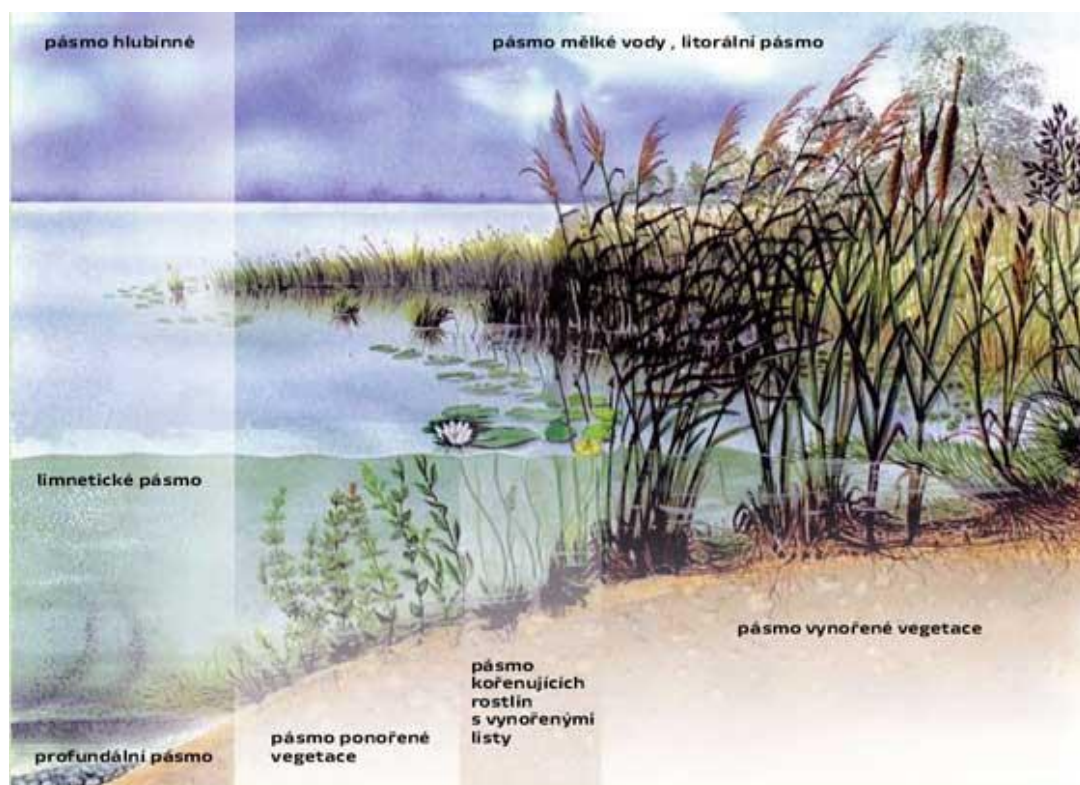
biologická společenstva, jež obývají vymezené oblasti těchto ploch. Jedná se o následující pásma (Lellák F. a Kubíček F.,1992):

- Litorál;
- Pelagiál;
- Profundál;
- Abysál;
- Bentál.

Podrobnější popisy jsou uvedeny v podkapitolách níže.

Litorální pásmo, litorální vegetace

Jak již bylo stručně řečeno, litorální pásmo (neboli litorál) je pojem označující oblast pobřežních mělčin u stojatých vod (například u rybníku, jezera, moře či oceánu). Voda do těchto míst může zasahovat jen občas nebo je naopak přítomna trvale. Rozsah litorálního pásma vždy záleží na průhlednosti vody, a to z toho důvodu, aby do vody mohlo pronikat sluneční záření (resp. světlo) a mohla zde probíhat fotosyntéza. V případě moří či oceánů tak může litorální pásmo dosahovat hloubky například i 200 metrů, naopak v rybnících či jezerech se obvykle jedná jen o pár metrů. Umístění litorálního pásma ukazuje Obr. 7.



Obr. 7 Členění litorálního pásma (Referáty encyklopedie, 2017)

Mezi nejčastěji se vyskytující druhy rostlin patří tzv. Amfifyty (neboli obojživelné litorální rostliny) a Helofyty (bahenní litorální rostliny). Rostliny spadající pod Amfifyty jsou přizpůsobeny kolísání výšky vodní hladiny během vegetačního období, tedy na tzv. ekofáze. Ekofáze jsou rozlišovány na:

- hydrofáze – vodní prostředí,
- litorální ekofáze – velmi mělká voda,
- limózní ekofáze – nezaplavená, avšak vodou prosycená půda,
- terestrická ekofáze – povrchově vyschlá půda.

Amfifyty můžeme rozdělit na několik typů, a to:

- hydrofyty – odolné vůči vyschnutí (např. *Batrachium* spp., *Callitriche* spp., *Myriophyllum* spp. apod.),
- obligátní amfifyty – časté jsou heterofylie (např. *Hottonia palustris*, *Polygonum amphibium*, *Sparganium emersum* a další).
- Fakultativní amfifyty – nachází se především v suchozemském prostředí, přičemž dobře snáší také zaplavení. Zaplavené listy jsou pak často redukované (např. *Myosotis palustris*, *Agrostis stolonifera*, *Veronica beccabunga* atd.)

Mezi helofyty se řadí zejména vytrvalé druhy rákosin a ostřicových porostů (Chytrý M., 2014).

Pelagiál

Pelagiální pásmo vodních ploch je tvořeno zejména limnoplanktonem (konkrétně bakterioplanktonem, fytoplanktonem a zooplanktonem), dále pak nektonem. Fytoplankton je tvořen zejména zástupci chrysomonád, skrytěnek, obrněnek, zelených bičíkovců a také sinic. V hlubších vodních plochách (zejména jezerech) jsou řasy nejhojnější v horní prosvětlené vrstvě. Lze o nich také prohlásit, že jsou velmi významnými producenty biomasy. Fytoplankton pak slouží také jako substrát pro další organismy.

Mezi zooplanktonem pak nalezneme zejména drobné prvoky, korýše, vírničky, larvy (koreter) apod. Součástí planktonu mohou být také larvy mlžů, medúzky sladkovodní či planktonní larvy parazitických ploštěnců. Zooplankton se v pelagiálu většinou soustřeďuje v konkrétních hloubkách – zejména v souvislosti se změnou některých abiotických i biotických faktorů. V případě abiotických jde zejména o množství světla

a teplotu prostředí. V případě biotických pak o výskyt predátorů a organických částic.

Profundál

Zóna Profundálu je závislá mimo jiné na vstupu energie a živin z pelagiálu, dále však také na teplotě prostředí a dostupnosti kyslíku. Množství potravy a kyslíku v této zóně je velmi dobrým indikátorem látkové výměny celého ekosystému. Množství fauny a flory v těchto zónách je závislé na tom, zda se jedná o vodní plochy oligotrofní, eutrofní či dystrofní.

Abysál

Zóna Abysálu pokrývá, zejména v hlubokých vodních plochách, pásmo nejhlubšího dna.

Bentál

Bentál představuje celou plochu dna vodní plochy. Tento areál pak částečně zasahuje do dvou dalších zón, a to litorálu a profundálu. Hranice mezi těmito zónami je shodná s tzv. kompenzační hladinou pelagiálu. Tato hladina odděluje trofogenní pásmo litorálu od trofolytického prostředí profundálu (Lellák F. a Kubíček F., 1992).

Charakteristika litorální vegetace

Mezi vodní makrofyta jsou řazené vyšší druhy vodních rostlin, makroskopické řasy a vodní mechy. Litorální vegetace se dělí podle morfologie, anatomie a dále dle ekologických nároků na rostliny emerzní, submerzní a natantní rostliny.

Mezi emerzní rostliny, neboli vynořené rostliny, patří zástupci rodů Orobinec (*Typha*), Rákos (*Phragmites*) a svou stavbou těla jsou podobné suchozemským makrofytům. Zakořeněné mohou být na vynořené a ponořené půdě. Kořenový systém emerzních rostlin je v anaerobním prostředí, proto rostlina tvoří vzdušné orgány v listech a stoncích, které umožňují cirkulaci kyslíku v těle rostlin až ke kořenovému systému. Dobře snášejí kolísání hladiny v rozsahu 50 až 150 cm (Sculthorpe C. D., 1985, Wetzel R. G., 2001).

Natantní rostliny jsou vodní s plovoucími listy, mezi které patří zástupci rodů Leknínů (*Nymphaea*) a Stulíků (*Nuphar*). Natantní rostliny jsou zakořeněné v zaplavené půdě a s kořenovým systémem je spojuje ohebný řapík. Rostliny s plovoucími listy se nachází v oblasti, kde je výška vodní hladiny v rozsahu 25–350 cm. Živiny získávají jak z kořenů, tak také z listů, které absorbují živiny

z vodního sloupce. Natantní rostliny jsou velice náchylné k velkému kolísání vodní hladiny.

Submerzní rostliny, neboli ponořené rostliny, jsou vodní rostliny, které mohou kořenit v hloubce vodního sloupce o velikosti až 11 m. Mezi zástupce submerzních rostlin patří Vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*) a Prustka obecná (*Hippuris vulgaris*). Submerzní rostliny čerpají živiny pomocí kořenů, ale také i celým povrchem těla z vodního sloupce. Ponořené rostliny jsou závislé na neustálém zaplavení, nemají patřičné ochranné mechanismy proti vysychání (Sculthorpe C. D., 1985).

Lemnidy jsou rostliny volně plovoucí makrofyta. Mezi zástupce lemnidů patří rod Okřehků trojbrázdých (*Lemna*) a zástupci rodu Růžkatců (*Ceratophyllum*). Jedná se o drobné druhy rostlin, které volně plavou na hladině a nejsou nikterak ukotvené k půdě. Potřebné živiny absorbují z vodního prostředí, na kterém jsou závislé. Svou přítomností snižují produkci fytoplanktonu, když nastane konec vegetačního období, odumírají a klesají na dno, kde obohacují sediment o živiny a podporují tím koloběh živin ve vodním sloupci (Sculthorpe C. D., 1967).

4.4.2 Význam litorální zóny

Velkým přínosem pro vodní ekosystém jsou vodní makrofyta. Vodní vegetace zlepšuje kvalitu a jakost vody, z vodního prostředí odstraňují makrofyta živiny a těžké kovy. Dokáží zachycovat splachy z okolí a v přítokové části pohlcují fosfor přinášený přítokem (Duras J. et al., 2006; Duras J. a Kučera T., 2013). Vodní rostliny se podílí na dodávání organické hmoty do vodního ekosystému, proces dekompozice makrofyt ovlivňuje množství rozpuštěného kyslíku a cyklus živin v ekosystému (Kalff J., 2002; Janauer G. A., 2002). Mělké příbřežní území litorálu poskytuje prostor pro život mnohým organismům a stává se tak nejrozličnější částí vodních uskupení (Kalff J., 2002). Makrofyta mají vliv na složení a vývoj rybí obsádky, jelikož poskytují vhodná stanoviště pro všechna vývojová stadia ryb a pro dravé ryby (Duras J. a Kučera T., 2013; Krolová M., 2013). Stává se vhodným místem pro rozmnožování, hnízdění mnoha druhů ptactva a rozmnožování obojživelníků (Maštera J., 2017). Litorální vegetace je vhodným hnízdištěm pro Bukače velkého (*Botaurus stellaris*) (Hudec K. et al., 1972). Jedná se o druhově nejbohatší část rybníků. Veškeré vodní rostliny podporují sedimentaci částic a redukují zákal, tím přispívají k vyšší průhlednosti vody (Coops H. a Hosper S. H., 2002; Moss B., 2008). Vynořené rostliny zástupců řady *Typha* – Orobinec a ostatních druhů rostlin v litorálním pásmu pomáhají svými kořeny

zpevňovat břehy vodních útvarů a tlumí mechanickou sílu vln a zabraňují tak erozi (Hartman P. et. al., 1998).

4.5 Problematika vodních biotopů a jejich zarůstání litorální vegetací

Pásmo litorálu je mimo jiné pestře osídleno například společenstvy zoobentosu. Pravidelně se zde vyskytují takoví živočichové, jako jsou larvy vážek, vodní brouci, ploštice či vodní měkkýši (okružáci, plovatky, bahénky atp.). Se zvyšující se hloubkou vodního biotopu pak jejich početnost klesá. Mezi emergentními a plovoucími rostlinami litorálního pásma nacházejí úkryt, ochranu a také potravu další skupiny živočichů, tentokrát ryby, např. mladé štiky.

Důležitou složkou fytoceenóz a zoocenóz litorálního pásma jsou nárosty (perifyton). Ty jsou vedle bakterií tvořeny také rozsivkami, zelenými řasami, přisedlými nálevníky, vířníky, červy, larvami či kuklami pakomárů. Žije zde však také řada jiných druhů, např. sladkovodní houby, nezmaři, ploštěnky, perloočky, buchanky, lasturnatky, vodule, měkkýši a larvy hmyzu. Podle typu podkladu je možné nárosty členit na epifyton (nárost na rostlinách), epizoon (nárost na živočiších), epiliton (nárost na skalnatém podkladu) a epixylon (nárost na dřevu) (Štěrbá O., 1986).

Jak je z předchozího textu možné vypožorovat, litorální vegetace stojatých vod je jedním z klíčových prvků pro rozvoj mnoha různých druhů živočichů. Jako příklad mohou sloužit obojživelníci. Pro jejich rozmnožování je důležitá hustší koncentrace litorální vegetace, ideálně s obsahem vzplývavých a plovoucích vodních rostlin a také dostatečně velký pás mělčiny s hloubkou do 40 cm. V souvislosti s těmito živočichy pak může nastat problém, pokud vodní plocha zaroste litorální vegetací až příliš. Vodní hladina pak může být až příliš zastíněná a rostliny mohou vodní plochu zanést svým odpadem (listím, uvadlými květy, pylem apod.), což ve velké koncentraci snižuje kvalitu podmínek pro vývin nových živočichů. Je třeba si uvědomit, že tyto problémy mohou mít další důsledky, a totiž fakt, že nevhodné podmínky pro rozvoj živočišných druhů, jež jsou navázány na litorální pásmo vodních ploch, mohou zapříčinit nedostatek potravy pro ryby. V důsledku toho se mohou některá jezera či rybníky stát nevhodnými pro chov (Maštera J., 2015).

Z výše uvedeného lze vyvodit, že problematický je nedostatek litorální vegetace ve stojatých vodách, jelikož pak mnoho různých živočichů nemá vhodné podmínky

pro svůj rozvoj, díky čemuž je ovlivněn celý ekosystém. Stejně problematický je však také přebytek litorální vegetace, který může způsobovat zejména nedostatek slunečního světla, a naopak nadbytek odpadních látek rostlin, což opět narušuje život vybraných skupin živočichů a tím i celý ekosystém.

4.5.1 Hlavní faktory ovlivňující litorální vegetaci v umělých vodních útvarech

Hlavním ovlivňujícím faktorem je nárazové a rozsáhlé kolísání, snižování a zvyšování, vodní hladiny ve vodních nádržích. Snižování a zvyšování hladiny je způsobeno kontrolovanou úpravou výšky vodní hladiny lidskou činností za účelem prevence povodní, dodávkou vody a ovlivňuje interakci litorálního pásma s volnou hladinou vodního tělesa (Kolada A. et al., 2001; Moss B., 2008). Fluktuace vodní hladiny ovlivňuje přísun živin do vodního ekosystému (Coops H. a Hosper S. H., 2002). Změna výšky vodních hladin podporuje vznik erozního pásu, který má za následek tvorbu mechanických vln, které mohou zapříčinit vyplachování živin ze živné půdy (Furey P. C. et al., 2004). Tento jev má negativní následky pro litorální vegetaci, u které klesne produktivita.

V případě vodních nádrží, kde je litorální pásmo ovlivněno především kolísáním vodní hladiny, se střídají období, kdy je litorál zaplavován a kdy není oplachován vodou. Zde lze určovat hydrologické podmínky stanoviště podle tzv. ekofází. Jedná se o aktuální výšku vodní hladiny na stanovišti a s tím související míru zaplavení.

4.6 Aktuální stav zarůstání vodních biotopů litorální vegetací v ČR

U českých vodních ploch se stojatou vodou a výskytem litorálního pásma, a to zejména u rybníků, bývá litorální pásmo dobře vyvinuté a většinu ploch pokrývá právě pásmo litorálu. Velká většina našich rybníků je tak díky výše uvedenému faktu bohatá na živiny (tzv. eutrofizovaná), díky čemuž mají také bohatě vyvinutý plankton. Ten se skládá zejména z řas, sinic, rozsivek a také zooplanktonu. K destrukci litorálních porostů může docházet především díky vyžírajícímu tlaku, zákaly způsobené rytím rybí obsádky (kapr, amur) a změnám chemismu vody (hnojení, vápnění). Další ohrožení litorální vegetace představuje odbahňování, sečení a kolísání vodní hladiny. Sečení mimo období rozmnožování fauny vázané na litorální porosty, kdy není zasažena většina porostů, nepředstavuje pro ekosystém vážné ohrožení. Není vhodné každoroční sečení totožných porostů, sklizeň je možná v zimním období maximálně jednou za tři roky, kdy rozloha v jedné zimě posečených porostů v rybníce nepřesahuje

polovinu jejich rozlohy. Kolísání nebo dlouhodobé zvýšení hladiny je významné z hlediska nároků jednotlivých druhů rostlin na maximální hloubku, v níž jsou schopny růst. Dočasné zvýšení hladiny (např. v důsledku sezónních zvýšených průtoků) většinou litorální porosty snesou, také krátkodobé snížení hladiny nepředstavuje jejich vážné ohrožení.

4.6.1 Metody mapování litorálních vegetací ve státech EU

Vhodný stav vodního ekosystému se posuzuje na základě stavu vodních společenstev. Za biologické ukazatele kvality prostředí jsou brány makrofyta spolu s fytoplanktonem, makrozoobentosem a rybami. Členské státy EU dostávají za úkol přijmout nové metodiky vodních systémů (Směrnice 200/60/ES). EU požaduje spojení členění vhodného ekologického stavu vod v rámci všech členských států.

Na podkladech jednotné klasifikace se porovnají metodiky a výsledky mezi členskými státy a to takovými, které mají podobné geografické a přírodní podmínky. Výsledky z porovnání bude muset každý zúčastněný stát použít a zakomponovat do národního klasifikačního listu.

Sledování biologických složek se skládá ze dvou vzájemně se doplňujících a vzájemně se propojujících metodách: floristické inventarizace a fytocenologické snímky.

4.7 Terénní průzkum slučující způsoby sběru materiálu

Postup hodnocení kvality vody je založený na nahromadění materiálu ve sledované oblasti se sjednocenými způsoby vyhodnocování dat a výpočtem bioindikátorů (Kolada A. et al., 2011).

4.7.1 Floristické inventarizace

Nejjednodušším postupem je sepsání indexu všech přítomných druhů makrofyt na sledované ploše. Postup se zakládá ve stanovení a sběru jednotlivých druhů makrofyt ze břehu nebo z lodi. Podle platných norem způsob sledování makrofyt závisí na velikosti plochy, která je zkoumána (Kolada A. et al., 2011). Požadavky a základní rysy takového organismu jsou tak dobře prostudovány, že každá odchylka z normy je patrná a ukazuje nám změny v prostředí.

4.7.2 Fytocenologické snímky

Metody fytocenologických snímků zkoumá složení vegetace a fytocenologie rostlin

a slouží ke klasifikaci, která zahrnuje jak kvantitativní, tak kvalitativní hodnoty sledované vegetace. Měření pokryvnosti na určené ploše je nejčastěji prováděno pomocí Braun-Blanquetovy stupnice. Metodu tvoří stupnice hodnotící pokryvnost vegetace na určené ploše (viz Tab. 5). Stupnici je možné podle potřeb sledování upravovat (Moravec J. et al., 1994). Další možností, která je využívána v Rakousku, je hodnocení podle Kohlerovy škály patrné v Tab. 6 (Moravec J., et al., 1994).

Tabulka 5 Braun-Blanquetova stupnice s rozděleným stupněm 2

Stupeň	Četnost/pokryvnost snímkové plochy v %
r	jeden nebo několik málo jedinců s pokryvností cca 1 %
+	roztoušený výskyt s pokryvností <5 %
1	hojný výskyt s velmi malou pokryvností nebo méně početný druh s větší pokryvností, vždy však <5 %
2m	početný druh s pokryvností ± 5 %
2a	druh s pokryvností 5 – 15 % bez ohledu na počet jedinců
2b	druh s pokryvností 15 – 25 % bez ohledu na počet jedinců
3	druh s pokryvností 25 – 50 % bez ohledu na počet jedinců
4	druh s pokryvností 50 – 75 % bez ohledu na počet jedinců
5	druh s pokryvností 75 – 100 % bez ohledu na počet jedinců

Tabulka 6 Kohlerova stupnice pokryvnosti

Stupeň	Početnost
1	velmi zřídka se vyskytující druh
2	vzácně se vyskytující druh
3	běžný druh
4	početný druh
5	velmi početný druh

4.7.3 Celkové fytolitorální mapování

Jedná se o nejpřesnější metodu zkoumající celkovou vegetaci jezera obsahující vodní makrofyta. Díky této metodě se prozkoumá výskyt druhů, rozmístění, početnost a kvantitativní vztahy mezi vodní vegetací. Vodní vegetace se sleduje během vrcholu

vegetační doby, od června do srpna. Sledování probíhá dvěma metodami:

1. Sledování z lodi pomocí baryskopu, kotvy nebo hrábí
2. Sledování ze břehu

Sledované lokality jsou zanesené do mapového podkladu, uvádí se i druhové složení, které následně slouží k vyhodnocení výskytu makrofyt ve sledované lokalitě a pomáhá kvantifikovat vztahy mezi vegetací. Pro účely mapování je doporučeno používat zařízení GPS pro přesný zápis dat.

4.7.4 Metodika transektů

Jedná se o nejuniverzálnější metodu mapování litorálních porostů jak ve stojatých vodách, tak i v tekoucích vodách. Tato metoda je hojně rozšířena a využívána v mnoha zemích. Transektová metoda je velice jednoduchá, časově nenáročná a udávající přesné údaje o litorální vegetaci v různých úrovních hloubky. Používá jednoduchých transektů nebo pásových transektů. Jednoduché transekty se používají pro získání dat hloubkového rozložení vegetace, bez toho aniž by byla potřeba získat povědomost o jednotlivých druzích. Evropským výborem pro normalizaci je doporučena metoda pásových transektů. Metoda je založena na vytvoření transektů, které jsou kolmé na břeh a s délkou zahrnující celkovou oblast až do hloubky, kde se vyskytují makrofyta. Počet sledovaných lokalit není přesně udáván, záleží na velikosti zkoumané plochy sledované lokality, takto se specifikuje i šířka jednotlivých transektů. Metoda transektů je běžný způsob monitorování makrofyt ve Finsku, Německu, Rakousku, Velké Británii, Dánsku, Polsku, Francii, Estonsku (viz Tab. 7; Kolada A. et al., 2011).

Tabulka 7 Transektové metody používané při zkoumání vodních makrofyt ve vybraných evropských zemích (Kolada et al., 2011)

Finsko	kvadrátové nebo pásové transekty, šířka transektu 1 m
Německo	pásové transekty, na každém transektu se měří ve 4 hloubkových zónách (0 – 1 m, 1 – 2 m, 2 – 4 m, > 4 m), Kohlerova stupnice
Rakousko	pásové transekty o šířce 2 – 5 m, hloubkové stupně, ve kterých probíhá sběr vzorků 0 – 1 m, 1 – 2 m, 2 – 4 m, 4 – 8 m, > 8 m, hodnocení početnosti - Kohlerova stupnice (PME)
Velká Británie	zkoumaný prostor je široký 100m, tento úsek je rozdělen do 5 transektů, vytyčí se 20 odběrných míst o velikosti 1 m ² , hloubkové zóny 0,25 m, 0,5 m, 0,75 m, > 0,75 m
Dánsko	pásové transekty, pokrývající celou studovanou plochu, pokryvnost makrofyt se hodnotí podle Braun-Blanquetovy stupnice
Polsko	pásové transekty, fytoecologický průzkum výskytu makrofyt
Francie	Litorální mapování vegetace + počítání přítomných druhů rostlin na jednotlivých částech v oblasti břehu a v oblastech podélných profilů, které leží kolmo na břeh
Estonsko	Menší jezera – fytolitorální mapování + profilová metoda (oblast je rozdělena do několika profilů o délce 200 – 500 m, používá se zjednodušená pěti bodová Braun-Blanquetova stupnice

5 VYUŽITÍ TECHNOLOGIE UAS KE SLEDOVÁNÍ JEVU ZARŮSTÁNÍ VODNÍCH BIOTOPŮ LITORÁLNÍ VEGETACÍ

Jak již bylo v této práci několikrát řečeno, pro účely výzkumu vodních biotopů a litorální vegetace se více hodí bezpilotní helikoptéry než letadla. Důvodem je zejména nižší rychlost helikoptér, díky čemuž se lze při pořizování snímků či videí zaměřit na větší detaily, než je to možné u letadel, jež jsou stále v pohybu (na rozdíl od helikoptér, které dokáží létat na místě) a pohybují se navíc poměrně rychle.

Technologie UAS postoupila dnes tak daleko, že je možné sestavit celé automatizované sítě dronů, jež jsou schopny se samy nabíjet, pohybovat se po vyznačených (naprogramovaných) trasách, pořizovat obrazový materiál a ten poté zasílat do výzkumného střediska k dalšímu vyhodnocení. Díky tomuto faktu tak stačí zkoumané území rozdělit na pásma dle doletu vybraných dronů, umístit dokovací stanice, naprogramovat cestu dronu a jeho chování v jednotlivých úsecích cesty (v dokovací stanici, při přeletu nad pásmem litorální vegetace apod.) a poté vypustit vhodný počet dronů pro monitoring. Celý systém vyžaduje jen občasnou kontrolu a případně opravu některého z UAV, jinak dokáže být zcela nezávislý na lidském zásahu. To z něj dělá velmi silnou „zbraň“ v rukou výzkumníků, kteří tak, stejně jako například ze satelitů, mohou mít automatizovaný přístup obrazového materiálu pro prvotní zkoumání.

Teprve na základě vyhodnocení snímků či videa je možno, je-li to účelné, provést sběr vzorků prostřednictvím vědeckých pracovníků v terénu. Ti však již mohou jít do konkrétní vymezené lokality a zefektivnit tak svou vlastní práci. Vhodnou metodou plánování letu je takzvaná mřížka, kdy dokážeme kvalitně a rychle zmapovat celou sledovanou plochu.

Pravidelné, respektive automatizované, využití této techniky umožňuje také sestavovat časové řady pro srovnání výsledků, jež mohou výzkumníkům poskytnout další důležité informace pro jejich práci. Na obrázku níže je návrh sledované plochy kvadrakoptérou na Chobotském rybníku v katastrálním území Jablonné u Příbrami. Chobotský rybník o rozměrech 50 x 40 m dosahuje maximální hloubky 4 metrů, břehy jsou travnaté a dno rybníka je místy písčité i bahnité. Rybník je v letních měsících využíván ke koupání. Okolí rybníka je z části porostlé litorální vegetací, jak je patrné z obr. 8. Chobotský rybník je zásobován vodou z Chobotského potoka.



Obr. 8 Plán trasy letu kvadrakoptéry na Chobotském rybníku (Google maps, 2017)

V obrázku je vyznačená trasa letu kvadrakoptéry, která bude zachycovat změny v litorální vegetaci. Tyto změny budou pro vědce důležitým poznatkem při sledování změn litorální vegetace na Chobotském rybníce.

Důležité pro funkčnost celého systému je vyřešit veškerá související povolení, jelikož jak bylo uvedeno v kapitole 4.3.2. o právní problematice v souvislosti s civilním využíváním UAS a UAV, dnes v mnoha státech není z bezpečnostních důvodů využití této technologie pro civilní účely povoleno. Je třeba vyřešit fakt, že rybníky mohou být využívány k rekreačním účelům a drony tak mohou přelétávat nad oblastí s poměrně vysokou hustotou lidí. To zvyšuje riziko zranění při pádu dronu, případně při snaze dron chytit (děti, podnapilí dospělí apod.).

6 DISKUSE

Pro sledování změn v litorálních vegetacích se stále více využívají možnosti dálkového průzkumu Země. Velký potenciál využití bezpilotních systémů je v možnosti zajištění vysoké hustoty vzorkování za přijatelných nákladů. Ve špatně přístupných litorálních vegetacích v oblastech jezer a rybníků, které mohou být nebezpečné pro tým vědců sledujících danou lokalitu, by se mohly uplatnit bezpilotní systémy, aby nedocházelo k ohrožením na životech. Ze spektra technologií dálkového průzkumu litorálních vegetací se jeví nejvhodnější variantou využití bezpilotních helikoptér. Hlavními důvody jsou zejména nižší rychlost letu, která umožňuje podrobnější zkoumání a lepší kvalitu pořizovaných snímků. Pro lepší kvalitu pořizovaných materiálů svědčí také fakt, že bezpilotní helikoptéry dokáží zůstat na jednom místě i při letu a mohou tak pořizovat více fotografií či delší videozáznam z jednoho konkrétního bodu. Helikoptéry jsou velice univerzální v nasazení a je tedy možné je využít prakticky kdekoliv s velmi nízkými provozními náklady, a to při celoplošném snímkování zájmového území.

Nasnímkováním litorální vegetace je získán přehled o míře různorodosti litorální vegetace a celoplošná informace o daném pozemku. Z těchto snímků lze vycházet pro další využití nasbíraných dat, například vhodného zvolení vzorkovací sítě pro pozemní vzorkování litorální vegetace a následné laboratorní testy. Optimalizováním sítě je možné snížit finanční a časovou náročnost na samotné odběry, ale též je možné předejít i situaci, kdy dochází k odběru množství vzorků na velké části sledovaného pozemku a silně variabilní menší plochy nemusí být vzorkovací sítí vůbec postihnuty.

Faktem však zůstává, že byť je tato technologie dostupná technicky, z pohledu financí může být situace jiná. Jelikož pro pořízení rozsáhlých systémů je třeba vynaložit jednorázově velké pořizovací náklady, je otázkou, zda pro výzkumné instituce bude větší využití této technologie schůdné a zda bude vůbec možné vzhledem k omezeným rozpočtům na výzkum, s nimiž často takto zaměřené instituce bojují. Pokud by tyto faktory byly posouzeny ze strany bezpečí lidských životů, jsou náklady na pořízení bezpilotních technologií minimální.

V litorálních vegetacích často hnízdí velmi ohrožené druhy ptactva, obojživelníků, které bezpilotní letoun nijak neruší při hnízdění a nedochází k narušení jeho snůšky jako při transektovém sledování. Získané podklady o hnízdícím ptactvu bude možné

posoudit z pohledu ornitologů, kteří budou mít nad hnízdícím ptactvem přehled.

Velký potenciál bezpilotních systémů je spatřován při získávání dotačních titulů od Ministerstva zemědělství, kde jedním z dotačních titulů je revitalizace rybníků a podmínkou pro jeho získání je hodnota zemnění a množství litorální vegetace na daném rybníce. Pomocí bezpilotních systémů je možno veškerá tato data velice snadno a rychle získat.

Bezpilotní systém jako takový dokáže ve většině případů bezpečně zastoupit tým vědců a tím šetřit čas, finance a především bezpečí vědců.

7 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá bezpilotními systémy jako technologií, které je možné využít v ekologickém a biologickém výzkumu. Bylo nutné zjistit, jaké jsou konkrétní možnosti využití bezpilotních systémů pro sledování litorální vegetace vodních biotopů a jaké výhody toto řešení může pro výzkumné týmy skýtat.

Litorální zóny zlepšují kvalitu a jakost vody, jelikož odstraňují těžké kovy, a mají zásadní vliv na vývoj rybí obsádky, jelikož poskytují vhodná stanoviště pro všechna vývojová stadia ryb. Svým prostředím se stává vhodným místem pro rozmnožování, hnízdění mnoha druhů ptactva a rozmnožování obojživelníků. Vodní rostliny nacházející se v litorální zóně podporují sedimentaci částic a dokáží redukovat zákal vody. Litorální vegetace stojatých vod je jedním z klíčových prvků pro rozvoj mnoha různých druhů živočichů. V souvislosti s těmito živočichy pak může nastat problém, pokud vodní plocha zaroste litorální vegetací až příliš. Vodní hladina pak může být až příliš zastíněná a rostliny mohou vodní plochu zanést svým odpadem (listím, uvadlými květy, pylem apod.), což ve velké koncentraci snižuje kvalitu podmínek pro vývin nových živočichů. Z toho lze vyvodit, že je problematický nedostatek litorální vegetace ve stojatých vodách, jelikož pak mnoho různých živočichů nemá vhodné podmínky pro svůj rozvoj. Stejný problém nastává také s přebytkem litorální vegetace, který může způsobovat snížení prostupu slunečního světla, a naopak nadbytek odpadních látek.

Vhodným způsobem pro účely výzkumu a sledování vodních biotopů a litorální vegetace se jeví využití bezpilotních systémů. Bylo zjištěno, že pro sledování změn ve vodních biotopech a litorálních vegetacích se více hodí bezpilotní multikoptéry než letadla. Důvodem je zejména nižší rychlost multikoptér, díky čemuž se lze při pořizování snímků či videí zaměřit na větší detaily, než je možné u letadel, jež jsou stále v pohybu (na rozdíl od multikoptér, které dokáží létat na místě) a pohybují se navíc poměrně rychle. Bepilotním systémům nevadí horší klimatické počasí a lze jich využívat celoročně, navíc pořízené snímky jsou rovnou ukládané do systému a zarchivované. Získání celoplošných informací by bez použití leteckých snímků bylo velice zdlouhavé, jelikož by bylo nutné velmi hustě měřit litorální vegetaci, zatímco všechna potřebná data jsou u leteckých snímků viditelná na jednom snímku. 3D modely lze pak získat z výšky, při tak velkém zájmovém území, a jsou výrazně

přesnější než model, který by bylo nutné připravit bez leteckých snímků.

V práci byl představen bezpilotní vrtulník Robodrone Kingfisher, který lze využít při sledování navrhované plochy. Navrhovanou sledovanou plochou je Chobotský rybník nacházející se v katastrálním území Jablonné u Příbrami. Chobotský rybník je z části porostlý litorální vegetací, na které lze sledovat její změny. Následným vyhodnocením lze posoudit, jak mají změny v hustotě porostu a rozšiřování litorální vegetace vliv na živočichy nacházející se v litorální vegetaci, rybí obsádky a kvalitu vody v Chobotském rybníku. Pro kvalitní mapování doporučuji bezpilotní vrtulník Robodrone Kingfisher vybavit softwarem pro zpracování obrazu Mission Plannerem, který nabízí plánování trasy pomocí mřížky, která je vhodná při mapování vodních ploch. Pro pořizování snímků lze využít 6-kanálovou multispektrální kameru TetracamMCA6. Tuto metodu by bylo vhodné otestovat v diplomové práci, kterou bych chtěl navázat na mnou získaných podkladech uvedených v bakalářské práci.

ZDROJE

Literární zdroje

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

DURAS J., HEJZLAR J., CHOCHOLOUŠKOVÁ Z. a KUČERA T., 2006: Vodní nádrže – nové příležitosti pro uplatnění makrofyt (a botaniků), *Zprávy Čes. Bot. Společnost, Praha*, 41, Mater. 21: 167-171.

DURAS J. a KUČERA T., 2013: Rozvoj akvatické vegetace na VN Švihov v posledních letech. In: *Vodohospodářská konference: vodní nádrže 2013. Povodí Moravy, Brno*: 164.

FUREY P.C., NORDIN R.N. a MAZUMDER A., 2004: Water level draw down affects physical and biogeochemical properties of littoral sediments of a reservoir and a natural lake. *LakeReservoirManage.* 20: 280–295.

GETZIN S., WIEGAND K. a SCHÖNING I., 2012: Assessing biodiversity in forests using very high-resolution images and unmannedaerial vehicles. *Methods in Ecology and Evolution* 3 (2): 397–404.

HARTMAN P., PŘIKRYL I. a ŠTĚDRONSKÝ E., 1998: *Hydrobiologie. Informarotium, Praha*, 335.

HEJNÝ S., POKORNÝ J., KVĚT J., HUSÁK Š. a PECHAROVÁ E., 2000: *Rostliny vod a pobřeží. East West Publishing Company, Praha*, 118.

HUDEK K., ČERNÝ W., 1972: *Fauna ČSSR, svazek 19, Ptáci 1. Academia, Praha*, 536.

CHYTRÝ M., KUČERA T. a KOČÍ M., 2001: *Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha*, 307.

JANAUER G. A., 2002: Water Framework Directive, European Standards and the Assessment of Macrophytes in Lakes: A Methodology for Scientific and Practical Application. *Verh. Zool. – bot. Ges. Osterreich* 139: 143-147.

JONES G. P., PEARLSTINE L.G. a PERCIVAL H. F., 2006: An Assessment of Small Unmanned Aerial Vehicles for Wildlife Research. *Wildlife Society Bulletin*, 34 (3): 750–758.

KALFF J., 2002: *Limnology: island water ecosystems*. UpperSaddle River, NJ, PrenticeHall: 136-153.

KARAS J. a TICHÝ T., 2016: *Drony*. Brno, Computer Press, ISBN 978-80-251–4680-4.

Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 307.

KOLADA A., HELLSTEN S., KANNINEN A., SONDERGAARD M., DUDLEY B., NOGES P., OTT I., ECKE F., MJELDE M., BERTRIN V., DAVISON T. a DUEL H., 2011: WISER DELIVERABLE, Deliverable D3.2-1: Overview and comparison of macrophytes survey methods used in European countries and a proposal of harmonized common sampling protocol to be used for WISER uncertainty exercise including a relevant common species list. Institute of Environmental Protection (IEP).

KROLOVÁ M., ČÍŽKOVÁ H., HEJZLAR J. a POLÁKOVÁ S., 2013: Response of littoral macrophytes to water level fluctuations in storage reservoir. *Knowledge and management of Aquatic Ecosystems*: 21.

LELLÁK, F. a KUBÍČEK. F., 1992: *Hydrobiologie*, Karolinum, Praha, 260.

MORAVEC J., BLAŽKOVÁ D., HEJNÝ S., HUSOVÁ M., JENÍK J., KOLOBEK J., KRAHULEC F., KREČMER V., KROPÁČ Z., NEUHASL R., NEUHAUSLOVÁ – NOVOTNÁ Z., RYBNÍČEK K., RYBNÍČKOVÁ E., SAMEK V. A ŠTĚPÁN J., 1994: *Fytocenologia*. Academia, Praha, 403.

MOSS B., 2008: The kingdom of the shore: achievement of good ecological potential in reservoirs. *FreshwaterRev.* 1: 29-42.

RANGO A., LALIBERTE A., HERRICK J. E., WINTERS C., HAVSTAD K., STEELE C. a BROWNING D., 2009: Bezpilotní letouny založené na dálkový průzkum pro posouzení pastvin, monitorování a řízení.

SALAMÍ E., BARRADO C. a PASTOR E., 2014: UAV Flight Experiments Applied

to the Remote Sensing of Vegetated Areas. *Remote Sensing*, 6(11): 11051–11081.

Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Pracovní překlad s anglickým originálem. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 2001: 96 pp.

SCULTHORPE C. D., 1985: *The biology of aquatic vascular plants*. Koeltz Scietific Books Konigstein/west Germany, 388.

SCULTHORPE C. D., 1967: *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. 610 S. London, 179.

ŠTĚRBA O., 1986: *Pramen života*. Panorama, Praha, 221.

WETZEL R. G., 2001: *Limnology Lake and River Ecosystems*. Academic Press, San Diego, 1006.

Online zdroje

Airinov, 2016: (online) [cit. 2016-11-15], Dostupné z <https://www.airinov.fr/cartographie-first/>

Ardupilot, 2017: (online) [cit. 2017-04-04], Dostupné z <http://ardupilot.org/planner/index.html>

Droneweb. 2016: Co je dron? (online) [cit. 2016-10-10], Dostupné z <http://droneweb.cz/co-je-dron>

eMotionsenseFly, 2017: (online) [cit. 2017-04-03], Dostupné z <https://www.sensefly.com/software/emotion-3.html>

EUROPEAN COMMISSION, 2014: COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL: A newer for aviation (online) [cit. 2015-09-18], Dostupné z http://ec.europa.eu/transport/modes/air/doc/com%282014%29207_en.pdf

CHYTRÝ M., MASARYKOVA UNIVERZITA, 2014: *Vegetace České republiky: Vodní a mokřadní vegetace*, Brno (PDF) [cit. 2015-09-27], Dostupné z <http://www.sci.muni.cz/botany/chytry/veg-cr/Veg-CR05-Mokro.pdf>

MACHÁČEK T. et al., 2005: Biomach, výpisky z biologie (online) [cit. 2015-09-27], Dostupné z www.biomach.cz

MAŠTERA J., 2017: (online) [cit. 2017-03-31], Dostupné z <http://www.obozzivelnici.wbs.cz/>

MAŠTERA J.: Obožživelníci České republiky (online) [cit. 2015-10-22], Dostupné z <http://www.obozzivelnici.wbs.cz/Vodni-biotopy20.html>

REAVIS B. a HEM B.: Honeywell T-Hawk Aids Fukushima Daiichi Disaster Recovery: Bezpilotní Micro Air Vehicle Poskytuje videa se ke vzdálenému monitoru, Dostupné z <http://honeywell.com/News/Pages/Honeywell-T-Hawk-Aids-Fukushima-Daiichi-Disaster-Recovery.aspx>

ROBODRONE INDUSTRIES, S.R.O., 2015: Robodrone.com (online) [cit. 2015-10-22], Dostupné z www.robodrone.com

Sitmp, 2016: (online) [cit. 2016-10-10], Dostupné z: <http://www.sitmp.cz/drony/>

SCHMELZOVÁ R., 2011: Vodní nádrže (online) [cit. 2015-09-27], Dostupné z http://www.historickededictvi.com/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/KHD_LS_RS_07_2011_prednaska.pdf

Tetracam, 2017: (online) [cit. 2017-03-31], Dostupné z http://www.tetracam.com/Products-Mini_MCA.html

ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ, 2011: Úřad pro civilní letectví (online) [cit. 2015-09-18]. Dostupné z: <http://www.caa.cz/>

Česká zemědělská univerzita v Praze, 2017: Fakulta životního prostředí (online) [cit. 2017-01-18]. Dostupné z: <https://www.fzp.czu.cz/cs/r-6895-katedry-a-soucasti/r-7297-laboratore/r-8800-laborator-gis-a-dpz>

Robodrone, 2017: (online) Dostupné z https://www.robodrone.com/Obrazek.aspx?Obrazek_id=10

TETRACAM INC, 2017: (online), Dostupné z http://www.tetracam.com/Products-Mini_MCA.htm

- AIRINOV, 2017: (online) Dostupné z https://odoo.airinov.fr/en_US/shop/product/airinov-multispec-4c-pour-abee-2
- eMotion senseFly, 2017: (online) Dostupné z <https://www.sensefly.com/software/emotion-3.html>
- Ardupilot, 2017: (online) Dostupné z <http://ardupilot.org/planner/docs/common-planning-a-mission-with-waypoints-and-events.html>
- Referáty encyklopedie, 2017: (online) Dostupné z <http://www.referatyencyklopedie.estranky.cz/clanky/litoralni-pasmo.html>
- Google Maps, 2017 (online) Dostupné z <https://www.google.cz/maps/@49.6593636,14.1468727,217a,35y,39.32t/data=!3m1!1e3>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Bezpilotní letoun křídlového typu SenseflyeBee	6
Obr. 2 Bezpilotní helikoptéra Robodrone Kingfisher	7
Obr. 3 Multispektrální kamery Tetracam MCA6	9
Obr. 4 Multispektrální kamery AirinovmultiSPEC 4C	9
Obr. 5 Mapovací módy eMotion 3	11
Obr. 6 Mapovací mód mřížka MissionPlanner	12
Obr. 7 Členění litorálního pásma	15
Obr. 8 Plán trasy letu kvadrakoptéry na Chobotském rybníku	26

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Parametry bezpilotního letounu křídlového typu SenseflyeBee.....	6
Tabulka 2. Parametry bezpilotního vrtulníku Robodrone Kingfisher	7
Tabulka 3 Parametry multispektrální kamery Tetracam MCA 6.....	9
Tabulka 4. Parametry multispektrální kamery AirinovmultiSPEC 4C.....	10
Tabulka 5. Braun-Blanquetova stupnice s rozděleným stupněm 2.....	22
Tabulka 6. Kohlerova stupnice pokryvnosti.....	22
Tabulka 7. Transektové metody používané při zkoumání vodních makrofyt ve vybraných evropských zemích	24