



Fakulta životního  
prostředí

**Analýza stavu lesního porostu  
v Národním parku České Švýcarsko  
před a po požáru v roce 2022**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jan Komárek, Ph.D.

Autor práce: Bc. Marek Lebduška

Praha, 2023

---

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Marek Lebduška

Regionální environmentální správa

Název práce

**Analýza stavu lesního porostu v Národním parku České Švýcarsko před a po požáru v roce 2022**

Název anglicky

**Analysis of the forest state in the Bohemian Switzerland National Park before and after the fire in 2022**

---

### Cíle práce

Cílem práce je zmapování a popsání postupu parazitického hmyzu v Národním parku České Švýcarsko, který napadáním kmenů zdravých stromů způsobuje kalamitní stav. Cílem je porovnání procentuální změny rozlohy napadených, resp. suchých a zdravých ploch lesa před a po požáru v roce 2022. Autor cílí na vyhodnocení možného vlivu kalamitních (suchých) ploch lesa na postup a směr šíření požáru.

### Metodika

Autor za pomoci dat z volně dostupných satelitních snímků klasifikuje postup parazitického škůdce, resp. stanoví zastoupení suchých dřevin ve vybraném území. Autor se zaměří na stav lesa před i po kritickém požáru v roce 2022, dle dostupnosti satelitních dat autor analyzuje území ca v měsíčních intervalech. Stav lesního porostu vhodnými GIS a DPZ metodami vyhodnotí a výsledky náležitě interpretuje. Autor poté kriticky zhodnotí výsledky a diskutuje neurčitosti. Výsledky práce mj. autor vizualizuje prostřednictvím map, grafů a tabulek.

**Doporučený rozsah práce**

40-60 stran

**Klíčová slova**

Dálkový průzkum Země, kůrovec, analýza obrazu, satelitní data, suché dřevo

**Doporučené zdroje informací**

- Chu, T., & Guo, X. (2013). Remote sensing techniques in monitoring post-fire effects and patterns of forest recovery in boreal forest regions: A review. *Remote Sensing*, 6(1), 470-520.
- Lausch, A., Borg, E., Bumberger, J., Dietrich, P., Heurich, M., Huth, A., ... & Schaepman, M. E. (2018). Understanding forest health with remote sensing, part III: requirements for a scalable multi-source forest health monitoring network based on data science approaches. *Remote sensing*, 10(7), 1120.
- Lausch, A., Erasmí, S., King, D. J., Magdon, P., Heurich, M., 2016: Understanding forest health with remote sensing-part I-a review of spectral traits, processes and remote-sensing characteristics. *Remote Sensing* 8(12), P. 1029.
- Lausch, A., Erasmí, S., King, D. J., Magdon, P., & Heurich, M. (2017). Understanding forest health with remote sensing-part II—A review of approaches and data models. *Remote Sensing*, 9(2), 129.
- L Bond, M., E Lee, D., M Bradley, C., & T Hanson, C. (2009). Influence of pre-fire tree mortality on fire severity in conifer forests of the San Bernardino Mountains, California. *The Open Forest Science Journal*, 2(1).
- Mueller, E. V., Skowronski, N., Clark, K., Gallagher, M., Kremens, R., Thomas, J. C., ... & Simeoni, A. (2017). Utilization of remote sensing techniques for the quantification of fire behavior in two pine stands. *Fire Safety Journal*, 91, 845-854.

**Předběžný termín obhajoby**

2022/23 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Jan Komárek, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra prostorových věd

Elektronicky schváleno dne 28. 2. 2023

**doc. Ing. Petra Šimová, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 1. 3. 2023

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 19. 03. 2023

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Analýza stavu lesního porostu v Národním parku České Švýcarsko před a po požáru v roce 2022, vypracoval samostatně a citoval všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem uvedl v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

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

V Praze, dne 31.3.2021

.....

Marek Lebduška

## Poděkování

Děkuji Ing. Janu Komárkovi, Ph.D. za odborné vedení, rady, ochotu a trpělivost při konzultacích této diplomové práce. Také děkuji svým nejbližším, kterým jsem vděčný za podporu, kterou mi věnovali během celého studia.

## Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřena na analýzu lesního porostu před a po požáru na území Národního parku České Švýcarsko. Jejím hlavním cílem je analyzovat území požářiště v měsíčních intervalech. Území je hodnoceno řízenou klasifikací v systému ArcGIS Pro od společnosti Esri. Práce předkládá informace o základním členění a teoretickém rozdělení dálkového průzkumu Země. Praktická část popisuje způsob získu dat ze satelitních snímků a interpretuje jejich klasifikaci. Výsledné hodnoty jsou v diskuzi rozebrány a analyzovány.

**Klíčová slova:** Dálkový průzkum Země, kůrovec, analýza obrazu, satelitní data, suché dřevo

## Abstract

This thesis focuses on analyzing the forest stand before and after a fire in the territory of the Bohemian Switzerland National Park. Its main aim is to analyze the burned area in monthly intervals. The area is evaluated using supervised classification in the ArcGIS Pro system by Esri. The thesis provides information on the basic division and theoretical classification of remote sensing of the Earth. The practical part describes the method of obtaining data from satellite imagery and interprets their classification. The resulting values are discussed and analyzed in the discussion section.

**Key words:** remote sensing, bark beetle, image analysis, satellite data, dry wood

# Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíl práce .....	2
3. Základní charakteristika dálkového průzkumu Země.....	3
Historie.....	3
Fyzikální charakteristika .....	4
Spektrální vlastnosti objektů.....	7
Historie satelitů.....	8
Metody dálkového průzkumu Země.....	9
Konvenční fotografické metody .....	10
Nekonvenční metody .....	11
Základní vztahy a pojmy v oblasti leteckých snímků.....	11
Rozdělení leteckých snímků .....	14
Formáty používané pro letecké snímkování .....	15
Interpretace výsledných snímků .....	16
Zásady interpretace snímků.....	16
Interpretační znaky .....	16
Družicové systémy .....	18
Družice obíhající v rovníkové dráze.....	19
Družice se šikmou oběžnou dráhou .....	21
Družice se subpolární dráhou oběhu .....	21
DPZ a využití snímků pro environmentální aplikace .....	21
Monitoring lesních ploch .....	22
Lýkožrout smrkový .....	23
Kůrovec a České Švýcarsko .....	24
Druhovú skladba .....	27
Požár .....	27
4. Metodika.....	28
Esri ArcGIS.....	28
Potřebná data .....	28
Příprava dat.....	29
Klasifikace zájmového území .....	30
5. Data konkrétních měsíců .....	34
Červenec 2021 .....	34
Srpen 2021 .....	34



Září 2021 .....	35
Říjen 2021 .....	36
Prosinec 2021.....	37
Únor 2022 .....	38
Březen 2022 .....	39
Květen 2022 .....	40
Červen 2022 .....	41
Červenec 2022 .....	42
Říjen 2022 .....	43
6. Výsledky .....	44
7. Diskuze .....	47
8. Závěr a přínos práce.....	49
9. Zdroje .....	50
Seznam použitých zdrojů .....	50
Přehled literatury .....	52
Zdoje obrázků .....	54
Seznam obrázků .....	56
Seznam grafů .....	57

# 1. Úvod

Dálkový průzkum země je technika usnadňující vědcům, pedagogům, studentům či veřejnosti získat informace o zemském povrchu z velkých vzdáleností pomocí družic nebo jiných dálkových snímačů. Díky této technice jsme schopni získat informace o geologických rysech, klimatických změnách a dalších faktorech ovlivňujících život na planetě. Využití dálkového průzkumu pomůže odhalit blížící se katastrofu, změnu v zemědělském průmyslu ale i odborný výzkum. DPZ se stává stále mnohem silnějším nástrojem pro řešení celosvětových problémů a zlepšení života na naší planetě.

Požár v Českém Švýcarsku zničil značnou plochu, velkou část místního ekosystému a mnoho živých zvířat. Pro Českou republiku se jednalo o jednu z největších přírodních katastrof desetiletí a z pohledu požáru ve volné přírodě dokonce o jednu z nejhorších v celé historii. Národní parky se snažíme opečovávat, zvelebovat a chránit, aby zůstaly dědictvím pro budoucí generace.

Diplomová práce obsahuje popis hydrologických, fenologických i topologických okolností před a po ničivém požáru. Vyhodnocuje podíl zdravých a suchých ploch v zájmovém území požářiště. Součástí práce jsou obrazy vyhodnocené řízenou klasifikací využitou v systému ArcGIS Pro od společnosti Esri, které mají za cíl seznámit čtenáře se situací v daném měsíci před a po požáru a grafy, které znázorňují rozdíly v procentuálním rozložení zdravých a suchých ploch v průběhu času.

Dílčím výsledkem je rešeršní část zabývající se historií dálkového průzkumu Země, fyzikální podstaty DPZ, historií satelitů, metod průzkumu Země, rozdělením leteckých snímků, představením Lýkožrouta smrkového a zájmového území Národního parku České Švýcarsko.

Další částí může být považována datová sada map, grafů a rastrových souborů připravených pro práci v prostředí mapovacích software.

## 2. Cíl práce

Cílem práce je zmapování a popsání postupu parazitického hmyzu v Národním parku České Švýcarsko, který napadáním kmenů zdravých stromů způsobil kalamitní stav. Cílem je též porovnat procentuální změny rozloh suchých a zdravých lesních ploch zájmového území před a po požáru v roce 2022. Následně kriticky zhodnotit výsledky práce a neurčitost při měření území řízenou klasifikací snímků.

### 3. Základní charakteristika dálkového průzkumu Země

Dálkový průzkum Země chápeme jako měření, zkoumání či zobrazování konkrétních objektů, jevů či oblastí v krajině, které hodnotíme bez přímého fyzického kontaktu. Celý proces DPZ začíná zhotovením snímku a obrazového záznamu (ať už z dronu, letadla či družice), přes přenos dat, zpracování, samotné vyhodnocení, analýzu a využití. Snímky a záznamy se zpracovávají buď analogově nebo digitálně.

Základní metody rozeznáváme dvě-konvenční a nekonvenční. Konvenční metoda převládala hlavně v minulosti. Jejím výsledkem je fotografie. Naopak nekonvenční metoda používá snímky z družic. Tato metoda je v současnosti oblíbená především z důvodu rychlého přenosu dat. [1]

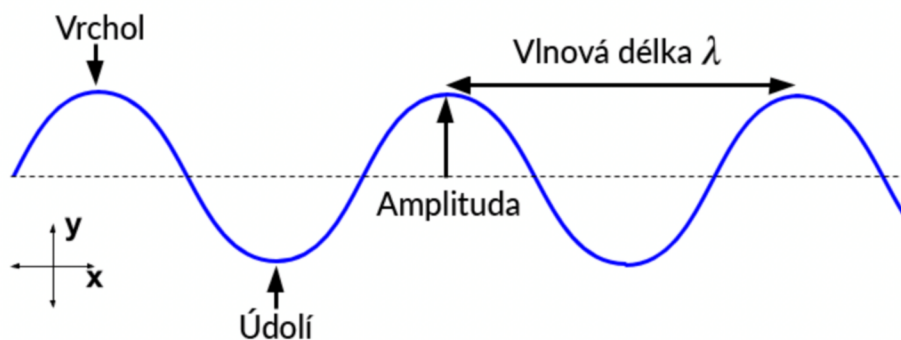
#### **Historie**

Historii DPZ můžeme rozlišit na 2 oblasti. Oblast teorie a oblast praxe. Teoretická část sahá až do roku 1666, kdy Newton při své práci řešil rozklad bílého světla na barvy spektra. V druhé polovině 19. století objevil Herschel infra-červené záření. V roce 1873 přichází Maxwell s teorií elektromagnetického záření, jejíž principem je tzv. Absolutní nula. Absolutní nula je situace, kdy předmět, který má vyšší teplotu než -273,15 °C. V tento moment objekt absorbuje, odráží a vyzařuje elektromagnetické záření, které lze díky opticko-mechanický, elektrotechnickým a dalším zařízením zachycovat a registrovat na velkou vzdálenost. [2]

V oblasti praxe úplné počátky DPZ datujeme k první polovině 19. století, kdy vynálezce Nicéphore Niépce vytvořil první známou fotografii. Během 1. světové války se ve velkém množství používat fotografování z letadel (předtím pokuty s horkovzdušným balónem nebo poštovními holuby) a během 2. světové války barevná IR fotografie. V dubnu 1960 začala vysílat první meteorologická družice TIROS I. Tato družice nesla 2 kamery – jedna kamera snímala planetu Zemi ve viditelném spektru, druhá v infračerveném. [3]

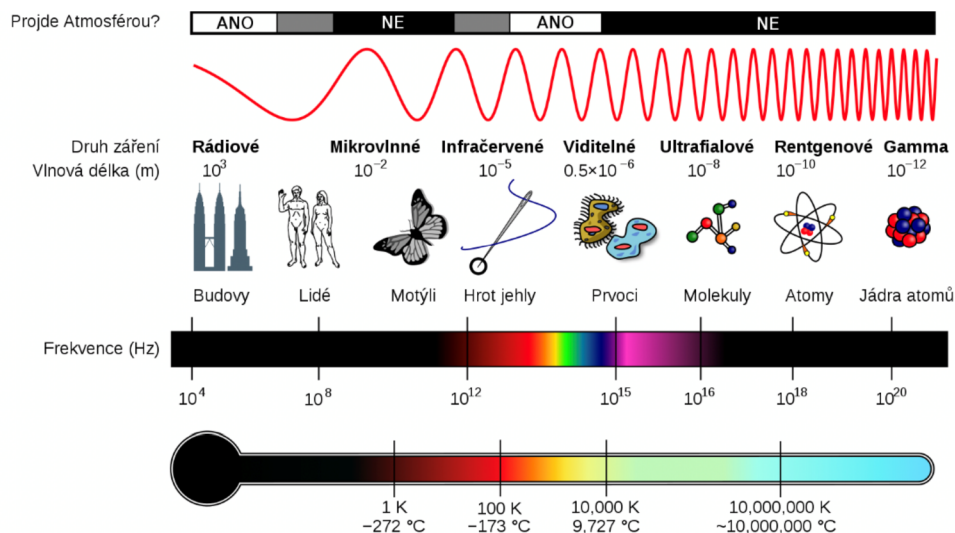
## Fyzikální charakteristika

Získání informací pro dálkový průzkum Země je nejčastěji elektromagnetické záření. Elektromagnetické záření je charakterizováno vlnovou délkou, čímž rozumíme vzdálenost dvou bodů ve shodné hodnotě na ose y viz obrázek 1.



Obrázek 1 - Schéma elektromagnetické vlny, zdroj [1, Khan Academy]

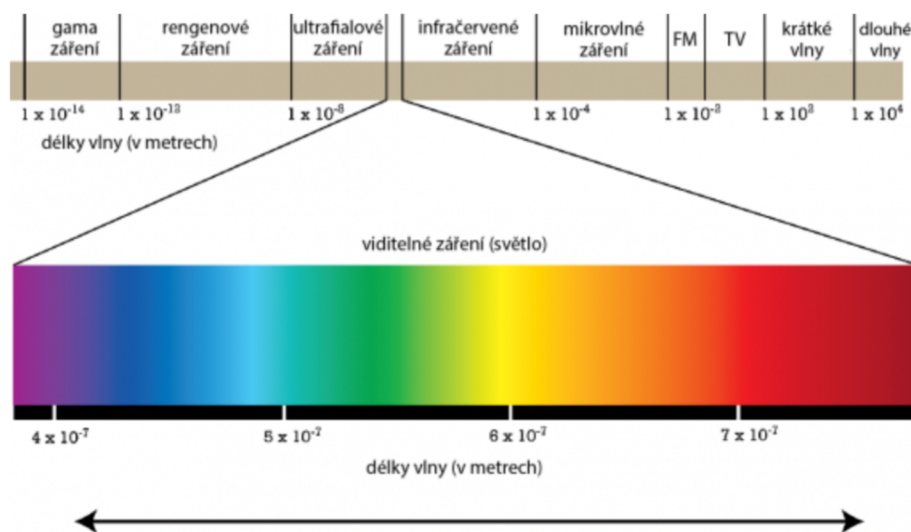
Elektromagnetické záření má spektrum rozlišující délku záření, které dělíme do několika skupin. Toto záření rozlišujeme například na to: zda projde atmosférou, o jaký druh záření se jedná či jakou frekvenci záření má.



Obrázek 2 - spektrum elektromagnetického záření, zdroj [2, wikipedia]

Člověk je schopný zaznamenat pouze světlo, což je z pohledu spektra velmi úzký interval. Ostatní části spektra není člověk schopný zaznamenat svými smysly.

S dnešními technologiemi jsme schopni měřit velkou šíří záření. Nejmenší vlnové délky je možné zaznamenat měřením, které je v hodnotách 0,1 mikrometru. Horní hranicí pro měření jsou jednotky decimetrů. [4]



Obrázek 3 - rozdělení vlnových délek, zdroj [3, Labguide.cz]

Vlnová délka je rozdělena do intervalů podle vzdálenosti dvou vrcholů ohrazujících jednu vlnovou délku (viz obrázek 1). Nejčastěji toto rozdělení ale vidáme v barevném spektru.

BARVA	VLNOVÁ DÉLKA
červená	625 - 750 nm
oranžová	590 - 625 nm
žlutá	565 - 590 nm
zelená	520 - 565 nm
azurová	500 - 520 nm
modrá	430 - 500 nm
filalová	400 - 430 nm

Obrázek 4 - barvy vlnových délek, zdroj [4, Ústav fyziky a jaderného inženýrství]

Elektromagnetické záření, které dopadá na Zemi může být buď odraženo, nebo pohlcováno. DPZ využívá slunečního záření odraženého (záření, které vzniká ze Slunce, po projití atmosférou a odražením se od Země se dostane až k snímači na družici) a vlastního záření emitovaného (např. záření, které vyzařuje lidské tělo). [5]

Pro nejvhodnější získávání informací o povrchu Země je vytvořeno šest základních skupin pro klasifikaci hodnot elektromagnetického záření. Jedná se o:

1. ultrafialové záření (vlnová délka 50 nm až 400 nm)
2. viditelné záření (vlnová délka 400 nm až 750 nm)
3. infračervené záření
  - A) infračervené záření blízké (vlnová délka 750 nm až 1400 nm)
  - B) infračervené záření střední (vlnová délka 1400 nm až 3000 nm)
  - C) tepelné záření (vlnová délka 3000 nm až 1 mm)
4. mikrovlnné záření (vlnová délka 1 mm až 1 m)

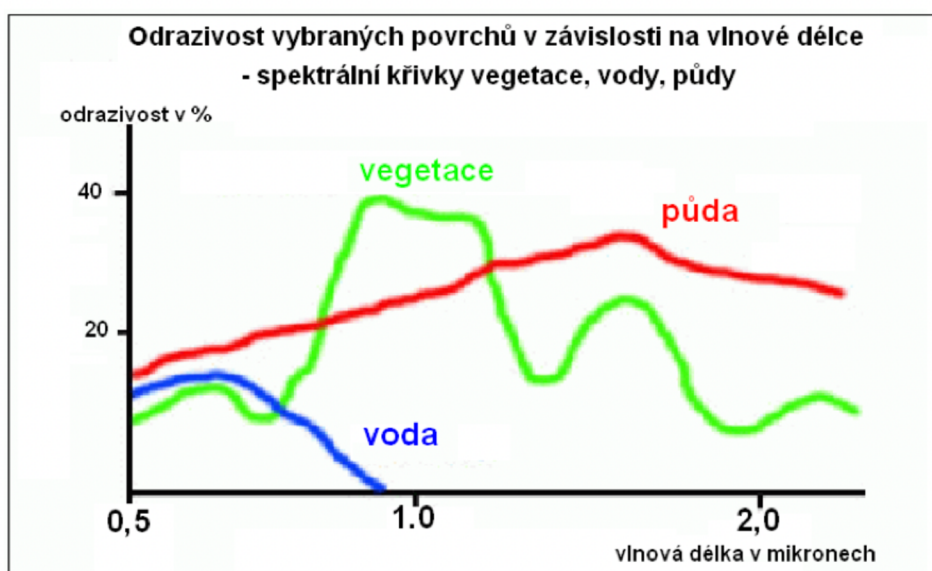
## Spektrální vlastnosti objektů

Rozpoznatelnost a viditelnost objektů na pozorovaných snímcích záleží na množství odraženého záření. Nejedná se ale o jediný parametr, který je u sbírání dat důležitý. Mezi nejdůležitější parametry, na kterých především záleží:

- Typ látky či území (např. chemické složení)
- Vlastnosti objektu (např. teplota nebo vlhkost)
- Stav nedalekých ploch a objektů (např. propustnost atmosféry)

Proto pokud porovnáme snímky stejné oblasti v rozdílných časech, můžeme sledovat i rozdílné výsledky z důvodu rozdílného odraženého a zaznamenaného záření. Tento parametr nazýváme tzv. spektrální odrazivostí. Pro konkrétní objekty poté porovnááme závislost mezi odrazivostí daného objektu a vlnovou délkou objektu. Následně graficky znázorníme spektrální křivku odrazivosti.

Pro správné a detailní rozeznání objektu jsou potřeba i dobré hodnocení stavu nedalekých ploch a objektů. Pokud bude objekt hned vedle našeho pozorovaného objektu mít stejné vlastnosti, budou na snímku splývat v jeden celek. Tento problém lze řešit nalezením intervalů vlnových délek, ve kterých se zobrazí rozdílné zrcadlení povrchů. [6]



Obrázek 5 - odrazivost vybraných povrchů, zdroj [5 Svatoňová a kol.,]



## Historie satelitů

### Landsat

Historicky nejdelší a nejširší využitím jsou družice Landsat. Od prvního vypuštění roku 1972, bylo vypuštěno již celkem 9 těchto družic (aktuálně pouze 2 aktivní). Jedná se o společný projekt NASA a USGS (United States Geological Survey). Mezi největší výhody těchto družic patří možnost využití snímku z dlouhého časového horizontu a následně analyzovat problematiku velkého časového rámce. Družice Landsat pomohly v minulosti získat informace z málo prozkoumaných oblastí planety Země (např. mapování kanadského pobřeží, proměny Aralského jezera či kuvajtské ropné pole při válce v Perském zálivu). Mezi největší přínosy těchto družic patří monitorování kvality vody, monitorování výnosu zemědělských plodin, mapování lesních porostů nebo mapování zastavěných ploch. [7]

### Spot

Jedná se o družice, které fungují od roku 1986. Od té doby se do DPZ zapojilo celkem 5 těchto družic (SPOT 1 až SPOT 5). Snímky Spot zaznamenávají od globálního měřítka 1 km až po měřítko 2,5 metrů. Díky více sensorovým přístrojům a frekvenci revizí jsou družice SPOT schopny získat snímek jakéhokoli místa na Zemi každý den a mají výhodu v tom, že mohou mapovat vegetaci ve flexibilních měřících (regionálním, národním, kontinentálním nebo globálním). Snímky SPOT VGT jsou velmi užitečné pro zjišťování velkoplošné dynamiky změn prostředí díky širokému záběru a citlivosti snímků na růst vegetace (použito např. při práci Huanga a Siegerta v severní Číně [8])

### Modis

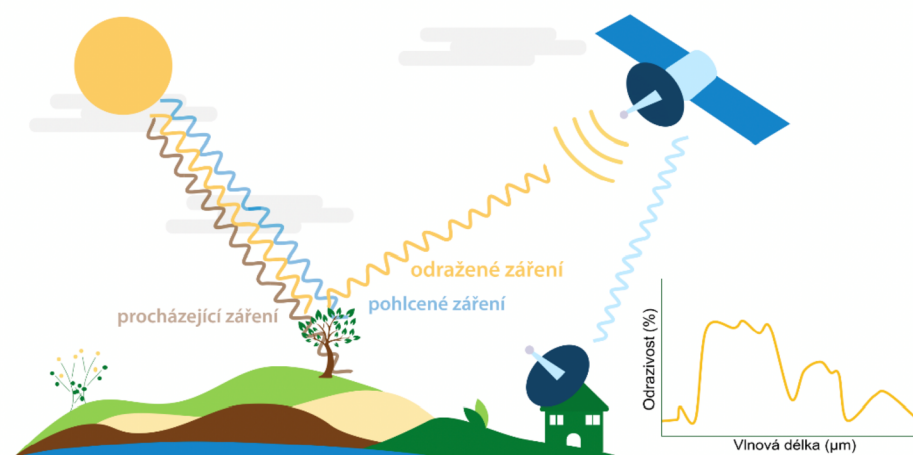
MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) je klíčový přístroj na palubě družic Terra (EOS AM) a Aqua (EOS PM). Družice Terra MODIS a Aqua MODIS jsou společně schopny zobrazit celý zemský povrch každé 1 až 2 dny. Shromážděné snímky z MODIS, zahrnující 36 spektrálních pásem s prostorovým rozlišením od 250 do 1 km, které se používají především k mapování dynamiky vegetace a procesů ve velkém měřítku. [9]

## Ikonos a Quickbird

Obě družice jsou první družice komerčního typu. Ikonos byl vynesen na oběžnou dráhu v září roku 1999, jeho vzdálenost od Země je 680 km. Snímky jsou pořizovány ve dvou režimech-černobílý s rozlišením 1 m a multispektrálním s rozlišením 4 m. Jejím provozovatelem je společnost Space Imaging. Družice Quickbird byla spuštěna až o 2 roky později, avšak dokázala v černobílém rozlišení snímat rozlišení až 60 centimetrů. Její barevný záznam dokázal pořádit rozlišení 2,4 metru. [10]

## Metody dálkového průzkumu Země

Základním rozdělením se rozumí členění na pasivní a aktivní metodu. Tyto metody rozlišujeme podle zdroje elektromagnetického záření. Pokud je záření vysíláno z přímo ze zdroje na nosiči, je odražené a následně zaznamenané, jedná se o aktivní metodu. Pokud je ale zaznamenáno odražené sluneční záření, je to metoda pasivní. Pasivní metodu dále dělíme na pasivní přímou a pasivní nepřímou, kdy pasivní přímá využívá odražené sluneční záření a pasivní nepřímá vlastní zdroj vyzařování. [11]



Obrázek 6 - odraz záření, zdroj [6, Copernicus CR]

## Konvenční fotografické metody

Historicky starší způsob zaznamenávání dat. Jak už nadpis napovídá, jedná se o způsob sběru dat pomocí fotografování. Kamery nebo foťáky byly zprvu uloženy v jednoduchých zařízeních jako je horkovzdušný balon nebo letadlo. Postupem času se začalo využívat i modernějších způsobů jako je například dron nebo satelit. I přes rozdílné způsoby zaznamenávání snímků jsou všechny metody závislé na vhodném počasí, konkrétně na světelných podmínkách a oblačnosti.

Snímky pořízené v minulém století pro topografické mapování mají i přes jejich černobílé záznamy velmi dobré prostorové rozlišení detailů. V dnešní době ale mnohem více využíváme barevných snímků, z důvodu lepšího rozlišování objektů na snímcích. Rozdíl mezi snímkem černobílým a barevným je z pohledu rozlišování objektů opravdu značný. Zatímco na černobílém snímku jsme schopni rozeznat desítky odstínů, na barevném to jsou až jednotky tisíc.

Pokud z důvodů nevhodných atmosférických podmínek, jako je např. mlha, nelze zhotovit černobílé snímky v dostatečné kvalitě, je využito materiálů citlivých na infračervené záření. Jejich výhodou oproti černobílému snímku je vyšší jasnost a kontrast. Obraz je zaznamenán v analogové formě na film.

Novou etapou v pořizování snímků bylo multispektrální fotografování. Jedná se o snímkování, při kterém komory s více objektivy pořizují záznam na černobílý či infračervený film. Každý z objektivů propouští pouze předem určený rozsah vlnových délek (tento rozsah se nazývá spektrální výtažek). Infračervené snímky umožňují identifikovat různé materiály nebo vegetaci podle jejich tepelného vyzařování. [12]

## Nekonvenční metody

Základním rozdílem oproti konvenční metodě je způsob vytváření snímku. Vytváření záznamu se soustředí na šíření elektromagnetického vlnění, tepelné záření či mikrovlnné radiové vlnění. Data vznikají tzv. řádkováním. Správné řádkování je nutné pro získání a následné použití kvalitních dat, především v případech topografických map nebo při detekci geologických rysů. Pokud je řádkování správně nastaveno, měla by být zajištěna co největší přesnost a kvalita výsledků. Kvalitní výsledek řádkování závisí na aspektech jako je typ terénu, rozlišení snímku nebo výška letu.

Snímkový detail je zde nižší než u fotografie. Mezi zařízení, která zaznamenávají data nekonvenční metodou se řadí:

Hyperspektrální kamery – zachycují obrazy ve velkém počtu úzkých spektrálních pásem

Radarové systémy – využívají elektromagnetické vlny k mapování terénu

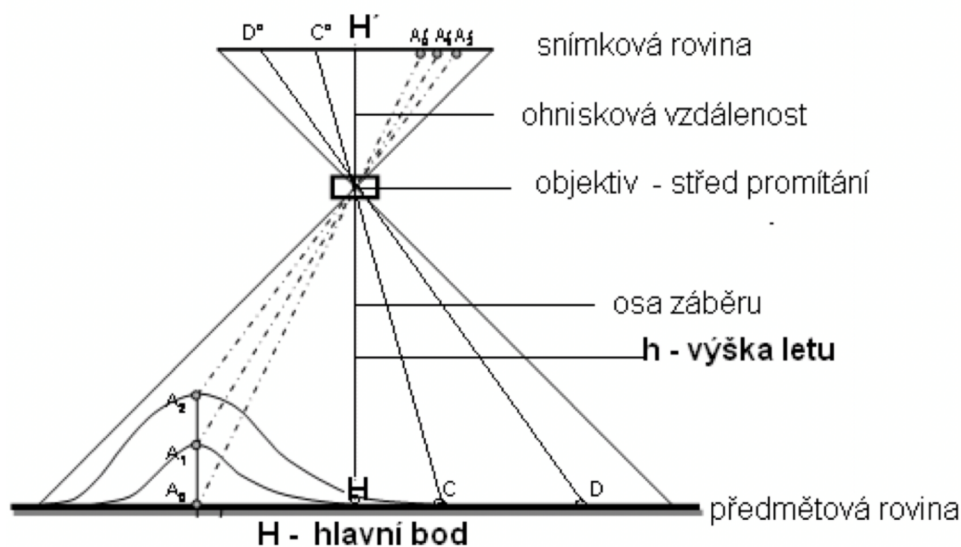
Lidarové skenery – využívají laserový paprsek ke generování vysoko kvalitních trojrozměrných map

Gravimetrické měřiče – vhodné na měření podpovrchových struktur

Magnetometrické měřiče – zachycují a detekují magnetická pole Země [12]

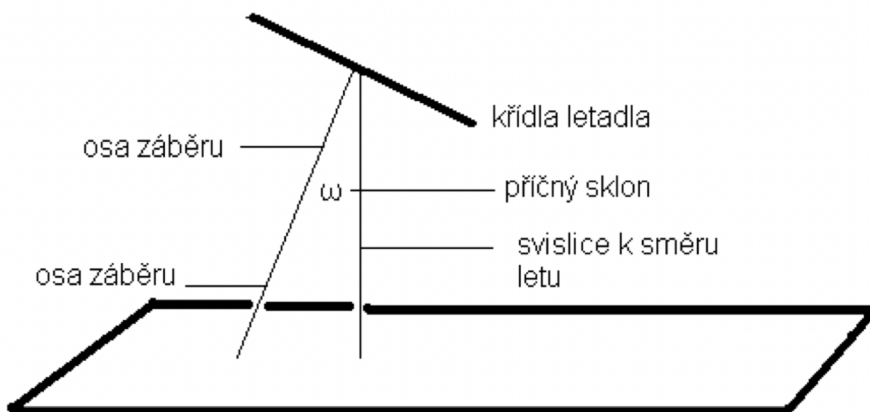
## Základní vztahy a pojmy v oblasti leteckých snímků

Při pořizování snímků z družice či letadla vycházíme z představy, že dokumentovaná plocha je rovinný terén a je rovnoběžná s rovinou předmětovou (rovina kolmá k optické ose). Středem promítání je objektiv fotokomory, který předmětové body B, C a D zobrazí ve snímkové rovině jako body B', C', D'. Ohnisková délka komory  $f$  (též nazývána jako konstanta komory). Její vzdálenost od snímkové roviny se značí  $(o)$ . Výška letu je svislou vzdáleností  $(h)$  mezi objektivem  $(o)$ . Paprsek, který prochází středem objektivu  $(o)$  a je kolmý na rovinu snímku nazýváme osou záběru.  $H'$  je hlavním bodem snímku. [13]

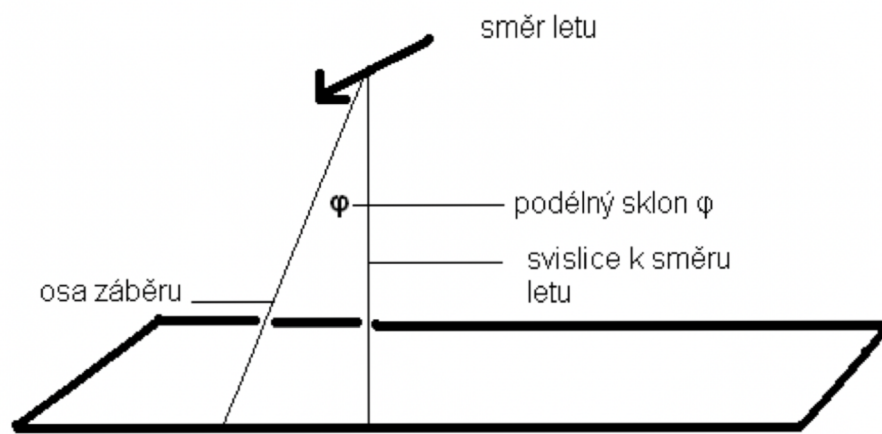


Obrázek 7 - veličiny výpočtu leteckého snímku, zdroj [7 Svatoňová a spol.]

Aby bylo možné definovat přesnou polohu předmětových bodů a vypočítat velikost zaznamenaného předmětu, je nutné znát tzv. prvky vnější a vnitřní orientace. Mezi prvky vnitřní orientace řadíme ohniskovou vzdálenost a polohu hlavního bodu. Vnější orientace obsahuje rekonstrukci optických svazků tak, jak bylo zaznamenáno v moment expozice mezi předmětovou rovinou a snímkovou polohou. Tato vzájemná poloha je ovlivněna podélným a příčným sklonem. [14]



Obrázek 8 - poloha pro příčný sklon, zdroj [8 Svatoňová a spol.]



Obrázek 9 - poloha pro podélný sklon, zdroj [9 Svatoňová a spol.]

## Rozdělení leteckých snímků

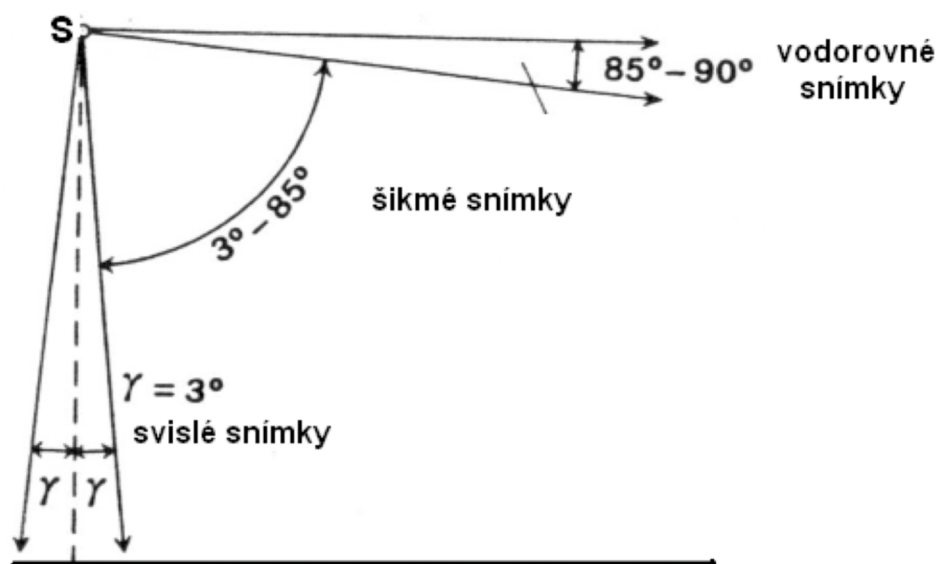
Základním rozdělením leteckých snímků pro účely mapování a topografie je hodnota sklonu osy záběru. Geometricky je počítáno od  $0^\circ$  (resp.  $-3$  pokud počítáme se zápornou hodnotou svislého snímku) až po  $90^\circ$  v případě vodorovného snímku.

Dělí se na:

Svislé-v případě, kdy je osa záběru přesně kolmá nebo odkloněná úhlem do  $3^\circ$  od kolmice na obě strany

Šikmé-osa záběru od svislice od  $3^\circ$  do  $85^\circ$

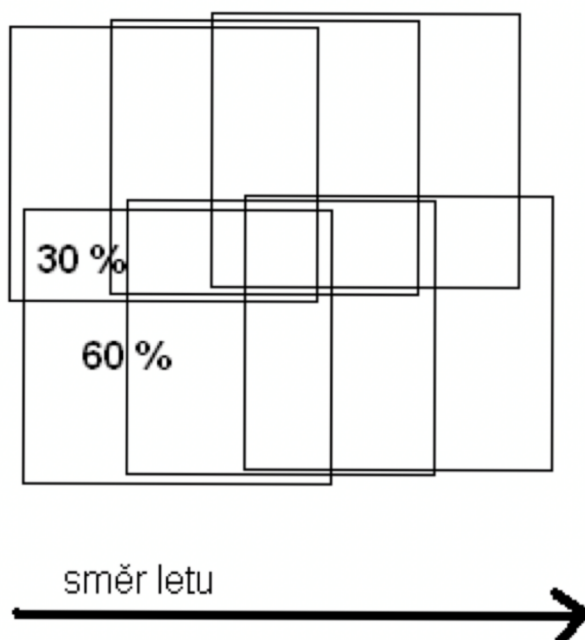
Vodorovné-odklon  $85^\circ$  až  $90^\circ$



Obrázek 10 - rozdělení sklonu osy záběru, zdroj [10 LDF MENDELU]

## Formáty používané pro letecké snímkování

Původní formát leteckých snímků byl původně v rozměru 18x18cm. V současné době jsou snímky větší, konkrétně 23x23cm či 30x30cm. Pokud se při mapování jedná o rozlehlé území a je potřeba vytvořit více snímků, pořizují se snímky řadové (v tomto případě se snímky pořizují s částečným překryvem z důvodu úplnosti mapované plochy). V praxi to znamená podélný překryv přibližně 60 % a příčný překryv 20-30 %.



Obrázek 11 - formát leteckých snímků, zdroj [11 rick.cz]



## **Interpretace výsledných snímků**

Jedná se o specifický proces, který se řadí mezi jeden z nejdůležitějších způsobů získávání dat o krajině a její změně v čase. Při klasifikaci i interpretaci snímků platí, že čím více je snímek kvalitnější, tím více přesných informací z něj lze vyčíst. Při interpretaci je ale potřeba zohlednit i další faktory které klasifikace nezohlednila, ale jsou při prezentování výsledku neméně důležité. Jsou jimi faktory jako jsou např. klimatické jevy při a před snímkováním, lidské aktivity v zájmovém území nebo kolem něj či topografie. [16]

## **Zásady interpretace snímků**

Základním úkolem při interpretaci snímků (ať už leteckých či družicových) je jejich systematické posuzování. Posuzování obsahuje několik částí.

Přesné určení polohy zájmového území – důležité pro následné přesné vyhledání dat jako například úhrn srážek, denní či noční teplota nebo větrnost.

Analýzu sousedních objektů a jejich možné působení na měřený objekt nebo území

Přesné klasifikování a zařazení konkrétních objektů do správných skupin klasifikace [17]

## **Interpretační znaky**

Pro jednodušší vyhodnocení objektů z pořízených snímků a záznamů z družic pomáhají interpretační znaky. Jsou to především:

Tvar

Textura

Struktura

Rozměr

Tón

Poloha

Vedlejší znaky (např. zjevné zásahy lidské aktivity)

Každý snímek vždy obsahuje 3 z výše uvedených znaků, které charakterizují daný snímek. Jedná se o rozměr, tvar a tón. Zbytek z výše uvedených interpretačních znaků nemusí být na snímku zastoupen, nebo se může měnit.

#### Tvar

Při snímkování jsou data pořízena z tzv. "ptačí perspektivy", proto je u snímků potřeba všimnout si detailů. Často totiž mají dva nebo více objektů na snímku stejný či velice podobný půdorys a jejich rozeznání může být na první pohled velmi složité.

#### Rozměr

Znak, který přímo závisí na měřítku snímku. V případě, že známe reálné rozměry objektu, ale nemáme k dispozici měřítko, jsme schopni ho dopočítat právě díky znalosti rozměru objektu. Ve většině případů se ale používá opačného způsobu, kdy známe měřítko a jsme nuceni zjistit velikost předmětu.

#### Tón

Tón rozlišujeme u černobílých fotografií a barevných fotografií rozdílně. Respektive u každé kategorie se zaměřujeme na jinou vlastnost snímku, ze které tón rozeznáme.

Jak černobílé fotografie, tak barevné fotografie mají svoje barevné spektrum. U černobílé je spektrem stupeň černé barvy. U barevné poté sytost barvy a intenzita jasu. U černobílé fotografie se jedná o zásadní bod, jelikož jsou podle odstínu zčernání identifikovány všechny objekty na snímku. Výsledný stupeň černé barvy je závislá na následujících faktorech:

Intenzitě světelného záření v době pořizování snímku

Úhlu plochy a úhlu slunečních paprsků

Vlastnostech předmětu (u hladkého povrchu např. silnice jsou paprsky odraženy, naopak u drsnějšího povrchu jsou rozptylovány a tříštěny)

Poloze slunce a fotokomory vůči sobě

Schopnosti objektu odrážet, pohlcovat nebo rozptylovat sluneční paprsky

Barvě povrchu (čím více červené a zelené bude snímek obsahovat, tím více bude tmavší, naopak čím více bude obsahovat žlutou, bílou a modrou, tím více bude světlejší)

## Stín

Jedná se o nestálý (proměnlivý) inter. znak, který se využívá zvláště na snímcích s většími měřítky. Lze z něj vyčíst především tvar tělesa u těles, které jsou těžko rozeznatelné kvůli tvaru nebo velikosti svého půdorysu. U posuzování stínů je zásadní, aby byl stín vržen zleva doprava, nebo směrem k pozorovateli. Je to z důvodu správného čtení snímku. V případě, že by se jednalo o stín zprava doleva nebo stín vržený od pozorovatele, jednalo by se o tzv. “falešný vjem”.

## Textura a struktura

Textura závisí na měřítku snímku, kdy při menším měřítku texturu tvoří menší objekty, zatímco při větším měřítku se tyto menší objekty spojí v celek a poté vystupují jako celek. Struktura již ukazuje vzájemné uspořádání, z kterého vzniká celek jako např. nížinná krajina.

## Poloha objektu

Nelze-li zkoumaný objekt dostatečně vyhodnotit z předchozích znaků, lze tak udělat z polohy objektu a vztahům k okolním objektům. Můžeme využít tzv. “příčinné souvislosti”, kdy vyhodnocovaný objekt a tvar v krajině mají logickou souvislost (např. jez či přehrada leží na vodním toku)

## Stopy lidské aktivity

Především pro doplnění informací a poznatků již získaných. Rozšiřují vnímání dané oblasti. Dobře viditelné především při řadě snímků v delším časovém úseku (např. zobrazení výstavby silnic, zástavby či přirozenému změny tvaru vodního koryta). [18]

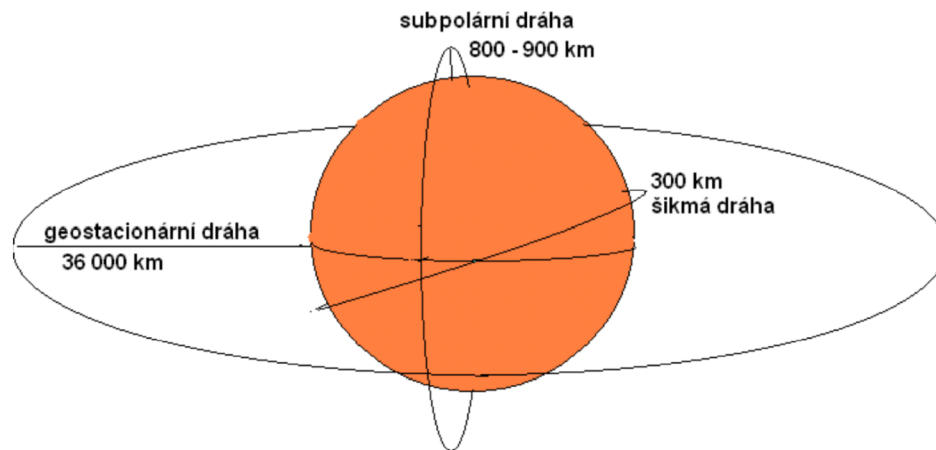
## **Družicové systémy**

Družice slouží k vytváření snímků zemského povrchu. Jejich obíhání planety Země se rozděluje na kruhové nebo eliptické, kdy mohou působit v rozdílných výškách a typech oběžných drah. Ty jsou tři.

### Šikmá oběžná dráha

### Rovina rovníku

### Subpolární oběžná dráha



Obrázek 12 - druhy oběžných drah, zdroj [12, Blažková]

## Družice obíhající v rovníkové dráze

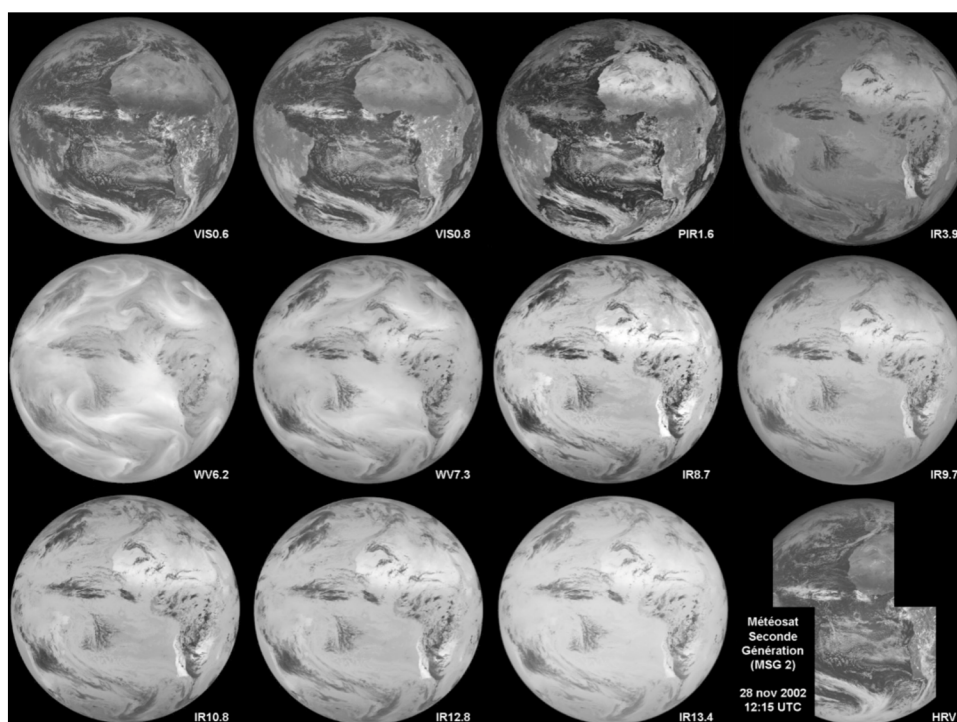
Jedná se o družice s geostacionární dráhou letu, pro které je typická jasně největší vzdálenost od Země. Průměrně se pohybují ve vzdálenosti okolo 36 000 km a směrem od západu k východu. Družice je nastavena tak, aby její jedna rotace proběhla za stejně dlouhou dobu jako je otočení Země. Životnost družice závisí na množství paliva a jeho spotřebě, které je využíváno při korekci polohy, která je potřeba pravidelně kontrolovat a případně upravovat. Při stavu docházení paliva se družice nasměruje do větší vzdálenosti od Země, aby zůstal prostor pro aktivní družice. Z tohoto důvodu však vzniká velké množství “vesmírného odpadu”. Součástí družic obíhajících v rovníkové dráze jsou i meteorologické družice, jenž monitorují pohyb oblačnosti a předpovídají počasí. Pro oblasti Evropy, Afriky, Atlantského a Indického oceánu jsou nejdůležitější družice METEOSAT. Tyto družice s sebou nesou od snímače obrazových dat, telemetrické a řídicí jednotky až po přístroj na měření celkového záření.

Zobrazovacím zařízením je SEVIRI. Jedná se o přístroj zaznamenávající snímky Země v jedenácti úzkopásmových spektrálních kanálech a jednom širokopásmém.

[19]

číslo kanálu	označení kanálu	Střed intervalu v ( $\mu\text{m}$ )	Šířka intervalu v ( $\mu\text{m}$ )	poznámka
1	VIS0.6	0,635	0,56–0,71	viditelné záření
2	VIS0.8	0,81	0,74–0,88	viditelné záření
3	NIR1.6	1,64	1,50–1,78	blízké infračervené záření
4	IR3.9	3,92	3,48–4,36	atmosférické okno, infračervené záření
5	WV6.2	6,25	5,35–7,15	absorpce vodní páry, infračervené záření
6	WV7.3	7,35	6,85–7,85	
7	IR8.7	8,70	8,30–9,10	atmosférické okno, infračervené záření
8	IR9.7	9,66	9,38–9,94	absorpce ozónu, infračervené záření
9	IR10.8	10,80	9,80–11,80	atmosférické okno, infračervené záření
10	IR12.0	12,00	11, 00–13, 00	
11	IR13.4	13,40	12,40–14,40	absorpce CO <sub>2</sub> , infračervené záření
12	HRV		0,5–0,9	Široké pásmo viditelného záření, vysoké rozlišení

Obrázek 13 - spektrální kanály, zdroj [13, Svatoňová a kol.]



Obrázek 14 - grafická ukázka spektrálních kanálů, zdroj [14 Svatoňová a kol.]

## **Družice se šikmou oběžnou dráhou**

Družice svírající úhel od 30 do 60 stupňů s rovníkovou rovinou, které jsou využívány jako kosmické lodi s kosmonauty nebo astronauty na palubě. Jejich typickým znakem je mnohem nižší vzdálenost od Země (řády stovek kilometrů). Jejich využití je primárně pro vědecké účely či různé testování. V současnosti jedinou vesmírnou stanicí toho typu je stanice ISS. Je využívána 5 kosmickými agenturami včetně USA a Ruska. [19]

## **Družice se subpolární dráhou oběhu**

Družice se subpolární dráhou letu jsou výše než ISS, ale o mnoho blíže Zemi než družice v rovníkové dráze. Pohybují se ve výšce 800–900 km nad Zemí. Nejčastěji oběhne kolem planety 12x až 16x za 24 hodin.

Družice se pohybují od severu k jihu, mají rozlišovací schopnost několika metrů a pořizují snímky a v měřítku od 1: 10 000 000 do 1: 25 000.

## **DPZ a využití snímků pro environmentální aplikace**

Využití snímků pro environmentální aplikaci je celá řada. Patří sem:

Monitoring využití krajiny

Monitoring lesních ploch

Mímolešní rozptýlená vegetace

Monitoring zemědělské půdy

Rozpínání a živelný růst sídel

Monitoring teploty povrchu

Monitoring vodných ploch

Monitoring údolních niv

Monitoring pohybu povrchu

Monitoring biotopů [19]

S ohledem na téma této diplomové práce se budeme zaměřovat především na monitoring lesních ploch.

## Monitoring lesních ploch

Třetinu plochy České republiky pokrývají lesní porosty a jejich plocha časem roste. Kvůli výsadbě Smrku ztepilého došlo na našem území k vytvoření nepůvodních monokultur a současně za přispění globálního oteplování dochází ke stále zhoršujícímu stavu lesních ploch a ke snižování ekologické stability. Největším ukazatelem pro nás může být mnoho kalamit na přelomu 20. a 21. století. V horizontu posledních 7 let se u nás v důsledku velmi teplého počasí a sucha začal ve velkém rozšiřovat kůrovec, který se postupně rozšířil po celé ploše ČR. Přestože je kůrovec nechtěným živočichem v našich lesích, je pro tuto diplomovou práci nejdůležitějším faktorem. Podle jeho působení a následném postupu požáru budeme vyhodnocovat, zda a v jakém měřítku měl na tuto obrovskou tragédii zásluhu.

Z důvodu rozšíření se kůrovce, suchu a poryvu větru začalo být více a více zřejmé, že je potřeba začít dokumentovat a zaznamenávat změny v posledních letech. Ministerstvo životního prostředí využívá dat Ministerstva zemědělství (především Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, též znám jako ÚHUL). V těchto datech najdeme od statistických údajů až po záznamy DPZ. Tyto data ale pro naše potřeby nemusí mít nejvhodnější data (často se zaměřují na jinou problematiku). Pro sběr dat v rovině ekologicko-stabilizační funkce lesa je pro nás nejdůležitější znát:

Plošná výměra lesů

Druhové složení

Zdravotní stav lesů

Velikost holin a jejich obnova

Funkce lesa

V systému Copernicus je vhodným způsobem pro monitoring lesů. Můžeme využívat jak data CORINE Land Cover, tak například HRL Forest. Oba produkty mají samozřejmě rozdílné silné a slabé stránky. CORINE Land Cover je schopný sledovat oblasti s dlouhou časovou řadou, ale za následek je nízké rozlišení. HRL Forest má hodnoty opačně. Zaznamenává kratší záznam, avšak detailnější.

V případě problematiky řešené touto diplomovou prací je možnost využít tzv. Kůrovcovou mapu. Jedná se o projekt Specializovaného pracoviště dálkového

průzkumu Země z Frýdku Místku. Důvodem vytvoření mapy je snaha co nejvíce sjednotit data proti šíření kůrovce na českém území. Mapa skládá dohromady data, která nesou informace o:

Rozšíření smrků vyšších než 12 metrů (data z leteckého snímkování ČÚZK a dat Sentinel 2 z roku 2016)

Mapy LAI – mapa zobrazující index poklesu listové plochy z dat Sentinel 2

Kůrovcová mapa je tvořena daty, které do aplikace zadávají dobrovolníci a tvoří tak mapu společně. Do aplikace je potřeba vložit informace o pravidelnosti kontroly, množství lapačů na danou oblast, kde se lapače nacházejí, nadmořskou výšku apod.. Projekt funguje od roku 2016 a v roce 2019 se do něj zapojilo 168 lesníků na 366 místech. [20]

## **Lýkožrout smrkový**

Jedná se o brouka z čeledi nosatcovitých, podčeledi kůrovcovitých. Z dospělosti dorůstá velikosti až 5 mm a má hnědou až černohnědou barvu. Vytváří chodby až 12 cm dlouhé a 3 mm široké. Zaměřuje se na silnější část kmene. Menší části stromu přenechává jiným druhům parazitů. Primárně se (již podle názvu) soustředí na smrky, avšak dokáže parazitovat i na borovicích či modřínkách. V nadmořské výšce do 700 m. n. m. má zpravidla 2 generace do roka. Ve vyšších polohách to je potom pouze jedna. V případě vhodných podmínek (brzký nástup jara a velmi teplá letní podnebí) může mít i o generaci více. Samice jsou schopné vyprodukovat za svůj život 20-100 vajíček. Vývoj Lýkožrouta trvá 6-10 týdnů.

Lýkožrout smrkový je podle platné vyhlášky MZe ČR č. 101/1996 Sb. klasifikován jako kalamitní škůdce. Přestože jeho zařazení je až do skupiny druhořadých (sekundárních) škůdců, kdy napadá až odumřelé dřevo (těžba, větrné polomy) může v případě přemnožení a nedostatku vhodného materiálu začít napadat i zprvu oslabené dřeviny a následně i zcela zdravé stromy.

Evidence a monitoring je prováděn speciálními lapáky a lapači. Evidence se provádí ve všech oblastech, kde se nachází minimálně 20 % smrčín a stromy jsou minimálně 60 let staré. Pokud měřená oblast nedosáhla v minulém měřicím období hodnot vyšších než 1 m<sup>3</sup> kůrovcového dřeva na 5 ha lesa a současně nedošlo k vytvoření tzv. ohnisek žíru, mluvíme o základním stavu. Při základním stavu se měření provádí



pochůzkovou metodou a napadené stromy se evidují lidskou silou. V momentě, kdy ale hodnota kůrovcového dřeva přesáhne 1 m<sup>3</sup> na 5 ha lesa je evidován zvýšený stav. V tu chvíli je potřeba evidovat parazity lapáky či feromonovými lapači. Zařízení se instalují na místa největšího ohrožení (např. paseky po polomech) v počtu minimálně 1 zařízení na měřenou plochu (5 ha). V situaci, kdy lýkožrout působí již velké škody je evidován kalamitní stav. Při kalamitním stavu už evidence přechází v přímou obranu a jsou nasazeny feromonové lapače. Objem napadeného dřeva je monitorován v období od 1.8. do 31.3.

Pro ochranu lesa a zdravého dřeva můžeme udělat mnoho. Od odvozu dřeva z lesa s následným odkorněním, nasazení feromonových lapačů či odvětvených kmenů stromů jako lapáků. Chemické přípravky používáme pouze v souladu s platnými nařízeními a pravidly. Jednou z alternativ je i podpora predátorů (např. Posílení hmyzožravého ptactva vyvěšením budek).[21]

## **Kůrovec a České Švýcarsko**

České Švýcarsko se řadí mezi jedno z nejmladších a nejmenších národních parků v České republice. Prohlášeno za národní park bylo 1.1.2000 a se svojí rozlohou pouhých 8000 ha je menší už pouze Národní park Podyjí. NP České Švýcarsko je charakteristický vysokou lesnatostí (téměř 97 %) a tudíž i nízkou procentuální mírou urbanizace. Drtivou většinu lesních ploch spravuje Správa NPČS.

Kůrovec se na území NP začal objevovat v průběhu roku 2017 a v roce 2018 se již naplno rozjela jeho expanze Národním parkem. Stromy zde napadá konkrétně lýkožrout smrkový.

Velká část původních kultur-produkční smrčiny, byly změněny v důsledku mniškové kalamity na počátku 20. století. Správa NP se od počátku existence NP snaží o docílení implementace chybějících, či nedostatečně zastoupených dřevin. Bohužel Správě NP se stále nedaří zbavit se nepůvodních a invazivních druhů, mezi které patří především douglaska tisolistá, modřín opadavý nebo borovice vejmutovka. Bohužel za dvacetileté trvání NP se pracovníkům stále nepodařilo vypořádat se s kultury smrčín, které se na tomto území vyskytovaly již před založením parku.

Pro zasazení i do geografického kontextu je potřeba se na problematiku kůrovce v NP České Švýcarsko podívat širší perspektivou. V Nedalekém NP Saské Švýcarsko se

kůrovec ve velkém rozvinul již v roce 2017 a to pouze ve vzdálenosti 1,5 kilometru od hranic NP České Švýcarsko. Největší gradace byla zaznamenána v severozápadní části NPČŠ. Důvodem byly v průměru vyšší teploty a nižší srážky než ve zbytku Národního parku. Do roku 2019 bylo kůrovcem zlikvidováno přibližně 50 % všech smrků.

Z pohledu klimatického máme pro pozitivní výskyt uschlých stromů také hned několik logických vysvětlení. V říjnu roku 2017 zasáhl Českou republiku orkán Herwart. V lednu 2018 poté orkán Friederik. I přesto, že bylo jak v I. zásahové zóně, tak v II. zásahové zóně všechno dřevo asanováno, rozšířil se kůrovec a jeho ohniska bez ohledu na tuto skutečnost. Smrky zažily kruté časy v první polovině roku 2018, kdy velmi brzký nástup jara a extrémní letní teploty pokračující již z roku 2017 zapříčinily velmi dobré podmínky pro lýkožrouta. Stromy rostoucí na stresových plochách nedokázaly téměř nijak reagovat na útoky lýkožroutů a byly pro živočichy lehkou kořistí. Ohniska lýkožrouta se následně zvětšovala až do velikosti desítek hektarů. Nejhorší situací byla oblast Černý grunt u Hřenska, kde aktivitu akceleroval i nezpracovaný polom. Množství lýkožrouta bylo v tento moment tak veliké, že ani správná a rychlá asanace nepomáhala se s tímto parazitem vypořádat. Správa NP nebyla schopná i přes nábor a zvýšení pracovních kapacit bojovat s kůrovcovou kalamitou. V roce 2019 Správa parku změnila svoji strategii. Neprobíhalo již náhodné těžení, které by vytvořilo ještě větší holiny a definitivně zničilo ekosystém NPČŠ. Bylo rozhodnuto o odstranění pouze těch stromů, které by svojí lokací mohli zapříčinit poškození cizí věci nebo újmu na lidských životech. V dubnu roku 2019 bylo rozhodnuto, že se skončí s nahodilou těžbou na přibližně dvou třetinách parku. Za následujícího půl roku vzrostla plocha odumřelých stromů na více než osminásobek (z 130 ha na 1000 ha). [22]

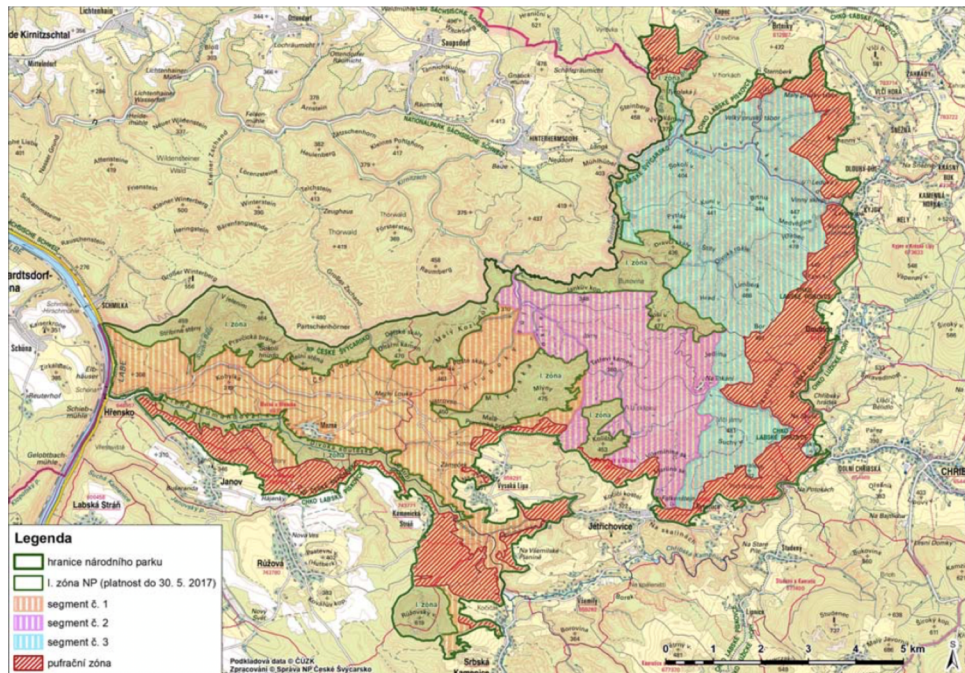
Legislativně bylo určeno, že se bude zasahovat pouze do tzv. Nárazníkové (pufrační) vrstvy, která se vyskytuje ve vzdálenosti 500 od hranice sousedního pozemku a blíže. Sloužit má k ochraně cizího majetku a má předem dané rámcové podmínky podle kterých se postupuje.

Holiny nesmí překročit plochu 1 hektaru

V průběhu 10 let se smí odlesnit pouze 10 % této zóny

Ochrana cílových dřevin

## Ochrana přírodních a přírodě blízkých organismů



Obrázek 15 - segmenty NPČŠ, zdroj [15, npcs.cz]

## **Druhov skladba**

Mren zájmové uzem, kter bylo zničeno poarem se skládá z 3 druh lesů. Nejvet procentuální zastoupení má jehlinat les- 68,39 %, následuje smšen les- 17,76 % a nejmenší částí je les listnat, kter tvoří 13,83 %. Obrovskou částí nejen v mrenm uzem byly smrkov monokultury, kter se, jako zástupce jehličnanů z velké míry zasloužily o rychl proces hoření a postup ohně. V oblastech listnatých lesů před poarem stly buky, bizy nebo duby. [23]

## **Poar**

Poar v Národním parku esk Švycarsko vypukl v sobotu 23. ervence 2022. Celkov rozsah poaru byl 1600 hektarů půdy. 3 dny po vypuknutí se poar rozil na uzem Německa do NP Sask Švycarsko. Na Nmeckm uzem poniil 250 hektarů. Poar se v NPS podařilo definitivn uhasit až 12. srpna a Saskm Švycarsku dokonce až o tyden pozdej - 19. srpna.

Z důvodů pískovcového podloží, kter má tendence rychle vysychat, vlny velkých veder a silného větru se poar zaalit obrovskou rychlostí. Původce poaru podle zkoumání hasičů měla být odhozen neuhaen cigareta, kter se na parkovišti v Malinovm dole za pispen ve uvedených faktorů stala poatkem tohoto neštěstí.

Oheň urazil za 20 dn téměř 10 kilometrů, a i kd prv zpravy a předpoklady kalkulovaly s rychlou lokaliz a uhaenm, opak byl pravdou. Poar ve velkm postupovat holoseemi, kter (bude zkoumáno v prbehu této diplomov práce) mohli napomocien poaru. [24]

## 4. Metodika

Metodická část práce se zaměřuje na analýzu lesních ploch zájmového území v Národním parku České Švýcarsko, na kterém proběhl na konci července a začátku srpna 2022 rozsáhlý požár. V této části je popsána především tvorba map a práce v programu Esri ArcGIS. Tento program je v současné době považován za jeden z nejrozšířenějších a nejvíce osvědčených programů v práci s prostorovými daty. Metodika obsahuje postup a informace o postupu a sběru potřebných dat, získání potřebné části informací z nich a úpravu tak, aby byla data co nejsrozumitelnější.

### Esri ArcGIS

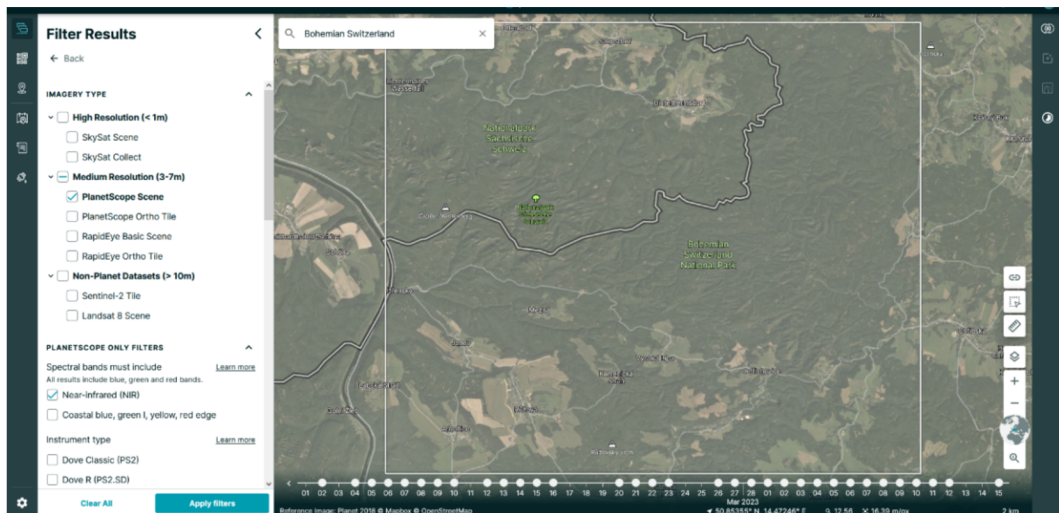
Environmental Systems Research Institute (zkráceně Esri) je hlavním vývojářem softwaru ArcGIS. Společnost Esri vyvíjí a nabízí několik variant programu ArcGIS. Tato diplomová práce pracuje s variantou ArcGIS Pro, jenž je jednou z nejnovějších produktů společnosti Esri.

### Potřebná data

Primárním úkolem bylo získat vhodná data. Po vyhodnocení několika dodavatelů dat, jak soukromých, tak i veřejných firem vyšla nejlépe webová aplikace Planet.com.

Planet.com nabízí snímky na denní bázi a v rozlišení od 1 m až po rastry větší než 10 m. Pro vyhodnocení diplomové práce bylo zvoleno Medium Resolution s velikostí rastru 3-7 m. Pro účely hodnocení zdravých a suchých ploch naprosto dostačující.

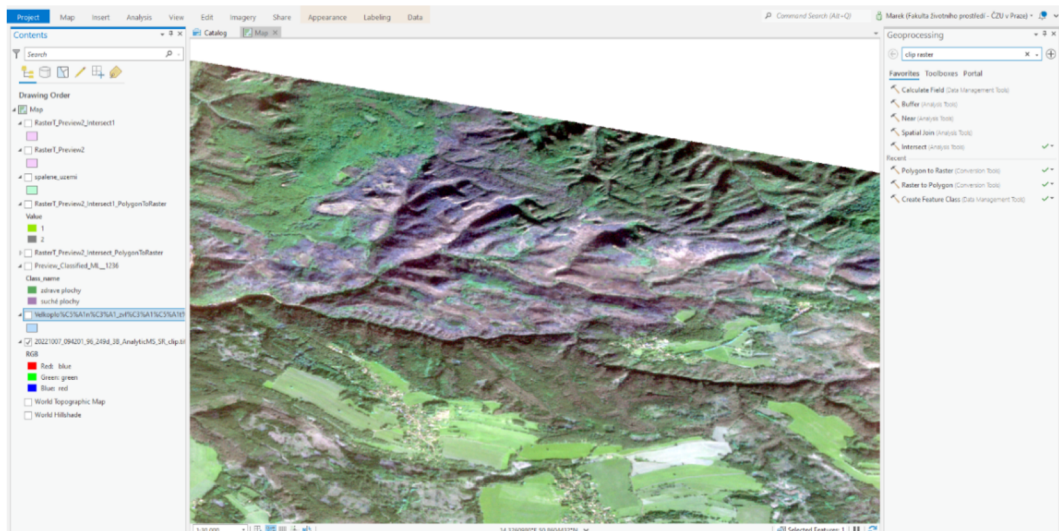
Ve filtru aplikace je možné navolit velikost rastru, oblačnost, úhel svitu slunce a mnoho dalších parametrů. Pro klasifikaci obecně je potřeba, aby se na snímku nevyskytovala žádná oblačnost, stín mraku nebo cokoliv ve vzduchu co by svou plochou nebo stínem mohlo zapříčinit zakrytí části zájmového území a poté jeho špatnou klasifikaci. Z dostupných dní bylo tedy potřeba vybrat snímky bez oblačnosti. Tyto snímky se nepodařilo vybrat v měsících listopadu 2021 a lednu 2022.



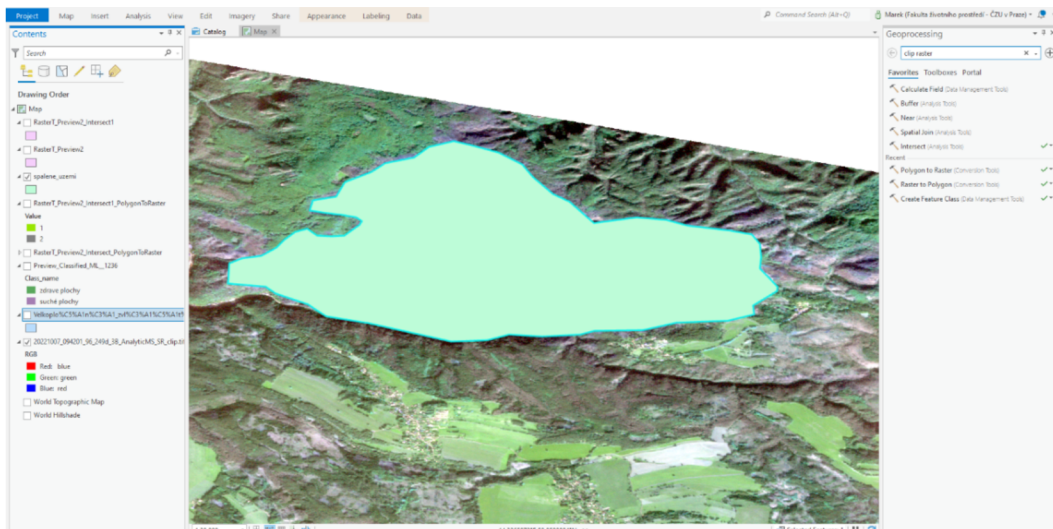
Obrázek 16 - získání dat z planets.com

## Příprava dat

Pro přípravu dat byl zvolen program ArcGIS Pro. Snímky byly uloženy v původním rastrovém formátu .tif. Ještě před zahájením klasifikace byla vytvořena polygonová vrstva ohrazující plochu požářiště. Vrstva vznikla vizuálním hodnocením z posledního měřeného snímku, tedy z října 2022. Z webu land.copernicus.eu byla stažena vrstva krajinného pokryvu, která obsahovala kompletní zemské pokrytí rozdělené na druhy půdy. Vrstva byla vložena do programu ArcGIS Pro a proběhla kontrola, která potvrdila, že zájmové území pokrývá pouze listnatý, jehličnatý, nebo smíšený les.



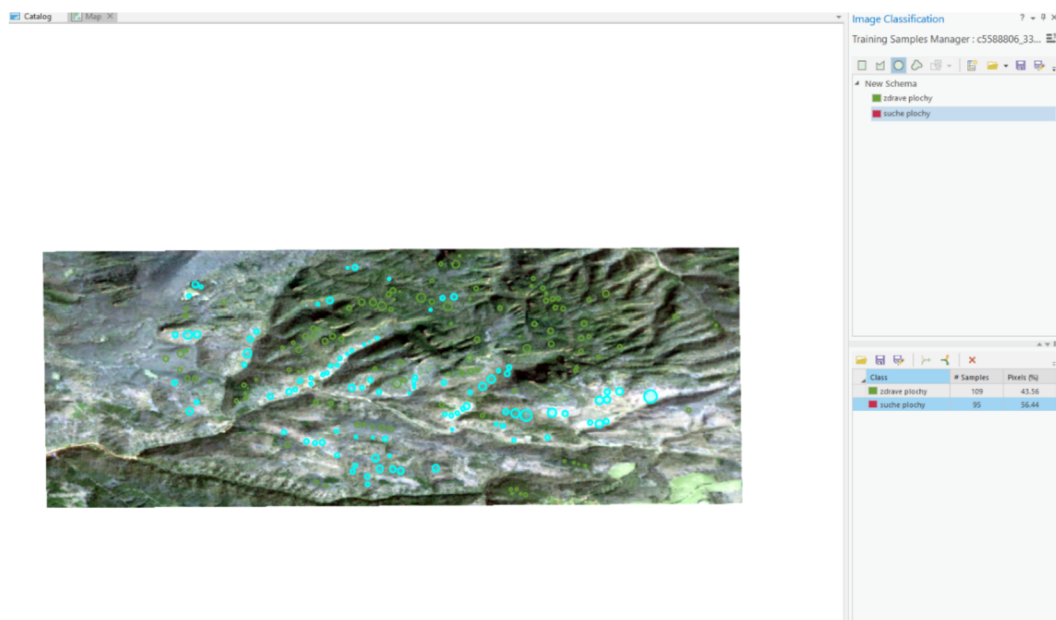
Obrázek 17 - území zasáhnuté požárem



Obrázek 18 - vyznačení požářiště

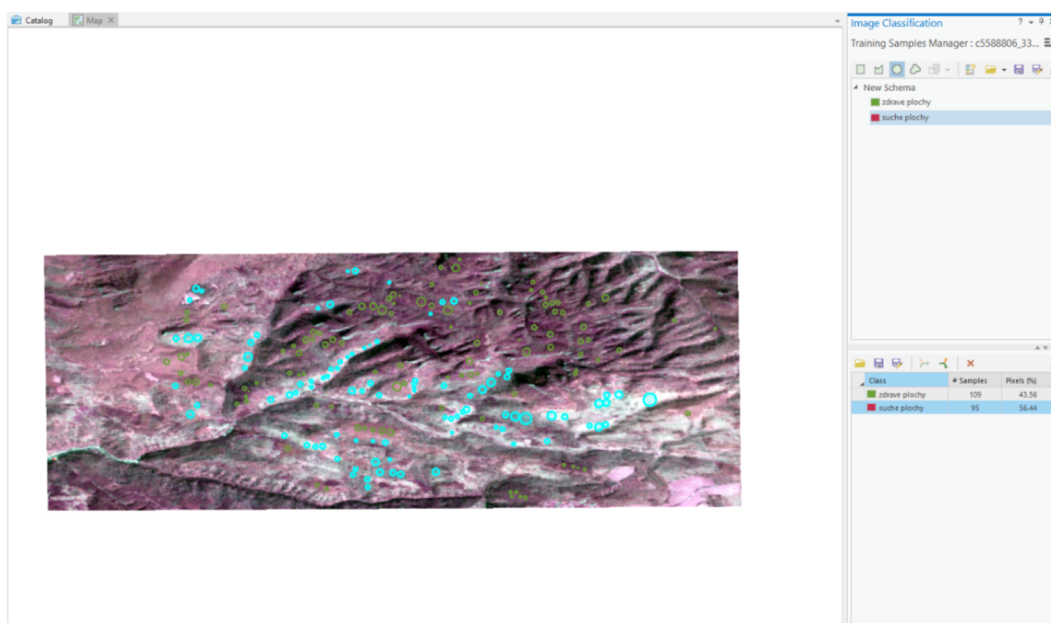
## Klasifikace zájmového území

Samotná klasifikace probíhala pomocí nástrojů Classification Tools a Classification Wizard. V Classification tools se nejprve vytvořilo přes Training samples manager trénovací schéma, které díky dostatečnému počtu vzorů (zpravidla minimálně 100 vzorků zdravých ploch a 100 vzorků suchých ploch) dokázala následně zjistit, do jaké ze dvou skupin patří zbylé oblasti na snímku.



Obrázek 19 - klasifikace zdravých a suchých ploch

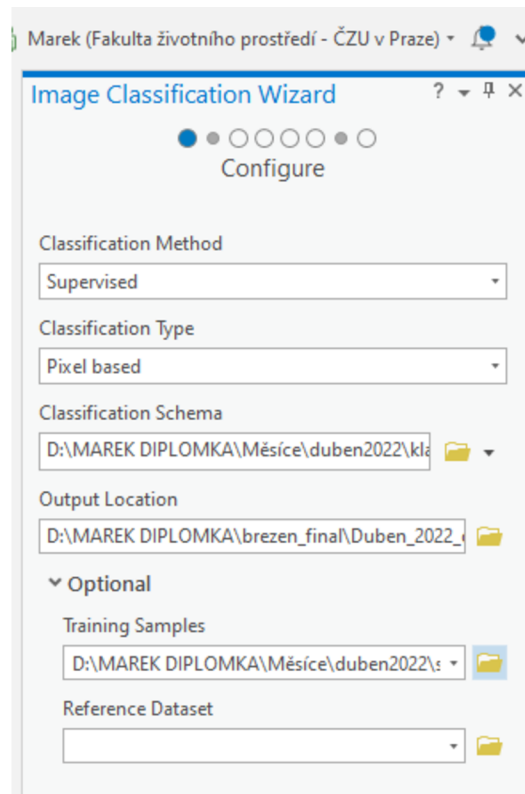
Pokud se na zájmovém území vyskytovala menší plocha, která šla hůře identifikovat nebo obsahovala vizuální nejasnost, byla možnost využít nástroje Color Infrared znázorňující snímek v červeném spektru.



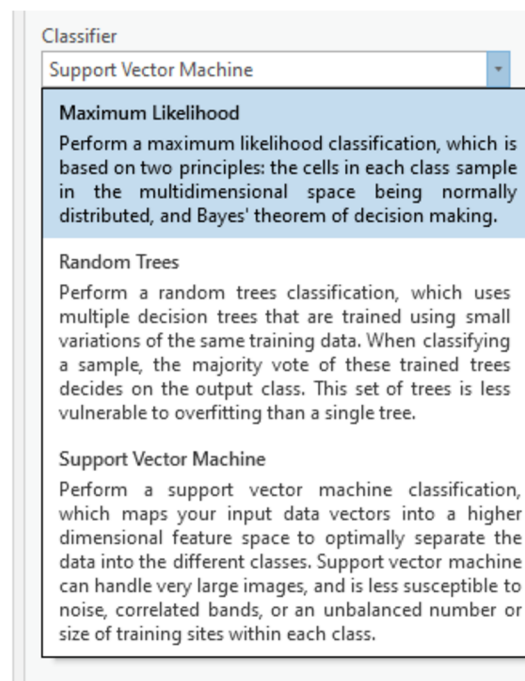
Obrázek 20 - color infrared při klasifikaci

Po vybrání dostatečného počtu vzorků, druhé vizuální kontrole a uložení schémat klasifikace do složek byla zapnuta funkce Classification Wizard pro vyhodnocení snímku. Na výběr bylo z klasifikační metody řízené či neřízené. Tato práce využila metody řízené. Klasifikační typ byl na výběr z pixelového základu nebo objektového základu. Využito bylo pixelového základu. Následně se nahrálo schéma a vzorky z Classification samples manageru. Classification wizard v následujícím kroku ověřil, zda vložené schéma a vzorky jsou správné, a dal na výběr ze 3 druhů klasifikace. V této práci jsme vždy použili variantu Maximum Likelihood.



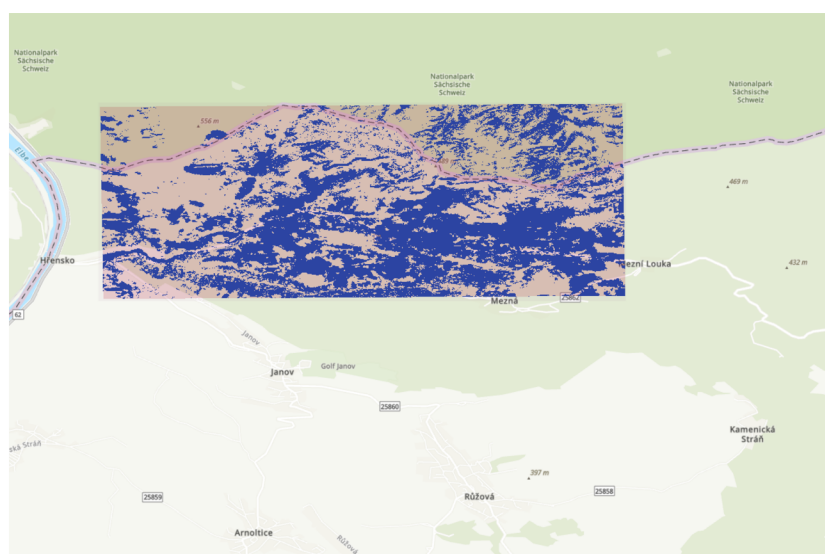


Obrázek 21 - použití funkce Classification Wizard I

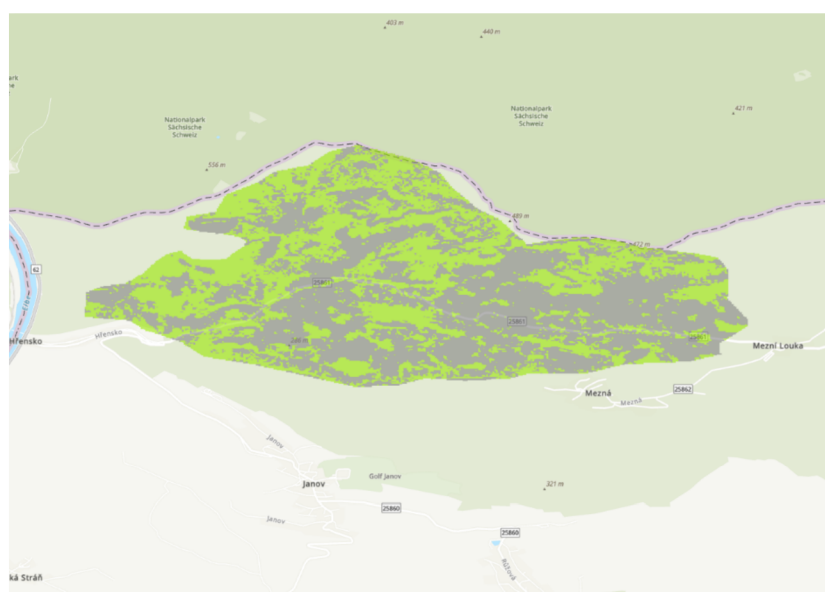


Obrázek 22 - použití funkce Classification Wizard II

Vznikla klasifikace celého snímku. Výsledek bylo potřeba ještě graficky upravit, oříznout zájmové území, spočítat zdravé a suché plochy a několikrát konvertovat z rastru na polygon a obráceně, aby bylo možné je Geoprocessing funkcemi zpracovat. Využito bylo funkcí: Clip raster (vyříznutí zájmového území polygonové vrstvy z rastrové vrstvy), Raster to polygon (převod rastrové vrstvy na polygon kvůli funkci Intersect), Intersect (vyseknutí plochy zájmového území do klasifikované polygonové vrstvy), Polygon to raster (navrácení polygonu do finální rastrové podoby). Atributová tabulka následně zobrazila množství rastrů obou skupin, z kterých se vypočítala procenta zdravých a suchých ploch.



Obrázek 23 - výsledek klasifikace

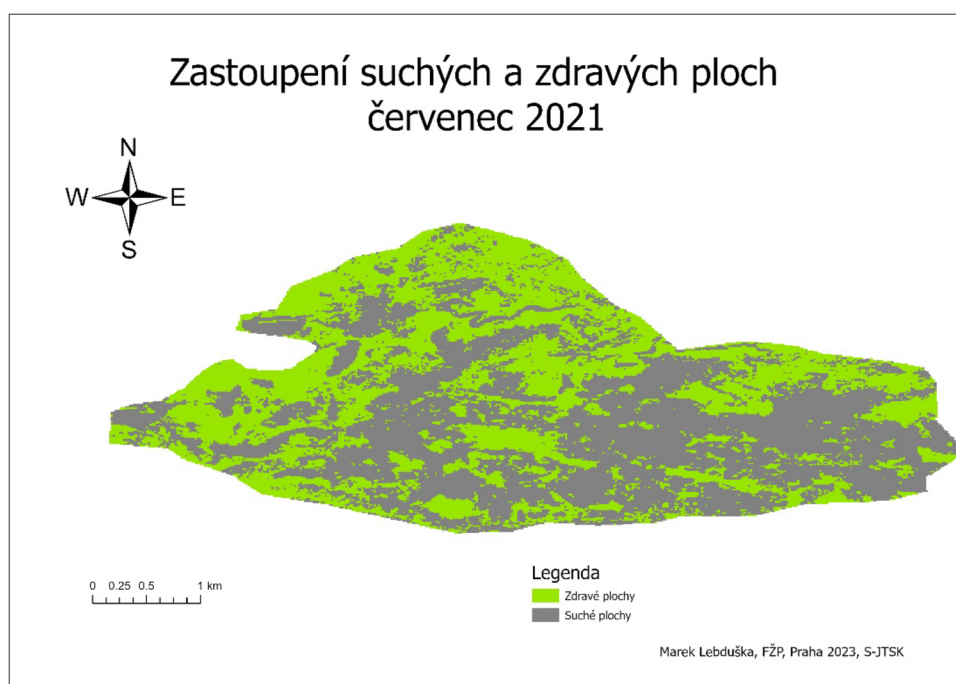


Obrázek 24 - zájmové území v kontextu Národního parku České Švýcarsko

## 5. Data konkrétních měsíců

### Červenec 2021

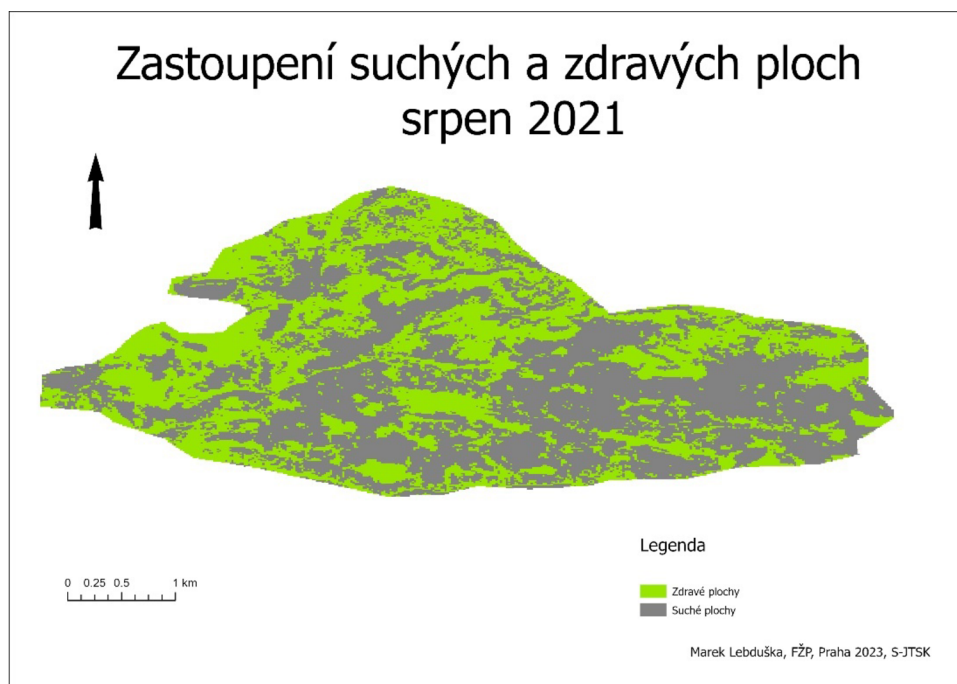
Prvním měřeným měsícem zájmového území je červenec 2021. Klimatické podmínky byly pro kůrovce turbulentní. Denní teplota se držela na hranici 25 stupňů Celsia. V druhé polovině měsíce dokonce vystoupala až přes hranici 30 °C a dotkla se hranice 35°C. I přes vysoké teploty ale dokázalo v červenci 2021 spadnout největší úhrn srážek z celého roku. Přesně 117 mm. Červenec tak navázal na předchozí měsíc, kdy teplota nevystoupala tak vysoko, ale srážkami se jednalo též o jeden z nejdeštivějších měsíců. Celková plocha zdravých lesů byla 46,45 %.



Obrázek 25 - zastoupení suchých a zdravých ploch červenec 2021

### Srpen 2021

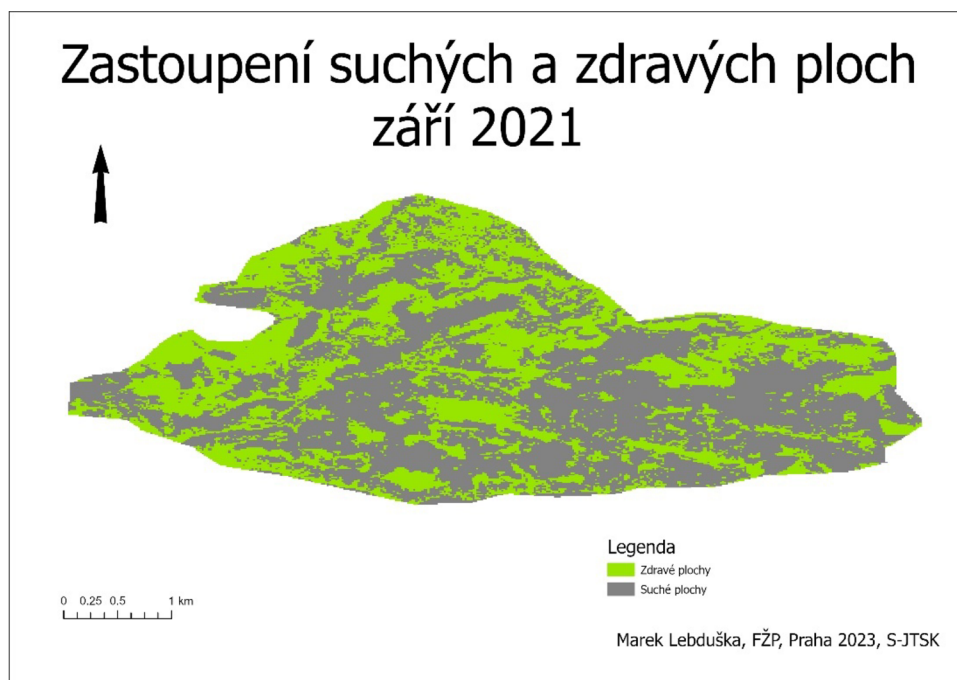
Srpen pokračoval v teplotním stavu jako červen a červenec. Teploty opět nejčastěji okolo 25 °C, v maximech poté 33-35 °C. Téměř celou druhou polovinu měsíce ale propršelo. Úhrn srážek byl 88 mm. Pro zájmové území se proto nejednalo o velkou změnu, které odpovídá i výsledek naměřených ploch. Rozdíl suchých ploch se zvětšil o přibližně 1 %, přesně tedy 45,14 %.



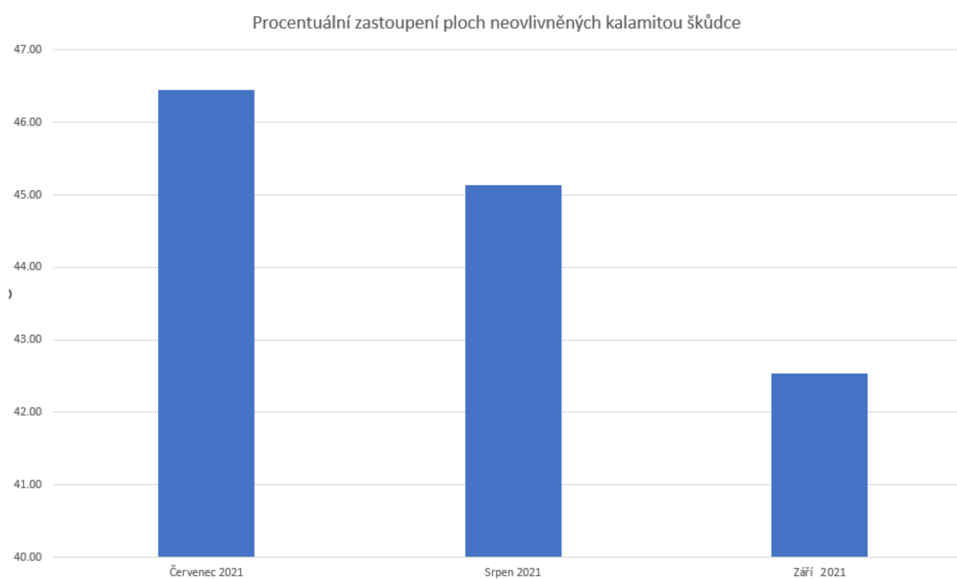
*Obrázek 26 - zastoupení suchých a zdravých ploch srpen 2021*

## Září 2021

Tento měsíc se začalo pomalu projevovat malý úhrn srážek a nižší teploty na procentuálním měření zdravých ploch. Teplotní maxima byla v září 25 °C. Srážek spadlo pouze 20 mm. Šlo o druhý nejsušší měsíc v Ústeckém kraji v roce. Zdravých ploch bylo naměřeno 42,53 %.



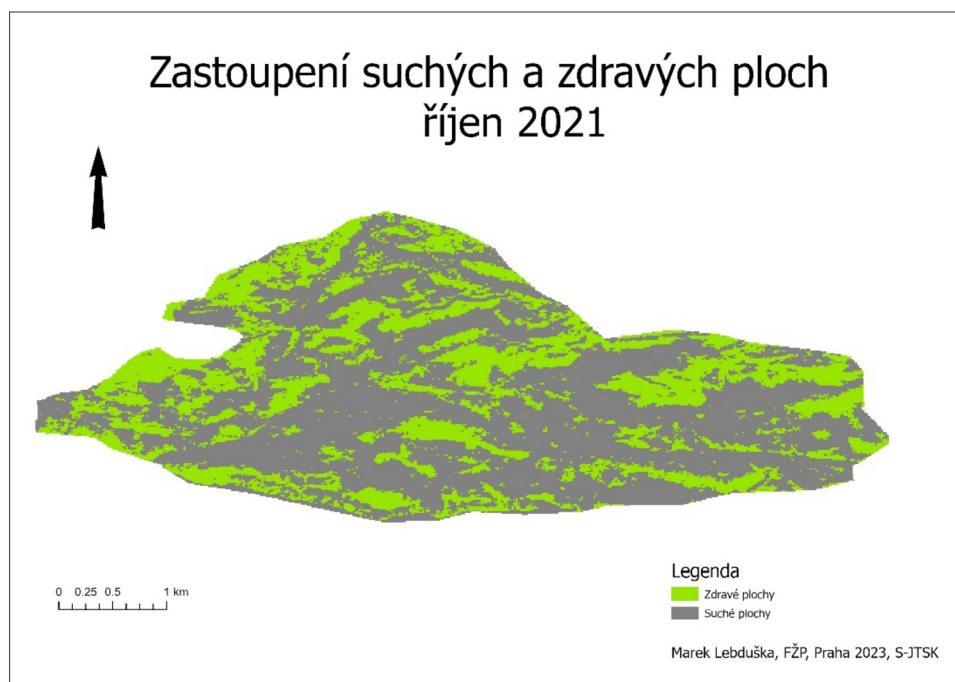
*Obrázek 27 - zastoupení suchých a zdravých ploch září 2021*



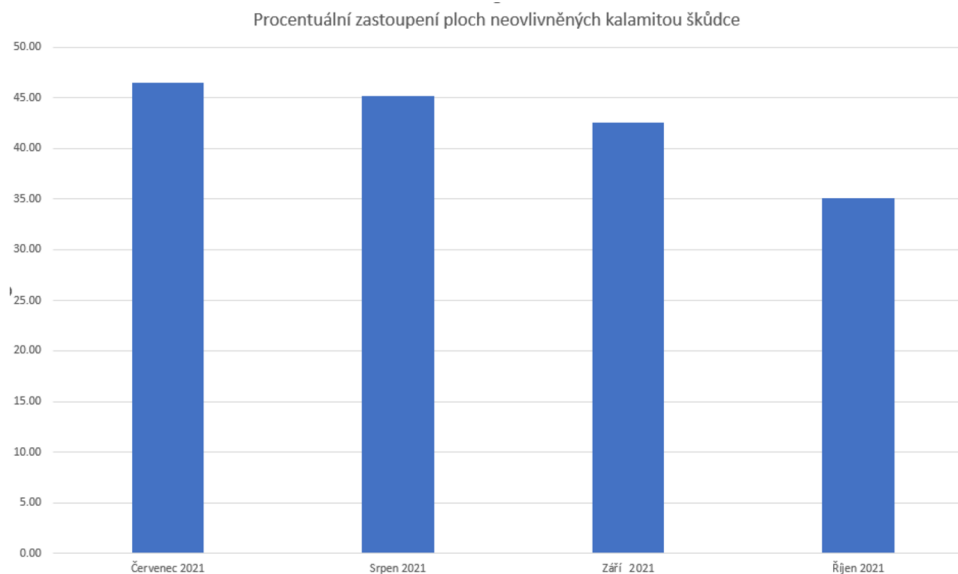
graf 1 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamitou škůdce září 2021

## Říjen 2021

Suché plochy se rozrostly od předchozího měsíce o 7,5 %. Meteorologické jevy pokračovaly v trendu podzimu 2021. Jasně nejnižší srážky celého roku – spadlo pouze 14 mm a denní teplota téměř neklesla pod hranici 15 °C. Jak můžeme sledovat v porovnání s předchozím snímkem, kdy se v říjnu začaly spojovat menší plochy suchých oblastí ze září a v říjnu již utvořily větší celky.



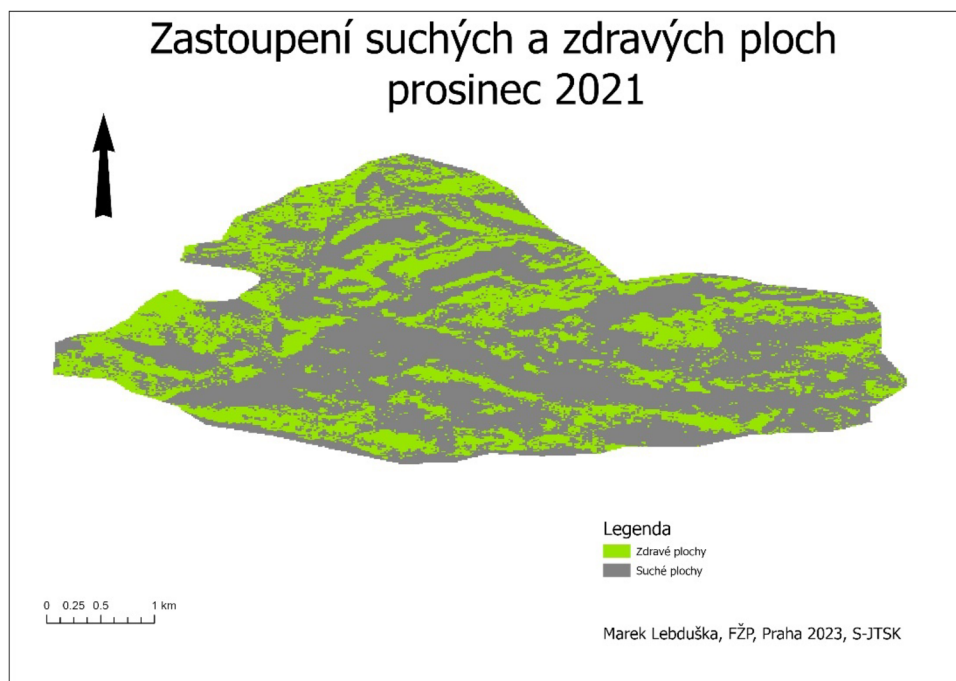
Obrázek 28 -zastoupení suchých a zdravých ploch říjen 2021



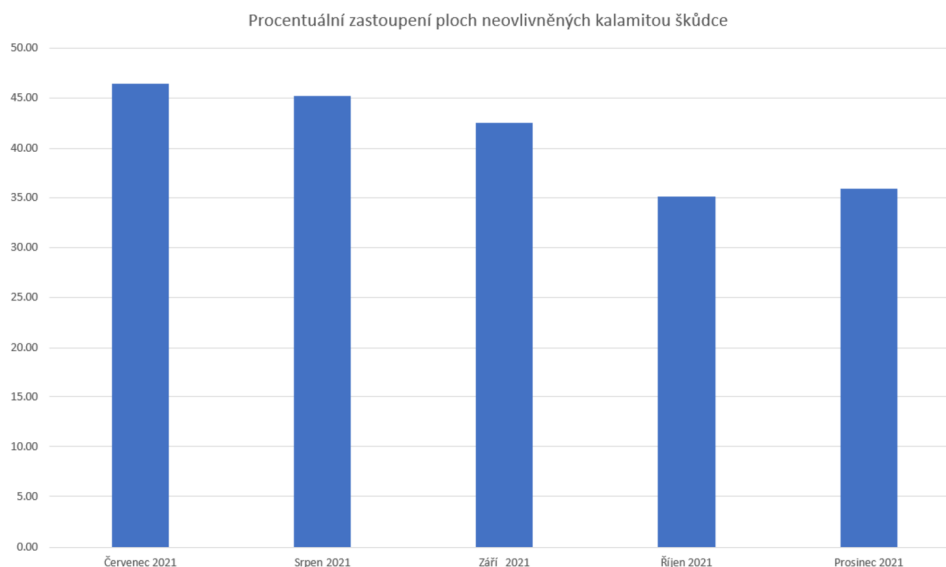
graf 2 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamitou škůdce říjen 2021

## Prosinec 2021

Plochy suchých a zdravých oblastí se od říjnového měření vizuálně téměř neliší. To ostatně dokládá i měření ArcGisu. Rozdíl je pouhých 0,82 %, což můžeme přičíst nepřesnosti při řízené klasifikaci. Během prosince se střídalo sněžení s dešťovými přeháňkami. Denní počasí, které například na Štědrý den vystoupalo na +7 °C nedovolilo dlouhodobější sněhovou pokrývku, proto bylo možné provést klasifikaci i v takto zimním měsíci.



Obrázek 29 - zastoupení suchých a zdravých ploch prosinec 2021

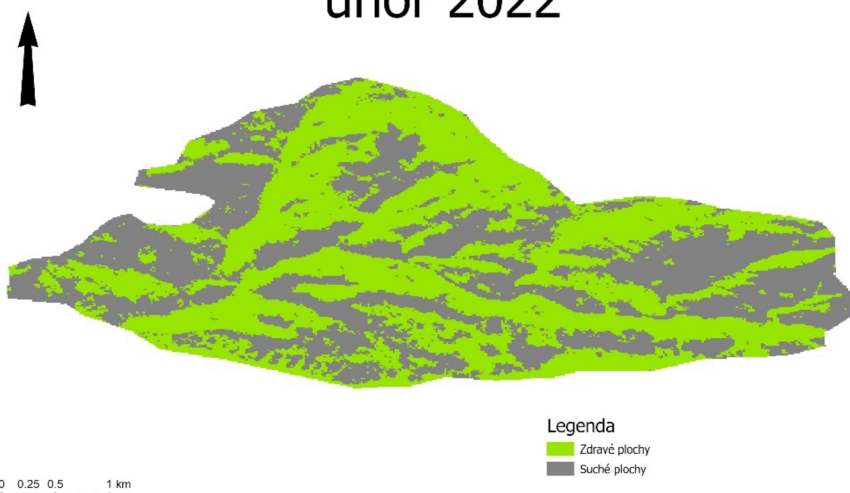


graf 3 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamitou škůdce prosinec 2021

## Únor 2022

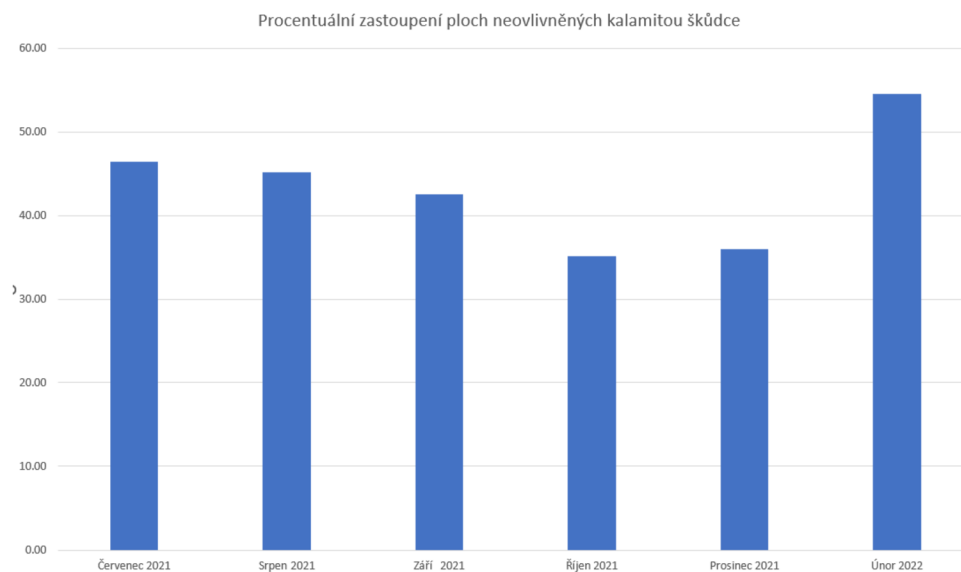
Únorové a lednové počasí (z kterého snímky kvůli veliké oblačnosti nelze klasifikovat) bylo velmi teplé. Během nocí se pouze 3x za měsíc dostalo pod hranici  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Přes den se teplota pohybovala okolo  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Zdravé plochy ale při měření vystoupaly až na hodnotu 54,51 %. Tuto skutečnost můžeme přičítat většímu úhrnu srážek než na konci roku 2021 a též nepříliš velkým mrazům.

## Zastoupení suchých a zdravých ploch únor 2022



Marek Lebduška, FŽP, Praha 2023, S-JTSK

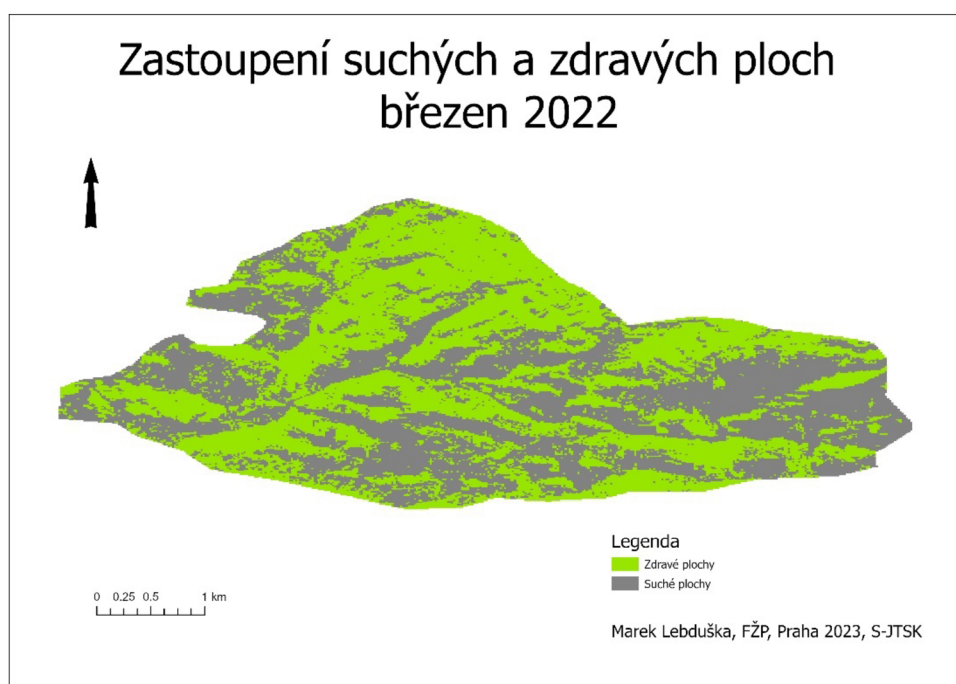
Obrázek 30 - zastoupení suchých a zdravých ploch únor 2022



graf 4 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamitou škůdce únor 2022

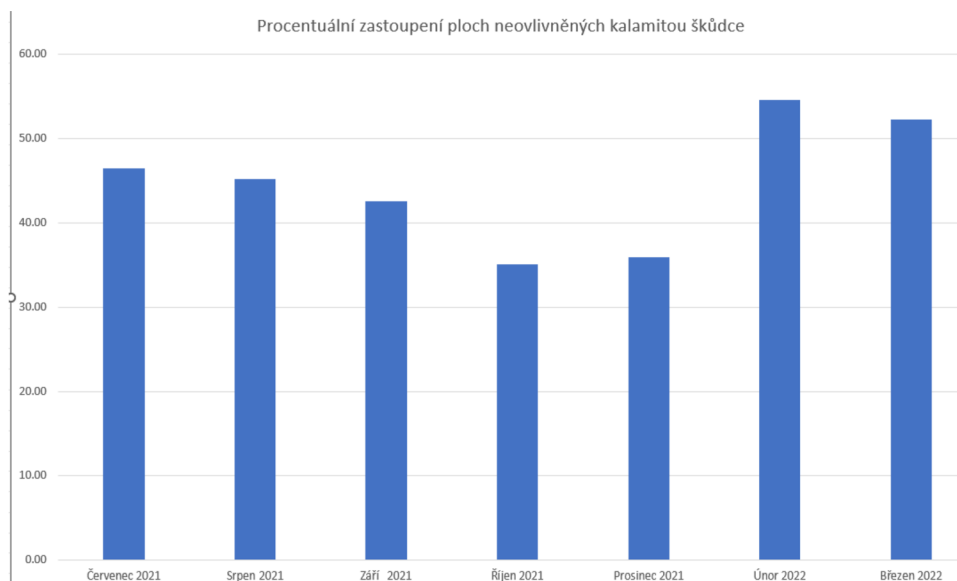
## Březen 2022

Malý úhrn srážek a teploty, které atakovaly až 20 °C. Tak by se dal popsat březen 2022. 25 mm srážek a teplé počasí napomohlo k výsledku, který se odráží od dat naměřených v minulém měsíci. Klasifikace naměřila 49,91 % zdravých ploch.



Obrázek 31 - zastoupení suchých a zdravých ploch březen 2022

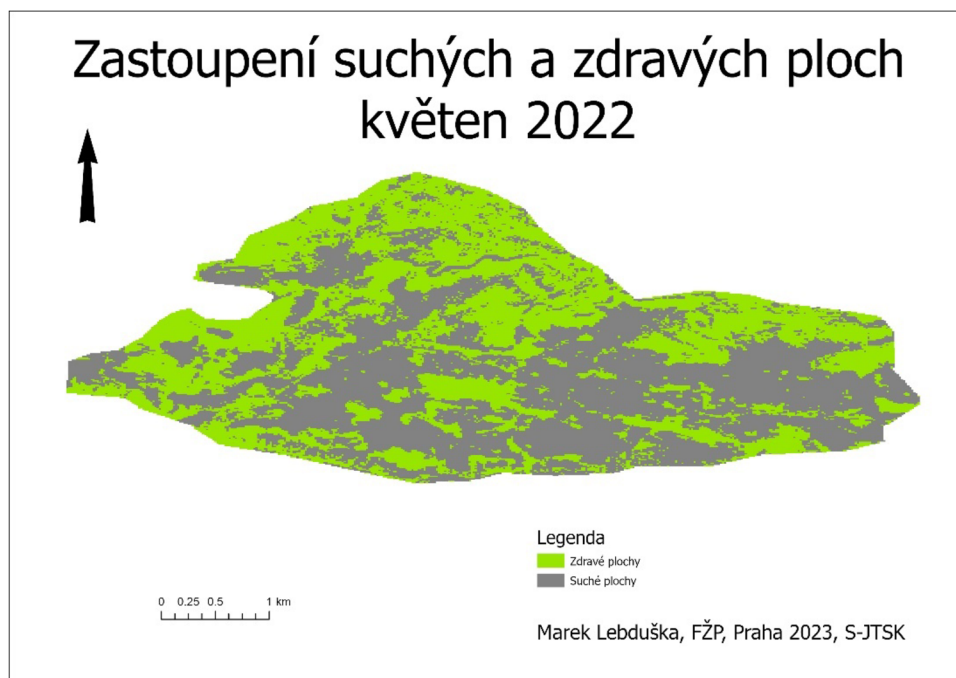




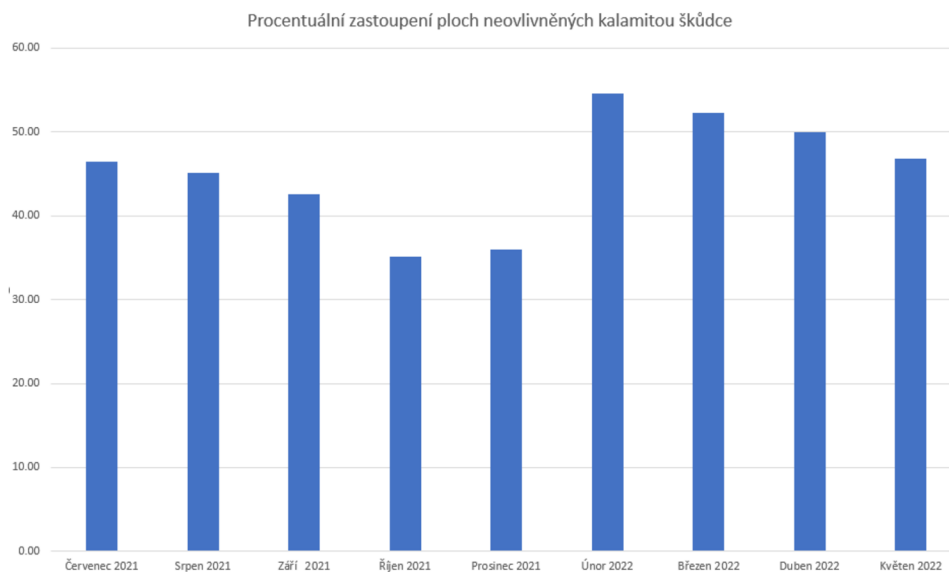
graf 5 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamiťou škůdce březen 2022

## Květen 2022

Květen, který je posledním jarním měsícem spíše v roce 2022 připomínal jeden z letních měsíců, co se poměru teploty a srážek týče. Téměř neustále denní teplota 25 °C a druhý největší úhrn srážek. Přesně 84 mm. Zdravých ploch bylo naměřeno 46,78 %. Od počátku roku klasifikace pokračovala v sestupné tendenci.



Obrázek 32 - zastoupení suchých a zdravých ploch květen 2022

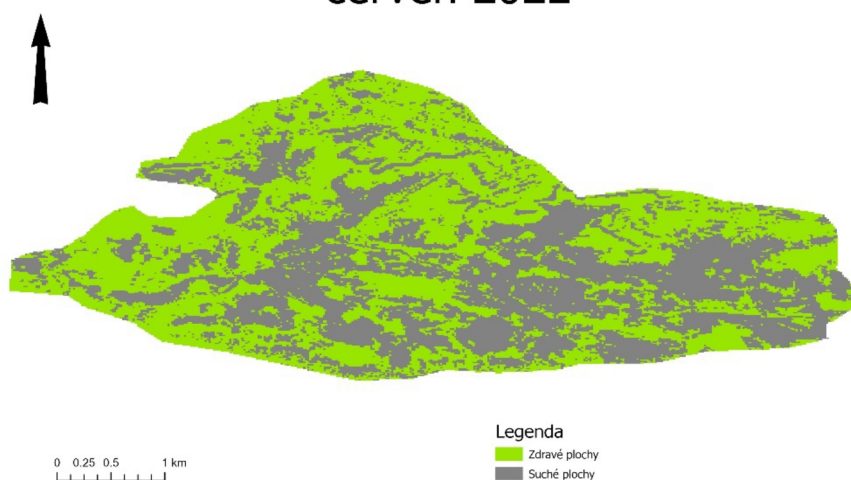


graf 6 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamitou škůdce květen 2022

## Červen 2022

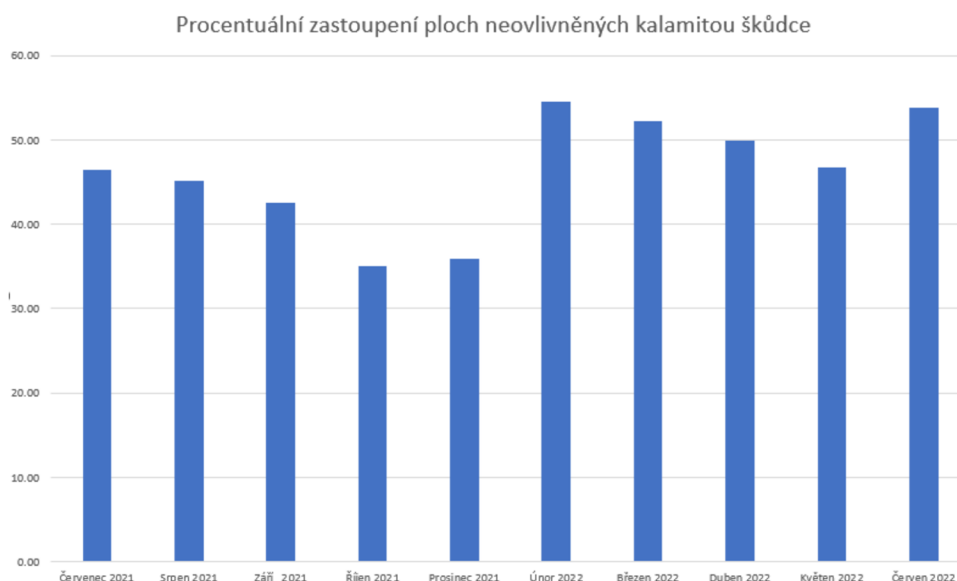
Abnormálně teplý červen. Průměrná teplota vzrostla oproti průměru minulých let o 2,5 °C. Srážkový úhrn byl ale průměrem předchozích let (88 mm). Plochy suchých ploch se zmenšily a zdravých ploch v červnu bylo 53,85 %. Zde nastala první výrazná změna během celé klasifikace. Vždy klesající hodnoty zdravých ploch od začátku roku k jeho konci se zde nepotvrdily a počet zdravých ploch se začal zvedat.

### Zastoupení suchých a zdravých ploch červen 2022



Marek Lebduška, FŽP, Praha 2023, S-JTSK

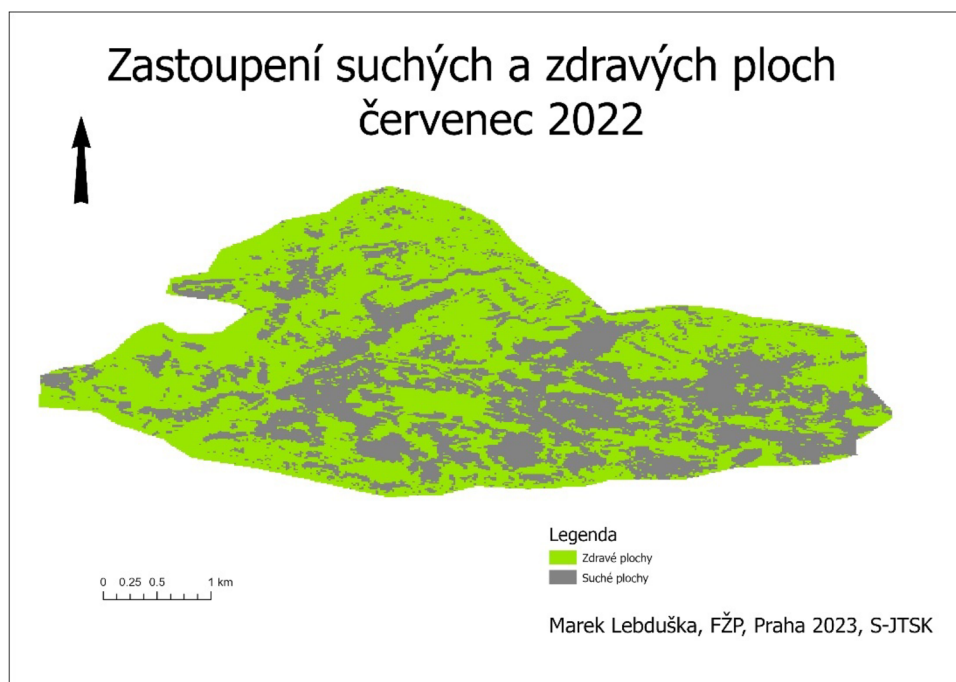
Obrázek 33 - zastoupení suchých a zdravých ploch červen 2022



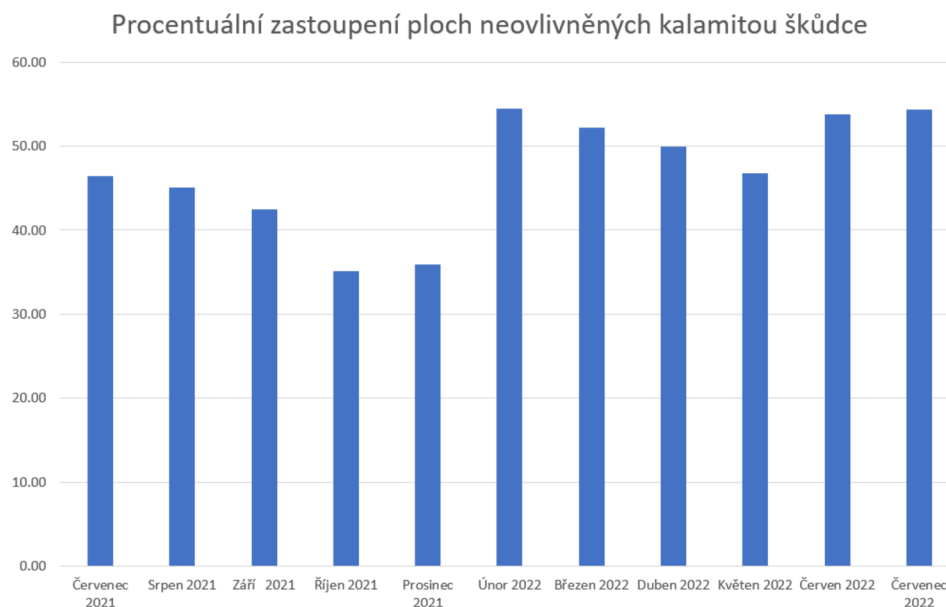
graf 7 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamiťou škůdce červenec 2022

## Červenec 2022

Poslední měsíc měření před katastrofou. Požár propukl 24.7. Data jsou pořizena těsně před požárem. Požáru předcházela obrovská tepla. Obzvlášť v období kolem 20.7. se teplota dostávala i přes 35 °C, což pro písčité podloží byla jedna z nejhorších věcí, která se před požárem může stát. I měsíc červenec byl v pohledu zdravých ploch netypickým. Klasifikace naměřila 60,92 %.



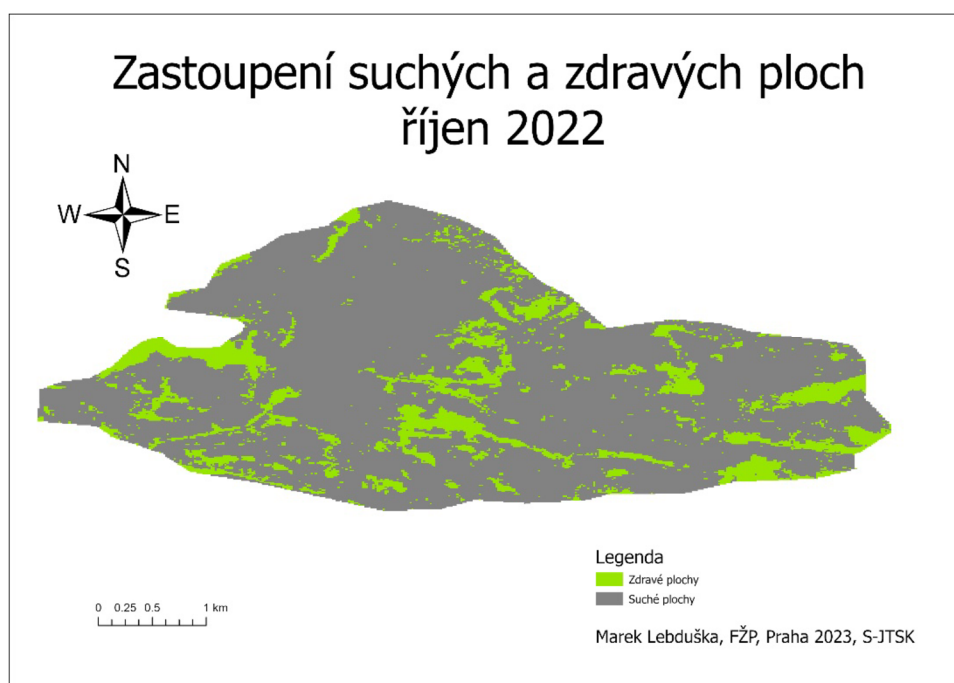
Obrázek 34 - zastoupení suchých a zdravých ploch červenec 2022



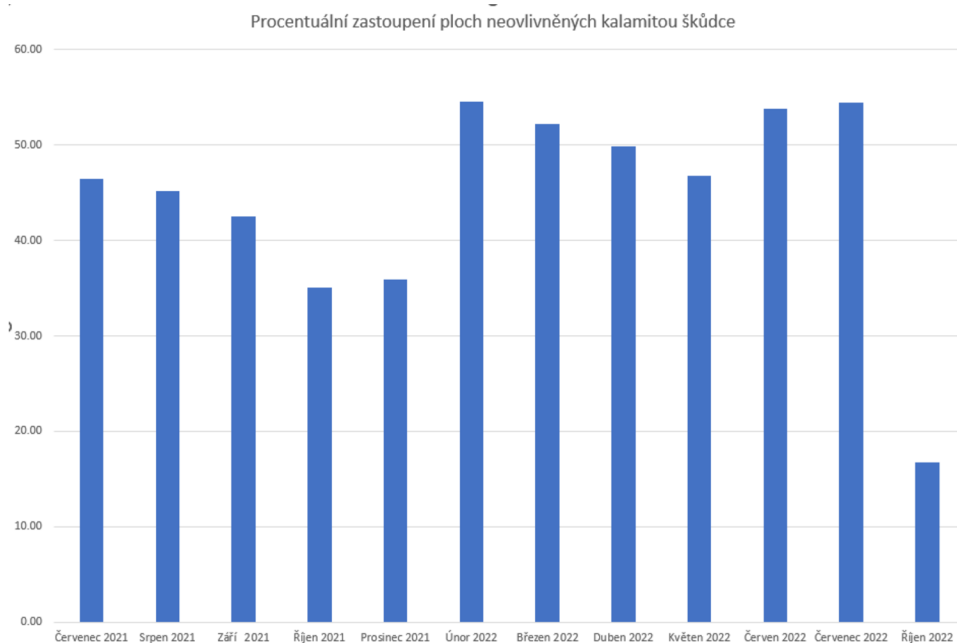
graf 8 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamitou škůdce červenec 2022

## Říjen 2022

Měřený měsíc necelých 30 dní po katastrofě. Obrovský požár zlikvidoval téměř celé měřené území. Naměřeno bylo pouze 16,76 % zdravých ploch. Některým se požár vyhnul, některé se začaly velmi pomalu vracet k původnímu stavu a na některých se o obnovu musela postarat lidská síla (např. Výsadba nových stromků).



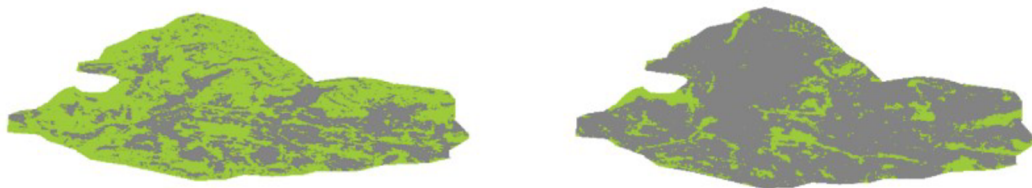
Obrázek 35 - zastoupení suchých a zdravých ploch říjen 2022



*graf 9 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamiťou škůdce říjen 2022*

## 6. Výsledky

Cílem práce bylo vyhodnotit, zda lokace suchých ploch zasažených kůrovcem měla spojitost se směrem a postupem požáru. Nyní již víme, že spojitost měla. Na porovnání snímků před požárem (červenec 2022) a po požáru (srpen 2022) je jasně viditelné, že téměř všechny suché plochy se požáru nevyhnuly. Na zájmovém území se objevují plochy, které se v průběhu času, teploty a úhrnu srážek mohli měnit, ale převládají plochy, které se s časem neměnily. Jedná se především o údolí, soutěsky či plochy podél silnic a vodních toků, ležících v měřené oblasti v nižších nadmořských výškách, než je průměr. Jmenovitě jde především o Dlouhý důl, Edmundovu soutěsku, Pravčický důl, Matseidelův důl, Malinový důl a Písečnou rokli. Tato území se v čase téměř neměnila. Naměřené hodnoty ukazovaly suché plochy po celou dobu měření a časem se rozrůstaly.



*Obrázek 36 - porovnání území před požárem a po požáru*



Obrázek 37 - Zastoupení suchých a zdravých ploch všech měsíců před požářem

## 7. Diskuze

Práce se zabývala zhodnocením suchých a zdravých ploch zájmového území rozprostírajícího se v Národním parku České Švýcarsko. Možnost odpovědět na stanovené otázky a vyhodnotit získaná data obnášelo získání a analýzu potřebných dat z oblasti dálkového průzkumu Země. Výsledky se vyznačují proměnlivou procentuální klasifikací závislou na období v roce a na něj navázané meteorologické jevy, přesnosti měření a fenologii druhů. Analyzováno bylo období od července 2021 do července 2022 v měsíčních intervalech a poté říjen 2022, jako měsíc po katastrofickém požáru. Data byla použita z internetové platformy planet.com, která nabízí získat snímky na denní bázi. I přes pravidelnou dávku denních snímků nebylo, kvůli velké oblačnosti, možné klasifikovat snímky z listopadu 2021 a ledna 2022, protože by jejich hodnoty nebyly relevantní.

Z pohledu meteorologických jevů se práce zaměřovala na úhrn srážek a sucha, které úzce souvisí s teplotou. Zájmové území nacházející se v Ústeckém kraji bylo meteorologicky analyzováno daty získaných na webu Českého hydrometeorologického ústavu. V druhé polovině roku 2021 se z pohledu srážek jednalo o měsíce dešťově podprůměrné, vyjma měsíce srpna. V rámci září a října dopadlo na území pouze 0,3násobku průměru z předchozích let. V roce 2022 se srážkové úhrny střídaly s měsíční pravidelností od extrémně suchých měsíců po velmi srážkově bohaté. Měsíce velkého srážkového úhrnu proto byly faktorem, který půdu dokázal v roce 2022 udržet mnohem více vlhkou a dodat vláhu i v měsících s menším přísunem vody, a proto klasifikace naměřila o několik jednotek procent v každém měsíci více zdravých ploch než v roce 2021.

Fenologické jevy způsobovaly především ve svých pravidelných cyklech jistý problém při klasifikaci snímků. Bylo nezbytné se na plochy zaměřit zprvu jako na oblasti jehličnatého, listnatého lesa či smíšeného lesa a tomu uzpůsobit klasifikaci. Hodnota klasifikace poté ukazovala autorem předpokládané hodnoty. Jelikož se na měřeném území nacházelo pouze necelých 14 % listnatých lesů a necelých 18 % smíšených lesů, nebyla klasifikace v obdobích opadu listů, kvetení nebo dalších fenologických jevů tak problematické, jako kdyby se jednalo o les tvořený převážně z listnatých stromů.



Přesnost klasifikace byla jednou z nejdůležitějších bodů této diplomové práce. Pro správnou interpretaci výsledků bylo zapotřebí nashromáždit na každém snímku zpravidla okolo 100 vzorků. I přes velkou pečlivost a důslednost při manuální klasifikaci jednotlivých skupin ploch mohlo při následné řízené rastrové klasifikaci dojít k drobným odchylkám v jednotlivých výsledcích. Autor proto při klasifikaci jednoho měsíčního snímku klasifikoval třikrát totožné území. Odchylka v řízené klasifikaci byla vždy do 2 %. I přes velmi podobné výsledky byly na území plochy, které kvůli své poloze byly v průběhu roku těžko měřitelné. Jednalo se především o malé plochy v údolích, které byly ve většině případů zakryté stínem přilehlého skalního útvaru.

Topograficky nebylo území hodnoceno, ale jeho důležitost nebyla zanedbatelná. Především do skalních útvarů jmenovaných výše se špatně dostávali hasičské jednotky, v soutěskách mohlo docházet ke vzniku komínového efektu prudkému stoupání horkého vzduchu, ožehnutí korun stromů a přeskočení ohně na výše položené stromy.

Pokud bychom měli zhodnotit, zda výskyt suchých ploch hrál roli v postupu a směru šíření požáru, tak odpověď je ano. Možná ale překvapivě ne pouze kvůli uschlým kmenům, ale též taky kvůli množství drobné dřevní hmoty a uschlého jehličí na zemi nahromaděné v průběhu několika let. Ten v kombinaci se suchou půdou bez dostatečné vlhkosti, velkému větru a nepřístupnosti terénu nakonec ukázal jako velmi negativní rovnice. Faktorem, který způsoboval pravidelné vysychání půdy bylo písečné a skalnaté podloží. Přestože holiny neobsahovaly ani ležící kmeny, ani po těžební zbytky, zasáhl je též velký požár z důvodu stálé přítomnosti suchých pařezů a uschlých travních porostů.

## 8. Závěr a přínos práce

Dálkový průzkum Země je způsobem vyhodnocování změn stavů naší planety, který je možno využít nehledě na vzdálenost od řešeného prostoru i dlouho po události. Pro měření je možné využít mnoha zdrojů, jak soukromých, tak státních firem a institucí. Pro měření je potřeba vhodných podmínek, především absence oblačnosti nebo dostatečné světelné podmínky. V této diplomové práci se pomocí satelitních snímků řešilo procentuální rozdělení suchých a zdravých ploch před a po požáru v Národním parku České Švýcarsko.

Výsledky praktické části ukázaly, že při vyhodnocení všech dostupných snímků na měsíční bázi, byly hodnoty před a po období zimy na přelomu roku 2021 a 2022 velice rozdílné, především z důvodů diametrálních rozdílů úhrnu srážek. Z výsledků je naprosto jasně čitelné, že suché plochy napomohly k šíření požáru nejenom dřevní hmotou, která na území zbyla, ale též například suchou trávou a zbytky pařezů zbylých na holinách.

## 9. Zdroje

### Seznam použitých zdrojů

- [1] LIANG, Shunlin. *Quantitative remote sensing of land surfaces*. John Wiley & Sons, 2005.
- [2] SVATOŇOVÁ, Hana a Lubomír LAUERMANN. *Dálkový průzkum Země - aktuální zdroj geografických informací*. Brno: Masarykova univerzita, 2010. ISBN 978-80-210-5162-1.
- [3] MANNA, Anthony J. 25 years of Tiros satellites. *American Meteorological Society, Bulletin*, 1985, 66: 421-423.
- [4] Britannica, T. Editors of Encyclopaedia. "electromagnetic spectrum." *Encyclopedia Britannica*, Invalid Date. <https://www.britannica.com/science/electromagnetic-spectrum>.
- [5] BAIRD, Christopher S. *Electromagnetic radiation*. 2019.
- [6] LI, L.; USTIN, S. L.; LAY, M. Application of multiple endmember spectral mixture analysis (MESMA) to AVIRIS imagery for coastal salt marsh mapping: a case study in China Camp, CA, USA. *International Journal of Remote Sensing*, 2005, 26.23: 5193-5207
- [7] MARKHAM, Brian L., et al. Landsat sensor performance: history and current status. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, 2004, 42.12: 2691-2694.
- [8] CLARK, Barnaby; SUOMALAINEN, Juha; PELLIKKA, Petri. An historical empirical line method for the retrieval of surface reflectance factor from multi-temporal SPOT HRV, HRVIR and HRG multispectral satellite imagery. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 2011, 13.2: 292-307.
- [9] BARNES, William L., et al. Development, characterization, and performance of the EOS MODIS sensors. *Earth Observing Systems VIII*, 2003, 5151: 337-345.
- [10] PAINE, David P.; KISER, James D. *Aerial photography and image interpretation*. John Wiley & Sons, 2012.
- [11] LILLESAND, Thomas; KIEFER, Ralph W.; CHIPMAN, Jonathan. *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons, 2015.
- [12] PARRINGTON, Michael. Remote sensing. *Annual Review of Anthropology*, 1983, 12.1:105-124.
- [13] HILLS, G. Angus. The use of aerial photography in mapping soil sites. *The Forestry Chronicle*, 1950, 26.1: 4-37.
- [14] YANG, Jian, et al. Enhancing the resilience of low earth orbit remote sensing satellite networks. *IEEE Network*, 2020, 34.4: 304-311.
- [15] ABER, James S.; MARZOLFF, Irene; RIES, Johannes. *Small-format aerial photography: Principles, techniques and geoscience applications*. Elsevier, 2010.
- [16] ARVOR, Damien, et al. Ontologies to interpret remote sensing images: why do we need them?. *GIScience & remote sensing*, 2019, 56.6: 911-939.

- [17] LILLESAND, Thomas; KIEFER, Ralph W.; CHIPMAN, Jonathan. *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons, 2015.
- [18] PAINE, David P.; KISER, James D. *Aerial photography and image interpretation*. John Wiley & Sons, 2012
- [19] POHL, Cle; VAN GENDEREN, John L. Review article multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications. *International journal of remote sensing*, 1998, 19.5: 823-854.
- [20] HAIS, MARTIN. Využití dálkového průzkumu Země pro monitoring lesů na Šumavě. *Životní Prostředí*, 2009, 4: 216-219.
- [21] MARATOVÁ, Klára. Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) na území Národního parku Šumava-biologie, výskyt a metody ochrany lesních ekosystémů. 2010.
- [22] HOTTMAROVÁ, Aneta, et al. Život po kůrovci v národním parku České Švýcarsko. 2020.
- [23] REMEŠ, BARBORA KUČERAVÁ–JIŘÍ. INVENTARIZACE A POTENCIÁL VYUŽITÍ VTROUŠENÝCH JEDINCŮ BUKU LESNÍHO A DUBU LETNÍHO PŘI PŘEMĚNĚ DRUHOVÉ SKLADBY SMRKOVÝCH MONOKULTUR NÁRODNÍHO PARKU ČESKÉ ŠVÝCARSKO. *ZPRÁVY LESNICKÉHO VÝZKUMU*, 2014, 59.2: 109-116.
- [24] <https://www.ceskesvycarsko.cz/cs/pozar>

## Přehled literatury

BEHNIA, Poursan. Comparison between four methods for data fusion of ETM+ multispectral and pan images. *Geo-Spatial Information Science*, 2005, 8.2: 98-103.

CAKIR, Halil Ibrahim; KHORRAM, Siamak; NELSON, Stacy AC. Correspondence analysis for detecting land cover change. *Remote Sensing of Environment*, 2006, 102.3-4: 306-317.

CHEN, Xuexia; VIERLING, Lee; DEERING, Don. A simple and effective radiometric correction method to improve landscape change detection across sensors and across time. *Remote Sensing of Environment*, 2005, 98.1: 63-79.

DEFRIES, R. S.; TOWNSHEND, J. R. G. Global land cover characterization from satellite data: From research to operational implementation? GCTE/LUCC Research Review. *Global Ecology and Biogeography*, 1999, 8.5: 367-379.

ELVIDGE, Christopher D., et al. Relative radiometric normalization of Landsat Multispectral Scanner (MSS) data using an automatic scattergram-controlled regression. *Space Informatics for Sustainable Development*. Taylor & Francis, London, England, 1998, 11-22.

HANSON, Herbert Christian. The use of basic principles in the classification of range vegetation. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 1957, 10.1: 26-33.

IM, Jungho; JENSEN, John R. A change detection model based on neighborhood correlation image analysis and decision tree classification. *Remote Sensing of Environment*, 2005, 99.3: 326-340.

PAL, Mahesh; MATHER, Paul M. An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification. *Remote sensing of environment*, 2003, 86.4: 554-565.

SCHROEDER, Todd A., et al. Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon. *Remote sensing of environment*, 2006, 103.1: 16-26.

SLUITER, Raymond. *Mediterranean land cover change: modelling and monitoring natural vegetation using GIS and remote sensing*. Utrecht University, 2005.

ČAPEK, R. *Dálkový průzkum Země*. Ministerstvo školství ČR, Praha, 1988.

s. 244.

DOBROVOLNÝ, P. *Dálkový průzkum Země*. Digitální zpracování obrazu.

Vydavatelství Masarykovy univerzity. Brno. 1998. s. 210.

KOLÁŘ, J., HALOUNOVÁ, L., PAVELKA, K. *Dálkový průzkum Země*.

Vydavatelství ČVUT, Praha. 1997. s. 164.

Kolektiv autorů. *Vojenská topografie – část letecké snímky*, MNO, Praha, 1987.

s. 294.

*Sborníky a neprodejné publikace Geografické služby Armády České republiky*

s tematikou DPZ, Praha 1993–2002.

*Informační materiály Vojenského topografického ústavu týkající se DPZ, Dobruška 2001.*

*ESRI. Who We Are [online]. Dostupné z: <https://www.esri.com/en-us/about/about-esri/who-we-are>*

*LAW, Michael a Amy COLLINS. ArcGIS Pro. 2016. ISBN 978-1-589484573.*

*SONG, Conghe, et al. Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects?. Remote sensing of Environment, 2001, 75.2: 230-244.*

*KNIPLING, Edward B. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. Remote sensing of environment, 1970, 1.3: 155-159.*

## Zdoje obrázků

1 Shrnutí o vlastnostech vlnění (článek) | Khan Academy. *Khan Academy* | *Bezplatné online kurzy, lekce a cvičení* [online]. Copyright © 2023 Khan Academy [cit. 20.03.2023]. Dostupné z: <https://cs.khanacademy.org/science/fyzika-vlneni-a-zvuk/x34b3f391df7f0014:mechanicke-vlneni/x34b3f391df7f0014:zakladni-pojmy-vlneni/a/wave-characteristics-review-ap-physics-1>

2 Elektromagnetické spektrum – Wikipedie. [online]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9\\_spektrum](https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_spektrum)

3 Fluorochromy - LabGuide.cz. *LabGuide.cz - Průvodce laboratoří* [online]. Copyright © LabGuide.cz [cit. 20.03.2023]. Dostupné z: <https://labguide.cz/reagencie/fluorochromy/>

4 *Ústav fyziky a materiálového inženýrství* [online]. Copyright ©a [cit. 20.03.2023]. Dostupné z: [https://ufmi.ft.utb.cz/texty/el\\_mag/F2\\_05.pdf](https://ufmi.ft.utb.cz/texty/el_mag/F2_05.pdf)

5 [https://is.muni.cz/el/ped/podzim2014/Ze2RC\\_GIK5/um/Dalkovy\\_pruzkum\\_Zeme\\_11\\_5.pdf](https://is.muni.cz/el/ped/podzim2014/Ze2RC_GIK5/um/Dalkovy_pruzkum_Zeme_11_5.pdf)

6 Základní principy DPZ - Copernicus CR. *Front Page - Copernicus CR* [online]. Copyright © 2023 Copernicus CR. Built using WordPress and [cit. 20.03.2023]. Dostupné z: <https://copernicus.gov.cz/index.php/o-copernicu/zakladni-principy-dpz/>

7 [https://is.muni.cz/el/ped/podzim2014/Ze2RC\\_GIK5/um/Dalkovy\\_pruzkum\\_Zeme\\_11\\_5.pdf](https://is.muni.cz/el/ped/podzim2014/Ze2RC_GIK5/um/Dalkovy_pruzkum_Zeme_11_5.pdf)

8 [https://is.muni.cz/el/ped/podzim2014/Ze2RC\\_GIK5/um/Dalkovy\\_pruzkum\\_Zeme\\_11\\_5.pdf](https://is.muni.cz/el/ped/podzim2014/Ze2RC_GIK5/um/Dalkovy_pruzkum_Zeme_11_5.pdf)

9 [https://is.muni.cz/el/ped/podzim2014/Ze2RC\\_GIK5/um/Dalkovy\\_pruzkum\\_Zeme\\_11\\_5.pdf](https://is.muni.cz/el/ped/podzim2014/Ze2RC_GIK5/um/Dalkovy_pruzkum_Zeme_11_5.pdf)

10 [online]. Copyright ©W [cit. 20.03.2023]. Dostupné z: [http://uhulag.mendelu.cz/files/pagesdata/cz/vgdp/vdgp\\_dpz2.pdf](http://uhulag.mendelu.cz/files/pagesdata/cz/vgdp/vdgp_dpz2.pdf)

11 rick.cz. *rick.cz* [online]. Copyright © 2007 [cit. 20.03.2023]. Dostupné z: <http://rick.cz/geo03.html>

12 DocPlayer.cz [cit. 20.03.2023]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/38513967-A-rovnikova-draha-b-sikma-obezna-draha-c-subpolarni-obezna-draha.html>

13 [https://is.muni.cz/el/ped/podzim2014/Ze2RC\\_GIK5/um/Dalkovy\\_pruzkum\\_Zeme\\_11\\_5.pdf](https://is.muni.cz/el/ped/podzim2014/Ze2RC_GIK5/um/Dalkovy_pruzkum_Zeme_11_5.pdf)

14 [https://is.muni.cz/el/ped/podzim2014/Ze2RC\\_GIK5/um/Dalkovy\\_pruzkum\\_Zeme\\_11\\_5.pdf](https://is.muni.cz/el/ped/podzim2014/Ze2RC_GIK5/um/Dalkovy_pruzkum_Zeme_11_5.pdf)

15 Národní park má nově stanovená klidová území | Oficiální webové stránky NP České Švýcarsko a CHKO Labské pískovce. *Oficiální webové stránky NP České Švýcarsko a CHKO Labské pískovce* [online]. Copyright © ČÚZK [cit. 20.03.2023]. Dostupné z: <https://www.npcs.cz/narodni-park-ma-nove-stanovena-klidova-uzemi>



## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Schéma elektromagnetické vlny, zdroj [1, Khan Academy] .....	4
Obrázek 2 - spektrum elektromagnetického záření, zdroj [2, wikipedia] .....	4
Obrázek 3 - rozdělení vlnových délek, zdroj [3, Labguide.cz] .....	5
Obrázek 4 - barvy vlnových délek, zdroj [4, Ústav fyziky a jaderného inženýrství].....	5
Obrázek 5 - odrazivost vybraných povrchů, zdroj [5 Svatoňová a kol.,] .....	7
Obrázek 6 - odraz záření, zdroj [6, Copernicus CR] .....	9
Obrázek 7 - veličiny výpočtu leteckého snímku, zdroj [7 Svatoňová a spol.].....	12
Obrázek 8 - poloha pro příčný sklon, zdroj [8 Svatoňová a spol.] .....	12
Obrázek 9 - poloha pro podélný sklon, zdroj [9 Svatoňová a spol.] .....	13
Obrázek 10 - rozdělení sklonu osy záběru, zdroj [10 LDF MENDELU] .....	14
Obrázek 11 - formát leteckých snímků, zdroj [11 rick.cz] .....	15
Obrázek 12 - druhy oběžných drah, zdroj [12, Blažková].....	19
Obrázek 13 - spektrální kanály, zdroj [13, Svatoňová a kol.] .....	20
Obrázek 14 - grafická ukázka spektrálních kanálů, zdroj [14 Svatoňová a kol.].....	20
Obrázek 15 - segmenty NPČŠ, zdroj [15, npcs.cz] .....	26
Obrázek 16 - získání dat z planets.com .....	29
Obrázek 17 - území zasáhnuté požárem .....	29
Obrázek 18 - vyznačení požářiště.....	30
Obrázek 19 - klasifikace zdravých a suchých ploch .....	30
Obrázek 20 - color infrared při klasifikaci .....	31
Obrázek 21 - použití funkce Classification Wizard I .....	32
Obrázek 22 - použití funkce Classification Wizard II .....	32
Obrázek 23 - výsledek klasifikace.....	33
Obrázek 24 - zájmové území v kontextu Národního parku České Švýcarsko.....	33
Obrázek 25 - zastoupení suchých a zdravých ploch červenec 2021.....	34
Obrázek 26 - zastoupení suchých a zdravých ploch srpen 2021 .....	35
Obrázek 27 - zastoupení suchých a zdravých ploch září 2021 .....	35
Obrázek 28 -zastoupení suchých a zdravých ploch říjen 2021.....	36
Obrázek 29 - zastoupení suchých a zdravých ploch prosinec 2021 .....	37
Obrázek 30 - zastoupení suchých a zdravých ploch únor 2022 .....	38
Obrázek 31 - zastoupení suchých a zdravých ploch březen 2022 .....	39
Obrázek 32 - zastoupení suchých a zdravých ploch květen 2022 .....	40
Obrázek 33 - zastoupení suchých a zdravých ploch červen 2022 .....	41
Obrázek 34 - zastoupení suchých a zdravých ploch červenec 2022.....	42
Obrázek 35 - zastoupení suchých a zdravých ploch říjen 2022.....	43
Obrázek 36 - porovnání území před požárem a po požáru.....	45
Obrázek 37 - Zastoupení suchých a zdravých ploch všech měsíců před požárem .....	46

## Seznam grafů

graf 1 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamitou škůdce září 2021.....	36
graf 2 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamitou škůdce říjen 2021 .....	37
graf 3 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamitou škůdce prosinec 2021.....	38
graf 4 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamitou škůdce únor 2022.....	39
graf 5 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamitou škůdce březen 2022 .....	40
graf 6 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamitou škůdce květen 2022 .....	41
graf 7 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamitou škůdce červenec 2022....	42
graf 8 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamitou škůdce červenec 2022....	43
graf 9 - procentuální zastoupení ploch neovlivněných kalamitou škůdce říjen 2022 .....	44