

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



VYUŽITÍ DRONU PRO HYDROMORFOLOGICKÉ HODNOCENÍ  
VODNÍHO TOKU STŘÍBRNÝ POTOK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Bakalant:** Pavel Rochel

**Vedoucí práce:** Ing. Martin Sucharda

Praha, 2020

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pavel Rochel

Krajinářství  
Územní technická a správní služba

Název práce

**Využití dronu pro hydromorfologické hodnocení vodního toku**

Název anglicky

**The use of the drone for hydromorphological evaluation of the watercourse**

---

### Cíle práce

Hydromorfologické hodnocení je jedním ze zásadních parametrů vypovídajících o stavu vodního toku. Slouží jako podklad pro jednotlivé nástroje krajinného plánování, posuzování stavu životního prostředí a přípravy revitalizačních opatření. Pro terénní získávání dat je využíváno především klasické pozemní mapování. Rozvoj technologie zvýšil dostupnost podrobného leteckého mapování s využitím dronu.

Cíle práce jsou:

1. Komplexní zmapování a vyhodnocení hydromorfologického stavu vodního toku
2. Shromáždění a vyhodnocení dalších přírodovědných, technických a kulturních poznatků týkajících se vybraného vodního toku
3. Podrobný popis geomorfologie přírodních úseků vodního toku s využitím dronu
4. Návrh zjednodušení získání aktuálních terénních dat pro potřeby hydromorfologického mapování

### Metodika

Metodika

Provedte podrobné hydromorfologické mapování a vyhodnocení vybraného vodního toku. Pro práci využijte metodiku: „Metodika odboru ochrany vod, která stanovuje postup komplexního řešení protipovodňové a protierozní ochrany pomocí přírodě blízkých opatření“ (MŽP, 2008).

Shromážděte podkladové údaje o vodním toku a jeho povodí. Identifikujte přírodní a technické úseky, proveďte vyhodnocení hydromorfologického stavu pomocí metodiky, identifikujte vzorový přírodní a technický úsek, na přírodním úseku proveďte podrobné geomorfologické mapování. Proveďte sběr dat pomocí dronu a navrhnete metodiku využití technologie pro zefektivnění sběru dat

**Doporučený rozsah práce**

35 stran + grafické výstupy

**Klíčová slova**

hydromorfologie, vodní tok, enviromentální funkce, niva, revitalizace vodních toků, dálkový průzkum země

---

**Doporučené zdroje informací**

FRYIRS, K. A. – BRIERLEY, G. J. *Geomorphic analysis of river systems : an approach to reading the landscape.* Chichester, West Sussex, UK ; Hoboken, NJ: Wiley, 2013. ISBN 9781405192743.

ŠINDLAR, M. *Geomorfologické procesy vývoje vodních toků. Část I., Typologie korytovorných procesů.* Hradec Králové: Sindlar Group, 2012. ISBN 978-80-254-2445-2.

*Věstník ministerstva životního prostředí ČR.* ČESKO. MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Praha: ISSN 0862-9013.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2019/20 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Martin Sucharda

**Garantující pracoviště**

Katedra biotechnických úprav krajiny

---

Elektronicky schváleno dne 23. 3. 2020

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 24. 3. 2020

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2020

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Využití dronu pro hydromorfologické hodnocení vodního toku vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

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

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

V Praze, dne .....

Podpis: .....

## **Poděkování**

Rád bych v této části poděkoval mému vedoucímu, Ing. Martinu Suchardovi za cenné rady, Ing. Adamovi Beranovi Ph.D. z Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G. Masaryka za poskytnutí průtokových dat k vodnímu toku, Janu Trnkovi za pomoc a asistenci při terénním mapování a mé přítelkyni za trpělivost při mém studiu na České zemědělské univerzitě v Praze.

## **Abstrakt:**

Tato bakalářská práce je zaměřena na využití dronu pro vyhodnocení hydromorfologického stavu vodních toků, využitelnosti dronů při vytváření modelu digitálního povrchu koryta vodního toku a sběru dat pro komerční účely. Bakalářská práce obsahuje rešerše studií zabývajících se touto metodou a mapováním vodních toků za pomoci dronu. Některé úseky vodního toku se nacházejí v urbanizované části města Kraslice, v obci Stříbrná a jiné v přírodní části, u kterých byl následně vyhodnocený jejich stav. Vyhodnocení hydromorfologického stavu udává, jak úzce se hodnocený tok podobá toku v přírodním stavu, a do jaké míry je ovlivněn antropogenními zásahy.

## **Klíčová slova**

hydromorfologie, vodní tok, enviromentální funkce, niva, revitalizace vodních toků, dálkový průzkum země, geometrie, UVA.

## **Abstrakt**

This bachelor thesis is focused on the use of a drone to evaluate the hydromorphological state of watercourses, the usability of drones in creating a model of the digital surface of a watercourse and data collection for commercial purposes. The bachelor thesis contains a search of studies dealing with this method and mapping of watercourses with the help of a drone. Some sections of the watercourse are located in the urbanized part of the town of Kraslice, the village of Stříbrná and others in the natural part, where their condition was subsequently evaluated. The evaluation of the hydromorphological state indicates how closely the evaluated flow is similar to the flow in the natural state and to what extent it is affected by anthropogenic interventions.

## **Key words**

Hydromorphology, watercourse, environmental function, Niva, water flow revitalization, remote sensing, geometry, UVA.

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Metodika práce</b> .....	<b>12</b>
3.1	Letecké mapování a přípravné práce.....	12
3.2	Rozdělení toku v ArcMap a metodika MŽP .....	13
3.3	Webová aplikace Fluvial Morphology.....	15
3.4	Autodesk ReCap Photo, Model digitálního povrchu koryta .....	17
<b>4</b>	<b>Charakteristika oblasti studovaného toku</b> .....	<b>25</b>
4.1	Vymezení oblasti a popis toku.....	25
4.2	Vegetace povodí toku.....	26
4.3	Hydrologické a hydrogeologické oblasti toku.....	27
4.4	Geologie a geomorfologie oblasti toku.....	28
4.5	Pedologie oblasti toku .....	28
4.6	Klimatické poměry .....	29
4.7	Vliv klimatických změn v oblasti toku na lesní porosty .....	29
<b>5</b>	<b>Literární řešerše</b> .....	<b>30</b>
5.1	Úvod.....	30
5.2	Revitalizace, renaturace vodního prostředí .....	30
5.3	Metody hodnocení vodních toků .....	32
5.4	Letecké mapování s využitím dronu.....	33
5.5	Využití dronů pro fotogrammetrii .....	35
5.6	Program Autodesk ReCap Pro, ReCap Photo.....	37
5.7	Základní definice Fotogrammetrie, Solid, Solid with wireframe.....	38
5.8	Závěr řešerše.....	39
<b>6</b>	<b>Výsledky terénního mapování a vyhodnocení</b> .....	<b>40</b>
6.1	Úvod.....	40
6.2	Vyhodnocení hydromorfologického stavu vodního toku .....	41
6.3	Vyhodnocení poznatků vodního toku .....	57
6.3.1	Technické objekty .....	57
6.3.2	Přírodovědné poznatky .....	57
6.3.3	Kulturní poznatky .....	57
6.3.4	Geomorfologie přírodních úseků vodního toku.....	57
6.4	Sběr dat a návrh na zjednodušení sběru dat.....	58
6.4.1	Popis sběru leteckých dat.....	58



6.4.2	Technická vybavenost dronu .....	58
6.5	Výhody a nevýhody leteckého mapování s využitím dronu oproti klasickému pozemnímu mapování.....	59
<b>7</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>62</b>
<b>8</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>65</b>
<b>9</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>66</b>
9.1	Literatura.....	66
9.2	Internetové zdroje.....	69
9.3	Legislativní materiály.....	71
<b>10</b>	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>72</b>

# 1 Úvod

Vodní toky byly v minulosti z velké části pozměněny, ať už výstavbou vodních staveb, napřimováním, odklonem a zpevňováním koryt vodních toků či jinými zásahy, což má v dnešní době negativní dopady na tuto nedílnou součást krajinné sféry. Díky těmto zásahům do vodních toků došlo k jejich pozměnění a dnes je těžké určit, které části vodního toku nebyly nijak člověkem pozměněny nebo ovlivněny. Revitalizace vodních toků by měla tento problém pomoci vyřešit. Od revitalizací se očekává zlepšení kvalit vodního toku, niv a celkové pozvednutí narušené krajiny (Just a kol. 2003).

Revitalizace vodního toku by měla být komplexním řešením vycházejícím z řady sledovaných charakteristik. Jedná se o komplex vodohospodářských efektů (objem vody v korytě, průtok údolní nivou, objem vody v korytě), efektů užitkových (navrácení ryb do toku), biologických a krajinářských efektů (zvýšení biodiverzity, navýšení zeleně v krajině, migrační propustnosti) společenských efektů (rekreační využití, estetický vzhled) a dalších jiných komplexních faktorů. (Just a kol. 2004)

Jednou z metodik pro hodnocení hydromorfologického stavu vodního toku je metodika Ministerstva životního prostředí „Metodika odboru ochrany vod, která stanovuje postup hodnocení vlivů opatření na vodních tocích a nivách na hydromorfologický stav vod“ (Ministerstvo životního prostředí, 2008). Mezi požadovaná data patří data získaná terénním sběrem (fotodokumentace, analýza koryta a niv, průtoky) či data získaná z jiných zdrojů (migrační propustnost, podélný sklon, průtoky, evidence vzdutí).

Metoda mapování vodního toku s využitím dronu řeší nedostatky vznikající například při běžném terénním mapování. Získaná data z dronu mohou navíc posloužit i pro komerční účely a pro vytváření modelu digitálního povrchu daného koryta vodního toku a k lepší práci při revitalizaci toku. Tato metoda se dá využít hlavně u velkých řek, kdy je sběr dat méně náročnější na čas.

## 2 Cíl práce

Cílem práce je komplexně zmapovat a vyhodnotit hydromorfologický stav vodního toku. Shromáždit a vyhodnotit další přírodovědné, technické a kulturní poznatky týkající se vybraného vodního toku. Práce se dále zabývá podrobným popisem geomorfologie přírodních úseků tohoto zájmového toku s využitím dronu a návrhem na zjednodušení získání aktuálních terénních dat pro potřeby hydromorfologického mapování.

Přesně se jednalo o terénní průzkum a sběr dat za pomoci dronu po celé délce vodního toku Stříbrného potoka, který protéká městem Stříbrná v okrese Sokolov. Vodní tok se rozdělil na jednotlivé dílčí úseky podle toho, jak se v průběhu mapování měnil jeho charakter (intravilán, extravilán). Dále se posoudila metoda leteckého mapování s využitím dronů při hydromorfologickém hodnocení vůči klasickému terénnímu hodnocení a využitelnost dronů při vytváření modelů digitálního povrchu koryt.

### **3 Metodika práce**

#### **3.1 Letecké mapování a přípravné práce**

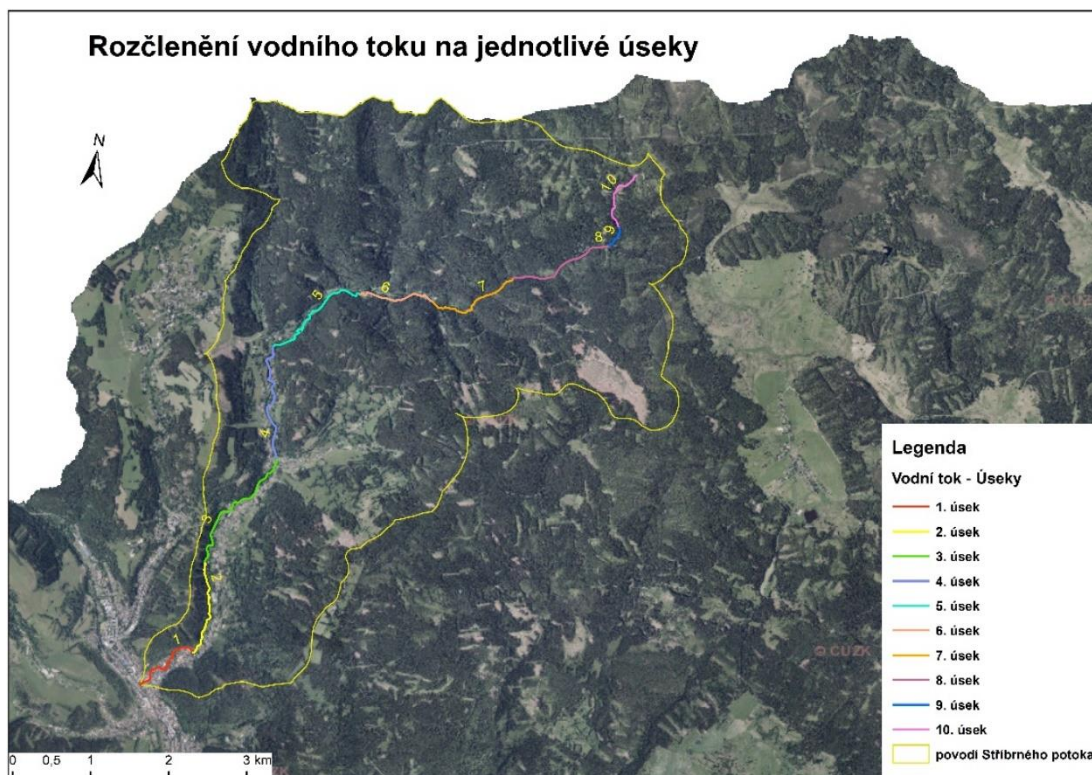
V této práci byla aplikována metoda leteckého mapování s využitím dronu k vyhodnocení hydromorfologického stavu vodního toku Stříbrného potoka a dále byla srovnána s klasickou terénní metodou. Ještě před zahájením mapování byly provedeny přípravné práce (výběr vybavení, postup plánování práce při mapování, výběr programů pro zpracování dat) a byla nastudována metodika Ministerstva životního prostředí. Metodika MŽP jasně popisuje, jaké parametry je třeba zjistit při mapování, aby bylo možné vodní tok náležitě vyhodnotit.

Letecké mapování s využitím dronu bylo započato v místě, kde se Stříbrný potok vlévá do řeky Svatavy, poblíž fary kostela Božího Těla, směrem k jeho prameništi 4 km severozápadně od Přebuzi.

K mapování vodního toku byl použit dron Phantom 3 Profesional od značky DJI, fotoaparát Olympus PEN-3, diktafon Olympus VN-713PC, Apple iPhone SE, Apple iPad 2 mini. Veškeré záznamy vycházející z leteckého mapování (aktuální stav opevnění, akumulace dřeva, vodní stavby, jezy, druh vegetace, niva, počet přítoků) a mnoho dalších parametrů vyplývajících z metodiky byly zaznamenány na diktafon. Souřadnicová data GPS (= globální polohový systém) a mapa byly pořízeny přes iPhone SE. iPad 2 mini, který byl propojený s ovladačem dronu, zobrazoval reálný pohled z videokamery upevněné ve spodní části dronu. Z dronu pak byla pořízena fotodokumentace těchto elementů a okolí zájmového toku. Fotoaparátem Olympus PEN-3 byly pořízeny doplňující fotografie.

### 3.2 Rozdělení toku v ArcMap a metodika MŽP

V programu ArcMap 10.7.1 GIS (= geografický informační systém) byl vodní tok Stříbrného potoka rozdělen na 10 homogenních úseků podle toho, jak se měnil jejich charakter a zdali se úsek toku nacházel v místě intravilánu nebo extravilánu.



Obrázek č. 1: Rozdělení toku v zájmové lokalitě, podrobněji příloha č. 1

Dále byl vyhodnocen hydromorfologický stav jednotlivých dílčích úseků toku a toků nivy pomocí metodiky Ministerstva životního prostředí. Tato metodika se zabývá vícekritériální analýzou dat v oblasti (GIS) projektu, kde je možné vypracovat rozbor stavu odklonu jednotlivých dílčích lokalit od potenciálu dynamické rovnováhy vodního toku (100 % maximálně dosažitelný potenciál) v definované části vodopisné sítě v povodí. Na základě dosažených výsledků je možné navrhnout taková opatření, která zajistí dobrý hydromorfologický stav, což je 60% potenciálu dynamické rovnováhy vodního toku, nebo se k němu může co nejvíce přiblížit. Metodika ukazuje míru odklonu či přiblížení vodního toku k přirozenému potenciálu hodnocené zájmové lokality.

Hodnotící ukazatele a kritéria pro vodní toky, které byly využity pro vyhodnocení hydromorfologického stavu toku Stříbrný potok:

<b>1. kritérium</b>	<b>Hydrologický a splaveninový režim</b>
ukazatel 1.1	Ovlivnění korytotvorných průtoků
	Ovlivnění průtoků $Q_{330d}$
ukazatel 1.2	Ovlivnění splaveninového režimu
<b>2. kritérium</b>	<b>Morfologie trasy hlavního koryta a nivních ramen</b>
ukazatel 2.1	Zachování přirozeného vývoje trasy hlavního koryta
ukazatel 2.2	Morfologie trasy
ukazatel 2.3	Akumulace plaveného dřeva
ukazatel 2.4	Výskyt a zachování přirozeného vývoje nivních ramen
<b>3. kritérium</b>	<b>Morfologie koryta</b>
ukazatel 3.1	Rozsah (charakter) úpravy
ukazatel 3.2	Příčný řez
ukazatel 3.3	Podélný profil
ukazatel 3.4	Opevnění levého břehu
ukazatel 3.5	Opevnění pravého břehu
ukazatel 3.6	Opevnění dna
ukazatel 3.7	Akumulace plaveného dřeva
ukazatel 3.8	Aktuální stav opevnění
<b>4. kritérium</b>	<b>Vliv vzdutí</b>
ukazatel 4.1	Evidence vzdutých úseků
ukazatel 4.2	Migrační propustnost

Tabulka 1: Hodnotící ukazatele a kritéria pro vodní toky (Ministerstvo životního prostředí 2008)

<b>1. kritérium</b>	<b>Odklon využití údolní nivy od přírodního stavu</b>
ukazatel 1.1	Niva – levý břeh
ukazatel 1.2	Niva – pravý břeh
<b>2. kritérium</b>	<b>Ekologické vazby vodního toku a údolní nivy</b>
ukazatel 2.1	Vazba vodního toku nivy
ukazatel 2.2	Vliv hrází a bariér na zúžení aktivní inundace
<b>3. kritérium</b>	<b>Vliv okolní krajiny</b>
ukazatel 3.1	Vliv okolní krajiny – levý břeh
ukazatel 3.2	Vliv okolní krajiny – pravý břeh

Tabulka 2: Hodnotící ukazatele a kritéria pro nivu toku (Ministerstvo životního prostředí 2008)

### 3.3 Webová aplikace Fluvial Morphology

Podle metodiky Ministerstva životního prostředí byl vytvořen webový softwarový nástroj Fluvial Morphology týmem firmy Šindlar s.r.o. ve spolupráci s Výzkumným ústavem vodohospodářským T.G. Masaryka. Tento nástroj byl vyvinut pro výpočty hydromorfologické kvality zájmové lokality vodního toku a okolí nivy ve vazbě z hodnocení plánovaných nebo revitalizovaných zásahů.

Nejprve bylo nutné se registrovat na internetových stránkách Fluvial Morphology. Po přihlášení bylo nutné vytvořit nový projekt s vyplněním patřičných údajů k toku.

[Základní údaje](#)
[Fotografie](#)
[Tok](#)
[Niva](#)
[Vyhodnocení](#)

---

Název projektu:

Autor:

Název vodního toku:

Staničení od (km):  Staničení do (km):

Stát:

Délka úseku (km):  Průtok Qa (m<sup>3</sup>/s):

Zdroj Qa:

---

Počátek úseku

Souřadnice X-WGS 84:

Souřadnice Y-WGS 84:

Konec úseku

Souřadnice X-WGS 84:

Souřadnice Y-WGS 84:

---

	Potenciál současného stavu	Potenciál návrhového stavu
Počáteční kóta (m n. m.):	<input type="text" value="511"/>	<input type="text"/>
Koncová kóta (m n. m.):	<input type="text" value="937"/>	<input type="text"/>
Převýšení (m):	<input type="text" value="428"/>	<input type="text" value="0"/>
Sklon:	<input type="text" value="0,0348"/>	<input type="text" value="0"/>
Šířka disponibilní nivy (m):	<input type="text" value="50"/>	<input type="text"/>
Podezření na hloubkovou erozi:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geomorfologický typ:	<input type="text" value="BR"/>	<input type="text"/>

Trendy středního výskytu geomorfologických procesů v dynamické rovnováze

Obrázek č. 2: Ukázka základních údajů vodního toku Stříbrného potoka

Po vyplnění základních údajů bylo ještě nutno doplnit informace získané leteckým průzkumem k zhodnocení vodního toku. Pro tuto část byl vytvořen uživatelský manuál, který popisuje jednotlivé kroky při vyplňování údajů a je ke stáhnutí na stránkách Fluvial Morphology.

1. Hydrologický a splaveninový režim				
Ukazatel 1.1. Ovlivnění korytotvorných průtoků	50	?		?
Ukazatel 1.2. Ovlivnění průtoků Q330d	50	?		?
Ukazatel 1.3. Ovlivnění splavinového průtoku	2,5000	?		?
2. Morfologie trasy hlavního koryta a nivních ramen				
Ukazatel 2.1. Zachování přirozeného vývoje trasy hlavního koryta	0	?		?
Ukazatel 2.2. Morfologie trasy	0	?		?
Ukazatel 2.3. Akumulace plaveného dřeva	2	?		?
Ukazatel 2.4. Výskyt zachování přirozeného vývoje nivních ramen	1	?		?
3. Morfologie koryta				
Ukazatel 3.1. Rozsah (charakter) úpravy	2	?		?
Ukazatel 3.2. Příčný řez	1	?		?
Ukazatel 3.3. Podélný profil	1	?		?
Ukazatel 3.4. Opevnění příčného břehu	1,5000	?		?
Ukazatel 3.5. Opevnění pravého břehu	1,5000	?		?
Ukazatel 3.6. Opevnění dna	1	?		?
Ukazatel 3.7. Akumulace plaveného dřeva	2	?		?
Ukazatel 3.8. Aktuální stav opevnění	1,5000	?		?
4. Vliv vzdutí				
Ukazatel 4.1. Evidence vzdutých úseků	0	?		?
Ukazatel 4.2a. Migrační propustnost - Ovlivnění migrační propustnosti úseku	1	?		?
Ukazatel 4.2b. Migrační propustnost - Průchodnost překážky pro rybní migraci	0,7500	?		?
Ukazatel 4.2c. Migrační propustnost - Migrační významnost vodního toku	0,2500	?		?

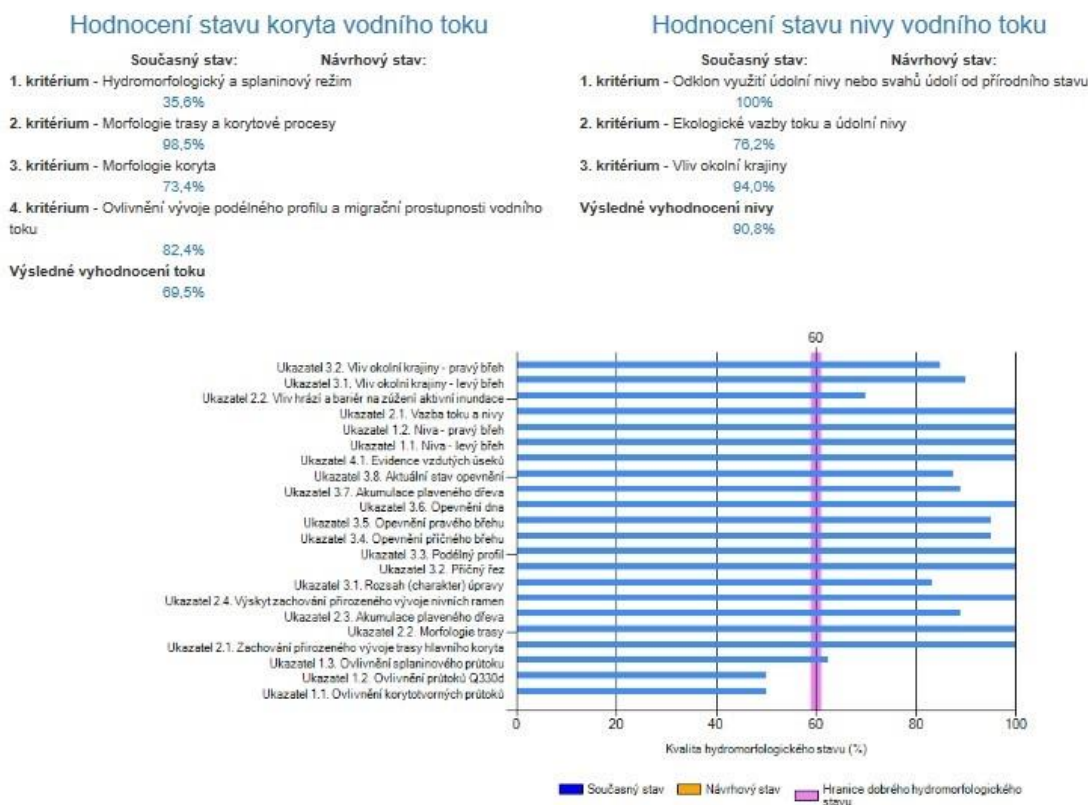
Obrázek č. 3: Ukázka vyhodnocení vodního toku

	Současný stav (SS)	Návrhový stav (NS)	Ověřený současný stav	Ověřený návrhový
1. Odklon využití údolní nivy od přírodního stavu				
Ukazatel 1.1. Niva - levý břeh	1	?		?
Ukazatel 1.2. Niva - pravý břeh	1	?		?
2. Ekologické vazby toku a nivy				
Ukazatel 2.1. Vazba toku a nivy	1	?		?
Ukazatel 2.2. Vliv hrází a bariér na zúžení aktivní inundace	10	?		?
3. Vliv okolní krajiny				
Ukazatel 3.1. Vliv okolní krajiny - levý břeh	2	?		?
Ukazatel 3.2. Vliv okolní krajiny - pravý břeh	2,5000	?		?

Obrázek č. 4: Ukázka vyhodnocení nivy toku



Na závěr byl vyhodnocen celkový hydromorfologický stav koryta a nivy Stříbrného potoka.



Na posuzované lokalitě vychází hydromorfologický stav následovně:

	Současný stav	Návrhový stav	Změna HMF stavu
Hydromorfologický stav toku	69,5%		
Hydromorfologický stav nivy	90,8%		

Výsledné hodnocení současného stavu dosahuje dobrého hydromorfologického stavu toku a dosahuje dobrého hydromorfologického stavu údolní nivy.

Obrázek č. 5: Ukázka vyhodnocení celkového stavu toku

### 3.4 Autodesk ReCap Photo, Model digitálního povrchu koryta

V programu ArcMap 10.7.1 (GIS), kde byl rozdělen vodní tok Stříbrného potoka na 10 homogenních úseků (viz kapitola 3.2), byla v devátém úseku vyměřena část toku o délce 40 metrů. Na tomto místě byla provedena práce, která se zabývala využitím dronu pro sběr podkladů (ve formě fotografií). Fotografie pak byly zpracovány softwarem Autodesk ReCap Photo k vytvoření modelu digitálního povrchu vodního toku.

Vybraná část v zájmovém úseku byla snadno přístupná. Prostředí v této části bylo čisté (bez klesť, suchých větví na stromech, nízkého porostu) a byla tak i bezpečná pro průlet dronem. Podél toku byly umístěny terče ve vzdálenosti 5 metrů na zaměření telemetrie v programu Autodesk ReCap Photo. K vytvoření modelu

koryta bylo zapotřebí sběru minimálně 100 fotografií z různých bodů podél zájmového toku ve vytyčeném prostoru 40 metrů.

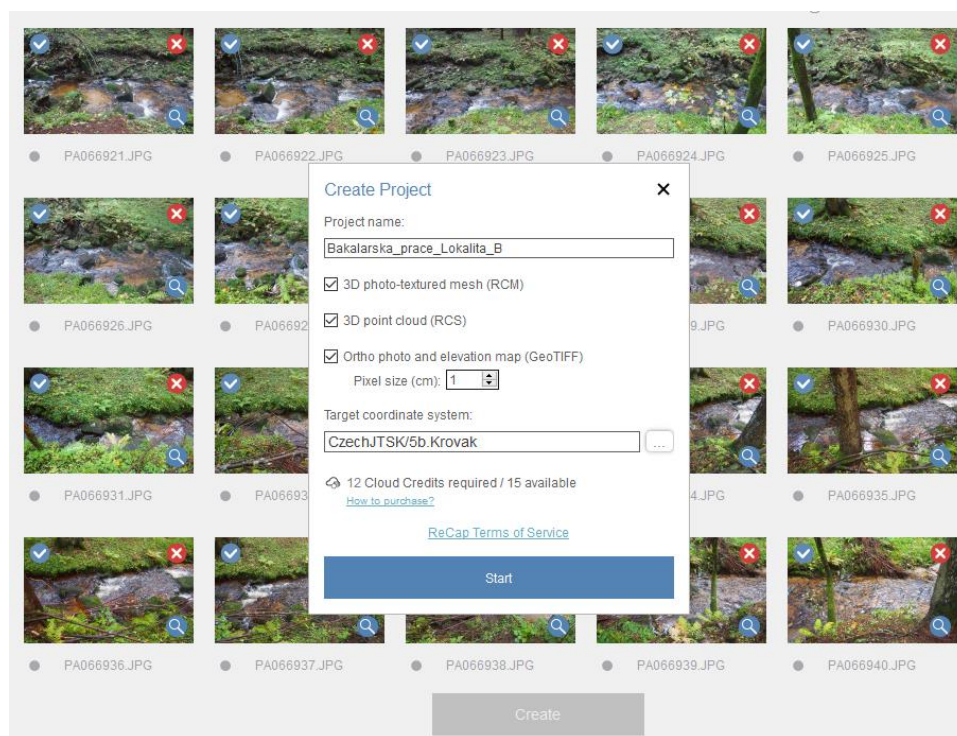


**Obrázek č. 6: Mapovaná část toku v 9. úseku, podrobněji v příloze č. 2**

Fotografie byly pořízeny z různých úhlů a bodů zájmového místa toku. Následně byly pořízeny fotografie z Olympusu PEN-3, které byly nakombinovány s fotografiemi z dronu. Výsledkem bylo vykreslení detailu koryta toku v modelu.

Celkem bylo provedeno 10 pokusů po 100 fotografiích a jeden pokus po 1000 fotografiích. Na import 1000 fotografií bylo třeba si rozšířit licenci programu ze studentské verze na verzi placenou. Fotky pořízené z dronu či jiného zařízení byly označeny a vloženy do systému ReCap Photo, kde byl následně nastaven i souřadnicový systém CzechJTSK/5b.Krovak. Veškerá data pak byla uložena na iCloud společnosti Autodesk, kde byla následně zpracována. Po zpracování dat programem byl vytvořen 3D model koryta neboli model digitálního povrchu vodního toku. Tento model se ještě musel importovat z iCloudu společnosti Autodesk do počítače. Po importu dat bylo možné nahlížet do 3D modelu koryta vodního toku, kde uživatel mohl provést požadované úpravy, vložení telemetrie nebo importovat projekt do různých formátů a video stop k dalšímu zpracování. V programu bylo možné provedení široké škály úprav (výplně, vyplnění otvorů, retušování, zahlazování hran) a zobrazení v různých texturových modech. Dále bylo možné napojit k projektu další

projekt a tím si rozšířit plochu mapovaného území. Projekt bylo možné různě ořezávat, otáčet, naklánět nebo přibližovat podle potřeby uživatele.

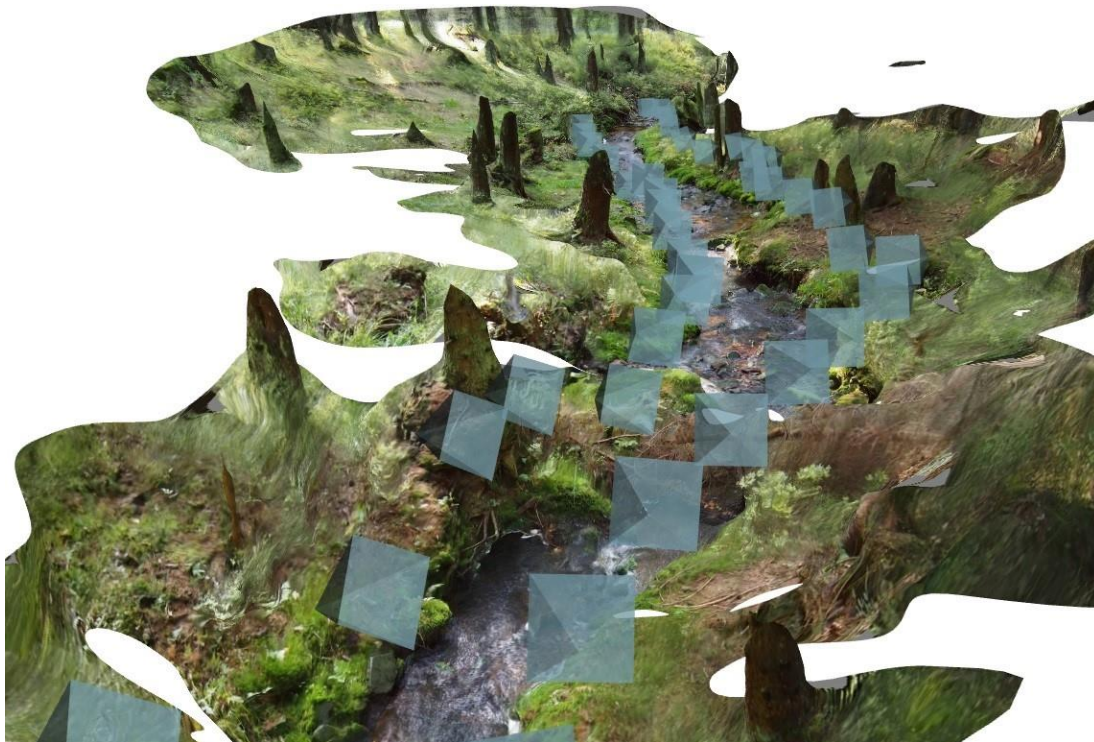


Obrázek č. 7: Ukázka – import fotografií do systému Autodesk ReCap Photo



Obrázek č. 8: Ukázka – 1 z 10 pokusů po 100 fotografiích (foceno vertikálně), fotoaparátem

Na obrázku číslo 8 byl proveden pokus vertikálního focení (napříč korytem), kdy koryto toku bylo mapované pouze z jedné strany s rozstupem jednoho metru.



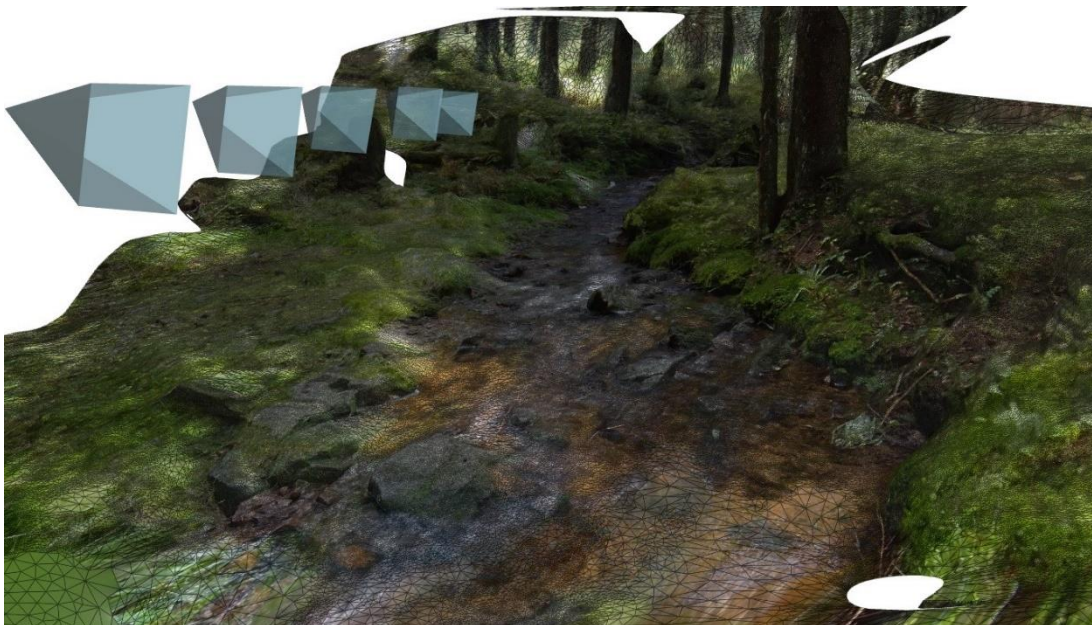
**Obrázek č. 9: Ukázka – 2 z 10 pokusů po 100 fotografiích (foceno vertikálně), fotoaparát**

Na obrázku číslo 9 byl proveden další pokus vertikálního focení po obou březích toku s rozstupem přibližně jednoho metru. I na tento pokus bylo použito 100 fotografií z fotoaparátu Olympus PEN-3.



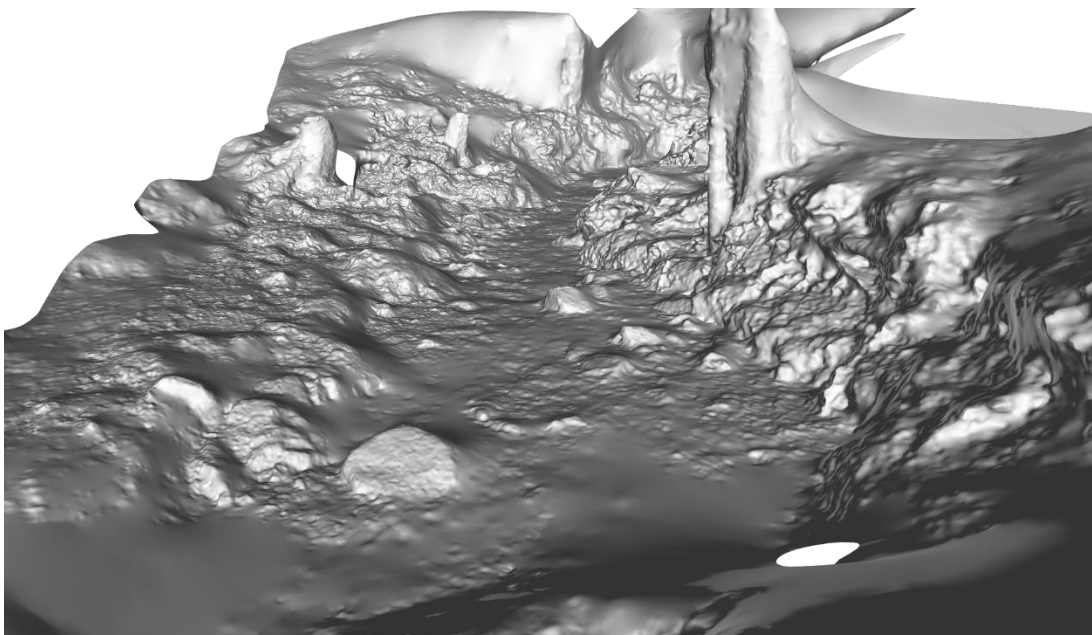
**Obrázek č. 10: Ukázka – detail, 2 z 10 pokusů po 100 fotografiích (foceno vertikálně), fotoaparát, podrobněji v příloze č. 3**

Na obrázku číslo 11 byla vygenerována fotogrammetrie Textured with wireframe (textura drátového modelu). Textura drátového modelu je speciální typ procedurální textury, kterou lze použít k nakreslení čar podél polygonových okrajů cílové plochy.



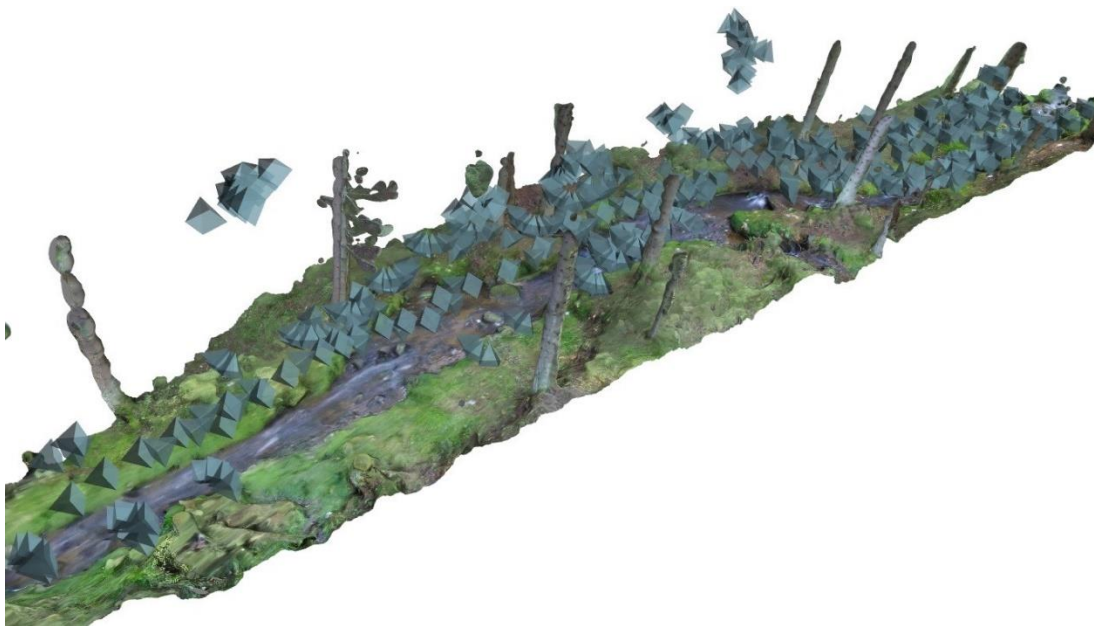
Obrázek č. 11: Ukázka – vizualizace módu Texture with wireframe

Obrázek číslo 12 zobrazuje fotogrammetrii v módu Solid neboli solidní modelování. Solidní modelování je počítačové modelování 3D objemových objektů, které umožňuje navrhování, vytváření, vizualizaci a animaci digitálních 3D modelů.



Obrázek č. 12: Vizualizace módu solid

Celkově jedenáctý pokus byl vytvořen z 1000 fotografií, z toho 700 fotografií z fotoaparátu Olympus horizontálním způsobem a 300 fotografií z dronu vertikálním způsobem.



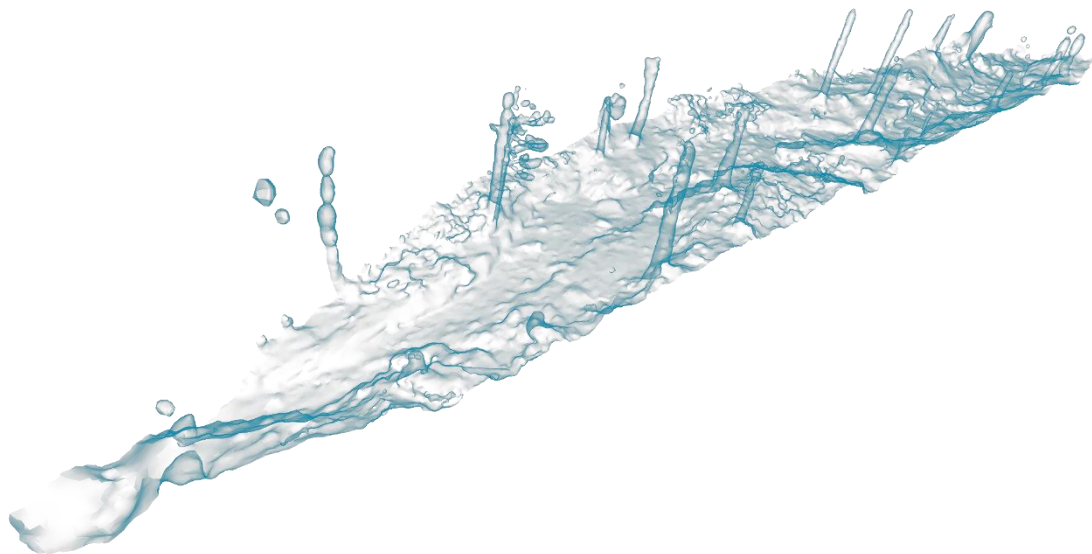
**Obrázek č. 13: Ukázka – 1 pokus po 1000 fotografiích (foceno vertikálně i horizontálně),  
podrobněji v příloze č. 4**

I když byl použit jeden tisíc fotografií v kombinaci horizontální a vertikální metody, výsledek nesplnil ne očekávání, jelikož detaily koryta nebyly v předpokládané ostrosti.

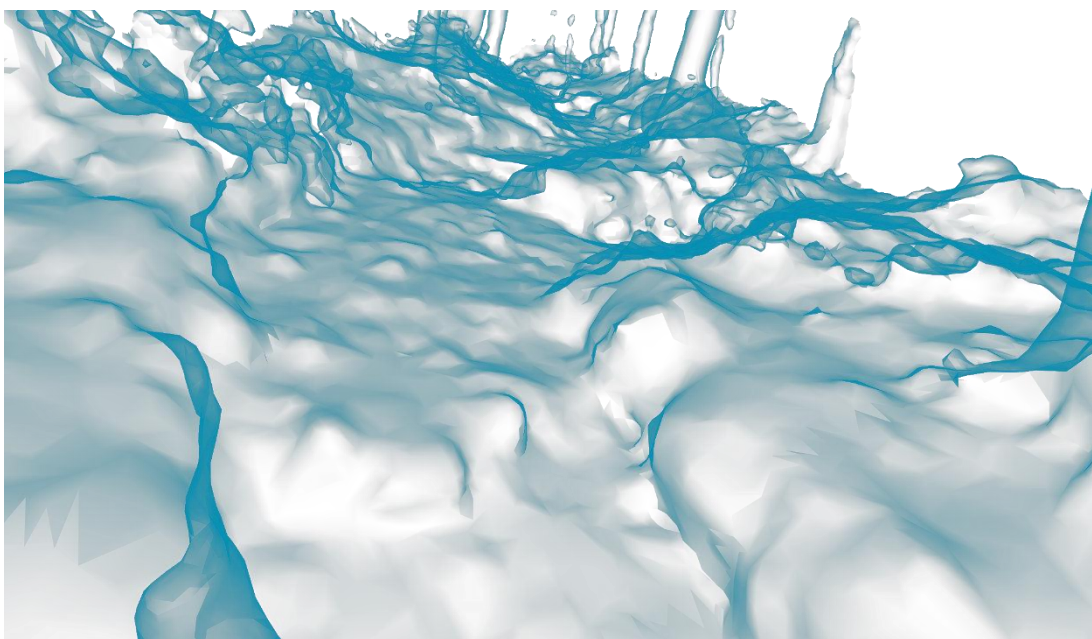


**Obrázek č. 14: Ukázka – detail koryta z 1 pokusu po 1000 fotografiích**

U obrázku číslo 15 byla vygenerována fotogrammetrie módů X-ray a Solid pro lepší zobrazení detailů 3D modelu koryta.

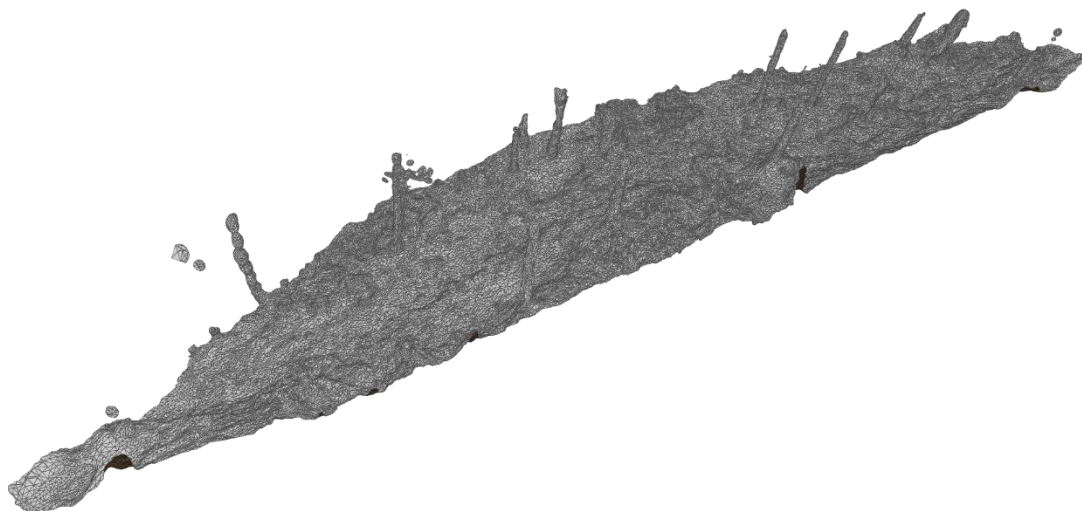


**Obrázek č. 15: Ukázka – vizualizace módu X-ray a Solid, podrobněji v příloze č. 5**

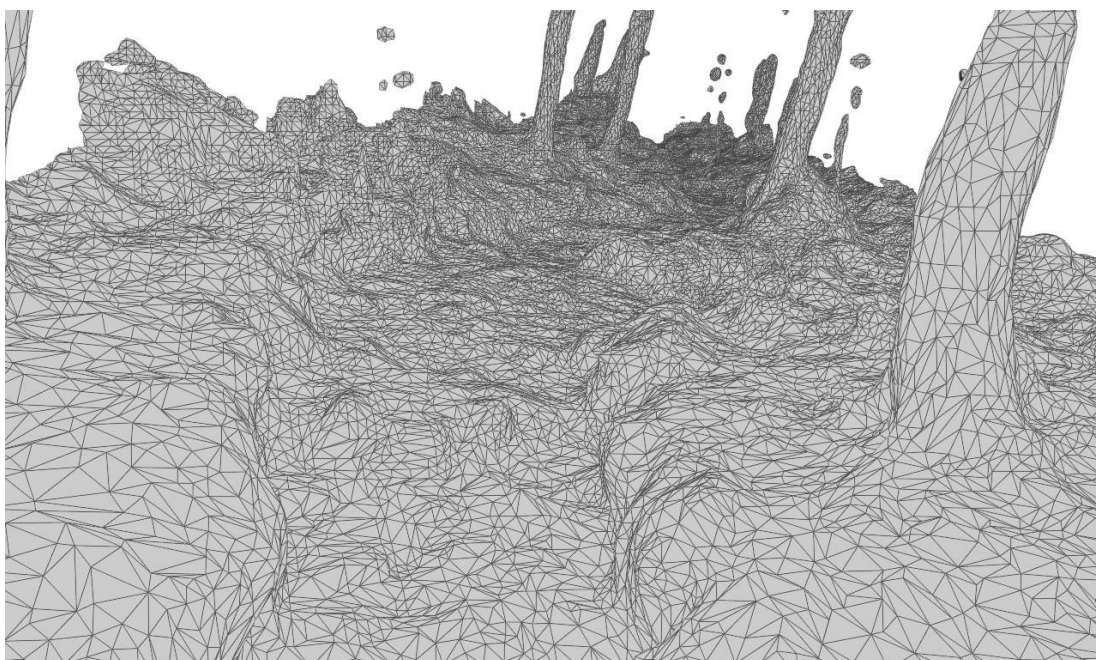


**Obrázek č. 16: Ukázka – detail módu X-ray z obrázku č. 15**

Obrázek číslo 17 zobrazuje fotogrammetrii módu Solid – wireframe neboli solid drátové modelování. Tento mód byl také použit při opravě nevykreslených míst v modelu koryta vodního toku.



**Obrázek č. 17: Ukázka – mód Solid – wireframe (solid drátové modelování)**



**Obrázek č. 18: Ukázka – detail módu Solid – wireframe z obrázku č. 17**

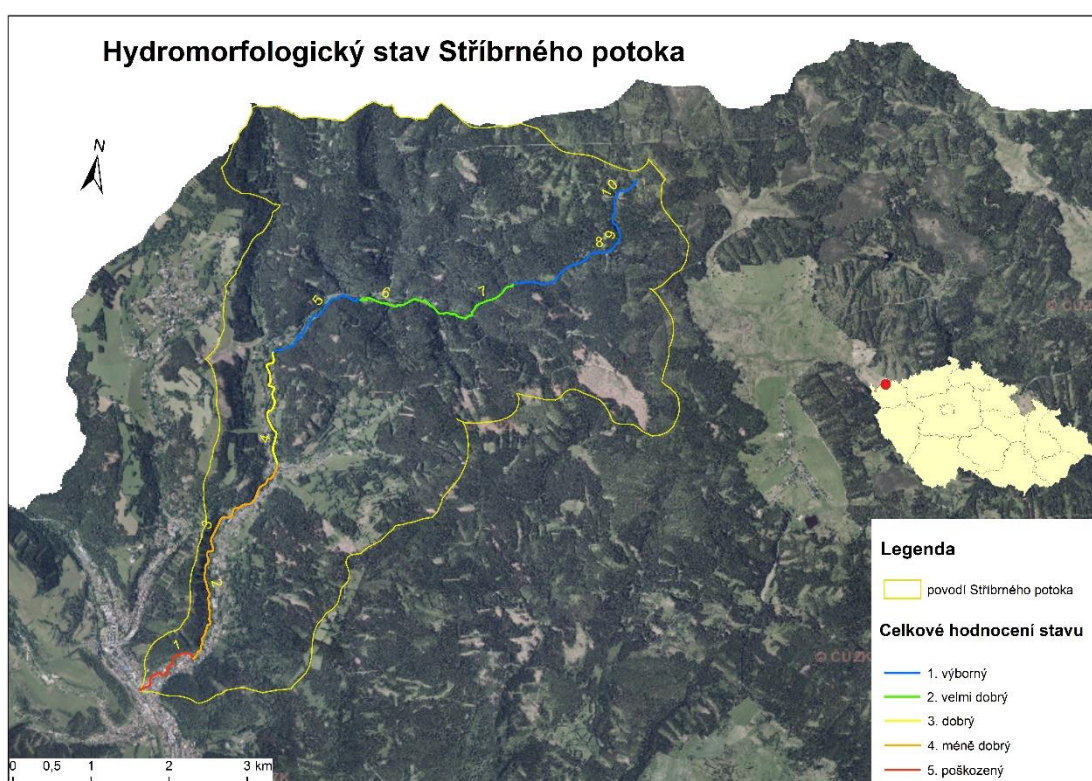


## 4 Charakteristika oblasti studovaného toku

### 4.1 Vymezení oblasti a popis toku

Stříbrný potok (ČHP – číslo hydrologického pořadí: 1-13-01-0980) pramení 4 km severozápadně od Přebuzi v přírodním parku Přebuz, v okrese Sokolov nacházejícím se v Karlovarském kraji v České republice. Pramen potoka se nachází v nadmořské výšce 940 m a protéká Rájeckým údolím (údolím Nancy), obcí Stříbrná a dále městem Kraslice, kde se vlévá do řeky Svatavy v nadmořské výšce 513 m. Jeho délka je 12,3 km a plocha povodí činí 29,2 km<sup>2</sup> (Wikipedie).

Na mapě obrázku 19 vypracované v ArcMap (GIS) je barevně označeno povodí a vyhodnocení morfologického stavu Stříbrného potoka s místem jeho lokace.



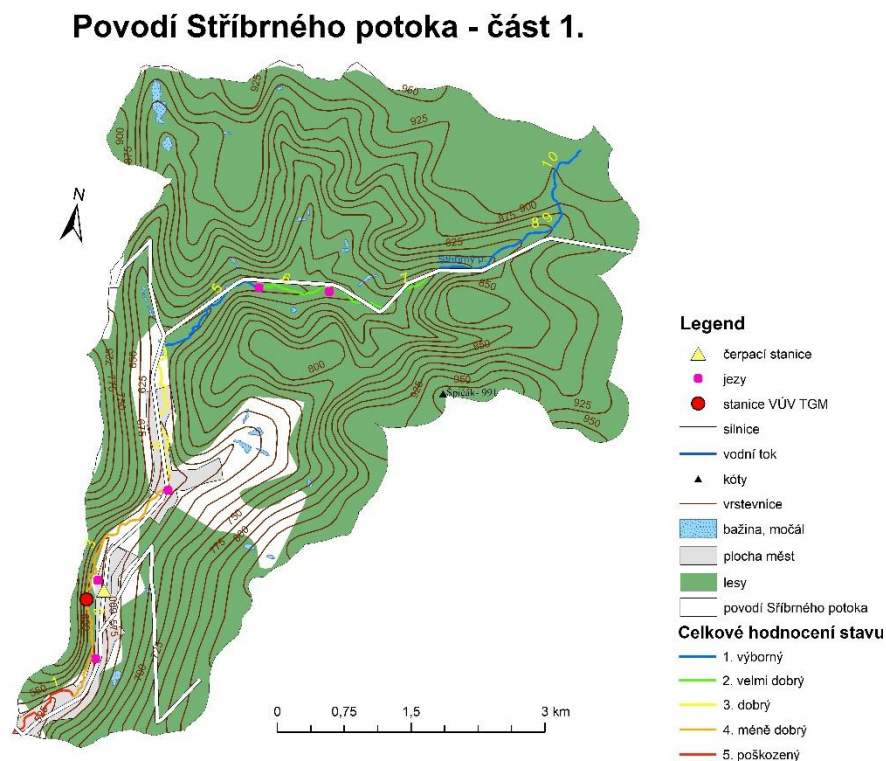
Obrázek č. 19: Povodí Stříbrného potoka, lokace a jeho hydromorfologické vyhodnocení, podrobněji v příloze č. 6

## 4.2 Vegetace povodí toku

Oblast povodí Stříbrného potoka se nachází v chladném klimatu v českém ereofytiku smrku a kleče s přirozenou vegetací Biková bučina (Luzulo – Fagitum) ekologických řádů lesních porostů. Soubory biochor podmáčených, převážně kyselých stanovišť 5. a 6. vegetačního stupně (Hrnčiarová a kol. 2009).

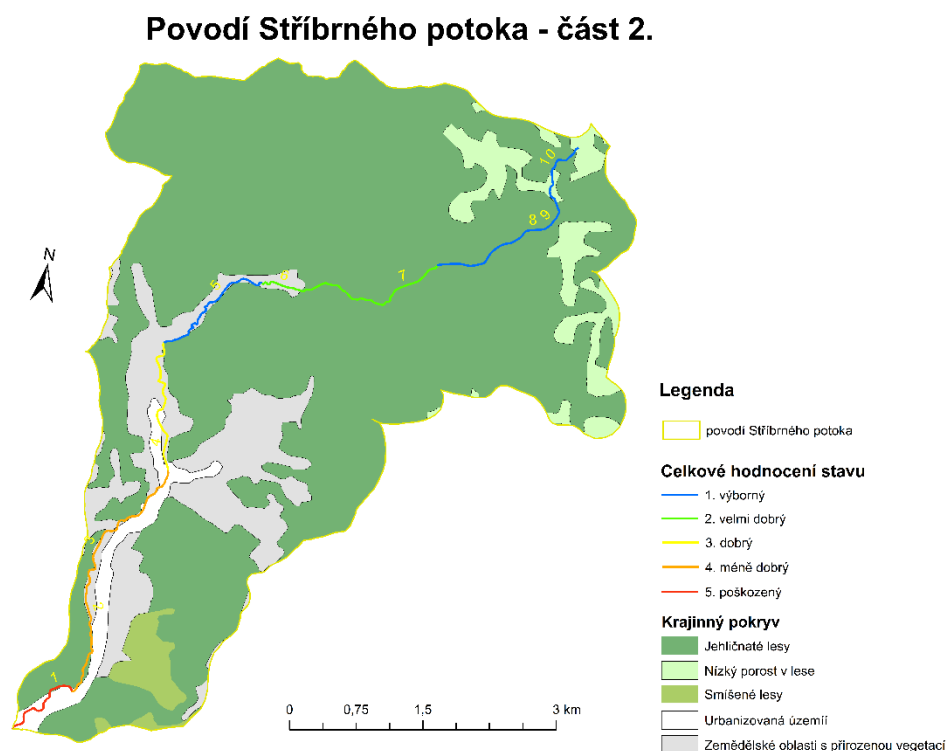
Negativní působení antropogenní činnosti na lesní ekosystémy způsobuje na některých místech žloutnutí smrků. Tyto činnosti se skládají z mnoha dílčích aspektů, zejména působení dusíku a jeho sloučenin (Ministerstvo zemědělství).

V programu ArcMap byly vytvořeny dvě mapy s přehledem informací o povodí Stříbrného potoka. První část mapy zobrazuje přehled hodnocení jednotlivých úseků vodního toku Stříbrného potoka, technické stavby na vodním toku, vrstevnice, bažiny, močály a další prvky obsažené v legendě této mapy.



Obrázek č. 20: Mapa povodí Stříbrného potoka – část 1, podrobněji v příloze č. 7

Druhá část mapy Land cover (krajinný pokryv) povodí Stříbrného potoka zobrazuje hodnocení jednotlivých úseků vodního toku, charakter pozemku v nivě a složení vegetace.



Obrázek č. 21: Mapa povodí Stříbrného potoka – část 2, podrobněji v příloze č. 8

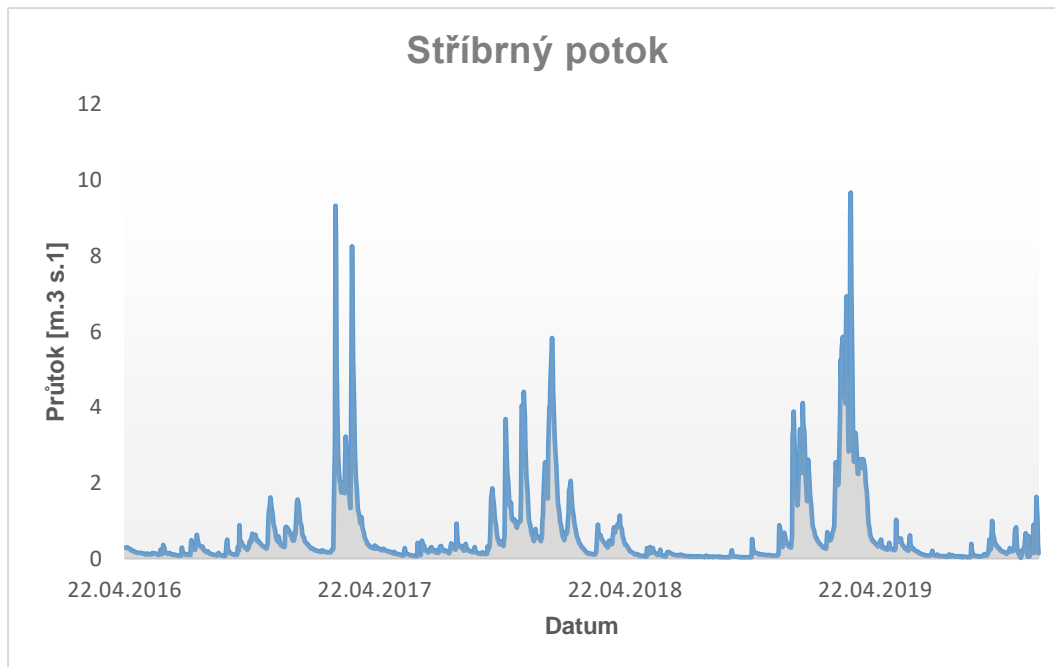
### 4.3 Hydrologické a hydrogeologické oblasti toku

Základní hydrologická vrstva se nachází v horninách granitoidy, ruly, migmatity s koluviálními a polygenetickými deluviofluviálními sedimenty (Hrnčiarová a kol. 2009).

Plocha povodí Stříbrného potoka činí 29,2 km. Průměrné průtoky toku ze stanice VÚV zobrazené na obrázku č.16: Mapa povodí Stříbrného potoka – část 1.

Rok měření	Průměrný průtok toku – $Q_a$ [ $m^3s^{-1}$ ]
2016	0,318
2017	0,802
2018	0,451
2019	0,844
<b>Celkový průměr průtoků</b>	<b>0,625</b>

Tabulka 3: Průměrné průtoky toku Stříbrného potoka



Obrázek č. 22: Graf – průtoky toku Stříbrného potoka

#### 4.4 Geologie a geomorfologie oblasti toku

Oblast povodí vodního toku Stříbrného potoka je tvořena z Českého masivu, který se skládá z krystalimiku a prevariského saxothuringiku krušnohorského plutonu. Skály jsou zde tvořené z hrubozrnné porfyrické žuly s turmalínovými slunci, která je součástí karlovarského plutonu (mladšího intruzivního komplexu), a z kontaktně metamorfovaných fylitů a kvarcitických fylitů, které náleží frauenbašské sérii (ordovik). Stratigrafickou geologii tvoří variské (hercynské) stáří vyvěřelin (Česká geologická služba).

Geologickou stavbu v hloubce 3 km tvoří vyvěřeliny variského a kadomského stáří (Hrnčiarová a kol. 2009).

#### 4.5 Pedologie oblasti toku

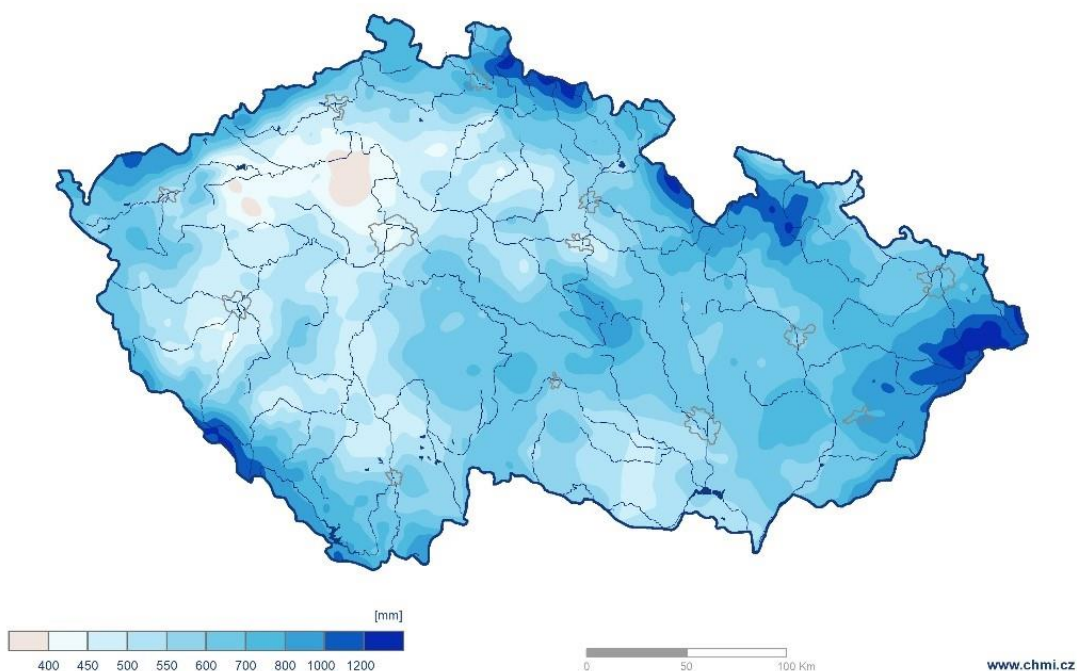
V oblasti zájmového toku se nachází kambizemě (mezobazické) a dystrické, místy rankery z přemístěných silně skeletovitých zvětralin pevných a zpevněných hornin. Dále se zde vyskytují organozemě a gleje slatinišť, přechodových rašelinišť a vrchovišť (Hrnčiarová a kol. 2009).

## 4.6 Klimatické poměry

Typ topoklimatu převažující ve spodní části mezní vrstvy atmosféry zájmové oblasti Stříbrného potoka spadá do klimatu pahorkatin a vrchovin. V klimatu pahorkatin jsou termické a dynamické příčiny s trváním vírových turbulencí nízké. Rozptyl atmosférických příměsí je zde velmi vysoký. Četnost a trvání teplotních inverzí v klimatu pahorkatin je nízká až velmi nízká. Zato v klimatu vrchovin jsou průměrné termické a dynamické příčiny turbulence s průměrným rozptylem atmosférických příměsí. Další typ klimatu vyskytující se ve spodní části mezní vrstvy atmosféry je klima vhloubených tvarů reliéfu s velmi vysokou termickou a dynamickou příčinnou turbulencí. Jehličnaté porosty, vyskytující se v typu topoklimatu a dominujících v přízemní vrstvě atmosféry, jsou velmi silně poškozené exhalacemi (Hrnčiarová a kol. 2009).

Úhrn srážek v roce 2019

Český  
hydrometeorologický  
ústav



Obrázek č. 23: Úhrn srážek (Český hydrometeorologický ústav), dostupné z

<[http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/images/SRA\\_2019.gif](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/images/SRA_2019.gif)>.

## 4.7 Vliv klimatických změn v oblasti toku na lesní porosty

V dnešní době vlivem změny klimatu dochází k velkoplošnému rozpadu lesních porostů. K těmto rozpadům dochází vlivem větrných kalamit v ročním objemu milionů plnometrů dříví. Zdejší oblasti (Krušné hory) jsou postižené imisemi a dochází zde k dožívání a odumírání porostů náhradních dřevin, jako je smrk pichlavý, bříza (Ministerstvo životního prostředí 2008).

## **5 Literární rešerše**

### **5.1 Úvod**

Pro hodnocení Stříbrného potoka by bylo dobré definovat, co ten vodní tok vlastně je. Dle §2, odst.1, zákona č. 254/2001 o vodách, v platném znění, jsou povrchovými vodami vody, přirozeně se vyskytující na zemském povrchu; tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních. Dále dle §2, odst. 10 č. 254/2001 o vodách, v platném znění je povodí vymezené území, ze kterého veškerý povrchový odtok odtéká sítí vodních toků a případně i jezer do moře v jediném vyústění, ústí nebo deltě vodního toku.

Bylo by také dobré vědět, že území dnešní České republiky je několik tisíc let hospodářky obdělávaným územím. Krajina, jež je kulturně pozměněna, a přirozené parametry většiny vodních toků, i včetně jejich údolních niv, jsou zásadním způsobem ovlivněny změnami (Šindlar a kol. 2012). Podle kandidátky věd Bínové (2007) jsou naše nivy často rozorány, zastavěny nebo jsou na nich vybudovány komunikace železnic, silnic nebo jsou využity pro úpravu toků, příkopů a svodnic. Jako součást snah o rekonstrukci narušené krajiny byly přerušeny v roce 1989 vodohospodářské technické úpravy, zemědělské meliorace a náhradní rekultivace. V dnešní době probíhají rozsáhlé revitalizace, samovolné renaturace vodních toků a obnova pobřežních mokřadů. Samovolná renaturace spočívá zejména v zanášení upravených koryt vodních toků splaveninami, zarůstáním bylinami a dřevinným porostem a v postupném rozpadu umělých opevnění, příčných objektů a dalších technických prvků (Just a kol. 2005). Dále podle profesora Langhammera (2008) je praktická část revitalizace teoretických konceptů v daném konkrétním povodí velmi náročným procesem, kdy řada teoretických východisek nachází možnost praktického uplatnění z řady důvodů. Vedle čistě odborných hledisek hrají také důležitou a významnou roli faktory ekonomické, sociální, ale i politické a psychologické.

### **5.2 Revitalizace, renaturace vodního prostředí**

Ke správnému posuzování vodního toku by bylo dobré vědět něco o revitalizaci a renaturaci vodního prostředí. Cílem revitalizace je návrat vodního toku do stavu bližšího přirozenému, ale zdá se, že je velmi těžké tento stav definovat v praxi. Revitalizace by měla zlepšovat stav vodního toku a jeho nivy v řadě parametrů. Součástí revitalizace by mělo být zasazení do kontextu okolí, napojení na další prvky

(lesy, remízy), protože izolovaná revitalizace toku nebo jen jeho úseku snižuje efekt (Karel Vrána a kol. 2004).

Podle inženýra Justa a kol. (2003) samovolná renaturace spočívá v zanášení upravených koryt vodních toků splaveninami, v zarůstání bylinou vegetací a dřevinami (mrtvého dřeva, kořenů, částmi kmenů stromů) a v postupném rozpadu umělých opevnění, příčných objektů a dalších technických prvků v korytech. K renaturaci niv dochází v souvislosti s útlumem některých forem zemědělského hospodaření, s dožíváním odvodňovacích systémů a s návratem přirozeného mokření. Tyto procesy přinášejí velmi cenné revitalizační efekty bez použití jakýchkoliv finančních prostředků.

Užitečným příkladem pro přesnější hodnocení vodního toku je například revitalizace Báňského potoka, který pramení v okrese Zbraslav zvaném Na Báních v Praze 5, spočívala v obnově tří dolních hrází. Na hrázích se provedlo vyčištění nádrží, rekonstrukce vstupní struktury a revitalizace koryta. Cílem oprav provedených na hrázi bylo obnovení původního stavu a vzhledu z počátku 20. století. Opravilo se zdivo a nahradily se chybějící kameny. Koryto vodního toku bylo vyčištěno od usazenin z uhynulé vegetace. Sedimenty (štěrk a bláto, mrtvé dřevo) byly také odstraněny z nádrže na první hrázi, aby se obnovil sedimentační prostor poblíž výstupu potoka z lesů (Potoky pro život – Streams for life, 2017).

Další užitečnou informací na webu Potoky pro život (2017), je informace o revitalizaci, která proběhla u Hostavického potoka, kde byla provedena v roce 2015 v Dubci nad retenční nádrží Slatina v délce 266 metrů. Koryto vodního toku bylo tvořené betonovými zdmi a schody. V rámci revitalizace bylo původní koryto potoka pokryto novým, přírodně blízkým, meandrujícím korytem, které více odpovídalo tehdejšími nárokům na vodní toky a ochranu přírody. Vzhledem k tomu, že dešťová voda z Měcholup způsobila záplavy, vznikl zde velký zátok s bazény pro přeměnu velkých vod. Těsně nad místem, kde se vodní tok vlévá do retenční nádrže Slatina, byla revitalizace kanálu ukončena a voda se vylila do malých mokřad. Revitalizace byla doplněna výsadbou stromů a keřů a celý berm byl zatravněn. Cílem této revitalizace bylo integrovat Hostavický potok do okolní zeleně a napojit jej na retenční nádrž Slatina.

Další doplňující informaci o revitalizaci poskytuje web Pražská příroda (2020), kde informuje veřejnost o dokončení revitalizace, která proběhla u Rokytky nad Hořejším rybníkem, kdy byla Rokytka napříměna začátkem 20. století a břehy byly osázeny alejemi ořechů a hrušní. Kvůli dlouhodobě zanedbávané údržbě však vyrostla spolu

s ořechy a hrušněmi i nájezdová vegetace. Samotné koryto Rokytky bylo napřímáno pro odvodnění rychlé vody. Levý břeh koryta byl nepřístupný a zcela zničený velkými koloniemi nutrie. V rámci revitalizace bylo celé koryto Rokytky nad rybníkem Hořejší přeloženo do louky na levém břehu. Cílem bylo vytvořit přírodně blízké, klikatící se a mělké koryto řeky, takové, jak asi vypadalo před regulací. Aby byla zachována kapacita průtočného profilu, byla nejprve uprostřed louky vytvořena 20–30 m široká berma, do které bylo nové koryto vymodelováno. V obloucích vzniklo několik malých vodních ploch a našlo se zde i místo pro vybudování kolmé stěny pro ledňáčky. Při výstavbě bermy bylo zjištěno, že celá louka byla v minulosti zavezena až 1,5 m vysokými navážkami.

### **5.3 Metody hodnocení vodních toků**

Jednou z hlavních metod hodnocení vodního toku je Metoda MŽP (2008), která umožňuje vícekriteriální analýzu dat v prostředí GIS projektu, kde lze vypracovat analýzu odklonu jednotlivých dílčích lokalit od potenciálu dynamické rovnováhy vodního toku ve vymezené části vodopisné sítě v povodí. Na základě těchto dosažených výsledků je možné stanovit taková opatření, která zajistí dobrý hydromorfologický stav vod, což je 60% potenciálu dynamické rovnováhy vodního toku, nebo se k tomuto stavu co nejvíce přiblížit. Účelem této metodiky je poskytnout operativní pracovní nástroj pro jednotný postup hodnocení zásahů do vodních toků a údolních niv pro podporu v rozhodování o vhodnosti a efektivitě daných posuzovaných projektů s vazbou na požadavky Rámcové směrnice o vodách. Využíváním této metodiky při stavebních aktivitách a provozních usměrněních zasahujících do vodních toků je možné také využít metodiku v případech, kde je vyhotoven projekt GIS a jsou shromážděna všechna podrobná data včetně potřebných analýz.

Další metodikou od profesora Langhammera (2014), která byla pro tuhle bakalářskou práci nevyžitelná je HEM 2014, která řeší otázku metodiky monitoringu hydromorfologických charakteristik toků, a představuje původní metodický postup pro monitoring. Tato metodika dále respektuje základní východiska, která jsou daná požadavky legislativy České republiky i Evropské unie. Podoba metodiky HEM 2014 vychází z předcházející verze metodiky hydromorfologického monitoringu HEM 2007, přičemž zachovává zpětnou kompatibilitu hodnocení. Strategie sledování této metodiky je norma definující hierarchický přístup k hodnocení toků, kdy je povodí děleno na říčné typy, které jsou následně děleny na jednotlivé dílčí úseky a v rámci



těchto jednotlivých úseků jsou vymezeny sledované jednotky, na kterých probíhá monitoring.

#### **5.4 Letecké mapování s využitím dronu**

Drony byly původně vyvinuty pro letecký monitoring, a hlavně pro mapování určitých území, z toho také plynou velké možnosti využití komerčních dronů pro letecké mapování terénu (Karas, Tichý 2016). Toto terénní mapování se osvědčuje při zjišťování dílčích krajinných jednotek v relativně malých územích, kdy při vymezení těchto krajinných jednotek vzhledem k relativnímu dostatku distančních přehledných či mapovaných komponentních analytických podkladů o jednotlivých složkách krajiny, které lze využít jako kartografická data v programu GIS (Kolejka 2013). Aplikace dronů při mapování říční krajiny zahrnuje všechny technické aspekty logistiky letových misí, získávání a zpracování údajů (Rusnák a kol. 2017).

Při monitorování v hustě porostlé dřevinné vegetaci je zřejmé, že létání s dronem v tomto prostředí nebude jednoduché. Metodicky zajímavým přístupem se můžeme setkat v téhle studii od profesora Alfredsena a kol. (2018), kdy v oblastech chladného podnebí jsou tvorba a rozpad říčního ledu důležité pro morfologii řek, zásobování zimní vodou a ekologii pobřežních vod a vodních toků, jakož i pro hydraulické inženýrství. Údaje o ledu na řece jsou proto významné, a to jak pro přímé pochopení procesů ledu na řece, tak pro posouzení vlivu ledu na jiné systémy. Měření ledu je komplikované kvůli obtížnému přístupu k místům, složitým tvorbám ledu a možnému nebezpečí při provádění měření na ledě. Metody dálkového snímání jsou proto velmi užitečné a v současné době se používají údaje ze satelitních snímačů a stále častěji i leteckých a pozemních snímků. Přístup k nízkonákladovým dronovým systémům s kvalitními kamerami a strukturou z pohybového softwaru otevírá novou možnost mapování složitých ledových formací. Prostřednictvím této metody lze postavit geografický povrchový model a získat údaje o tloušťce ledu, prostorovém rozložení a objemu bez přístupu k ledu a s podstatně menší intenzitou měření ve srovnání s tradičními metodami průzkumu. Podobné pravidla, se kterými pracovali v této studii se mohou použít i při práci na vodních tocích.

Další studie od Leinstera a kol (2018), která je zajímavým přínosem informací pro monitoring vodního toku, kdy analyzovaly srovnatelnost stávajících metod založené na dálkovém průzkumu, byly navrženy jako potenciální prostředek harmonizace hydromorfologických charakterizačních protokolů. S rozlišením dosaženého produktu pro dálkové snímání však nemusí stačit k posouzení některých klíčových

hydromorfologických vlastností, které jsou nutné k umožnění přesné charakterizace. Metodiky založené na vysokém rozlišení letecké fotografie pořízené z dronu navrhlo několik autorů jako potenciální přístupy k překonání těchto omezení. Výsledky ukazují, že softwarová struktura je aplikovatelná na Středomoří s přesností při identifikaci rysů nad 70%. Přesnosti 50% je dosaženo při provádění struktury ve Very Large Rivers. Softwarová struktura úspěšně identifikovala vegetaci, hlubokou vodu, mělkou vodu, řasy a boční tyče.

V hodnou studií pro monitoring vodního toku je i studie profesora Langhammera (2019), která zkoumá potenciál a limity bezpilotních vzdušných prostředků UAV (unmanned aerial vehicles) pro monitorování obnovy vodního toku v městském prostředí, kde bylo použito snímání UAV pro dlouhodobé monitorování po obnově městského potoka. Cílem monitorování bylo sledovat změny ve vodním toku, které byly významné pro posouzení úspěšnosti obnovy, jako je například dodržování plánu, stabilita a vývoj koryta toku, nebo změny v toku a břehových stanovištích. Monitorování v obnoveném segmentu Hostavického potoka v Praze, České republice, probíhalo tři roky od restaurování pomocí platformy DJI Inspire 1 Pro. Monitorování UAV odhalilo, že nový tok se podstatně liší od navrhovaného plánu obnovy. I přesto nový tok prokázal stabilitu podporovanou intenzivním zatravněním nivy, což vedlo k okrajovému vývoji obnoveného toku. Nové koryto prokázalo schopnost zmírnit průběh významné povodňové události bez vydatných povodňových úniků mimo pobřežní zónu. Monitorování UAV také odhalilo intenzivní eutrofizaci v nově vytvořených mělkých rybnících s nedostatečným odvodněním. Výzkum prokázal, že snímání UAV je jedinečným zdrojem prostorových dat, jenž poskytuje spolehlivé informace pro kvantitativní a kvalitativní hodnocení pokroku a úspěchu obnovy toku.

Další zajímavou, ale nepoužitelnou studií byla studie o leteckém mapování s využitím dronu k boji proti invazivním rostlinám, kde jsou zapotřebí nové metody umožňující rychlé a efektivní monitorování pro dálkové snímání, které může ve výsledku práci zefektivnit a zlevnit. Omezovat však může datové rozlišení, náklady i dostupnost. Třeba dostupná satelitní data s vysokým prostorovým rozlišením jsou dostatečná pro rozpoznání druhů, které jsou zřetelně velké nebo tvoří jednotné záplaty ve velikosti srovnatelné s velikostí datových pixelů. U ostatních druhů je nutné vyšší prostorové rozlišení a bezpilotní letouny (UAV-unmanned aerial vehicles) poskytují údaje o extrémně vysokém prostorovém rozlišení (cm) při nízkých nákladech a vysoké flexibilitě. Použití účelově navrženého nízkonákladového UAV s bezchybnou konstrukcí s upevněním dvou spotřebitelských kamer RED (Red-Geen-

Blue a modifikované infračervené záření) zajišťuje opakovatelnost výkonu v terénu při zachování vysoké aerodynamické účinnosti s výslednou mapovací kapacitou nad 10 km<sup>2</sup> za den (Müllerová a kol. 2017).

## 5.5 Využití dronů pro fotogrammetrii

Malé bezpilotní vzdušné systémy UAS (unmanned aerial systems), jinak známé jako drony, se v poslední době staly běžným zdrojem leteckých snímků v civilním i vědeckém sektoru. Klíčovým vývojem za posledních 5 let je výskyt masově vyráběných dronů zaměřených na hobby a poloprofesionální trhy s fotografiemi a videi. Jejich obliba a velkolepý prodej vytvořily životaschopný trh pro drony, které nyní zahrnují celou řadu funkcí, jako jsou palubní GPS (Global Positioning System), autopilotní navigace, mechanická stabilizace obrazu a středně kvalitní snímací senzory. Fotogrammetrie SfM (Structure from Motion) je paralelní vývoj, který transformuje výrobu 3D modelů terénu z obrazů získaných jak z dronů, tak z letadel s posádkou. Kombinace levných dronů a SfM fotogrammetrie nyní umožňuje monitorování ze vzduchu za cenu, která je o dva řády nižší ve srovnání s náklady na tradiční vzdušné monitorování prováděné z letadel s posádkou (Carbonneau a kol. 2017).

Dalším přínosem informací byla studie od Rotha a Streita (2017), která se zabývala ukazateli stavu rostlin mezi jednotlivými zeměmi, jsou důležitými faktory při provádění přesné zemědělské techniky na polích. V této studii bylo na experimentálním poli provedeno letecké mapování s využitím dronu pro sběr dat ve formě RGB (Red-Green-Blue) a infračervených NIR (Near-Infrared) fotografií s devíti různými krycími plodinami. Tyto fotografie byly fotogrammetricky zpracovány na ortofotomapy a digitální povrchové modely. Pro přesné zemědělství je zřejmá potřeba metody odhadu rostlinné biomasy. Lehké drony v kombinaci se spotřebitelskými fotoaparáty nabízejí dostupnou platformu pro provádění nezbytných činností dálkového průzkumu, následovaných fotogrammetrickým zpracováním fotografií.

Studie v oblasti portugalského severozápadního pobřeží, která je zajímavým přínosem informací pro vytváření modelu digitálního povrchu koryta vodního toku použitou v odstavci 3.4, kde tato studie analyzuje použití bezpilotních leteckých prostředků (dronů) k mapování a sledování písečných dun a pláží. K získání snímků bylo použito velmi lehké letadlo vybavené základním fotoaparátem. Fotografie byly spravovány softwarem Agisoft Photoscan, který následně vytvořil model digitálního povrchu této lokality. Aby se dosáhlo nejlepší přesnosti polohy pro celý proces, byly

signalizovány pozemní kontrolní body pomocí diferenciálního přijímače GPS. V rámci pravidelného pobřežního monitorovacího programu prováděného v regionu mohou drony nahradit mnoho konvenčních letů za nižší pořizovací náklady na data a bez ztráty kvality topografických a leteckých obrazových dat (Gonçalves, Henriquescd 2015).

Dalším zajímavým zdrojem informací bylo využití dronů pro fotogrammetrii v pobřežním inženýrství v Pantai Punggur v Malajsii. Cílem této studie byl sběr dat podél pobřeží formou fotografií. Tyto fotografie byly zpracovány softwarem Agisoft Photoscan, jehož výsledkem byla identifikace změny v pobřeží. Po delším monitorování pobřeží byly změny v pobřeží Pantai Punguur viditelné a v blízké budoucnosti mohou ovlivnit tuto pobřežní lokalitu (Kaamin a kol. 2016).

Jiná studie, která je zajímavá svým obsahem, ale nepoužitelná pro tuto bakalářskou práci, je tato studie, kde posoudila potenciál fotogrammetrie bezpilotních leteckých prostředků (známé jako drony) pro přesné sledování prvků pobřežní zóny, jako jsou vertikální profily. Celkem bylo v Imlang Beach, Busan, Korea nasnímáno 245 snímků s pozemní prostorovou vzdáleností GSD (Ground-Sample-Distance) 1,59 cm pomocí kamery Zenmuse X7 namontované na spodní části dronu Inspire 2, dále 40 pozemních kontrolních GCP (ground control points) neboli identických bodů pro fotogrammetrii dronu a 21 stanic pro pozemní laserové skenování TLS (Terrestrial Laser Scanning) bylo sledováno pomocí síťového kinematického přístupu v reálném čase RTK (Real Time Kinematic). Hodnoty kořenové střední čtvercové chyby RMSE (root-mean-square error) ve směrech X, Y a Z byly 0,015, 0,017 a 0,040 m, v závislosti na nastavení svazku 24 GCP a 16 kontrolních bodů. Pro posouzení přesnosti vertikálních profilů získaných pro Imlang Beach byly zkonstruovány digitální výškové modely šesti profilů napříč pobřežím na základě fotogrammetrie dronu a TLS průzkumu. Posouzení vertikální přesnosti ukázalo průměrný výškový rozdíl mezi modely 0,02 m a RMSE 0,04 m. Dobře zavedený přístup k segmentaci obrazů založený na objektech byl použit se standardními parametry (velikost 100, tvar 0,5 a kompaktnost 0,5) k extrahování pobřeží z fotomozaikách obrázků na pláži Imlang. Výsledky naznačují, že fotogrammetrie dronu je schopna dosáhnout přesného a nepřetržitého sledování pobřeží (Kim a kol. 2019).

Další studie se také zabývá monitorováním pobřežních oblastí ve Francii, kde se stále více používají bezpilotní letecké prostředky (drony) ke sledování topografických změn v pobřežních oblastech. Ve srovnání s daty detekce a měření světla LiDAR (Light Detection And Ranging,) nebo daty terestriálního laserového skenování je toto řešení levné a snadno použitelné, přičemž umožňuje výrobu modelu digitálního povrchu

DSM (Diagnostic and Statistical Manual) s podobnou přesností. Ve tříměsíčním období byly provedeny tři kampaně v lagunovém přívodním systému (Bonne-Anse Bay, La Palmyre, Francie) s dronem kombinovaným s digitálním fotoaparátem. Pozemní kontrolní body GCP (ground control points) zkoumané globálním navigačním satelitním systémem GNSS (Global Navigation Satellite System) a následně zpracované diferenciální korekcí povolily georeferenční DSM. Pomocí fotogrammetrického procesu SFM (algoritmus Structure From Motion) byly vytvořeny DSM a fotomozaiky. Přesnost DSM byla hodnocena proti elipsoidální výšce profilu GNSS a pomocí nezávislých kontrolních bodů ICPs (interim cryogenic propulsion stage) a košenové průměrné čtvercové odchylky byly asi 10 a 17 cm. Ve srovnání s tradičními topografickými průzkumy umožňuje toto řešení přesné znázornění tvarů ložisek s vlnovou délkou řádově 1 m a výškou 0,1 m. Změny identifikované mezi oběma hlavními akcemi odhalily oblasti eroze, narůstání a progresi pískoviště. Tyto výsledky otevírají nové perspektivy pro validaci podrobných morfologických předpovědí nebo pro parametrizaci spodního tření v pobřežních numerických modelech (Long a kol. 2016).

## **5.6 Program Autodesk ReCap Pro, ReCap Photo**

Pro zpracování dat a vytvoření modelu digitálního povrchu koryta vodního toku v odstavci 3.4 byla použita aplikace od firmy Autodesk. Tato aplikace Autodesk ReCap Pro slouží jako nástroj pro správu, zpracování, zobrazení a indexování velmi rozsáhlých mračen bodů z laserového 3D skenování. Zobrazuje přesný model reality budov, mostů, strojů, uměleckých předmětů, krajiny, stávajícího stavu staveb či infrastruktury a umožňuje tak vidět model v kontextu reálného světa. Laserové skenování LiDAR (Light Detection And Ranging) nabízí až milimetrovou přesnost snímání modelu. Součástí softwaru ReCap Pro je související cloud služba Autodesk ReCap Photo, která automaticky vytváří profesionální otexturované síťové 3D modely nebo mračna bodů ze série fotografií objektu pořízených z různých směrů, včetně série fotografií z dronů (UAV). ReCap Photo používá podobný princip jako starší aplikace Autodesk 123D Catch, jen v profesionálnější podobě s vyšším rozlišením (CadStudio, 2020).

Díky vytváření cloudů mezi dvěma body nebo laserovým skenováním je možné sbírat miliony bodů jednoduše fotografováním pomocí dronu vybaveného kamerou, ručním zařízením nebo laserovým skenovacím zařízením. V případě potřeby je možné tato zachycená data z obou zdrojů kombinovat. Udávaná přesnost pro většinu terestrických laserových skenerů, které jsou v současné době na trhu, je 3 mm. Díky

schopnosti provádět taková přesná měření mohou být dané projekty zachyceny s úžasnou úrovní detailů. Tato naskenovaná data lze použít v kombinaci s digitalizovaným 3D modelem v softwaru dle výběru. Každý zaznamenaný bod je mapován do souřadnicového systému XYZ, což poskytuje inteligentnější výstup průzkumu pro export a použití. Přepřerování těchto dat je vyloučeno, protože skenovací technologie využívá informace ze stovek fotografií nebo naskenovaných bodů během několika sekund od doby pořízení (Autodesk 2020).

## **5.7 Základní definice Fotogrammetrie, Solid, Solid with wireframe**

Fotogrammetrie je umění a věda o získávání 3D informací z fotografií. Proces zahrnuje pořizování překrývajících se fotografií objektu, struktury nebo prostoru a jejich konverzi do 2D nebo 3D digitálních modelů. Fotogrammetrii často využívají zeměměřiči, architekti, inženýři a dodavatelé k vytváření topografických map, ok, bodových mraků nebo kreseb založených na reálném světě (Autodesk,2020).

Solid neboli pevné modelování je nejpokročilejší metoda geometrického modelování ve třech rozměrech. Pevné modelování je reprezentace pevných částí objektu v počítači. Typický geometrický model je tvořen drátěnými rámy, které ukazují objekt ve formě drátů. Tato struktura rámečku drátu může být dvourozměrná nebo trojrozměrná. Poskytnutí povrchové reprezentace trojrozměrných pohledů na dráty geometrických modelů způsobí, že se objekty objeví na obrazovce počítače jako pevné, a to se nazývá solidní modelování (Bright Hup Engineering, 2020).

Solid with wireframe neboli drátové modelování hraje důležitou roli při přiřazování trojrozměrného výkresového modelu k jeho odkazu. To umožňuje tvůrci vidět odkaz skrze model a také porovnat vrcholné body tak, aby byly v souladu s požadovanou referencí. Drátové modelování je rychlý a snadný způsob, jak demonstrovat koncepty. Vytvoření podrobného, správně zmapovaného modelu pro koncept může být velmi časově náročné, a pokud neodpovídá tomu, co bylo pro projekt předvídáno, byl celý čas i úsilí zbytečné. Pomocí drátového modelování lze zkrátit podrobnou práci a představit velmi základní model, který lze snadno vytvořit a který je ostatním srozumitelný (Techopedia, 2020).

## **5.8 Závěr rešerše**

Letecké mapování s využitím dronu a s využitím fotogrammetrie se pomalu, ale jistě stává součástí pro vyhodnocení velkoplošných i maloplošných revitalizačních či jiných projektů, kdy je kladen důraz na rychlost a kvalitu sběru dat. Letecké mapování s využitím komerčních dronů by mohlo napomáhat v mnoha malých i velkých revitalizačních městských i mimoměstských projektech s hůře přístupným terénem. Zmíněné studie v literární rešerši mi poskytly hodnotné podmínky k vypracování metodiky, kdy nejvíce užitečných informací jsem čerpal z těchto studií v odstavci 5.2 web Potoky pro život a Pražská příroda, v odstavci 5.3 metoda MŽP, v odstavci 5.4 studie profesora Langhammera, Leinstera a v odstavci 5.5 studie Gonçalvesese.

## 6 Výsledky terénního mapování a vyhodnocení

### 6.1 Úvod

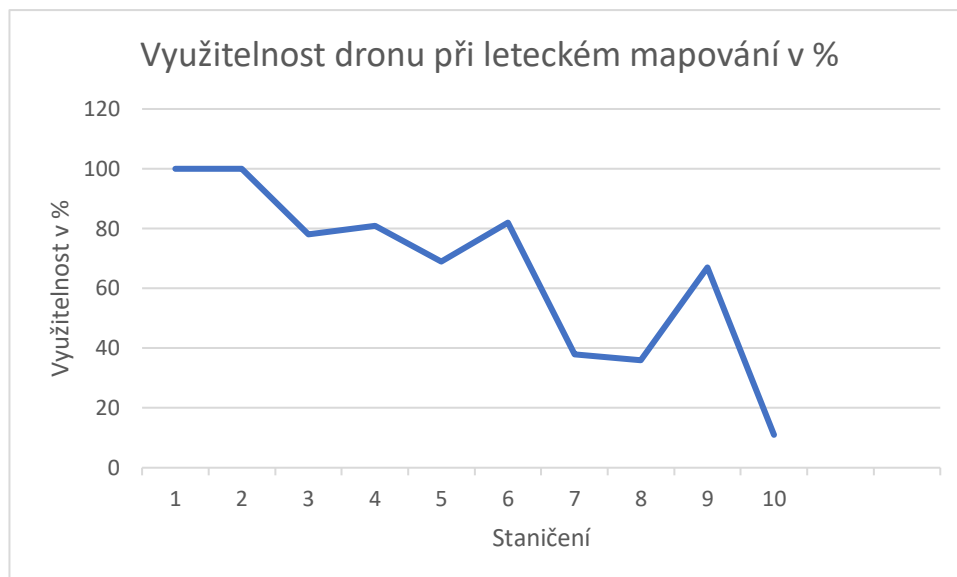
Zájemový vodní tok Stříbrný potok byl rozdělen na 10 dílčích úseků, které byly postupně zmapovány a vyhodnoceny. U každého dílčího úseku byl jednotlivě vyhodnocen jeho hydromorfologický stav podle metodiky Ministerstva životního prostředí. Poté byl objasněn důvod tohoto stavu toku a nivy (viz kapitola 4.1 obrázek 19, příloha č. 6).

Dále byla srovnána metoda klasického terénního mapování s metodou leteckého mapování s využitím dronu. Na obrázku níže je zobrazena využitelnost dronu při leteckém mapování v jednotlivých úsecích.



**Obrázek č. 24: Využitelnost dronu při leteckém mapování v %, podrobněji v příloze č. 9**





Obrázek č. 25: Graf – využitelnosti dronu při leteckém mapování v jednotlivých úsecích

## 6.2 Vyhodnocení hydromorfologického stavu vodního toku

### 1. Staničení

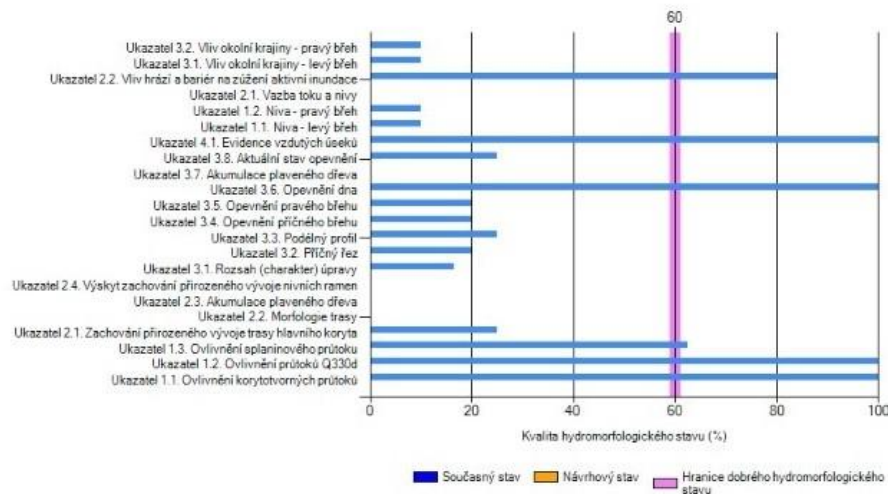
První úsek začíná v nadmořské výšce 513 m v Kraslicích u fary kostela Božího Těla, kde se vlévá Stříbrný potok do řeky Svatavy. Úsek je dlouhý 1 km a protéká urbanizovanou částí města.



Obrázek č. 26: Fotografie z leteckého mapování – 1. úsek

V historii prošlo koryto vodního toku velkými antropogenními zásahy. V korytě se nachází zbytky travinné vegetace spolu s náletovou dřevinou. Akumulace mrtvého dřeva je minimální. Stěny koryta jsou zpevněny opěrnými zdmi tvořenými převážně z lomového kamene nebo betonu. Dno pak tvoří balvany a drobné kameny.

Hydromorfologický stav toku, podle metodiky MŽP, je 44,4% a stav nivy 15,7%, jedná se tedy o silně modifikovaný neboli poškozený stav toku, a proto je na mapě značený červenou barvou.



Na posuzované lokalitě vychází hydromorfologický stav následovně:

	Současný stav	Návrhový stav	Změna HMF stavu
Hydromorfologický stav toku	44,4%		
Hydromorfologický stav nivy	15,7%		

Výsledné hodnocení současného stavu nedosahuje dobrého hydromorfologického stavu toku a nedosahuje dobrého hydromorfologického stavu údolní nivy.

**Obrázek č. 27: Graf vyhodnocení všech kritérií 1. úseku**

Letecké mapování s využitím dronu probíhalo z jednoho místa bez jakýchkoliv problémů. Nebylo tedy nutno někam popocházet.

## 2. Staničení

Druhý úsek začíná v nadmořské výšce 529 m na konci areálu Technických služeb města Kraslice. Úsek je dlouhý 1,3 km a protéká kolem svahu Domáciho vrchu.

V historii prošlo koryto vodního toku antropogenními zásahy. Na tomto úseku se nacházejí dvě vodní stavby. První stavba – vodní elektrárna se nachází na začátku tohoto úseku a druhá stavba – čerpací stanice společnosti KMS s.r.o. (= Kraslická Městská Společnost, s.r.o.) je umístěna na druhém konci úseku. V korytě dochází na dvou místech k odběru vody a nachází se zde zbytky travinné vegetace spolu s náletovou dřevinou. Na toku se nachází několik přírodních skluzů. Stěny koryta jsou

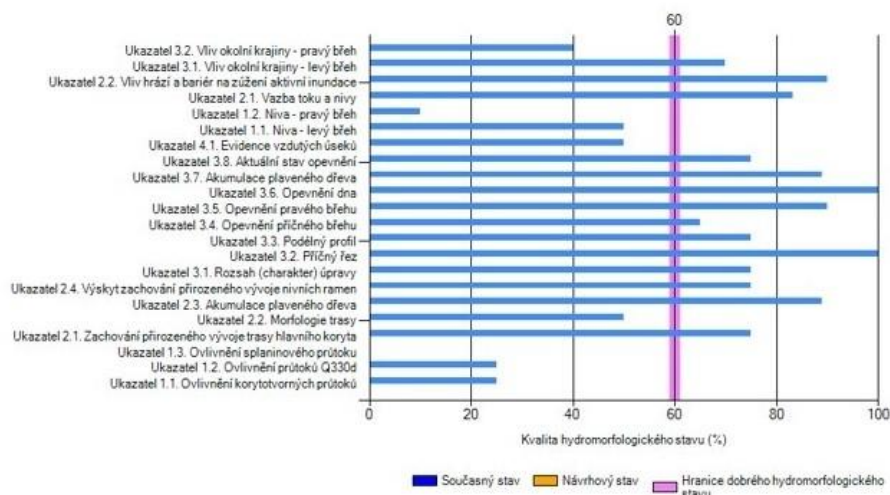
zpevněny z pohozu lomového kamene nebo z narušené historické úpravy porostlé vegetací. Okolní pozemky tvoří intravilán města Kraslice, trvalé travní porosty s mokřadním charakterem se zástupci olše a javoru a pozemky určené k plnění funkce lesa, kde je hlavním zástupcem smrk.



**Obrázek č. 28: Fotografie z leteckého mapování – 2. úsek**

Hydromorfologický stav toku, podle metodiky MŽP, je 39,1% a stav nivy 47,7%, jedná se tedy o značně modifikovaný neboli méně dobrý stav toku, a proto je na mapě značený oranžovou barvou.

Letecké mapování s využitím dronu probíhalo ze dvou míst nad korunami stromů bez jakéhokoliv problému.



Na posuzované lokalitě vychází hydromorfologický stav následovně:

	Současný stav	Návrhový stav	Změna HMF stavu
Hydromorfologický stav toku	39,1%		
Hydromorfologický stav nivy	47,7%		

Výsledné hodnocení současného stavu nedosahuje dobrého hydromorfologického stavu toku a nedosahuje dobrého hydromorfologického stavu údolní nivy.

**Obrázek č. 29: Graf vyhodnocení všech kritérií 2. úseku**

### 3. Staničení

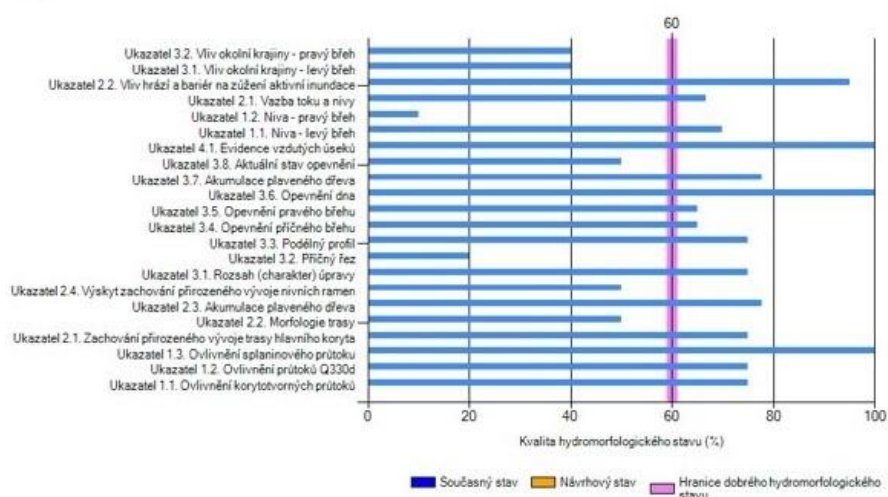
Třetí úsek začíná v nadmořské výšce 579 m za vodárenskou čerpací stanicí v městě Kraslice. Úsek je dlouhý 1,8 km a protéká obcí Stříbrná.



**Obrázek č. 30: Fotografie z leteckého mapování – 3. úsek**

V historii i v současnosti prošlo koryto vodního toku negativními antropogenními zásahy. Na tomto úseku se nacházejí protipovodňová opatření, a to jak historická, tak i současná. Dále je na jednom místě odebírána voda pro místní rybník. Dno koryta tvoří balvany, drobné kamení a štěrky. Akumulace mrtvého dřeva je tu minimální. Stěny koryta jsou tvořeny z betonu, z pohozy lomového kamene, z gabionu nebo z narušené historické úpravy prorostlé vegetací. Okolní pozemky tvoří intravilán obce Stříbrná a pozemky určené k plnění funkce lesa. Hlavními zástupci vegetačního porostu jsou smrky a olše.

Hydromorfologický stav toku, podle metodiky MŽP, je 54,4% a stav nivy 48,4%, jedná se tedy o značně modifikovaný neboli méně dobrý stav toku, a proto je na mapě značený oranžovou barvou.



Na posuzované lokalitě vychází hydromorfologický stav následovně:

	Současný stav	Návrhový stav	Změna HMF stavu
Hydromorfologický stav toku	54,4%		
Hydromorfologický stav nivy	48,4%		

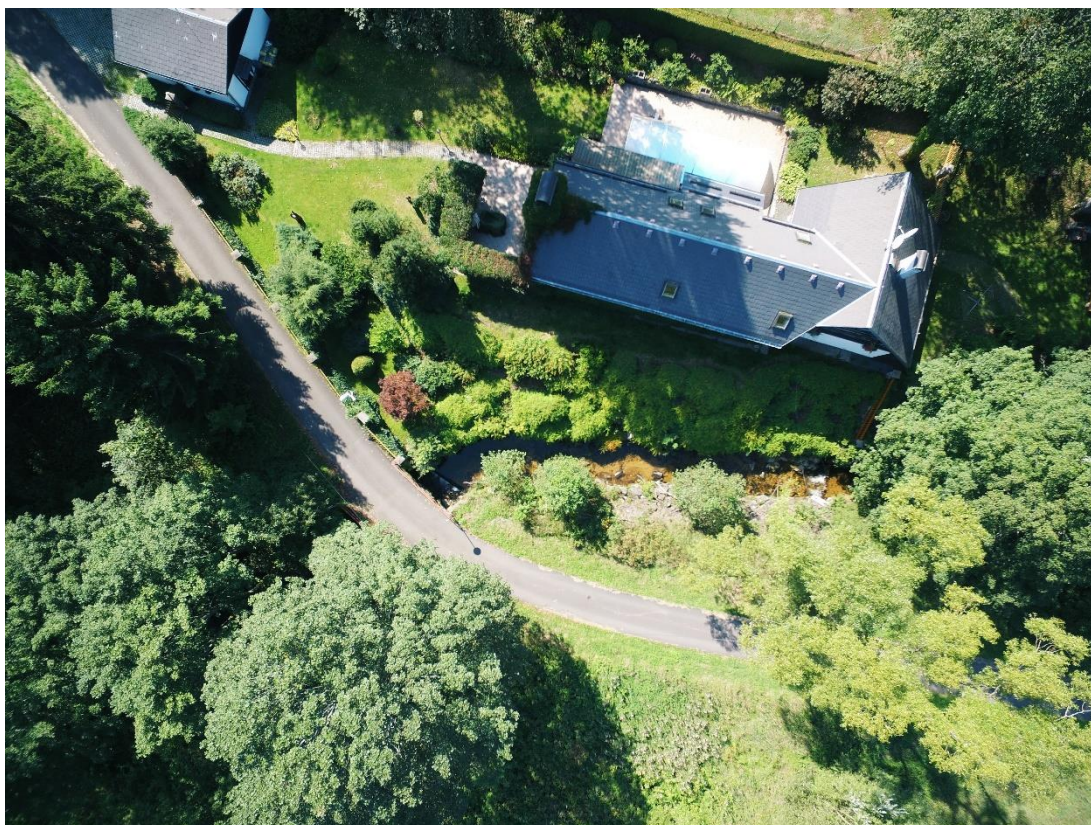
Výsledné hodnocení současného stavu nedosahuje dobrého hydromorfologického stavu toku a nedosahuje dobrého hydromorfologického stavu údolní nivy.

**Obrázek č. 31: Graf vyhodnocení všech kritérií 3. úseku**

Letecké mapování s využitím dronu probíhalo ze tří míst nad a pod korunami stromů s malými komplikacemi.

#### 4. Staničení

Čtvrtý úsek začíná v nadmořské výšce 585 m a nachází se v obci Stříbrná. Úsek je dlouhý 1,6 km a protéká obcí Stříbrná.

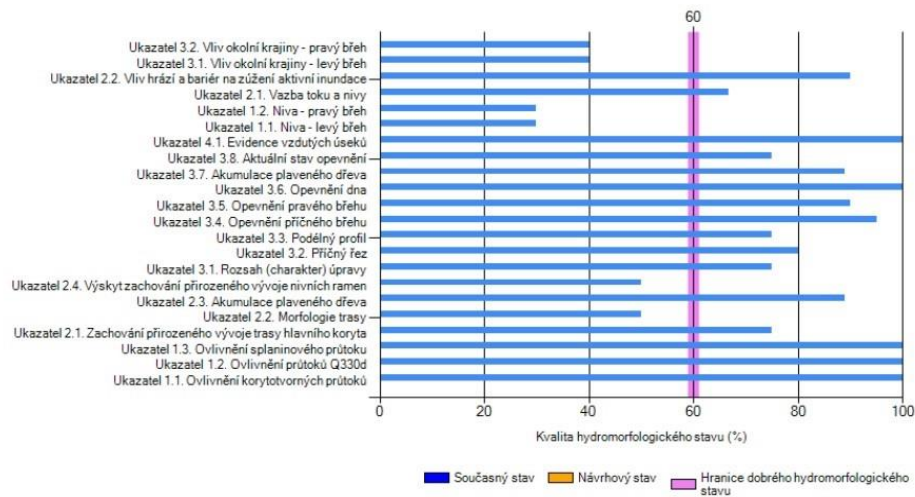


Obrázek č. 32: Fotografie z leteckého mapování – 4. úsek

Na tomto úseku se místy nacházejí revitalizační opatření historického typu. Dno tvoří balvany, drobné kamení, štěrk, písek a mrtvé dřevo. Stěny koryta jsou místy zpevněny z pohozu lomového kamene, opěrné zdi z lomového kamene nebo z narušené historické revitalizace prorostlé vegetací. Tvar koryta je přirozený s několika přírodně vytvořenými skluzy. Dále jsou místy břehy s aktivní erozí. Okolní pozemky tvoří intravilán obce Stříbrná, trvalé travní porosty se zástupci olše, smrku a javoru a pozemky určené k plnění funkce lesa se zástupci smrku.

Hydromorfologický stav toku, podle metodiky MŽP, je 71,8% a stav nivy 42,8%, jedná se tedy o středně modifikovaný neboli dobrý stav toku, a proto je na mapě značený žlutou barvou.

Letecké mapování s využitím dronu probíhalo z jednoho místa nad korunami stromů bez jakéhokoliv problému.



Na posuzované lokalitě vychází hydromorfologický stav následovně:

	Současný stav	Návrhový stav	Změna HMF stavu
Hydromorfologický stav toku	71,8%		
Hydromorfologický stav nivy	42,8%		

Výsledné hodnocení **současného** stavu **dosahuje** dobrého hydromorfologického stavu **toku** a **nedosahuje** dobrého hydromorfologického stavu **údolní nivy**.

**Obrázek č. 33: Graf vyhodnocení všech kritérií 4. úseku**

## 5. Staničení

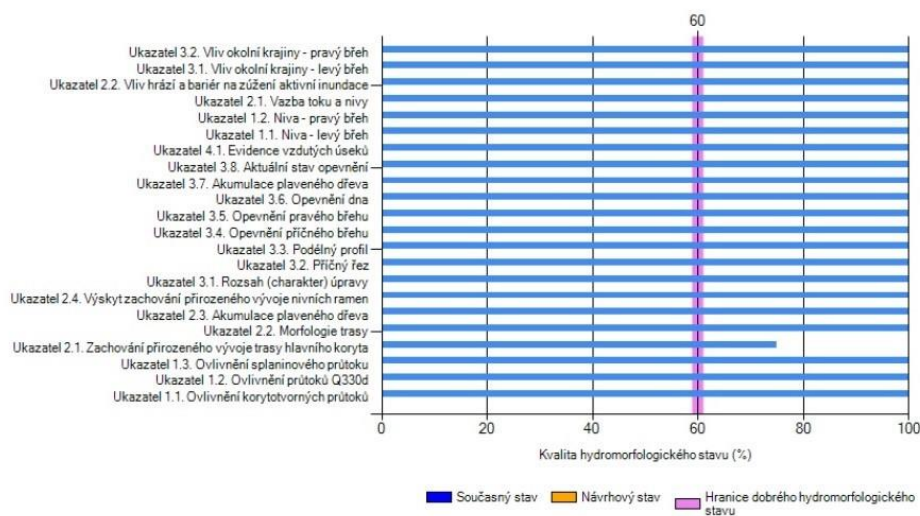
Pátý úsek začíná v nadmořské výšce 609 m a nachází se v obci Stříbrná. Úsek je dlouhý 1,6 km a protéká Rájeckým údolím v osadě Nancy v obci Stříbrná.



**Obrázek č. 34: Fotografie z leteckého mapování – 5. úsek**

Na tomto úseku se nenacházejí žádná revitalizační opatření. Tok má přirozené meandrující koryto s přírodními skluzy, kamennými mostky, s nánosy mrtvého dřeva, popadanými stromy a břehy s aktivní erozí o šířce 1 až 2 metry. Tyto aspekty vytvářejí úkryt, místo k životu, zdroj potravy pro obojživelníky, drobné živočichy, hmyz a jiné organismy. Dno koryta je tvořeno balvany, štěrkem a pískem. Břehy jsou prorostlé trvalým travním porostem se zástupci smrku, břízy, olše a javoru. Pravá část pozemků je tvořena intravilánem osady Nancy v obci Stříbrná, porostlá trvale travními porosty se zástupci javoru, olše, břízy a smrku. Levou část pozemků tvoří pozemky určené k plnění funkce lesa se zástupcem smrku.

Hydromorfologický stav toku, podle metodiky MŽP, je 97,3% a stav nivy 100%, jedná se tedy o přírodně blízký neboli výborný stav, a proto je na mapě značený modrou barvou.



Na posuzované lokalitě vychází hydromorfologický stav následovně:

	Současný stav	Návrhový stav	Změna HMF stavu
Hydromorfologický stav toku	97,3%		
Hydromorfologický stav nivy	100%		

Výsledné hodnocení současného stavu dosahuje dobrého hydromorfologického stavu toku a dosahuje dobrého hydromorfologického stavu údolní nivy.

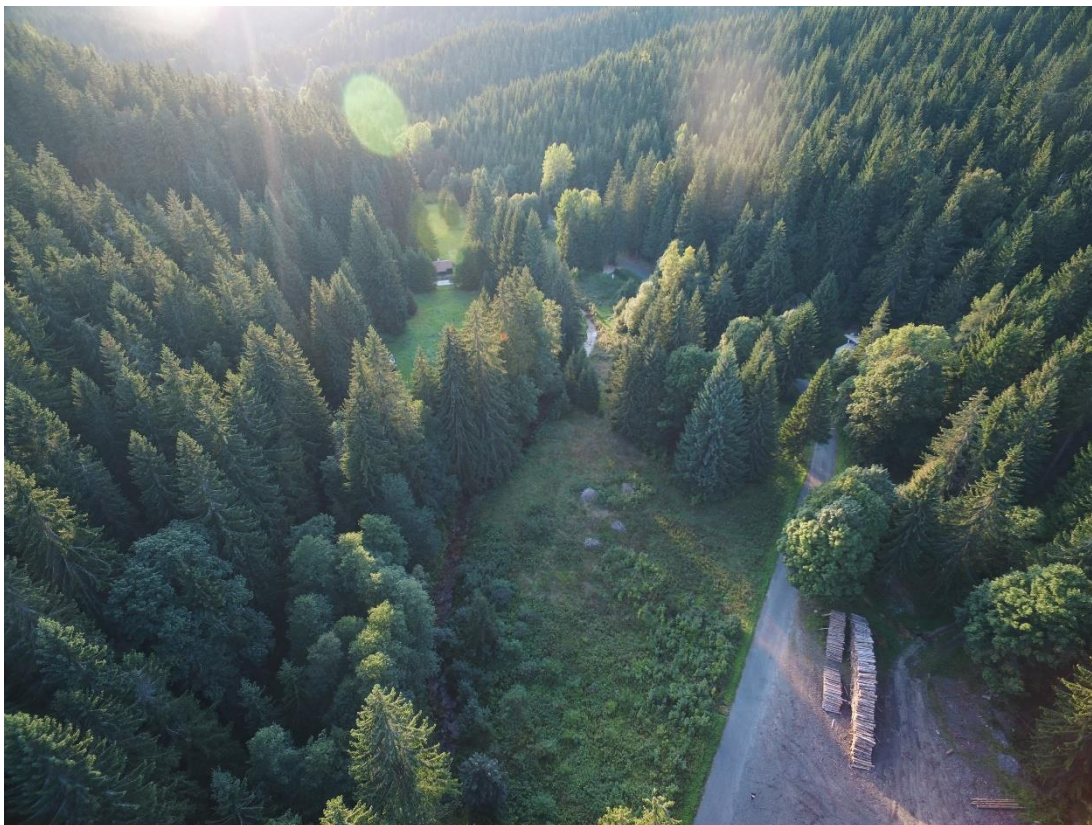
**Obrázek č. 35: Graf vyhodnocení všech kritérií 5. úseku**

Letecké mapování s využitím dronu probíhalo z jednoho místa nad a pod korunami stromů bez jakýchkoliv problémů.



## 6. Staničení

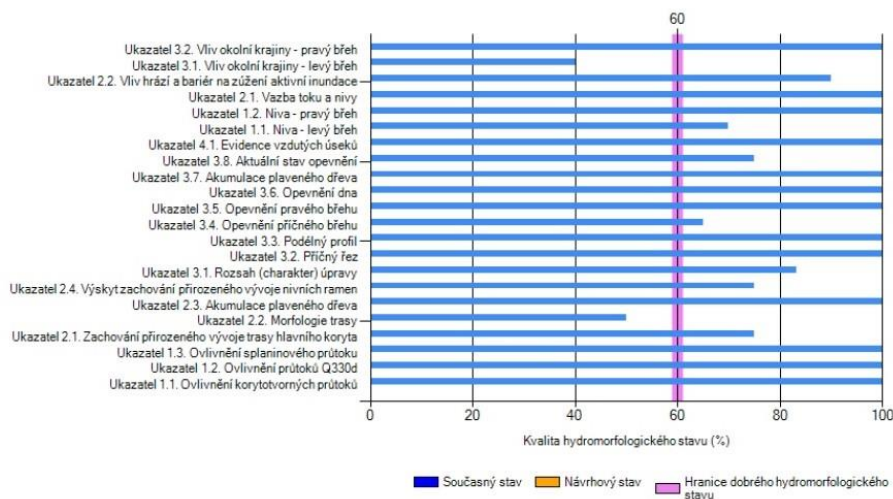
Šestý úsek začíná v nadmořské výšce 635 m a nachází se v Rájeckém údolí. Úsek je dlouhý 1,1 km a protéká Rájeckým údolím směrem k osadě Nancy v obci Stříbrná.



Obrázek č. 36: Fotografie z leteckého mapování – 6. úsek

Na úseku se místy nacházejí historické i současné antropogenní zásahy ve formě zpevnění břehů. Tok má převážně, přirozené meandrující koryto s balvanitým dnem, s přírodními skluzy, s nánosy mrtvého dřeva, popadanými stromy vlivem klimatu a břehy s aktivní erozí o šířce 1 až 2 metry. Břehy jsou prorostlé trvalým travnatým porostem se zástupci olše, javoru a smrku. Část pozemků pravého břehu po proudu toku je tvořena intravilánem obce Stříbrná s trvalým travním porostem se zástupci břízy, javoru, olše a smrku. Na levém břehu převažují pozemky určené k plnění funkce lesa se zástupci smrku.

Hydromorfologický stav toku, podle metodiky MŽP, je 79,1% a stav nivy 86,2%, jedná se tedy o slabě modifikovaný neboli velmi dobrý stav, a proto je na mapě značený zelenou barvou.



Na posuzované lokalitě vychází hydromorfologický stav následovně:

	Současný stav	Návrhový stav	Změna HMF stavu
Hydromorfologický stav toku	79,1%		
Hydromorfologický stav nivy	86,2%		

Výsledně hodnocení **současného** stavu **dosahuje** dobrého hydromorfologického stavu **toku** a **dosahuje** dobrého hydromorfologického stavu **údolní nivy**.

**Obrázek č. 37: Graf vyhodnocení všech kritérií 6. úseku**

Letecké mapování s využitím dronu probíhalo z jednoho místa nad a pod korunami stromů bez jakýchkoliv problémů.

## 7. Staničení

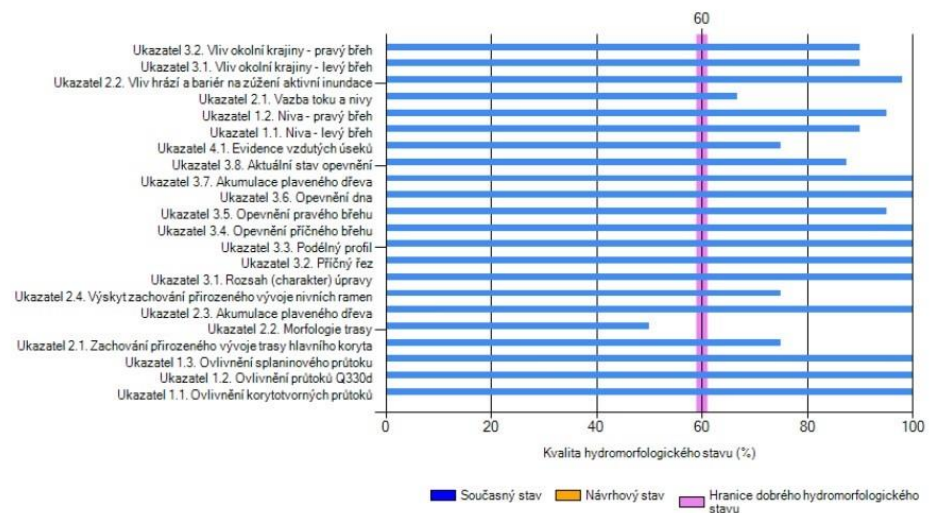
Sedmý úsek začíná v nadmořské výšce 666 m a nachází se taktéž v Rájeckém údolí. Úsek je dlouhý 1,3 km a protéká Rájeckým údolím směrem k osadě Nancy v obci Stříbrná.

Na tomto úseku se nacházejí čtyři mosty, z toho tři na začátku v rozmezí vzdálenosti přibližně 0,3 až 0,8 km a čtvrtý na konci úseku. Tok má přirozené meandrující koryto s balvanitým dnem, s přírodními skluzy, s nánosy mrtvého dřeva, popadanými stromy pravděpodobně vlivem zdejšího klimatu a podemletými břehy o šířce 1 až 1,5 metru. Břehy jsou porostlé trvalým travním porostem se zástupci dřevin olše, javoru a smrku. Pozemky obou břehů tvoří pozemky určené k plnění funkce lesa se zástupci smrku.

Hydromorfologický stav toku, podle metodiky MŽP, je 80,9% a stav nivy 81,5%, jedná se tedy o slabě modifikovaný neboli velmi dobrý stav, a proto je na mapě značený zelenou barvou.



Obrázek č. 38: Fotografie z leteckého mapování – 7. úsek



Na posuzované lokalitě vychází hydromorfologický stav následovně:

	Současný stav	Návrhový stav	Změna HMF stavu
Hydromorfologický stav toku	80,9%		
Hydromorfologický stav nivy	81,5%		

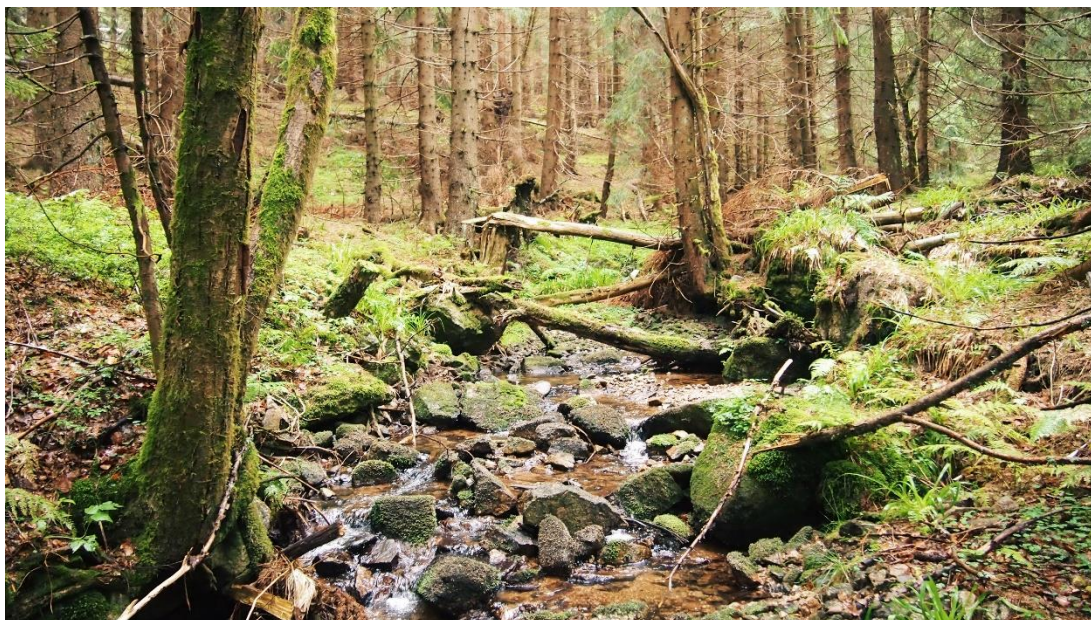
Výsledné hodnocení **současného** stavu **dosahuje** dobrého hydromorfologického stavu **toku** a **dosahuje** dobrého hydromorfologického stavu **údolní nivy**.

Obrázek č. 39: Graf vyhodnocení všech kritérií 7. úseku

Letecké mapování s využitím dronu bylo obtížné. Dřevinný porost byl hustý a pro průlet dronem rizikový. Z pohledu nad stromy nešlo identifikovat, kudy tok teče, natož zaznamenat data pro vyhodnocení hydromorfologického stavu. Bylo provedeno několik startů z několika míst. Do takového prostředí bych doporučil dron menších rozměrů.

## 8. Staničení

Osmý úsek začíná v nadmořské výšce 745 m a nachází se kousek od Rájeckého údolí u kopce Vítoň. Úsek je dlouhý 1,4 km a protéká údolím mezi kopci Vítoň a Bukovec.

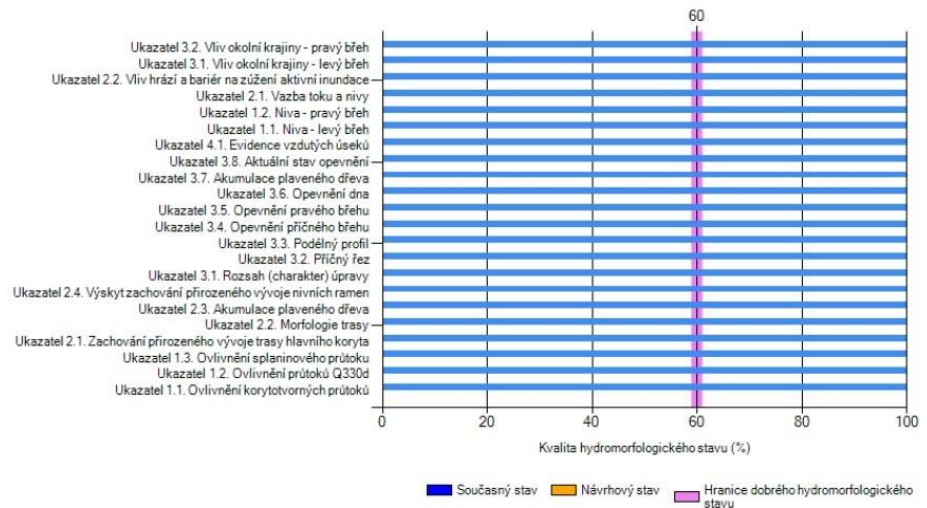


Obrázek č. 40: Fotografie z leteckého mapování – 8. úsek

Úsek je bez antropogenních zásahů. Tok má přirozeně meandrující koryto s balvanitým dnem, s přírodními skluzy, s nánosy mrtvého dřeva, popadanými stromy a podemletými břehy o šířce 1 až 2 metry. Popadané stromy tvoří úkryt pro drobné živočichy, obojživelníky, hmyz a organismy žijícími v lese. Břehy jsou porostlé dřevinnou vegetací. Okolní pozemky tvoří pozemky určené k plnění funkce lesa se zástupci smrku.

Hydromorfologický stav toku, podle metodiky MŽP, je 100% a stav nivy 100%, jedná se tedy o slabě modifikovaný neboli velmi dobrý stav, a proto je na mapě značený modrou barvou.

Letecké mapování s využitím dronu bylo podobné jako u sedmého úseku. Dřevinný porost byl místy hustý a pro průlet dronem rizikový. Z pohledu nad stromy bylo převážně možné identifikovat, kudy tok teče. Pro získání sběru fotografií bylo nutné slétávat pod koruny stromů. Bylo provedeno pět startů z pěti míst. Do takového prostředí bych doporučil dron menších rozměrů.



Na posuzované lokalitě vychází hydromorfologický stav následovně:

	Současný stav	Návrhový stav	Změna HMF stavu
Hydromorfologický stav toku	100%		
Hydromorfologický stav nivy	100%		

Výsledné hodnocení **současného** stavu **dosahuje** dobrého hydromorfologického stavu **toku** a **dosahuje** dobrého hydromorfologického stavu **údolní nivy**.

**Obrázek č. 41: Graf vyhodnocení všech kritérií 8. úseku**

## 9. Staničení

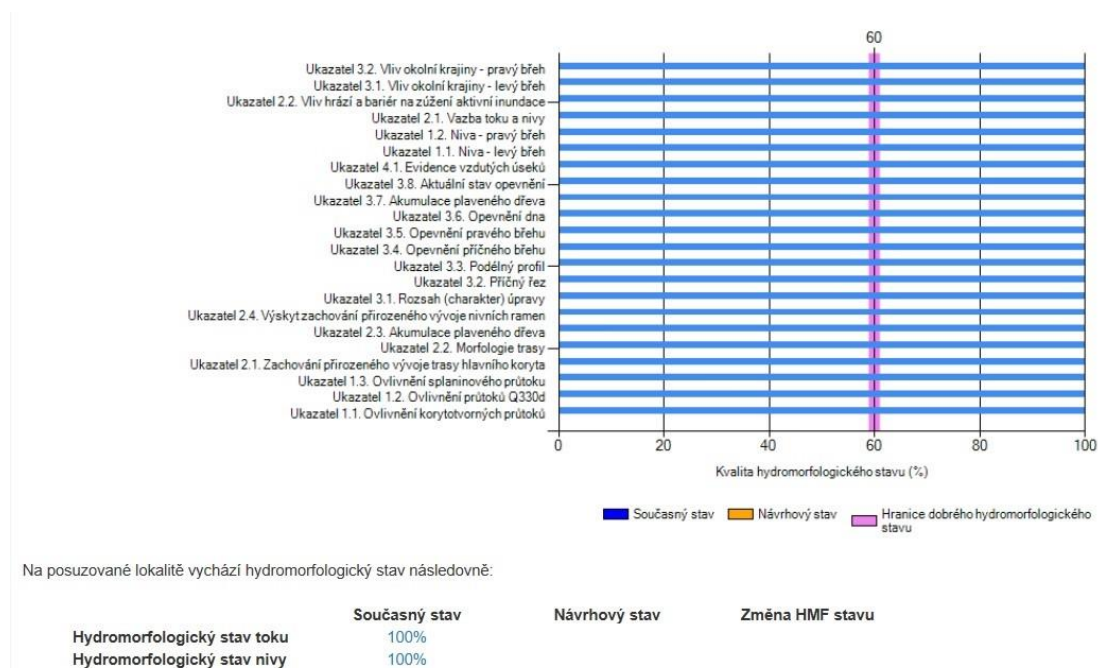
Devátý úsek začíná v nadmořské výšce 843 m a nachází se kousek od kopce VítoV. Úsek je dlouhý 300 m a protéká mezi kopci VítoV a Vysoký vrch.



**Obrázek č. 42: Fotografie z leteckého mapování – 9. úsek**

Tok má přirozeně meandrující koryto s balvanitým dnem, s přírodními skluzy, s pozůstatky ztrouchnivělých stromů, které popadaly do toku vlivem zdejšího klimatu. Šíře toku je 0,5 až 1 metr. Břehy toku jsou podemleté a porostlé dřevinnou vegetací. V okolí vodního toku se nachází vhodné zázemí pro život spárkaté zvěře a drobných živočichů. Pozemky v okolí tvoří pozemky určené k plnění funkce lesa s dřevinným zástupcem smrku.

Hydromorfologický stav toku, podle metodiky MŽP, je 100% a stav nivy 100%, jedná se tedy o slabě modifikovaný neboli velmi dobrý stav, a proto je na mapě značený modrou barvou.



Výsledné hodnocení **současného** stavu **dosahuje** dobrého hydromorfologického stavu **toku** a **dosahuje** dobrého hydromorfologického stavu **údolní nivy**.

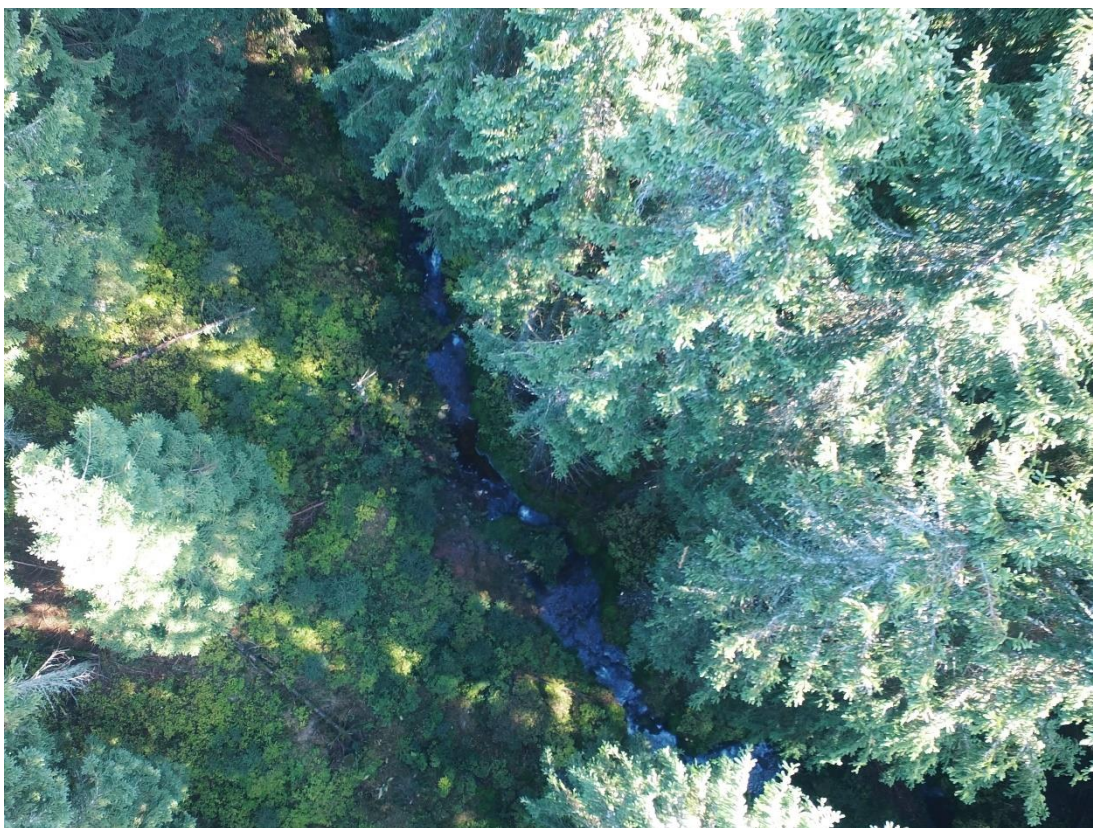
**Obrázek č. 43: Graf vyhodnocení všech kritérií 9. úseku**

Na tomto místě byla provedena práce, která se zabývala využitím dronu pro sběr podkladů (ve formě fotografií), které pak byly zpracovány softwarem Autodesk ReCap Photo k vytvoření modelu digitálního povrchu koryta vodního toku.

Letecké mapování vodního toku v devátém úseku proběhlo s menšími problémy. Kvůli odrostlým suchým větvím na smrcích byl let pod korunami stromů rizikovější.

## 10. Staničení

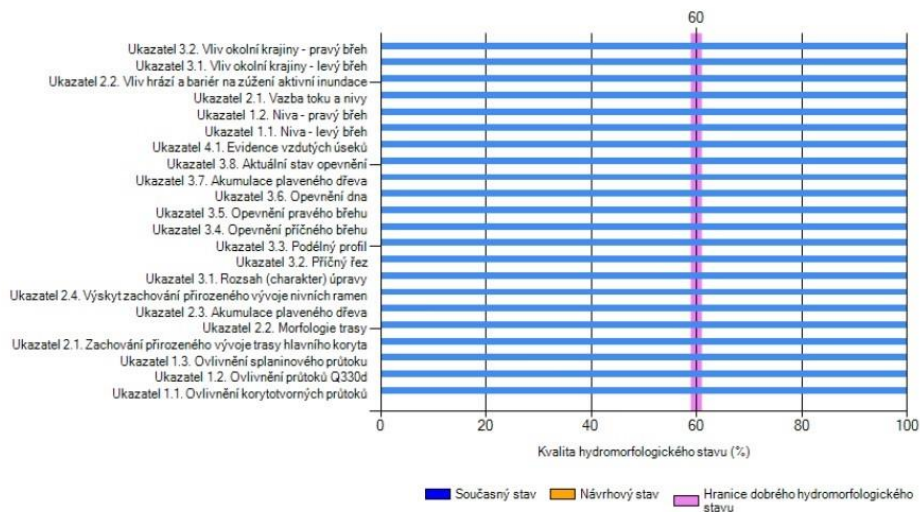
Desátý úsek začíná v nadmořské výšce 862 m a nachází se kousek od kopce VítoV. Úsek je dlouhý 900 m a protéká mezi kopci VítoV a Vysoký vrch. Jeho pramen se nachází přibližně 300 metrů západně od vrcholu Vysokého vrchu v nadmořské výšce 940 metrů.



Obrázek č. 44: Fotografie z leteckého mapování – 10. úsek

Tok má přirozeně meandrující koryto s balvanitým dnem, místy jsou vytvořené ostrůvky z nánosů mrtvého dřeva a bahna. Místy byla zaznamenána vodní eroze půdy. Dále tok tvořily přírodní skluzy, pozůstatky spadlých mrtvých i živých stromů, které popadaly do toku nejspíš vlivem zdejšího klimatu. Okolí toku bylo silně podmáčené. Šíře toku je v rozmezí 10 až 70 centimetrů. Břehy toku jsou podemleté a porostlé dřevinnou vegetací. V okolí vodního toku se nachází úkryty pro obojživelníky, drobné živočichy, hmyz a spárkatou zvěř. Pozemky v okolí tvoří pozemky určené k plnění funkce lesa s dřevinným zástupci smrku.

Hydromorfologický stav toku, podle metodiky MŽP, je 100% a stav nivy 100%, jedná se tedy o slabě modifikovaný neboli velmi dobrý stav, a proto je na mapě značený modrou barvou.



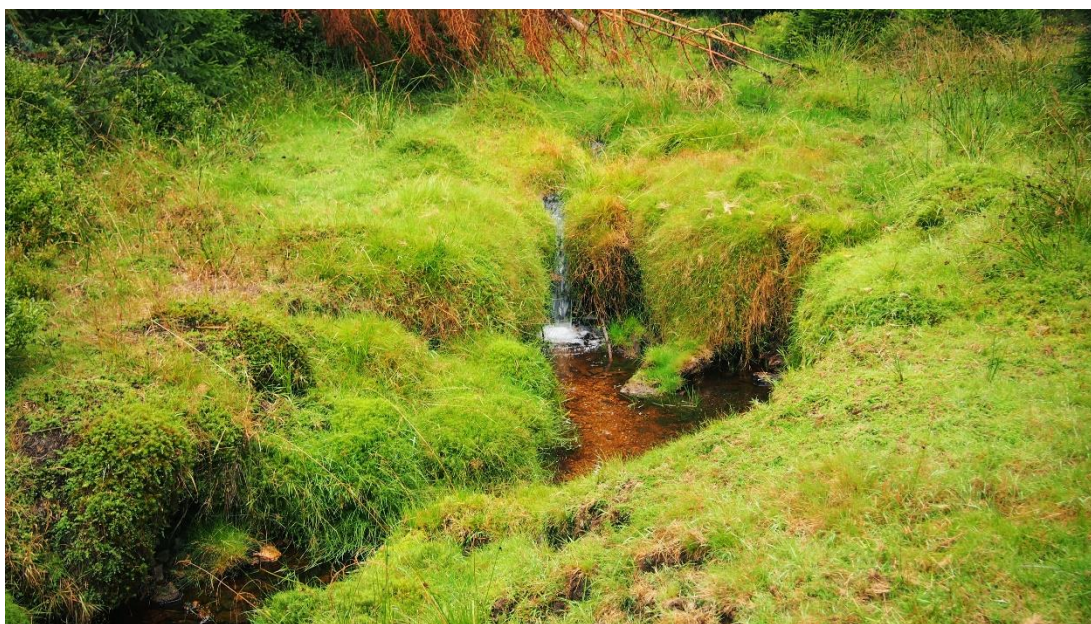
Na posuzované lokalitě vychází hydromorfologický stav následovně:

	Současný stav	Návrhový stav	Změna HMF stavu
Hydromorfologický stav toku	100%		
Hydromorfologický stav nivy	100%		

Výsledné hodnocení **současného** stavu **dosahuje** dobrého hydromorfologického stavu **toku** a **dosahuje** dobrého hydromorfologického stavu **údolní nivy**.

**Obrázek č. 45: Graf vyhodnocení všech kritérií 10. úseku**

Letecké mapování vodního toku v desátém úseku proběhlo s velkými komplikacemi. Kvůli odrostlým suchým větvím na smrcích, hustě porostlému prostředí dřevinnou vegetací a malé šířce vodní toku nebylo možné tok místy zmonitorovat. Zde by pomohl dron menších rozměru.



**Obrázek č. 46: Fotografie z leteckého mapování – 10. úsek**



## **6.3 Vyhodnocení poznatků vodního toku**

### **6.3.1 Technické objekty**

Na vodním toku Stříbrného potoka se nachází celkem 5 jezů a odběrná čerpací stanice, která snižuje hladinu toku. Další technickou stavbou je vodní elektrárna, jež výrazně snižuje hladinu toku mezi místem odběru a místem výpustě. Tyto dvě stavby zapříčiňují zhoršování průtoku splavenin a zamezují migrační propustnosti ryb. Dále se na vodním toku nachází přemostění silnicí III. řádu.

### **6.3.2 Přírodovědné poznatky**

Tok obsahuje naplavené mrtvé dřevo, které se zachytává v konkávních a konvexích toku. Velká část břehů je podemleta vodou, a vytváří tak úkryt pro obojživelníky i jiné druhy organismů. Napříč tokem jsou místy popadané staré i nové stromy, které popadaly vlivem zdejšího klimatu. Okolí toku tvořily převážně pozemky určené k plnění funkce lesa se zástupci smrku a intravilán obce Stříbrná. Zástupci dřevin intravilánu obce Stříbrná jsou olše, javor, bříza a smrk.

### **6.3.3 Kulturní poznatky**

Oblast zájmového místa byla osidlována po druhé světové válce. Po válce zde zůstalo jen několik obyvatelných objektů. Vládne zde chladnější klima, a proto v okolí obce Stříbrná bylo vybudováno několik lyžařských středisek, jako jsou Skiareál Lišák Stříbrná nebo Ski areál Bublava-Stříbrná. Dále je velkou turistickou atrakcí vrchol kopce Špičák, jenž dosahuje 991 metru nadmořské výšky. Špičák je součástí povodí vodního toku Stříbrného potoka. V povodí Stříbrného potoka jsou naučné turistické stezky, které lze zahrnout do kulturních poznatků. V letním období se zde pořádají tábory s přírodovědnou tematikou.

### **6.3.4 Geomorfologie přírodních úseků vodního toku**

Z dronu lze mapovat krajinu z ptačí perspektivy. Při leteckém mapování vidí pilot dronu do vzdálenosti několika kilometrů. Záleží na tom, v jaké nadmořské výšce se s dronem nachází. Průletem v povodí Stříbrného potoka lze vidět vrcholky Domáciho vrchu, Špičáku, Skalních věží na svahu Šišáku, Rájecké údolí a spoustu dalších geomorfologických útvarů. V dobře otevřených místech jde s dronem sledovat i druh horniny zájmového přírodního útvaru. Je zajímavé se dívat na morfologii jednotlivých kopců z ptačí perspektivy.

## 6.4 Sběr dat a návrh na zjednodušení sběru dat

### 6.4.1 Popis sběru leteckých dat

V části lokalit to znamená v rozsahu 1 až 6 byl sběr leteckých dat s využitím dronu rychlý a bez jakýchkoliv komplikací. Nejprve se vybralo místo, odkud mohl dron vzletět (ideálně 1 m<sup>2</sup> rovné travnaté plochy). Po vzletnutí dronu byla jeho dráha letu směřována k místu zájmového vodního toku Stříbrného potoka. Data byla pořizována z výšky nad korunami stromů, popřípadě z výšky několika metrů v podélné ose vodního toku. Záleželo na typu krajinného pokryvu v okolí daného úseku vodního toku. Sběr dat od sedmého úseku byl komplikovanější. Mnohdy sběr dat nad korunami stromů nepřinesl žádné výsledky a let s dronem pod korunami stromů byl rizikový, což zpomalovalo rychlost sběru dat. Let s dronem v tomto prostředí má mimo jiné vysoké nároky na spotřebu energie, a proto zkracuje časový prostor pro sběr dat.

V devátém úseku proběhla práce s využitím dronu při sběru leteckých dat, v tomto případě sběru fotografií k podkladu pro vytvoření 3D modelu koryta vodního toku. Sběr fotografií se prováděl třemi způsoby. První způsob zahrnoval sběr dat vertikální metodou. Druhý způsob zahrnoval sběr dat horizontální metodou. Třetí způsob obsahoval kombinaci předchozích dvou metod. Celkem se provedly 3 pokusy vertikální metodou po 100 fotografiích, 7 pokusů metodou horizontální po 100 fotografiích a jeden pokus s kombinací obou metod po 1000 fotografiích. Pořízené fotografie následně zpracoval program Autodesk ReCap Photo. Zpracování výsledků sběru dat vertikální metodou poskytlo lepší zobrazení koryta ve srovnání s ostatními metodami či jejich kombinacemi. Koryto zpracované do 3D modelu vykreslovalo detail travnatého porostu, který rostl na březích vodního toku.

### 6.4.2 Technická vybavenost dronu

Pořízení dat v hustě prorostlém lese nebylo jednoduché provést. V lese se vyskytovalo velké množství negativních prvků k průletu dronem k zájmovému místu. V tomto případě bych doporučil dron menších rozměrů. Dále bych do vybavenosti dronu zařadil senzory s automatickým odklonem od překážky. Pokud tyto senzory zaznamenají ve směru dráhy letu jakoukoliv překážku, automaticky odkloní dron do bezpečné průletové zóny. Poslední technickou vybaveností by byl výměnný fotoaparát dronu, kdy na dron lze usadit podle potřeby výkonnější fotoaparát nebo termovize.

## 6.5 Výhody a nevýhody leteckého mapování s využitím dronu oproti klasickému pozemnímu mapování

Vodní tok Stříbrného potoka byl mapován metodou leteckého mapování s využitím dronu, kde sběr fotografií byl prováděn ze vzduchu z ptačí perspektivy a metodou klasického pozemního mapování s běžným fotoaparátem, kdy se sběr fotografií prováděl podél břehů nebo z koryta vodního toku.

Dron měl výhodu v tom, že pilotovi poskytoval přehled z ptačí perspektivy. Pilot měl pak rozhled i do širokého okolí vodního toku. Dron měl také rychlé přesuny na větší vzdálenosti, a tak nebylo zapotřebí nikam popocházet nebo popojíždět s automobilem. Jeho sběr fotografií byl rychlejší, jelikož nemusel překonávat překážky typu spadlých stromů, neprůchozích terénů, obcházení soukromých pozemků a dalších typů překážek, které zpomalovaly a znepříjemňovaly klasické pozemní mapování zájmového vodního toku s využitím běžného fotoaparátu. Dron byl dále schopen zmapovat na jednu nabitou baterii s dobou letu 20 až 30 minut 1 až 4 km vodního toku (záleželo na krajinném pokryvu). Když bylo okolí vodního toku hustě prorostlé dřevinnou vegetací, doba letu i vzdálenost mapovaného vodního toku zkracovala. Letecké mapování vodního toku s využitím dronu bylo komfortní, efektivní a bezpečné (mapa procentuálního využití dronu viz kapitola 6.1 nebo v příloze č. 9).

Staničení	Délka úseku (km)	Zmapováno dronem (km)	Využitelnost (%)
1	1	1	100
2	1,3	1,3	100
3	1,8	1,4	78
4	1,6	1,3	81
5	1,6	1,1	69
6	1,1	0,9	82
7	1,3	0,5	38
8	1,4	0,5	36
9	0,3	0,2	67
10	0,9	0,1	11
<b>Celkový průměr v %</b>			<b>66</b>

Tabulka č. 4: Procentuální využitelnost leteckého mapování s využitím dronu

Dron není rezistentní vůči vodě, takže pokud byl náznak možného deště, s dronem nebylo možné vzletět. Další komplikací byl silný intenzivní vítr při sběru dat po korunami stromů v hustě prorostlém lese. Někdy rozměry dronu byly velké na průlet

v takto hustě prorostlém lese. V prameništi vodní toku bylo okolí zarostlé dřevinnou vegetací natolik, že se sběr dat nedal provádět pod ani nad korunami stromů, a nebylo tak možné identifikovat část vodního toku. Poslední zjištěnou nevýhodou při sběru dat pod korunami stromů byla ztráta video signálu přenášeného z dronu do iPadu 2 mini. V čase ztráty video signálu musel uživatel let s dronem přerušit nebo mít dron na dohled očí.

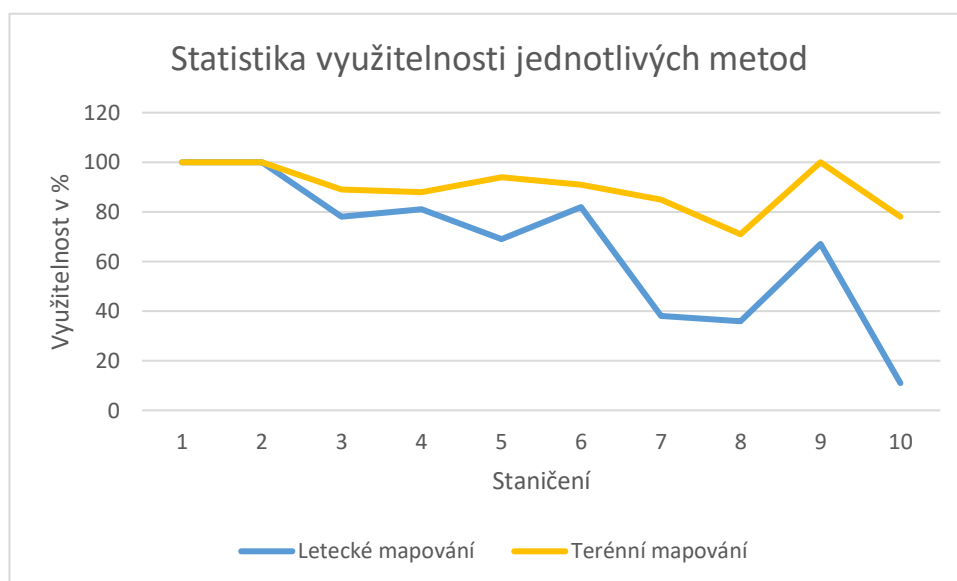
Sběr dat s klasickou pozemní metodou s využitím fotoaparátu přinášel efektivnější sběr dat v místech, kde to s dronem nebylo možné. Například v místech prameniště vodního toku s hustě prorostlou dřevinnou vegetací, kde byl vodní tok příliš malý na sběr dat z dronu. Dále byly touto metodou pořízeny v některých místech širší detaily koryta zájmového vodního toku. Sběr dat byl možný i za jakéhokoliv počasí, takže uživatel klasického pozemního mapování nebyl v tomto směru nijak omezen.

Staničení	Délka úseku (km)	Zmapováno terénní metodou (km)	Využitelnost (%)
1	1	1	100
2	1,3	1,3	100
3	1,8	1,6	89
4	1,6	1,4	88
5	1,6	1,5	94
6	1,1	1,0	91
7	1,3	1,1	85
8	1,4	1,0	71
9	0,3	0,3	100
10	0,9	0,7	78
<b>Celkový průměr v %</b>			<b>90</b>

Tabulka č. 5: Procentuální využitelnost terénního mapování

Nevýhody terénního mapování byly zjištěny v určitých místech při průchodu složitým terénem, kde břehy vodního toku byly nepřístupné natolik, že se musely složitě obcházet nebo se muselo procházet korytem vodního toku, což prohlubovalo fyzickou únavu. Veškeré tyto aspekty nejen že prohlubovaly fyzickou únavu, ale také prodlužovaly dobu sběru dat v daném úseku. V desátém úseku vodního toku Stříbrného potoka, který měří 900 metrů, probíhal díky těmto komplikacím sběr dat přibližně 3 hodiny.

Z celkové délky 12,3 km vodního toku Stříbrného potoka se podařilo zmapovat 8,1 km (66%) leteckou metodou za využití dronu, na 2,9 km (24%) vodního toku byla použita metoda terénního mapování a 1,3 km (10%) toku se nepodařilo zmapovat.



Obrázek č. 47: Procentuální vyjádření využitelnosti jednotlivých metod v úsecích 1 až 10

## 7 Diskuse

Předmětem této práce je komplexní mapování a vyhodnocení hydromorfologického stavu jednotlivých dílčích úseků Stříbrného potoka za použití leteckého mapování s využitím dronu podle Metodiky MŽP 2008 (viz odstavec 5.3 Metody hodnocení vodních toků). Sběr dat metodou leteckého mapování s využitím dronu byl velice rychlý s velmi pozitivními výsledky a probíhal od prvního do šestého úseku vodního toku bez problémů a s velkou efektivností (viz odstavec 6.1 Úvod). Od sedmého úseku vodního toku bylo mapování prováděno převážně pod korunami stromů, kde byl místy omezený prostor pro průlet dronu. Z výsledků leteckého mapování vyplývá, že neefektivnějším a nejrychlejším způsobem bylo mapování vodního toku nad korunami stromů, kde byl krajinný pokryv tvořen menší hustotou dřevinné vegetace. Se stoupající hustotou dřevinné vegetace se zpomaloval sběr i kvalita dat při leteckém mapování vodního toku pod i nad korunami stromů. V tomto případě byla nevýhodou rozměrnost dronu a dron menších rozměru by jistě tuto nevýhodu odstranil, ale na druhou stranu by se o to hůře vyrovnával s intenzivním silným větrem, který zde panoval. Dalším problémem, který se vyskytl při mapování koryta vodního toku bylo, že dron v hustě prorostlé vegetaci ztrácel signál z vysílače. Když se vyskytne tento problém, tak nejen že pilot ztratí kontrolu nad samotným dronem, ale také je během ztráty signálu bez přenosu reálného pohledu z kamery dronu, protože dojde i k přerušení video signálu, který je přenášen vysílačem do tabletu či jiného zařízení, které pak zobrazuje pohled z kamery dronu, a pokud pilot nemá dron na dosah očí, tak může dojít ke střetu s překážkou a k pádu dronu. Druhým závažným problémem při této ztrátě signálu je, že když dron ztratí signál s vysílačem, tak se automaticky vrací na poslední místo signálu nejkratší cestou a když dron není vybavený čidly monitorující překážky v dráze letu, tak může narazit a způsobit tak svůj pád. Třetí případ nastává v momentě slabé baterie pod 30%, kdy se dron přepne do módu Go Home a vrací se přímo k místu vzletu. V tuhle chvíli může taktéž dojít ke střetu s překážkou a pádu dronu. Čtvrtým objeveným problémem byla nestabilita dronu nad vodou v úsecích 1 a 2, kdy dron měl tendenci ztrácet výšku a propadat se k hladině vodního toku. Tento problém byl ale ojedinělý. Pátým problémem byl nálet poletujících ptáků na dron. V momentě, kdy se dron objevil v blízkosti ptačího hnízda, tak poletující ptáci začali vnímat dron za svého potenciálního nepřítele a bránili svoje teritorium a atakovali dron. V tomto případě může dojít k poranění ptáka a k pádu dronu. Tento případ byl spíše výjimečný. Šestým problémem byly stožáry vedení vysokého elektrického napětí. Když se pilot ocitl v blízkosti nebo pod těmito stožáry

elektrického vedení, tak signál z vysílače byl oslaben či rušen a dron tak opakovaně ztrácel signál. Sběr dat byl pak méně komfortnější. Posledním objeveným problémem byla zima. Pokud venku bylo chladno a baterie dronu se podchlady, musely se před vzletem zahřát na provozní teplotu 20 stupňů celsia. Dron s podchlazenými bateriemi by sice vzletěl, ale mohlo by se stát, že by baterie při zatížení dronu nemohly dodat potřebnou energii a došlo by k pádu dronu. Novější drony mají na tento problém softvérovou pojistku, kdy pilotní aplikace informuje o podchlazení baterií a pilotovy zamezí ve vzletu dronu.

Dron menších rozměrů má své výhody a nevýhody. Jednou z těchto nevýhod (v intenzivním silném větru) je jeho hmotnost, což způsobuje, že dron je velmi snadno unášen větrem mimo letovou dráhu. V tomto případě by mohlo dojít k většímu vychýlení mimo dráhu letu v krátkém časovém intervalu a dron by mohl narazit do nějaké překážky. Tento problém by mohl být odstraněn lepší technologickou vybaveností dronu, jakou jsou třeba čidla s detekcí překážek v dráze letu, čidla zabraňující pádu dronu a jiné technologické doplňky. Přesnost dráhy letu by mohly zlepšit FPV (first person view) brýle, které přenáší obraz v reálném čase do očí pilota z kamery dronu. Pilot pak není omezován technickými parametry displeje tabletu. Pro kvalitnější sběr dat nad korunami stromů bych vybavil dron výkonnějším fotoaparát, který by lépe vykresloval tmavší místa vodního toku protékajícího hustě prorostlým lesem.

Metoda leteckého mapování Stříbrného potoka s využitím dronu ukázala, že tok se nachází ve vyhovujícím hydromorfologickém stavu (viz odstavce 4.1 Vymezení oblasti a popis toku). Jestliže se ale podíváme na jednotlivé úseky podrobněji, tak je zřejmé, že úseky jedna až tři dosahují podle hodnocení MŽP poškozeného až méně dobrého hydromorfologického stavu. V prvním úseku, jenž se nachází v urbanizované části města Kraslice bylo dokonce při terénním mapování zjištěno, že u několika domů je svod fekálií z toalet sveden do vodního toku. Dále je koryto tohoto úseku prohloubené a postavené tak, aby odvádělo velké množství vody co nejrychleji z města ven. Stěny koryta jsou tvořena převážně z betonu a kamene. V druhém úseku se nachází vodní elektrárna, která odebírá v jednom místě velké množství vody a mezi místem odběru a výpustě této vodní elektrárny dochází ke snížení hladiny vodního toku. To zapříčiňuje špatnou migraci ryb a brání vývoji vodních organismů v této části úseku. Ve třetím úseku je opět odebíráno velké množství vody společností KMS s.r.o. (Kraslickou městskou společností), která zajišťuje pitnou vodu pro město Kraslice a některé přilehlé obce. V této části je také snížena hladina vodního toku, která zhoršuje migraci ryb a brání vývoji vodních

organizmů. Ve čtvrtém úseku byla zjištěna revitalizační opatření historického typu. Dále v šestém a sedmém úseku se velká část vodního toku nachází v extravilánu a v některých částech jsou břehy koryta zbytečně upravované.



## 8 Závěr

Stříbrný potok, který se nachází v přírodním parku Přebuz v Karlovarském kraji, je z hydromorfologického hlediska ve vyhovujícím stavu. Po shrnutí všech výsledků průzkumů provedených v jednotlivých úsecích Stříbrného potoka a na základě Metodiky MŽP je zřejmé, že nejhůře hodnocené úseky byly v intravilánu obce Stříbrná a města Kraslice (viz odstavec 4.1 Vymezení oblasti a popis toku). Nejhůře hodnocený úsek, jehož hydromorfologický stav toku nedosáhl 50% a hydromorfologický stav nivy nedosáhl 20%, byl úsek číslo jedna, nacházející se v intravilánu města Kraslice. Zde se nachází koryto vodního toku po protipovodňové úpravě. V tomto případě je zapotřebí komplexní revitalizace vodního toku. Ve zbývajících úsecích číslo 2 a 3, jejichž hydromorfologický stav nedosáhl 60% dobrého stavu vodního toku, je zapotřebí revitalizace v místech v urbanizované části města Kraslice a obce Stříbrné. Ve čtvrtém úseku je v některých částech vodního toku zapotřebí revitalizačních opatřeních.

Metoda leteckého mapování vodního toku s využitím dronu měla pozitivní výsledky, kdy se s dronem podařilo zmapovat 66% vodního toku Stříbrného potoka, což činí z 12,3 km celkové délky toku přibližně 8,1 km, a terénním mapováním se podařilo zmapovat 90% vodního toku, což je z celkové délky 12,3 km vodního toku přibližně 11.1 km (viz tabulka č. 4 a 5). Jestliže srovnáme tyto dvě metody, tak zjistíme, že mezi metodou leteckého mapování s využitím dronu a metodou terénního mapování je procentuální rozdíl 24% (viz obrázek č. 47: Procentuální vyjádření využitelnosti jednotlivých metod v úsecích 1 až 10), což je 2,9 km z celkové délky 12.3 km vodního toku.

I přes detekované problémy při leteckém mapování s využitím dronu jako byla nestabilita dronu nad vodní hladinou, ztráta signálu v husté dřevinné vegetaci, pokles elektrické energie v podchlazených bateriích při zatížení dronu v chladném prostředí, ztráta či rušení signálu v blízkosti sloupů vedení vysokého elektrického napětí a atakování dronu ptáky v blízkosti ptačích hnízd, které se buď vyskytují ojediněle nebo za určitých okolností, je letecké mapování s využitím dronu výhodné a také to prokazuje i tato studie, kdy se metodou leteckého mapování s využitím dronu podařilo zmapovat 8,1 km (66%) toku Stříbrného potoka z celkové jeho délky 12,3 km.

## 9 Seznam použité literatury

### 9.1 Literatura

**Ministerstvo zemědělství, 2018:** Zpráva o stavu lesa a lesní hospodářství České republiky v roce 2018, Ministerstvo zemědělství, Praha: 114 s.

**Ministerstvo životního prostředí, 2008:** Metodika oboru ochrany vod, která stanovuje zjednodušený postup hodnocení vlivu úprav vodních toků a niv na hydromorfologický stav vod. Ministerstvo životního prostředí, Praha 39., 26 s.

**Šindlar, 2018:** Softwarový nástroj pro hodnocení hydromorfologie vodních ekosystémů a navrhovaných opatření ve vazbě na biologické složky. SINDLAR Group, 75 s.

**Dostál T., Gergel J., Kender J., Vrána K., Zuna J., 2004:** Revitalizace malých vodních toků. Consult Praha 2004, Praha 60 s.

**Linhart J., 2003:** Slovník cizích slov pro nové století. Dialog Seifertova 1480 Litvínov 412 s.

**Hrnčiarová T., Mackovčín P., Zvara I., 2009:** Atlas krajiny České republiky. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i., Průhonice.

**Ministerstvo životního prostředí, 2015:** Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR. Ministerstvo životního prostředí, Praha 130 s.

**Šindlar M., 2012:** Geomorfologické procesy vývoje vodních toků, část I. – Typologie korytotvorných procesů. SINDLAR Group s.r.o., Hradec Králové 148 s.

**Ludmila Bínová 2007:** Obnova ekologických funkcí břehových a doprovodných porostů – revitalizace ekosystémů niv. Ministerstvo životního prostředí, Praha.

**Just T., Matoušek V., Dušek M., Fischer D., Karlík P., 2005:** Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. 3. ZO ČSOP Hořovicko ve spolupráci se společností Ekologické služby s.r.o., Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha 359 s.

**Langhammer J., Vacková T., 2018:** Detection and Mapping of the Geomorphic Effects of Flooding Using UAV Photogrammetry, Springer International Publishing AG, part of Springer Nature, Pure and applied Geophysics. 24 s.

**Amy S. Woodget, Robbie Austrums, Ian P. Maddock, Evelyn Habit 2017:** Drones and digital photogrammetry: from classifications to continuums for monitoring river habitat and hydromorphology, Research Gate 20 s.

**Jakub Langhanner-editor 2008:** Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Praha 2008 275 s.

**Just T., Šámal V., Dušek M., Fischer D., Karlík P., Pykal J., 2003:** Revitalizace vodního prostředí, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha 144 s.

**Jakub Langhammer 2014:** Metodika monitoringu hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků, Ministerstvo životního prostředí České republiky, Praha 72 s.

**Alfredsen K., Haas Ch., Tuhtan A. J., Zinke P., 2018:** Mapping river ice using drones and structure from motion, The Cryosphere 7 s.

**Casado R. M., González B. R., Ortega F. J., Leinster P., Wright R., 2017:** Towards a Transferable UAV-Based Framework for River Hydromorphological Characterization, *Molecular Diversity Preservation International* 22 s.

**Jakub Karas, Tomáš Tichý 2016:** Drony, Computer press, Brno 259 s

**Jaromír Kolečka 2013:** Nauka o krajině: Geografický pohled a východiska, Akademie věd České republiky, Praha 424 s.

**Jakub Langhammer 2019:** UAV Monitoring of Stream Restorations, *Molecular Diversity Preservation International* 22 s.

**Jana Müllerová, Tomáš Bartaloš, Josef Brůna, Petr Dvořák & Michaela Vítková 2017:** Unmanned aircraft in nature conservation: an example from plant invasions, *International Journal of Remote Sensing* 23 s.

**Lukas Roth, Bernhard Streit 2017:** Predicting cover crop biomass by lightweight UAS-based RGB and NIR photography: an applied photogrammetric approach, Springer Science+Business Media New York 23 s.

**Potoky pro život 2017:** Streams for Life, Projects completed from 2005 to 2015, 10 years of revitalization projects in Prague 62 s.

**Rusnák M., Sládek J., Kidová A., Lehotský M., 2018:** Template for high-resolution river landscape mapping using UAV technology, *Measurement* 151 s.

**Patrice Carbonneau, Jeroen Tummers, Shobhit Pipil 2017:** Using drones for quantitative habitat surveys: The case of Selside weir, *Adaptive Management of Barriers in European Rivers*.

**J.A.Gonçalves, R.Henriquescd 2015:** UAV photogrammetry for topographic monitoring of coastal areas, *Science Direct*.

**Masiri Kaamin, Mohd Effendi Daud, Mohd Erwan Sanik, Nor Farah Atiqah Ahmad, Mardiha Mokhtar, Norhayati Ngadiman, Faez Rizwan Yahya 2016:** Mapping Shoreline Position Using Unmanned Aerial Vehicle, Proceedings of the 3rd International Conference on Applied Science and Technology 6 s.

**Kim, S.; Park, S.; Han, J.; Son, S.; Lee, S.; Han, K.; Kim, J., and Kim, J., 2019:** Feasibility of UAV photogrammetry for coastal monitoring: A case study in Imlang Beach, South Korea, Journal of Coastal Research, Special Issue 386-392 s.

**Nathalie Long, Bastien Millescamps, Benoît Guillot, Frédéric Pouget, Xavier Bertin, 2016:** Monitoring the Topography of a Dynamic Tidal Inlet Using UAV Imagery, Molecular Diversity Preservation International 8-387 s.

**Autodesk 2020:** How Reality Capture is Changing the Design and Construction Industry, Autodesk 20 s.

## 9.2 Internetové zdroje

**WIKIPEDIE, 2018:** Stříbrný potok, přítok Svatavy (online) [cit.2020.03.10], dostupné z  
<[https://cs.wikipedia.org/wiki/Stříbrný\\_potok\\_\(přítok\\_Svatavy\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Stříbrný_potok_(přítok_Svatavy))>.

**GEOPORTAL ŘSD, 2020:** Mapa silnic III. Řady (online) [cit.2020.03.11], dostupné z  
<<https://geoportal.rsd.cz/webappbuilder/apps/7/>>.

**Seznam.cz, a.s., 2020:** Turistická mapa 1:3000 (online) [cit.2020.03.11], dostupné z  
<<https://mapy.cz/zakladni?x=12.5329542&y=50.3633967&z=13>>.

**MŽP – Ministerstvo životního prostředí 2020:** Atlas krajiny ČR (online) [cit.2020.03.11], dostupné z

<[https://www.mzp.cz/cz/atlas\\_krajiny\\_cr](https://www.mzp.cz/cz/atlas_krajiny_cr)>.

**Databáze významných geologických lokalit:** 2528 (online). Praha: Česká geologická služba, 1998 [cit.2020-03-13], dostupné z:

<<http://lokality.geology.cz/2528>>.

**Český hydrometeorologický ústav 2020:** Úhrn srážek v roce 2019 (online) [cit.2020.03.13], dostupné z

<[http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/images/SRA\\_2019.gif](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/images/SRA_2019.gif)>.

**ČÚZK – Český úřad zeměměřický a katastrální, 2020:** Ústřední archiv zeměměřictví a katastru (online) [cit.2020.03.13], dostupné z

<<https://archivnimapy.cuzk.cz/uazk/pohledy/archiv.html>>.

**AUTODESK 2020:** Autodek ReCap PRO (online) [cit.2020.03.13], dostupné z

<<https://www.autodesk.com/products/recap/overview>>.

**DJI 2020:** Phantom 3 Profesional (online) [cit.2020.03.13], dostupné z

<[https://www.dji.com/cz/phantom-3-pro?site=brandsite&from=insite\\_search](https://www.dji.com/cz/phantom-3-pro?site=brandsite&from=insite_search)>.

**Bright Hup Engineering 2020:** Modelace Solid (online) [cit.2020.03.19], dostupné z

<<https://www.brighthubengineering.com/cad-autocad-reviews-tips/19623-applications-of-cad-software-what-is-solid-modeling/>>.

**Water research commission 2020:** Water and technology, The Water Wheel Juli/August 2018 (online) [cit.2020.03.23], dostupné z

<[http://www.wrc.org.za/wp-content/uploads/mdocs/WW%20July\\_Aug%202018%20WATER%20AND%20TECHNOLOGY.pdf](http://www.wrc.org.za/wp-content/uploads/mdocs/WW%20July_Aug%202018%20WATER%20AND%20TECHNOLOGY.pdf)>.

**Pražská příroda 2020:** Revitalizace nad Hořejším rybníkem (online) [cit.2020.03.26], dostupné z

<<http://www.praha-priroda.cz/vodni-plochy-a-potoky/vodni-toky/rokytka/revitalizace-a-opravy-na-rokytce/revitalizace-nad-horejsim-rybnikem/>>.

**AMBER (Adaptive Management of Barriers in European Rivers) 2020:** Using drones for quantitative habitat surveys: The case of Selside weir (online) [cit.2020.03.26], dostupné z

<<https://amber.international/using-drones-for-quantitative-habitat-surveys-the-case-of-selside-weir/>>.

**Cadstudio 2020:** Autodesk ReCap Pro, ReCap Photo (online) [cit.2020.03.27], dostupné z

<<https://www.cadstudio.cz/prod/recap.asp>>.

**Technopedia 2020:** Techopedia explains Wireframe Modeling (online) [cit.2020.03.27], dostupné z

<<https://www.techopedia.com/definition/10061/wireframe-modeling>>.

### 9.3 Legislativní materiály

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění

## **10 Seznam příloh**

- Příloha č. 1 Rozdělení toku v zájmové lokalitě
- Příloha č. 2 Mapována část toku v 9. úseku
- Příloha č. 3 Ukázka – detail, 2 z 10 pokusů po 100 fotografií
- Příloha č. 4 Ukázka – 1. pokus po 1000 fotografií
- Příloha č. 5 Ukázka – vizualizace X-ray a Solid
- Příloha č. 6 Povodí Stříbrného potoka, hydromorfologický stav
- Příloha č. 7 Mapa povodí Stříbrného potoka – část 1.
- Příloha č. 8 Mapa povodí Stříbrného potoka – část 2.
- Příloha č. 9 Využitelnost dronu při leteckém mapování v %,