

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA APLIKOVANÉ GEOINFORMATIKY A  
ÚZEMNÍHO PLÁNOVÁNÍ



**Monitoring šíření lýkožrouta smrkového  
v oblasti NPR Rejvíz a přilehlém okolí**

Bakalářská práce

**VEDOUCÍ PRÁCE:** Ing. Tomáš Klouček, Ph.D.

**BAKALANT:** Lenka Vrzáková

2020

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta Životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lenka Vrzáková

Krajinářství

Územní technická a správní služba

Název práce

**Monitoring šíření lýkožrouta smrkového v oblasti NPR Rejvíz a přilehlém okolí**

Název anglicky

**Monitoring of bark beetle spreading in the NPR Rejvíz area and its surroundings**

---

### Cíle práce

Cílem bakalářské práce je na základě dat pořízených bezpilotními leteckými prostředky (UAV) zachytit průběh šíření lýkožrouta (smrkového), a to na příkladu vybraných lokalit nacházejících se jak v samotné chráněné oblasti NPR Rejvíz, tak přilehlých hospodářských lesích. Dílčí cíle bakalářské práce souvisí s těmito výzkumnými otázkami:

- (a) Jsou data pořízená RGB senzory, umístěnými na bezpilotních leteckých prostředcích, vhodným datovým zdrojem pro monitoring šíření lýkožrouta v detailním měřítku?
- (b) Je možné pomocí RGB snímků s velmi vysokým prostorovým rozlišením pozorovat spektrální změny jednotlivých stromů související s jejich zdravotním stavem a působením lýkožrouta?
- (c) Vykazují lesní porosty v NPR Rejvíz jiné spektrální vlastnosti než porosty v okolních hospodářských lesích?
- (d) Má automatická GIS detekce a klasifikace stromů založená na "Individual Tree Detection" algoritmu potenciál pro praktické využití v lesním hospodářství?

Na základě cílů bakalářské práce bude na závěr na příkladu NPR Rejvíz a jejího okolí vyhodnocen potenciál detekce stromů napadených lýkožroutem založené na nástrojích dálkového průzkumu Země, geografických informačních systémů a bezpilotních leteckých prostředků v rámci precizního lesního hospodářství.

### Metodika

Metodiku bakalářské práce lze rámcově rozdělit na:

- (a) Výběr vhodného zájmového území ve vybrané lokalitě národní přírodní rezervace Rejvíz a ve vybrané lokalitě z přilehlého hospodářského lesa;

- (b) Pre-processing RGB snímků pořízených bezpilotními leteckými prostředky;
- (c) Tvorba normovaného digitálního modelu povrchu (nDSM): odečtení DTM a DSM;
- (d) Individual Tree Detection (ITD): hledání lokálních maxim nad nDSM;
- (e) Výpočet vegetačních indexů: Greenness Index a dalších;
- (f) Odečtení hodnot vegetačních indexů a jednotlivých spektrálních pásem (Zonální statistika), klasifikace časové řady UAV snímků;
- (g) Presentace výstupů: grafy, tabulky, mapové výstupy;
- (h) Zodpovězení výše uvedených výzkumných otázek.

Metodická část práce bude převážně probíhat v geografickém informačním systému ArcGIS od společnosti ESRI.

## Doporučený rozsah práce

cca 30 normovaných stran

## Klíčová slova

analýza, ArcGIS, UAV, zpracování dat

---

## Doporučené zdroje informací

- Abdullah, H.; Darvishzadeh, R.; Skidmore, A.K.; Groen, T.A.; Heurich, M. European spruce bark beetle (*Ips typographus*, L.) green attack affects foliar reflectance and biochemical properties. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 2018, 64, 199–209.
- Brovkina, O.; Cienciala, E.; Surový, P.; Janata, P. Unmanned aerial vehicles (UAV) for assessment of qualitative classification of Norway spruce in temperate forest stands. *Unmanned aerial vehicles (UAV) for assessment of qualitative classification of Norway spruce in temperate forest stands. Geo-spatial Inf. Sci.* 2018, 1–9.
- Klouček, T.; Komárek, J.; Lagner, O.; Fogl, M.; Kateřina Gdulová. Detekce napadení lesních porostů pomocí bezpilotních leteckých prostředků certifikovaná metodika; CULS Prague: Prague, 2019; ISBN 9788021329324.
- Komárek, J.; Klouček, T.; Prošek, J. The potential of Unmanned Aerial Systems: A tool towards precision classification of hard-to-distinguish vegetation types? *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 2018, 71, 9–19.
- Minařík, R.; Langhammer, J. Use of a multispectral UAV photogrammetry for detection and tracking of forest disturbance dynamics. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. – ISPRS Arch.* 2016, 41, 711–718.
- Näsi, R.; Honkavaara, E.; Blomqvist, M.; Lyytikäinen-Saarenmaa, P.; Hakala, T.; Viljanen, N.; Kantola, T.; Holopainen, M. Remote sensing of bark beetle damage in urban forests at individual tree level using a novel hyperspectral camera from UAV and aircraft. *Urban For. Urban Green.* 2018, 30, 72–83.
- Näsi, R.; Honkavaara, E.; Lyytikäinen-Saarenmaa, P.; Blomqvist, M.; Litkey, P.; Hakala, T.; Viljanen, N.; Kantola, T.; Tanhuanpää, T.; Holopainen, M. Using UAV-based photogrammetry and hyperspectral imaging for mapping bark beetle damage at tree-level. *Remote Sens.* 2015, 7, 15467–15493.
- Stoyanova, M.; Kandilarov, A.; Koutev, V.; Nitcheva, O.; Dobрева, P. Potential of multispectral imaging technology for assessment coniferous forests bitten by a bark beetle in Central Bulgaria. *MATEC Web Conf.* 2018, 145.

---

## Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

## Vedoucí práce

Ing. Tomáš Klouček, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování

Elektronicky schváleno dne 10. 3. 2020

**doc. Ing. Petra Šímová, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 11. 3. 2020

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 24. 03. 2020

## **Prohlášení autora bakalářské práce**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Monitoring šíření lýkožrouta smrkového v oblasti NPR Rejvíz a přilehlém okolí* vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské/závěrečné 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 .....

.....

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala zvláště vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Tomáši Kloučkovi Ph.D. za jeho laskavé a trpělivé vedení, pomoc a cenné rady nejen v rámci osobních konzultací. Stejnou měrou jsem zavázána své rodině a především pak manželovi, za jeho podporu a zázemí vytvořené pro mé studium.

V Praze dne .....

.....

## **Abstrakt**

Tématem bakalářské práce je monitoring šíření lýkožrouta smrkového v oblasti NPR Rejvíz a přilehlém okolí. Národní přírodní rezervace Rejvíz je IV. kategorií oblasti výskytu druhu dle Mezinárodního svazu ochrany přírody (IUCN) a nachází se na severovýchodě České republiky v Jesenickém okrese. Teoretická část se zabývá parciálně samotnou lokalitou, specifíkem napadení právě výše zmiňovaným škůdcem a především pak dálkovým průzkumem zemského povrchu a jeho technologiemi. Zvláštní důraz je pak v praktické části kladen na samotnou analýzu viability jednotlivých stromů z hlediska rozšíření lýkožrouta smrkového, a to na základě dat získaných bezpilotními leteckými prostředky a na jejich základě vypočtených hodnot indexu zeleně (*Greenness Index*). Výsledky bakalářské práce tak přispívají k vytvoření ucelené metodiky nebo postupu, který může být všeobecně použitelným nástrojem pro péči o chráněné i hospodářské lesy, například určením zlomové hranice GI odlišující zdravé stromy od napadených na 0,35.

**Klíčová slova:** ArcGIS, Individual tree top detection, UAV, zpracování dat

## **Abstract**

The topic of this bachelor thesis is the spreading of bark beetle in the NPR Rejvíz region and its surroundings. National Nature Reserve Rejvíz is in the 4th category of The International Union for Conservation of Nature (IUCN) and it can be found in the north-west of the Czech Republic in Jeseníky district. The theoretical part of this thesis is partially focused on the locality, the specifics of beforementioned bark beetle infestation and foremost unmanned aerial technology remote sensing and Earth observation techniques. A special focus of the practical part of the thesis is put on analysing the individual tree viability given by the bark beetle's spreading, based on data from unmanned aerial technology remote sensing and Earth observation techniques and on this data based Greenness Index values. The sought-after result of this thesis is stating a methodology or process usable as one of the possible tools used in care for reserved and production forests, for example in stating a GI value differentiating healthy and damaged trees of 0,35.

**Key words:** ArcGIS, data processing, Individual tree top detection, UAV

## Obsah

1. Úvod.....	- 9 -
2. Cíle práce.....	- 10 -
3. Ochrana lesa .....	- 11 -
4. Lesní škůdci.....	- 12 -
4.1 Živočišní lesní škůdci .....	- 13 -
4.1.1 Lýkožrout smrkový.....	- 13 -
5. Způsoby mapování .....	- 15 -
5.1 Dálkový průzkum Země .....	- 16 -
5.2 Bezpilotní letecké prostředky (UAV).....	- 17 -
5.3 Fotogrammetrie a fotointerpretace .....	- 19 -
6. Zpracování dat a jejich neurčitost .....	- 19 -
6.1 Geografické informační systémy.....	- 21 -
6.1.1 ArcGIS .....	- 21 -
7. Charakteristika studijního území: Národní přírodní rezervace Rejvíz.....	- 22 -
8. Metodika a postup praktické části bakalářské práce .....	- 24 -
9. Výsledky.....	- 30 -
10. Diskuze .....	- 34 -
11. Závěr a přínos práce .....	- 37 -
Literatura .....	- 39 -
Obrazové přílohy.....	- 41 -



## 1. Úvod

Naše lesní ekosystémy se každoročně potýkají s nárůstem poškození domácími i invazivními druhy škodlivého hmyzu nejen v boreálních oblastech. Dle všeobecných předpovědí dopadů klimatických změn pak bude rozšíření lesních škůdců, stejně jako poškození jimi způsobené, dále postupovat směrem do původně chladnějších severských oblastí. Tento postupujícím globálním oteplováním způsobený fenomén se již objektivně projevila například u *hřebenule ryšavé* (*Neodiprion sertifer*), která byla jedním z nejrozšířenějších defoliátorů borovic u nás (Lesní ochranná služba, 2002), stejně jako u v České republice zřejmě neznámějšího kůrovce, *lýkožrouta smrkového* (*Ips typographus*). Stále vzrůstající úroveň narušování lesních porostů tak zvyšuje ohrožení zdraví těchto ekosystémů, jakož i hrozbu a pravděpodobnost ekonomických ztrát. Přesná a finančně relativně nenáročná metoda určování stavu lesů a jednotlivých stromů je tedy více než potřebná nejen pro ochranu národních parků a jejich přírodního bohatství, ale také pro soukromé majitele hospodářských lesů (Lehmann, Nieberding, Prinz, & Knoth, 2015).

Zvyšující se intenzita a frekvence škodlivým hmyzem způsobovaného narušování lesů vytvořila nový zájem a potřebu pro efektivní metody použitelné při jejich mapování a monitorování. Příliv zájmu i financí tak otevřel prostor vývoji nových technologií. Relativně nízkonákladová, miniaturizovaná technologie pro pořizování spektrálních snímků se stává stále dostupnější pro akademickou obec, odborné pracovníky v oboru lesnictví i širší laickou veřejnost, a to především díky bezpilotním leteckým prostředkům. Tato technologie dokáže být zvláště užitečná v menších zájmových oblastech při provádění detailního snímkování charakteristických odlišností odrazivosti stromů právě například pro monitoring zdravotního stavu lesního porostu ve vztahu k detekci výše zmiňovaného kůrovce a specifické tendence jeho šíření.

Je to právě rozšíření technologie bezpilotních prostředků, které umožňuje za pomoci rozličných spektrálních senzorů, RGB snímačů, LiDARu či hyperspektrálních snímků získávat data na individuální úrovni jednotlivých stromů. Ačkoliv se již v tuto chvíli může současné využívání těchto technologií jevit jako malý zázrak, skutečně plné možnosti využití pro management a správu přírodního bohatství jsou prozatím ve fázi pouhého objevování celkového potenciálu.

## 2. Cíle práce

Tématem bakalářské práce je monitoring šíření lýkožrouta smrkového v oblasti NPR Rejvíc a přilehlém okolí. Zvláštní důraz pak bude v praktické části kladen na zachycení průběhu šíření lýkožrouta smrkového pomocí dat získaných bezpilotními leteckými prostředky a vybraných metod dálkového průzkumu Země (DPZ) a geografických informačních systémů (GIS). Cílem práce tedy je zachytit, jak probíhá šíření nákazy ve vybrané lokalitě a jak velkým přínosem pro její detekci může v rámci lesního hospodářství být dálkový průzkum Země a nástroje geografických informačních systémů.

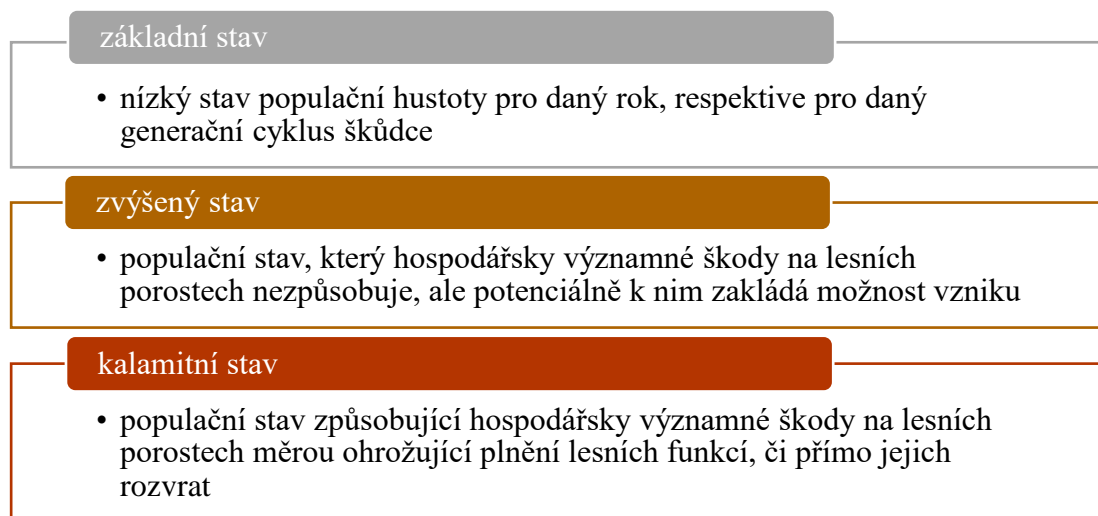
Teoretická část práce se bude soustředit na popsání problematiky šíření lýkožrouta smrkového v obecných i specifických podmínkách, zatímco praktická část práce se naopak na základě datových materiálů získaných dálkovým průzkumem Země zaměří na vytvoření databáze stromů zachycující průběh šíření lýkožrouta ve vybrané lokalitě národní přírodní rezervace Rejvíc a ve vybrané lokalitě z přilehlého hospodářského lesa.

K dílčím cílům práce pak dále náleží zodpovězení otázek, jakými jsou například vhodnost využití bezpilotními letouny s RGB senzory pořízených dat pro monitoring šíření lýkožrouta smrkového v menším, detailním měřítku, zda tyto RGB snímky o vysokém rozlišení poskytují možnost sledování spektrálních změn jednotlivých stromů v návaznosti na jejich zdravotní stav ovlivňovaný lýkožroutem smrkovým, srovnání celkových spektrálních vlastností chráněných a hospodářských lesních celků a v neposlední řadě chce práce také ověřit potenciál využití automatické detekce a klasifikace stromů za použití GIS algoritmu „individual tree top detection“.

### 3. Ochrana lesa

Pod označení *ochrana lesa* spadá široká škála opatření a předpokladů vytvářejících podmínky vedoucí k omezení výskytu škodlivých elementů, ochranou před nimi a zmírnění následků jejich působení. Vlastník lesa je dle platného znění obecně označovaného „lesního zákona“ (Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů) povinen tuto ochranu provádět kromě jiného formou zjišťování a evidování stavu škodlivých činitelů, jejich následného ohlašování, i jejich prevencí a případnou eliminací. Ohlašovací povinnost orgánu státní správy lesů majiteli lesa přináleží již ve chvíli, kdy nastane zvýšený stav konkrétního lesního škůdce. Ohlašování kalamitního stavu se pak skládá z údajů o druhu a lokalizaci výskytu kalamitního škůdce, rozsahu způsobených škod a datech jejich zjištění a následného zajištění nápravy či ochrany proti dalšímu šíření a způsobování škod.

Vyhláška č. 101, vydaná o rok později, pak specifikuje rozlišení stavu populační hustoty škůdce dle infografiky č. 1, viz níže. (Vyhláška č. 101/1996 Sb., 2000)

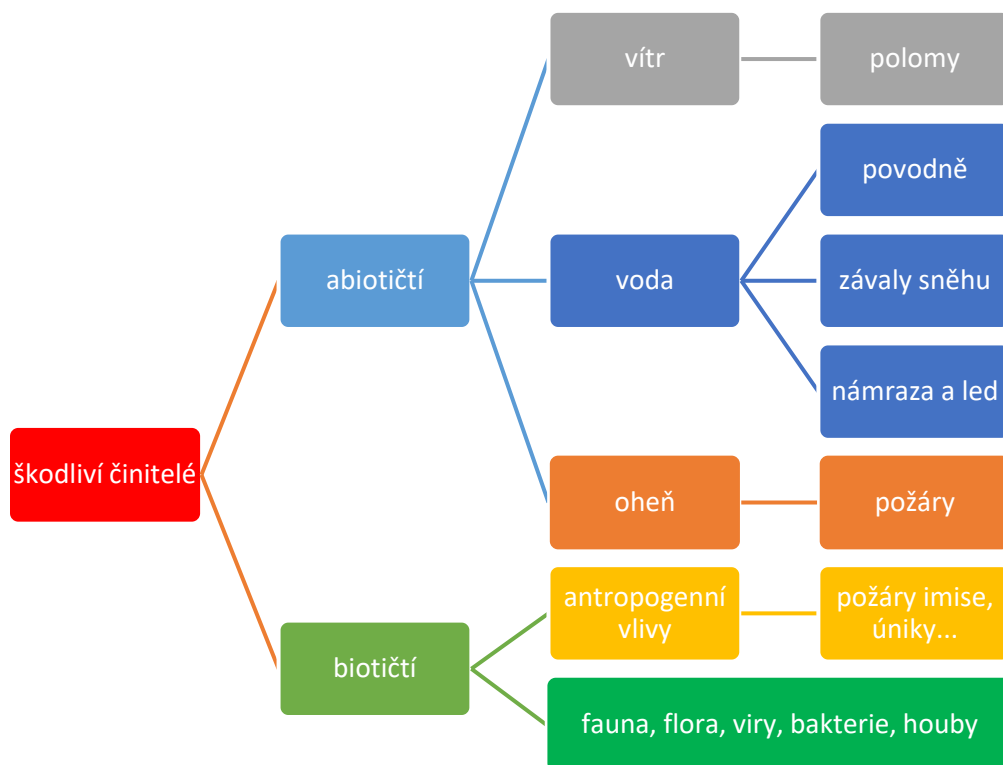


*Infografika 1 – jednotlivé stavy populační hustoty škůdců dle vyhlášky č. 101/1996 Sb.*

#### 4. Lesní škůdci

Pojmem „lesní škůdce“ se jinak také rozumí škodliví činitelé našich lesů, kteří se dělí v základním principu na abiotické, neboli neživé (abiotický faktor vlivu je ten, který nijak nesouvisí s živým organismem) a biotické (přímo či nepřímo spojené s či přímo způsobované živým organismem). Do první skupiny faktorů abiotických lze zahrnout například větrné polomy, vodou způsobované poškození jako povodně, přílišné sněhové srážky, námrazu a led; a požáry (pochopitelně nezpůsobené ať již úmyslným či neúmyslným založením), které přímo souvisí s dalším, v rámci této práce zřejmě nejpodstatnějším, abiotickým činitelem – totiž suchem (Jactel, Koricheva, & Castagneyrol, 2019).

Podstatně širší je kategorie faktorů biotických, do níž spadají nejen antropogenní vlivy způsobované přímo či nepřímo člověkem (požáry, imise, užívání velkého množství posypových solí, havarijní i drobné úniky chemických látek) a také škody způsobované živočichy a rostlinami, ale i bakteriemi, viry či houbami (van Lierop, Lindquist, Sathyapala, & Franceschini, 2015).



Infografika 2 – základní dělení škodlivých vlivů na lesní porost

## 4.1 Živočišná lesní škůdci

Lesnímu porostu nebezpečné živočichy lze nalézt napříč jednotlivými řády mezi hlodavci, zvěří, ptáky, bezobratlými a z nich pak především hmyzem. Zatímco hlodavci a zvěř ohrožují stromy především okusem (ať již okusem kořenového systému u prvních zmíněných, nebo ohryzem foliace a olupováním či otlukem kůry v případě druhé zmíněné kategorie), zvláště nebezpečnou kategorií škůdců je hmyz, a to především ten podkorní. Důvodem je jistá neviditelnost napadení podkorním škůdcem pro jednoduchý pohled laického oka až do chvíle, kdy je již strom značně či nenávratně poškozen (Příhoda & Zahradník, 2019).

Prostorově významné a i pro budoucí generace význačné rozšíření kůrovců napadajících stále častěji i zdravé, vzrostlé stromy je postupem času více prokazatelné jak v našich zeměpisných šířkách, tak i dále ve východní i severní Evropě. V posledních deseti letech média stále častěji informují o „lesech v ohrožení“, které je způsobeno nejen celoplanetárně se zvyšující teplotou a nedostatkem srážek, ale v našich boreálních lesích také přemnožením těchto škůdců, zvláště již výše zmiňovaného *lýkožrouta smrkového* v podobě mediálně exponované, takzvané „kůrovcové kalamity“ (Biedermann et al., 2019).

### 4.1.1 Lýkožrout smrkový

Tento velmi tmavě černohnědý, necelých 5 mm dlouhý hmyz z podčeledi kůrovcovitých se vyznačuje odstávajícími zlatými chloupky, zploštělými krovkami a typickým uspořádáním kusadel usnadňujícím zpracování podkorního lýka stromů. K jeho přemnožení dochází nejen z důvodu výše zmíněného nárůstu průměrných teplot, ale také díky narůstajícímu množství pozdně zpracovaných polomů a všeobecně nevhodným, nedostatečným či zcela chybějícím obranným opatřením lesních hospodářství.

Sám o sobě je lýkožrout smrkový významnou součástí hygieny lesa, kdy napomáhá rozkládat čerstvě odumřelé stromy z polomů i z těžby. Bez navýšení

způsobeného příznivými povětrnostními podmínkami je běžně hmyzem dvou pokolení s jarním a letním rojením.

O jarním rojení hovoříme od dubna do května, o letním pak o 8-10 týdnů později. Standardní průběh rojení začíná náletem sameček produkujících agregační feromony, které mají nalákat jak další samečky, tak následně především samičky.

Při náletu na zdravý, obranyschopný smrk dojde k jejich zaplavení mízou, následný hromadný nálet však již má formu ataky a obranyschopnost stromu je vážně narušena. Po vyhloubení snubních komůrek a matečních chodeb klade každá samička do prohlubní po stranách kolem 60 vajíček. V tuto chvíli je schopnost lýka transportovat živiny od kořenů ke koruně již vážně narušena a strom začíná projevovat viditelné známky napadení (Biedermann et al., 2019).

Mezi ně patří například výrony pryskyřice, závrtové dutinky či vydrobení zhnědlého lýka nachytaného v prasklinách kůry na patě stromu. Tyto drtinky připomínají kávovou sedlinu a mnohdy jsou tak také přezdívány jako takzvaný „lógr“. Při odkornění stromu pak lze nalézt požerok (vyhloubený systém „chodeb“) velmi typického hvězdicovitého tvaru 1-3 matečních a mnoha larvových chodeb. Stromu rezne a opadáva jehličí, což může být ještě uspíšeno nedostatkem srážkové závlahy, a v konečném vývojovém stádiu lýkožrouta dochází k odpadávání kůry v místě napadení, čemuž mnohdy napomáhá i ptactvo vyhledávající potravu. Ačkoliv jsou tyto znaky objektivně nejlépe rozpoznatelné, je v tomto stádiu již příliš pozdě na jakoukoliv formu konzervace či záchrany stromu a je třeba přistoupit k jeho asanaci formou včasného vytěžení a odvezení dřeva (Příhoda & Zahradník, 2019).



Obr. 1: typický tvar požerku lýkožrouta smrkového. Dostupné z: [http://atlasposkozeni.mendelu.cz/atlas/443-lykozrout\\_smrkovy.html](http://atlasposkozeni.mendelu.cz/atlas/443-lykozrout_smrkovy.html)

## 5. Způsoby mapování

Je to právě včasná identifikace symptomů, která umožňuje uplatnění záchranných opatření na základě jejich mapování a vyhodnocování. Historicky v případě monitorování kůrovců docházelo k časově i fyzicky velmi náročné práci v terénu, kdy probíhalo pozorování a sběr vzorků přímo v postižených lesích. Z logiky věci je však pro zkoumání takzvané zelené, žluté a rudé fáze koruny stromů přirozenější a také vhodnější sledování nikoliv ze země, ale ze vzduchu. Toto „vzdušné sledování“, neboli přesněji řečeno dálkový průzkum Země, probíhá například ve formě leteckého snímkování, multitemporálních satelitních snímků, radarů se syntetickou aperturou (SAR), či laserových skenerů (LiDAR) při současném použití GPS lokátoru pro přesné zaměření a přiřazení dat. Jejich vynesení do potřebné snímkovací výšky navíc stále častěji namísto již celkem běžně používaných letadel či dokonce družic zvládnou i bezpilotní letouny, zjednodušeně označovány jako drony.

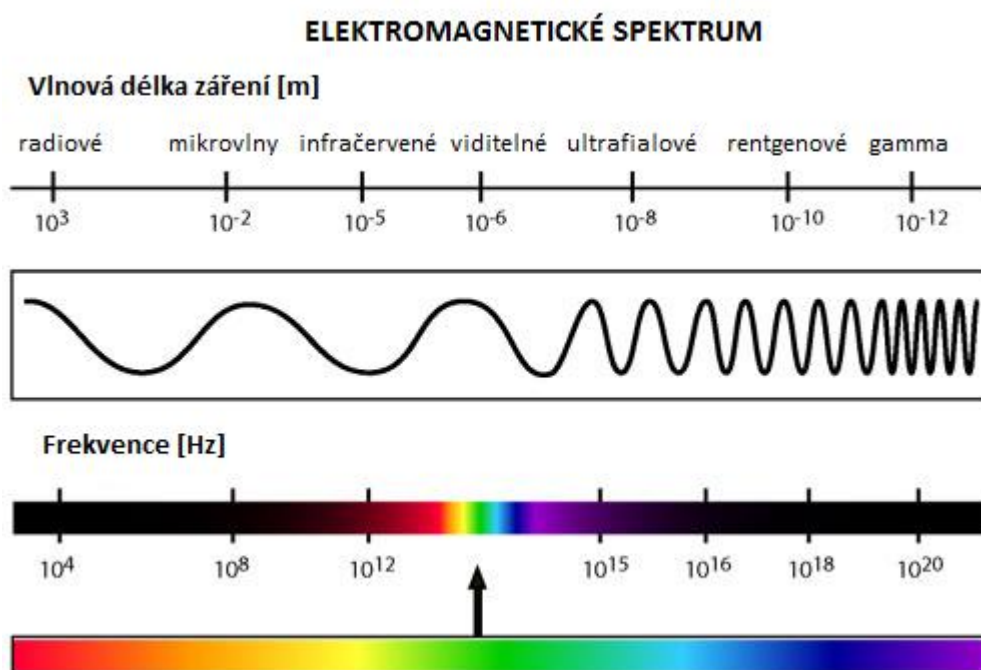
Proto je kromě GPS určení důležité i časové a prostorové rozlišení získaných dat, které udává měřítko velikosti jednoho pixelu obrazových dat na plochu zemského povrchu. Vyšší prostorové rozlišení pak logicky poskytuje přesnější informace a zvyšuje podrobnost snímku. Toto rozlišení se dělí na nízké, poskytující pixel o velikosti zhruba 1 km<sup>2</sup>, což je údaj velice hrubý, ovšem dá se získávat častěji díky zachycení velké plochy zemského povrchu (například i několikrát za den). Další kategorií jsou snímky středního prostorového rozlišení 100 - 250 m<sup>2</sup> využívaných v regionálním rozsahu. V případě 10 – 50 m<sup>2</sup> se jedná o pixely vysokého rozlišení a v případě pixelů menších než 5 m<sup>2</sup> se hovoří o velmi vysokém rozlišení. Toto obecné rozdělení je aplikovatelné zejména v případě družicových snímků, při použití dronů je možné se dostat na úroveň sub metrového rozlišení v řádu jednotek centimetrů (Gisat, 2020).

Nedílnou součástí parametrů je také spektrální rozlišení, neboli šířka a celkový počet pásem, v nichž je sensor schopen snímat a tím odlišovat například jednotlivé druhy vegetace či typy zemského povrchu. Tyto spektrální atributy pak udávají, zda jsou získaná data panchromatická, neboli „černobílá“ (slučující všechny kanály viditelného spektra), multispektrální, hyperspektrální, či radarová (Gisat, 2020).

## 5.1 Dálkový průzkum Země

Dálkový průzkum Země je multiaspektovou geoinformační technologií, která umožňuje získání mnoha potřebných dat o objektech zemského povrchu, aniž by muselo dojít k přímému kontaktu s nimi. Jedná se o komplexní obor zahrnující získání potřebných informací od pořizování, zpracovávání i analyzování získaných dat až k jejich výsledné interpretaci a prezentaci. Jeho základním principem je měření vyzařovaného či odraženého elektromagnetického záření zemského povrchu (Plánka, 2007).

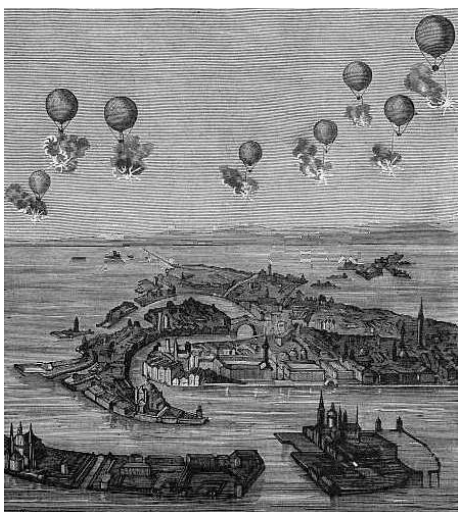
Toto záření může vydávat zemský povrch, ale stejně tak se může jednat o odražené záření slunce či úmyslně vysílaný signál umělého zdroje, jakým je například radar. Díky odlišným fyzikálním vlastnostem interagujících odrazů je pak možné identifikovat jednotlivé povrchy. Tyto spektrální křivky jsou získávány speciální technologií takzvaných radiometrů, jejichž hlavní výhodou spočívá v případě dálkového průzkumu Země kromě rychlosti a jednoduchosti, s jakou umožňuje nasnímkovat dané (i potenciálně špatně dostupné) zájmové území, i v rozsahu získávaných vlnových délek od 300 nm až do 1 m. Lidské oko je naopak schopno zaznamenat pouze poměrně úzké spektrum v šíři 380 – 720 nm (CENIA, 2016).



Obr. 2: Základní zobrazení elektromagnetického spektra. Dostupné z: <http://copernicus.gov.cz/zakladni-informace-a-princip-dpz>



## 5.2 Bezpilotní letecké prostředky (UAV)



Obr. 3: První „drony“ vypouštěné z válečných lodí Rakousko-Uherska. Dostupné z: <https://www.historytoday.com/archive/bombs-over-venice>

Unmanned aerial vehicles, zkráceně UAV a do češtiny přeloženo jako bezpilotní letouny, jsou považovány za moderní technologii. O jejich prvotním použití lze však hovořit již v roce 1849, kdy Rakousko-Uhersko v rámci boje s tehdejší republikou San Marco vypustilo na Benátky několik stovek balónů vyzbrojených výbušninami (Custers, 2016).

Ačkoliv tento, na svou dobu nevídaný, novátorský počín nepřinesl příliš zdařilé výsledky, v principu zavdal základ jedné z nejvyspělejších technologií užívaných v dálkovém průzkumu Země – totiž dnešním bezpilotním letounům. Tato moderní podoba je již o mnoho ovladatelnější a tím i úspěšnější, než její prapředek, a to nejen v původně obsahovaných bojových podmínkách, ale také v logistice a v pro tuto práci klíčové rekognoskaci terénu.

V praxi je možné se aktuálně nejběžněji setkat se dvěma užívanými druhy letounů, a to multikoptéry a letouny s pevnými křídly. Multikoptéry se dále v názvu dělí dle vlastního počtu pohonných vrtulí na 4, 6 a 8 vrtulové stroje (sousedně kvadroptéry, hexakoptéry a oktokopty) a obecně je možné stanovit, že společně s počtem ramen a tím i vrtulí narůstá i cena, výkon a celkové schopnosti stroje.

Jedním z neúspěšnějších výrobců a prodejců civilních dronů jsou v současnosti společnost DJI, v rámci domácích firem je možné zmínit například firmu Primoco a její zařízení spadající do kategorie pevných křídel, ONE 150.



Obr. 4: Dron DJI Phantom 4 PRO V.2. Dostupné z: <https://www.dji.com/cz/phantom-4-pro-v2?site=brandsite&from=nav>



Obr. 5: Dron české firmy Primoco ONE 150. Dostupné z: <https://www.uasvision.com/2016/>

Výrobou druhého základního typu letounu, zmiňovaného „pevného křídla“ se pak zabývá například společnost Sensefly, jejichž řada dronů eBee je více než jen sérií civilních letounů pro potěchu a zábavu, nýbrž je koncipována přímo jako plně autonomní nástroj pro co nejjednodušší mapování terénu. Z tohoto důvodu se vyznačují především nízkou vahou, která je u eBee Classic pouhých 700g pro samotný letoun (s nainstalovanou kamerou se tato váha o cca 400g zvýší, v závislosti na použitém fotoaparátu) a také uzpůsobenou ovladatelností, kterou umožňuje pokročilý autopilot s možností ručního plánování letu, či spuštěním předpřipraveného letového plánu.

Letoun se do vzduchu dostane jednoduchým posláním rukou, podobně jako u dětských či modelářských miniatur letadel, a následně je po až 50 minutách provozu a pokrytí až 12 km<sup>2</sup> schopen i autonomního přistání (senseFly, 2016).



Obr. 6: Pevné křídlo eBee Classic firmy Sensefly, Dostupné z: <https://www.sensefly.com/drone/ebee-mapping-drone/>

### **5.3 Fotogrammetrie a fotointerpretace**

Zatímco například dříve zmiňované technologie získávání dat, laserové skenování (neboli technologie LiDAR), jsou aktivním systémem dálkového průzkumu Země, snímky RGB či multispektrální snímkování jsou naproti tomu systémem pasivním. Vhodně získaná pasivní data je pak možné dále zpracovat za pomoci fotogrammetrie. Ta se totiž zabývá samotným zpracováním a interpretací informací získaných o daných objektech zájmu v obrazové formě (nejčastěji tedy fotograficky) (Cibulka, 2020). Pasivita je tedy dána i tím, že je měřena pouze vyzařovaná či odražená energie situace či objektu, která je následně zachycena nejčastěji v podobě jeho fotografického obrazu. Ten může být tvořen jedním, či více snímky. Pak hovoříme o 2D, respektive vícesnímkové 3D fotogrammetrii tvořené dvěma a více překrývajícími se snímky. Fotointerpretací se pak rozumí rozlišení objektů na snímku, jejich identifikace a klasifikace a jak sám název metodologie napovídá, celková interpretace.

Zjednodušeně řečeno tedy data určená k další analýze lze získat přímo digitálně, či analogově a následně je případně digitalizovat. I následující zpracování získaných dat může být prováděno primárně dvěma způsoby, a to opět analogově, či digitálně. Speciální fotogrammetrickou technologií v podobě interpretačních zařízení je možné analogová obrazová data převádět díky základní korekci (za použití fyzických barevných filtrů) a použití stereoskopů či tzv. překreslovačů a směšovacích projektorů. V dnešní době jsou nicméně i tato analogová data obvykle dále nasnímána a ukládána pro další využití ve své digitální, neboli počítačové podobě, neboť analogová data jsou dnes již spíše archaismem.

## **6. Zpracování dat a jejich neurčitost**

Ačkoliv se mohou získaná data jevit tou nejpodstatnější částí výzkumu, jedná se pouze o jistý základ, na němž je možné průzkum založit právě díky jejich následnému zpracování. Toto zpracovávání se pak dá označit za samotné přetváření v kýžené informace. Jedno bez druhého by tedy nemělo význam, a naopak jsou na sebe obě tyto fáze úzce navázány, a je proto třeba již v počáteční fázi uvážit, jaká data chceme získat, aby z nich bylo možné vytěžit potřebné informace. Získaná data jsou ovlivněna řadou faktorů, které můžeme v základu rozdělit na parametry vnější a vnitřní (Plánka, 2007). Mezi parametry vnější spadají všechny aspekty nezávislé na zkoumaném objektu, jako

technické parametry měřicího zařízení, aktuální hydrometeorologické podmínky či konkrétní geografické uspořádání okolního prostoru.

Vnitřními parametry jsou pak samotné faktory specifické pro daný objekt, jako o jaký druh objektu se jedná a především čím je specifický – na tomto základě je pak třeba postavit celý plán výzkumu ještě před jeho spuštěním. Obecně je možné stanovit, že čím specifičtější data jsou cílem výzkumu, tím více vnitřních parametrů je třeba brát v potaz.

Pokud je vhodné výzkum založit na již existujících datech, je možné je získat z volně dostupných zdrojů, či je zakoupit na trhu geografických údajů. V podmínkách České Republiky a Evropy celkově je nicméně trh s volnými daty nepříliš rozsáhlý a mnohdy není bohužel možné se na jejich správnost spolehnout. Specifikem práce s daty za účelem prevence a zjištění škod způsobených nejen kůrovci je pak potřeba náletů individuálních, se zaměřením na menší, konkrétní oblasti zájmu.

V případě uvážení nejužívanější moderní technologie jsou tedy bezpilotním letounem získána digitální data v podobě dvourozměrných snímků, která jsou následně fotogrammetricky zpracována v trojrozměrný model dané zájmové lokality či objektu, například zobrazovacími technikami Structure from Motion a Multi View Stereo. Structure from Motion umožňuje z dvojrozměrných obrazů vytvořit trojrozměrný model a je využíván například i pro vytváření rozšířené reality. Stejně tak Multi View Stereo je soubor algoritmů přetvářejících plochá data do prostorových (Klouček, Komárek, Lagner, Fogl, & Gdulová, 2019). U obou systémů se jedná o triangulaci totožných bodů v rámci lokálních maxim. Následně identifikované identické body a jejich vzájemná poloha umožňují nejen správné napojení jednotlivých snímků, ale i určení jejich celkové orientace. Tento soubor vytvoří bodové mračno („*sparse cloud*“) základních významných bodů, které jsou následně rozšířeny obrazovou korelací o sousední body v takzvané husté bodové mračno. I přes značnou spolehlivost fotogrammetrických softwarů, jakým je například AgiSoft Metashape od ruské vývojářské firmy AgiSoft LLC., je vhodné přesnost výsledných softwarově ortorektifikovaných dat zpětně ověřit porovnáním s vybranými referenčními obrazovými záznamy z původního náletu (Minařík & Langhammer, 2016) za pomoci základních orientačních bodů.

## 6.1 Geografické informační systémy

Pod mezinárodně užívanou zkratkou GIS se skrývají veškeré geografické informační systémy, neboli systémy kombinující atributové a prostorové geografické informace pro jejich další zpracování (Tuček, 1998). GIS je tedy analytickým nástrojem umožňujícím zpracování, vytváření i modelování dat na základě externě získaných informací a jejich prostorových vztahů. Vždy proto pracuje v určitém souřadnicovém systému, který tuto prostorovou souvztažnost určuje a dává do kontextu reálného světa. Tato prostorová data mohou mít formu vektorů či rastrů s následnou popisnou formou atributových náležitostí či časového určení (Kovář, 2014). V rámci používání GIS je pak nutné zajistit základní komponenty, kterými jsou již zmiňovaná data, lidé, kteří jimi budou manipulovat v rámci dostupných postupů, hardware, který pro tuto manipulaci použijí a v neposlední řadě zcela zásadní software, který samotné zpracování umožní (Tuček, 1998). Těchto softwarů je na trhu celá řada, od jednodušších freewarových aplikací, umožňujících jen základní úpravy<sup>1</sup>, až po komplikovanější a nákladnější programy umožňující nepřebornou řadu operací a tím vyžadujících značnou erudovanost či zběhlost ze strany uživatele.

### 6.1.1 ArcGIS

V této práci pro zpracování získaných náletových dat využitý počítačový program ArcMap je součástí softwarového balíčku firmy ESRI s názvem ArcGIS. Ten je komplexním systémem umožňujícím práci a zpracování geografických informací v podobě dat do výstupních map. Jeho poskytovatel, roku 1969 založená společnost fungující celosvětově v rámci 49 poboček a 11 výzkumných center, firma ESRI, je zřejmě právem označována za světového lídra v oboru GIS a svůj software poskytuje nejen pro firemní či edukativní, ale i soukromé využití pro stolní počítače, mobilní zařízení, a také online přímo v prohlížeči (ESRI, 2020).

Další součástí balíčku aplikací ArcGIS je kromě již zmiňovaného programu ArcMap, umožňujícího editační a analyzační kartografickou tvorbu, také ArcCatalog, který spravuje všechna užívaná geografická data, ArcToolbox, umožňující hlubší

---

<sup>1</sup> Např. open source software QGIS

zpracování dat díky moha nástrojům, a v případě, že ani tyto nejsou pro potřeby uživatele dostačující, nabízí se ModelBuilder, který umožní grafickou formou názorně a přehledně tvořit (či jak název sám napovídá, přímo modelovat) soustavu nástrojů vedoucích ke kýženému cíli, což je de facto proces ne nepodobný programování. I tato možnost byla v rámci praktické části této práce s úspěchem využita k vyfiltrování a následnému vygenerování souboru dřevin plnicích zadané požadavky.

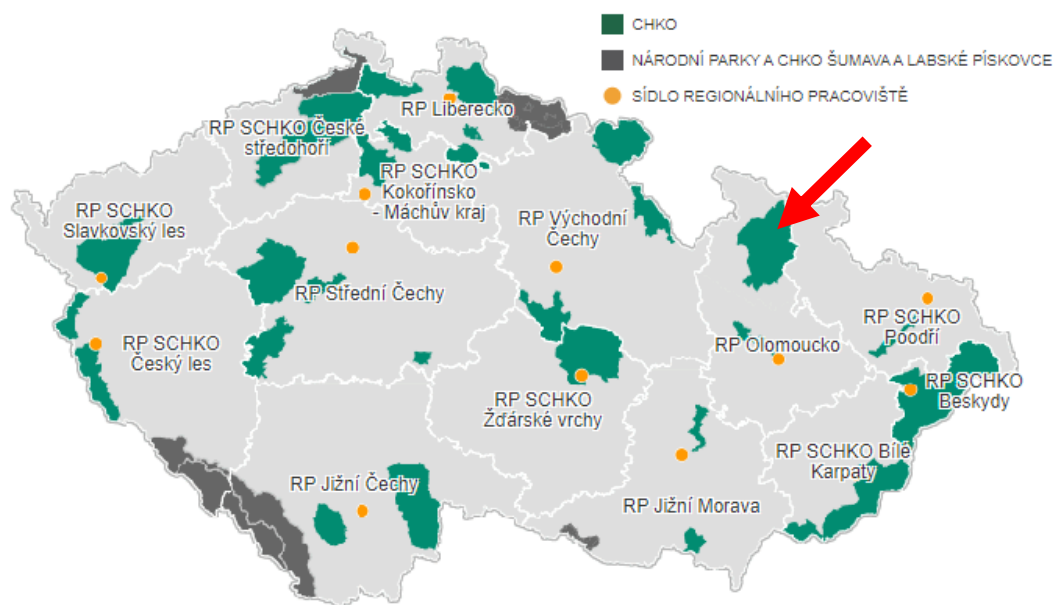
## **7. Charakteristika studijního území: Národní přírodní rezervace Rejvíz**

Řešeným zájmovým územím této bakalářské práce je již výše zmiňovaná národní přírodní rezervace Rejvíz, nacházející se v rámci 740 čtverečních kilometrů chráněné krajinné oblasti Jeseníky, založené roku 1969<sup>2</sup>. Samotná národní přírodní rezervace (NPR) Rejvíz pak z CHKO Jeseníky svým Velkým a Malým mechovým jezírkem, přílehlými slatinnými, rašelinnými a podmáčenými loukami a souvisejícími lesy zabírá 329 hektarů (Latner, 2010). Území v severovýchodní části Hrubého Jeseníku (viz obrázek č. 8 na následující stránce), nacházející se na pomezí Moravskoslezského a Olomouckého kraje v nadmořské výšce mezi 731 a 805 metry nad mořem, bylo za zvláště chráněné vyhlášeno 4. června 1995 a je považováno za evropsky významnou lokalitu (AOPK ČR, 2020). Ačkoliv je rezervace díky svým přírodním blatkovým borům ceněnou genovou základnou pro borovici blatku (*pinus uncinata subsp. uliginosa*) (Latner, 2010), její nejprominentnější dřevinou jsou smrčiny, do jejichž monokultur se v jižní oblasti místy vtroušují buky. Na severozápadních okrajích Velké louky se navíc nachází v malé míře také březovrbové křoviny (AOPK ČR, 2020). Bezlesé oblasti rezervace jsou pak význačné především z hlediska rašelinišť bez

---

<sup>2</sup> Viz obrazová příloha, Obr. 7

historických antropologických zásahů v podobě těžby, jejichž mocnost tak dosahuje až 300 cm (Latner, 2010).



Obr. 8: Přehled regionálních pracovišť AOPK ČR se zvýrazněním CHKO Jeseníky. Dostupné z: <http://www.ochranaprirody.cz/regionalni-pracoviste/>

Významnými prvky fauny, vyskytující se v NPR Rejvíz, jsou především rozličné vážky – celkem 18 druhů, z nichž celá polovina má v rezervaci prokázána i jednotlivá vývojová stadia cyklu. Navíc se mezi nimi nachází i tři z druhů označovaných jako „glaciální relikty“, a to šídlo rašelinné (*Aeshna subarctica*), leskllice severská (*Somatochlora arctica*) a leskllice horská (*Somatochlora alpestris*). Z pochopitelných důvodů tvoří značnou část animálního obyvatelstva saproxylický, neboli v mrtvém dřevu žijící hmyz (Krása, 2015), jako je kovářík pruhovaný (*Danosoma fasciata*), další kováříkovitý *Diacanthous undulatus* či lesák *Dendrophagus crenatus* (Krása, 2015). Je to však právě v prvních kapitolách zmiňovaný kůrovec - lýkožrout smrkový, jehož výskytem a vlivem na lesní porost národní přírodní rezervace Rejvíz se praktická část této bakalářské práce zabývá.

Do jisté míry bezzásahová politika je aplikována také v rámci lesního hospodářství s výše jmenovanými dřevinami. V návaznosti na zákonné ustanovení a ozvy mnoha

spolků byly množící se výzvy Lesů ČR na plošné sanace kůrovcovou kalamitou postižených oblastí v předešlých letech limitovány. Až do roku 2018 tak bezzásahovou oblast tvořilo zhruba 52% plochy, nyní se jedná o 82% rozlohy NPR Rejvíz (Chlapek & Servus, 2019). Ovšem i asanace vyvrácených, zlomených či jinak poškozených stromů ve zbývajícím „nárazníkovém“ pásmu podél hranice chráněného území byla prováděna bez odvážení sanované dřevní hmoty. Ačkoliv se i tyto zásahy, které by bylo možné označit za citlivé, setkávají s protesty, jejich provádění je nutné, a to i z důvodu ochrany sousedících hospodářských lesů. I proto byly pro tuto práci vybrány dvě lokality – jedna uvnitř, a druhá v těsné blízkosti, nicméně vně NPR Rejvíz.

Konkrétní výběr zájmové lokace pak vyplynul z požadavků na velikost pole o rozloze s vypovídající hodnotou (respektive s odpovídajícím počtem vzrostlých stromů) a jeho konkrétní umístění z potřeby obsáhnout diverzifikovaná data (respektive vzrostlé stromy bez známek napadení, i stromy poškozené či mrtvé). Reálná rozloha vybrané části zájmového studijního území pak činila 10 ha pro oblast uvnitř NPR Rejvíz a pro oblast přilehlého hospodářského lesa, která byla vzhledem k vyšší hustotě lesního porostu přizpůsobena svou velikostí a měla proto hektarů 9.

## 8. Metodika a postup praktické části bakalářské práce

Data, potřebná pro praktickou část této práce, byla ve výše zmiňované lokalitě NPR Rejvíz zdokumentována týmem Fakulty životního prostředí České zemědělské



Obr. 9: Fotoaparát S.O.D.A. firmy senseFly. Dostupné z: [https://tecnitop.com/wp-content/uploads/2016/10/eBeeplus\\_8.jpg](https://tecnitop.com/wp-content/uploads/2016/10/eBeeplus_8.jpg)



univerzity v Praze ve třech odlišných termínech, a to na konci května, na začátku července a následně na počátku srpna roku 2019. Data byla získána náletem za pomoci pevného křídla eBee Plus od firmy senseFly, zmiňované v kapitole 5.2, vybaveného fotoaparátem S.O.D.A. téže značky. Jak již celý název skrývající se pod touto zkratkou napovídá („*Sensor Optimised for Drone Applications*“, neboli senzor uzpůsobený použití s drony), jedná se o profesionální aparát pyšnicí se titulem prvního plně pro fotogrammetrii vytvořeného a uzpůsobeného fotoaparátu, v jehož silách je nejen zachycení dokonalých ortomozaik, ale i vytváření velmi přesných 3D modelů terénu, a to především díky senzoru schopnému ve výšce 122 metrů pořizovat snímky s rozlišením 2,9 cm (senseFly, 2020).

Za pomoci výše zmiňované techniky takto získaná data byla následně zpracována týmem Katedry aplikované geoinformatiky a územního plánování<sup>3</sup> České zemědělské univerzity za použití programu Agisoft Metashape, a pro potřeby této práce byla k dalšímu zpracování a využití předána v podobě DSM (digitálního modelu povrchu), DTM (digitálního modelu terénu) a orthofotografií celé lokality. Pro jejich další analyzování byl využíván program ArcMap ze softwarového balíčku ArcGIS od již zmiňované společnosti ESRI.

Po obdržení získaných dat a bližším obeznámení s nimi nejprve došlo k již popsanému výběru konkrétní zájmové lokality v rámci daného nasnímaného území. Tento výběr byl uzpůsoben potřebě obsáhnout diverzní data zdravých i napadených stromů na menším, ale komplexním území, pro jednoduchost práce orámovaném polygonem tvaru čtverce. Takto vytipovaná lokalita byla následně dostupnými nástroji ArcMap „*clip (data management)*“ oříznuta a extrahována pro zjednodušení zpracování dat. Pro tuto funkci zajišťující ořez byla vytvořena nová vrstva, neboli „*layer*“ se dvěma již zmiňovanými, čtvercovými polygony – jedním pro oblast uvnitř, a druhým pro vnější lokalitu. Tato vrstva byla následně použita pro ořez podkladů napříč jednotlivými daty náletů tak, aby došlo k získání tří jednotlivých záznamů – funkce „*clip*“ byla použita v rámci všech datových vrstev, tedy na digitální model terénu (DTM), digitální model povrchu (DSM) i na ortofotografické snímky. K tomuto kroku dochází nejen pro lepší přehlednost při následné práci s daty, ale také neboť v

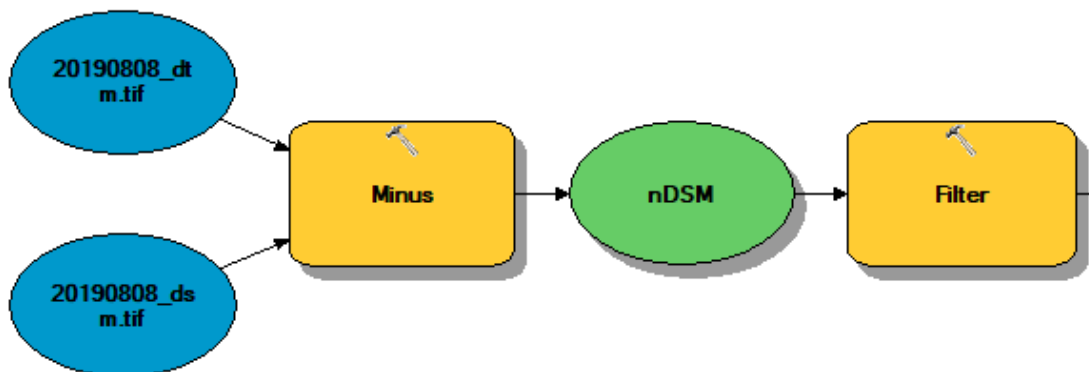
---

<sup>3</sup> Často označované zkratkou „KAGÚP“

původní, celistvé velikosti docházelo vzhledem k jejich objemu ke značnému zatížení užívaného počítače, i přes jeho poměrně dobrou technickou vybavenost<sup>4</sup>. Dohromady tímto krokem ořez došlo k získání šesti rastrových vrstev, lokalizovaných na dvě oblasti mapy, pro 3 odlišná období – celkem tedy 18 rastrových vrstev.

Dalším krokem byla poloautomatická detekce jednotlivých relevantních stromů, která by při ručním zpracování mohla být velice náročná na čas i zpracování. Byl proto využit již zmiňovaný ModelBuilder, poskytující možnost sestavit z jednotlivých nástrojů a funkcí programu ArcMap komplexní vzorec, jímž mají být data zpracována za účelem získání kýženého výsledku (v případě této práce tedy získání množiny korun stromů splňujících určité požadavky).

Těmito požadavky byla v konkrétním případě této bakalářské práce výška stromů nad 5 metrů. Výšku stromů je možné z dat pořízených bezpilotními leteckými prostředky poměrně jednoduše získat odečtením digitálního modelu terénu od digitálního modelu povrchu (jak ukazuje níže Obr. 9). Výsledkem je normalizovaný digitální model povrchu, neboli nDSM.



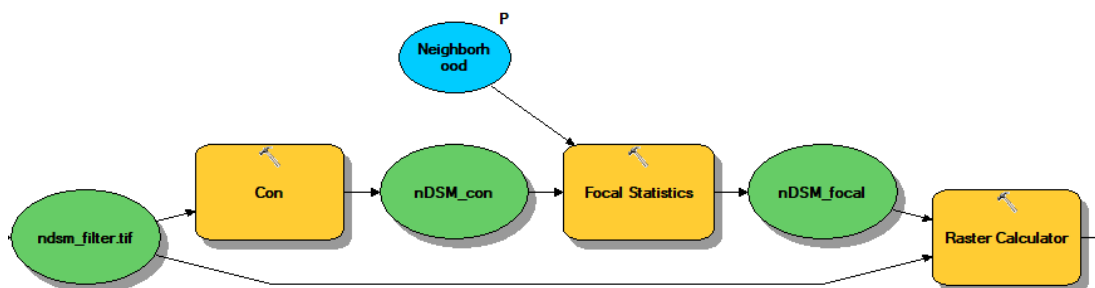
Obr. 10: První část vzorce vytvořeného funkcí ModelBuilder názorně zobrazující odečtení digitálních modelů terénu a povrchu a následnou filtraci získané vrstvy

Pro samotnou individuální detekci stromů byl použit vlastní Individual Tree Detection (ITD) algoritmus, založený na hledání tzv. lokálního maxima. Prvním krokem ITD byla filtrace nDSM nízkofrekvenčním filtrem.

---

<sup>4</sup> Herní notebook Acer Nitro 5, Intel® Core™ i5 (i5 - 7300HQ, 2.50 GHz, 6 MB), s 4-jádrovým procesorem a 4 GB grafikou GDDR5 firmy NVIDIA® a 8 GB DDR4 SDRAM

V předchozím kroku získaný normalizovaný digitální model povrchu je tedy po vyfiltrování dle nastavených parametrů dále zúžen podmínkovou funkcí „Con“, umožňující zadání dalších podmínek pro zařazení získaných bodů lokálního maxima. V tomto konkrétním případě bylo podmínkou nalezení pouze pixelů s výškou (dle nDSM) větší než 5 m.



Obr. 11: Druhá část vzorce vytvořeného funkcí ModelBuilder názorně zobrazující nástroje podmínek a výběru lokálních maxim, jejichž výsledek je použit rastrovou kalkulačkou

Třetím krokem pak bylo samotné hledání lokálního maxima, tedy špiček stromů, nástroji "Focal Statistics" a „Raster Calculator“, a to v přesně stanovené oblasti rovnající se velikosti průměrného poloměru korun stromů v zájmových lokalitách. Výstupem třetího kroku ITD je rastrový dataset reprezentující jednotlivé vrcholky stromů. Výsledné špičky stromů byly následně převedeny do vektorového formátu (SHP) pomocí nástroje "Raster to Point".



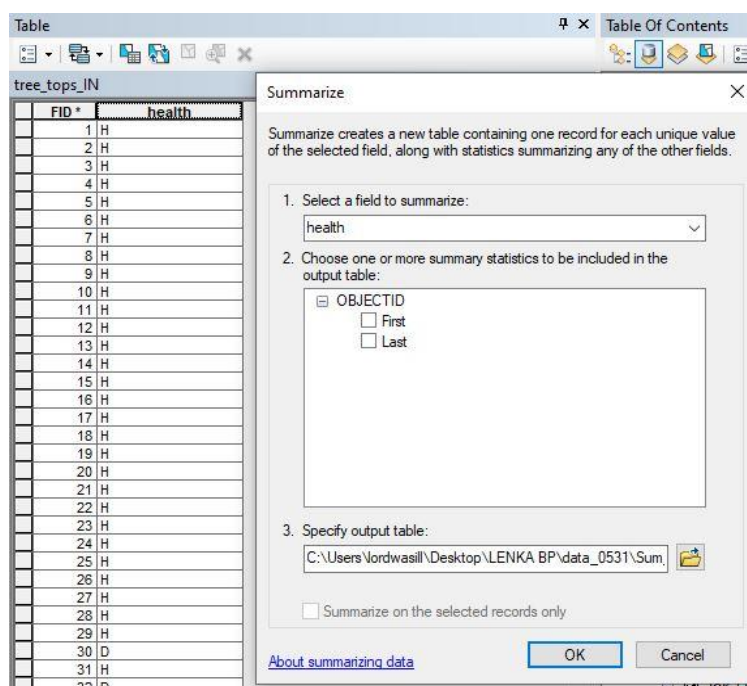
Obr. 12: Třetí a závěrečná část vzorce vytvořeného funkcí ModelBuilder názorně zobrazující závěrečný převod z rastrových dat na bodový shapefile

Získaný shapefile s jednotlivými body přiřazenými korunám konkrétních stromů byl dále drobně manuálně upraven a to proto, že výše zmiňovaný automatický nástroj v některých případech nepatrně opomněl, případně nadhodnotil počet stromů v zájmových lokalitách. Tato nepřesnost by nemusela být velkou překážkou v případě použití pro oblasti o rozsáhlejší rozloze s větším množstvím stromů, ale mohla by

působit rušivě při experimentálním použití na menší ploše, jako v tomto konkrétním případě.

Dalším krokem bylo využití nástroje „*Buffer analysis*“, kterým ArcMap umožňuje vytvoření libovolně širokého souvislého pásma v bezprostředním okolí zvoleného bodu či polygonu, což je zvláště užitečné v případě práce s množinami stromů, které nejsou pochopitelně tvořeny pouze nejvyšším bodem jejich koruny, ale právě kružnicí kolem něj. Její průměr byl pro účely této práce zvolen jako 1,5 metru. Jednotlivým bodům a jejich bufferům byl pak ručně formou editace nově vytvořeného sloupce atributové tabulky (nesoucí název „*health*“) přiřazen vždy index D (pro napadené či mrtvé stromy, ukazující se na mapě jako šedé, až bílé) nebo H (pro stromy zdravé a jednoduše řečeno „zelené“). Celý tento postup je pak pochopitelně založen na premise, že napadení lýkožroutem smrkovým se projeví nejprve právě na vrcholcích korun atakovaných stromů. Pro v každém období a lokalitě jednotlivě získané buffery pak byla v dalším kroku funkcí „*zonal statistics*“ spočítána průměrná hodnota jejich odrazivosti v každém spektrálním kanálu (Red, Green a Blue).

Pro další zpracování dat je třeba využít možností atributových tabulek, jakou je i ta ve výstřižku níže. Vyobrazuje jednak počáteční část atributové tabulky a její sloupec „*health*“, ale také dialogové okno „*summarize*“, které lze vyvolat po kliknutí pravým tlačítkem myši na zmiňovaný sloupec, jak ukazuje obrázek č. 13.



Obr. 13: Výstřižek – funkce Summarize

Díky této možnosti není třeba atributovou tabulku řádek po řádku procházet a hledat jednotlivé hodnoty, nebo složitě řadit tabulku stromů dle jejich health jakosti – funkce summarize jednoduše vytvoří tabulku, v níž, jak název napovídá, žádané hodnoty dle jednotlivých zadaných jakostí sama zesumarizuje (obrázek č.14).

OID	health	Count health
0	D	2
1	H	198

Obr. 14: Výstřižek – sumarizační tabulka

Při vlastním získání předešlých vrstev dat, ale i za předpokladu, že je k dispozici pouze rastrová forma ortofotografického záznamu kýžené lokality, je možné celkovou vitalitu vybrané oblasti posuzovat také na bázi takzvaných vegetačních indexů, jednímž z nich je Index zeleně neboli *Greenness Index* (University of Vermont, 2020). Ten je možné získat poměrně nenáročnou komputací (například ve srovnání s náročnějším, ale všeobecně užívanějším normovaným diferenčním vegetačním indexem, neboli NDVI, pro který je třeba pracovat i s hodnotou blízkého infračerveného záření NIR, ale zato je všeobecně přijímán jako zažitý ukazatel zdravotního stavu porostu a vegetace (Klouček et al., 2019)), kterou ukazuje tato rovnice pro jeho výpočet:

$$Greenness Index = \frac{\text{zelené pásmo}}{\text{červené} + \text{zelené} + \text{modré pásmo}}$$

Ideální a velmi přesnou formou získání hodnot odrazivosti v jednotlivých spektrálních pásmech pro výpočet kteréhokoliv vegetačního indexu je však v případě dostupnosti spektrálních dat práce přímo s nimi v rámci programu ArcMap. Za pomoci atributové tabulky dané shapefile vrstvy s jednotlivými korunami stromů lze vytvořením dalšího sloupce tabulky díky integrované kalkulačce „*Field calculator*“

index zeleně vypočítat na základě průměrné spektrální odrazivosti stromů získané pomocí nástroje „Zonal Statistics“, již zmiňovaného dříve v rámci této kapitoly. Celková hodnota průměrné spektrální odrazivosti (v RGB) byla pro každý strom získána nástrojem Extract Multi Values to Points.

Dalším logickým krokem po získání a zpracování dat je pochopitelně jejich uzpůsobení za účelem prezentace. ArcGIS pro tento účel nabízí podokno „layout“, kde je uživateli umožněno v rámci jednotlivých datových rámců z vybraných zájmových dat vytvářet kartografické výstupy. Ačkoliv program nabízí v tomto směru mnoho možností a zajímavých nastavení, z hlediska jejich prezentace třetím osobám je více než vhodné dbát nejen na estetickou stránku věci, ale především na logické a v jistém smyslu tradiční uspořádání se všemi kartografickými náležitostmi. Mezi ně neodmyslitelně patří měřítko mapy, její název, legenda popisující prezentovaná data, severka a popis zmiňující nejen souřadnicový systém, ale také jméno autora a například i rok vytvoření, který je velice důležitý z hlediska posouzení relevance prezentovaných dat.

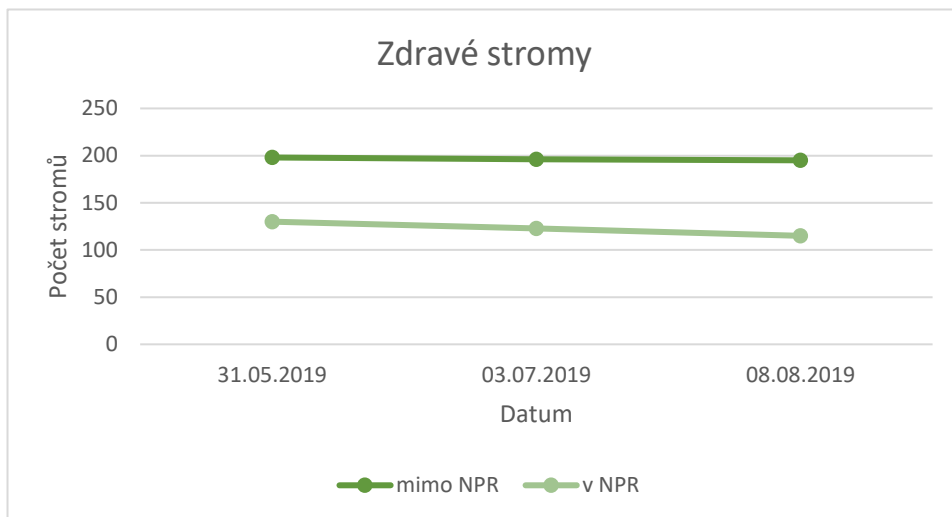
## 9. Výsledky

Zásadní výsledek výzkumu této bakalářské práce lze pozorovat v následující tabulce č. 1, přičemž první její část ukazuje počty zdravých a napadených stromů v jednotlivých termínech náletů dat mimo NPR Rejvíz, a druhá v rámci bezzásahové oblasti NPR Rejvíz.

Počet stromů	datum		
	31.05.2019	03.07.2019	08.08.2019
mimo oblast NPR			
zdravé	198	196	195
napadené	2	4	5
celkem	200	200	200
v rámci NPR			
zdravé	130	123	115
napadené	31	23	20
celkem	161	146	135

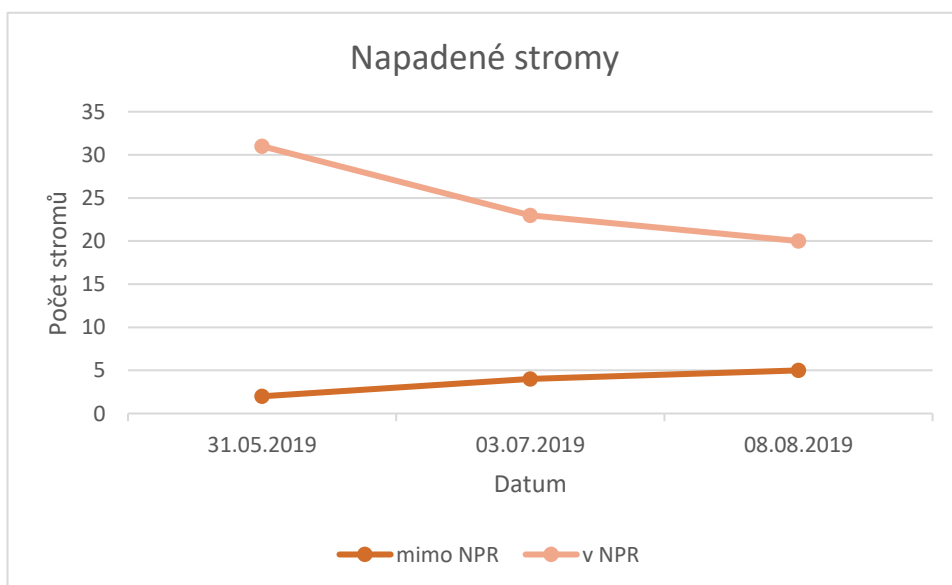
Tabulka č. 1 – přehledové shrnutí počtů zdravých a napadených stromů

Je na první pohled viditelné, že počty zdravých stromů jsou v případě obou lokalit klesající, přičemž pokles zdravých stromů v oblasti národní přírodní rezervace Rejvíz je znatelně rychlejší. Zajímavé však je, že při bližším ohledání je viditelné, že zatímco mimo lokalitu NPR Rejvíz k poklesu zdravých stromů jasně korespondoval nárůst stromů napadených, ve vnitřní lokalitě došlo k poklesu v obou kategoriích, což vedlo k celkovému poklesu o 26 stromů (z původních 161 na 135) - tedy na rozdíl od lokality hospodářského lesa, kde zůstal celkový počet stromů zachován.



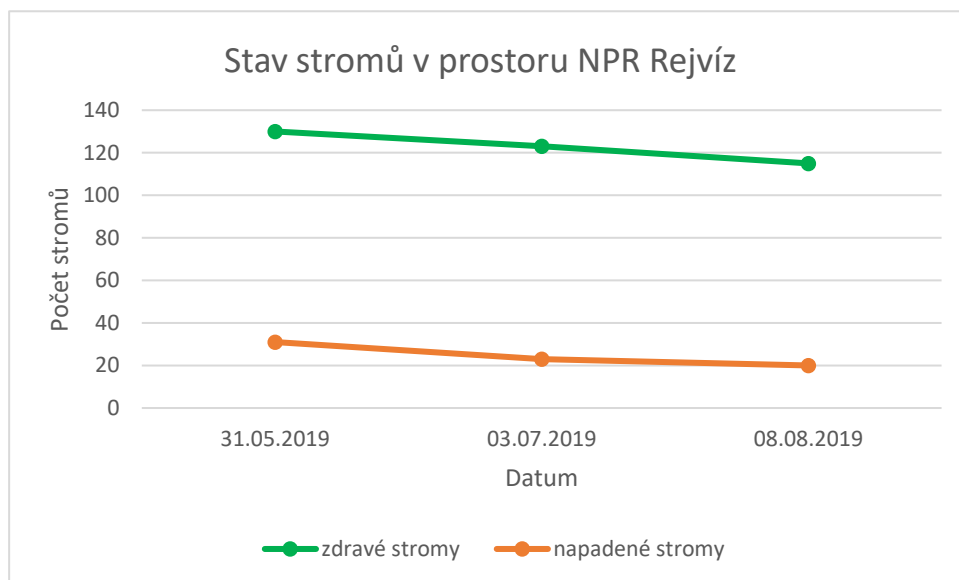
Graf 1 – srovnání počtu zdravých stromů v jednotlivých lokalitách

Zatímco v předchozím grafu č. 1, znázorňujícím zdravé stromy v obou lokalitách, vidíme logický progres klesajících počtů vitálních stromů, výše zmiňovanou situaci s klesajícím celkovým počtem korun stromů lépe názorně zobrazuje graf číslo 2:



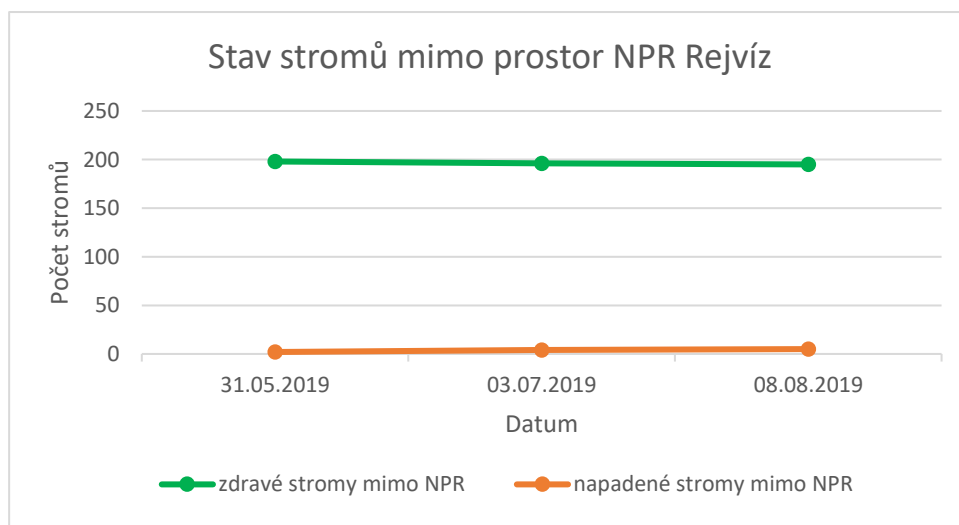
Graf 2 – srovnání počtu napadených stromů v jednotlivých lokalitách

Přestože je mimo NPR Rejvíz k vidění logický nárůst počtu napadených stromů, může být poněkud matoucí klesající křivka v grafu č. 3, znázorňující počet napadených stromů v chráněné lokalitě, ukazující tak na pokles jejich počtu. Nejedná se však o jejich zázračné uzdravení, ale o vzniklý polom, k němuž na území došlo (jak lze pozorovat v mapových dokumentech, kde vidíme úbytek nejdříve během června o 18 stromů a následně ještě mezi měsíci červencem a zářím o dalších 11 stromů).



Graf 3 – srovnání počtu zdravých a napadených stromů v lokalitě NPR Rejvíz

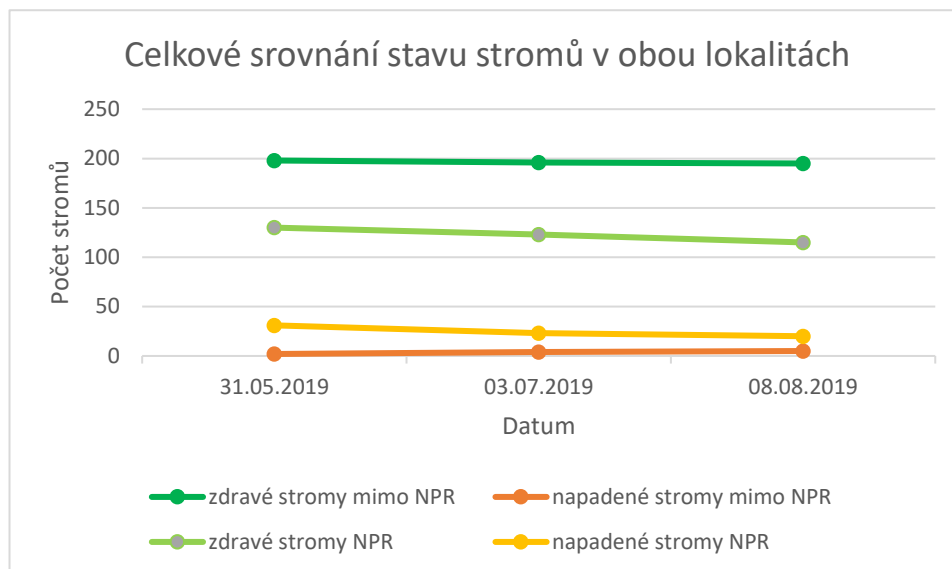
V porovnání pak lze pozorovat diametrální rozdíl vůči níže uváděnému grafu č. 4, tedy grafu znázorňujícímu stav stromů v rámci hospodářského lesa sousedícího s chráněnou oblastí NPR Rejvíz - v případě hlídaného a obhospodařovaného lesa dochází k značně menšímu počtu disturbancí a čistě z hlediska počtu stromů k nulovým ztrátám na hodnotě masivu.



Graf 4 - srovnání počtu zdravých a napadených stromů mimo lokalitu NPR Rejvíz



Za pomoci shrnutí obou oblastí do jednoho grafu č. 5 je pak možné pozorovat, nakolik jsou hospodářské zásahy přínosem pro stabilitu počtů stromů, neboť je zřetelná klesající tendence obou světlejších linií grafu, znázorňujících právě oblast národní přírodní rezervace Rejvíz.



Graf 5 – souhrnné zobrazení viability stromů v obou lokalitách

Konkrétní hodnoty spektrální odrazivosti, respektive z nich získaného indexu zeleně (GI), lze nalézt v souhrnné tabulce č. 2. Z té je možné vyvodit, že index zeleně je v celkovém průměru vyšší pro oblast mimo bezzásahovou zónu národní přírodní rezervace Rejvíz, nicméně pro stromy zdravé je pod hodnotou oblasti NPR Rejvíz. Naopak pro stromy napadené je hodnota GI podstatně nižší v oblasti rezervace, právě z důvodu její bezzásahovosti, kde stromy s náznaky napadení nejsou vytěženy. Zlomová hranice GI určující viabilitu stromů se pohybuje kolem hodnoty 0,35xx, kde se může případně nacházet „šedá zóna“ nakažených stromů bez viditelných známek napadení.

V NPR	31.05.2019	03.07.2019	08.08.2019	celkový průměr
zdravé	0,3842	0,3894	0,3862	0,3866
napadené	0,3335	0,3331	0,3402	0,3356
<b>průměr GI</b>	<b>0,3754</b>	<b>0,3805</b>	<b>0,3789</b>	<b>0,3783</b>

mimo NPR	31.05.2019	03.07.2019	08.08.2019	celkový průměr
zdravé	0,3846	0,3857	0,3785	0,3829
napadené	0,3436	0,3522	0,3367	0,3442
<b>průměr GI</b>	<b>0,3842</b>	<b>0,3850</b>	<b>0,3776</b>	<b>0,3823</b>

Tabulka č. 2 – hodnoty indexu zeleně pro jednotlivé kategorie v daném období, zaokrouhlené na 4 desetinná místa

V následující tabulce č. 3 níže je možné shlédnout jednotlivé úrovně průměrné odrazivosti záření daných spekter v lokalitě NPR Rejvíz i mimo ni sousledně, dle dat pořízení jednotlivých náletů.

	Úroveň odrazivosti daného spektra		
v NPR	31.05.2019	03.07.2019	08.08.2019
R: červené	140,69	133,87	112,93
G: zelené	144,20	150,57	129,35
B: modré	102,99	115,08	102,30
	Úroveň odrazivosti daného spektra		
mimo NPR	31.05.2019	03.07.2019	08.08.2019
R: červené	128,86	130,72	119,00
G: zelené	133,73	150,87	133,03
B: modré	85,79	110,49	100,24

Tabulka č. 3 – průměrná odrazivost daného spektra

## 10. Diskuze

V bakalářské práci a jejích výsledcích je na první pohled patrná zásadní role reálných hodnot průměrné RGB odrazivosti získaných snímáním RGB pásem v terénu. Je třeba brát v potaz, že kupříkladu hodnoty GI získané odečtením z celého rastru dat za pomoci softwarů jako je *AnalizingDigitalImages*, které zmiňuje třeba metodika Vermontské Univerzity (University of Vermont, 2020) při analýze .jpeg souborů dochází k odchylkám právě na základě neselektivní analýzy celých oblastí (a ne jen bufferů konkrétních stromů). Není proto sporu o tom, že data získaná díky práci s programem GIS jsou o mnoho přesnější a mají nesrovnatelně vyšší vypovídací hodnotu a potenciál pro využití v lesním hospodářství i ochraně přírody, jak již stanovila například publikace *Potential of multispectral imaging technology for assessment coniferous forests bitten by a bark beetle in Central Bulgaria* (Stoyanova, Kandilarov, Koutev, Nitcheva, & Dobрева, 2018). Výše zmiňovaná metodika Vermontské univerzity je uzpůsobena více teoretické práci studentů s odrazivostí a indexy zeleně, a není proto pro reálné praktické využití v monitoringu a péči o lesní porost příliš vhodná.

Nejproblematictější částí metodiky této práce se tak ukázala být dle očekávání práce se spektrální analýzou jednotlivých pásem. V bakalářské práci byl zvolen vzorec pro index zeleně právě dle metodiky Vermontské Univerzity (University of Vermont, 2020), který byl upřednostněn například oproti jednoduššímu vzorci uváděnému v certifikované metodice *Detekce napadení lesních porostů pomocí bezpilotních leteckých prostředků* (Klouček et al., 2019), a to především z důvodu snahy o eliminaci případných rušivých podmínek a hydrometeorologických vlivů na získaná data, neboť ta nebyla ve vztahu k podnebním podmínkám korigována vůči postavení slunce, oblačnosti, ale také vegetační fázi napříč obdobími. Tato inkonzistence může být pozorována například ve značném rozptylu hodnot v tabulce č. 3 na konci kapitoly Výsledky (strana 34). Metodologie tohoto typu průzkumu má velmi významnou hodnotu pro lesní hospodářství a určování aktuálního stavu populace kůrovců, jak už stanovil například publikovaný výzkum *Remote sensing of bark beetle damage in urban forests at individual tree level using a novel hyperspectral camera from UAV and aircraft* (Näsi et al., 2018), založený právě na hyperspektrálním snímkování ve vysokém rozlišení.

Ačkoliv byl v rámci této práce využíván program ArcMap společnosti ESRI, nelze s jistotou stanovit, že by byl pro tyto účely zcela nejlepší. V úvahu je třeba brát nejen možnosti programu, které potenciální uživatel skutečně bude potřebovat (a zároveň schopen) využít, ale také finanční náročnost jeho pořízení. Zvláště pro jednotlivé vlastníky drobnějších hospodářských lesů tak může být lákavější variantou některý z freewarových programů, jehož nároky na pořízení a technologii nebudou tak vysoké. Ovšem vzhledem k faktu, že pro účely této bakalářské práce byl program poskytnut v rámci školní studentské licence na omezenou dobu zdarma, nebylo nutné k tomuto faktoru přihlížet. Stejně tak další zpracování výsledných dat, jejich archivace či prezentace může být obstarána v kancelářském balíčku Windows MS Office, ale také v jakémkoliv z volně dostupných open source programů, jakým je například LibreOffice.

Také vysoká kvalita vstupních dat, která bezpochyby zjednodušila jejich další zpracování, byla dána možnostmi akademického zázemí České zemědělské univerzity v Praze a technologií, kterou pro tyto účely disponuje. Její význam velice dobře shrnuje například publikace *Unmanned aerial vehicles (UAV) for assessment of*

*qualitative classification of Norway spruce in temperate forest stands* (Brovkina, Cienciala, Surový, & Janata, 2018). Nicméně ani pro soukromé či podnikatelské účely není nutné finančně nákladné profesionální bezpilotní letouny s vrcholnou fototechnikou pořizovat – pro občasné využití je možné pohodlně využít služeb některé z mnoha půjčoven specializujících se na tuto pokrokovou technologii.

A nakonec k tématu metodiky zvolené v rámci této práce – ve zvoleném postupu je jistě prostor pro vylepšení jednotlivých kroků, neboť jen těžko lze označit jediný postup jako konečný a univerzálně ideální, z pohledu funkčního celku je však jednoznačně možné práci označit jako validní model práce s daty za účelem monitoringu vitality hospodářských i chráněných lesních porostů, a to včetně sledování šíření škůdců, jakými jsou například kůrovci, za účelem jejich systematického omezení. Dále je možné stanovit, že za použití zonální statistiky hodnot odrazivosti jednotlivých korun stromů při selekci individuálních kanálů docházelo jen k drobné odchylce manuálního a automatického určení kategorie jejich zdravoti, a tudíž se dá i tato automatizovaná možnost nastavení hodnot odrazivosti při použití pro větší plochy průzkumných a vědeckých výzkumů aplikovat bez obavy z větších nepřesností, jak již stanovili autoři práce *The potential of Unmanned Aerial Systems: A tool towards precision classification of hard-to-distinguish vegetation types?* (Komárek, Klouček, & Prošek, 2018). Na základě reálného náhledu do práce lesních hospodářů v drobnějších soukromých lesních porostech je však více než pravděpodobné, že manuální selekce porostu určeného k likvidaci formou terénního průzkumu zůstane i nadále prevalentní.

## 11. Závěr a přínos práce

Je zcela neoddiskutovatelné, že moderní bezpilotní technologie dálkového průzkumu Země jsou nedocenitelným přínosem pro monitoring v rámci lesního hospodářství, a zvláště snímání za účelem mapování vitality lesního porostu napadaného v posledních letech stále větším množstvím rozličných kůrovců (v čele s lýkožroutem smrkovým, ohrožujícím naše smrkové monokultury), kterému se tato bakalářská práce věnovala, je v kombinaci se stále výkonnějším hardwarovým vybavením a dostupnějšími softwary ideálním nástrojem pro vědeckou komunitu, odbornou veřejnost, ale i drobné vlastníky lesů.

Práce byla schopna potvrdit tuto premisu prostou rekapitulací ve své literárně-rešeršní části, ale především pak v získaných výsledcích, kde se prokázala velká přesnost automatického určení zdravotního stavu stromů v oblastech potenciálně ohrožovaných vznikem kůrovcové kalamity na základě hodnocení a kategorizace dle hodnoty indexu zeleně na základě spektrální odrazivosti jednotlivých pásem RGB. Přelomovou hranicí pro určení napadenosti stromu lýkožroutem smrkovým se ukázala být hodnota GI 0,35. Postupně s jejím klesáním pak stoupala i viditelnost tohoto napadení, respektive vzniklého poškození i pouhým okem.

Praktická část této práce dále také dle očekávání prokázala (či spíše potvrdila), že navzdory domnělé programové neomylnosti počítačů jsou stále pouze nástrojem využívaným pro sled procesů vymyšlených a programovaných člověkem, a zjednodušující schematizace tak může (zvláště v případě výběru vzorku dat menší rozlohy) vést k vyššímu procentu drobné nepřesnosti, což by za předpokladu nedostatečné pozornosti zpracovatele mohlo vést k mírně zastřeným závěrům. S přihlédnutím ke konkrétním závěrům, které je možné vyvodit z výsledků této práce, je možné stanovit, že k nárůstu napadení kůrovci dochází i v obhospodařovaném hospodářském lese, oproti škodám vzniklým v bezzásahové zóně chráněných krajinných oblastí se však jedná v případě v bakalářské práci stanovených zájmových lokalit o poškození marginální. V každém případě, tedy v případě politiky bezzásahové i přísně střežené, se dálkový průzkum Země a následné zpracování dat za pomoci geografických informačních systémů jeví jako jedinečná a v budoucnosti dost pravděpodobně i jediná validní cesta monitoringu zdravotního stavu lesních porostů i zeleně všeobecně.

Ačkoliv po získání dat kýžené lokality se větší překážkou může zdát jejich samotné zpracování za pomoci vybraného geografického informačního systému, existuje v dnešní době poměrně široká databáze online zdrojů informací, rad a sebraných postupů od soukromých jednotlivců i samotných firem poskytujících dané softwary. Je zcela jednoznačně třeba zmínit také dostupné odborné publikace, jakou je například v této práci citovaná a pro nastínění vhodných postupů využívaná metodika *Detekce napadení lesních porostů pomocí bezpilotních leteckých prostředků* (Klouček et al., 2019). Také díky těmto akademickým i „laickým“ snahám je tak možnost monitoringu zájmových území a následného vytváření databází, tabulek, grafů a přehledových plánů nejen zjednodušena, ale také propagována – a právě v tomto ohledu má, jak doufám, své skromné místo i tato bakalářská práce.

## Literatura

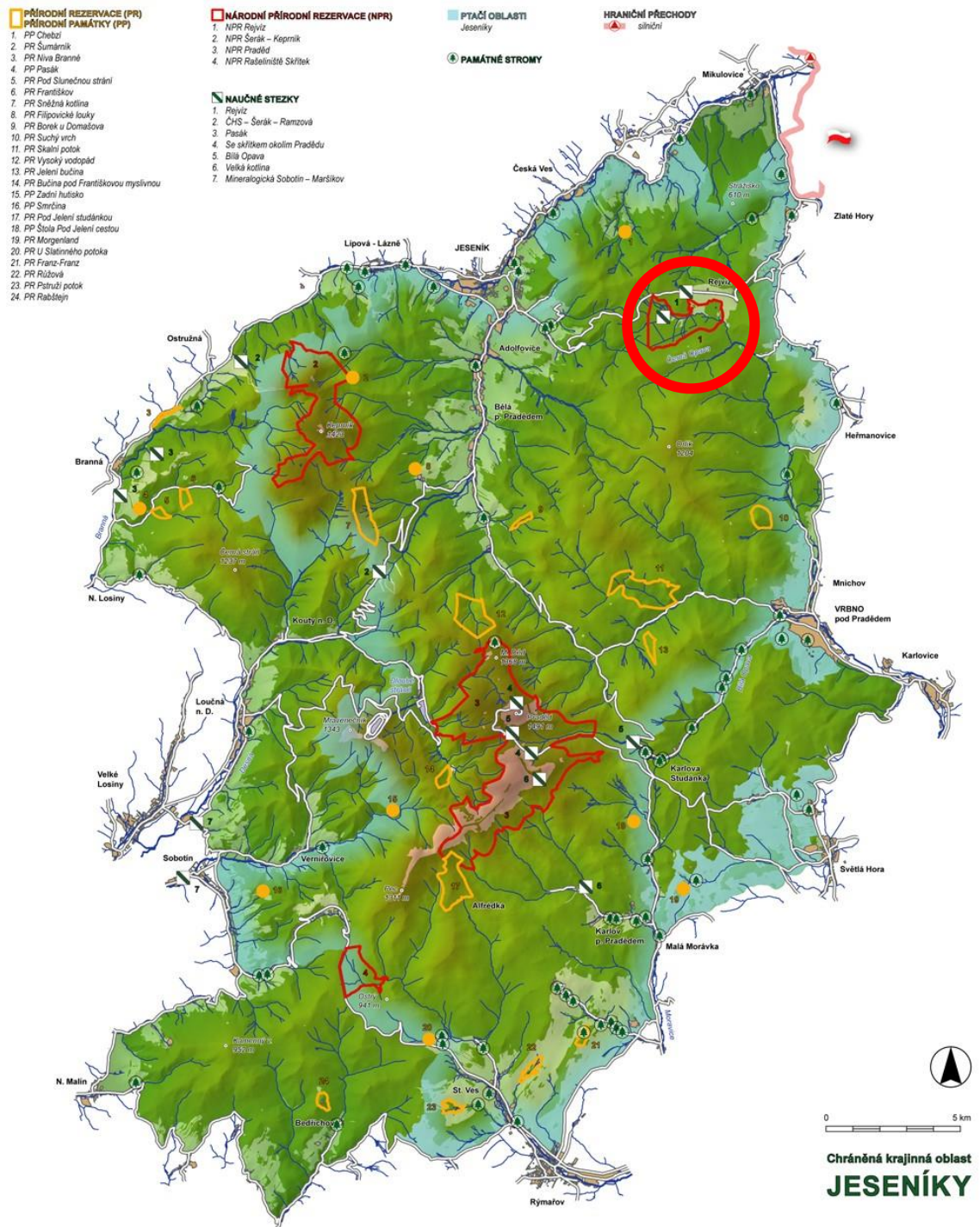
- AOPK ČR. (2020). NPR Rejvíz. Retrieved January 25, 2020, from <http://www.ochranaprirody.cz/lokality/?idlokality=371>
- Biedermann, P. H. W., Müller, J., Grégoire, J. C., Gruppe, A., Hagge, J., Hammerbacher, A., ... Bässler, C. (2019, October 1). Bark Beetle Population Dynamics in the Anthropocene: Challenges and Solutions. *Trends in Ecology and Evolution*, Vol. 34, pp. 914–924. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.06.002>
- Brovkina, O., Cienciala, E., Surový, P., & Janata, P. (2018). Unmanned aerial vehicles (UAV) for assessment of qualitative classification of Norway spruce in temperate forest stands. *Geo-Spatial Information Science*, 21(1), 12–20. <https://doi.org/10.1080/10095020.2017.1416994>
- CENIA. (2016). Základní informace a princip DPZ. Retrieved December 23, 2019, from Copernicus v ČR website: <http://copernicus.gov.cz/zakladni-informace-a-princip-dpz>
- Chlapek, J., & Servus, M. (2019). NPR Rejvíz ve víru kůrovcové gradace – cvičení z ochrany přírody pro pokročilé. *Ochrana Přírody*, 4. Retrieved from <http://www.casopis.ochranaprirody.cz/pece-o-prirodu-a-krajinu/npr-rejviz-ve-viru-kurovcove-gradace-cviceni-z-ochrany-prirody-pro-pokrocile/>
- Cibulka, M. (2020). *Fotogrammetrie*. Brno.
- Custers, B. (2016). The Future of Drone Use Opportunities and Threats from Ethical and Legal Perspectives. In *The Future of Drone Use*. <https://doi.org/10.1007/978-94-6265-132-6>
- ESRI. (2020). About Esri | The Science of Where. Retrieved March 25, 2020, from <https://www.esri.com/en-us/about/about-esri/overview>
- Gisat. (2020). *Družicová data*.
- Jactel, H., Koricheva, J., & Castagnyrol, B. (2019, October 1). Responses of forest insect pests to climate change: not so simple. *Current Opinion in Insect Science*, Vol. 35, pp. 103–108. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2019.07.010>
- Klouček, T., Komárek, J., Lagner, O., Fogl, M., & Gdulová, K. (2019). *Detekce napadení lesních porostů pomocí bezpilotních leteckých prostředků : certifikovaná metodika*. Retrieved from <https://kurovec.czu.cz/dl/76635?lang=cs>
- Komárek, J., Klouček, T., & Prošek, J. (2018). The potential of Unmanned Aerial Systems: A tool towards precision classification of hard-to-distinguish vegetation types? *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 71, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.05.003>
- Kovář, P. (2014). *Ekosystémová a krajinná ekologie*.
- Krása, A. (2015). *OCHRANA SAPROXYLICKÉHO HMYZU A OPATŘENÍ NA JEHO PODPORU*. Retrieved from [www.nature.cz](http://www.nature.cz)
- Latner, J. (2010). Národní přírodní rezervace Rejvíz. Retrieved January 25, 2020, from Lesy České republiky, s. p. website: <https://lesy-cr.cz/casopis->

clanek/narodni-prirodni-rezervace-rejviz/

- Lehmann, J. R. K., Nieberding, F., Prinz, T., & Knoth, C. (2015). Analysis of unmanned aerial system-based CIR images in forestry-a new perspective to monitor pest infestation levels. *Forests*. <https://doi.org/10.3390/f6030594>
- Lesní ochranná služba. (2002). Hřebenule ryšavá. *Lesnická Práce*, 8. Retrieved from [http://www.silvarium.cz/images/letaky-los/2002/2002\\_hrebenule.pdf](http://www.silvarium.cz/images/letaky-los/2002/2002_hrebenule.pdf)
- Minařík, R., & Langhammer, J. (2016). Use of a multispectral UAV photogrammetry for detection and tracking of forest disturbance dynamics. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 41, 711–718. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B8-711-2016>
- Näsi, R., Honkavaara, E., Blomqvist, M., Lyytikäinen-Saarenmaa, P., Hakala, T., Viljanen, N., ... Holopainen, M. (2018). Remote sensing of bark beetle damage in urban forests at individual tree level using a novel hyperspectral camera from UAV and aircraft. *Urban Forestry and Urban Greening*. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.01.010>
- Plánka, L. (2007). *Dálkový průzkum Země*. VUT v Brně.
- Příhoda, J., & Zahradník, P. (2019). Kůrovcové info. Retrieved from <http://www.kurovcoveinfo.cz>
- senseFly. (n.d.). senseFly S.O.D.A. - Professional Drone Photogrammetry Camera. Retrieved February 22, 2020, from 2020 website: <https://www.sensefly.com/camera/sensefly-soda-photogrammetry-camera/>
- senseFly. (2016). *The professional mapping drone*.
- Stoyanova, M., Kandilarov, A., Koutev, V., Nitcheva, O., & Dobрева, P. (2018). Potential of multispectral imaging technology for assessment coniferous forests bitten by a bark beetle in Central Bulgaria. *MATEC Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814501005>
- Tuček, J. (1998). *Geografické informační systémy - Principy a praxe*.
- University of Vermont. (2020). *Measuring the Greenness Index Using Picture Post and Analyzing Digital Images to measure seasonal changes in vegetation*. Retrieved from <http://picturepost.unh.edu>
- van Lierop, P., Lindquist, E., Sathyapala, S., & Franceschini, G. (2015). Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather events. *Forest Ecology and Management*, 352, 78–88. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.010>
- Vyhláška č. 101/1996 Sb.*, (2000).
- Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon) (eAGRI). (n.d.). Retrieved November 27, 2019, from [http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe\\_uplna-zneni\\_zakon-1995-289-viceoblasti.html](http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_zakon-1995-289-viceoblasti.html)

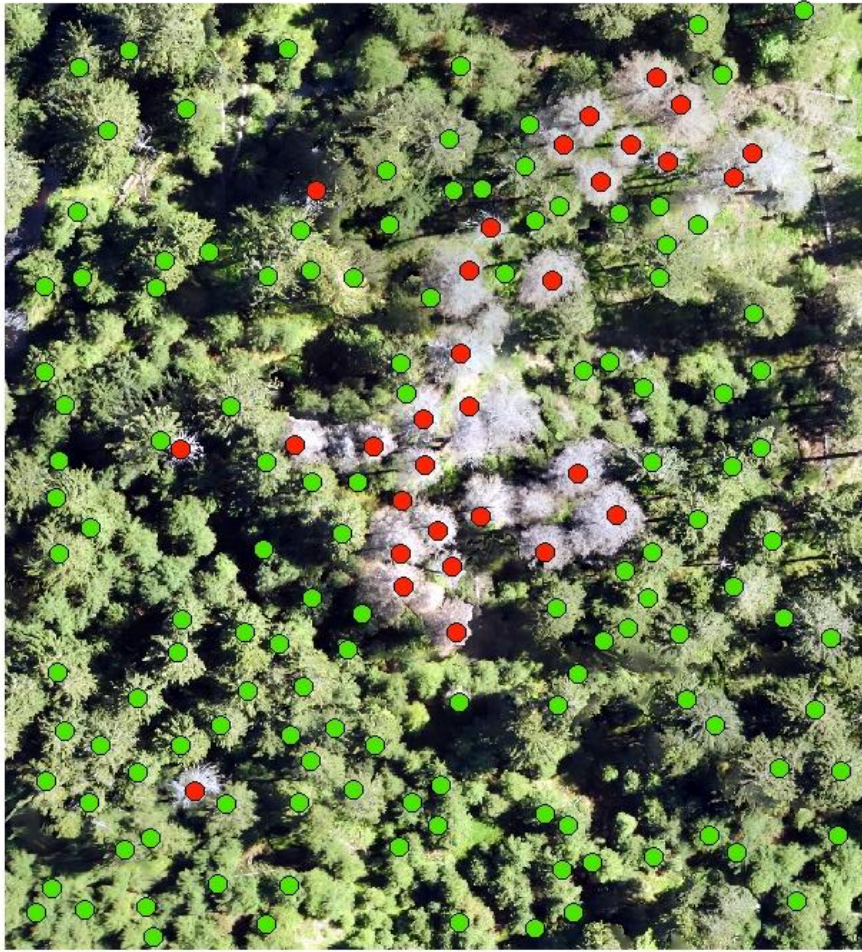


# Obrazové přílohy



Obr. 7: mapový podklad Elektronického digitálního povodňového portálu pro CHKO Jeseníky, zdroj: [https://www.edpp.cz/public/filemanager/bela\\_pod\\_pradedem/chko\\_jeseniky\\_cz.jsp](https://www.edpp.cz/public/filemanager/bela_pod_pradedem/chko_jeseniky_cz.jsp)

**NPR Rejvíz 31.5.2019**

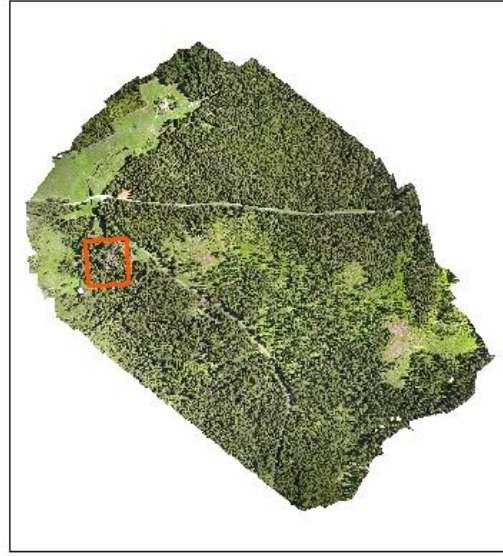


**1:600**



**Stav sledovaných stromů**

- Napadené
- Zdravé



Zpracovala: Lenka Vrzáková  
S.s.: S-JTSK  
Čtyřlody 2020

**NPR Rejvíz 31.5.2019**



**1:550**



**Stav sledovaných stromů**

- Napadené
- Zdravé



Zpracovala: Lenka Vrzáková  
S.s.: S-JTSK  
Čtyřlody 2020

**NPR Rejvíz 3.7.2019**



m 0 5 10 20 30 40 1:600



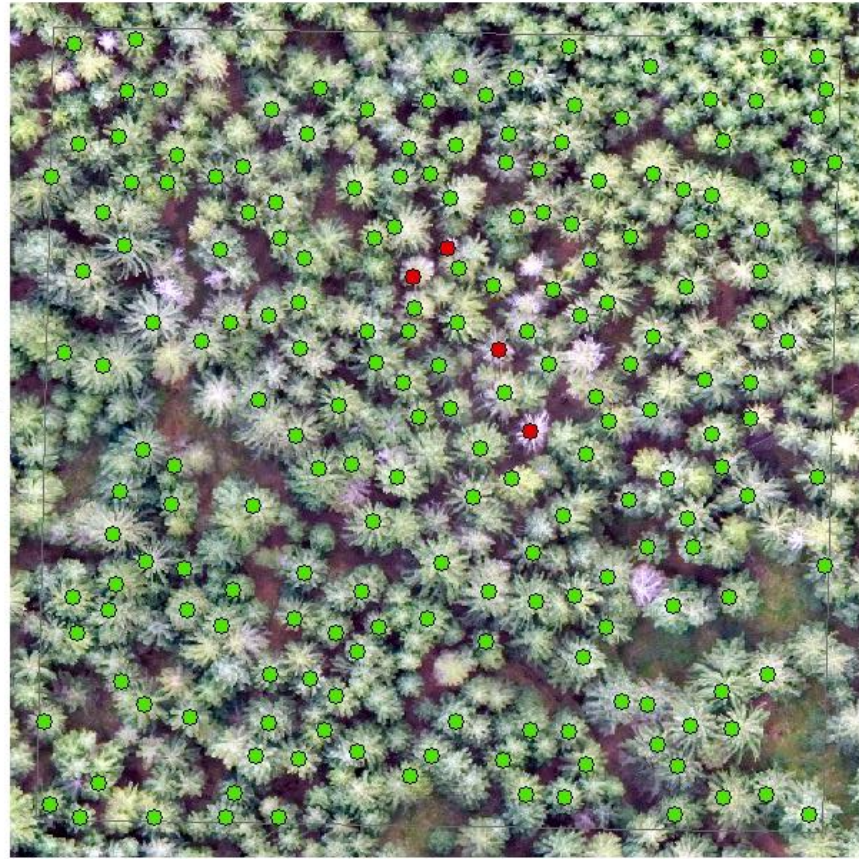
**Stav sledovaných stromů**

- Napadené
- Zdravé



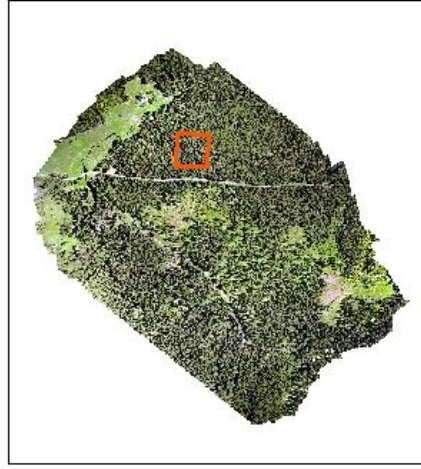
Zpracovala: Lenka Vizáková  
S.s.: S-JTSK  
Čtyřkoly, 2020

**NPR Rejvíz 3.7.2019**



**Stav sledovaných stromů**

- Napadené
- Zdravé



Zpracovala: Lenka Vrzáková  
S.s.: S-JTSK  
Čtyřkoly, 2020

NPR Rejvíz 8.8.2019



0 5 10 20 30 40  
m 1:600

S ↑

Stav sledovaných stromů

- Napadené
- Zdravé



Zpracovala: Lenka Vizáková  
S.s.: S-JTSK  
Čtyřkoly, 2020

NPR Rejvíz 8.8.2019

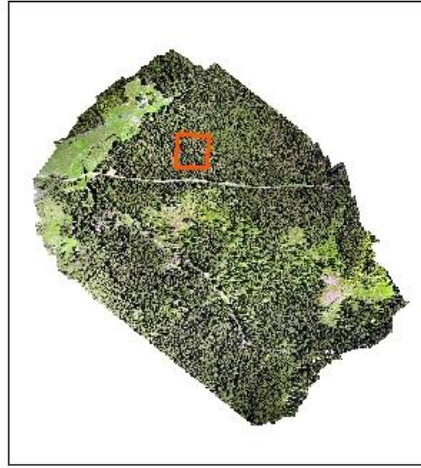


1:600



### Stav sledovaných stromů

- Napadené
- Zdravé



Zpracovala: Lenka Vrzáková  
S.s.: S-JTSK  
Čtyřkoly, 2020